

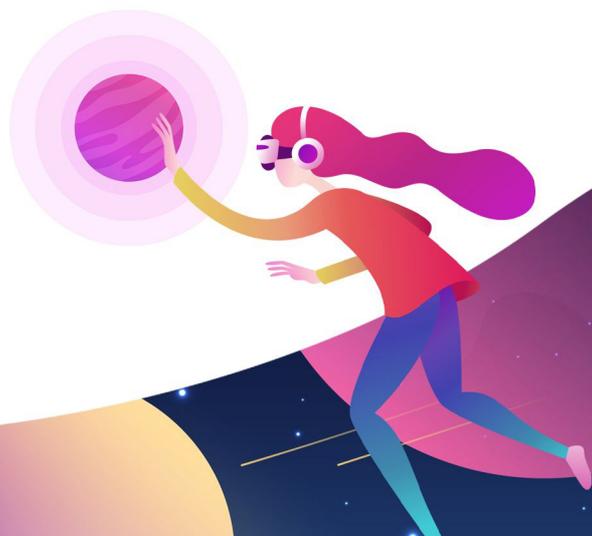


# **«Выставка инноваций – 2022»**

(осенняя сессия)

*Сборник материалов XXXIV Республиканской  
выставки-сессии студенческих инновационных проектов*

*Ижевск, 15 декабря 2022 г.*



Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

**«Выставка инноваций – 2022»**  
(осенняя сессия)

*Сборник материалов XXXIV Республиканской выставки-сессии  
студенческих инновационных проектов*

Ижевск, 15 декабря 2022 г.



Издательство УИР ИжГТУ  
имени М. Т. Калашникова  
Ижевск 2023

УДК 62(06)  
ББК 30у  
В93

### Редакционная коллегия

Председатель – *Копысов А. Н.*, канд. техн. наук, проректор по научной и инновационной деятельности ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;  
*Дегтева О. А.*, начальник управления научно-исследовательских работ;  
*Султанов Р. О.*, начальник управления информатизации;  
*Тюрин А. П.*, заместитель начальника управления научно-исследовательских работ;  
*Гуменюк А. Н.*, начальник отдела инновационного развития;  
*Караваяв Ю. Л.*, старший научный сотрудник НУЛ «Мобильные системы»;  
*Чернышев К. С.*, начальник отдела разработки, внедрения и сопровождения информационных систем управления информатизации;  
*Пигалев С. А.*, директор бизнес-инкубатора;  
*Коробейников Е. И.*, ведущий специалист по маркетингу бизнес-инкубатора;  
*Возмищев И. В.*, преподаватель кафедры «Электротехника»;  
*Кондратьев А. В.*, исполнительный директор технопарка высоких технологий «Нобель» (по согласованию);  
*Лещев А. М.*, заместитель директора технопарка высоких технологий «Нобель» (по согласованию)

**«Выставка инноваций – 2022» (осенняя сессия)** : сборник материалов XXXIV Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, Ижевск, 15 декабря 2022 г. : сост. А. П. Тюрин / ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. – 232 с. – 10,8 МБ. – Систем. требования : Acrobat Reader 6.0 и выше. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7526-0998-5

Сборник представлен материалами докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XXXIV Республиканской выставке-сессии студенческих инновационных проектов, проходившей при участии студенческого научного общества (СНО) в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Ижевск, 15 декабря 2022 г.).

Проекты докладчиков выполнены в широком спектре приоритетных направлений развития науки и техники. Часть материалов, представленных в сборнике, отражают результаты научно-инновационной деятельности молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова за последние годы и подготовлены в рамках Акселерационной программы поддержки проектных команд и студенческих инициатив ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (16.11.2022 – 24.11.2022).

УДК 62(06)  
ББК 30у

ISBN 978-5-7526-0998-5

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023  
© Оформление. Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023

УДК 628.3

ГРНТИ 70.25.17

*Е. В. Астраханцева*, студент

*katya\_astrahanseva27@mail.ru*

*Н. С. Горбунов*, магистрант

*И. В. Пестерева*, магистрант

*Д. В. Мальцев*, магистрант

*А. М. Непогодин*, старший преподаватель

*Н. М. Якушев*, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Модульная установка биологической очистки сточных вод**

*Модульная установка для биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод и производственных сточных вод, которые схожи по составу с бытовыми, предназначена в основном для малых населенных пунктов и объектов, которые не обеспечены очистными сооружениями, расположена на большом удалении от центральной системы канализации. В установке задействован биологический метод обработки сточных вод для удаления органических загрязнений и биогенных элементов из них. Предусмотрено обеззараживание сточных вод на ультрафиолетовой бактерицидной установке. В модульной станции имеется блок обработки осадка с последующим обезвоживанием.*

**Ключевые слова:** сточные воды; модульная установка; биологическая очистка сточных вод; удаление биогенных элементов; очистные сооружения.

Биологическая очистка сточных вод – это важный комплекс мероприятий по очистке сточной воды перед выпуском ее в водоемы. Неправильная очистка сточных вод может привести к эвтрофикации водоемов и, вследствие этого,

к экологической катастрофе. В области очистки сточных вод имеется проблема в возможности установки полноценной системы биологической очистки с удалением биогенных соединений (в основном соединения азота и фосфора) для малых населенных пунктов и объектов, которые не обеспечены очистными сооружениями или расположены на большом удалении от центральной системы канализации [6].

В таких случаях целесообразно использовать блочно-модульные установки для очистки сточных вод в надземном или подземном исполнении [1]. Кроме малых населенных пунктов, эти установки можно применять для отдельно расположенных объектов, которые не подключены к центральной канализации: санатории, пансионаты, аэродромы, военные объекты, дачные поселки, промышленные объекты.

В модульной установке используется метод биологической очистки, основанный на жизнедеятельности микроорганизмов, которые питаются органическими веществами, что способствует их окислению. Как итог: сточная вода очищается от органических загрязнений [7].

В состав модульной установки входят [3]:

- блок механической очистки (решетки и песколовки),
- блок усреднителей,
- блок биологической очистки с глубоким удалением соединений азота и фосфора (аэробные и анаэробные реакторы, вторичные отстойники),
- блок глубокой доочистки (биореактор и установка ультрафильтрации),
- блок ультрафиолетового обеззараживания,
- блок обработки осадков.

В модульной установке необходимо наличие воздуходувно-компрессорного оборудования, обеспечивающего аэрацию и насосные установки для перекачки потоков сточных вод и осадков.

### **Описание технологической схемы модульной установки**

Предлагается модульная установка биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов со схемой (рис. 1).

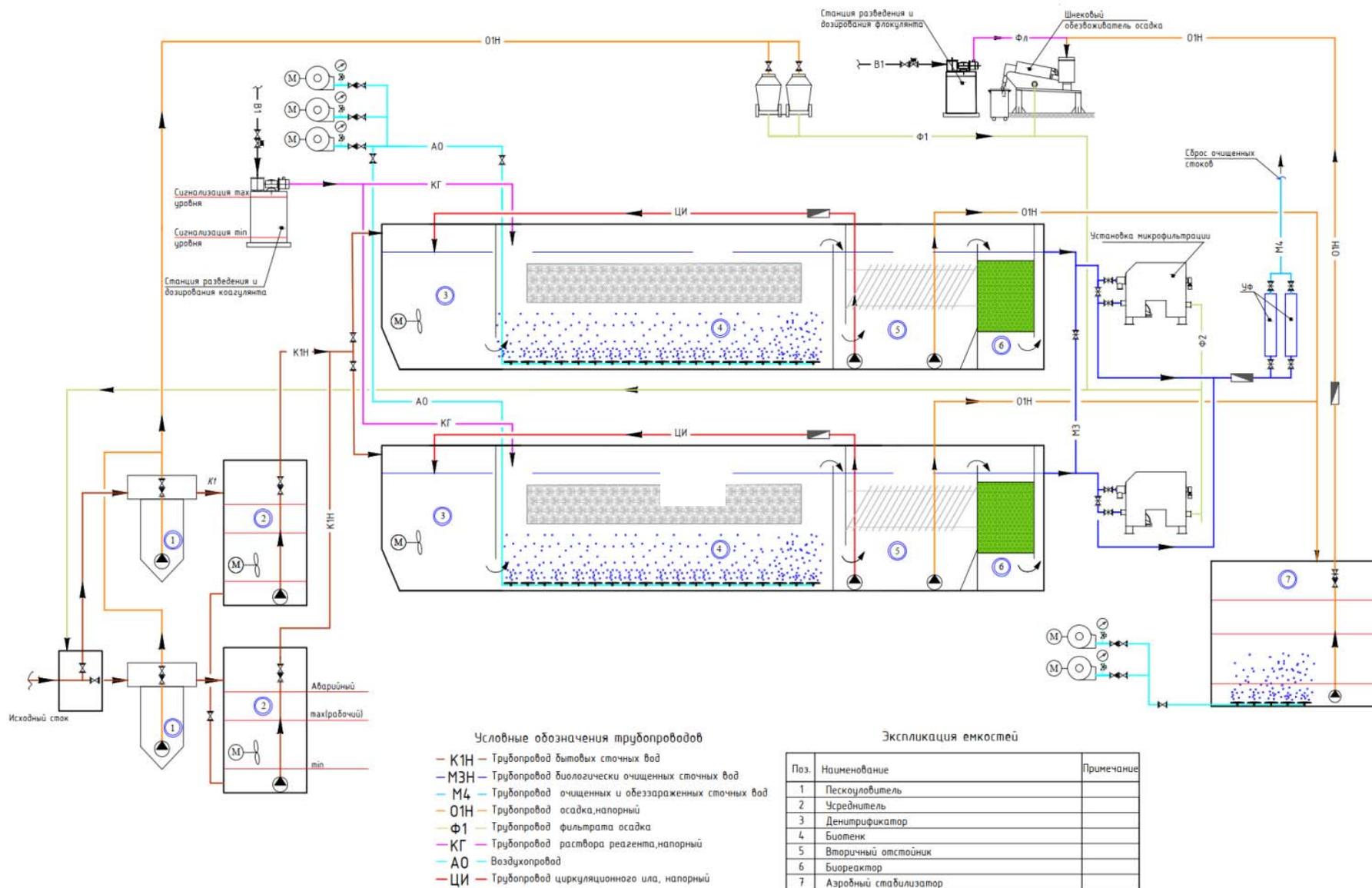


Рис. 1. Принципиальная схема модульной установки биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов

Очистка сточных вод начинается с механизированных решеток с прозорами 3,0 мм. В результате данного этапа сточные воды избавляются от крупных отбросов, которые задерживаются на решетках и в последствии утилизируются в специальном отсеке. Далее в тангенциальных песколовках происходит задержание минеральных частиц.

В состав модульной станции биологической очистки сточных вод входит усреднитель. Он необходим для усреднения воды (т. е. выравнивания нагрузки) по расходу и количеству загрязнений.

Следующий этап – биологическая очистка, включающая в себя денитрификатор и аэротенк с блоком загрузки из полимерных материалов (биотенк).

*Первый этап* процесса биологической очистки протекает следующим образом: денитрифицирующие бактерии питаются связанным кислородом нитратов и нитритов, в результате чего нитратный азот превращается в газообразный азот (т. е. происходит денитрификация). В случае дефицита кислорода (0,1–0,2 мг/л) факультативные анаэробы используют для дыхания связанный кислород нитратов. В денитрификаторе предусмотрена подача избыточного активного ила (не менее 30 % от общего объема), чтобы повысить качество окислительных процессов. Загрязнения, поступающие со сточными водами, являются питательным субстратом. Наличие в денитрификаторе питательного субстрата и активного ила, обогащенного нитратами, способствует успешному ходу процесса денитрификации. Для бесперебойной работы денитрификатора следует поддерживать требуемое соотношение углерод- и азотсодержащих соединений:  $\text{БПК}_{\text{полн}} : \text{N-NO}_3 = 3 \dots 6 : 1$ , оптимальное соотношение  $\text{БПК}_{\text{полн}} : \text{N-NO}_3 = 4 : 1$  [4].

*Второй этап* процесса биологической очистки происходит в биотенке, который представляет из себя аэротенк с блоком загрузки из полимерных материалов. Блок загрузки способствует увеличению концентрации активного ила в 5–6 раз благодаря закреплению микроорганизмов на загрузке, т. е. повышает пропускную способность. Благодаря закреплению активного ила на загрузке уменьшается вынос ила во вторичный отстойник. Аэрация сточных вод проис-

ходит с помощью системы мембранных аэраторов [2]. В биотенке происходит аэробно-аноксидное окисление органических веществ с помощью активного ила.

Стоки после биотенка поступают во вторичный отстойник, где протекает процесс отделения активного ила от сточной воды. Вторичные отстойники оборудованы тонкослойными блоками, которые снижают турбулентность и вертикальную составляющую пульсации потока стоков. Как следствие этого, увеличивается эффективность отстаивания в 2–4 раза, и в результате уменьшается объем зоны отстаивания. Для снижения количества соединений фосфора, которые находятся в очищаемых сточных водах, имеется блок дозирования коагулянта (сернокислого алюминия): соединения фосфора удаляются в виде осадка нерастворенных солей алюминия при вводе коагулянта (физико-химический способ удаления фосфатов). С помощью погружных насосов из отстойников удаляется осевший активный ил. Он подается в аэробный стабилизатор, где происходит минерализация осадка.

Блок доочистки состоит из двух ступеней: анаэробный биореактор и установка ультрафильтрации. В анаэробном биореакторе происходит окисление оставшихся органических загрязнений. Биореактор имеет биологическую загрузку, состоящую из плоских листов, которые изготовлены из переплетенных полимерных волокон. На второй ступени доочистки предусмотрена установка ультрафильтрации, представляющая собой барабанный микрофильтр, препятствующий выносу биопленки и служащий барьером для остатков загрязнений (происходит удаление нерастворенных веществ). Установка является самопромывной, она оборудована съемными пластинами-фильтрами, напорными инжекторами для промывки микрофильтра. В результате доочистки снижается концентрация взвеси твердых частиц, которые присутствовали в воде, что является важным фактором по снижению концентрации взвешенных веществ. В зависимости от конкретных задач величина задерживаемых частиц в микрофильтре достигает до 20–60 мкм.

Далее очищенные сточные воды поступают на обеззараживание с помощью ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовые волны длиной 254 нм,

создаваемые с помощью ультрафиолетовых ламп низкого давления установки, воздействуют на ДНК клетки бактерий, разрывая ее связи, что исключает дальнейшее размножение и жизнедеятельность.

В случае необходимости опорожнения блоков от сточной воды предусмотрены сливные трубопроводы, оборудованные шаровыми кранами в каждой технологической линии каждого отсека.

Прием и обработка осадка осуществляется в аэробном стабилизаторе. Из стабилизатора погружными насосами осадок подается на установку обезвоживания – шнековый обезвоживатель. Для улучшения процесса обезвоживания имеется дозирование флокулянта. В контейнер собирается обезвоженный осадок, а фильтрат поступает в начало модульной установки. Для обезвоживания осадка вместо установки шнекового типа допускается использовать мешочный тип.

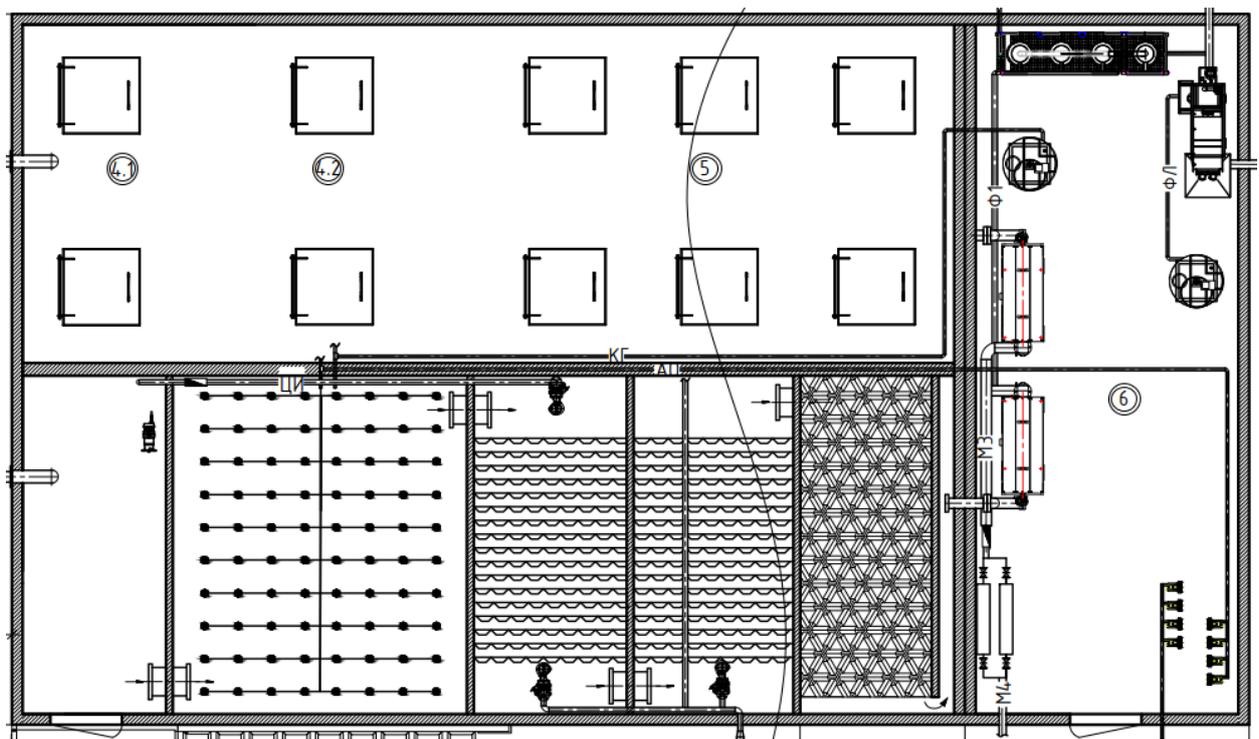
### **Конструктивные решения модульной установки**

Разрабатываемая модульная установка производительностью 400 м<sup>3</sup>/сут. предлагается в двух исполнениях:

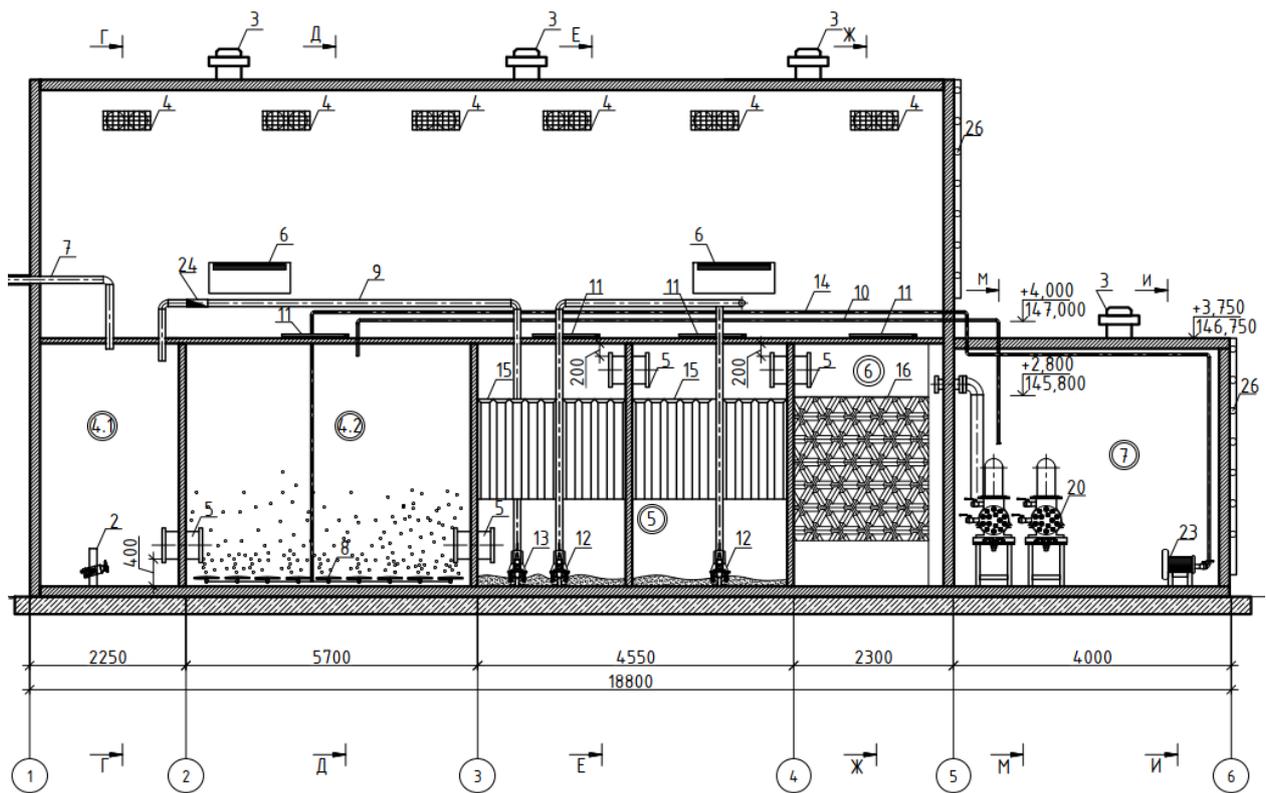
- вариант 1 – наземно-подземном (рис. 2),
- вариант 2 – подземном (рис. 3).

Усреднители в обоих вариантах предусматриваются в подземном исполнении.

*Вариант 1* включает в себя исполнение блока механической очистки в подземном варианте в резервуарах из армированного ПНД (полиэтилен низкого давления) с омега-профилем в комплекте с горловинами, выполненными также из ПНД. В данном варианте блок биологической очистки и доочистки выполняется в наземном варианте в сварных блок-контейнерах. Аэробный стабилизатор предусмотрен в подземном исполнении.



*a*

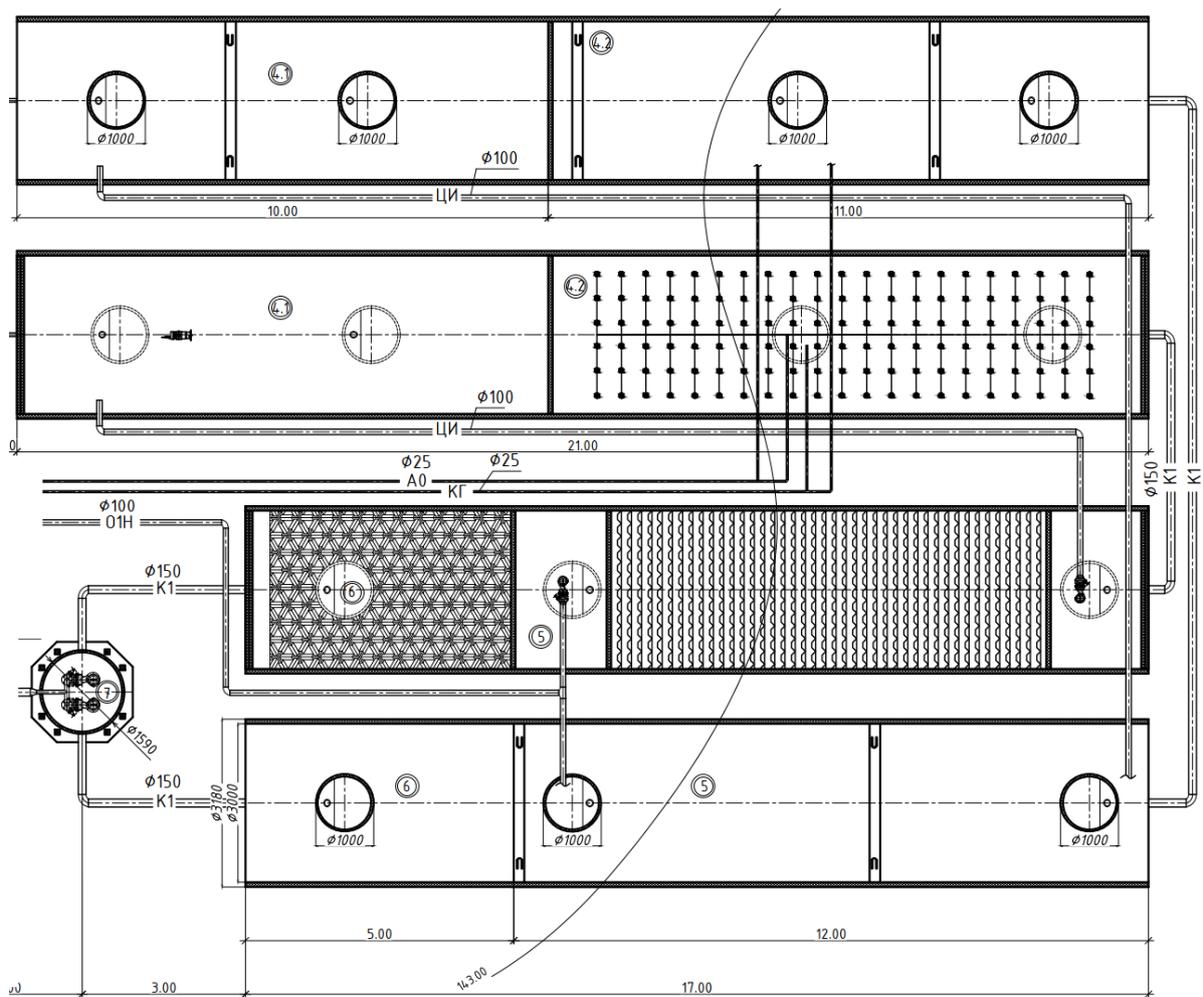


*б*

Рис. 2. План (а) и разрез (б) модульной установки наземно-подземного варианта: 2 – мешалка погружная; 3 – вентиляционный трубопровод; 4 – светильник светодиодный; 5 – соединительный трубопровод; 6 – конвектор электрический; 7 – подводящий трубопровод; 8 – система аэрации; 9 – трубопровод циркуляции активного ила; 10 – трубопровод коагу-

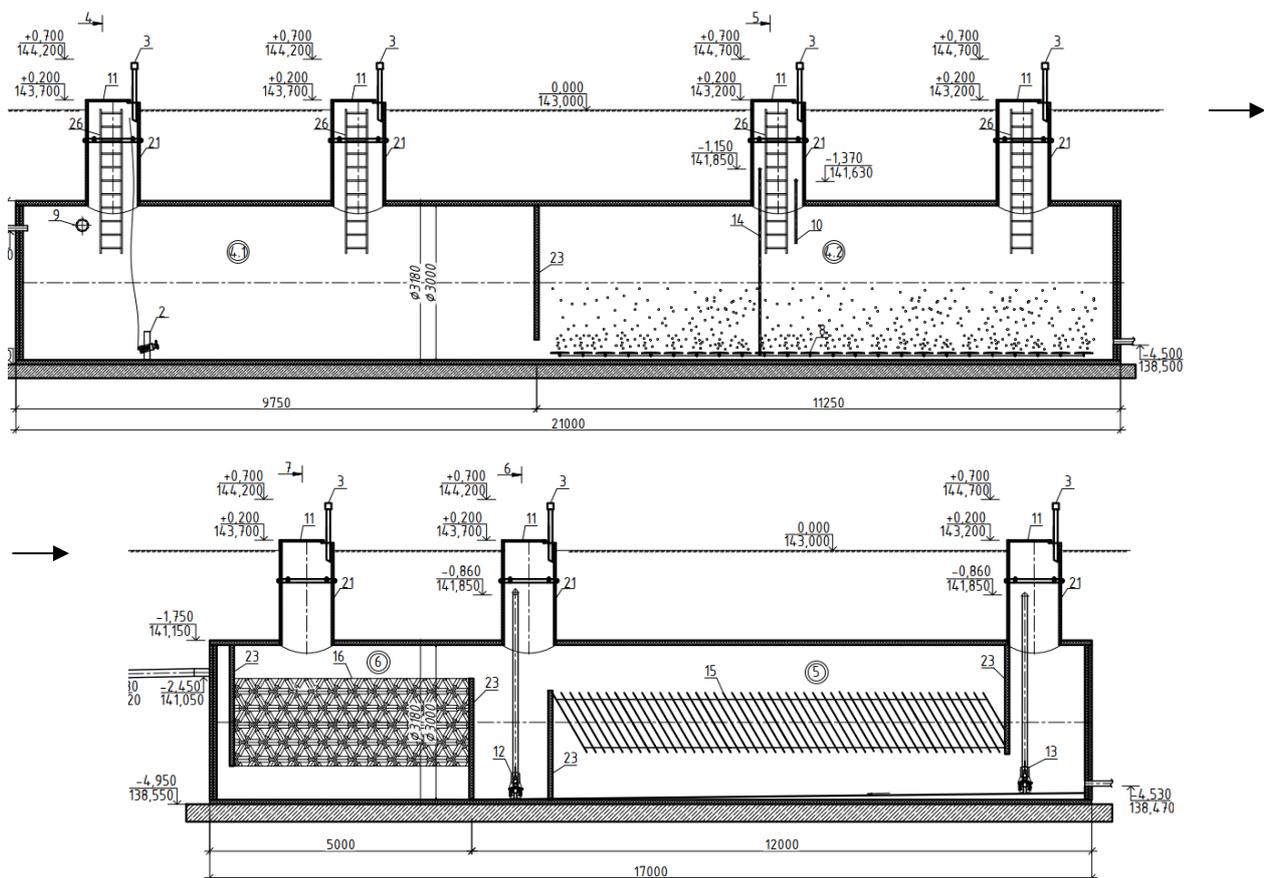
лянта; 11 – люк металлический; 12 – погружной насос для откачивания осадка; 13 – погружной насос для циркуляции активного ила; 14 – воздухопровод; 15 – тонкослойный модуль из ПВХ-шифера; 16 – биозагрузка «МАТАЛА»; 20 – установка УФ-обеззараживания; 23 – воздуходувка; 24 – расходомер электромагнитный; 26 – лестница

*Вариант 2* включает в себя исполнение блока механической очистки и биологической очистки в подземном варианте в резервуарах из армированного ПНД. Исходя из конструктива производства и удобства обслуживания и ремонта оборудования блок доочистки располагается в наземном блок-контейнере. В варианте 2 предусмотрена канализационная насосная станция (КНС) для перекачивания стока на доочистку и обеззараживание в наземный блок-контейнер. Аэробный стабилизатор предусмотрен в подземном исполнении.



а

Рис. 3 (начало). План (а) модульной установки подземного варианта



б

Рис. 3 (окончание). Разрез (б) модульной установки подземного варианта: 2 – мешалка погружная; 3 – вентиляционный трубопровод; 9 – трубопровод циркуляции активного ила; 10 – трубопровод коагулянта; 11 – крышка из ПНД; 12 – погружной насос для откачивания осадка; 13 – погружной насос для циркуляции активного ила; 14 – воздухопровод; 15 – тонкослойный модуль из ПВХ-шифера; 16 – биозагрузка «МАТАЛА»; 21 – горловина из ПНД; 23 – полупогружная перегородка; 26 – лестница

Оба варианта проектируются в соответствии со схемой технологического процесса представленной на рисунке 1. Оба варианта исполнения очистных сооружений производительностью  $400 \text{ м}^3/\text{сут.}$  располагаются на площадке размерами в плане 20 метров по ширине и 40 метров по длине.

Резервуар в полной заводской готовности включает в себя: полиэтиленовый корпус с сваренными гильзами или патрубками с фланцевыми окончаниями. Имеется возможность дополнительного оснащения технологическими перегородками. В зависимости от климатического исполнения на резервуар в заводских условиях наносится особо прочное экологически чистое и неток-

сичное теплоизоляционное покрытие на основе полиуретана толщиной 50 мм (+/-5 мм). Горловины с крышками или стандартными люками по ГОСТ 3634–99.

Блок-контейнер представляет собой утепленное здание каркасного типа, состоящее из несущих и ограждающих элементов с крышей, снабженное системами отопления, освещения, вентиляции, пожарно-охранной сигнализации и др. Сварной силовой металлический каркас блок-контейнера (БК) состоит из продольных и поперечных балок и стоек, выполненных из стальных прокатных профилей, обеспечивающих достаточную жесткость для транспортировки БК с оборудованием. Наружная отделка выполнена из сэндвич-панелей с негорючим утеплением 200 мм.

Модульную установку можно дополнять датчиками контроля или блоком управления, что позволит дистанционно настраивать и управлять системой.

Весь процесс фильтрации в полной мере автоматизированный. Контроль специалистов не требуется.

По технико-коммерческому предложению на 2022 г. ООО «ПОТОК-БИО» стоимость модульной установки производительностью 400 м<sup>3</sup>/сут. с учетом пусконаладочных, а также шефмонтажных работ составляет:

- в наземно-подземном варианте – 99 340 000 руб.;
- в подземном варианте – 75 344 999 руб.

Достоинства модульной установки [5]:

- простота обслуживания, транспортировки, легкость монтажа.
- возможность повышения производительности и модульного расширения;
- существенное уменьшение времени обслуживания;
- короткие сроки строительства очистных сооружений.

### **Список использованных источников и литературы**

1. Технологии очистки сточных вод малых населенных пунктов: модели и методики расчета : монография / А. М. Непогодин, М. Ю. Дягелев, А. А. Абрамова, А. М. Пантюхина. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – 75 с.

2. The review of aeration systems for biological wastewater treatment / M. Yu. Dyagelev, I. I. Pavlov, A. M. Nepogodin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environ-

mental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk, 2021. – С. 42035.

3. Types of wastewater treatment technologies for facilities with a capacity up to 1000 m<sup>3</sup>/day / A. M. Nepogodin, A. A. Abramova, M. Yu. Dyagelev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk, 2021. – С. 12124.

4. Дягелев, М. Ю. Расчетные скорости денитрификации в процессе удаления азота из сточных вод / М. Ю. Дягелев, А. М. Непогодин, В. Г. Исаков // Инновационные технологии в системах водоснабжения и водоотведения : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары : ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет И. Н. Ульянова», 2019. – С. 30–36.

5. Пластинина, Е. В. Варианты реконструкции биологической ступени очистки сточных вод на существующих очистных сооружениях канализации / Е. В. Пластинина, М. Ю. Дягелев, А. М. Непогодин // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе : материалы Регион. науч.-практ. семинара. – Ижевск : Иннова, 2016. – С. 177–180. – ISBN 978-5-9906851-6-1

6. Якушев, Н. М. Затраты на инвестиционный процесс в строительстве с учётом экологических факторов / Н. М. Якушев, И. П. Тетерин // Современные технологии управления. – 2022.– № – 3 (99). – С. 1–8.

7. Пат. 95332 Российская Федерация. Комплектный блок очистной станции канализации закрытого типа / Зубов М. Г., Зубов Г. М., Куликов Н.И., 2010.

*E.V. Astrakhantseva*, Student

*katya\_astrahanseva27@mail.ru*

*N.S. Gorbunov*, Master's Degree Student

*I.V. Pestereva*, Master's Degree Student

*D.V. Maltsev*, Master's Degree Student

*A.M. Nepogodin*, Senior Lecturer

*N.M. Yakushev*, PhD in Economics, Associate Professor

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Modular biological wastewater treatment station**

*The modular installation for biological treatment of domestic wastewater and industrial wastewater, which are similar in composition to domestic. The modular installation is designed mainly for small settlements and facilities that are not provided with treatment facilities and are located at a great distance from the central sewerage system. The plant uses a biological method of wastewater treatment to remove organic pollutants and biogenic elements from them. Disinfection of waste water on an ultraviolet bactericidal plant is provided. The modular station has a sludge treatment unit with subsequent dewatering.*

**Keywords:** wastewater; modular station; block systems; biological wastewater treatment; biological treatment; removal of biogenic elements; sewage treatment plants.

*М. Р. Газизулин, студент*

*А. И. Архипова, студент*

*М. В. Земцова, студент*

*Р. Р. Фазуллин, студент*

*А. И. Лимонников, студент*

*allimon472@gmail.com*

*И. О. Архипов, кандидат технических наук, доцент*

*ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»*

## **Разработка инструмента для управления инвестиционным портфелем и его прогнозирования**

*Рассматривается инновационный проект, веб-приложение Investoria, созданное в среде разработки Unity. Приложение служит для помощи начинающим инвесторам с определением их возможной прибыли с помощью системы составления инвестиционного портфеля и модуля прогнозирования. Реализованный пользовательский интерфейс обеспечивает дружелюбность по отношению к начинающим инвесторам. Веб-приложение не привязано к определенной банковской системе, что позволяет пользоваться решением клиенту любого банка. Система составления портфеля инвестора дает возможность пользователю выбирать акции, торгуемые на Московской Бирже, задавать или автоматически получать их текущую цену, менять количество акций в портфеле, а затем в формате отчета или графиков получать информацию об общей стоимости активов. Модульность системы прогнозирования позволяет разработчикам внедрять и заменять существующие алгоритмы приложения, не изменяя их напрямую, не нарушая логику верхнего уровня программы.*

**Ключевые слова:** инвестирование; фондовый рынок; дружественный интерфейс; модульная архитектура; алгоритмы прогнозирования.

## **Введение**

В современном мире актуальность инвестирования все более очевидна для людей, стремящихся к финансовой грамотности. Инвестирование помогает преумножить свой капитал, достичь финансовой независимости и сформировать финансовую подушку на будущее. Но начинающие инвесторы сталкиваются с рядом проблем на пути с ознакомлением с этой сферой. Зачастую многих пугает возможность потери денег, непонимание работы с инвестициями и сложные механизмы фондового рынка.

Люди хотят самостоятельно вкладывать свой капитал для его сохранения или даже увеличения, пользуясь предложенными инструментами на рынке. Для ознакомления с инвестированием набирают популярность такие сервисы, как Тинькофф Инвестиции, *Intel Invest* и др. Но многие инструменты не имеют возможности прогнозирования прибыли портфеля, обладают сложным механизмом для начинающих инвесторов и привязаны к конкретному банку.

Целью работы является создание приложения для повышения эффективности работы с биржей и облегчения работы пользователей с инвестициями.

## **Веб-приложение *Investoria***

Решением проблемы является веб-приложение, которое позволяет пользователю моделировать свой инвестиционный портфель. Дружественный пользовательский интерфейс помогает пользователю облегчить механизм составления портфеля и работу со свечными графиками. С помощью модуля прогнозирования становится возможным наглядно проследить предполагаемое поведение портфеля и прибыль с тем или иным набором акций.

Для реализации решения поставленной проблемы была выбрана среда разработки *Unity*, также известная как *игровой движок*. Среди игровых движков *Unity* является одним из самых популярных благодаря своей лицензии распро-

странения, магазину расширений, объемной документации на английском и большим сообществом разработчиков [1, с. 6]. *Unity* предоставляет разработчикам широкий круг возможностей и дружелюбный пользовательский интерфейс, а основной отличительной чертой среды разработки является кроссплатформенность – возможность простой и быстрой разработки и дистрибуции приложения на разных операционных и аппаратных платформах [2, с. 1–2]. Для разработки используется язык программирования *C#9.0* на платформе *.NET Standard 2.1* и ядре *.NET 5.0*.

Структура разработанного веб-приложения представлена на схеме (рис. 1).

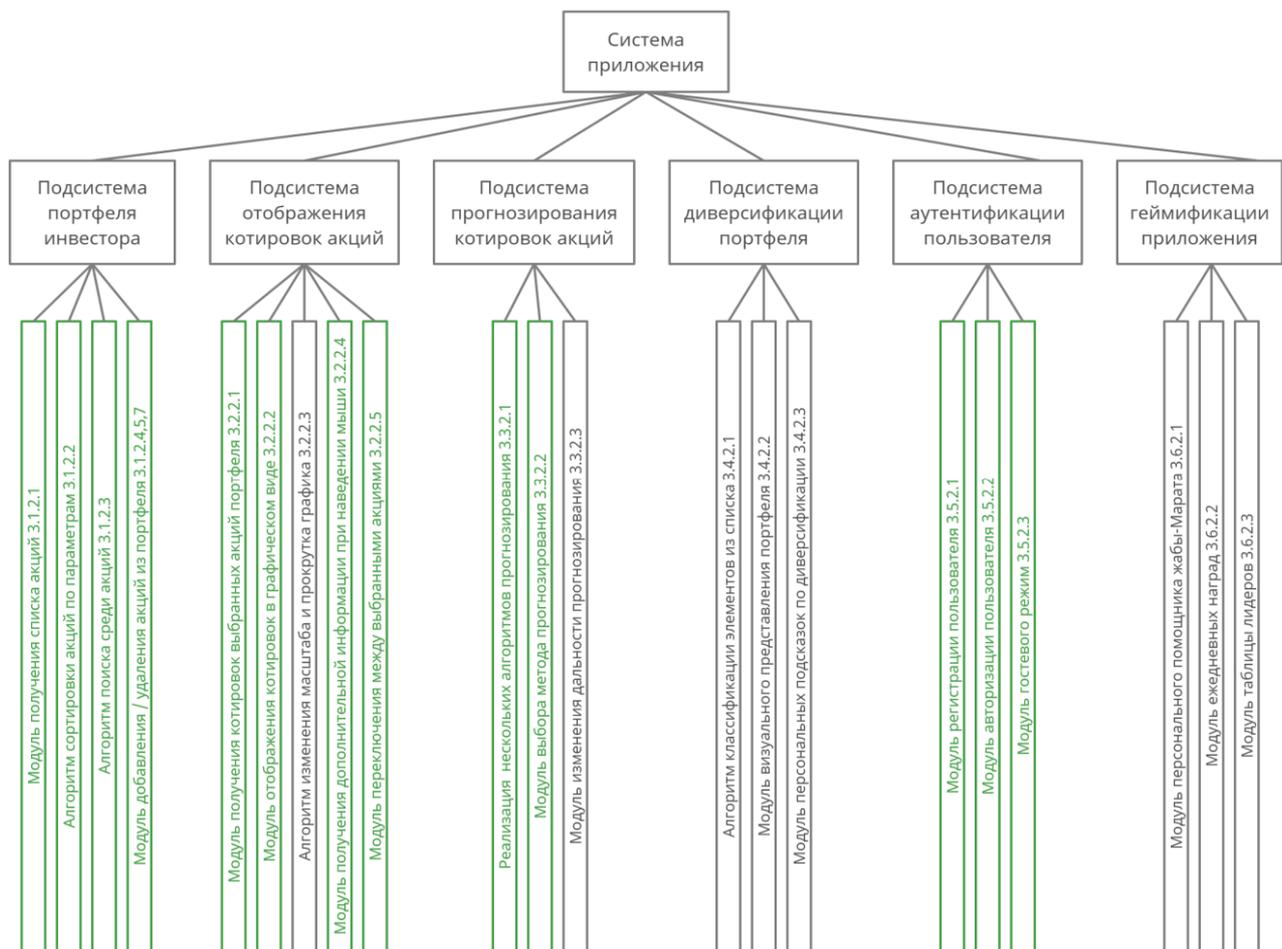


Рис. 1. Структурная схема приложения

Система приложения состоит из шести подсистем:

– портфеля инвестора,

- отображения котировок акций,
- прогнозирования котировок акций,
- диверсификации портфеля,
- аутентификации пользователя,
- геймификации приложения.

При разработке инструмента применялась гибкая методология, в соответствии с которой объем минимального жизнеспособного продукта определяется выделенными зеленым цветом модулями и алгоритмами, входящими в состав подсистем приложения (рис. 1). Например, подсистема аутентификации пользователя состоит из трех модулей: регистрации, авторизации, гостевого режима.

В соответствии с нормами гибкой разработки создавались прототипы, а именно: макеты пользовательского интерфейса (рис. 2).

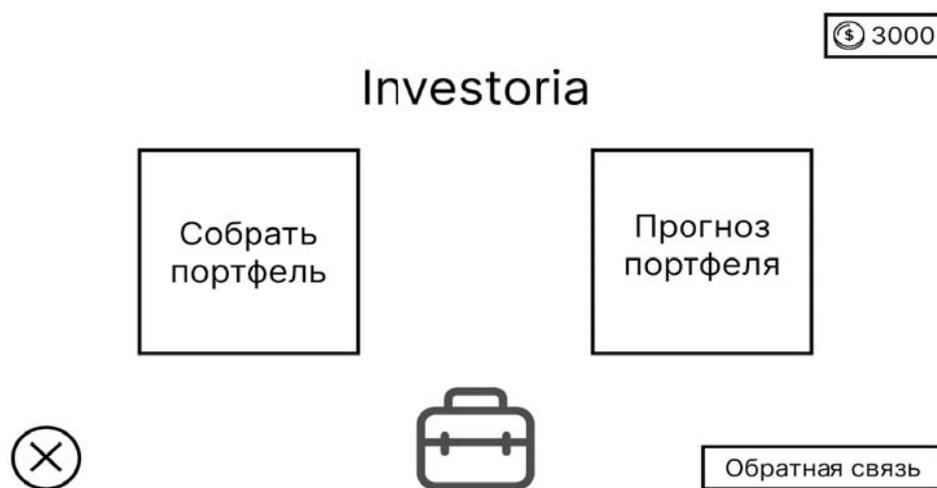


Рис. 2. Макет окна «Главное меню» веб-приложения

После уточнения требований и согласования макета было разработано финальное окно «Главное меню» (рис. 3).

Благодаря проделанной работе, достигнута дружелюбность пользовательского интерфейса веб-приложения: каждый элемент интерфейса хорошо читается, интерактивные элементы выделены, в любое окно можно попасть за несколько кликов и выполнить определенное действие пользователем.



Рис. 3. Реализованное окно «Главное меню»

Перейдем к рассмотрению подсистем в соответствии со структурной схемой приложения (рис. 1).

Подсистема аутентификации пользователя строится на базе данных, организованной в табличном виде, с помощью *Google Sheets API* на *Google-таблицах*. Так, при регистрации и авторизации приложение совершает *GET*- и *POST*-запросы к упомянутому выше *API* [3]. Поскольку безопасность пользователей важна, пароли хранятся в базе данных, а также сообщаются между базой данных и приложением в зашифрованном виде с помощью алгоритма *SHA-256*.

Важной частью программы является функционал управления портфелем инвестора. В первом окне, ответственном за данный функционал, пользователь управляет списком акций, торгуемых на Московской Бирже. Приложение получает доступ к данным биржи с помощью программного интерфейса Информационно-статистического сервера (ИСС) Московской Биржи. В рамках интерфейса веб-приложение собирает информацию обо всех финансовых инструментах, торгуемых на рынке, а также данные для построения графиков («свечей»), котировки отдельных инструментов. Из-за того, что для приложения не оформлена платная подписка, данные приходят с биржи с задержкой в 15 минут. Запросы к ИСС формируются в виде *URL* с параметрами, которые реализуют собой архитектуру *RESTful* [4, с. 3–4].

Составлена диаграмма потоковых данных (рис. 4). Данные зависят от двух внешних сервисов: ИСС Московской Биржи и базы данных на *Google Sheets*.

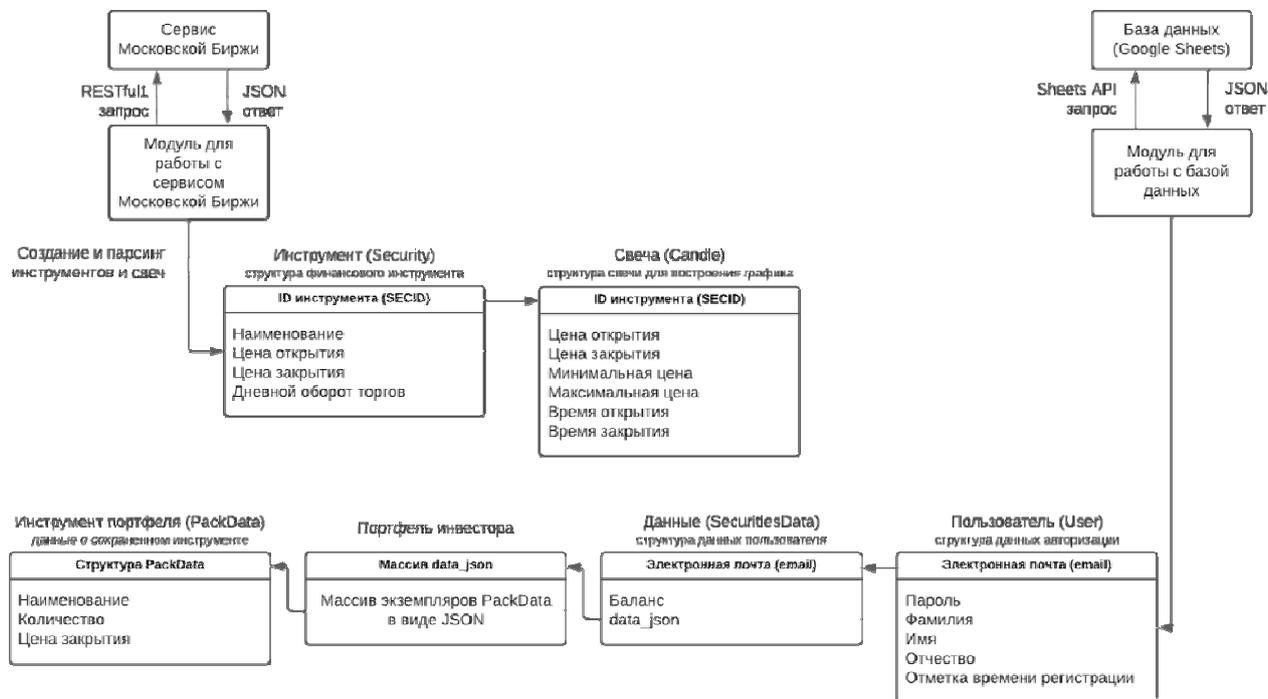


Рис. 4. Диаграмма потоков данных

Получив список инструментов, торгуемых на Московской Бирже, приложение позволяет пользователю манипулировать им: сортировать список, производить по нему поиск, а также добавлять его элементы себе в инвестиционный портфель. Затем пользователь имеет возможность перейти к себе в инвестиционный портфель для дальнейшей настройки. В нем он может изменять количество выбранных акций, а также их стоимость, если его не устраивает автоматически выбранная стоимость. Составив свой портфель, пользователь может перейти в окно отчета по портфелю, где получит подробную информацию о стоимости текущего портфеля, прогнозируемых ценах, перейти в окно построения графиков, где в виде «свеч» будут отображены котировки акции с временным окном в 10 минут. В этом окне на графике показывается прогнозируемый тренд, а алгоритм прогнозирования может быть выбран пользователем.

В приложении реализовано два алгоритма прогнозирования, которые можно представить в виде математических формул: линейный (1) и средний (2).

$$Predict_i = Last Value + i \frac{Last Value - First Value}{N}, \quad (1)$$

$$Predict_i = Last Value + i \frac{\sum \left( Value - \frac{Highest - Lowest}{2} \right)}{N^2}, \quad (2)$$

где  $Predict_i$  – прогнозируемая котировка на итерации  $i$ ;  $Last Value$  и  $First Value$  – наиболее актуальная и наиболее старая известная котировки акции;  $Value$  – цена котировки акции;  $Highest$  и  $Lowest$  – максимальная и минимальная котировки среди известных.

Поскольку данными математическими моделями не описать всю сложность финансовых и политических процессов в мире, которые влияют на котировки акций, модуль прогнозирования разработан в попытке максимального приближения к разделению кода для гибкости разработки. Это достигнуто тем, что реализация прогнозирования связана с программой только в месте вызова – т. е., модулю прогноза важно только вызвать метод, он не зависит от имплементации. А значит, в будущем можно будет изменить метод предсказания на более интеллектуальный, без переписывания приложения.

Более того, модульности системы прогнозирования способствует архитектура игрового движка *Unity*. Несмотря на то что он опирается на объектно-ориентированный язык программирования C#, редактор позволяет разработчикам имплементировать компонентно-ориентированный дизайн, который является реализацией концепта композиции вместо наследования [5, с. 58–60]. Так, модули и подмодули веб-приложения не зависят друг от друга по шаблону «являюсь» (наследование), а зависят по шаблону «обладаю» (композиция).

## Заключение

Представленное решение является универсальным помощником для начинающего инвестора, которому сложно самостоятельно разобраться с механизмами фондового рынка и начать инвестировать.

С помощью нашего веб-приложения *Investoria* пользователь сможет моделировать свой инвестиционный портфель и отслеживать его предполагаемую прибыль с помощью модуля прогнозирования. Таким образом, начинающему инвестору легче ознакомиться с инвестированием, используя доступное приложение, не привязанное к конкретному банку.

Наша команда планирует не останавливаться на достигнутом и продолжать развивать этот проект. В планах добавление диверсификации портфеля инвестора, внедрение геймификации для быстрого освоения приложения новыми пользователями, внедрение коммерциализации. Будем усовершенствовать прогнозирование путем более точных замеров погрешности предсказания, добавлять новые алгоритмы, а благодаря модульности системы, легко сможем их внедрить в наше приложение.

#### **Список использованных источников и литературы**

1. Serious Games: Review of methodologies and Games engines for their development / J. Tomalá-González, J. Guamán-Quinche, E. Guamán-Quinche [et al.] // 15<sup>th</sup> Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). – 2020. – Pp. 1–6. – DOI 10.23919/CISTI49556.2020.9140827

2. Development of the educational software based on a game engine / Y. Daineko, M. Ipalakova, D. Tsoy [et al.] // IEEE 12th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – 2018. – Pp. 1–4. – DOI 10.1109/ICAICT.2018.8747164

3. Google Sheets API Reference // Google Sheets API. – Available at: <https://developers.google.com/sheets/api/reference/rest> (accessed 23.11.2022).

4. Программный интерфейс Информационно-статистического сервера Московской Биржи : руководство разработчика / ПАО «Московская Биржа». – Москва, 2016. – С. 3–11. URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/iss-api-rus-v14.pdf> (дата обращения: 13.01.2023).

5. *Benjamin N.* The Unity Game Engine and the Circuits of Cultural Software / N. Benjamin, K. Brendan // Springer International Publishing. – 2019. – 123 p. – DOI 10.1007/978-3-030-25012-6

*M. R. Gazizulin*, Student

*A. I. Arkhipova*, Student

*M. V. Zemtsova*, Student

*R. R. Fazullin*, Student

*A. I. Limonnikov*, Student

allimon472@gmail.com

*I. O. Arkhipov*, PhD in Engineering, Associate Professor  
FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Development of a tool for investment portfolio management and its forecasting**

*An innovative project, the Investoria web application, created in Unity development environment, is considered. The application serves to help novice investors with determining their possible profits using the investment portfolio compilation system and the forecasting module. The implemented user interface ensures friendliness towards novice investors. The web application is not connected to a specific banking system, which allows the client of any bank to use the solution. The investor’s portfolio compilation allows user to select shares traded on the Moscow Exchange, set or automatically receive their current price, change the number of shares in portfolio, and then receive information about the total value of assets in the format of a report or graphs. The modularity of the forecasting system allows developers to implement and replace existing algorithms without changing them directly, as well as without violating the logic of the upper level of the program.*

**Keywords:** investment; stock market; user-friendly interface; modular architecture; forecasting algorithms.

*Я. В. Зонова, студент*

*И. А. Кузьмин, студент*

*П. А. Новиков, студент*

*Н. П. Устинова, кандидат педагогических наук*

*Н. В. Шишлина, кандидат педагогических наук*

*nvs-77@bk.ru*

*ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»*

### **Модели организации междисциплинарных студенческих проектных команд**

*Проведен анализ исследований в области междисциплинарного взаимодействия, уточнены определения таких понятий, как междисциплинарность, междисциплинарное взаимодействие и междисциплинарное проектирование. Проанализированы результаты опроса студентов и преподавателей Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова о возможности применения междисциплинарного проектирования в вузе, выявлена достаточно высокая заинтересованность в подобном виде образовательной деятельности как у студентов, так и у педагогов, однако обозначен ряд факторов, препятствующих эффективному внедрению междисциплинарного проектирования в учебный процесс. На основе сделанных выводов предложены четыре модели реализации междисциплинарного подхода при формировании студенческих проектных команд в рамках университетского сообщества, которые различаются уровнем сложности их организации: от объединения в команду студентов одной учебной группы до образования команды из студентов разных уровней и направлений подготовки.*

**Ключевые слова:** междисциплинарность; междисциплинарное проектирование; учебные проекты; студенческая проектная команда; модели организации междисциплинарных проектных команд.

На сегодняшний день существует тенденция современного общества, которая связана со стремительным развитием инновационных технологий, в связи с чем происходит быстрое устаревание знаний. Устаревание информации касается всех сфер жизни, и образование не является исключением. Период актуальности содержания диплома бакалавра составляет приблизительно около двух лет. В дальнейшем, для того чтобы выбранная студентом профессия осталась востребованной, необходимо постоянно повышать квалификацию, проходить корпоративное обучение, либо менять работу вовсе. Смена парадигмы образовательной системы включает в себя новые тенденции. Одной из таких тенденций является междисциплинарность, метакомпетентность образования [1]. Сюда же относится образовательный *STEM*-подход, предложенный учеными Национального научного фонда в США в 2001 г. [2], основная идея которого заключается в сочетании теоретических и прикладных навыков, интеграции естественных знаний, инженерии, гуманитарных наук и творчества.

Таким образом, современные тенденции в области образования диктуют смену условий обучения в образовательных учреждениях. В ведущих вузах России активно используют проектное обучение и междисциплинарный подход к организации проектной деятельности, что увеличивает шанс найти подходящего специалиста в команду проекта, создать уникальный продукт, повышает гибкость в работе, а также выводит на новый уровень качество связи между ее участниками.

Предлагаем обратиться к результатам анализа педагогической литературы и рассмотреть понятие «междисциплинарность».

Х. Якобс и Дж. Борланд рассматривают междисциплинарность как вид знания, включающий методологию и терминологию более чем одной научной

дисциплины в области определенной темы, проблемы или явления [3]. По мнению Э. М. Мирского, междисциплинарное взаимодействие – это отношение между системами дисциплинарного знания в процессе интеграции и дифференциации наук, а также как коллективные формы работы ученых разных областей знания по исследованию одного и того же объекта [4].

Таким образом, междисциплинарность мы рассматриваем как вид дисциплинарного знания, включающий методологию и терминологию различных дисциплин, что влечет за собой отношения между системами и коллективами разных областей знаний по исследованию одного и того же объекта. Отсюда междисциплинарное взаимодействие можно рассматривать как процесс командной работы, когда происходит взаимодействие между членами сообщества из разных областей знаний, с разным набором компетенций, с целью разработки нового продукта. Междисциплинарное взаимодействие является основным условием при формировании междисциплинарных команд в вузе.

В рамках исследования по организации работы междисциплинарных команд в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова было проведено интервью с преподавателями (10 человек) и опрос студентов (71 человек).

В результате проведенных интервью с преподавателями вуза сделаны следующие выводы: на сегодняшний день работа междисциплинарных команд – это почти не исследованная, но очень актуальная часть педагогической практики. По мнению преподавателей, возникает ряд препятствий при ее реализации:

1. Отсутствие единого понимания междисциплинарности и возможностей междисциплинарного проектирования в вузе.

2. Отсутствие возможности системного выстраивания проектного обучения с применением междисциплинарного подхода ввиду жестко выстроенной структуры университета и специфики организации учебного процесса (кафедры, временной промежуток пар, сохранение традиционной классно-урочной системы и др.).

3. Отсутствие разработанной методики для организации междисциплинарной работы преподавателей и студентов, учитывающей особенности конкретного вуза.

Был проведен опрос, определяющий уровень осведомленности студентов различных направлений и курсов обучения ИжГТУ имени М. Т. Калашникова о работе междисциплинарных команд в вузе. Получены следующие данные:

67,1 % слышали о работе междисциплинарных команд в вузе;

27,6 % не слышали о работе междисциплинарных команд;

53,9 % – был опыт работы в междисциплинарных командах;

46,1 % не имели опыта работы в междисциплинарных командах.

Это позволяет нам сделать вывод, что большая часть респондентов из числа студентов вуза имеют представление о работе в междисциплинарных командах, однако на сегодняшний день, судя по интервью с преподавателями, проектная деятельность с использованием междисциплинарного подхода развита слабо. Такого рода рассогласованность позволяет говорить об отсутствии единого понимания междисциплинарности и междисциплинарного взаимодействия в вузе.

В ходе опроса студентам был задан вопрос: какие преимущества они выделяют в работе междисциплинарной команды?

Представлен ряд преимуществ, которые были озвучены респондентами:

1. Наличие единой ясной цели работы команды и направления реализации проекта.

2. Возможность развития профессиональных компетенций каждого участника.

3. Рациональное распределение задач.

4. Наличие опытного наставника.

Более половины респондентов (53,9 %) считают, что иметь навык работы в междисциплинарных командах было бы полезно для общего развития, а 31,6 % отметили, что точно бы хотели поучаствовать в проектной деятельности с использованием междисциплинарного подхода.

Проведенное теоретическое и эмпирическое исследование позволяет нам уточнить понятие междисциплинарного проектирования в вузе. *Междисциплинарное проектирование в вузе* – это командная деятельность, направленная на создание продукта объединением студентов, имеющих разные профессиональные и универсальные компетенции, в ходе которой происходит обмен опытом между членами команды. Команда создается на условиях психологической совместимости людей, которые заинтересованы в проектной деятельности, выступают лидерами в той или иной предметной области и преданы значимой созидательной цели в совместной профессиональной работе.

Система учебной проектной деятельности в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова находится в данный момент на стадии становления [5]. Междисциплинарность учебных проектов является одним из основных элементов данной системы. На наш взгляд, формирование междисциплинарных учебных команд может быть основано как на реализации комплексных проектов, связанных с несколькими дисциплинами учебного плана текущего семестра, так и на объединении в одну команду обучающихся разных курсов и разных направлений подготовки.

Предлагаем четыре модели организации междисциплинарной работы в вузе в рамках проектного обучения.

### **Модель 1. Реализация междисциплинарной проектной работы студентами одной группы (рис. 1)**



Цель: разработка продукта путем интеграции и применения знаний, умений и навыков и различных дисциплин, входящих в рабочую программу.

*Рис. 1.* Схема реализации проектной работы студентами одной группы

## **Модель 2. Реализация междисциплинарной проектной работы студентами разных курсов одного направления (рис. 2)**

Цель: разработка продукта и формирование у участников профессиональных компетенций, обмен опытом между группами, благодаря которому одни студенты комфортно изучают новый материал, а другие получают опыт наставничества.



*Рис. 2.* Схема реализации проектной работы студентами разных курсов одного направления обучения

## **Модель 3. Реализация междисциплинарной проектной работы студентами разных уровней обучения (рис. 3)**

Цель: разработка продукта и реализация междисциплинарного взаимодействия с целью обмена компетенциями и личностным опытом студентов магистратуры, бакалавриата и СПО.



*Рис. 3.* Схема реализации проектной работы студентами разных уровней обучения

## **Модель 4. Реализация междисциплинарной проектной работы студентами разных направлений подготовки (рис. 4)**

Цель: создание уникального продукта командой студентов путем использования профессиональных и универсальных компетенций, формируемых в рамках обучения по разным направлениям подготовки.



*Рис. 4.* Схема реализации проектной работы студентами разных курсов и разных направлений обучения

Можно сделать вывод о том, что междисциплинарное проектирование актуально в рамках последних тенденций развития образования. Работа междисциплинарных команд в вузе – мало исследованная область, изучение которой способствует развитию проектной деятельности. Применение междисциплинарного проектирования как современной формы обучения, способствует вовлечению и мотивации студентов в процесс получения нового знания, применению креативных педагогических форм в проведении занятий преподавателей, а также формированию универсальных компетенций, востребованных в современном мире.

Проведенная исследовательская работа и представленные рекомендации могут послужить базой для дальнейших исследований в области проектного обучения и организации междисциплинарных студенческих проектных команд.

#### **Список использованных источников и литературы**

1. *Шабанов, О. А.* Метакомпетенция и метакомпетентность в рамках компетентностного подхода в образовании // Человек и образование. – 2015. – № 3 (44). – С. 53–56.

2. *Григорьев, С. Г.* Инженерное образование и stem-образование. Реальность и перспективы / С. Г. Григорьев, М. В. Курносенко // Информатизация образования и методика электронного обучения : материалы II Междунар. науч. конф. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. – С. 13–19.

3. *Jacobs, H. H.* The Interdisciplinary Concept Model: Theory and Practice / H. H. Jacobs, J. H. Borland // Gifted Child Quarterly. – 1986. – No. 4. – Pp. 159–163.

4. *Мирский, Э. М.* Междисциплинарные исследования // Новая философская энциклопедия. – Москва : Мысль, 2001. – Т. 2. – 428 с.

5. *Шишлина, Н. В.* Системный подход к реализации проектного обучения в инженерном образовании / Н. В. Шишлина, О. Ф. Шихова, И. О. Архипов // Управление устойчивым развитием. – 2022. – № 5 (42). – С. 110–118.

*Y. V. Zonova, Student*

*I. A. Kuzmin, Student*

*P. A. Novikov, Student*

*N. P. Ustinova, Ph.D. of Pedagogic Sciences*

*N. V. Shishlina, Ph.D. of Pedagogic Sciences*

*nvs-77@bk.ru*

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Models of interdisciplinary design at the university**

*The article analyzes research in the field of interdisciplinary interaction, clarifies the definitions of such concepts as interdisciplinarity, interdisciplinary interaction and interdisciplinary design. The results of a survey of students and teachers of Kalashnikov Izhevsk State Technical University about the possibility of using interdisciplinary design in higher education are analyzed, a fairly high interest in this type of educational activity among both students and teachers has been identified, but at the same time identified a number of factors that hinder the effective implementation of interdisciplinary design in the educational process. Based on the conclusions made, four models are proposed for the implementation of an interdisciplinary approach in the formation of student project teams within the university community, which differ in the level of complexity of their organization: from combining students of one study group to forming a team of students of different levels and areas of learning.*

**Keywords:** interdisciplinarity; interdisciplinary design; educational projects; student project team; models of interdisciplinary project teams organization.

*А. П. Лужбина*, студент

*И. А. Буторина*, студент

*Е. Ю. Илтубаева*, студент

butorinairina01@yandex.ru

*Э. В. Алиев*, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Системный анализ и управление качеством»

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Разработка приложения для помощи бездомным и домашним животным**

*Рассмотрена возможность применения хранения, обмена и передачи информации о здоровье животных, а также помощь бездомным животным, а именно: приложение, в котором будет отслеживаться весь период жизни животного и его здоровье. Рассмотрены характеристики и работа приложения, позволяющего контролировать самочувствие питомца, консультироваться со специалистами в случае его недомогания. Представлены аналоги с их преимуществами и недостатками в сравнении с данным приложением. Подробно описано, для кого приложение предназначено, как оно работает.*

**Ключевые слова:** Big Data; приложение для помощи животным; прогнозирование болезней; бездомные животные; домашние животные.

В современной жизни не обойтись без элементов цифровой экономики. Существует много различных приложений, которые помогают людям следить за своим здоровьем, за состоянием дома и т. д. Но приложений, которые помогли бы как домашним, так и бездомным животным, нет.

## Описание проблемы

В нашем государстве бездомные животные никак не защищены. Каждый раз в средствах массовой информации мы слышим, как стаи собак нападают на людей, поэтому бездомных собак гуманными способами уничтожают.

Рост численности бездомных животных на улицах, с одной стороны, представляет серьезную угрозу для горожан, а с другой – является причиной страданий и высокой смертности самих животных, вынужденных бороться за жизнь и неизбежно проигрывать в этой борьбе [1].

В каждом городе страны есть волонтеры, которые своими силами пытаются помочь бродячим питомцам, но этого недостаточно.

Следить надо и за домашними животными: за их самочувствием, питанием, предыдущей историей болезни и по возможности историей болезни предков. Проблема заключается в том, что нет единого универсального информационного приложения, которое будет сопровождать всю жизнь бездомного животного, а также отслеживать здоровье и состояние питомца.

## Аналоги

Формально аналогов *four-leggedfriends* существует множество, но каждый из них позволяет выполнить лишь один функционал, что заставляет человека скачивать множество приложений, а это трата лишнего времени, памяти устройства, в результате со временем люди отказываются от их использования (таблица).

На основании таблицы можно сделать вывод, что не все приложения смогут полностью помочь бездомным животным и упростить жизнь домашним питомцам и их хозяевам, т. к. все приложения узконаправленны, и основная их цель – проконсультироваться и узнавать больше информации о животных.

### Сравнение приложений

№ п/п	Функционал	<i>four-leggedfriends</i>	<i>11Pets</i>	Дневник ухода	<i>Pet Coach</i>
1	Консультационная возможность	+	–	–	+
2	База с видеоуроками/статьями	+	+	–	+
3	Карта с отметками	+	–	–	–
4	Личный кабинет	+	+	+	–
5	Возможность ведения нескольких личных страниц животного	+	+	+	–
6	Возможность подбора индивидуальных данных	+	–	–	–
7	<i>RFID</i> -система	+	–	–	–

#### Приложение *four-leggedfriends*

Количество скачиваний приложений для животных с каждым годом набирает популярность. Успешные результаты приложения для животных, в первую очередь, зависят от формирования привычки у пользователей. В связи с этим, мы считаем, что есть возможность провести исследование интереса и отношения потребителей к тому или иному функционалу (таблица). Помимо перечисленных шести функций, будут предлагаться и другие. После демоверсии планируется провести тестирование продукта при помощи следующих метрик.

1. Удержание (*Retention*). На основе того, что приложение предполагает под собой многофункциональность, удержание клиента будет достигнуто непосредственно из-за удовлетворения множества его потребностей и удобства интерфейса.

2. Показатель оттока клиентов (*Churnrate*). В зависимости от показателей аналитики и отзывов будет модифицироваться интерфейс.

3. Продолжительность сеанса (сессии) (*Sessionlength*). Возможность просмотра видеоуроков, а также интерактивного расчета показателей увеличит время пребывания в приложении.

4. Уникальные посетители – метрика, которая показывает, сколько человек заходит в течение дня, недели, месяца. В зависимости от количества посещений будут устраняться ошибки, которые мешают приложению работать качественно.

5. Показатель возврата (*Retentionrate*). Эта метрика позволяет узнать, какое количество посетителей возвращается. Также будет видно, сколько клиентов теряется.

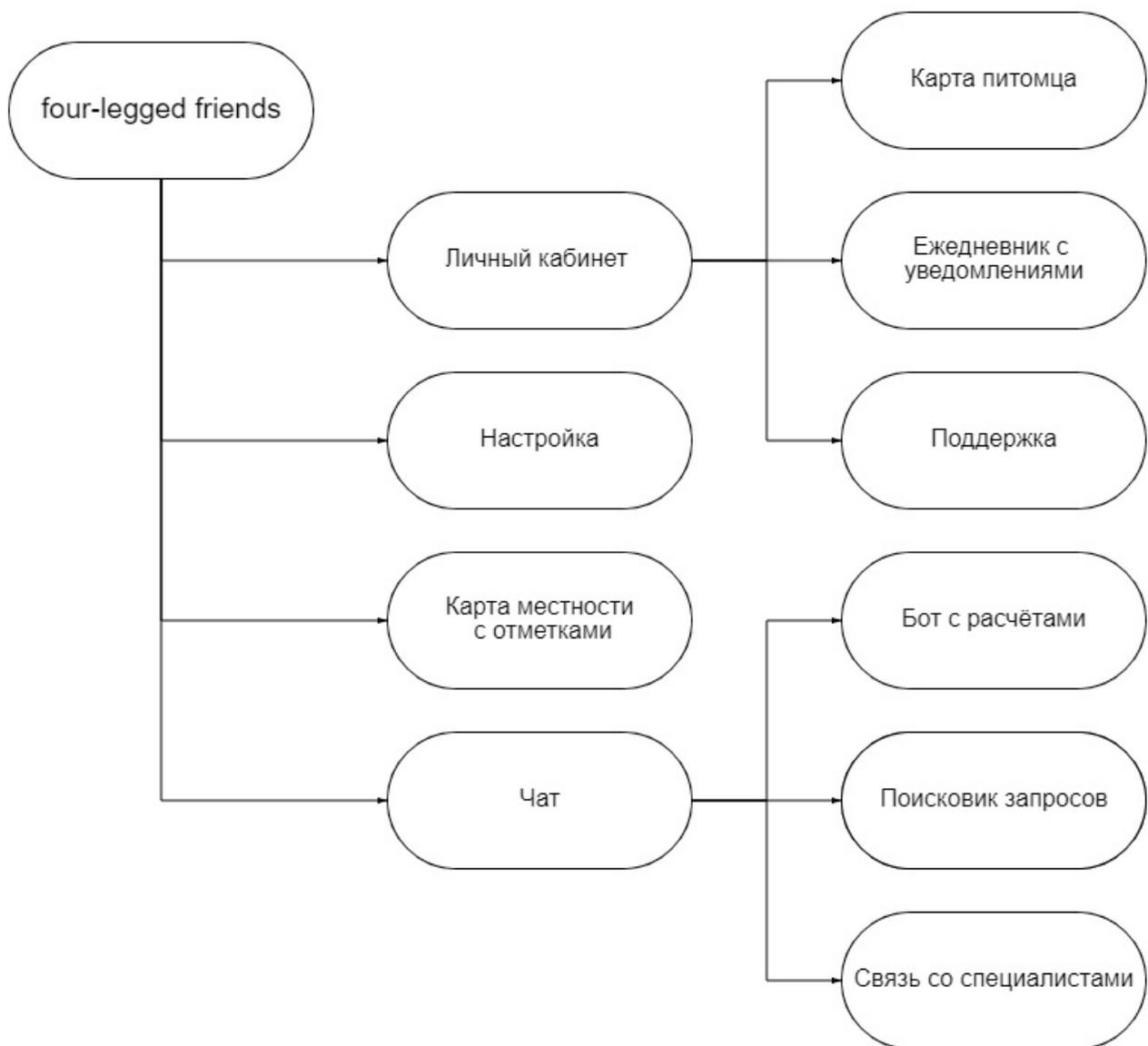
Начнет работать функция референтных ссылок, которая позволит определить качество работы приложения, поскольку пользователи будут рекомендовать его, потому что им нравится приложение. Переход можно осуществить через ссылку уже созданной учетной записи. Таким образом, данная функция позволит определить насколько нужно продвижение рекламы в сторонних сервисах и средствах массовой информации.

Мы предлагаем внедрить в приложение раздел, в котором люди смогут давать ориентировки на местонахождение бездомных собак и кошек, который поможет отслеживать здоровье своего питомца.

Приложение *four-leggedfriends* поможет следить за своим любимцем на всех этапах его жизни. Функционал данного приложения будет включать онлайн-советы и консультации для владельцев животных от различных специалистов. Важная часть приложения – образовательная. Это база с учебными видеороликами, поиск по содержанию, полезные советы, уроки дрессировки. Данное приложение будет оснащено возможностью рассчитывать порции корма для домашнего животного по возрасту, породе и массе, что позволит грамотно кормить любимца. Несбалансированное и нерегулярное питание животных часто становится причиной развития различной незаразной патологии, снижения резистентности организма и повышению восприимчивости к различным инфекциям, что может привести к развитию стойкой патологии, а иногда к генерализации процесса в отношении инфекционных болезней [2].

Возможность введения нескольких историй клиентов – очень важная часть инструментария по уходу за животным, которая будет доступна в лич-

ном кабинете. Она предоставляет возможность простановки прививок с последующей верификацией, подключения уведомлений, которые будут напоминать о необходимости посещения ветеринарной клиники. Симптомы питомца можно отмечать ежедневно. На этой основе будут накапливаться большие данные на внешнем сервере (*Big Data*), в случае их отклонения придет уведомление, что возможно надо посетить врача. Будет указана история прошлых болезней, а по возможности, и их родителей. Структура меню для взаимодействия с данным *цифровым помощником* представлена ниже (рисунок).



Меню приложения

В приложении *four-leggedfriends* будут такие разделы, как «Личный кабинет», в котором указана карта питомца; ежедневник с уведомлениями для посещения клиники; «Поддержка» для устранения проблем работы приложения; «Настройки», чтоб сделать приложение удобным для себя; «Карта местности с отметками» и «Чат», где можно связаться со специалистом, найти ответы на вопросы и рассчитать количество еды.

Таким образом, у животного будет своя медицинская карта. Электронная медицинская карта – это система, способная собирать и накапливать информацию о пациенте с ряда датчиков, а также на основе интеграции различных баз данных [3].

Приложение *four-leggedfriends* позволит найти на карте города заведения, допускающие посещение и проживание с домашними любимцами, стоимость услуги. На карте будут отображаться ветеринарные клиники и время допустимого посещения, появится возможность сразу записаться на прием. Помимо этого, по городу будут установлены лотки для питания бездомных животных, которые будут указаны на карте, и все, кому небезразличны беспризорные, смогут сделать доброе дело – положить корм для кошек и собак, найдя местоположение кормушки на карте.

Проблема бездомных животных давно вышла за пределы частных, и теперь она касается каждого. Безразличие, а еще хуже – недостаток знаний – главные враги гуманного выхода из сложившейся ситуации [4].

Для некоторых функций ухода за бездомными животными необходимо применять чипирование животного. Это упростит учет, транспортировку, санитарные ограничительные меры, пересечение границ государств и областей, в некоторых случаях – налогообложение.

Чипирование возможно, в том числе с технологией дистанционного, радиоэлектронного сканирования (*RFID*-метки).

Технология радиочастотной идентификации (*RFID*) – электромагнитное радиочастотное излучение, которое используют для записи, обработки и считывания информации, записанной на специальное устройство: *RFID*-метку, которое называют еще *тег*, *чип* или *транспондер*.

Работу технологии обеспечивает *RFID*-система, в составе которой *RFID*-чип и портативный или стационарный *RFID*-считыватель.

Радиочастотный транспондер хранит информацию о животном. Для считывания записанных сведений используют ридер, который распознает данные, считывает их и передает в учетную программу. Устройство для сканирования предметов, имеющих маркировку *RFID*-метками, содержит дисплей, соединенный с внешним устройством, устройство считывания идентификатора пользователя [5]. Таким образом, можно будет считать информацию с *RFID*-метки.

Характеристики и применение системы считывания *RFID* зависят от особенностей оборудования, которое входит в ее состав (транспондеров и ридера). На сегодняшний день существует ограничение на дальность считывания *RFID*-меток, до 100 м [6].

Предусмотрена возможность отметки на карте бездомного животного, которого вы встретили на пути, что дает возможность зоозащитникам отыскать беспризорника и оказать ему помощь.

В приложение будет считываться чип-сканер для животных *RFID*-чип. С его помощью можно оперативно получать информацию о каждом конкретном животном – отслеживать динамику состояния, составлять карту перемещений. *RFID*-метка, на которую записываются необходимые данные, помещается под кожу, крепится на ухо или «оседает» в желудочно-кишечном тракте.

*RFID*-технология упрощает работу ветеринарам и зоозащитникам – с ее помощью легче проводить оценку животных по экстерьеру, происхождению, качеству потомства.

Данное приложение предназначено для тех, кто содержит домашнее животное, кому небезразличны бездомные питомцы. Это упростит жизнь, как хозяевам, так и питомцы – они будут здоровее. Кроме того, воспитание гуманного отношения к животным позволит сохранять и развивать морально-нравственные основы нашего общества.

## Список использованных источников и литературы

1. *Мамойко, С. А.* Экологическая проблема – бездомные животные. Чем я могу помочь? // Юный ученый. – 2019. – № 10 (30). – С. 74–76. – EDN GDDDRX
2. Пат. 2739028 С2 Российская Федерация, МПК А61К 33/00, А61К 33/26, А61К 33/08. Способ коррекции обменных процессов у собак : № 2019118350 : заявл. 13.06.2019 : опубл. 21.12.2020 / Бородина Д. Т., Дрозд М. Н., Усевич В. М..
3. *Наим, Н. А.* Bigdata в медицине / Н. А. Наим, Ф. М. Алимова, М. А. Кушманова // Big Data and Advanced Analytics. – 2021. – № 7-1. – С. 221–223.
4. Проблема бездомных животных / А. А. Фетисов, С. В. Вакарева, М. Д. Петрова, Н. В. Рыбалко // Рекультивация выработанного пространства: проблемы и перспективы : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Белово, 11–18 дек. 2017 г. – Белово : КузГТУ ; Филиал КузГТУ в г. Белово ; Изд-во Новосибирского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» ; Изд-во Шуменского университета им. Епископа Константина Преславского, 2018. – С. 5101–5104.
5. Пат. 149602 U1 Российская Федерация, МПК G06K 7/00. Устройство для сканирования предметов, имеющих маркировку RFID-метками : № 2014130815/08 : заявл. 24.07.2014 : опубл. 10.01.2015 / С. Ю. Агеев, А. Ю. Амелькин, О. В. Караева, С. В. Симошин ; заявитель ООО «Магазин будущего».
6. *Вагизов, М. Р.* Потенциал использования инфокоммуникационных технологий на основе RFID-меток в лесной сфере // Цифровые технологии в лесном секторе : материалы Всерос. науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 26–27 марта 2020 г. / Санкт-Петербургский гос. лесотехн. ун-т имени С. М. Кирова ; Санкт-Петербургский политехн. ун-т Петра Великого. – Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2020. – С. 26–29.

*A.P. Luzhbina*, Student

*I.A. Butorina*, Student

*E.Yu. Itubayeva*, Student

butorinairina01@yandex.ru

*E.V. Aliyev*, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department

“System Analysis and Quality Management”

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

## **Development of an application to help homeless and pets**

*The possibility of using the storage, exchange and transmission of information about the health of animals, as well as assistance to homeless animals, namely, an application that will track the entire period of the life of an animal and its health, is considered. The characteristics and operation of the application, which allows you to control the well-being of the pet, consult with specialists in case of illness, are considered. Analogues with their advantages and disadvantages in comparison with this application are presented. It describes in detail who the application is intended for, how it works.*

**Keywords:** Big Data; application for helping animals; disease prediction; homeless animals; pets.

УДК 628.9:747.012(04)

ГРНТИ 45.51.33

Э. В. Домрачева, студент

html210517@gmail.com

Ю. В. Ложкин, кандидат технических наук, доцент

П. А. Останина, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Особенности проектирования светодиодных светильников геометрической формы с автономным питанием**

*Рассматриваются особенности и нюансы проектирования светодиодных светильников геометрической формы. Анализируются преимущества в работе и удобстве использования потребителем беспроводных светильников. Описываются достоинства светильников с автономным питанием. Выделяются и описываются характерные особенности существующих моделей светильников геометрической формы, разновидности материала со свойствами для их изготовления, а также эргономические, экологические, технологические и эстетические требования. Научная новизна исследования заключается в разработке проекта серии светодиодных светильников на основе геометрических фигур с автономным питанием – Geometry. Предложена основная концепция и новизна проекта, описывается комплектация и последовательность сборки светильника, выбор соединения деталей друг с другом и выбор оптимального материала для изготовления проекта серии светодиодных светильников.*

**Ключевые слова:** проектирование светодиодного светильника; светильники с автономным питанием; особенности и преимущества беспроводного светильника.

Светильники – это тип осветительного оборудования, используемого в интерьере и экстерьере. Они используются для направленного освещения

пространства и выполняют декоративную функцию. Небольшие светодиодные светильники на батарейках не требуют специальных знаний или навыков для установки, их легко может установить и настроить любой человек. Кроме того, тенденция к точечному освещению и зонированию пространств источниками света сделала автономные светодиодные светильники незаменимой частью каждого дома.

Светильник с автономным питанием характеризуется полной независимостью от стационарных источников питания (рис. 1).



*Рис. 1.* Использование светильников с автономным питанием

Они питаются от обычных батареек разного размера и перезаряжаемых аккумуляторов, которые нужно заряжать по мере необходимости. Аккумуляторы могут быть встроенными или отдельными от самого устройства, в зависимости от способа зарядки светодиодного светильника.

Популярность Led-светильников на батарейках продолжает расти, т. к. они

имеют множество преимуществ [2]:

- долгий срок службы;
- небольшой размер и высокая яркость;
- можно закрепить светильник на любой поверхности и в любом положении;
- экономичность и низкое энергопотребление;
- отсутствие проводки, которую необходимо скрывать;
- относительная экологическая безопасность и полная безвредность для человека.

Современные аналоги автономных светодиодных светильников геометрической формы (рис. 2). Популярными формами являются: прямоугольник, круг, овал.



Рис. 2. Аналоги автономных светодиодных светильников геометрической формы: *а* – прямоугольный светильник на батарейках с сенсорным датчиком включения; *б* – светильник с датчиком движения; *в* – круглый светильник на батарейках с сенсорным датчиком включения

Проектируя светильник необходимо учитывать эргономические (размеры, уровень освещения, распределение яркости), экологические (безопасные материалы, электро- и пожаробезопасность), технологические (технологии изготовления), эстетические требования (цветовое решение, форма).

### **Особенности и преимущества разработанного проекта серии светодиодных светильников геометрической формы с автономным питанием – *Geometry***

Светильник освещает пространство, рассеивая световой поток. Самым большим преимуществом этого светильника является то, что его можно установить в помещении. Встроенный в корпус неодимовый магнит позволяет устанавливать светильник не только на мебель, но и на намагниченные поверхности (магнитные доски, холодильники), при этом светильники можно крепить друг к другу. Светильник является автономным, независимым от основного освещения, и работает от двух батареек типа АА. Источником света является светодиодная лента, встроенная в корпус. Свет можно включать и выключать нажатием кнопки. В комплект входят: магнитная доска – 1 шт., квадратные светильники – 4 шт., треугольные светильники – 4 шт. (рис. 3).

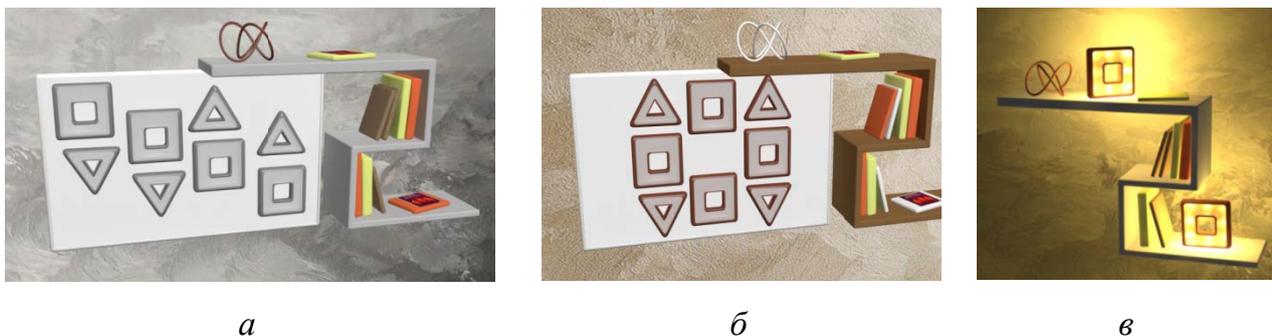


Рис. 3. Серия светодиодных светильников геометрической формы с автономным питанием – *Geometry*: *a* – комплект светильников и магнитная доска в сером цвете; *б* – комплект светильников и магнитная доска в коричневом цвете; *в* – пример освещения в темное время

### Комплектация светильника

Светильник квадратный и треугольный состоят из деталей (рис. 4): каркас, крышка для батареек, накладка, плафон, винт, батарейки типа АА, батарейный отсек, кнопка, неодимовый магнит, провода, светодиодная лента, магнитная доска.

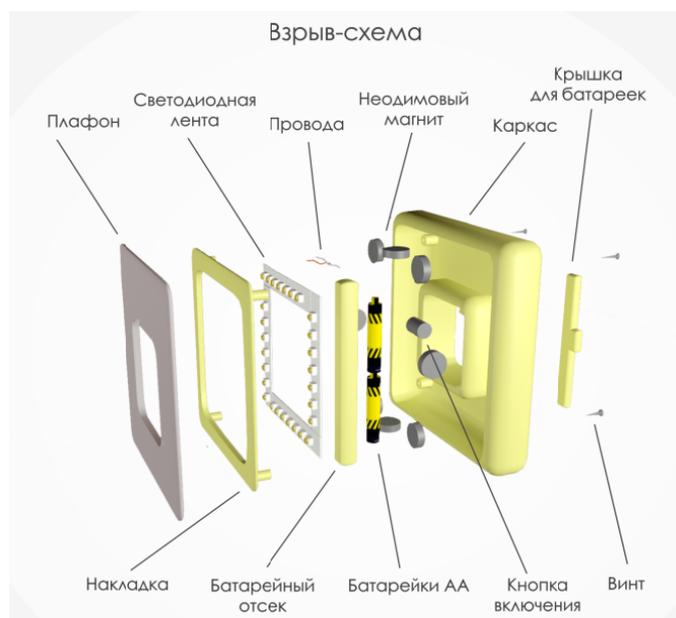


Рис. 4. Взрыв – схема светильника

### Выбор соединений

Клеевое соединение клеем БФ-4 ГОСТ 12172–74 «Супер Эпокси Металл» применяется при сборке деталей плафон и накладка (рис. 5, *a*). Кнопка включе-

ния, неодимовые магниты, батарейный отсек также приклеиваются к каркасу (рис. 5, б, в) [1].

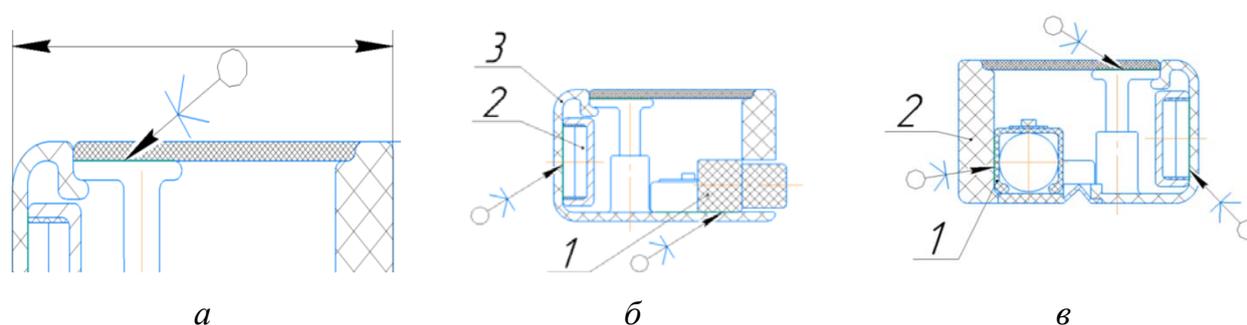


Рис. 5. Клеевое соединение светильника: а – соединение части корпуса: 1 – плафон; 2 – накладка; б – соединение фурнитуры к каркасу: 1 – кнопка включения; 2 – неодимовый магнит; 3 – каркас; в – соединение фурнитуры к каркасу: 1 – батарейный отсек; 2 – каркас

В каркасе светильника имеется отверстие для того, чтобы можно было вставлять и доставать батарейки, это отверстие закрывается крышкой при помощи разъемного замкового соединения (рис. 6).

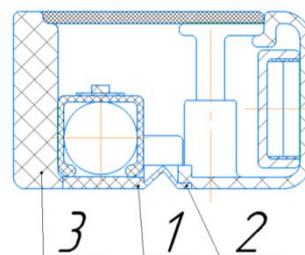


Рис. 6. Соединение крышки для батареек и каркаса: 1 – крышка для батареек; 2 – разъемное замковое соединение; 3 – каркас

Крепление накладки к корпусу (рис. 7) обеспечивается благодаря винтовым соединениям – они являются надежными и долговечными.

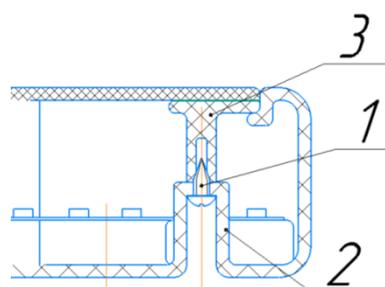


Рис. 7. Соединение накладки и каркаса: 1 – винт 2–2,5×6 ГОСТ 11650–80; 2 – каркас; 3 – накладка

### **Последовательность сборки светильника**

Во внутрь каркаса (дно, боковые стенки) приклеиваются неодимовые магниты, батарейный отсек. Кнопка включения вставляется в отверстие в каркасе и приклеивается к нему. Сверху на магниты и батарейный отсек приклеивается спаянная между собой светодиодная лента. С помощью проводов батарейный отсек соединяется с кнопкой включения и светодиодной лентой. Накладка соединяется с плафоном при помощи склейки. Конструкция из плафона и наклейки соединяется с каркасом при помощи винтов. В готовый корпус светильника снаружи вставляются батарейки, отсек закрывается крышкой для батареек при помощи разъемного замкового соединения.

### **Выбор материала для изготовления деталей**

Предпочтительным материалом при изготовлении плафонов для светильника является монолитный поликарбонат СО-95-К 2×150×150 ГОСТ 10667. Он обладает сравнительно невысокой теплопроводностью благодаря присутствию специального защитного слоя (толщина около 60 мкм по ТУ 2291-001-736812-13), материал устойчив к ультрафиолету и к механическим повреждениям (трещины, сколы), является пожаробезопасным.

Для изготовления корпуса светильника можно использовать АБС-пластик – полимер, который обладает высокими показателями износостойкости, прочности; устойчивости к влаге, кислотам и маслам; нетоксичен и долговечен. Детали имеют ровную блестящую или матовую поверхность [3]. Материалами для изготовления магнитной доски были выбраны: фанера, береза ФК, I/III, сорт II, III2, 1525×1525×4 ГОСТ 3916.1–2018; оцинкованная сталь толщиной 0,5 мм; профиль ПВХ.

Источником освещения в светильнике является светодиодная лента CRI98-3528 Warm 60-4.8-IP20-12V. Светильник включается и выключается при помощи встроенной кнопки 220В 1А без фиксированного крепления PSW-6A-B.

Разработанный проект серии светодиодных светильников на основе геометрических фигур с автономным питанием – *Geometry* – является оригинальной разработкой, т. к. на рынке нет похожих товаров. Соответствует выявленным эстетическим, экологическим, технологическим, эргономическим требованиям.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Анурьев, В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 1 / под ред. И. Н. Жестковой. – Москва : Машиностроение, 2006. – 928 с.
2. *Даньшин, В. В.* Достоинства светодиодных светильников / В. В. Даньшин, Д. С. Лещинский, Н. И. Спонаровский // Молодой ученый. – 2019. – № 44 (282). – С. 97–100.
3. Композиционные материалы с улучшенными прочностными характеристиками на основе АБС сополимеров / А. А. Редькина, К. А. Яковлева, В. С. Осипчик [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – Т. 33. № 6 (216). – С. 79–81.

*E. V. Domracheva*, Student

html210517@gmail.com

*Yu. V. Lozhkin*, PhD in Engineering, Associate Professor

*P. A. Ostanina*, PhD in Engineering, Associate Professor

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Design features of geometric-shaped LED lamps with autonomous power supply**

*The article discusses the features and nuances of designing LED lamps of geometric shape. The advantages in operation and user-friendliness of wireless luminaires are analyzed. The advantages of lamps with autonomous power are described. The characteristic features of existing models of geometric-shaped luminaires, varieties of material with properties for their manufacture, as well as ergonomic, environmental, technological and aes-*

*thetic requirements are highlighted and described. The scientific novelty of the research lies in the development of a project for a series of LED lamps based on geometric figures with autonomous power supply – “Geometry”. The article proposes the basic concept and novelty of the project, describes the configuration and assembly sequence of the lamp, the choice of connecting parts to each other and the choice of the optimal material for the manufacture of the project series of LED lamps.*

**Keywords:** design of an LED lamp; lamps with autonomous power supply; features and advantages of a wireless lamp.

С. Р. Дорофеева<sup>1,2</sup>, магистрант

svetamien2018@gmail.com

А. Н. Касаткин<sup>1</sup>, аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

<sup>2</sup>АНО «Цифровая экономика Удмуртской Республики»

## **Анализ данных и визуализация дорожно-транспортных происшествий в Удмуртской Республике**

*С ростом уровня автомобилизации растет количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), что негативно сказывается на социально-экономическом развитии региональной экономики. Таким образом, необходимо разрабатывать основанные на данных управленческие решения при формировании превентивных мероприятий, направленных на снижение уровня аварийности. Проработка данных решений затруднительна при отсутствии информационных технологий анализа данных и визуализации. Анализ данных включает оценку влияния на интенсивность ДТП следующих факторов: временной, территориальной, видовой, факторы инфраструктуры, человеческий, технический. Прогнозирование динамики количества ДТП и тяжести последствий на среднесрочную перспективу выполняется с использованием методов машинного обучения. Визуализация результатов анализа данных и прогнозирования, а также распространения количества ДТП на территории Удмуртской Республики в виде тепловой карты осуществлялась с использованием сервиса Yandex Data Lens, которая является бесплатной облачной BI-системой отечественного производства.*

**Ключевые слова:** дорожно-транспортные происшествия; анализ данных; визуализация; тепловая карта; прогнозирование.

## **Введение**

Следствием повышения уровня автомобилизации в регионе является рост уровня аварийности на дорогах. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) оказывают негативное воздействие на социально-экономическое развитие региональной экономики, поскольку травмы при ДТП являются ведущей причиной смерти молодых людей в трудоспособном возрасте [1]. В мировой практике (Испания, Франция [2]) есть примеры эффективного снижения смертности от ДТП до показателя 3–5 погибших на 100 тыс. населения. В Удмуртской Республике на 2021 г. наблюдается 9,6 погибших на 100 тыс. населения. Актуальной задачей является повышение безопасности на дорогах Удмуртской Республики за счет проведения эффективной управленческой политики в сфере благоустройства улично-дорожной сети, основанной на результатах анализа данных и прогнозирования ДТП.

Проект заключается в применении облачной BI-системы *Data Lens* при разработке геоаналитической системы Удмуртской Республики, позволяющей на основе открытых данных:

1. Проводить аналитику влияния на ДТП и тяжесть последствий различных факторов.
2. Прогнозировать количество ДТП и тяжесть их последствий на территории республики.
3. Визуализировать участки аварийности на улично-дорожной сети в виде тепловой карты, полученной с использованием результатов зонирования территорий.

## Анализ данных ДТП

Анализ данных выполняется с целью выявления влияния различных факторов на интенсивность ДТП и смертность. Среди наиболее значимых факторов можно выделить:

- территориальный фактор: населенные пункты, улицы, категории дорог;
- временной фактор: оценка динамики по годам, оценка динамики в течение года (сезонности), оценка влияния дня недели (интенсивность ДТП в будни и выходные дни), оценка динамики в течение дня (выявление аварийных часов в сутках);
- виды аварий в разрезе территорий;
- факторы инфраструктуры (объекты УДС, освещенность и др.);
- человеческие факторы (водительский стаж, степень опьянения и др.);
- технические факторы транспортного средства и др.

Приведем некоторые результаты выполненного анализа по данным о ДТП в Удмуртской Республике с 2015 по 2022 г., полученным с сайта Госавтоинспекции [3].

**Территориальный фактор.** Согласно исходным данным 47 % всех ДТП в Удмуртской Республике, в которых пострадали люди, происходят на территории города Ижевска, следующими после него по уровню аварийности следуют Завьяловский район (11 %) и город Воткинск (4,8 %) (рис. 1).

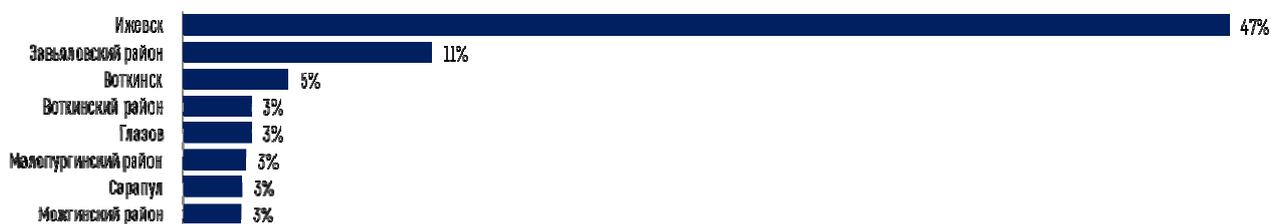


Рис. 1. Распределение ДТП по городам и районам УР (приведены муниципальные образования, для которых наблюдается более 2 % от общего количества ДТП в УР)

Неравномерное распределение уровня аварийности объясняется различием численности населения данных территорий, а также наличием на территории

муниципалитетов крупных транспортных развязок и дорог федерального и регионального значения. Поэтому анализ влияния других факторов проводился по двум направлениям: город Ижевск и Удмуртия (без г. Ижевска).

Исследование влияния территориального фактора на уровень аварийности показало, что 80 % всех ДТП в городе Ижевске происходят на 40 (из более 800) улицах (рис. 2).

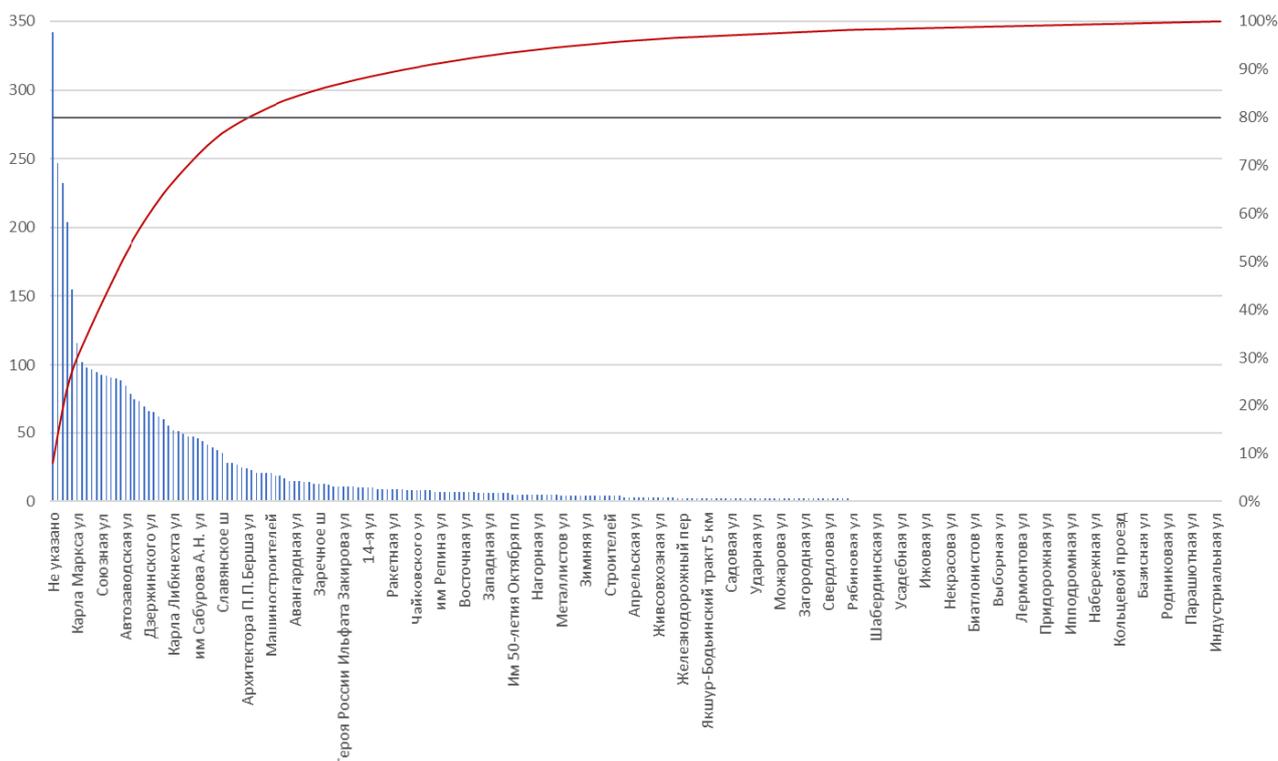


Рис. 2. Распределение ДТП по улицам г. Ижевска

Большая часть ДТП приходится на Первомайский и Индустриальный районы города Ижевска. Это объясняется наличием в этих районах улиц с высоким автомобильным потоком, таких как улица Удмуртская, Воткинское шоссе, улица Ленина, улица Пушкинская и улица Карла Маркса.

**Временной фактор.** За последние 8 лет распределение зафиксированных на территории Удмуртии ДТП с пострадавшими неравномерное (рис. 3).

Так, за 2015 г. было зафиксировано 1378 ДТП, а в 2016 г. – уже 1992 ДТП. Наименьшее количество ДТП было зафиксировано в 2021 г. (1299), а наи-

большее – в 2019 г. (2095). За первые 9 месяцев 2022 г. на территории Удмуртской Республики зафиксировано 968 ДТП с пострадавшими, что на 3 % больше, чем за аналогичный период прошлого года (940 ДТП), но на 32 % меньше за аналогичный период 2020 г. (1425 ДТП).

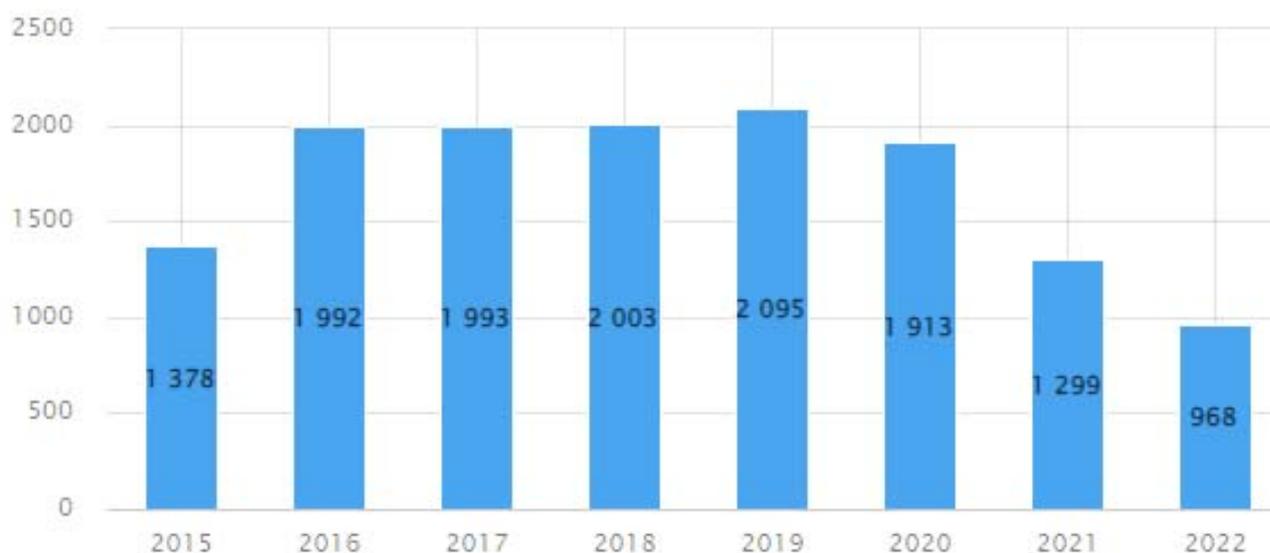


Рис. 3. Распределение количества ДТП по годам

Путем ABC-анализа было выявлено, что основная часть ДТП в городе Ижевске (80 %) приходится на периоды с 7:00 до 9:00 и с 11:00 до 21:00, а вне г. Ижевска – на периоды с 7:00 до 9:00 и с 11:00 до 22:00. Наибольшее количество зафиксированных ДТП в г. Ижевске приходится на период с 17:00 до 18:00, вне г. Ижевска – на период с 17:00 до 20:00.

Наибольшее количество ДТП в городе Ижевске приходится на сентябрь и октябрь, наименьшее – на апрель, вне г. Ижевска наибольшее количество приходится на июль и август, наименьшее – на март и апрель.

**Вид ДТП.** Анализ показал, что основными видами ДТП в городе Ижевске являются столкновение (39 %), наезд на пешехода (38 %) и падение пассажира (10 %), вне г. Ижевска – столкновение (39 %), наезд на пешехода (24 %), опрокидывание (12 %) и съезд с дороги (11 %) (рис. 4).

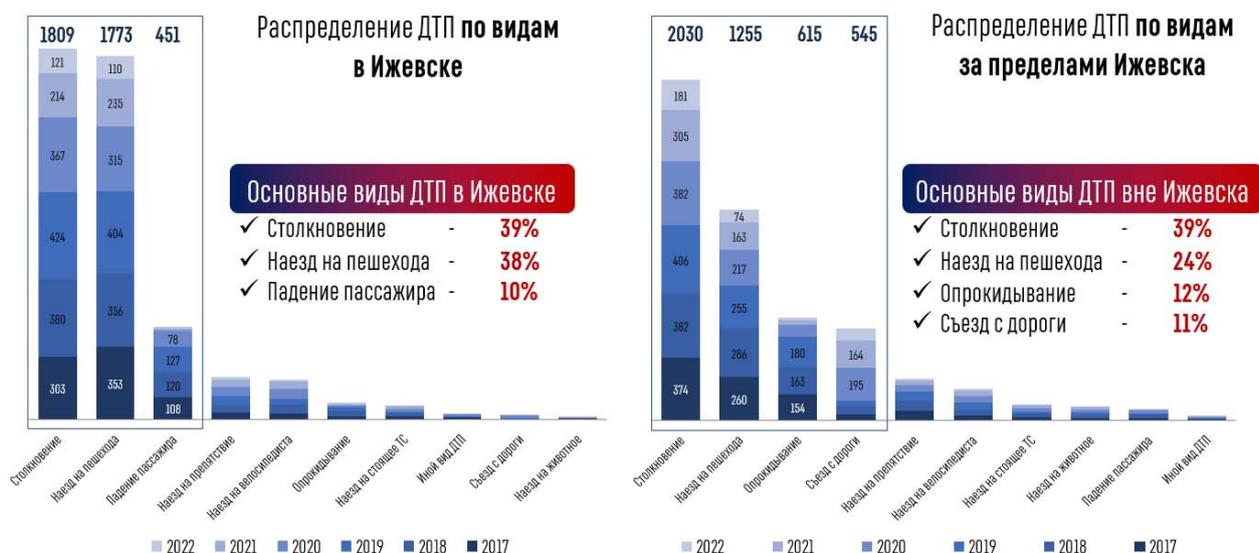


Рис. 4. Анализ видового фактора

## Прогнозирование ДТП

Для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий и числа пострадавших и погибших в них в зависимости от различных качественных и количественных факторов применялась методика, приведенная в работах [4, 5]. Согласно данной методике, строятся множественные регрессионные модели зависимости количества ДТП и тяжести последствий, в которых учитываются сезонные и территориальные факторы. Для моделирования динамики экзогенных факторов используются авторегрессионные процессы. Результат прогнозирования ежемесячного количества ДТП на территории Удмуртской Республики до конца 2023 г. приведен на рис. 5.

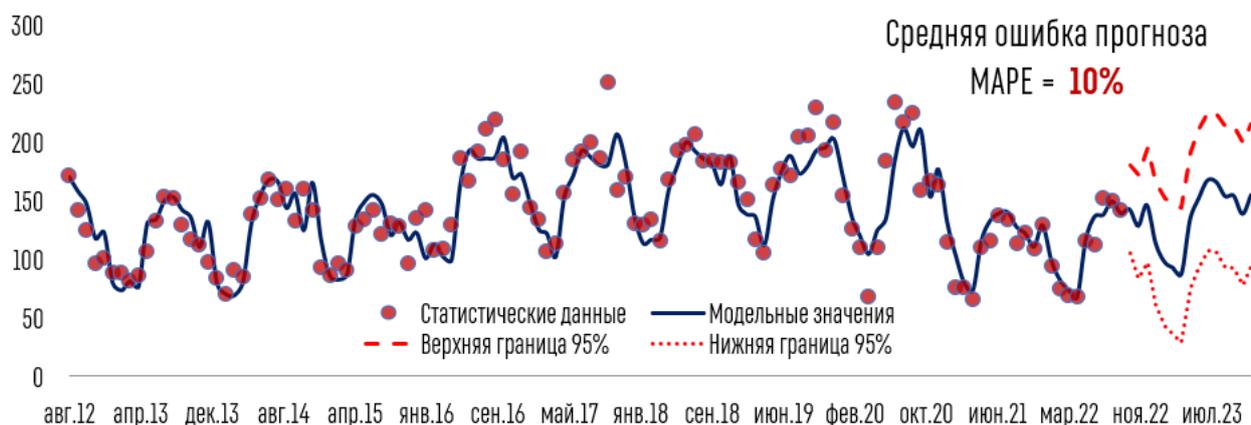


Рис. 5. Прогнозирование количества ДТП в УР

Ошибка прогноза составляет 10 %, что является хорошим результатом в данном социальном исследовании. По данным прогноза ожидается рост количества ДТП в регионе (в 2022 г. – 1391 ДТП, в 2023 г. – 1605 ДТП) со снижением общего уровня смертности.

### Визуализация показателей с помощью VI-системы

В качестве программного обеспечения для визуализации показателей уровня аварийности в Удмуртской Республике использовался сервис *Yandex Data Lens*, который является бесплатной облачной VI-системой отечественного производства. С помощью выбранной VI-системы был разработан *Dashboard* «Тепловая карта ДТП в УР» (рис. 6).

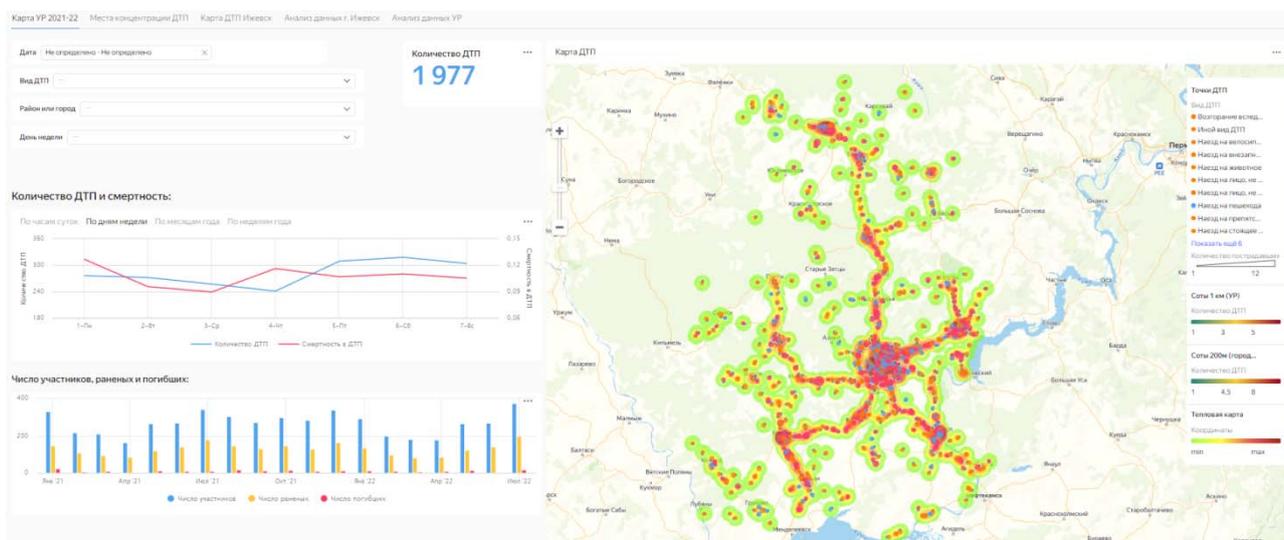


Рис. 6. Dashboard «Тепловая карта ДТП в УР»

В *Dashboard*, кроме анализа данных, выводятся распределение количества ДТП по территории Удмуртской Республики в виде тепловой карты. По карте визуально определяются зоны с наибольшей интенсивностью ДТП. Так, например, видно, что основное количество ДТП приходится на город Ижевск и дороги федерального и регионального значения.

## Заключение

Таким образом, выполнен анализ влияния различных факторов на количество ДТП и тяжесть их последствий, а также прогнозирование количества ДТП на территории Удмуртской Республики до конца 2023 г.

Разработан *Dashboard* «Тепловая карта ДТП в УР» с использованием бесплатной облачной BI-системы *Data Lens*. В *Dashboard* приводятся результаты исследования в виде аналитических графиков и тепловых карт.

Разработанный сервис позволяет выявлять зоны интенсивности ДТП и на их основе строит эффективную превентивную политику по снижению аварийности на дорогах региона.

## Список использованных источников и литературы

1. *Фаттахов, Т. А.* Источники информации о ДТП и учет дорожно-транспортного травматизма в России // Демографическое обозрение. – 2015. – № 1 (3). – С. 127–143. DOI 10.17323/demreview.v1i3.1811
2. *Фаттахов, Т. А.* Дорожно-транспортные происшествия и смертность в России: 1956–2012 // Демографическое обозрение. – 2015. – № 2 (2). – С. 6–36. – DOI 10.17323/demreview.v2i2.1780
3. Госавтоинспекция РФ : офиц. сайт / Показатели состояния безопасности дорожного движения. – URL: stat.gibdd.ru (дата обращения: 11.01.2023.)
4. *Kasatkina, E. V.* Development of analysis and forecast technologies for road accidents in the region and its application / E. V. Kasatkina, K. V. Ketova, D. D. Vavilova // AIP Conference Proceedings. Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. – Melville ; NewYork ; United States of America. – 2021. – P. 70005. – DOI 10.1063/5.0071291
5. *Касаткина, Е. В.* Статистическое исследование дорожно-транспортной обстановки в Удмуртской Республике // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20. № 1. – С. 53–59. – DOI 10.22213/2413-1172-2017-1-53-59

S. R. Dorofeeva<sup>1,2</sup>, Master's Degree Student

svetamien2018@gmail.com

A. N. Kasatkin<sup>1</sup>, Post-graduate

<sup>1</sup> FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

<sup>2</sup> ANO “Digital Economy of the Udmurt Republic”

## **Data analysis and visualization of road accidents in the Udmurt Republic**

*With the increase in the level of motorization, the number of road accidents increases, which negatively affects the socio-economic development of the regional economy. Thus, it is necessary to develop data-based management decisions in the formation of preventive measures aimed at reducing the level of accidents. The elaboration of these solutions is difficult in the absence of information technologies for data analysis and visualization. Data analysis includes an assessment of the impact of the following factors on the intensity of an accident: temporal, territorial, species, infrastructure factors, human, technical. Forecasting the dynamics of the number of accidents and the severity of the consequences in the medium term is carried out using machine learning methods. Visualization of the results of data analysis and forecasting, as well as the spread of the number of accidents on the territory of the Udmurt Republic in the form of a heat map was carried out using the Yandex Data Lens service, which is a free cloud BI – system of domestic production.*

**Keywords:** traffic accidents; data analysis; visualization; heat map; forecasting.

*В. С. Евстафьева*, студент

*А. С. Зеленова*, студент

arinazds@mail.ru

*Э. В. Алиев*, кандидат технических наук,

доцент кафедры системного анализа и управления качеством

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Приложение для отслеживания здорового сна человека**

*В настоящее время большое количество людей заинтересовано в своем здоровье и самочувствии. Но не все знают, что самочувствие зависит от здорового и крепкого сна.*

*Рассмотрена возможность применения хранения, обмена и передачи информации о здоровом сне человека. А именно, приложение с использованием умного браслета, в котором будут собраны все данные о сне человека и возможных последующих болезнях с целью их устранения. Рассмотрены характеристики и работа приложения, позволяющая человеку контролировать свой сон, проанализирована литература по данной теме, рассмотрены понятия, виды сна и его значение в жизни человека. Подробно описан принцип работы приложения для отслеживания нормализации сна. Представлены аналоги с их преимуществами и недостатками в сравнении с данным нововведением.*

**Ключевые слова:** здоровый сон; приложение для отслеживания сна; прогнозирование болезней; нормализация сна; нарушение сна.

Статья посвящена решению проблемы здорового сна. Раскрывается задача, которую необходимо выполнить для нормализации сна, а именно, отслежи-

вание пульса. Актуальность темы связана с большим количеством нарушений со сном у людей разных возрастов.

Сон – состояние, которое с помощью различных химических, психологических и иных факторов, протекающих в человеческом организме, дает возможность ему работать на следующий день. Качество сна во многом определяет наше состояние перед важными встречами, соревнованиями и другими видами деятельности, поэтому качество сна необходимо улучшать разными способами. У многих людей случаются проблемы со сном: учащается пульс во время сна, что может привести к негативным последствиям и как факт – ухудшает нашу работоспособность в разы.

Существует 3 стадии сна: *первая стадия*, когда происходит снижение пульса, сердцебиения, уровня артериального давления, частоты дыхания. На этой стадии человек не погружается глубоко в сон и может проснуться от малейших звуков. Здоровый человек, у которого есть нарушения сна ночью, будет замечать у себя более высокое кровяное давление.

*Вторая стадия* предполагает более глубокое погружение в сон. Обычно в этой стадии уже незаметны какие-то незначительные звуки и именно в этой фазе происходит восстановление. Даже непродолжительный период отказа от сна пагубно сказывается на когнитивных способностях человека, на психоэмоциональном и физическом состоянии.

На *третьей стадии* протекают более важные процессы жизнедеятельности человека: накопление веществ, регенерация, синтез соматотропного гормона. Помимо снижения когнитивных способностей, хроническое недосыпание в 4 раза повышает риск возникновения всевозможных психических расстройств, приводит к депрессии, инсультам и другим проблемам со здоровьем.

В современной жизни люди уделяют больше внимания диетам и тренировкам, чем хорошему, качественному сну, хотя сон – немаловажный фактор нашего самочувствия и протекания внутренних процессов в нашем теле [1].

Очень важно понимать, что частое нарушение сна ведет к заболеваниям, расстройствам. Недостаточное количество сна пагубно влияет на психоэмоцио-

нальное, физическое состояния. При недостаточном количестве сна у организма увеличивается резистентность к инсулину, нарушается цикл отдыха мышц, что приводит к недостаточности силы их сокращения. Сон влияет не только на состояние человека, но и на развитие болезней [2].

Интерес к выявлению составляющих крепкого и хорошего сна приводит к изучению этого вопроса учеными, проведению множества экспериментов. Существует большое количество нарушений сна, таких как персомнические (затрудненное засыпание), интрасомнические (нарушение поддержания сна, прерывистый сон), постсомнические (нарушение фазы быстрого или медленного сна) и их комбинация. Как правило, эти нарушения связаны со стрессом, недосыпанием или иными обстоятельствами. Важной составляющей сна является ретикулярная формация, которая расположена в стволе головного мозга. На протяжении всего дня ретикулярная формация собирает информацию и подает ее в гипоталамус. Если часто происходят такие нарушения, то нарушается структура сна. Существует множество видов нарушений сна в зависимости от возраста, образа жизни и психоэмоционального состояния. Нарушения сна бывают не только от повышенного пульса во время сна, но и от различных факторов. Так, например, есть нарушения сна после инсульта. Первыми причинами нарушения сна могут послужить раздражающие факторы (храп соседей по палате или поздний прием лекарств). Затем следует депрессия, которая может в дальнейшем перерасти в бессонное состояние, которое приводит к расстройству сна. Нарушения могут быть не только у пожилых людей, но и у детей – сбой связан с плохой работой сердечно-сосудистой системы. Чтобы выявить это на ранних сроках, необходимо следить за пульсом в течение всего сна. Условием успеха является максимальное расслабление мышц и равномерное глубокое дыхание [4].

Существует такое заболевание, как сонный паралич. При обострении необходимо прервать сон, чтоб у человека не остановилось сердце от испуга. Чаще всего сонный паралич появляется у людей, которые испытывают панические атаки. Как правило, переход между фазами незаметен, но иногда происхо-

дит сбой, который ведет к сонному параличу. Люди, наблюдавшие сонный паралич делятся историями о том, что около них сидит непонятное существо и тем самым пугает человека. В этот момент пульс поднимается до высоких параметров и находится в опасном состоянии. Причинами сонного паралича могут послужить как стрессовые ситуации, частые нарушения фаз сна или привычка спать на спине. Такие случаи происходят у трех людей из десяти и не являются медицинским диагнозом. При нем бывают галлюцинации, которые способны сильно напугать человека. Вот поэтому так необходимо иметь приспособление, которое в любой момент может вытащить человека из любой фазы сна и предотвратить последствия некачественного сна. Современные гаджеты могут определить вероятность наступления заболеваний из-за некачественного сна.

*Приложение для отслеживания и нормализации сна, которое записывает качество сна и среднее время человека, проведенное в постели.* Приложение предоставляет анализ сна – в какие часы человек крепко спит, а в какие часы – самая легкая фаза сна.

Приложение *Alarm Clock Xtreme* работало изначально только как будильник, но со временем стало полноценным приложением для отслеживания сна. Данное приложение предлагает множество ручных настроек, так что человек может настроить все функции в соответствии со своими пожеланиями (рис. 1).



Рис. 1. Иконка приложения для отслеживания сна

На данный момент существует множество приложений, с помощью которых можно отслеживать и контролировать свой сон. Но все они представляют собой ограниченную программу, где человек самостоятельно задает начальные данные.

Предлагается запустить новое приложение *Healthy sleep*, которое будет помогать человеку предотвращать негативные последствия и улучшать качест-

во сна (рис. 2). Это приложение для отслеживания здорового сна человека с использованием умного браслета. Разработана версия, адаптированная для людей, имеющих проблемы со зрением.



Рис. 2. Иконка приложения *Healthy sleep* сокращений сердца для последующих исследований и передает всю информацию на устройство.

Дисплей можно легко отделить от корпуса так, что его можно поставить на зарядку. В комплекте с умным браслетом есть беспроводная зарядка, которая не требует человеческого вмешательства. Ее механизм работы очень прост: встроенный беспроводный аккумулятор в часах будет давать заряд, когда аккумулятор батареи будет ниже 5 %, и автоматически выключаться при полном заряде. Сбоку есть кнопка, которая включает и выключает браслет. После включения браслета запускается приложение *Healthy sleep*, где появляются разделы: Начать фазу сна, Завершить фазу сна; настройки, чтобы сделать приложение более удобным для себя (рис. 3). В настройках можно регулировать вибрации, которые будут будить человека при кошмарах, редактировать параметры, дату и время, шрифт, язык и регион. Добавлена функция Графика сна, где прописан весь сон за ночь, импульс человек. Полагаясь на показатель импульса, можно определить общее состояние человеческого организма, выявить отклонения и избежать слишком высоких нагрузок и переутомления.

Перед сном человек нажимает кнопку «Начать фазу сна», после чего срабатывает датчик пульсометра и каждую минуту измеряет пульс. Как только пульс начинает превышать параметры нормального пульса, то сразу подаются вибрации, которые помогут разбудить человека в любой фазе сна.



Рис. 3. Меню приложения

После того, как человек проснулся, важно завершить фазу сна в приложении. Можно отследить пульс за все время сна по графику. Это даст возможность понять: здоровый сон у человека или нет, предотвратить появление всевозможных заболеваний.

Таким образом, улучшая качество сна, человек выстраивает правильное отношение к собственному здоровью, это способствует формированию общей жизненной эффективности. Приложение *Healthy sleep*, достаточно компактное, удобное, но при этом многофункциональное, потому что направленно именно на отслеживание пульса фазы сна, что необходимо отслеживать, когда человек спит. С этими результатами и графиками человек может обратиться к врачу и с ним обсудить нарушения здорового сна.

### Список использованных источников и литературы

1. Чигилаева, А. Г. Объяснение важности сна: Понимание преимущества здорового сна // Сон. – 2021. – № 5. – С. 241–245.
2. Мирманова, И. М. Сон. Влияние сна психоэмоциональное, умственное и физическое состояние / И. М. Мирманова, А. В. Болонина // Столица науки. – 2020. – № 9 (26). – С. 9–12.

3. Юхина, Т. А. Сон и наука или велико ли значение сна в нашей жизни / Т. А. Юхина, В. Р. Близнякова // Студенческий форум. – 2019. – № 41-1 (92). – С. 54–56.

4. Пат. 2142824 С1 Российская Федерация. Способы облегчения засыпания и оздоровления в сочетании с психологическим целебным настроем и самовнушение «ВИОР-Сон» / Орлов В. И. ; заявитель и патентообладатель Орлов Владислав Иосифович ; заявл. 14.05.1996 ; опубл. 20.12.1999.

*V. S. Evstafyeva*, Student

*A. S. Zelenova*, Student

arinazds@mail.ru

*E. V. Aliev*, PhD in Engineering Associate Professor of the Department of the Department of System Analysis and Quality Management FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **An application for tracking a person's healthy sleep**

*Currently, a large number of people are interested in their health and well-being. But not everyone knows that well-being depends on a healthy and sound sleep. This article discusses the possibility of using the storage, exchange and transmission of information about a healthy person's sleep. Namely, an application using a smart bracelet, in which all data about a person's sleep and possible subsequent illnesses will be collected in order to eliminate them. The characteristics and operation of the application that allows a person to control his sleep are considered, the literature on this topic is also analyzed, concepts, types of sleep and its significance in human life are considered. The principle of operation of the application for tracking sleep normalization is described in detail. Analogs with their advantages and disadvantages are also presented, in comparison with this innovation.*

**Keywords:** healthy sleep; sleep tracking app; disease prediction; sleep normalization; sleep disturbance.

*М. М. Зауголышева*<sup>1</sup>, магистрант

zaugolishevamm@gmail.com

*Р. М. Сайфутдинова*<sup>1</sup>, магистрант

*А. А. Ибрагимова*<sup>1,2</sup>, кандидат социологических наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

### **Специфика креативной индустрии среди регионов Приволжского федерального округа**

*Проведен анализ понятия креативных индустрий, его классификаций и подробных характеристик, которые составляют данную область. На базе научного дайджеста научного центра мирового уровня «Центр междисциплинарных исследований человеческого потенциала» проанализированы концепции креативных индустрий, основанные в контексте реализации проекта «Формирование методологических основ измерения социально-экономических характеристик креативных индустрий и креативного класса». Представлен анализ трудового рынка креативных индустрий Приволжского федерального округа в разрезе регионов, и на основе динамики обнаружена необходимость развития креативного предпринимательства, т. к. оно меняет конструкцию рынка труда и увеличивает приток инвестиций. Выявлено, что слабым регионам требуется присоединяться к реализации федеральной концепции, чтобы не столкнуться с оттоком талантов из региона. Поощрять развитие бизнеса и скорректировать качество жизни людей в регионах.*

**Ключевые слова:** креативные индустрии; креативная активность; креативная экономика; новые технологии; отрасль.

## **Введение**

В понимании креативных индустрий по сей день нет определенного понятия в сфере экономики. Все дело в непосредственном отношении отраслей креативной экономики с другими индустриями, которые часто препятствуют определению и выделению их в отдельный креативный блок. Стоит упомянуть и классификацию отраслей, в ней невозможно определить конкретные креативные отрасли. В подобных характеристиках есть лишь некоторые основы, из которых возможно определить составляющие данной области, в них входят:

- 1) высокая роль новых технологий и открытий в разных областях деятельности человека;
- 2) высокая креативная составляющая труда;
- 3) большой объем уже существующих знаний и острая необходимость генерации новых знаний.

Неофициальное понятие креативных индустрий было введено в 1997 г. в Великобритании. За основу понятия взят критерий экономического эффекта, возможность коммерциализации. Это связано с развитием глобализации мировой экономики, в результате которой произошел кризис промышленных территорий в Европе. С целью выхода из кризиса было предложено рассматривать развитие креативных индустрий как стратегическое направление экономики в Великобритании на политическом и государственном уровнях [1]. В России данный подход в настоящее время не закреплён даже на законодательном уровне. Из-за этого не без сарказма сферу называют «коммуникационное подвижничество». Однако законопроект о креативных индустриях и творческом предпринимательстве уже разрабатывают, т. к. с каждым днем все более ощутима необходимость этой области.

Обратившись к прогнозу Центра стратегических разработок [2], можно обнаружить, что к 2024 г. процент креативных индустрий в национальном ВВП вырастет до 8,5 %. В качестве примера, в Германии эта доля уже сейчас составляет 8 %.

## Анализ креативных индустрий в Приволжском федеральном округе

Анализ и оценка идей творческих индустрий в статье предлагается основывать на научном дайджесте научного центра мирового уровня «Центр междисциплинарных исследований человеческого потенциала» [3], подготовленного на основе реализации проекта «Формирование методологических основ измерения социально-экономических характеристик креативных индустрий и креативного класса». Проведенное исследование позволило выявить топ-20 городов России по значению индекса креативной активности (рис. 1).



Рис. 1. Топ-20 Российских городов по индексу креативной активности

Результаты исследования служат некой информационной базой для создания и дальнейшего развития политики государства в области креативных индустрий. Понимание сектора касаясь исторического развития, местоположения, развития локальных и городских бизнес-индустрий позволит сформулировать политическое и экономическое становление данной отрасли, что приведет к эффективным мерам, направленным на поддержку данного сектора.

Внегласно в креативных индустриях существует более 30 видов интеллектуальной деятельности, основанных на авторском праве, к ним относятся: дизайн, кино, телевидение, мода, архитектура, реклама, издательская деятельность, музыка, компьютерная графика, ремесла, программное обеспечение и др.

Для изучения и выявления проблем развития креативных индустрий предлагаем наиболее подробнее обратиться к ситуации развития данного направления среди регионов Приволжского федерального округа (ПФО). Рассмотрим ситуацию на региональных рынках труда в сфере креативных индустрий (рис. 2).



Рис. 2. Численность трудоустроенного населения в креативных индустриях по состоянию на 2022 г.

Оценка итогов 2022 г. по вкладу креативных индустрий в валовый региональный продукт (ВРП) Татарстана составляет примерно 4,1 %. В области индустрий Татарстана задействовано 17,6 тыс. организаций (предприятий), в среднем численность работников которых составляет около 38,3 тыс. чел. Таким образом, всего на креативные индустрии Татарстана приходится 8,6 % от всех организаций и около 4,1 % от всей численности трудящихся жителей региона. Всего выручка организаций креативных индустрий в Татарстане составила 142 млрд руб. В целом на творческий сектор приходится 2,4 % от суммарной выручки всех компаний, осуществляющих свою деятельность в регионе. По

данным Агентства стратегических инициатив, лидерами в регионе по числу занятых сотрудников в организациях, функционирующих в области индустрий, являются Казань, Набережные Челны и Актинский район (10,8; 7,1 и 6,6 % соответственно).

Республика Башкортостан заняла второе место с показателем 4,5 % от ВРП, где 13,9 тыс. компаний функционирует в сфере креативных индустрий. В них заняты 34,7 тыс. чел. (4,5 % от всех работников). Материальный аспект здесь составил 131 млрд руб. (2,8 % от выручки всех организаций республики). По количеству сотрудников, привлеченных к работе в креативной индустрии, в Башкирии лидируют Сибай (18,9 %), Уфа (10,7 %) и Межгорье (8,2 %). Самый большой вклад в муниципальный валовой продукт вносят организации Сибая (10,3 %) и Уфы (8,7 %) (рис. 3).



*Рис. 3. Структура занятости в креативных индустриях среди регионов ПФО 2022, %*

Архитектура, научные исследования и сфера информационных технологий лидируют среди всех отраслей в проанализированных республиках. Дина-

мика социально-экономического креативного развития регионов Приволжского федерального округа (ПФО) в 2022 г., с одной стороны, показывает, как они восстанавливаются после жестких ограничений пандемийного периода, с другой – характеризует их потенциал к новым вызовам современной геополитической ситуации.

### **Заключение**

По мнению авторов статьи, регионы ПФО заинтересованы в развитии креативного предпринимательства, т. к. оно меняет конструкцию рынка труда и увеличивает приток инвестиций. Люди начинают производить творческий продукт, а нематериальные активы на балансе компаний увеличивают их капитализацию, но на этом пути есть препятствия. Одной из существенных проблем креативных индустрий можно выделить устаревшее образование, ориентированное на профстандарты традиционных специальностей, блокирующее в людях креативность, способность к междисциплинарному подходу и умение осваивать принципиально новые виды деятельности. Эта проблема уже решается путем более гибкого и ориентированного на запросы рынка дополнительного образования.

Есть потребность в комплексном решении по поддержке креативных и творческих отраслей, к примеру, особые налоговые режимы, кластерная инфраструктура, эффективная система защиты интеллектуальной собственности, доступные инструменты масштабирования бизнеса и многое другое. Слабым регионам требуется присоединиться к реализации федеральной концепции, чтобы не столкнуться с оттоком талантов из региона. Поощрять развитие бизнеса и скорректировать качество жизни людей в регионах.

Результаты исследования могут служить и являются базой для статистического мониторинга и формирования научно обоснованных экономических оценок параметров креативной экономики в ПФО и других регионах.

Дальнейшая работа над разработкой исследований в сфере креативной индустрии может способствовать усовершенствованию подходов к ее понима-

нию и классификации, к новейшим разработкам альтернативных методов количественной оценки их параметров, в том числе путем анализа больших данных.

### Список использованных источников и литературы

1. Амосова, А. И. Креативная экономика и ее значение / А. И. Амосова, Е. А. Кузнецова // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2022. – № 2 (22). – С. 1–4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kreativnaya-ekonomika-i-ee-znachenie> (дата обращения: 27.11.2022).

2. Исследования // Центр стратегических разработок : офиц. сайт. – URL: <https://www.csr.ru/ru/research/> (дата обращения: 02.12.22).

3. Боос, В. О. Креативные специализации российских городов : Научный дайджест. Спецвыпуск / В. О. Боос, М. А. Гершман, Е. С. Куценко. – URL: [Human\\_Capital\\_NCMU\\_Digest\\_Special\\_Issue\\_Creative\\_Cities\\_02-2022.pdf](https://www.ncmu.ru/ru/research/creative-cities-02-2022.pdf) (дата обращения: 02.12.2022).

*M. M. Zaugolysheva*<sup>1</sup>, Master's Degree Student  
zaugolishevamm@gmail.com

*R. M. Saifutdinova*<sup>1</sup>, Master's Degree Student

*A. A. Ibragimova*<sup>1,2</sup>, Candidate of Social Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>FGBOU VO “Kazan National Research Technical University  
named after A. N. Tupolev – KAI”

<sup>2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”

### **The specificity of the creative industry among the regions of the Volga Federal District**

*The article analyzes the concept of creative industries, its classifications and detailed characteristics that make up this area. On the basis of the scientific digest of the world-class Scientific Center “Center for Interdisciplinary Studies of Human Potential”, the concepts of creative industries based in the framework of the project “Formation of methodological foundations for measuring the socio-economic characteristics of creative industries and the creative class” were analyzed.*

*An analysis of the labor market of the creative industries of the Volga Federal District by regions is presented and, based on the dynamics, the need for the development of creative entrepreneurship is found, as it changes the structure of the labor market and increases the inflow of investments. It was revealed that weak regions are required to join the implementation of the federal concept in order not to face an outflow of talents from the region. Encourage business development and adjust the quality of life of people in the regions.*

**Keywords:** creative industries; creative activity; creative economy; new technologies; industry.

*А. А. Ившина*, студент

*lina.ivshina@list.ru*

*Л. В. Метляков*, студент

*И. Д. Стерхов*, студент

*К. Я. Тураев*, студент

*Д. Н. Попов*, кандидат технических наук, доцент

*Д. А. Хворенков*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **К расчету процессов нагрева агрессивных сред методом индукции**

*Представлена постановка задачи для компьютерного моделирования гидродинамики и теплообмена в установках индукционного нагрева агрессивных жидкостей. Указаны основные преимущества установок индукционного нагрева и обоснована необходимость в проведении расчетов для их проектирования, создания и эксплуатации. Дано описание конструкции установки, предназначенной для нагрева химически активных жидкостей и газов. Приведены основные соотношения, определяющие теплопроводность центрального твердого тела при наличии внутренних источников теплоты, турбулентное течение несжимаемой вязкой и теплопроводной среды в кольцевом канале, условия однозначности для отмеченных сопряженных между собой моделей. Используются зависимости изменения теплофизических характеристик паров фтороводородной кислоты от температуры, которые представляются для удобства численной реализации в виде регрессионных соотношений, полученных на основе справочной информации.*

**Ключевые слова:** индукция; агрессивная среда; индукционный нагреватель с центральным телом и кольцевым каналом; гидромеханика и теплообмен, математическое моделирование.

Многие промышленные предприятия используют в своем производстве агрессивные среды, например, кислоты, которые часто необходимо нагревать или даже переводить в иное фазовое состояние для эффективного протекания того или иного химического процесса. Традиционная технология подогрева и испарения предусматривает использование контактных теплообменных аппаратов, выполненных из дорогостоящих, не подвергающихся химическому разрушению материалов. В качестве греющей среды в них применяется отдельно подогреваемое масло, что связано с дополнительными энергозатратами.

Агрессивная среда – это природная или технологическая среда любого агрегатного состояния, в нашем случае – кислота, способная вступать в химическое взаимодействие с окружающими ее материалами или конструкциями, приводя их в состояние, при котором они не могут в дальнейшем выполнять свое функциональное назначение. Отталкиваясь от поставленной проблемы, можно сказать, что агрессивная среда – вещество, приводящее к коррозии материалов. А при нагревании такие среды (щелочи, кислоты) начинают еще активнее взаимодействовать с материалом, тем самым увеличивая шансы того, что коррозия наступит быстрее.

Принцип работы индукционного нагревателя заключается в разогреве электропроводящей металлической заготовки индуцированным в ней замкнутым вихревым током.

Вихревые токи – токи, возникающие в сплошных проводниках вследствие явления электромагнитной индукции, когда эти проводники пронизываются переменным магнитным полем. На создание этих токов затрачивается энергия, которая превращается в тепло и нагревает проводники.

Для уменьшения этих потерь и устранения нагрева вместо сплошных проводников применяют слоистые, в которых отдельные слои разделены изоляцией. Эта изоляция препятствует возникновению больших замкнутых вихревых токов и уменьшает потери энергии на их поддержание. Именно из этих соображений сердечники трансформатора, якоря генераторов и т. п. делают из тонких листов стали, изолированных друг от друга слоями лака.

В качестве индуктора в индукционном нагревателе выступает катушка с переменным током, предназначенная для создания переменного электромагнитного поля высокой частоты.

С точки зрения характера нагрузки, индукционный нагреватель с разогреваемой в нем проводящей заготовкой – это как трансформатор с закороченной вторичной обмоткой из одного витка. Поскольку сопротивление внутри заготовки крайне мало, то даже небольшого наведенного вихревого электрического поля достаточно, чтобы создать ток такой высокой плотности, чтобы его тепловое действие (закон Джоуля – Ленца) оказалось бы очень выразительным и практичным.

Индукционный нагреватель – это трансформатор без сердечника, состоящий из одного или нескольких витков относительно толстой медной трубки, по которой при помощи насоса пропускается охлаждающая жидкость системы активного охлаждения. В электропроводящее тело трубки, как в катушку индуктивности, подается переменный ток частотой от нескольких килогерц до единиц мегагерц, в зависимости от параметров обрабатываемого образца.

Актуальной представляется разработка энергоэффективной установки (рис. 1) для индукционного подогрева агрессивной среды, протекающей по кольцевому каналу между центральным телом, выполненным из графита, и внешней фторопластовой трубой. Графитовый стержень, не подвергаясь химическому воздействию со стороны кислоты, разогревается в скин-слое до высокой температуры за счет протекания магнитного поля, создаваемого индуктором. От нагретой поверхности движущаяся среда получает тепло и нагревается.

Практика показывает, что у разработчиков и потребителей подобного рода устройств вызывают интерес сведения, касающиеся конструктивных размеров кольцевого канала и центрального тела, требуемой длины и расположения наматываемого на трубу индуктора при заданных значениях расхода и выходной температуры среды. Поскольку многочисленные экспериментальные исследования здесь связаны с большими капитальными затратами,

наиболее приемлемым подходом для проектирования, создания и эксплуатации установок будет являться привлечение аппарата математического моделирования.

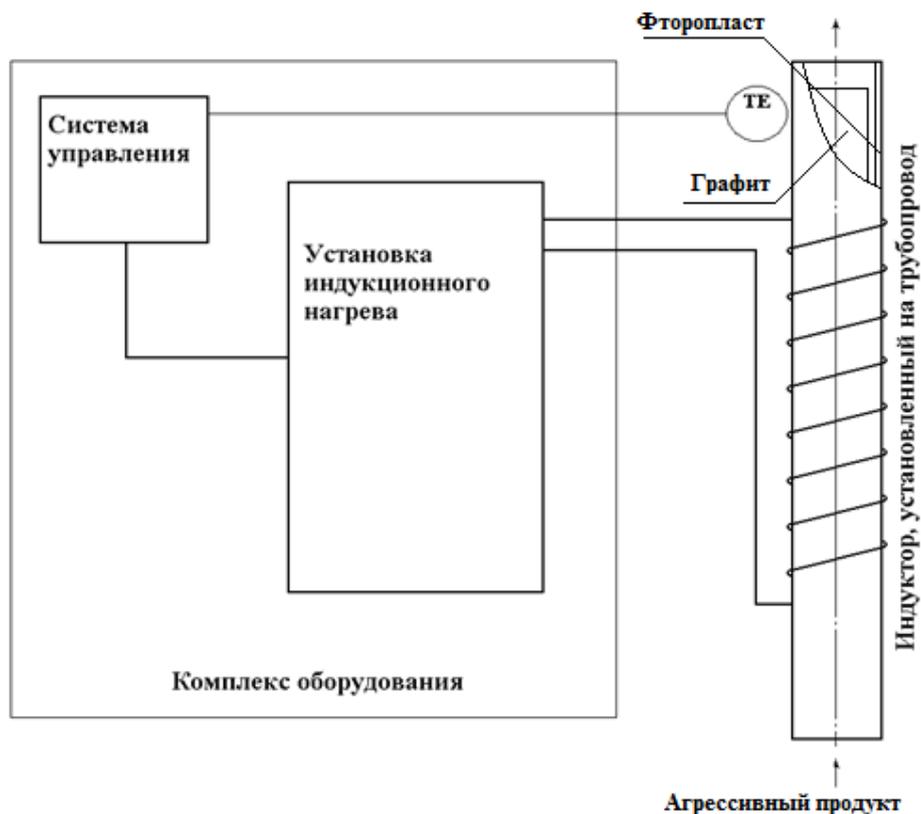


Рис. 1. Схема устройства

Как известно [1], индукционный прогрев центрального тела, размещенного в трубе, происходит в узком скин-слое толщиной

$$\delta = \sqrt{\frac{\gamma}{\pi \cdot f \cdot \eta \cdot \eta_0}}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – удельное электрическое сопротивление;  $f$  – частота тока;  $\eta$  – магнитная проницаемость;  $\eta_0$  – магнитная постоянная поля.

Именно в этой области (рис. 2) располагается определяемый подводимой тепловой мощностью  $Q$  – внутренний источник теплоты

$$q_V = \frac{Q}{\pi(R^2 - r^2)l}. \quad (2)$$

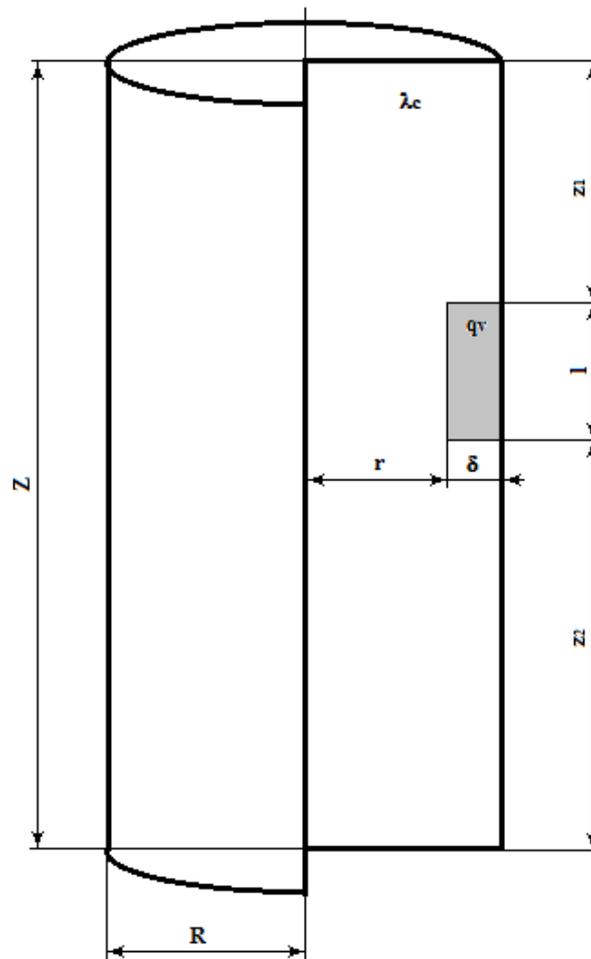


Рис. 2. Схема расчетной области для цилиндрического стержня

Уравнение распространения тепла в меридиальной полуплоскости цилиндрического стержня описывается соотношением

$$\frac{\partial T_C}{\partial \tau} = a_C \left( \frac{\partial^2 T_C}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T_C}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_C}{\partial r} \right) + \frac{q_V}{c_C \rho_C}, \quad (3)$$

где  $\tau$  – время;  $a_C = \frac{\lambda_C}{c_C \cdot \rho_C}$  – коэффициент температуропроводности;  $\lambda_C$ ,  $c_C$

и  $\rho_C$  – теплопроводность, теплоемкость и плотность графита.

Интенсивное энерговыделение следует ожидать от внешней поверхности цилиндрического тела, которое передается посредством теплообмена нагреваемой агрессивной среде, определяемое граничными условиями третьего рода:

$$-\lambda_C \frac{\partial T_C}{\partial r} = \alpha [T_C(z) - T_{\text{ж}}(z)], \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, а функциональная зависимость  $T_{\text{ж}}(z)$  устанавливается исходя из решения системы уравнений, описывающей течение несжимаемой теплопроводной среды по кольцевому каналу. В систему включаются [2]:

– уравнение энергии для транспортируемой среды

$$\frac{\partial T_{\text{ж}}}{\partial \tau} + \frac{\partial (uT_{\text{ж}})}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial (vT_{\text{ж}}r)}{\partial r} = a_{\text{ж}} \left( \frac{\partial^2 T_{\text{ж}}}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T_{\text{ж}}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{\text{ж}}}{\partial r} \right) + \frac{\mu_{\text{eff}}}{c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}}} \Phi(z, r); \quad (5)$$

– уравнение переноса завихренности

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + \frac{\partial (u\omega)}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial (v\omega r)}{\partial r} = a_{\text{ж}} \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} \right) + \frac{\mu_{\text{eff}}}{c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}}} \Phi(z, r); \quad (6)$$

– уравнение Пуассона для функции тока

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) = -\omega \cdot r; \quad (7)$$

– уравнения для проекций скоростей

$$u = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \quad \text{и} \quad v = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z}; \quad (8)$$

– уравнение А. Н. Секундова для турбулентной вязкости [3]

$$\frac{\partial v_t}{\partial \tau} + \frac{\partial (v_t v_t)}{\partial x} + \frac{1}{y} \frac{\partial (v_t v_t)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( v_t' \frac{\partial v_t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( v_t' y \frac{\partial v_t}{\partial y} \right) + S v_t. \quad (9)$$

В этих уравнениях:

$$a_{\text{ж}} = \frac{\lambda_{\text{ж}}}{c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}}} \text{ – коэффициент температуропроводности жидкости; } \lambda_{\text{ж}}, c_{\text{ж}},$$

и  $\rho_{\text{ж}}$  – теплопроводность, теплоемкость и плотность транспортируемой среды;

$$\Phi(z, r) = 2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{v}{r} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \text{ – диссипативная функция;}$$

$\mu_{eff} = \mu_{ж} + \mu_t$  – эффективный коэффициент динамической вязкости;  $\mu_{ж}$  – молекулярная динамическая вязкость;  $\mu_t$  – турбулентная динамическая вязкость;

$\nu' = \nu + 2\nu_t$  – приведенный коэффициент кинематической вязкости;

$S_{\nu_t} = a\nu_t\sqrt{G} - \frac{50\nu_t(0,06\nu_t + \nu)}{L^2}$  – источник член в уравнении переноса;

$$a = 0,2 \left[ \left( \frac{\nu_t}{\nu} \right)^2 + 11 \frac{\nu_t}{\nu} + 13 \right] / \left[ \left( \frac{\nu_t}{\nu} \right)^2 - 11 \frac{\nu_t}{\nu} + 64 \right];$$

$$G = 2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{v}{y} \right)^2;$$

$L^2 = L_0^2 + 0,4L_0\Delta + 0,004\Delta^2$ ;  $\frac{\partial v}{\partial y}$  – абсолютная шероховатость внутренней

поверхности стенки трубы.

По сравнению с традиционно используемой  $k - \varepsilon$ -моделью турбулентности, рассматриваемая обладает следующими достоинствами:

- для каждого шага по времени решается одно уравнение переноса, вместо двух;
- упрощается постановка граничных условий на твердой поверхности;
- имеется возможность рассматривать как гидравлически гладкие, так и шероховатые поверхности.

Поскольку теплофизические характеристики жидкости могут претерпевать значительные изменения, дифференциальные уравнения (3)–(9) следует дополнить регрессионными соотношениями, определяющими зависимость этих параметров от температуры. Так, при использовании экспериментальных данных [4] и алгоритма SVD [5], реализующего метод наименьших квадратов с сингулярным разложением, для плавиковой кислоты получены равенства, представленные в таблице.

Для численного решения представленных моделей планируется использовать подходы и приемы, задействованные в работе [6]. К основным особенностям численной реализации относятся:

- модели представляются в нестационарной двумерной постановке;
- расчетные области покрываются неравномерной ортогональной сеткой со сгущением узлов в зонах, где ожидаются значительные градиенты величин;
- конечно-разностные аналоги дифференциальных уравнений имеют второй порядок точности;
- уравнения (3)–(6) и (9) решаются по явной схеме, а уравнение (7) – методом последовательной верхней релаксации;
- процедура вычисления заканчивается до достижения установления параметров по времени.

$$\rho_{\text{Ж}} = 1,0033 - 1,0723 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{Ж}} - 4,2458 \cdot 10^{-5} \times 10^{-5} \cdot t_{\text{Ж}}^2 + 4,9149 \cdot 10^{-7} \cdot t_{\text{Ж}}^3 - 1,7621 \cdot 10^{-9} \cdot t_{\text{Ж}}^4.$$

**Корреляционные зависимости изменения теплофизических параметров фтороводородной кислоты от температуры**

Теплофизический параметр	Зависимость	Температурный диапазон, °С	Максимальная относительная погрешность, %
Динамическая вязкость, Па·с	$\mu_{\text{Ж}} = (1,1336 + 4,6052 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{Ж}}) \cdot 10^{-4}$	26–115	0,418
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{Ж}} = 1,0033 - 1,0723 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{Ж}} - 4,2458 \cdot 10^{-5} \times 10^{-5} \cdot t_{\text{Ж}}^2 + 4,9149 \cdot 10^{-7} \cdot t_{\text{Ж}}^3 - 1,7621 \cdot 10^{-9} \cdot t_{\text{Ж}}^4$	10–176	0,59
Теплопроводность, Вт/(м·град)	$\lambda_{\text{Ж}} = 3,3743 \cdot 10^{-1} + 5,322 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{Ж}}$	26–137	0,427
Изобарная и изохорная теплоемкости, Дж/(кг·град)	$c_{P\text{Ж}} = 1483$ ; $c_{V\text{Ж}} = 1230$ (незначительное изменение)	–	–

## Список использованных источников и литературы

1. Ланин, В. Л. Высокочастотный магнитный нагрев для пайки электронных устройств // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 5. – С. 10–13.
2. Попов, Д. Н. Численное исследование неизотермических течений нефтепродуктов с учетом нестабильных вязкопластических свойств: монография / Д. Н. Попов, О. И. Варфоломеева, Д. А. Хворенков. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 64 с. – (Монографии ИжГТУ). – ISBN 978-5-7526-0622-9
3. Секундов, А. Н. Модель турбулентности для описания взаимодействия пограничного слоя с крупномасштабным турбулентным потоком // Известия АН СССР, МЖГ, 1997. – С. 59–68.
4. Hydrofluoric Acid Properties // Specialty Chemicals. – Vol. 1.1. – Honeywell, 2002. – 26 p.
5. Форсайт, Дж. Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. – Москва : Мир, 1980. – 280 с.
6. А. с. RU 2017662704. Программа для моделирования фазовых переходов в двумерной пластине / Р. З. Касимов, Д. Н. Попов, В. Н. Диденко. – № 2017619604 ; заявл. от 25.09.2017.

*A. A. Ivshina*, Student

*lina.ivshina@list.ru*

*L. V. Metlyakov*, Student

*I. D. Sterkhov*, Student

*K. Y. Turaev*, Student

*D. N. Popov*, PhD in Engineering, Associate Professor

*D. A. Khvorenkov*, PhD in Engineering, Associate Professor

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

*The article presents a problem statement for computer simulation of hydrodynamics and heat transfer in induction heating installations of aggressive liquids. The main advantages of induction heating installations are indicated and the need for calculations for their design, creation and operation is justified. A description of the design of the installation de-*

*signed for heating chemically active liquids and gases is given. The main relations determining the thermal conductivity of a central solid in the presence of internal heat sources, the turbulent flow of an incompressible viscous and heat-conducting medium in an annular channel, the unambiguity conditions for the noted conjugate models are given. The dependences of changes in the thermophysical characteristics of hydrofluoric acid vapors on temperature are used, which are represented for convenience by a numerical difference in the form of regression ratios obtained on the basis of reference information.*

**Keywords:** induction; aggressive environment; induction heater with central body and annular channel; hydromechanics and heat transfer; math modeling.

А. Н. Касаткин<sup>1</sup>, аспирант

soulskeeper@mail.ru

С. Р. Дорофеева<sup>1,2</sup>, магистрант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

<sup>2</sup>АНО «Цифровая экономика Удмуртской Республики»

## **Выявление мест концентрации дорожно-транспортных происшествий**

*Рост количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с пострадавшими негативно сказывается на развитии города, поэтому актуально построение эффективной политики по благоустройству улично-дорожной сети. Необходимо разработать интеллектуальную систему, позволяющую методами машинного обучения автоматически выявлять места концентрации дорожно-транспортных происшествий. Разработана интеллектуальная система, в которой для выявления мест концентрации ДТП используется алгоритм кластеризации. Он предполагает выполнение иерархической кластеризации с использованием метрики дальнего соседа. Для сформированных кластеров строятся профили мест концентрации ДТП и на их основе предлагаются наиболее эффективные мероприятия по снижению аварийности. Данный анализ реализован для города Ижевска по данным о ДТП за 2021 г. и выявлены 16 мест концентрации ДТП, для которых можно разработать математически выверенный комплекс превентивных мероприятий, направленных на снижение количества пострадавших в ДТП на территории Ижевска.*

**Ключевые слова:** дорожно-транспортные происшествия; места концентрации ДТП; кластерный анализ; интеллектуальная система.

## **Введение**

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) ежегодно являются причиной гибели более 14 тысяч человек и травматизма более 160 тысяч человек. Каждое ДТП с пострадавшими несет за собой существенные социально-экономические потери и оказывает негативное влияние на развитие города [1, 2]. Поэтому актуально построение эффективной политики по благоустройству улично-дорожной сети (УДС) с целью повышения безопасности на дорогах города Ижевска [3]. В этой связи необходимо разработать интеллектуальную систему, позволяющую методами машинного обучения автоматически выявлять места концентрации дорожно-транспортных происшествий и формировать комплекс эффективных превентивных мероприятий по снижению аварийности на дорогах. Для достижения данной цели необходимо:

1. Собрать и систематизировать данные о ДТП.
2. Провести кластерный анализ мест совершения ДТП и выделить из образованных кластеров места концентрации ДТП.
3. Составить профили кластеров (мест концентрации ДТП).
4. Построить для каждого профиля места концентрации ДТП комплекса превентивных мероприятий, направленных на снижение аварийности.

## **Сбор и анализ исходных данных**

Исходные данные для анализа загружаются в форме XML-документов с официального сайта Госавтоинспекции РФ [4], в которых содержится исчерпывающая информация в виде карточки ДТП. XML-документы по каждому ДТП проходят автоматическую предобработку и загружаются в три основные таблицы набора данных (Data Set) по ДТП (рис. 1):

- информация о ДТП;
- информация о транспортных средствах;
- информация об участниках ДТП.

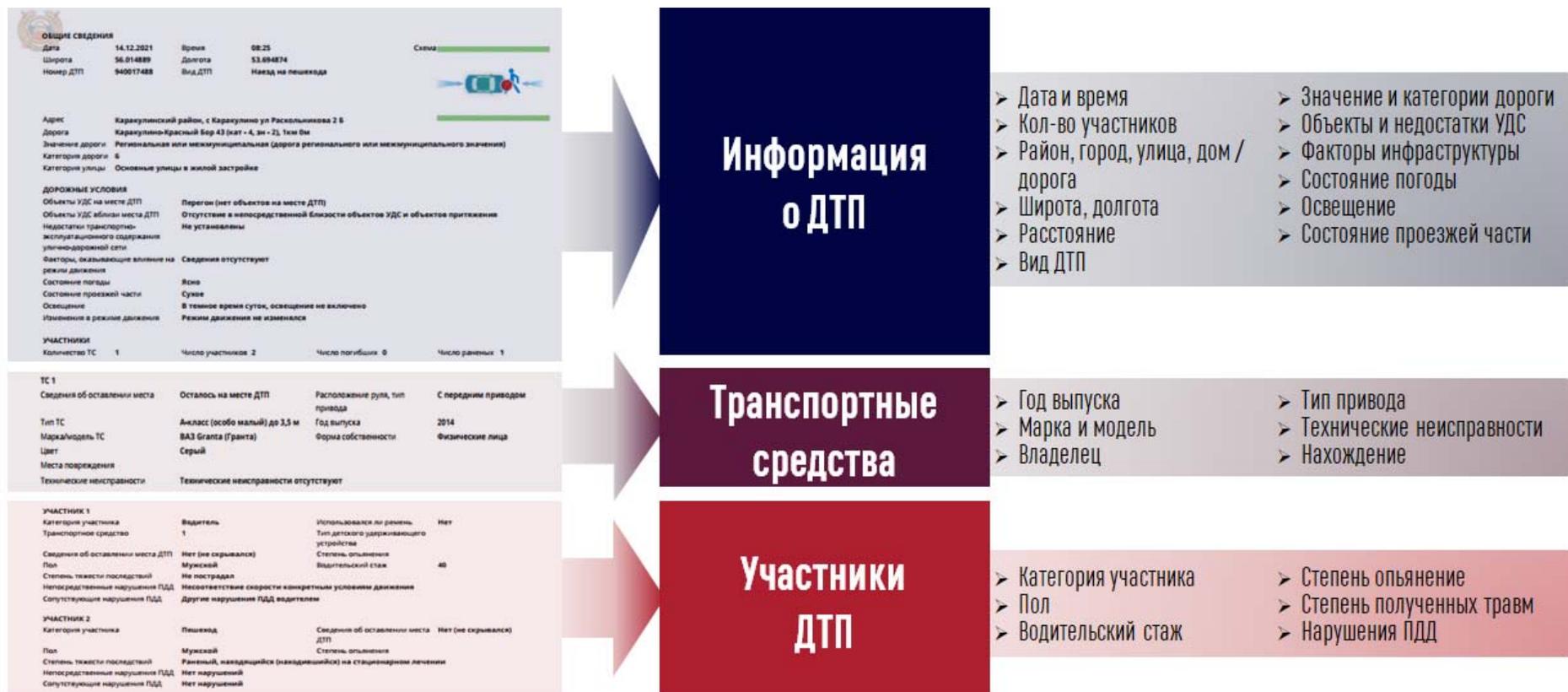


Рис. 1. Структурированные данные о ДТП

За 2021 г. в результате автоматической загрузки и обработки в Data Set загружена информация о 544 ДТП в городе Ижевске. На основе этих данных на рис. 2 представлено распределение количества ДТП в г. Ижевске в виде тепловой карты.

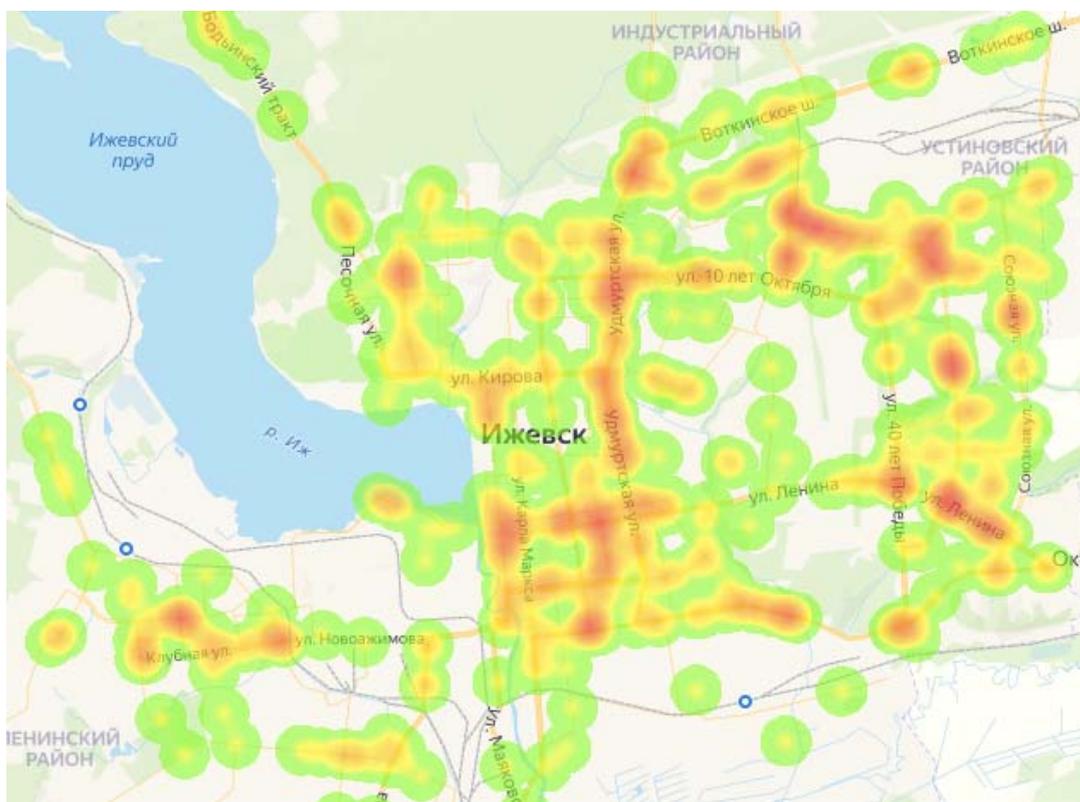


Рис. 2. Тепловая карта ДТП

На тепловой карте видны зоны повышенной интенсивности ДТП, например, явно выделяется улица Удмуртская г. Ижевска, на которой только за 2021 г. совершено 36 ДТП. Для автоматизации процесса выявления мест повышенной аварийности на дорогах Ижевска можно использовать методы интеллектуального анализа данных, такие как кластерный анализ – метод машинного обучения без учителя.

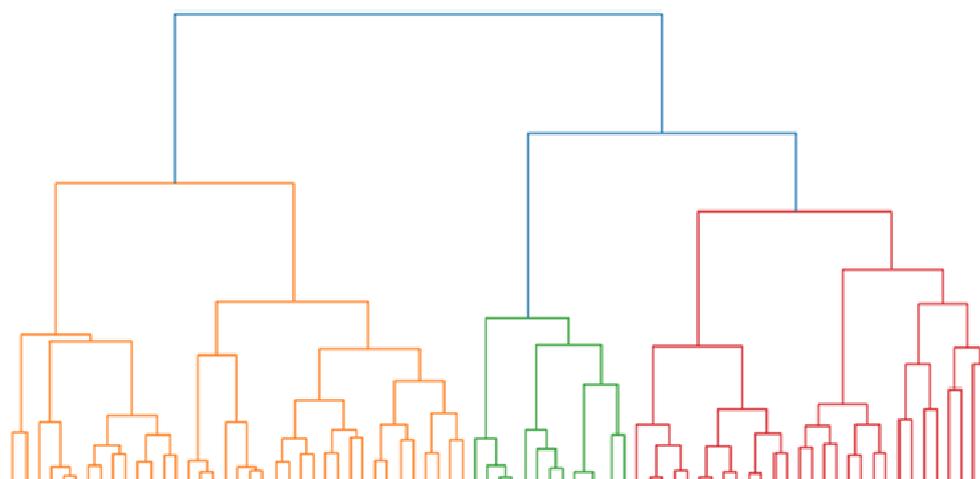
### **Выявление мест концентрации ДТП**

Разработана интеллектуальная система, в которой для выявления мест концентрации ДТП используется алгоритм кластеризации. Кластерный анализ

является одним из методов машинного обучения без учителя и в современных исследованиях получил широкое применение в различных областях, например, таких как макроэкономические исследования [5, 6], здравоохранении и экологии [7], транспорте и логистике [8] и «Интернете вещей» [9].

Данный алгоритм предполагает выполнение иерархической кластеризации агломеративного типа [10] с использованием в качестве метрики межкластерного расстояния метода дальнего соседа. В работе алгоритма для определения предельного расстояния, выше которого кластеры не объединяются, используются ограничения по определению мест концентрации ДТП, которые установлены Росавтодором (ОДМ 218.6.025-2017) [11] и предполагают выявление в городе зон с радиусом в 200 м, а на межмуниципальных дорогах – до 1 км. Дендрограмма иерархического кластерного анализа мест совершения ДТП в г. Ижевске за 2021 г. представлена на рис. 3.

Всего по данным о 544 ДТП было сформировано 373 кластера с «радиусом» в 200 м. Распределение сформированных кластеров по количеству объектов в каждом кластере представлено на рис. 4. Видно, что наибольшее количество кластеров содержат только одно ДТП, поэтому среди сформированных кластеров отбираются те, в которые вошли три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в которых пострадали люди.



*Рис. 3.* Дендрограмма иерархического кластерного анализа мест совершения ДТП



Рис. 4. Распределение сформированных кластеров по количеству ДТП

Кластерным анализом по данным за 2021 г. в городе Ижевске были выявлены 16 мест концентрации ДТП (кластеров), в которых произошло 58 ДТП, в ходе которых пострадало 85 человек (табл. 1).

Таблица 1. Места концентрации ДТП в г. Ижевске за 2021 г.

№ п/п	Места концентрации ДТП (адреса)	Количество ДТП	Погибло	Ранено	Всего пострадавших
1	ул. Буммашевская, 1; ш. Воткинское, 2	5	0	24	24
2	ул. 9 Января, 177, 185а ул. Ворошилова, 20	5	0	6	6
3	ул. Удмуртская, 263, 265 ул. Холмогорова, 35в	4	0	5	5
4	ул. Ленина, 136; ул. 40 лет Победы, 1, 90	5	0	5	5
5	ул. Удмуртская, 261, 302а	3	1	4	5
6	ул. Молодежная, 74; ул. Ленина, 138	3	0	5	5
7	ул. Ворошилова, 25, 27, 28	5	0	5	5
8	ул. Удмуртская, 255	3	0	4	4
9	ул. Ленина, 164	4	1	3	4
10	ул. Баранова, 65, 66, 68	3	0	4	4
11	ул. Архитектора П.П.; ул. Берша, 32	3	0	3	3
12	ул. Пушкинская, 282, 283	3	1	2	3
13	ул. Труда, 1, 2, 4	3	0	3	3
14	ул. Максима Горького, 53, 54	3	1	2	3
15	ул. Удмуртская, 226, 245	3	0	3	3
16	ул. Максима Горького, 156, 158в	3	0	3	3
<b>Итого</b>		<b>58</b>	<b>4</b>	<b>81</b>	<b>85</b>

Карта, на которой отображены 16 мест концентрации ДТП в г. Ижевске, где размер метки (красного круга) определяется исходя из количества пострадавших в ДТП, представлена на рис. 5.

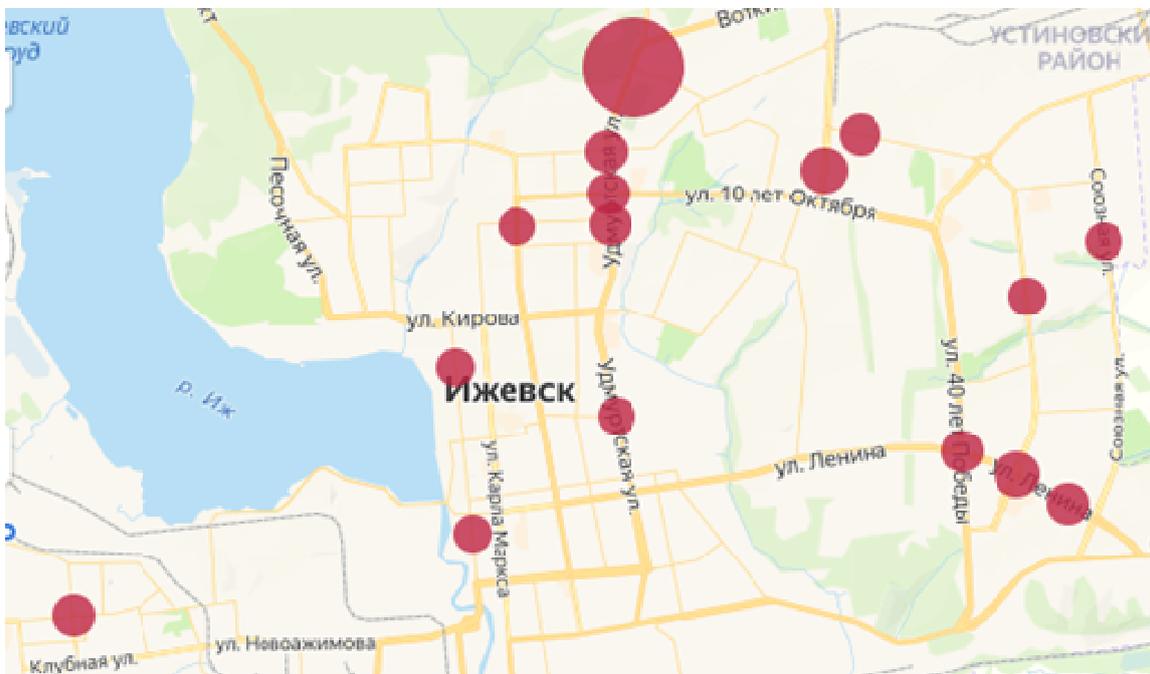


Рис. 5. Распределение сформированных кластеров по количеству ДТП

### **Мероприятия по снижению аварийности**

Для выявленных мест концентрации ДТП строятся профили, в которых методами анализа данных выделяются основные для данного кластера характеристики УДС. На основе этих профилей для каждого места концентрации ДТП можно предложить три наиболее релевантных некапиталоемких мероприятия по снижению аварийности [9]. Каждое мероприятия характеризуется вероятностью снижению ДТП, рассчитанной на основе статистических данных о реализации данных мероприятий на дорогах России. Отображение результатов анализа в виде панели индикаторов (Dashboard), на которой выводится карта мест концентрации ДТП, информация о видах ДТП, недостатках транспортно-эксплуатационной сети и количестве пострадавших, а также карточки ДТП и мероприятия по снижению аварийности с указанием вероятности снижения ДТП, представлено на рис. 6.

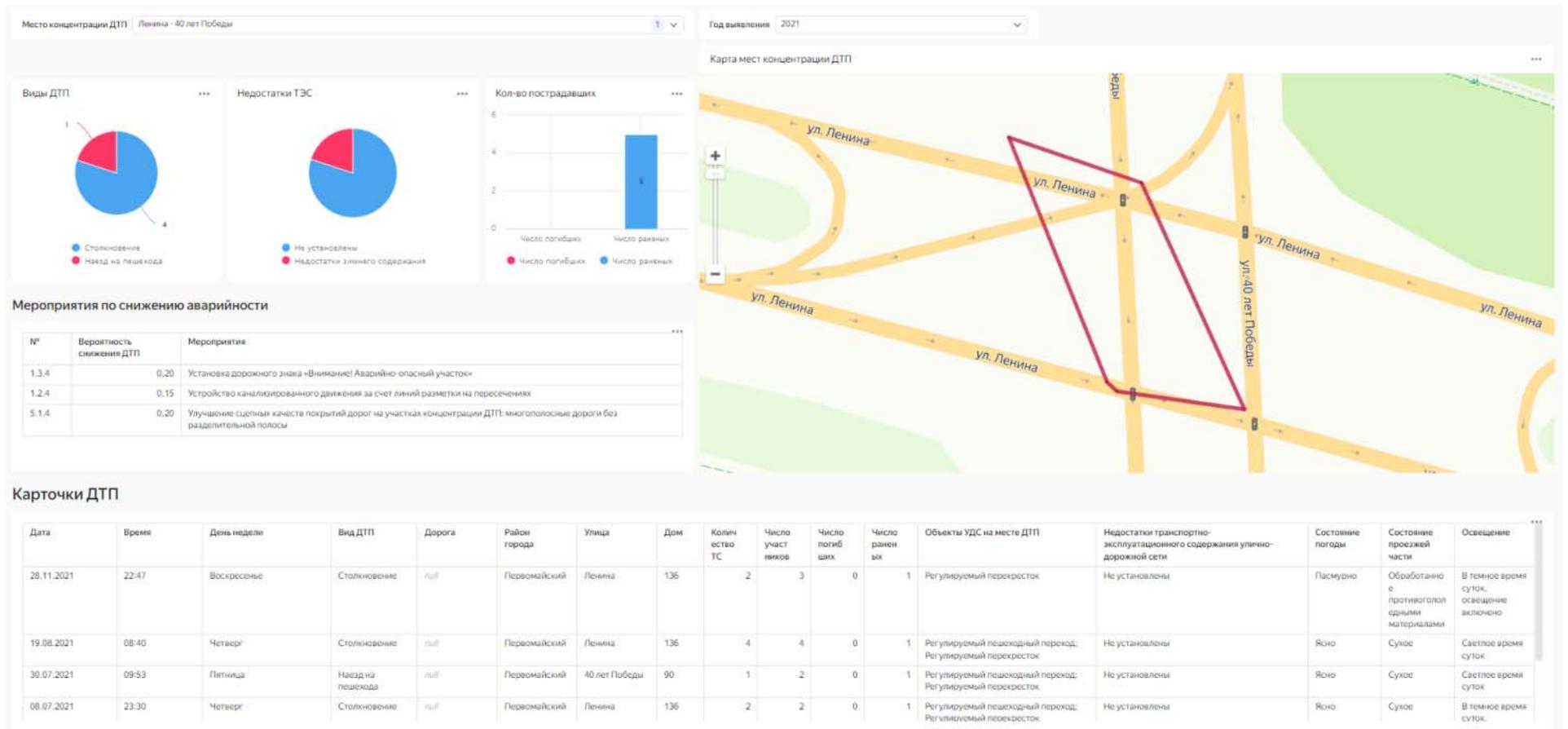


Рис. 6. Отображение информации о месте концентрации ДТП  
(на примере перекрестка пересечения улиц Ленина и 40 лет Победы)

Итоговый процент снижения аварийности на месте концентрации ДТП в результате реализации превентивных мероприятий рассчитывается по формуле

$$P_j = 1 - \left( \prod_{i=1}^{m_j} (1 - p_i) \right), j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $p_i$  – вероятность снижения количества ДТП в долях единицы;  $i$  – номер мероприятия по снижению аварийности ( $i = \overline{1, m_j}$ );  $m_j$  – количество мероприятий по снижению аварийности в  $j$ -м месте концентрации ДТП (по умолчанию  $m_k = 3$ );  $j$  – номер места концентрации ДТП ( $j = \overline{1, N}$ );  $N$  – количество мест концентрации ДТП (в г. Ижевске по данным за 2021 г.  $N = 16$ ).

Для примера, результаты расчета эффективности внедрения мероприятий по снижению аварийности для двух мест концентрации ДТП в г. Ижевске приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Оценка снижения аварийности в местах концентрации ДТП г. Ижевска**

№ п/п	Мероприятия	Вероятность снижения аварийности	Итоговое снижение аварийности	Число пострадавших	Снижение числа пострадавших
1	Устройство удерживающих ограждений для пешеходов	0,17	47 %	24	11
	Улучшение сцепных качеств покрытий дорог	0,2			
	Установка дорожного знака «Внимание! Аварийно-опасный участок»	0,2			
2	Устройство удерживающих ограждений для пешеходов	0,15	46 %	6	3
	Устройство канализированного движения за счет линий разметки на пересечениях	0,2			
	Устройство фронтальных удерживающих ограждений	0,2			
...	...	...	...	...	...
	<b>Итого</b>	–	<b>55 %</b>	<b>86</b>	<b>45</b>

Таким образом, в результате реализации превентивных мероприятий по снижению аварийности можно ожидать снижения числа пострадавших в ДТП на местах концентрации ДТП города Ижевска более чем в 2 раза, что в целом по городу позволит сократить аварийность на дорогах более чем на 10 %.

### **Заключение**

В ходе интеллектуального анализа данных за 2021 г. выявлены 16 мест концентрации ДТП и предложен список рекомендуемых мероприятий. В результате реализации предложенных мероприятий по снижению аварийности можно ожидать снижения числа пострадавших в ДТП на данных участках улично-дорожной сети города Ижевска более чем в 2 раза. На текущий момент уже реализовано несколько рекомендуемых мероприятий, что позволило снизить общее количество ДТП за первое полугодие 2022 г. на территории Удмуртской Республики на 8,8 % (количество пострадавших на 10 %) по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Стасюк, Б.* Прогнозування оцінки безпеки автомобільних доріг через розрахунок соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод // Економіка та суспільство. – 2021. – 28. – URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/597> (дата обращения: 12.01.2023). – DOI 10.32782/2524-0072/2021-28-58

2. *Вавилова, Д. Д.* Методика, модели и алгоритмы программного обеспечения для анализа и прогноза динамики человеческого капитала : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2022.

3. *Kasatkina, E. V.* Development of analysis and forecast technologies for road accidents in the region and its application / E. V. Kasatkina, K. V. Ketova, D. D. Vavilova // AIP Conference Proceedings. Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. – Melville ; New York ; United States of America, 2021. – P. 70005. – DOI 10.1063/5.0071291

4. Показатели состояния безопасности дорожного движения // Госавтоинспекция РФ : офиц. сайт. – URL: stat.gibdd.ru (дата обращения: 12.01.2023).
5. Шаталова, О. М. Кластерный анализ и классификация промышленно ориентированных регионов РФ по экономической специализации / О. М. Шаталова, Е. В. Касаткина, В. Н. Лившиц // Экономика и математические методы. – 2022. – Т. 58. № 1. – С. 80–91. – DOI 10.31857/S042473880018971-7
6. Kembe, M. M. Cluster Analysis of Macroeconomic Indices / M. M. Kembe, A. A. Onaja // Research and Reviews // Journal of Statistics and Mathematical Sciences. – 2017. – № 3 (1). – Pp. 5 – 15.
7. Kasatkina E. V., Vavilova D. D. Dependence assessment of public health on the ecology based on cluster analysis / E. V. Kasatkina, D. D. Vavilova // Proceedings – 2021 3<sup>rd</sup> International Conference on Control Systems // Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency. – SUMMA. – 2021. 3. – Pp. 452–456. – DOI 10.1109/SUMMA53307.2021.9632233
8. Кетова, К. В. Применение кластерного анализа для решения задачи оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов / К. В. Кетова, Е. В. Трушкова, Р. Ю. Кривенков // Интеллектуальные системы в производстве. – 2010. – № 2 (16). – С. 207–213.
9. Файзуллин, Р. В. Модель сбора данных на основе кластеризации устройств интернета вещей / Р. В. Файзуллин, Ш. Херинг // Интеллектуальные системы в производстве. – 2019. – Т. 17. № 4. – С. 156–162. – DOI 10.22213/2410-9304-2019-4-156-162
10. Касаткина, Е. В. Статистическое исследование дорожно-транспортной обстановки в Удмуртской Республике // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20. № 1. – С. 53–59. – DOI 10.22213/2413-1172-2017-1-53-59
11. Методические рекомендации по выбору эффективных некапиталоемких мероприятий по снижению аварийности в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования ОДМ 218.6.025–2017 / Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – Москва, 2020. – URL: <https://rosavtdor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/odm2186025-2017.pdf> (дата обращения: 12.01.2023).

*A. N. Kasatkin*<sup>1</sup>, Post-graduate

soulskeeper@mail.ru

*S. R. Dorofeeva*<sup>1,2</sup>, Master's Degree Student

<sup>1</sup>FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

<sup>2</sup>ANO “Digital Economy of the Udmurt Republic”

### **Identification of places of concentration of accidents**

*The increase in number of road accidents with victims has a negative impact on the development of the city, so it is important to build an effective policy for the improvement of the road network. In this regard, it is necessary to develop an intelligent system that allows machine learning methods to automatically identify places of concentration of road traffic accidents. An intelligent system has been developed in which a clustering algorithm is used to identify the places of accident concentration. This algorithm assumes the implementation of hierarchical clustering using the long-range metrics. For the formed clusters, profiles of accident concentration sites are built and, on their basis, the most effective measures to reduce accidents are proposed. This analysis was implemented for the city of Izhevsk based on accident data for 2021 and 16 accident concentration sites were identified for which it is possible to develop a mathematically verified set of preventive measures aimed at reducing the number of victims of accidents in the city of Izhevsk.*

**Keywords:** traffic accidents; places of concentration; cluster analysis; intelligent system.

*А. А. Константинова*, студент

akonstantinova968@gmail.com

*М. М. Черных*, кандидат технических наук, профессор

*П. А. Останина*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Создание ювелирного кольца из серебра с фактурой листа**

*Рассматриваются важные аспекты ювелирного дела, существенные при изготовлении колец: подход к выбору пробы и технологии изготовления (трубарежание, пайка, литьё). Статья содержит общие теоретические сведения о составах возможных сплавов серебра, их характеристики и технологические свойства. Описаны особенности этапов работы, ресурсы для поиска идей, тонкости обработки материала, возможные методы декоративной отделки ювелирных изделий (химический и механический методы). Материал содержит описание структурированного подхода к разработке ювелирного кольца из серебра, включающего: процесс изучения аналогов, формирование идеи, выбор стиля (разбирается эконаправление ювелирных изделий), выбор материала и размера желаемого изделия, подбор основных и вспомогательных инструментов для процесса изготовления.*

**Ключевые слова:** ювелирные кольца; серебро; фактура листа; технологии изготовления.

### **Введение**

Эксклюзивные ювелирные кольца из серебра – это способ самовыражения, творческое создание предмета в единичном экземпляре. Получение изделий эксклюзивной формы – трудоемкая работа, требующая особой концентрации

внимания. При их проектировании и изготовлении необходимо точное применение широкого ряда знаний и умений на практике. Среди большого диапазона ювелирных металлов доступность и множество положительных физических и механических свойств делают серебро практичным материалом с возможностью широкого применения. Решаемая задача статьи: составить общие рекомендации по изготовлению ювелирного изделия из серебра. Цель работы – показать, с точки зрения различных возможностей работы с серебром, способы проектирования разнообразных форм и методы обработки, применяемые при этом.

### **Особенности начальных этапов работы и выбора материала**

Кольцо – украшение для пальцев рук в форме обруча. Это изделие присутствовало почти в каждой древней культуре, выступая символом высокого социального статуса. В наши дни это одно из самых распространенных украшений как у женщин, так и у мужчин. Ювелирные магазины полны разнообразными товарами, которые изготовлены массово, но это не снижает спрос на эксклюзивные проекты. Индивидуальным заказчикам на помощь приходят ювелиры готовые взяться за создания авторского изделия.

Начальные этапы дизайн-проектирования эксклюзивного ювелирного кольца из серебра не обойдутся без рассмотрения аналогов, соответствующих совокупности требований, предъявляемых к концепции изделия и стилю.



*Рис. 1.* Пример визуального образа, созданного в программе *Autodesk 3ds Max*

Поиск интересных идей – необходимый инструмент в работе. Здесь, как вариант, можно воспользоваться поиском в фотохостинге *Pinterest*. После этого можно заняться разработкой эскизов, продумывая способы изготовления и методы декоративной отделки. Данный этап включает в себя создание визуальных образов как вручную на бумаге, так и в программах моделирования, например, в программе *Autodesk 3ds Max* (рис. 1).

Для колец из серебра необходимо грамотно выбрать используемую пробу. Например, использовать 720-ю пробу (содержание серебра 72 %) – недальновидное решение, изделие не сохранит твердость и упругость в процессе эксплуатации и будет обладать желтоватой окраской, а 800-я проба (содержание серебра 80 %) быстро окисляется на воздухе и используется чаще для изготовления столовых приборов.

Для создания изящного ювелирного изделия идеально подойдет серебро 925-й пробы (содержание серебра 92,5 %), его антикоррозионные свойства, как у чистого серебра, высокие технологические и эксплуатационные свойства, высокая пластичность, практичность в повседневной носке и высокие эстетические свойства (рис. 2).



Рис. 2. Пример клейма 925-й пробы серебра

Подробно со свойствами материала можно ознакомиться в патенте на изобретение № 2328541 [2].

Неоспоримый плюс данного сплава – это его цена. Конечно, цены на серебро, в первую очередь, зависят от котировок других сырьевых товаров, в частности золота, но на октябрь 2022 г. цена за грамм серебра рассмотренной пробы составляет до 35 руб., что намного дешевле золота.

### **Аргументация семантического решения**

Семантика (понимание предмета во всех аспектах) должна быть решена так, чтобы суть идеи относилась и к конечному пользователю, и к автору дизайна, чтобы дизайн имел смысл для обоих. Это означает, что нужно создавать дизайн, который имеет смысл, произвольный, у которого есть основания для существования, и каждая деталь доносит значение, есть точная цель, направленная на точечную целевую аудиторию [1]).

Идея данного проекта – ювелирное кольцо с фактурой листа. Концепция дизайна изделия – соединение живой и неживой природы (лист – живая природа, металл – неживая природа).

Стиль изделия – эко-френдли. Забота об экологии и ответственное потребление постепенно становятся новой нормой. Она распространяется на все сферы человеческой жизни. В моду входят экологически чистые продукты, ситцевые сумки и бумажные пакеты, гибридные автомобили. Не остаются в стороне и ювелирные изделия.

Украшения в стиле эко-френдли изготавливаются преимущественно вручную. Технологии обработки минимальны: материал сохраняет свой естественный цвет и фактуру, а если и подвергается окрашиванию, то с применением природных красителей.

### **Выбор технологии изготовления, методов декоративной отделки, выбор основных и вспомогательных инструментов**

Существуют различные технологии формообразования ювелирных колец из серебра:

1. Труба-резание – литая труба волочением доводится до нужного размера и нарезается на заготовки; *достоинства*: надежность; *недостатки*: простота дизайна.

2. Пайка – прокатанный слиток металла спаивается в месте соединения; *достоинства*: простота изготовления; *недостатки*: непрочность изделия.

3. Литьё – каждый отдельный элемент украшения отливается в воске. В отдельные формы расплавляется металл; *достоинства*: высокая точность и качество изделия; *недостатки*: необходимость изготовить оригинальные формы, затратность производства.

Выбранная технология изготовления изделия: ювелирная пайка – это наиболее подходящая технология с учетом затраченных средств на производство и желания добиться низкой себестоимости конечного изделия.

Рассмотрим некоторые методы декоративной отделки ювелирных изделий:

1. Ретикуляция – процесс создания на металле «морщинистой» структуры в результате плавления металла, при этом складками покрываются его верхние слои.

2. Травление – чем больше этапов отжига, тем, как правило, «морщинистее» металл; после появления нужного узора пластину охлаждают, затем помещают в отбел.

3. Фактура, полученная прокаткой – узор, формирующийся в результате прохождения металлической пластины со структурированным материалом через станок.

С помощью прокатки можно перенести на металл практически любую фактуру. Интересные результаты получаются при прокатке вместе с металлом: кружева, листов акварельной бумаги, перьев, тканей с рельефным рисунком, металлических сеток, проволоки, тканевых шнуров.

Для декорирования изделия выбран данный «станочный» способ получения фактуры на металле. Прокатка серебряной заготовки между валами была произведена вместе с выпуклой тканевой заготовкой в виде природного листа с выраженной фактурой. Таким образом быстро и качественно была получена необходимая фактура (рис. 3).



*Рис. 3.* Процесс прокатки для получения фактуры на заготовке

Краткий технологический процесс создания полученного изделия включает в себя этапы:

- подготовка слитка,
- прокатка заготовки через станок,
- отжиг с периодической отчисткой флюса,
- состыковка и обработка срезов с последующей пайкой,
- выправка правильной формы кольца с помощью прорезиненного молотка и оправки,
- шлифовка и обработка боковых граней и внутренней стороны кольца с помощью наждачной бумаги и бормашины,
- полировка и ультразвуковая чистка в специальной ванне.

При финишной полировке изделий с фактурированной поверхностью возможно уменьшение высоты элементов фактуры, а в отдельных случаях и полное их сглаживание или удаление [3].

Для изготовления изделия потребуются различные инструменты и оборудование, а именно:

- пальцемер (инструмент для измерения диаметра пальца);
- вальцы В9-1 ручные ювелирные (прокатной станок для получения фактуры);
- штангенциркуль электронный,
- кусачки (необходимы для измерений, с последующей отрезкой ненужной части материала);
- горелка бензиновая ГБ-3 (используется при нагреве заготовки, для последующих механических модификаций);
- плоскогубцы для гибки ювелирных изделий;
- напильник (для обработки срезов под углом 90° для ровного стыка формы);
- прорезиненный молоток, оправка (кольцо надевается на оправку в процессе доработки прорезиненным молотком);
- станок для увеличения и уменьшения размера колец RM03 (для подгонки размера изделия);
- микромотор (или бормашина) с различными насадками (для удаления острых выступов и внутренней поверхности кольца);
- полировальный станок (для итоговой полировки изделия);
- ванна ультразвуковая (для чистки изделия на химическом уровне).

### **Итоговый вариант разработанного изделия**

Придерживаясь всех перечисленных выше рекомендаций, выбранного стиля, технологий изготовления, метода декоративной отделки, можно получить неповторимое по фактуре изделие, подобное тому, что представлено на рис. 4.



*а*



*б*

*Рис. 4.* Итоговый вариант разработанного изделия:

*а* – кольцо на пальце руки; *б* – готовое кольцо с фактурой листа

### **Заключение**

Ювелирные кольца из серебра – популярный вид украшений, имеющий ряд эстетических и технологических достоинств, который уже долгое время является одним из самых востребованных видов изделий. Среди прочих изделий высоким спросом пользуются кольца из серебра, т. к. они обладают множеством достоинств, среди которых: высокая прочность, качество, выгодная стоимость материала, благородство. Концепция создания серебряного кольца с фактурой листа подкрепляет тренд эконаправленности XXI века. Метод нанесения декора с помощью прокатки является идеальным решением для создания подобных фактур.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Vignelli, Massimo.* The Vignelli Canon // LarsMullerPublishers. – 2010. – 96 p.
2. Пат. № 2328541 С1 Российская Федерация, МПК С22С 5/08. Сплав на основе серебра : № 2006140491/02 : заявл. 15.11.2006 : опубл. 10.07.2008 / Ю. А. Щепочкина.
3. *Галанин, С. И.* Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2018. – № 2. – С. 5–6.

*A. A. Konstantinova, Student*

*akonstantinova968@gmail.com*

*M. M. Chernykh, PhD in Engineering, Professor*

*P. A. Ostanina, PhD in Engineering, Associate Professor*

*FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”*

## **Creating a jewelry ring from silver with a leaf texture**

*This paper discusses such important aspects of jewelry that are essential in the manufacture of rings, such as: the approach to the choice of sample and manufacturing technology (pipe-cutting, soldering, casting). The article contains general theoretical information about the compositions of possible silver alloys, their characteristics and technological properties. It describes: features of the stages of work, resources for finding ideas, subtleties of material processing, possible methods of decorative finishing of jewelry (chemical and mechanical methods). The material also contains a description of a structured approach to the development of a silver jewelry ring, including: the process of studying analogues, forming an idea, choosing a style (this article deals with the eco-direction of jewelry), choosing the material and size of the desired product, selecting the main and auxiliary tools for the process manufacturing.*

**Keywords:** jewelry rings; silver; sheet texture; manufacturing techniques.

*Е. В. Лебедева*, магистрант

lebedeva21kv@gmail.com

*В. С. Клековкин*, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Управление и стимулирование инновационной активности сотрудников**

*Инновации в настоящее время становятся главным критерием ведения конкурентной борьбы на мировом рынке. Анализ инновационной деятельности компаний ведущих стран показывает одну из проблем отставания России в сфере инновационных технологий. Основой выступает заинтересованность и мотивация.*

*Управление инновационной деятельностью и ее развитие зависят от нескольких компонентов, которые в совокупности обеспечивают наибольшую эффективность. Наиболее важным фактором является персонал, активность которого зависит от заинтересованности руководителей и поддержания творческой деятельности в компании. Важно понимать, что необходимо не только оснастить компанию технической составляющей, но и особое внимание уделить корпоративной среде. Поддержание хороших трудовых отношений и повышение инновационной активности сотрудников можно обеспечить за счет разработки определенной системы мотивации и стимулирования. Мерой стимулирования может выступать как материальная, так и нематериальная составляющие.*

**Ключевые слова:** инновационная активность; персонал; стимулирование; мотивация; творческий потенциал.

Современные конкурентные условия создают для любой организации ряд проблем, одной из которых является проблема достижения и удержания на

рынке конкурентных позиций. Конкурентная борьба тесно связана с инновационной областью, т. к. лидирующие позиции занимают те, кто разрабатывает и внедряет инновации. Страны с развитой экономикой придерживаются именно инновационной модели развития, только эта модель может способствовать укреплению конкурентных позиций организации на внутреннем и внешнем рынках.

По информации различных исследований, российские компании менее активны в инновационной сфере, чем ряд других стран. Это объясняется тем, что в ведущих странах мира создается такая конкурентная среда, в которой компании (предприятия) существуют, главным образом, за счет инновационного развития. На российском рынке нет сильной конкуренции и обязательств в инновационной деятельности, что позволяет компаниям существовать и вести конкурентную борьбу, не прилагая больших усилий в разработке и внедрении различных инноваций.

Инновационность компании (предприятия) можно оценить, опираясь на несколько факторов: уровень восприимчивости к новым идеям, быстрота и своевременность трансформации инноваций в нововведения, проявление активности персонала [3].

*К первой группе* факторов можно отнести:

- концентрацию внимания компании на инновационной сфере развития;
- отличную восприимчивость компании к инновациям;
- стиль управления;
- наличие инновационной среды;
- способность и готовность персонала к восприятию инноваций.

*Вторая группа* включает следующие характеристики:

- наличие гибкой инновационно-ориентированной организационной структуры и механизмов стимулирования инновационной деятельности;
- интерес руководителей в настоящих инновациях и их быстрое внедрение;
- готовность персонала к изменениям и реализации различных нововведений.

*Третья группа:*

- поддержание инновационного климата в компании;
- наличие ресурсов для реализации инноваций;
- наличие грамотных руководителей-управленцев;
- готовность сотрудников к активизации собственного потенциала, его обновлению и самореализации.

Инновационная деятельность организации основывается на трех компонентах, в совокупности дающих лучший результат. Первым компонентом является инновационный потенциал (имеющиеся ресурсы: материальные, трудовые, финансы), второй компонент – проявление активности персонала (поведение), третий компонент – инновационный климат (корпоративная среда) (рис. 1).



*Рис. 1.* Компоненты инновационной деятельности

Только имея все три компонента в действии, можно говорить об инновационной активности организации. Она в большей степени связана с проявлением активности сотрудников: мысли, предложения и действия. В свою очередь, активность персонала зависит от квалификации сотрудника и его

мотивации. Управление активностью персонала осуществляется за счет грамотной оценки компетентности, возможности развития (обучения) и методов стимулирования.

Данная схема убеждает нас в том, что прогресс, независимо от его рода, зависит не столько от систем организации деятельности, качества, технической оснащенности, сколько от творческого потенциала сотрудников. Потенциал сотрудника олицетворяет творческую активность, желание работать с высокой отдачей, увлеченность, стремление к постоянному развитию, пополнение знаний и дальнейшее их использование в рабочем процессе.

Инновационная активность сотрудников имеет три уровня [1]:

- рационализаторский,
- конструкторский,
- новаторский.

*Рационализаторский* характеризуется тем, что сотрудник предлагает внесение корректировок в своей зоне деятельности, основываясь на собственном опыте, улучшение, изменение некоторых элементов системы, существующих методик и регламентов в соответствии с новыми целями и задачами.

*Конструкторский* определяется деятельностью сотрудника с точки зрения разработки собственных вариантов решений по возникающим проблемам, основывающимся на опыте и самоанализе своей деятельности.

*Новаторский* – наивысший уровень инновационной деятельности, предлагаются совершенно новые способы, методики, взаимодействия и организация процессов, отличающиеся высоким уровнем результативности. Инновации, созданные на этом уровне, являются наиболее прогрессивным и экономически целесообразным использованием творческого потенциала сотрудников.

Уровень активности можно определить путем наблюдательного анализа или с помощью специально разработанных программ, совмещающих в себе анализ активности и оценку компетенций сотрудников. Это необходимо для эффективного использования человеческих ресурсов. Суть данного анализа и оценки заключается в том, чтобы определить необходимый набор качеств

и компетенций человека, сравнить полученные результаты с принятыми эталонами и принять управленческое решение по конкретному сотруднику.

Описать процесс анализа и оценки можно с помощью концептуальной модели (рис. 2). Система включает в себя заказчика, управляющий орган, СППР и команду проекта. Все они взаимодействуют между собой для организации наиболее эффективной работы [4].

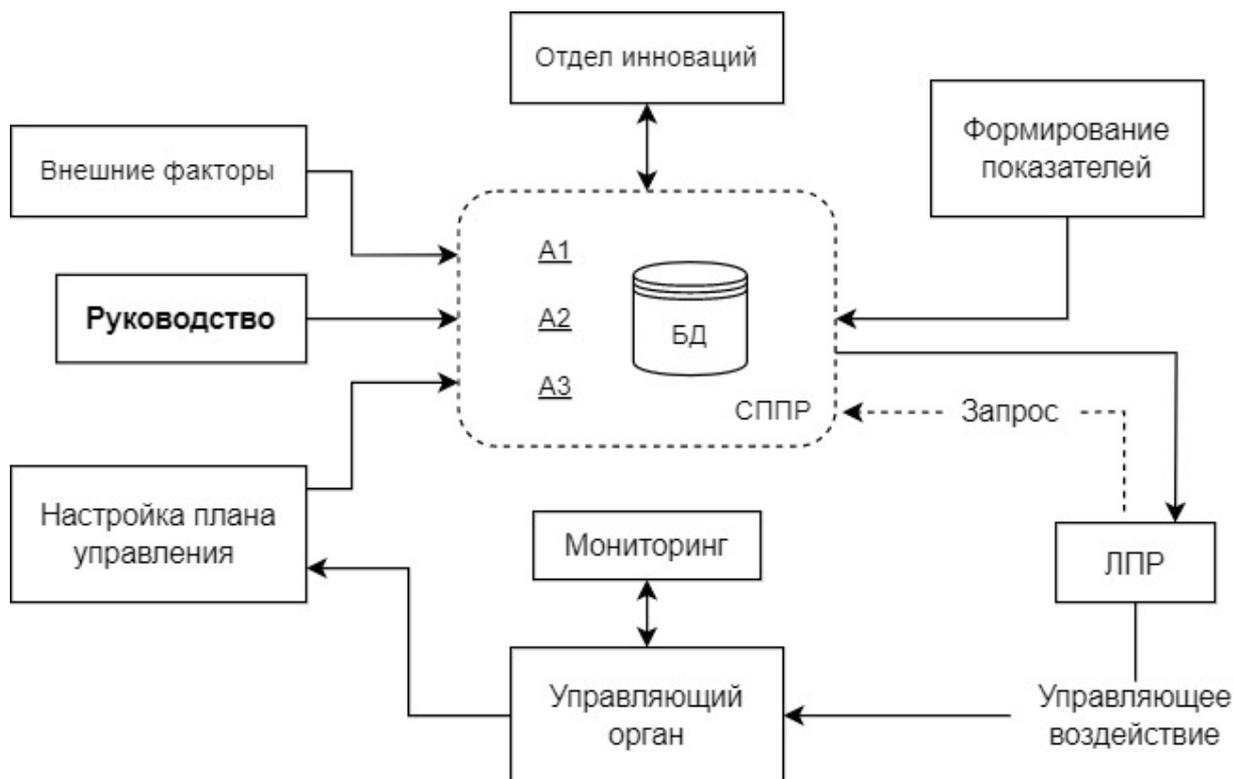


Рис. 2. Концептуальная модель анализа

Заказчиком в данном случае выступает руководство организации, управляющим органом будет аналитико-программистская команда, проектной командой – отдел инноваций. Лицо, принимающее решение (ЛПР) может опрашивать запрос в СППР и воздействовать на работу аналитической команды. Система поддержки принятия решений (СППР) может содержать в себе несколько процессов, которые выполняют участники и некоторую базу данных.

*Процесс А1* характеризуется анализом требований руководства и оценкой влияния внешних факторов:

- анализируются внешние факторы, сопоставляются с требованиями руководства;
- определяются показатели для оценки;
- показателям присваиваются некоторые характеристики;
- разрабатываются этапы реализации процесса и формируется сценарий работы.

*Процесс А2* – процесс распределения работ и обязанностей между участниками – исполнителями.

*Процесс А3* является процессом мониторинга реализации поставленных задач, правильности расчетов и принятия решений.

Модель описывает весь процесс от постановки целей и задач до мониторинга и настройки управления. Наличие системы поддержки и принятия решений в компании автоматизирует процесс анализа и принятия решений по сотрудникам.

После проведения оценки и анализа активности сотрудников можно говорить о мотивации и методах стимулирования. Поддержка сотрудников, которые активно принимают участие в инновационной деятельности, является важным фактором развития компании. Учитывая это, внедрение политики стимулирования становится одной из главных задач. Говоря о стимулах, многие акцентируют свое внимание лишь на материальной составляющей, но это далеко не единственная форма вознаграждения за труд. Под стимулом стоит понимать различные внешние побуждения к действиям, причиной которых является интерес – личный, материальный или моральный. Стимулами могут быть обещания руководства, возможности, действия коллег и многое другое. Применяя методы мотивации и стимулирования, можно развивать у сотрудников важные и необходимые характеристики для их трудовой деятельности: старание, добросовестность, качество работы, нацеленность на результат. Базовыми стимулами, побуждающими сотрудника выполнять работу лучше, являются: деньги, уважение, признание в компании, самоутверждение, личностный рост, приятная рабочая обстановка, возможность обучения, премии, сотрудничество с другими людьми, доверие руководителей.

Для того чтобы добиться эффективности от политики стимулирования инновационной активности, необходимо разработать ряд мер, которые будут направлены на поддержание творческой деятельности сотрудников и понимание выгоды от этого процесса. Наиболее распространенной мерой является система оценки и стимулирования. Данная система предусматривает поощрения инициативы сотрудников за определенный период рабочей деятельности. Важно отметить тот факт, что не любое предложение является инновацией, ведь под инновациями подразумевается различное новшество, которое обеспечивает повышение социально-экономической эффективности процессов.

Важным звеном в активизации творческого потенциала сотрудников является руководитель. Он должен уметь грамотно управлять своими сотрудниками и задавать такую атмосферу в коллективе, которая оказывает либо положительное, либо отрицательное влияние на инновационную активность. Руководители компаний, желая мотивировать своих сотрудников, могут разработать определенную систему стимулирования, содержащую в себе не только методы поощрения за инновационную деятельность, но и наказания за ее отсутствие. Руководителям стоит вести определенную отчетность по инновационным предложениям, что будет их мотивировать и повышать ответственность. Такая система способна изменить социально-психологическую среду, в которой находятся сотрудники.

Проявление инициативы может поощряться различными способами, но при этом материальная и нематериальная составляющие активных и пассивных сотрудников не будет одинаковой, что, в свою очередь, повысит уровень корпоративной культуры в компании. Желая получить различные стимулы, сотрудники будут стремиться проявить себя.

На сегодняшний день очень важно наращивать свои конкурентные преимущества. Каждая компания должна стремиться разрабатывать, внедрять различные новшества и грамотно вести конкурентную борьбу. Автоматизировать некоторые процессы с помощью разработанных программ и внедрения систем поддержки принятия решений. Мотивировать руководителей на

инновационное развитие. Отдельное внимание нужно уделять своим сотрудникам, поддерживать проявление творческой активности, создавать такую среду, где есть все необходимые условия и стимулы для развития в инновационном направлении. Используя различные методы стимулирования и развития корпоративной культуры, можно повысить заинтересованность сотрудников в успешном развитии компании [2]. Если сотрудник понимает главные цели и задачи, то он старается принимать активное участие в развитии ее инновационной деятельности, что способствует продвижению организации в конкурентной борьбе.

### **Список использованных источников и литературы**

1. Управление персоналом организации в условиях цифровизации : монография / О. С. Резникова, Н. А. Симченко, О. В. Севастьянова [и др.] ; под редакцией О. С. Резниковой ; Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского. – Симферополь : Ариал, 2020. — 354 с. : ил. – С. 143–171. – ISBN 978-5-907310-34-6

2. Ганькина, А. В. Основные методы стимулирования инновационной активности персонала // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 24 (36). – С. 49–51.

3. Сокерина, С. В. Формирование активной инновационной деятельности персонала предприятия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 2. – С. 96–100.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660432. Аттестация и оценка персонала: № 2015617050 : заявл. 29.07.2015 : опубл. 30.09.2015 ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «АйсисЛабс».

*E. V. Lebedeva, Master's Degree Student*

*V. S. Klekovkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor  
FGBOU VO "Kalashnikov Izhevsk State Technical University"*

**Management and stimulation of innovative activity of employees**

*Innovations are currently becoming the main criterion for conducting a competitive struggle in the global market. An analysis of the innovative activity of companies in leading countries shows one of the problems of Russia's lag in the field of innovative technologies. The basis is interest and motivation.*

*Innovation management and its development depends on several components that together provide the greatest efficiency. The most important factor is the staff, whose activity depends on the interest of managers and the maintenance of creative activity in the company. It is important to understand that it is necessary not only to equip the company with a technical component, but also to pay special attention to the corporate environment. Maintaining good labor relations and increasing the innovative activity of employees can be ensured by developing a certain system of motivation and stimulation. The incentive measure can be both a material and an immaterial component.*

**Keywords:** innovative activity; personnel; stimulation; motivation; creative potential.

УДК 378.4

ГРНТИ 14.35.07

*Е. Н. Огорельцев, студент*

*П. С. Соловьева, студент*

*Ю. А. Иванов, студент*

*Н. П. Устинов, кандидат педагогических наук*

*Н. В. Шишлина, кандидат педагогических наук*

*nvs-77@bk.ru*

*ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»*

**Организационные условия внедрения  
междисциплинарной проектной деятельности  
в учебный процесс ИжГТУ имени М. Т. Калашникова**

*Проанализирован опыт организации проектного обучения ведущих российских вузов, в том числе НИУ ВШЭ, Московский Политех, УрФУ, Университет 20.35, изучены наиболее интересные практики поддержки учебной проектной деятельности, после чего была осуществлена попытка сформулировать организационные условия, максимально соответствующие специфике учебного процесса Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова. Одним из основных условий является совмещение дисциплины «Основы проектной деятельности» с проектно-технологической практикой, рассредоточенной в течение семестра. В рамках дисциплины «Основы проектной деятельности» студенты будут знакомиться с методикой поэтапной работы над командным проектом, а в рамках практики будут заниматься его реализацией. Тем самым, будет происходить эффективное формирование как профессиональных, так и универсальных компетенций, таких как разработка и реализация проектов, командная работа и лидерство, коммуникации, самоорганизация и саморазвитие, системное и критическое мышление. В качестве наставников проектов предлагается назначение руководителей*

практики. Обязательным условием является междисциплинарность учебных проектов и непрерывный мониторинг деятельности проектных команд в течение семестра.

**Ключевые слова:** проектное обучение; междисциплинарные проекты; студенческая проектная команда; организация учебной проектной деятельности в вузе; основы проектной деятельности.

Основной целью внедрения проектного обучения в вузовскую практику является повышение качества профессиональной подготовки выпускников и соответствие требованиям современного рынка труда. Работа над учебными командными проектами позволяет сформировать у студентов как профессиональные, так и универсальные компетенции, которые высоко ценятся работодателями. Проектная деятельность студентов может быть направлена на создание в стенах вузов перспективных инициативных разработок (стартапов) [1].

Для выявления организационных условий внедрения проектной деятельности в учебный процесс Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова нами был проанализирован опыт, учтены рекомендации по организации проектной деятельности от ведущих российских вузов, изучены наиболее интересные практики поддержки учебной проектной деятельности.

Одним из лидеров по организации проектного обучения в вузах России является Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). В НИУ ВШЭ выделен особый вид учебной деятельности студентов – проект [2]. Под проектом понимается специально организованная, мотивированная самостоятельная деятельность студентов. Начиная с 2014 г., проектная деятельность является одним из видов учебной деятельности в рамках освоения образовательных программ бакалавриата, а с 2018 г. и для программ магистратуры. Результаты проектной деятельности студентов можно разделить на 2 основные группы: профессиональные компетенции (*hard skills*), и универсальные компетенции (*soft skills*). По мнению организаторов проектной

деятельности НИУ ВШЭ, учебные проекты позволяют студентам еще в процессе учебы немедленно включиться в решение реальных задач будущей профессиональной деятельности. Особое внимание уделяется работе в команде, соблюдению сроков выполнения проектов и ответственности за результат.

Междисциплинарный характер проблем, на решение которых направлены учебные проекты студентов Московского Политеха, требуют формирования разнопрофильных проектных команд, обладающих набором необходимых профессиональных компетенций [2]. С первого курса студенты в междисциплинарных командах решают реальные кейсы работодателей [3]. Эффективность работы междисциплинарных команд зависит от навыков коммуникаций, планирования как внутри команды, так и с внешними, по отношению к университету, партнерами(заказчиками проектов). Роль преподавателя смещается от монопольного обладания и распространения знаний к личной поддержке и помощи студенческим командам в качестве куратора проектной деятельности. Данная деятельность для преподавателей обычно непривычна и требует дополнительного обучения и методической поддержки. Деятельность студентов состоит, в том числе, из сложных взаимодействий между членами команды и критически зависит от навыков коммуникации, планирования, способности к эффективной работе в команде.

Основная цель внедрения проектного обучения в УрФУ – переход к предпринимательской модели работы научно-образовательных подразделений вуза, использование рыночных возможностей в части запроса на научно-исследовательскую деятельность [2, 4]. Механизмом вовлечения студентов и преподавателей в проектную деятельность является организация самостоятельной работы в особой форме, предполагающей доступ к консультациям у проектного инженера из числа преподавателей. Проектный инженер выполняет функции менеджера проектов, внутреннего эксперта, ассистирует в процессе «интерпретации» получаемых студентами знаний, фиксирует потребность команды проекта в дополнительных компетенциях. Как правило, проектного инженера на определенный проект по модулю определяет руководитель

образовательной программы исходя из опыта проектной работы, способности устанавливать и развивать контакты с социальными партнерами и способности руководить студенческими командами. В начале семестра проектный инженер формирует команды из числа студентов смежных направлений подготовки, выдает техническое задание, проводит вводные семинары. Уральский федеральный университет (УрФУ) начал эксперимент, в котором происходит замена академических групп на междисциплинарные команды. Это означает, что университет делает попытки построить индивидуальный маршрут образования для каждого студента.

Университет 20.35 – первый в России глобальный цифровой университет, реализующий проекты национальной технологической инициативы (НТИ) [5, 6]. Нами были изучены возможности данной онлайн-платформы, проанализированы механизмы, предназначенные для методической поддержки студенческих проектных команд. Одной из активных форм проектной работы Университета 20.35 являются проектные образовательные интенсивы, где студенческие проектные команды из более чем 100 вузов России имеют возможность разработать инициативный проект, интересный потенциальным инвесторам, либо заказной – соответствующий требованиям заказчика (индустриального партнера). Студенты могут самостоятельно выбрать траекторию обучения в интенсиве и получить актуальные и востребованные знания. Платформа предлагает огромное количество различных ссылок на курсы, образовательные материалы с бесплатным доступом. На платформе есть подробное описание каждого этапа работы над проектом, т. е. последовательный план действий, требования, рекомендуемые задачи, необходимые для выполнения в течение определенного промежутка времени, чтобы сохранить темп работы. Проведение поддерживающих мероприятий для презентации промежуточных результатов позволяет получить обратную связь от квалифицированных экспертов. Эксперты лично общаются с участниками, помогают преодолеть трудности в работе над проектом и определиться с дальнейшими действиями. В роли экспертов участвуют специалисты по развитию стартапов, эксперты рынков и специальные экспер-

ты, которых приглашают по индивидуальным запросам команд. Можно получить поддержку в сервисе *Discord*, где можно задать любые вопросы про интенсив в тематических каналах. По итогам интенсива участники могут получить приглашение на стажировку, внедрить свою разработку в производство и поучаствовать в различных конкурсах на гранты.

Анализируя опыт реализации проектного обучения в ведущих вузах России [1–6], нами был выявлен ряд организационных условий, которые могли бы способствовать становлению системы учебной проектной деятельности [7] в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова с учетом существующих реалий:

1. Все направления подготовки бакалавриата, реализуемые в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, содержат в учебных планах дисциплину «Основы проектной деятельности (ОПД)». Необходимо привести к единообразию содержание этой дисциплины для всех образовательных программ и состыковать изучение этой дисциплины с проектно-технологической практикой, рассредоточенной в течение семестра. В рамках дисциплины «ОПД» студенты будут знакомиться с методикой поэтапной работы над командным проектом, а в рамках практики будут заниматься его реализацией. Будет происходить эффективное формирование как профессиональных, так и универсальных компетенций, таких как разработка и реализация проектов, командная работа и лидерство, коммуникации, самоорганизация и саморазвитие, системное и критическое мышление.

2. Тематика учебных проектов должна быть междисциплинарной, т. е. для их разработки студенты должны обладать знаниями, умениями и навыками из целого набора учебных дисциплин. Формирование междисциплинарных учебных команд может быть основано как на реализации комплексных проектов, связанных с несколькими дисциплинами учебного плана текущего семестра, так и на объединении в одну команду обучающихся разных курсов и разных направлений подготовки [7]. Самый простой вариант создания междисциплинарной команды – это объединение студентов из одной академической группы с назначением в качестве наставника руководителя проектно-технологической

практики. Другие варианты формирования команд являются более сложными в связи с ограничениями, которые существуют в ИжГТУ в плане несогласованности расписания разных групп и неопределенностью нагрузки преподавателя – наставника проекта.

3. Проекты могут быть двух типов: заказные (с привлечением реальных заказчиков – индустриальных партнеров) и инициативные (стартапы). Список заказных проектов должен быть сформирован до начала семестра, на который запланирована проектно-технологическая практика, чтобы студенты на этапе формирования команд могли ознакомиться с описанием проблем, на решение которых направлены заказные проекты, и выбрать наиболее интересную для них тему. Заказные разработки, на наш взгляд, лучше подходят для первого знакомства с проектной деятельностью, т. к. нет необходимости акцентировать внимание на изучение рынка, генерацию конкурентоспособных идей и проработку бизнес-модели решения. Заказная разработка позволяет больше времени уделить формированию коммуникативных навыков, выстраиванию взаимоотношений внутри команды и приобретению недостающих профессиональных знаний и умений. Вне зависимости от выбора типа проекта можно дополнительно воспользоваться методической поддержкой и сопровождением онлайн-платформы Университета 20.35 в рамках предлагаемых ею образовательных проектных интенсивов.

4. Должна быть организована поэтапная работа над проектом в течение семестра, каждый этап должен длиться не более одного месяца и заканчиваться рубежным контролем, к которому команде необходимо выполнить определенный перечень работ и предоставить промежуточные результаты для оценивания либо только своему наставнику, либо внешним экспертам и заказчику. Например, для заказной разработки возможен следующий график в течение учебного семестра (таблица).

### Пример поэтапной работы над проектом

Этап	Результаты	Сроки	Кто участвует в рубежном оценивании команды
1. Формирование команды	Презентация команды, в которой отражены проблема, цель, задачи проекта, распределены роли участников команды, определен план коммуникаций	2 недели	Команда наставников*
2. Подготовка проектной документации	Уточнение требований к продукту, проведение исследований, разработка спецификации требований	4 недели	Наставник команды и заказчик
3. Разработка прототипа	Определение содержания MVP и разработка прототипа	4 недели	Три эксперта: наставник команды + 2 наставника других команд
4. Доработка прототипа, подготовка к защите проекта	Устранение замечаний и недоработок, выявленных по итогам рубежного контроля на предыдущем этапе, подготовка итоговой презентации продукта	4 недели	Команда наставников, заказчики проектов

\*Команда наставников – это все руководители проектно-технологической практики курса.

Сквозное проектное обучение, начиная с первого семестра и заканчивая выпускной квалификационной работой как и замену академических групп междисциплинарными командами, пока невозможно реализовать в условиях учебного процесса ИжГТУ, хотя полностью отказываться от таких нововведений не стоит. В качестве эксперимента можно апробировать непрерывную работу постоянных студенческих проектных команд на протяжении 2–3 учебных семестров.

Соблюдение описанных выше рекомендаций не гарантирует для ИжГТУ успех работы студенческих проектных команд, многое зависит от уровня заинтересованности в результате как самих студентов, так и наставников, а также администрации вуза. Существующие тенденции в сфере высшего образования заставляют задуматься об отказе от традиционных способов контроля учебной деятельности, предоставить необходимую самостоятельность студентам, а вместе с ней и ответственность, что позволит вузу стать современнее и эффективнее.

### Список использованных источников и литературы

1. Анализ внедрения проектного обучения в российских вузах / М. В. Куклина, А. И. Труфанов, Н. Г. Уразова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 6. – С. 62.

2. Проектное обучение: практики внедрения в университетах / под общ. ред. О. В. Лешукова, Н. В. Исаева, Л. А. Евстратова. – Москва : НИУ «Высшая школа экономики», 2018. – 152 с.

3. *Миклушевский, Владимир*. Наша цель – готовить профессионалов для индустрии и креативной экономики // Университетская книга. – 2022. – № 3. – С. 8–16.

4. *Тетюкова, Е. П.* Проектное обучение – инновационный подход к организации учебного процесса в высших учебных заведениях РФ / Е. П. Тетюкова, Т. А. Белых // Физика. Технологии. Инновации : сб. материалов VI Междунар. молодеж. науч. конф. / под редакцией В. Ю. Иванова, Д. Р. Байтиминова. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2019. – С. 349–358.

5. Университет 20.35 / АСИ. – Екатеринбург : Издательские решения, 2017. – Т. 34. – 50 с. – ISBN 978-5-4485-8915-7 ; ISBN 978-5-4485-8598-2

6. Проектный интенсив Университета 20.35: новые возможности в формировании проектных умений студентов / Н. Ю. Прияткина, С. В. Белов, В. К. Маркелов [и др.] // Наука и образование в современном вузе: вектор развития : сб. материалов науч.-практ. конф. – Шуя : Ивановский государственный университет, Шуйский филиал, 2022. – С. 229–232.

7. Шишлина, Н. В. Системный подход к реализации проектного обучения в инженерном образовании / Н. В. Шишлина, О. Ф. Шихова, И. О. Архипов // Управление устойчивым развитием. – 2022. – № 5 (42). – С. 110–118.

*E. N. Ogoreltsev, Student*

*P. S. Solovieva, Student*

*Y. A. Ivanov, Student*

*N. P. Ustinova, PhD of Pedagogic Sciences*

*N. V. Shishlina, PhD of Pedagogic Sciences*

*nvs-77@bk.ru*

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Organizational conditions of interdisciplinary design at the Kalashnikov Izhevsk State Technical University**

*The article analyzes the experience of organizing project training of leading Russian universities, including HSE, Moscow Polytechnic University, UrFU, University 20.35, studied the most interesting practices of supporting educational project activities, after which an attempt was made to formulate organizational conditions that best match the specifics of the educational process of Izhevsk State Technical University. One of the main conditions is the combination of the discipline "Fundamentals of project activity" with design and technology practice, dispersed throughout the semester. Within the framework of the discipline "Fundamentals of project activity", students will get acquainted with the methodology of step-by-step work on a team project, and within the framework of practice they will be engaged in its implementation. Thus, there will be an effective formation of both professional and universal competencies, such as project development and implementation, teamwork and leadership, communication, self-organization and self-development, systemic and critical thinking. It is proposed to appoint practice managers as project mentors. A prerequisite is the interdisciplinarity of educational projects and continuous monitoring of the activities of project teams during the semester.*

**Keywords:** project learning; interdisciplinary projects; student project team; organization of educational project activities at the university; fundamentals of project activities.

*А. С. Раев*, аспирант

tema.raev2018@yandex.ru\*

*А. Н. Копысов*, кандидат технических наук, доцент,  
проректор по научной и инновационной работе

kan\_kan@istu.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Сравнение программного обеспечения в рамках моделирования работы OFDM-радара**

*В связи бурным развитием радиолокационных систем (РЛС) в гражданской сфере растет тенденция применения радаров с непрерывным излучением зондирующего сигнала. К таким можно отнести радары с применением OFDM-сигналов. Принцип формирования и декодирования OFDM-сигналов строится на применении быстрого преобразования Фурье, что упрощает как структуру РЛС, так ее модель. Целью исследования является составление математической модели радиолокационной системы на OFDM и сравнение существующего программного обеспечения для ее создания. В результате разработана функциональная схема OFDM-радара на основе теории и примеров схожих систем. На основе функциональной схемы составлены модели в популярных программах математического моделирования в сфере радиотехнической инженерии: MATLAB/Simulink и GNU Radio. На основе данных моделей сделаны выводы, касающиеся данных программ. Например: поддержка пользователей MATLAB/Simulink имеет больший объем, чем при работе с GNU Radio. В большей степени функционал GNU Radio раскрывается в операционной системе Linux, тогда как MATLAB/Simulink имеет версии для всех систем. Однако дороговизна лицензионного соглашения первой влечет быстрый набор популярности бесплатной GNU Radio. В процессе разработки модели OFDM-радара замечено, что MATLAB/Simulink*

и *GNU Radio* загружают разные вычислительные мощности: *MATLAB/Simulink* – операционную память, *GNU Radio* – центральный процессор.

**Ключевые слова:** радиолокационная система (РЛС); OFDM; быстрое преобразование Фурье (БПФ); *MATLAB/Simulink*; *GNU Radio*.

## Введение

В настоящее время огромную популярность набирают различные виды радиолокационных систем (РЛС). Основной задачей РЛС является извлечение информации (скорость и дальность до цели) об объекте из принятого отраженного от цели сигнала [1]. Их применение не ограничивается возможностями в военной инфраструктуре как основа систем противовоздушной обороны. На сегодняшний день радары нашли применение в гражданской сфере: радары в автомобилях как часть круиз-контроля, сфера контроля скоростного движения транспорта, отслеживание малогабаритных целей, таких, как дроны.

В основном радиолокационные системы работают на принципах зондирования импульсных сигналов, применение которых оправданно, но есть и недостатки. К ним относятся передача энергии импульсно, что влечет дороговизну оборудования и наличие минимальной дальности обнаружения. Альтернативой импульсным сигналам выступают непрерывные широкополосные сигналы. К одним из таких относится сигнал с *OFDM*. Метод *OFDM*-модуляции (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* – ортогональное частотное разделение с мультиплексированием) заключается в разбиении потока входных данных на несколько параллельных потоков, каждый поток передается на своей несущей частоте. К достоинствам *OFDM* можно отнести: большую длительность символа и высокую спектральную эффективность. Однако существуют и недостатки: усложнение алгоритмов детектирования из-за проблем с синхронизацией и большой пик-фактор, приводящий к спаду КПД и возникновению нелинейных искажений.

Для оценки работы радаров на основе *OFDM* особенно эффективным методом является компьютерное моделирование. Однако для инженера радиотех-

нической специальности представлен достаточно большой выбор программного обеспечения для имитации сложных структур.

Целью исследования является составление математической модели радиолокационной системы на *OFDM* и сравнение существующего программного обеспечения для ее создания.

Для ее выполнения необходимо выполнить следующие задачи:

- проанализировать принцип работы *OFDM*-радара и составить функциональную схему обнаружителя;
- найти программное обеспечение (ПО) для создания математических моделей радиотехнических систем;
- составить имитационную модель в выбранных ПО на основе функциональной схемы *OFDM*-радара;
- сравнить разработанные модели и сделать общие выводы.

### **Принцип работы *OFDM*-радара**

Первым шагом формируется последовательность символов, промодулированная любым видом манипуляции (PSK, QPSK, QAM и др.) [2]. Данные сигналы делятся на кадры в виде матрицы  $[M, N]$ :

$$T_X = \begin{bmatrix} d(0,0) & \dots & d(0,N-1) \\ \dots & \dots & \dots \\ d(M-1,0) & \dots & d(M-1,N-1) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где строка матрицы – поднесущая *OFDM* сигнала; столбец – символ *OFDM*. Расположение поднесущих в сигнале, согласно принципам формирования *OFDM*, можно рассмотреть на рис. 1.

Далее из комплексного сигнала в частотной области с помощью обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) формируется фрагмент сигнала во временной области. С целью борьбы с межсимвольной интерференцией в начало сгенерированного сигнала добавляется защитный интервал. Интервал является циклически повторяющимся концом символа и называется циклическим префиксом.

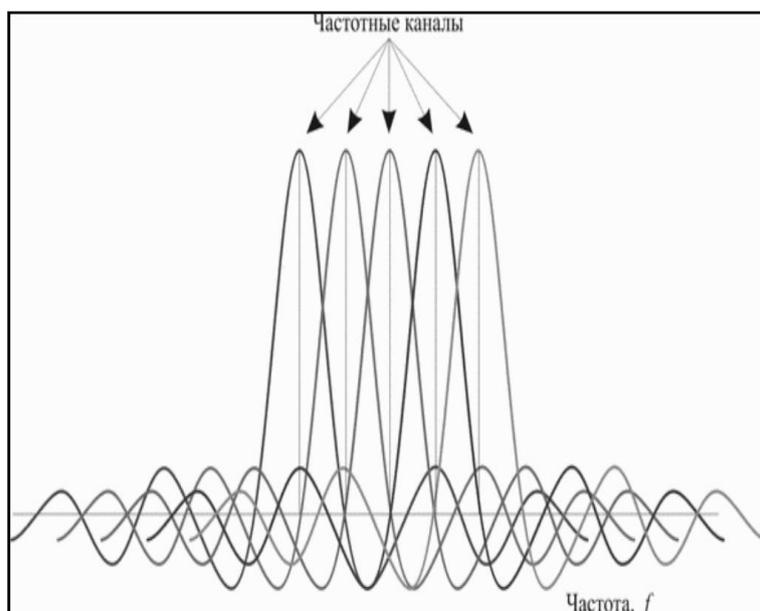


Рис. 1. Расположение частотных каналов сигнала OFDM

Сформированный сигнал после переноса на рабочую частоту излучается в эфир и отраженный от цели принимается приемником радиолокатора. Из принятого сигнала удаляется циклический префикс и производится прямое быстрое преобразование Фурье (ПБПФ) для переноса сигнала из временной области в частотную. Тем самым образуется приемный кадр в виде матрицы размера  $[M, N]$ . Значения матрицы этой матрицы равны значениям переданной матрицы помноженной на некоторую величину [3]

$$R_X = A \cdot T_X \cdot k_R \times k_D. \quad (2)$$

Величина  $k_R$  определяет расстояние до объекта (3), а  $k_D$  – определяет доплеровское смещение (4):

$$k_R = \exp\left(-j \cdot 2\pi \cdot N\Delta f \cdot \frac{2R}{c_0}\right); \quad (3)$$

$$k_D = \exp(j \cdot 2\pi \cdot MT_{OFDM} \cdot F_D), \quad (4)$$

где  $\Delta f = 1/T_{OFDM}$  – интервал между поднесущими;  $T_{OFDM}$  – длительность символа OFDM;  $R$  – расстояние;  $c_0$  – скорость света;  $F_D$  – частота Доплера.

Для определения информации об объектах: расстояния и скорости, формируется матрица  $F_X$ , которая вычисляется поэлементным делением матриц  $R_X$  и  $T_X$

$$F_X(n) = \frac{R_X(n)}{T_X(n)} = A \cdot k_R(n) \times k_D(n). \quad (5)$$

Применяя ОБПФ к строкам матрицы  $F_X$ , получим матрицу оценок дальности, а при применении ПБПФ к столбцам матрицы  $F_X$  – матрицу оценок доплеровского сдвига.

Согласно математическим выкладкам, описанным выше, и примерам схожих систем *OFDM*-радара [4] разработана функциональная схема модели (рис. 2).

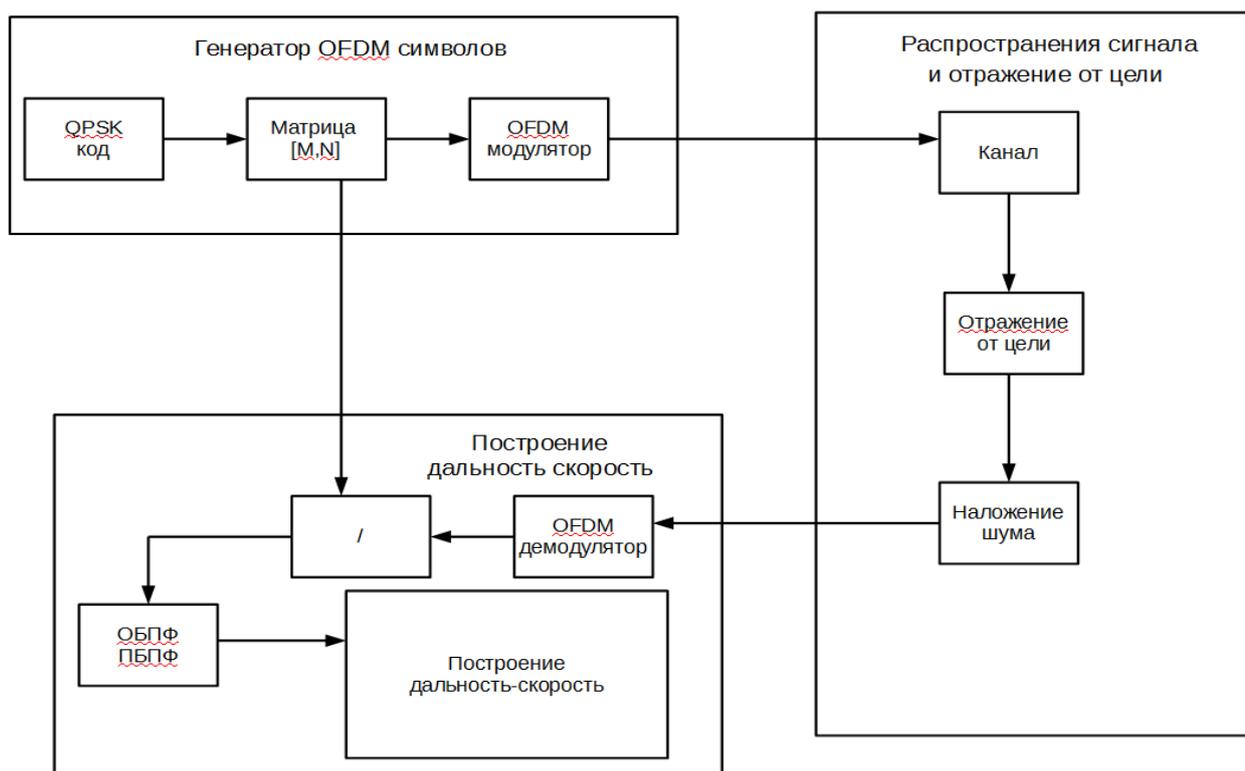


Рис. 2. Функциональная схема *OFDM*-радара

### Поиск программного обеспечения для имитационного моделирования

Для оценки работы радарной системы на *OFDM* необходимо сформировать модель в специализированной программе математического моделирования

ния. Однако область ПО для инженера-радиотехника перенасыщена различными их версиями. Поиск качественного решения зависит от рациональной оценки систем проектирования, в том числе и вычислительных возможностей.

Одна из наиболее проверенных временем систем автоматизации математических расчетов – *MATLAB*, построенная на расширенном представлении и применении матричных операций [5]. В настоящее время это высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. В своем составе *MATLAB* включает интерактивную среду *Simulink*. Библиотека визуального моделирования *Simulink* позволяет пользователям разрабатывать модель устройства из библиотеки стандартных блоков, проводить необходимые вычисления и различные расчеты. Кроме простоты работы, данная среда характеризуется большим штатом поддержки, как в области литературы, так в области форумов и сайтов разработки.

Однако сейчас набирает популярность среда *GNU Radio*. В большей степени это связано с набором популярности дешевых программно-определяемых радио (*SDR*) и появлением спроса на ПО для их программирования [6]. Хотя *MATLAB* так же включает библиотеки с работой с внешними *SDR* устройствами, такими как *USRP*, но их функционал достаточно ограничен относительно *GNU Radio*. Вторым достоинством является простота приобретения. В то время как *MATLAB* имеет высокую цену лицензии, *GNU Radio* является ПО с открытым исходным кодом. Хотя и имеются альтернативы, такие как бесплатные *Octave* или *Scilab*, модели в данных программах в основном представляют код. В *GNU Radio* модели представляют собой интуитивно понятную структуру связанных блоков.

### **Создание модели *OFDM*-радар в *MATLAB/Simulink***

Для исследования работы *OFDM*-радар сформирована модель в программе *MATLAB/Simulink* [7]. Структурно модель представляет собой схему, соответствующую функциональной схеме. Данная модель представлена на рис. 3.

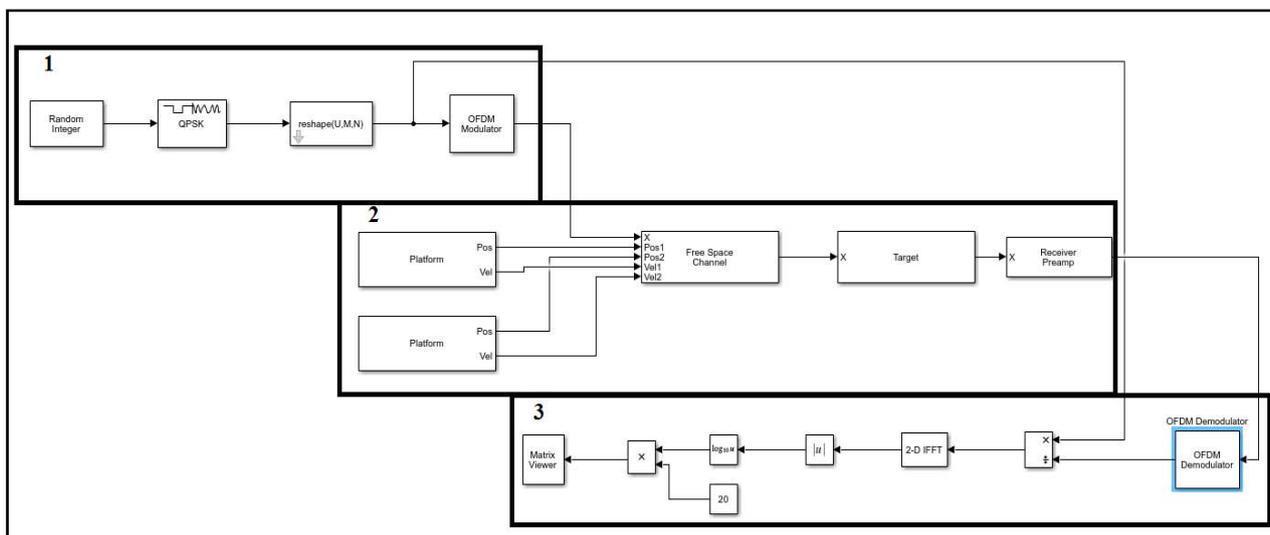


Рис. 3. Схема модели OFDM-радара в MATLAB/Simulink

Модель состоит из трех частей. Первой частью является генератор *QPSK* символов с и *OFDM*-модулятор. Вторая часть модели имитирует распространение сигнала в свободном пространстве и отражение его от цели с ЭПР, равным 10. Расстояние до цели можно изменять динамически в процессе имитации. Есть возможность реализации сценария для положения объекта. Третий компонент демодулирует принятый *OFDM*-сигнал и производит весь алгоритм оценки характеристик цели на основе описанного алгоритма. Результатом моделирования выступает диаграмма дальность-скорость [8], представленная на рис. 4.

Как видно из диаграммы, в качестве оценки обнаруживаемой цели выступает повышение энергии в пакете *QPSK* символа, чей столбец и строка соответствует расстоянию и скорости цели. Как можно предположить, цель находится на расстоянии 300 м и движется скоростью 3906 м/с.

Для оценки загрузки вычислительных мощностей персонального компьютера произведен мониторинг в процессе симуляции (рис. 5).

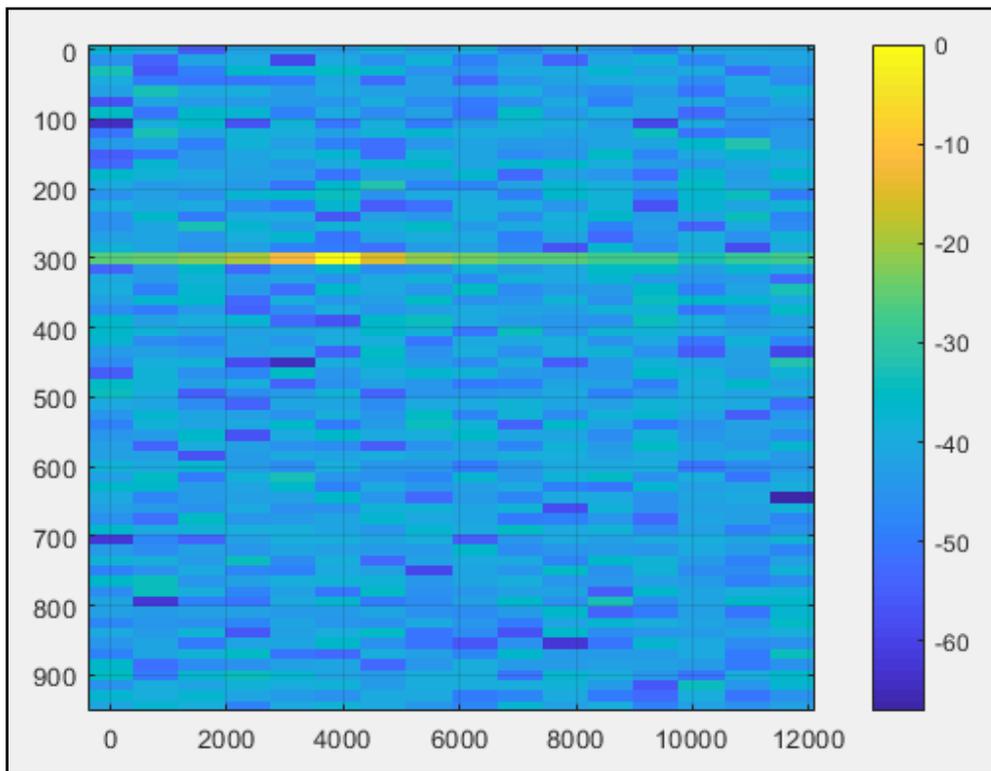


Рис. 4. Диаграмма дальность-скорость

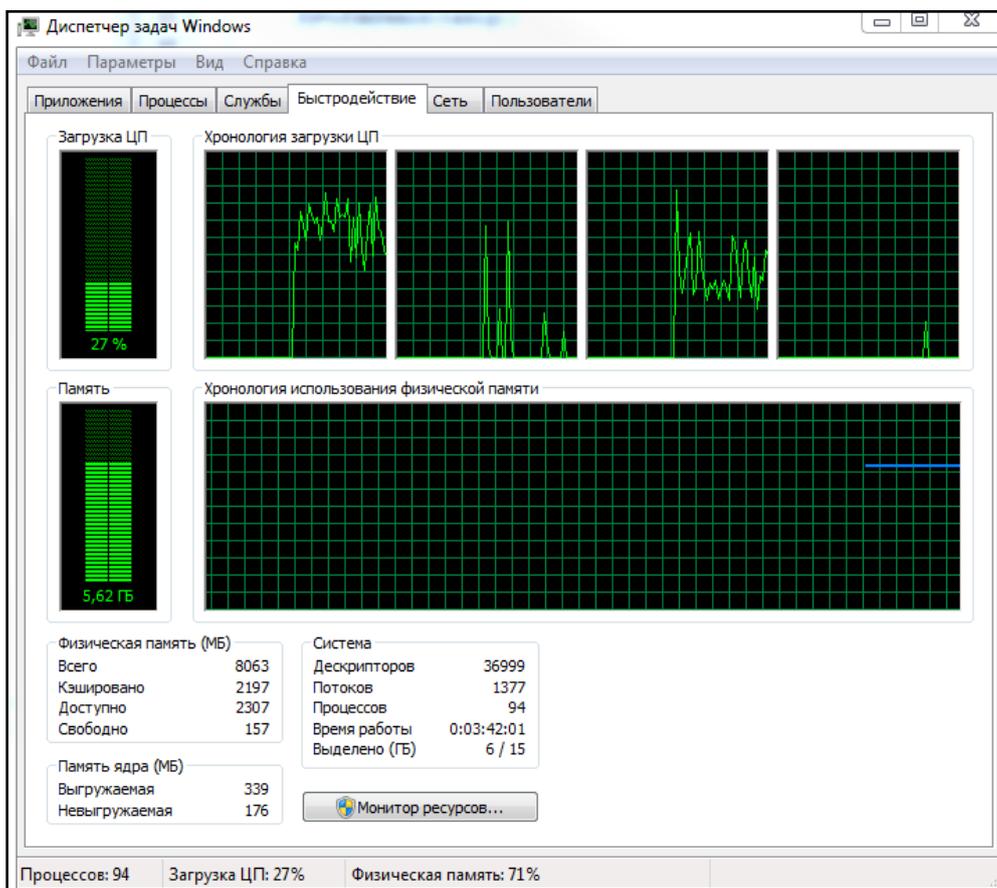


Рис. 5. Мониторинг загрузки мощностей ПК в процессе симуляции

В процессе мониторинга выявлено, что загрузка центрального процессора в среднем составила 27 %, а загрузка оперативной памяти достигла 70 %.

### **Создание модели *OFDM*-радара в *Gnu Radio***

Для сравнения строится модель в программе *GNU Radio*. В основном, как в *MATLAB/Simulink*, модель собой представляет потоковый граф. Потоковый граф – это последовательная структура соединенных блоков, представляющая собой функциональную схему модели [9]. Данный продукт включает в себя библиотеки блоков, разработанных на языках *C++* и *Python*.

На основе функциональной схемы *OFDM*-радара в программе реализован потоковый граф имитационной модели (рис. 6).

Модель состоит из пяти частей. *Первой частью* является генератор *QPSK*-символов. *Вторым блоком* является *OFDM*-модулятор, который вначале формирует сам сигнал за счет ОБПФ, а затем к получившемуся сигналу добавляет циклический префикс. *Третья часть* модели имитирует распространение сигнала в свободном пространстве и отражение его от цели с ЭПР, равным 10. Расстояние до цели, ее скорость можно изменять динамически в процессе имитации. *Четвертый элемент* демодулирует принятый *OFDM*-сигнал, удаляя циклический префикс и формируя матрицу поднесущих посредством ПБПФ. *Последний блок* выполняет весь алгоритм оценки характеристик цели. Производится деление принятой на переданную матрицу *QPSK*-символов и в дальнейшем – ОБПФ и ПБПФ над строками и столбцами соответственно для формирования матрицы оценок дальности и скорости цели. В результате строится диаграмма дальность – скорость, представленная на рис. 7.

Как и в модели *MATLAB/Simulink*, наблюдается повышение энергии соответствующего *QPSK*-символа в пакете. Цель, согласно диаграмме, находится на расстоянии 300 м и движется скоростью 3125 м/с.

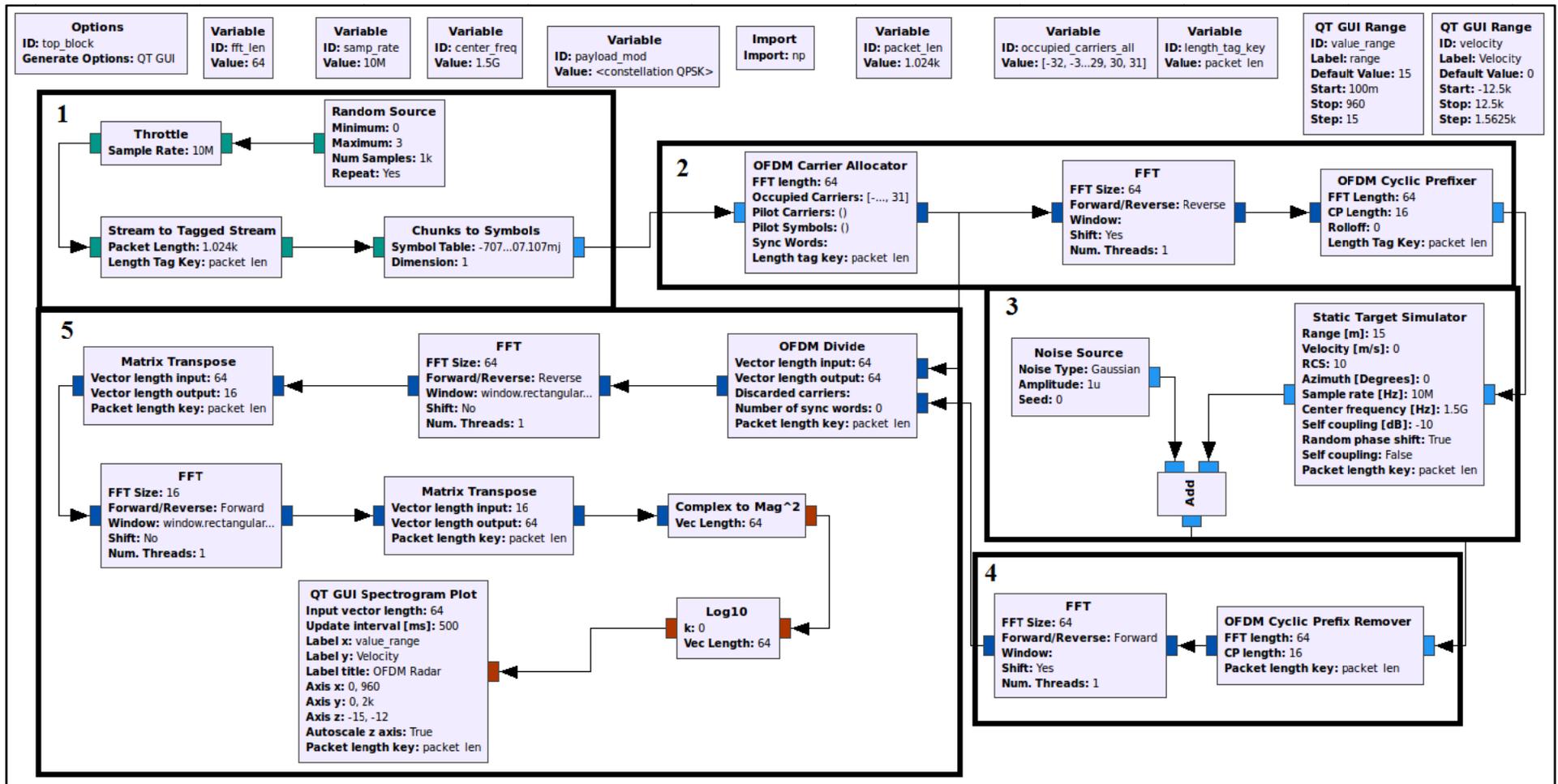


Рис. 6. Поточковый граф модели OFDM-радара в GNU Radio

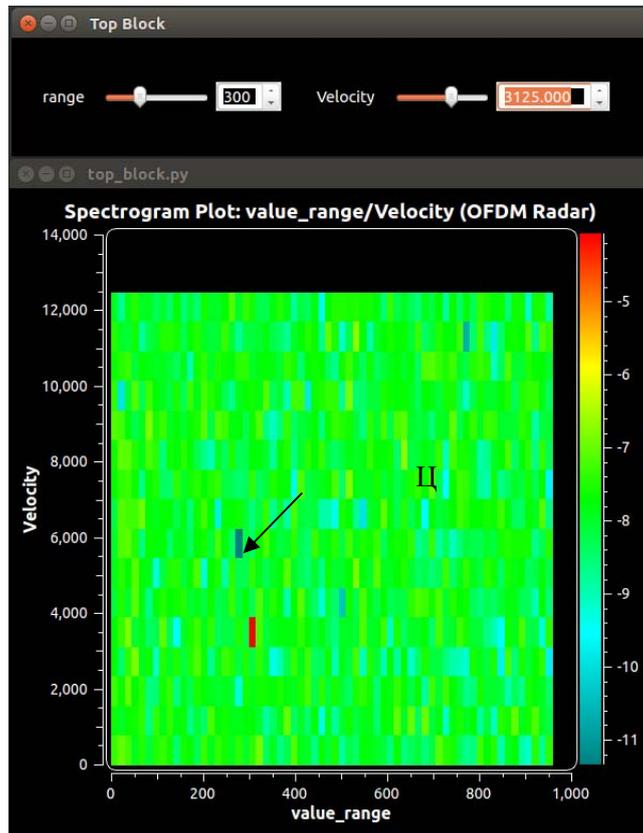


Рис. 7. Диаграмма дальность-скорость

Для сравнения вычислительной нагрузки ПК произведен мониторинг. Результаты представлены на рис. 8.

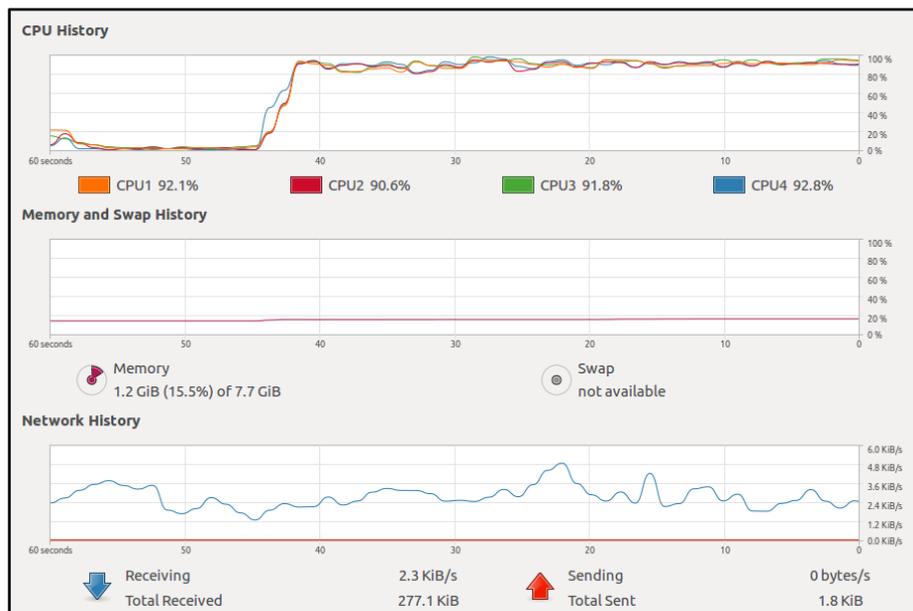


Рис. 8. Мониторинг загрузки мощностей ПК в процессе симуляции

Как видно из графиков среднее значение загрузки процессора составляет 93 %, а загрузка оперативной памяти около 20 %.

### **Сравнение ПО и общие выводы**

Результатом проделанной работы выступает модель *OFDM*-радара в двух ПО: *MATLAB/Simulink* и *GNU Radio*. Математические модели в программах соответствуют структуре функциональной схемы, где каждый блок выполняет соответствующие функции, описанные в принципах работы радара с *OFDM*.

Произведя сравнение моделей в *MATLAB/Simulink* и в *Gnu Radio*, сделаны следующие выводы, касающиеся данных программ:

- поиск информации и примеров похожих моделей при работе в *MATLAB/Simulink* выполнялся намного быстрее относительно моделирования в *GNU Radio*. Это в большей мере связано с наличием большей поддержки в первом случае. Поскольку большую популярность *GNU Radio* завоевала лишь недавно, вероятно поддержка наберет обороты в скором времени;

- *GNU Radio*, как ПО с открытым кодом, открывает возможности быстрого приобретения. Однако полный функционал *GNU Radio* раскрывается под операционной системой *Linux*, которая редко используется среди обычных пользователей, тогда как *MATLAB/Simulink* имеет версии для всех операционных систем;

- при создании модели в *GNU Radio* в большей степени разработчик имеет дело только с базовыми блоками, которые включены в основные библиотеки. Блоки в основном написаны на языках *C++* и *Python* и имеют сложную структуру, что приводит к большим затратам времен для разработки собственных блоков под собственные нужды. В *MATLAB/Simulink*, кроме как создание модели в виде схемы, есть возможность написать в виде отдельного скрипта и работать в командной строке, что значительно упрощает отладку и корректировку частичных параметров проекта;

- в процессе моделирования *OFDM*-радара обнаружено при симуляции *MATLAB/Simulink*, что он в большей мере загружает оперативную память, тогда

как *GNU Radio* центральный процессор. Среднее значение загрузки процессора составляет в *GNU Radio* 93 %, тогда как в *MATLAB/Simulink* 27 %. Загрузка оперативной памяти около 20 % в *GNU Radio*, в *MATLAB/Simulink* 70 %;

– явные различия в загрузке вычислительных мощностей в ПК приводят к отличиям в процессах симуляции. В *GNU Radio* симуляция выполняется в непрерывном режиме, тогда как для работы в *MATLAB/Simulink* необходимо задать интервал времени симуляции.

### Список использованных источников и литературы

1. *Иванов, А. А.* Система локации на основе OFDM-сигнала / А. А. Иванов, А. Б. Левин, Т. Г. Асланов // *DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов*. – 2011. – Т. 1. № 1. – С 111–113.

2. *Шахнович, И. В.* Современные технологии беспроводной связи : монография. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2006. – 288 с.

3. *Луценко, Е. Ю.* Сверхширокополосный радар с OFDM-модуляцией в автомобильных системах // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. – 2015. – Т. 3. № 7-2 (18-2). – С. 153–156. – DOI 10.12737/15001

4. Пат. № 174770 U1 Российская Федерация, МПК G01S 13/74. Активная радиолокационная система с применением ортогональной частотной модуляции и системой компенсации: № 2016143454: заявл. 03.11.2016: опубл. 01.11.2017 / Е. В. Рогожников, А. А. Гельцер ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью НПК «ТЕСАРТ».

5. *Авдеева, А. А.* Сравнение систем компьютерного моделирования MATLAB и Scilab / А. А. Авдеев, А. А. Авдеева // *Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития* : сб. ст. по итогам Междунар. науч.-практ. конф., Казань 26 апреля 2018 г. – Ч. 1. – Стерлитамак : Агентство международных исследований, 2018. – С. 7–9. – ISBN 978-5-907034-94-5

6. Разработка и прототипирование радиоэлектронных средств по технологии SDR с использованием системы GNU Radio / А. В. Львов, А. Д. Мителькова, Д. В. Кабаев [и др.] // *Радиолокация, навигация, связь* : сб. тр. XXIV Междунар. науч.-техн.

конф.: в 5 томах, Воронеж, 17–19 апреля 2018 г. – Т 2. – Воронеж : Вэлборн, 2018. – С. 228–234.

7. Демко, А. И. Метод построения OFDM-систем и обработка радиосигнала в программе MatLab Simulink / А. И. Демко, О. Ю. Семенов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 11-2. – С. 47–54.

8. Braun, M. On the Frame Design for Joint OFDM Radar and Communications / M. Braun, C. Sturm, F. K. Jondral // 15<sup>th</sup> International OFDM Workshop. – Hamburg. 2010.

9. Лунатников, В. С. Отладка алгоритмов обработки радиолокационных сигналов в системе GNU Radio // Цифровая обработка сигналов. – 2015. – № 4. – С. 1–68.

A. S. Raev, Post-graduate

tema.raev2018@yandex.ru \*

A. N. Kopysov, PhD in Engineering, Associate Professor,  
Vice-Rector for Research and Innovation

kan\_kan@istu.ru

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Comparison of software in the framework of modeling the operation of OFDM-radar**

*Due to the rapid development of radar systems (radars) in the civil sphere, the trend of using radars with continuous radiation of the probing signal is growing. These include radars with the use of OFDM signals. The principle of generating and decoding OFDM signals is based on the use of fast Fourier transform, which simplifies both the structure of the radar and its model. The purpose of the study is to compile a mathematical model of the radar system on OFDM and compare the existing software for its creation. As a result, a functional scheme of the OFDM radar was developed based on the theory and examples of similar systems. Using the functional scheme, models are compiled in popular mathematical modeling programs in the field of radio engineering: MATLAB/Simulink and GNU Radio. Based on these models, conclusions concerning these programs are made. For*

---

\*Corresponding author

*example: support for MATLAB/Simulink users is more extensive than when working with GNU Radio. Also, to a greater extent, the functionality of GNU Radio is revealed in the Linux operating system, whereas MATLAB/Simulink has versions for all systems. However, the high cost of the license agreement first, entails a rapid set of popularity of free GNU Radio. Also, during the development of the OFDM radar model, it was noticed that MATLAB/Simulink and GNU Radio load different computing capacities: MATLAB/Simulink - operating memory, GNU Radio – CPU.*

**Keywords:** radar; OFDM; Fast Fourier transform (FFT); MATLAB/Simulink; GNU Radio.

УДК 004.94(045)

ГРНТИ 28.17.33

*Д. И. Самохвалова*, студент

dashka.samokhvalova@icloud.com

*Ю. В. Ложкин*, кандидат технических наук, доцент

*П. А. Останина*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Особенности использования метода normal mapping на примере 3D-моделирования game-ready-модели волейбольного мяча в программе Blender**

*Описан метод, применяемый для проекции высокополигональной модели на низкополигональную модель, путем, называемым baking или, от англ., запекание текстуры. Данная технология необходима для взаимодействия 3D-модели с игровым движком. 3D-модель создается в несколько этапов: создание силуэта необходимой модели с помощью примитивных фигур, создание низкополигональной и высокополигональной моделей, которые в дальнейшем будут спекаться. Суть метода в том, что низкополигональная модель импортируется в движок, а высокополигональная используется как проекция, необходимая для текстурирования. Методом спекания образуются текстурные карты, необходимые для реалистичного отображения модели. Этот метод необходим в случаях, когда нужна детализированная модель с ограниченным количеством полигонов.*

**Ключевые слова:** normal mapping; высокополигональная модель; низкополигональная модель; спекание; карта нормалей.

### **Введение**

*Normal mapping-метод применяется в компьютерной графике для придания более реалистичного и объемного вида поверхностям моделей.*

*Normal map* (карта нормалей) – это вид карты рельефа, представленный перпендикуляром к поверхности. Особенность карты нормали заключается в том, что карта является особым типом текстуры, который позволяет добавлять детали на поверхности модели, не увеличивая при этом количества полигонов. Данная текстура отражает свет так, как будто это реальная геометрия, но является лишь проекцией необходимых деталей [1]. Такие текстуры, как правило, дают более выраженный эффект на материале чем обычный *bump*. Карты нормалей создают иллюзию глубины, они имитируют особенности поверхности, чтобы луч отражался так, как будто поверхность на самом деле есть. Карта нормалей по своей сути является картой высот. Но у нее есть одно важное отличие, например, от карты Ambient Occlusion – карта нормалей подразумевает три координатные плоскости, вместо двух, в ней используются три цвета. Синий цвет в карте нормалей отвечает за высоту, зеленый и красный за вертикальное и горизонтальное направление. Эти цвета образуют градиенты и смещения, тем самым создавая детали и рельефы на поверхности [2].

### Процесс спекания

Чтобы спроецировать свойства модели, необходима информация о том, как модель должна отражать свет. Эта информация хранится в текстуре. Для того чтобы создать текстуру с необходимыми данными, необходим метод спекания, т. е. соединение двух карт нормалей в одну.

Пример считывания программой направлений нормалей представлен на рис. 1. На этапе *Baking* программа для спекания смотрит на то, в каком направлении находятся нормали на высокополигональной (*high poly*) модели. И на этапе *Low poly + normal map* придает такое же направление нормалям на низкополигональной (*low poly*) [3].

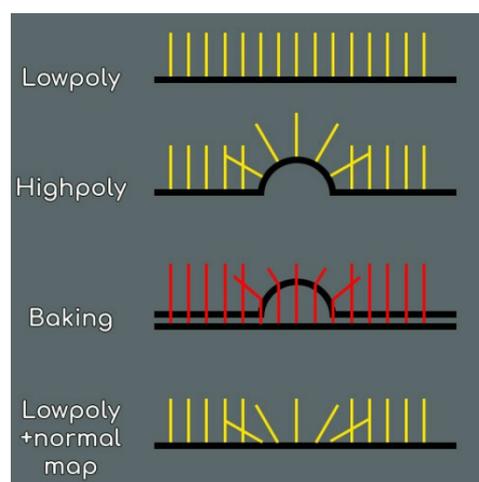


Рис. 1. Считывание нормалей программой

## Метод спекания карты нормалей волейбольного мяча

Создаем высокополигональную (*high poly*) модель мяча (рис. 2), добавляем необходимые скругления и сглаживание (*smooth*). Количество полигонов высокополигональной модели получилось – 23 008 шт. Для использования в игре или анимации это очень много. Требуется более «легкая» модель. Создаем низкополигональную модель (*low poly*), показанную на рис. 2. Количество получившихся полигонов 1000 шт.

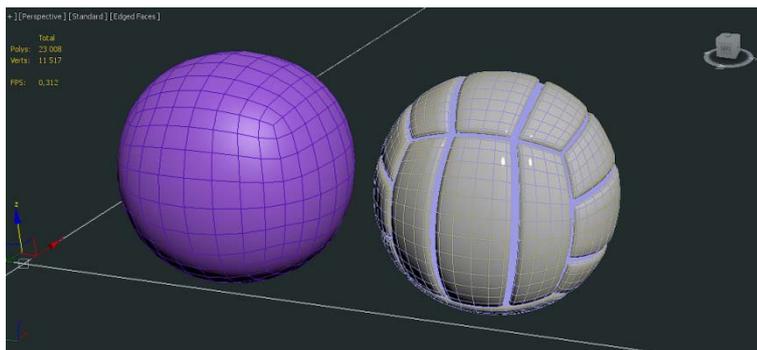


Рис. 2. Модели: слева – низкополигональная (*low poly*); справа – высокополигональная (*high poly*)

Для создания объемных частей мяча использовались модификаторы *Bevel*, *Chamfer*, *Extrude*. Для этого необходимо перейти в вкладку *Modify* найти модификатор *Edit Poly*.

Следующий этап – создание UV-развертки на моделях. Высокополигональная и низкополигональная модели создавались в программе 3DsMax, развертка создавалась в *Blender*. Создание развертки – это крайне важный этап, т. к. неправильная развертка может отразиться на спекании. Получившиеся развертки должны быть примерно похожи, как показано на рис. 3 и 4. Для создания развертки необходимо выделить и «нарезать» грани (рис. 5), по которым будет создаваться UV-карта. Для этого необходимо воспользоваться командой *Mark Seam*. После этой операции грани будут подсвечены красным.

Следующий этап – спекание текстуры. Для этого необходимо выровнять модели друг относительно друга с помощью инструмента выравнивания, как показано на рис. 6. Важный аспект – высокополигональная модель должна находиться сверху, т. к. именно с нее мы и производим проецирование.

Важный аспект при создании анимации и игровых моделей – правильная и стабильная сетка, поэтому сетку необходимо создавать автоматически, используя различные модификаторы. Например, для создания объемных частей

мяча использовались модификаторы *Bevel*, *Chamfer*, *Extrude*. Для этого необходимо перейти в вкладку *Modify* найти модификатор *Edit Poly*.

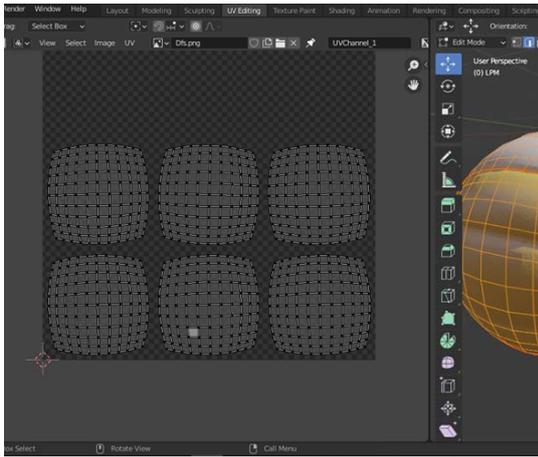


Рис. 3. Создание UV-карты для *low poly*-модели

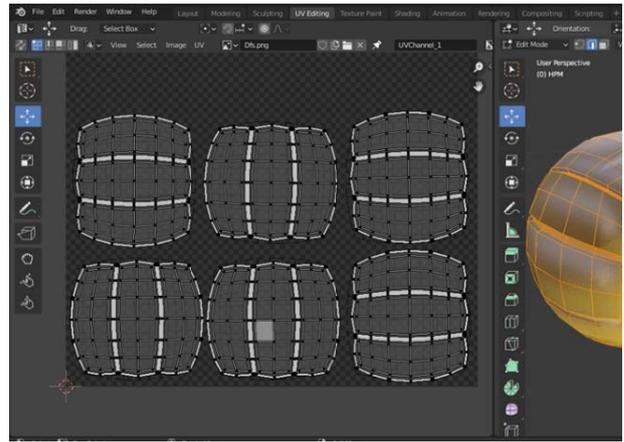


Рис. 4. Создание UV-карты для *high poly*-модели

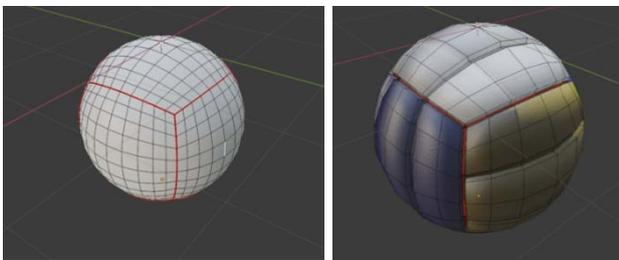


Рис. 5. Применение команды *Mark Seam*

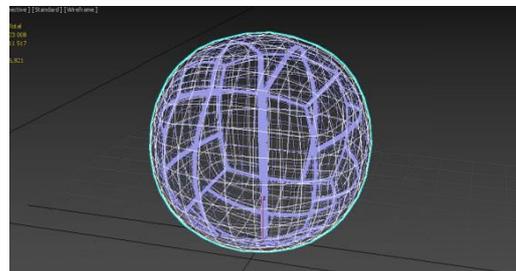


Рис. 6. Выравнивание моделей друг относительно друга

После этапа выравнивания приступаем к самому спеканию (*baking*). Для этого заходим в меню *Shading*, далее – в настройки рендера *Render properties*, выбираем движок *Cycles*. Во вкладке *Influence* включаем флажок около *Selected to active*. Далее настраиваем ноды, как показано на рис. 7.

Ноды необходимы для грамотного спекания и качественного отображения в окне рендера. В окне нодов нажимаем *Add* и вводим в поисковую строку *Principled BSDF*, подключаем к каналу *BSDF* нод *Material Output*.

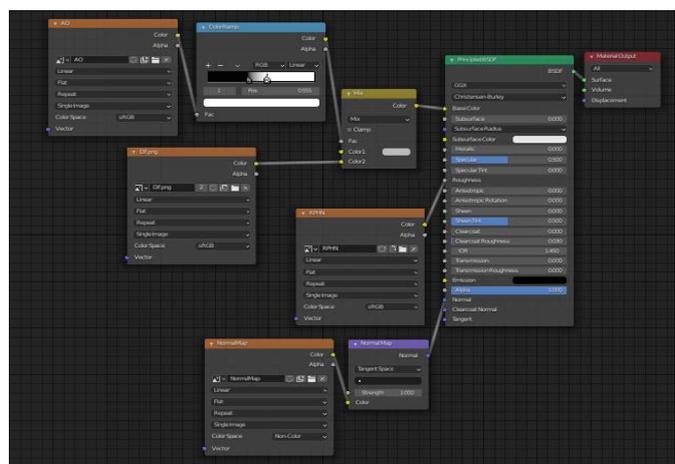


Рис. 7. Настройка нодов

В канал *Base Color* подключаем нод *Mix*, он необходим для того, чтобы была возможность отрегулировать смешение цветов. В нод *Mix* к каналу *Fac* подключаем нод *Color Ramp*, который также необходим для настройки отображения. В канал *Fac* канала *Color Ramp* подключаем нод *Image Texture*, для которого в дальнейшем будет произведено спекание карты *Ambient Occlusion*. В тот же нод *Mix* подключаем нод *Image Texture* через канал *Color2*. Карту *Roughness* подключаем через нод *Image Texture* к каналу *Roughness*. Карта для карты нормалей подключается также, но с дополнительным нодом *Normal Map*.

Выделяем нод *Image Texture*, необходимый для спекания карты нормалей. Далее выделяем модели: сначала высокополигональная модель, а затем – низкополигональная с зажатой клавишей *Ctrl*. Нажимаем в *Render properties* кнопку *Bake Type* и выбираем *Normal* (рис. 8). Далее нажимаем *Bake* и запускаем процесс спекания нормалей с двух моделей. В итоге должна получиться карта, которая показана на рис. 9. Это и есть карта нормалей.

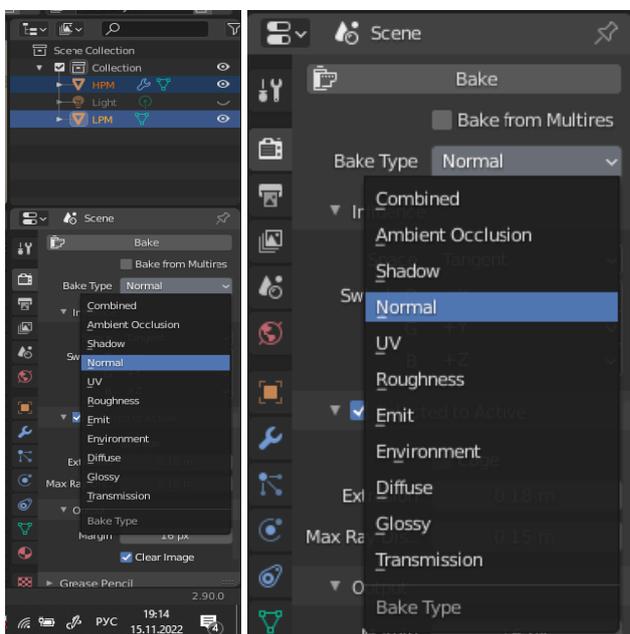


Рис. 8. Процесс настройки спекания

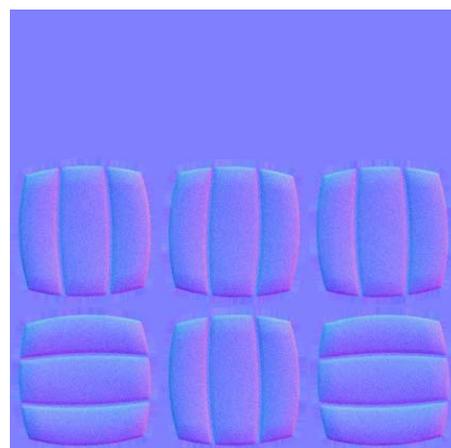


Рис. 9. Карта нормалей для *low poly* модели

Аналогичным методом спекаем и остальные текстуры, далее применяем их в ноды *Image Texture* в *low poly*-модели. Получится модель, похожая на *high*

*poly*, но с более сглаженным контуром. Это и есть принцип метода *Normal mapping*. Модель имитирует более детализированную модель, но таковой не является. Сравнение моделей представлено на рис. 10.

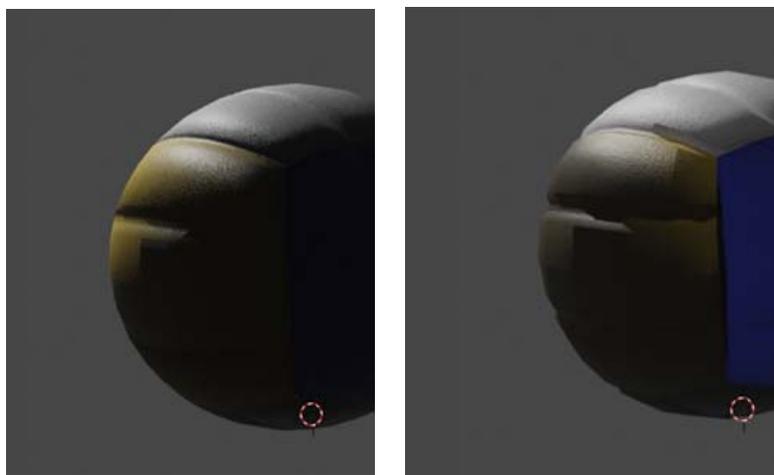


Рис. 10. Модели: слева *low poly* с наложенными на нее текстурами; справа – *high poly*

Если применять этот же алгоритм для спекания текстур, то должна получиться модель, готовая к импорту в игровой движок и набор текстурных карт, как показано на рис. 11; *low poly*-модель, импортированная в игровой движок, представлена на рис. 12. Данная модель будет иметь эстетически привлекательный внешний вид, будет выполнять свою функцию, не занимая при этом много места и времени на загрузку.

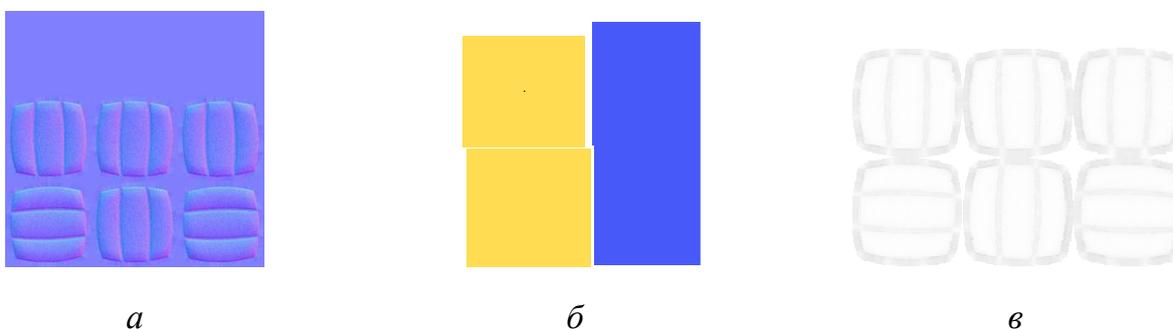
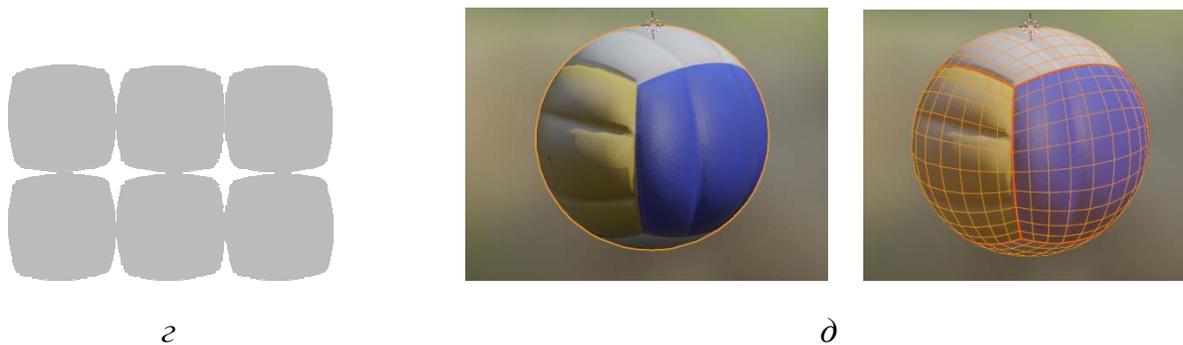


Рис. 11 (начало). *a* – *normal map* – карта нормалей; *б* – *diffuse*-карта цвета; *в* – *ambient occlusion* – карта затемнений;



$z$   $\partial$   
 Рис. 11 (окончание).  $z$  – roughness – карта шероховатости;  
 $\partial$  – low poly – модель с примененными текстурными картами



Рис. 12. Модель в игровом движке

## Вывод

Описанный метод *Normal Mapping* – это алгоритм, позволяющий создавать фигуры любой конфигурации для игр и анимации, которые при этом не будут перегружать программу, и требовать минимум производительной мощности персонального компьютера. Данный метод можно применять для обучения, т. к. в нем собраны основные этапы работы при спекании моделей в *Blender*. Волейбольный мяч, полученный с помощью этого метода, получился эстетически привлекательным. При этом он несет в себе основную информацию о деталях, являясь низкополигональной моделью.

## Список использованных источников и литературы

1. Трушина, Ю. А. Особенности использования технологии normalmapping при 3D-моделировании // Сборник трудов VII Конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 17–20 апреля 2018 г. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский нацио-

нальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2018. – С. 219–222.

2. *Карабчевский, В. В.* Использование карт нормалей для повышения производительности рендера в 3D моделировании / В. В. Карабчевский, В. А. Сушко // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2020) : сб. материалов XI Междунар. науч.-техн. конф. в рамках VI Междунар. науч. форума Донецкой Народной Республики, Донецк, 27–28 мая 2020 г. / редколл.: Ю. К. Орлов [и др.]. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2020. – С. 432–434.

3. *Канаев, Д. К.* Детализация текстурой. Карты нормалей в игровом 3D-моделировании / Д. К. Канаев, С. В. Чернова // Меридиан. – 2021. – № 2 (55). – С. 153–155.

*D. I. Samokhvalova, Student*

*dashka.samokhvalova@icloud.com*

*Yu. V. Lozhkin, PhD in Engineering, Associate Professor*

*P. A. Ostanina, PhD in Engineering, Associate Professor*

*FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”*

### **Features of using the normal mapping method on the example of 3D modeling of a ready-to-play volleyball ball model in the Blender program**

*This article describes a method used to project a high-polygonal model onto a low-polygonal model, by a method called baking or from the English baking texture. This technology is necessary for the interaction of the 3D model with the game engine. A 3D model is created in several stages, which include: creating a silhouette of the necessary model using primitive shapes, creating a low-poly model and a high-poly model, which will be sintered in the future. The essence of the method is that a low-poly model is imported into the engine, and a high-poly model is used as a projection necessary for texturing. By sintering, texture maps are formed, which are necessary for a realistic representation of the model. This method is necessary in cases where a detailed model with a limited number of polygons is needed.*

**Keywords:** normal mapping; high-polygonal model; low-polygonal model; sintering; normal map.

*К. В. Скобелева, студент*

*М. А. Мельчакова, студент*

*Е. А. Щенникова, студент*

*Н. П. Устинова, кандидат педагогических наук*

*Н. В. Шишлина, кандидат педагогических наук*

*nvs-77@bk.ru*

*ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»*

## **Структура онлайн-платформы для организации междисциплинарного проектирования в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова**

*Рассмотрены вопросы организации междисциплинарного проектирования, понятие междисциплинарности и междисциплинарного проекта, отличительные особенности междисциплинарных проектов, существующий опыт организации цифровых платформ для работы студенческих междисциплинарных команд. Проанализирована платформа Университета 20.35, выявлены основные возможности данной платформы, которые можно использовать для разработки структуры собственной онлайн-платформы, учитывающей специфику междисциплинарного проектирования в Ижевском государственном техническом университете имени М. Т. Калашникова. Предложенная платформа содержит следующие блоки: личный кабинет (цифровой профиль участника команды); банк знаний по работе над проектом (теоретические сведения о междисциплинарном проектировании); карточка проекта (описание проекта, список команды и этапы работы); помощь (справочная информация по работе с платформой); коммуникации (чат для участников проекта, наставников и организаторов); ситуационный центр (сводная информация о текущих результатах работы над проектами).*

**Ключевые слова:** учебная проектная деятельность; междисциплинарный проект; студенческая проектная команда; организация проектной деятельности; онлайн-платформа для организации междисциплинарного проектирования.

В настоящее время проектная деятельность занимает особое место в образовательном процессе. Студенты многих вузов, начиная с первых курсов, принимают участие в данном виде деятельности. В вузовской практике все большую популярность набирают междисциплинарные проекты.

И. М. Швец и А. А. Мальцева считают, что междисциплинарностью является исследование предмета с различных сторон и различными способами, при этом получается новый метод осознания предмета. Общая задача понимания связывает всевозможные способы и подтверждает совместную проблему [1]. В. С. Сенашенко подчеркивает, что междисциплинарность в университетском образовании содействует развитию мышления учащихся в профессиональной сфере, поддерживает функциональное освоение исследуемого материала [2]. Л. А. Ильина предполагает, что междисциплинарность позволяет более полно рассмотреть изучаемую тему, поскольку это проявляется в использовании разнообразных исследовательских подходов таких, как теоретические, описательные, методологические и т. д. [3]. Таким образом, междисциплинарность – это объединение двух и более дисциплин, позволяющее рассмотреть изучаемую тему с различных сторон, различными методами, в результате – новое средство понимания изучаемого предмета.

Существует несколько трактовок понятия «междисциплинарный проект». О. И. Васильева подчеркивает, что междисциплинарные проекты предполагают взаимодействие различных групп, между которыми распределены обязанности. Группы обязательно должны постоянно коммуницировать. Очень эффективными являются мультидисциплинарные команды, которые ищут новые решения для проблем, обозначенных проектом. Взаимодействие участников таких команд позволяет быстро находить решение проблем, т. к. их совместные усилия дополняют знаниями и подходами из различных дисциплин [4]. Н. А. Бреднева

акцентирует внимание на том, что междисциплинарные проекты способствуют активизации познавательной активности студентов, например, развитию мышления как логического, так и критического и интегрированного, повышению уровня общей и профессиональной культуры. Отмечает, что проекты такого типа обладают большим потенциалом формирования профессиональных компетенций [5].

Можно сказать, что междисциплинарный проект – это некий проект, предполагающий совместную деятельность группы людей, находящихся в постоянном взаимодействии друг с другом, тема проекта интегрирует в себе знания из различных дисциплин с целью создания уникального продукта.

В. Г. Бакланов, Г. Е. Холодковская выделяют следующие этапы междисциплинарного проектирования: подбор и утверждение темы междисциплинарного проекта; подбор и анализ литературы по теме проекта; постановка цели и задач; создание плана проекта; сбор, анализ, обобщение и систематизация информации по теме; копирование информации с бумажных носителей; написание теоретической части междисциплинарного проекта; формулирование рекомендаций по теме проекта; создание электронного пособия; написание конспекта проекта; подготовка к защите проекта; оформление презентации для защиты; создание буклета; сдача проекта на проверку в электронном виде и непосредственно защита проекта [6]. Во время личного опыта участия в междисциплинарном проекте, мы бы выделили следующие основные этапы:

1. Подготовка (выбор темы проекта; постановка целей и задач).
2. Исследование (поиск и анализ литературы).
3. Разработка (на данном этапе собираются все данные, полученные в процессе исследования, и разрабатывается примерная модель конечного продукта).
4. Завершение (конечная разработка продукта, подведение итогов работы, выводы).

Нами проанализирован опыт работы платформы «Университет 2035», в которой авторы принимали участие в образовательном проектном интенсиве «От идеи до прототипа». Университет 20.35 является площадкой для разработ-

ки студенческих учебных проектов. Данная платформа содержит следующие структурные компоненты: каталог проектов интенсива Университета 20.35 «От идеи к прототипу» (здесь вы можете добавить проект своей команды и увидеть на разработки других участников интенсива в российских вузах); страница, куда можно загрузить свой проект, добавить участников, описание проекта и презентации; есть дневник для заметок, которые видят участники команды. В базе знаний есть миссии, помогающие написать проект; вспомогательные материалы, в которых находится инструкция по работе с платформой.

Участие студента на платформе начинается с этапа диагностики, который включает в себя регистрацию и заполнение анкеты студента. Следующим этапом может быть создание проекта на платформе, либо присоединение к существующему. В нашем вузе этап формирования проектных команд имеет свою специфику: студенты выбирают тему из заранее сформированного списка, за каждой темой закреплен определенный преподаватель, который в дальнейшем является наставником команды. Список тем формируется из предложений реальных заказчиков (индустриальных партнеров), возможна инициативная разработка по типу стартапа. Команды могут быть сформированы из различных групп и направлений, но существуют ограничения по расписанию занятий студентов, что может помешать их командным встречам.

На интенсиве «От идеи к прототипу» работа осуществлялась в 4 этапа: запуск проекта, исследование, разработка и упаковка проекта.

Цель команды на этапе «Запуск проекта» заключается в определении направления работы команды, формулировке гипотезы о проблеме, которую решает проект, и распределении ролей в команде. Результат оформляется в виде презентации команды.

На этапе исследования команда уточняет требования заказчика, исследует целевую аудиторию своего проекта, предлагает первоначальный вариант решения поставленной проблемы, создает и прорабатывает проектную идею.

Этап разработки заключается в создании первой версии решения (проектирование и разработка прототипа продукта).

Четвертым этапом работы интенсива на платформе Университет 20.35 является упаковка проекта, т. е. проработка экономики проекта, упаковка результатов.

Первые три этапа образовательного проектного интенсива Университет 20.35 «От идеи к прототипу» практически совпадают по содержанию и срокам с этапами командного проектирования, которое организовано в качестве эксперимента для студентов 3-го курса бакалавриата Института информатики и вычислительной техники ИжГТУ. В качестве четвертого этапа студенты ИИВТ ИжГТУ дорабатывают *MVP* (минимально жизнеспособный продукт – первая версия продукта, имеющая минимальный набор функций, которого достаточно для презентации проделанной работы и проверки на первых потребителях), основываясь на замечаниях заказчика и наставника, сформулированных по итогам третьего этапа.

На основе анализа организации проектной деятельности на платформе Университета 20.35, а также с учетом специфики и ограничений, существующих при внедрении междисциплинарного проектирования в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, нами разработана структура платформы для междисциплинарного проектирования в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (рис. 1).

В структуру платформы входят блоки: личный кабинет, банк знаний, карточка проекта, коммуникации, помощь и ситуационный центр.

Рассмотрим подробнее каждый из блоков.

*Личный кабинет* предполагает авторизацию участников платформы с использованием логина и пароля для доступа к личному кабинету на сайте вуза. В личном кабинете студента указаны: Ф.И.О., номер группы, проекты, закрепленные за ним (действующие и завершенные). В личном кабинете наставника: Ф.И.О., проекты (действующие и завершенные). У организатора: Ф.И.О., ссылка на ситуационный центр, возможность для общения с наставниками и студентами.

*Банк знаний по работе над проектом* представляет собой теоретические сведения о междисциплинарном проектировании, практический опыт, сведения о работе в команде.



*Рис. 1.* Структура онлайн-платформы для организации междисциплинарного проектирования в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

*Карточка проекта* представляет собой описание проекта, список команды и этапы работы. Описание проекта подразумевает краткое содержание результата, который мы хотим получить.

*Коммуникации* реализует чат между участниками команды; между капитаном и наставником и между наставником и организатором. В данных чатах есть возможность задать вопрос, получить ответ, устроить дискуссию, обсудить работу над различными этапами работы и т. д.

*Помощь* представляет собой справочную информацию по работе с платформой; часто задаваемые вопросы; обращение в техподдержку. Информация по работе с платформой предполагает некую инструкцию, в которой описано, что конкретно можно найти в каждом разделе платформы.

Раздел *Часто задаваемые вопросы* предполагает ответ на более популярные вопросы. Раздел *Обращение в техподдержку* предполагает обращение за помощью к специалистам по поводу работы платформы.

*Ситуационный центр* содержит сводную информацию о текущих результатах работы над проектами.

В рамках проекта существуют три роли: студент, наставник, организатор.

Роль студента состоит в том, что у него есть возможность просматривать информацию в «Банке знаний» и в «Карточке проекта»; обращаться в техподдержку; обмениваться сообщениями с участниками своей команды; просматривать информацию из ситуационного центра.

Отдельно стоит сказать о роли капитана команды. У него дополнительно есть возможность загружать все материалы по проекту, соответствующие текущему этапу работы и обмениваться сообщениями с наставником и организатором.

Роль наставника: он должен просматривать информацию в «Банке знаний» и в «Карточке проекта»; обращаться в техподдержку; осуществлять взаимодействие с капитаном команды и организатором; просматривать информацию из ситуационного центра; выставлять отметку о выполнении этапов работы команды (с указанием полученных баллов).

Организатор создает карточку проекта на платформе; закрепляет наставника; регистрирует участников команды на платформе; обменивается сообщениями со студентами и наставниками; просматривает информацию из ситуационного центра.

Предложенную структуру можно в дальнейшем использовать при разработке цифровой платформы на базе ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, по итогам апробации которой можно будет сделать вывод о корректировке структуры платформы и функциональных возможностях ее участников.

Предложенная нами структура внутривузовской цифровой платформы для организации учебной проектной деятельности позволит, на наш взгляд, за счет автоматизации и интеграции на одной платформе упростить процессы формирования команд, коммуникации между участниками команды, мониторинг проектной деятельности, ведение портфолио участников проекта, сбор и хранение базы знаний по междисциплинарному проектированию.

## Список использованных источников и литературы

1. *Швец, И. М.* Междисциплинарность: от межпредметности к инкультурации / И. М. Швец, А. А. Мальцева // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2016. – № 4 (44). – С. 216–223.
2. *Сенашенко, В. С.* Междисциплинарность образования как отражение многообразия окружающего мира // Университетское управление: практика и анализ. – 2017. – Т. 21. – № 1 (107). – С. 88–95.
3. *Ильина, Л. А.* Влияние междисциплинарных научных исследований на развитие инновационного потенциала университета // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – Т. 2, № 5. – С. 300–307. – DOI 10.17513/vaael.1143
4. *Васильева, О. И.* Проблемы междисциплинарной интеграции в проектной деятельности // Социология. – 2021. – № 4. – С. 241–248.
5. *Бреднева, Н. А.* Междисциплинарная интеграция в проектной деятельности студентов // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2020. – № 4 (147). – С. 26–30.
6. *Бакланов, В. Г.* Методические указания по выполнению междисциплинарного учебно-исследовательского проекта для обучающихся по специальностям среднего профессионального образования / В. Г. Бакланов, Г. Е. Холодковская. – Сызрань, 2016. – 16 с.

*K. V. Skobeleva, Student*

*M. A. Melchakova, Student*

*E. A. Shchennikova, Student*

*N. P. Ustinova, Ph.D. of Pedagogic Sciences*

*N. V. Shishlina, Ph.D. of Pedagogic Sciences*

*nvs-77@bk.ru*

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

**The structure of the online platform for the organization of interdisciplinary design at Kalashnikov Izhevsk State Technical University**

*The article deals with the organization of interdisciplinary design, the concept of interdisciplinarity and interdisciplinary project, the distinctive features of interdisciplinary projects, the existing experience of organizing digital platforms for the work of student interdisciplinary teams. The University platform 20.35 is analyzed, the main features of this platform are identified, which can be used to develop the structure of its own online platform, taking into account the specifics of interdisciplinary design at the Kalashnikov Izhevsk State Technical University. The proposed platform contains the following blocks: personal account (digital profile of a team member); knowledge bank on working on a project (theoretical information about interdisciplinary design); project card (project description, team list and work stages); help (background information on working with the platform); communication (chat for project participants, mentors and organizers); situation center (summary of the current results of work on projects).*

**Keywords:** educational project activity; interdisciplinary project; student project team; organization of project activity; online platform for the organization of interdisciplinary design.

*С. В. Смирнов*, кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры «Информационные системы»

18@buz.ru

*А. В. Кирпиков*, студент

*Д. А. Куликов*, студент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Реализация системы «Замок на RFID и сервопривод» для контроля доступа к компьютерным классам**

*Статья посвящена теме создания RFID-замков на базе электронной платы Arduino и их внедрению в помещения вуза в целях повышения уровня безопасности компьютерных классов и удобства использования системы. Проанализированы существующие типы запирающих устройств, методы управления доступом, а также необходимые компьютерные средства ведения учета попадания в помещение. Приводится схема соединения компонентов электронных модулей и описывается информационная система контроля управляемыми запорными устройствами. Решение приведено максимально бюджетное и имеет ряд недостатков. Для повышения надежности решения необходимо использование более дорогостоящих качественных элементов.*

*Предложенное решение может быть использовано не только в учебном заведении, но и в любом другом помещении, имеющем комнаты с доступом широкого круга лиц.*

**Ключевые слова:** Arduino; RFID; замок; EEPROM; Wi-Fi; система доступа; сервопривод.

## **Введение**

В современном мире человек старается создать для себя максимально комфортные и безопасные условия среды обитания. В статье рассмотрена реализация системы, которая сможет обеспечить более комфортные условия трудовой деятельности, а также повысит безопасность учащихся и сотрудников в стенах университета. Для решения поставленных задач проанализирован вопрос внедрения электронных замков на основе карточного доступа для компьютерных классов. Такая система позволит повысить сохранность имущества, целостность учебных компьютеров и серверов, а также повысит комфорт получения доступа к учебному оборудованию.

## **Анализ рынка**

На рынке защитных устройств имеется ряд всевозможных охранных систем, базирующихся на технологиях микропроцессорных устройств. Устройства электронных замков можно разделить на два класса по типу работы:

1) Первый класс электронных замков представляет собой электромагнитные замки. Электромагнит замка закреплен за дверную коробку, а на запираемой двери размещена металлическая пластина – якорь. Такие замки удерживают дверь в закрытом состоянии за счет мощного встроенного электромагнита при подаче постоянного питания. Для обеспечения безопасной эвакуации при обесточивании замка дверь оказывается открытой. Если такое поведение не подходит нужно применять блоки резервного питания.

2) Электромеханические. Для запираения двери используют обычные ригели, приводимые в движение электромагнитом или сервоприводом [1].

Запорные устройства можно разделить на три вида по типу считывания информации:

1) Карточный тип электронного дверного замка позволяет осуществлять доступ с помощью считывания специального кода записанного на карте пользователя. Электронные замки подобного типа как правило применяют в компа-

ниях и гостиницах для удобства доступа и контроля всех входящих и выходящих посетителей.

2) Скрытый электронный замок на дверь. Физический доступ к таким замкам осуществляется при помощи пульта дистанционного управления. Его преимуществом является сложность механического взлома.

3) Электронный дверной замок биометрического типа. В данном варианте для отпираания вместо ключей используется идентификация по отпечаткам пальцев или другим биометрическим параметрам личности. Метод заключается в том, что происходит распознавание уникального кода описывающего отпечаток пальца или рисунка на радужной оболочке глаза посетителя [2].

После классификации электронных замков нужно подобрать наиболее удобный и бюджетный замок для защиты компьютерных классов университета. Поскольку все сотрудники и студенты носят с собой *RFID*-карты для прохождения через пропускные проходы в университет, логичнее всего использовать карточный электронный замок.

*RFID* – *Radio Frequency Identification*, недорогая технология, позволяющая идентифицировать пользователя при проезде в общественном транспорте (использование в качестве проездного), в качестве студенческих или ученических карт (для прохождения пропускного контроля) или же в качестве ключ-карты для входа в комнату отеля. Применений такой карты очень много. Для использования подобной карты нужно лишь приложить ее к считывателю.

Наиболее дешевым вариантом получения считывателя *RFID* является его сборка на базе *Arduino* [3]. Сами *RFID*-карты стоят по 20–25 рублей за единицу товара. Остальные компоненты замка можно купить за сумму около 1000 руб. Запорное устройство за минимальный бюджет будет не очень надежным, но его всегда можно модернизировать.

Определим следующие задачи:

1) Разработать модуль управления электронным замком с доступом по *RFID*-карте.

2) Механизм запираения – сервопривод и щеколда.

- 3) Кнопка-концевик на створке для автоматического запираания.
- 4) «Внутренняя» кнопка для открывания двери и записи/удаления карт.
- 5) Световая и звуковая индикация.
- 6) Запись и удаление *ID*-карт в память без перепрошивки.
- 7) Хранение *ID* в *EEPROM*-памяти;
- 8) Подключение *Wi-Fi*-модуля.

## Реализация электронного замка

Для создания RFID-замка нам потребуется:

- 1) Плата *Arduino UNO*.
- 2) Модуль радиочастотной идентификации.
- 3) Замок с электромагнитным управлением.
- 4) Модуль реле.
- 5) Датчик Холла.
- 6) Резистор и зуммер.
- 7) *RFID*-карты.
- 8) Модуль *ESP8266 Wi-Fi*.

Рассмотрим схему подключения сервопривода и *RFID RC522* к *Arduino UNO*, представленного на рис. 1 [3].

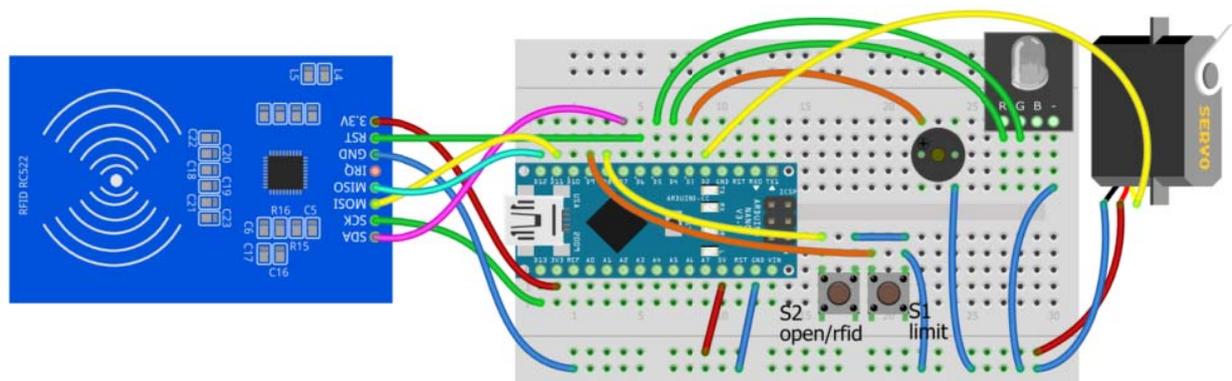


Рис. 1. Схема подключения

В список подключения входят следующие элементы:

сервопривод: D2;

зуммер: D3;

красный провод: D4;

зеленый провод: D5;

кнопка открытия/записи: D8;

концевик двери: D9;

RFID RC522

– 3.3V: 3V3;

– RST: D6;

– GND: GND;

– MISO: D12;

– MOSI: D11;

– SCK: D13;

– SDA: D7.

После подключения компонентов следует приступить к написанию базовой логики замка. Для начала нужно создать функции закрывания и открывания замка. Следует закодировать функцию *is Open* для того, чтобы замок «понимал», когда он открыт и закрыт физически. Для функционирования схемы необходимо подключение библиотек *RFID* и *EEPROM* для хранения ключей. Следует добавить звуковую и световую идентификацию для более удобного использования замка.

Важным функционалом проекта является добавление и удаление ключей без перепрошивки, удаление всех ключей при необходимости, хранение ключей в *EEPROM*, настраиваемый лимит ключей. Для надежности проекта цифровые ключи будут храниться блоками по 8 байт; для предотвращения зависания замка следует аппаратно сбрасывать и заново инициализировать модуль. После написания кода следует протестировать работоспособность системы и при положительном результате перейти к дальнейшей реализации системы.

Следующим шагом является установка электронных замков к дверям университета. Наиболее важными аудиториями в любом университете являются компьютерные классы, т. к. компьютеры представляют высокую ценность, именно поэтому было решено внедрить электронные замки в двери компьютерных классов.

Для размещения *RFID*-системы был выбран накладной устойчивый к вандализму замок, представленный на рис. 2.



Рис. 2. Накладной замок

Замок прост как в установке, так и в использовании. Его можно установить как на левосторонние, так и на правосторонние двери; на дверь, которая открывается как наружу, так и внутрь помещения. Это подходящие свойства для наших задач.

Далее рассмотрим схему внедрения *RFID*-считывателя в накладной замок, представленную на рис. 3. Для удобного использования и более простой установки замка было принято решение исключить прокладку электрической проводки, а в качестве источника питания на замок решено использовать внешние аккумуляторы, работающие на батарейках типа АА в количестве четырех штук. Поскольку система будет потреблять небольшое количество электричества, работоспособность замка будет составлять более 12 месяцев от одного комплекта аккумуляторов. Для избегания полного разряда батареек с помощью *Arduino* бу-

дет определяться уровень заряда и оповещать при каждом открытии дополнительным звуковым сигналом, когда уровень заряда будет близок к нулю.



Рис. 3. Внедрение *RFID*-считывателя

Для получения актуальной информации ключей доступа временных и постоянных преподавателей к определенной аудитории нужно связать *Arduino* с сервером. Для этого наилучшим образом подойдет подключение через *Wi-Fi*-модуль, представленный на рис. 4. Это наиболее дешевый и эффективный вариант. Идея состоит в том, что раз в 24 часа *Arduino* будет подавать сигнал на сервер с запросом кодов, таким образом *Arduino* не придется работать постоянно, и аккумулятор не будет расходоваться. Схема подключения модуля *Wi-Fi* к плате *Arduino* представлена на рис. 5.

Очень важно использовать резисторы, ведь *Arduino* рассчитан на 5 В, в то время как *Wi-Fi*-модуль работает от 3.3 В [4]. После успешного подключения модуля его можно либо перепрошить, либо использовать *AT*-команды.

После успешного соединения с сервером нужно установить таймер, по которому будет подаваться сигнал о том, что пора отправлять данные столбца кодов из базы данных.

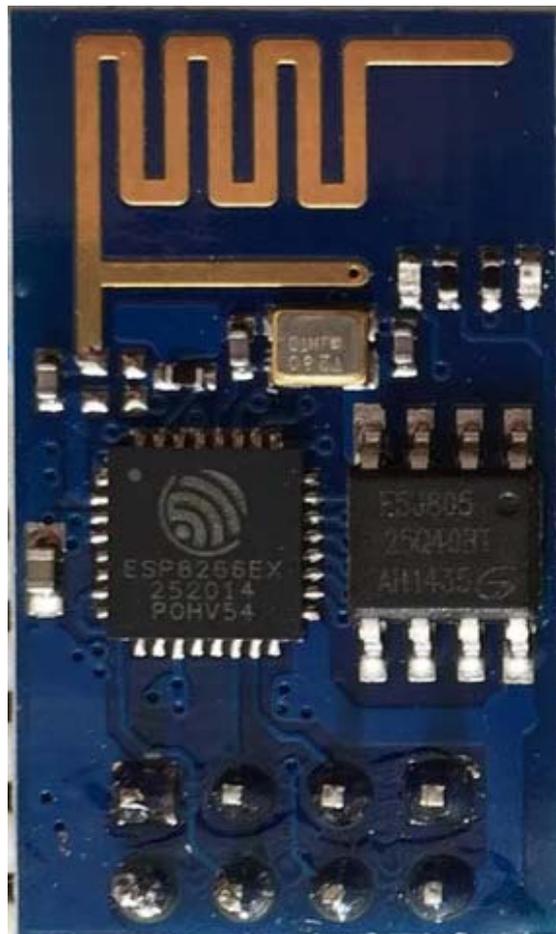


Рис. 4. Модуль ESP8266 Wi-Fi

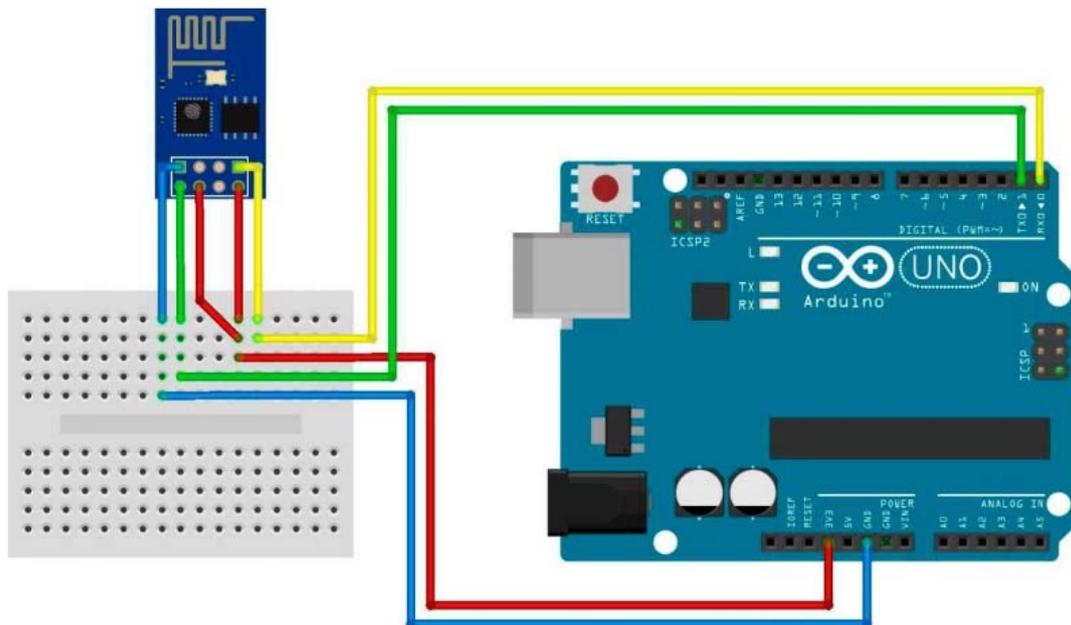


Рис. 5. Схема подключения модуля Wi-Fi

## **Заключение**

Таким образом, при помощи бюджетного решения может быть решен вопрос получения доступа к компьютерным классам вуза преподавателям при помощи носимых *RFID*-карт. Ежесуточное обновление списков позволит получать доступ к помещениям по расписанию. Данное решение может являться одним из модулей цифровизации вуза [5].

## **Список использованных источников и литературы**

1. Пат. 198653 U1 Российская Федерация, МПК E05B 47/02. Ригель электромеханического замка / Малиновский А. Е. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Инженерно-технический центр «ПРОМИКС». – 2020109854; заявл. 05.03.2020 ; опубл. 1.07.2020.
2. Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования : монография / Л. Е. Азарова [и др.] ; под общ. ред Г. Ю. Гуляева. – Пенза : Наука и просвещение, 2019. – С. 195–202. – ISBN 978-5-907204-46-1
3. Arduino набор GyverKIT // GyverKIT. – URL: <https://kit.alexgyver.ru> (дата обращения: 08.12.2022).
4. Wi-Fi модуль ESP8266 // Амперка. – URL: <https://amperka.ru/product/esp8266-wifi-module> (дата обращения: 12.12.2022).
5. *Тарасова, М. А.* Развитие вуза в условиях цифровой трансформации / М. А. Тарасова, С. В. Смирнов // Цифровизация инженерного образования : сб. материалов Междунар. онлайн-конф. – Ижевск, 2021. – С. 70–72.

*S. V. Smirnov*, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor  
of the Department of Information Systems

18@6u3.ru

*A. V. Kirpikov*, Student

*D. A. Kulikov*, student

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

**Implementation of the “Rfidlock and servo drive” system  
for control of access to computer classes**

*The article is devoted to the topic of creating RFID locks based on the Arduino electronic board and their implementation in the premises of the university in order to increase the security level of computer classes and ease of use of the system. The existing types of locking devices, access control methods, as well as the necessary computer tools for keeping records of entry into the premises are analyzed.*

*The article provides a connection diagram for the components of electronic modules and describes an information control system for controlled locking devices. The solution is the most budgetary and has a number of disadvantages. To increase the reliability of the solution, it is necessary to use more expensive high-quality elements.*

*The proposed solution can be used not only in an educational institution, but also in any other room that has rooms with access to a wide range of people.*

**Keywords:** Arduino; RFID; lock; EEPROM; Wi-Fi; access system; servo.

*О. В. Ткачук*, магистрант

*olga.tkachuk.99@mail.ru*

*В. С. Клековкин*, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Разработка концептуальной модели системы управления рисками на примере процесса постановки на производство**

*Проведен анализ рисков процесса постановки на производство, выделены основные проблемы и подтверждена актуальность разработки системы управления рисками на предприятии. Предложена концептуальная модель системы управления рисками, в рамках которой показаны роли и взаимодействие участников. Внутри данной модели включены процессы по идентификации, анализу и оценке рисков и разработке, выполнению и анализу эффективности плана мероприятий по работе с рисками. Эти планы могут быть направлены как на снижение вероятности возникновения риска, так и на снижение тяжести его последствий. Данные процессы отражены на модели управления рассматриваемой системы, которая отражает непрерывность работы с рисками. По итогу работы определены основные задачи системы управления рисками и условия ее внедрения на предприятии.*

**Ключевые слова:** риск-менеджмент; управление; риск; концептуальная модель; оценка.

### **Вступление**

Риск-менеджмент – это многостадийная цепочка последовательных действий, которая должна повторяться на протяжении всего жизненного цикла функционирования компании в целом [3]. На многих предприятиях рискам

уделяется мало внимания, руководство больше сосредоточено на показателях эффективности и результатах бизнеса, чем на анализе опасных ситуаций и поиске новых возможностей. До сих пор существуют предприятия, где процессы работают по принципу «нулевого риска», в результате чего организация не подготовлена к эффективным действиям в случае опасности и несет большие затраты [2]. Взять риски под контроль и систематизировать процесс риск-менеджмента поможет предложенная в данной статье концептуальная модель системы управления рисками и соответствующая модель управления.

### **Анализ рисков процесса постановки на производство**

Для понимания потребности предприятия в управлении рисками был проанализирован на предмет проблем процесс постановки на производство. Нет четкого понимания, сколько времени понадобится сотрудникам для выполнения определенных подэтапов постановки на производство. Отсюда возникает как общий риск срыва сроков на каждом этапе процесса, так и риск некорректно поставить сроки в плане мероприятий. Слишком мало времени – сотрудники не успеют, слишком много – процесс затянется, и производство (следующий процесс в цепочке создания ценности для заказчика) будет вынуждено работать быстрее, что тоже создаст риски.

Следующий риск связан с нехваткой комплектующих (ПКИ, ДСЕ). Из-за этого не все изделия из партии готовы к испытаниям, и выборку для КВИ проводят с нарушением принципов, т. е. выбирают не из 30 изделий, а из 25, которые успели доукомплектовать. Оставшиеся 5 изделий могут быть дефектными, и это не будет проверено. В процессе изготовления первого изделия и/или установочной партии может возникнуть дефект. Изделия не пройдут контроль/испытания. Это влечет дополнительные затраты времени на доработку техпроцессов и/или изделий. Таким образом, потребность в принятии мер по управлению рисками есть.

## Концептуальная модель системы управления рисками на примере процесса постановки на производство

Работа начинается с запроса заказчика на результат. Главному технологу необходимо провести постановку на производство с минимальными рисками. Объект риск-менеджмента в данном случае – план мероприятий по постановке на производство.

Выполнять работы будет команда проекта (комиссия), в которую войдут сотрудники технологического отдела и риск-менеджер. Они будут работать в контексте, который определяется не только условиями главного технолога, но и требованиями государства (ГОСТ) и самого предприятия (стандарты предприятия). Анализировать работу команды проекта будет управляющий орган, в данном случае – отдел менеджмента рисков, а управлять – лицо, принимающее решения (заместитель директора предприятия по рискам). В работе будет использоваться программное обеспечение с базой данных. В ней хранится реестр рисков предприятия и информация об отработанных в прошлом планах мероприятий по рискам.

Концептуальная модель такой системы представлена на рис. 1.

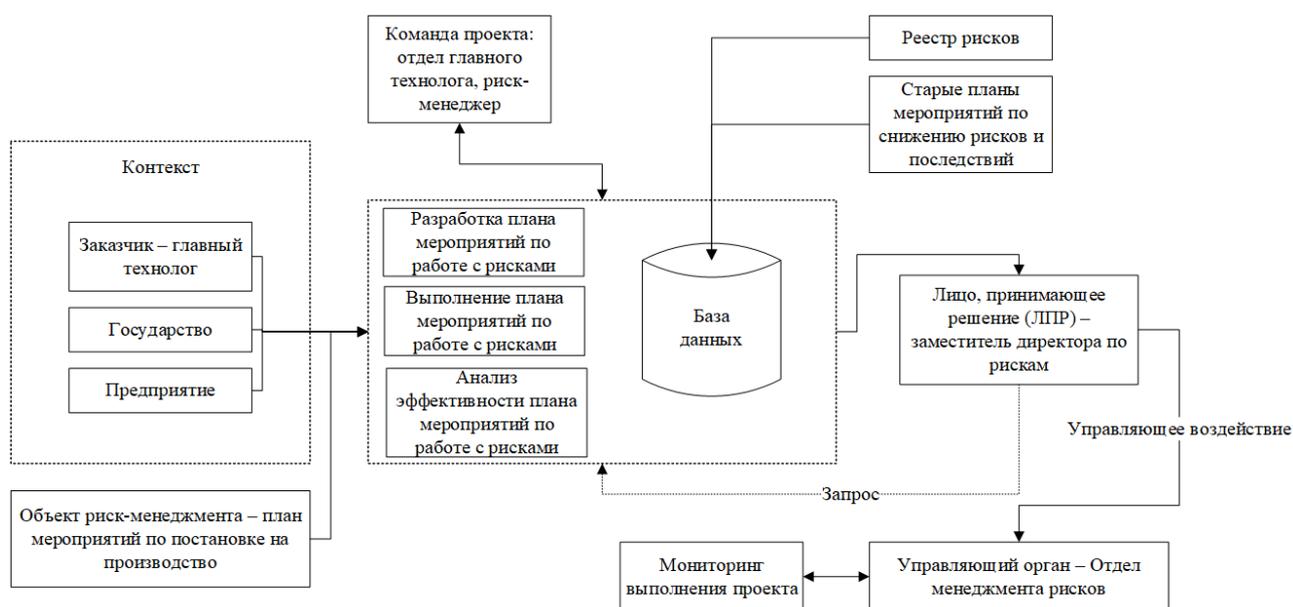


Рис. 1. Концептуальная модель системы управления рисками на предприятии на примере процесса постановки на производство

В действительности не обязательно формировать отдел менеджмента риска, поскольку это дополнительные и, вероятно, неоправданные затраты для предприятия. Функции риск-менеджеров можно передать отделу обеспечения качества, поскольку менеджмент риска имеет непосредственную связь с менеджментом качества и системой менеджмента качества (СМК). *Во-первых*, они используют одинаковые инструменты исследования, например, причинно-следственную диаграмму Исикавы, диаграмму Парето, *FMEA*-анализ и др. *Во-вторых*, ключевым компонентом СМК является риск-ориентированный подход, который также фигурирует в принципах организации и проведения аудитов [1].

Раскроем порядок работы в каждом из процессов внутри проекта.

*Первый процесс* – разработка плана мероприятий по работе с рисками (рис. 2). Самый сложный его этап – идентификация рисков. Здесь предлагается применять метод аналогий, который предполагает опору на историю возникновения рисков и проблем на предприятии или на подобных предприятиях из одной отрасли [4].



Рис. 2. Процесс 1. Разработка плана мероприятий

Первый процесс выполняется командой проекта (комиссией) с использованием ПО. Оно позволяет рассчитать оценку риска и может предложить способы предупреждения рисков и снижения их последствий на основе сравнения уровня риска и риск-аппетита (приемлемого уровня риска). В результате этого процесса создается план мероприятий по работе с рисками на основе рекомендаций, предложенных ПО.

*Второй процесс* – выполнение плана мероприятий (рис. 3). Здесь взаимодействуют лицо, принимающее решения, и команда проекта. Лицо, принимающее решения, утверждает план мероприятий по работе с рисками и спускает его команде проекта. Она выполняет и предоставляет отчет, в котором указаны фактические сроки, затраты и решенные задачи.



Рис. 3. Процесс 2. Выполнение плана мероприятий

*Третий процесс* – анализ эффективности плана мероприятий (рис. 4). Этот процесс получится провести с достоверными результатами только после реализации всех этапов по постановке на производство, т. е. только когда произойдут или не произойдут рисковые события, на подготовку к которым была направлена работа команды проекта.



Рис. 4. Процесс 3. Анализ эффективности плана мероприятий

## Модель управления системы менеджмента риска

В предлагаемой модели управления рисками есть два ключевых компонента: система поддержки принятия решений (ПО) и управление рисками объекта риск-менеджмента (в данном случае плана производства).

Вышеописанные процессы располагаются на модели управления, как показано ниже (рис. 5).

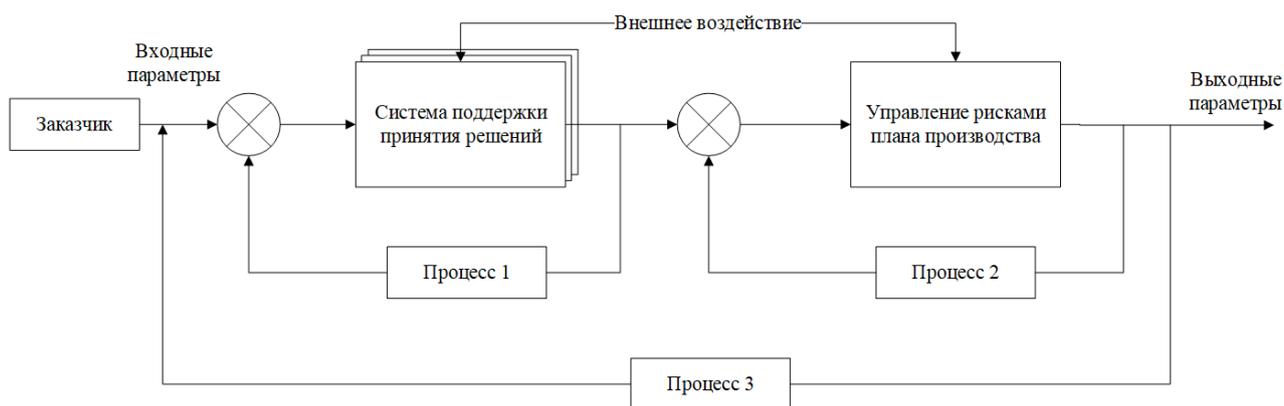


Рис. 5. Модель управления системы менеджмента риска

Входные параметры: исходные данные и требования заказчика (план постановки на производство и комментарии), риски процесса постановки на производство.

Выходные параметры: оценка рискованности плана постановки на производство, выполненный план мероприятия и снижение рисков.

Внешнее воздействие: требования законодательства, ГОСТов и внутренних стандартов предприятия.

Таким образом, задачи системы управления рисками [6]:

- 1) обеспечение снижения интегрального уровня рисков объекта риск-менеджмента;
- 2) регламентирование регулярных процессов идентификации и оценки рисков;
- 3) совершенствование процессов принятия решений по реагированию на риски;

4) установление размера риск-аппетита (допустимого уровня рисков);

5) формирование базы данных, которая будет содержать историю возникновения рисков, реагирования на них, а также соответствующую методологию.

Внедрение системы управления рисками возможно с учетом корпоративной культуры и при наличии следующих условий: готовность группы внедрения, участие руководства, наличие плана реализации, получение оценки текущей ситуации, наличие политики по управлению рисками [5].

### **Заключение**

Проанализирован процесс постановки на производство, выявлены основные риски. Предложена концептуальная модель системы управления рисками на промышленном предприятии и модель управления системы менеджмента риска.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Борзов, В. И.* Применение менеджмента риска для реализации риск-ориентированного мышления в системе менеджмента качества // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 8. – С. 7–10. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-8-7-10

2. *Кадыров, А. А.* Автоматизированные системы управления рисками / А. А. Кадыров, А. А. Кадырова // НБИ технологии. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 11–15. – DOI 10.15688/NBIT.jvolsu.2020.2.2

3. *Козловский, А. В.* Принятие управленческих решений и риск-менеджмент в условиях цифровой экономики / А. В. Козловский, А. И. Митюшникова // Вестник университета. – 2020. – № 3. – С. 45–51. – DOI 10.26425/1816-4277-2020-3-45-51

4. *Кондрашова, И. С.* Процесс управления рисками как часть системы обеспечения экономической безопасности компании / И. С. Кондрашова, В. В. Касаткина // Саяпинские чтения : материалы IV Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 22 января 2021 г. / отв. редактор А. А. Бурмистрова [и др.]. – Тамбов : Издат. дом «Державинский», 2021. – С. 250–258

5. Николаев, Д. В. Процесс внедрения системы управления рисками в организации // Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – № 29 (3). – С. 268–273. – DOI 10.24411/2309-4788-2020-10271

6. Пащенко, Д. С. Риск-менеджмент – ключевой элемент в цифровой трансформации промышленного предприятия / Д. С. Пащенко, Н. М. Комаров // Мир новой экономики. – 2021. – Т. 15. – № 1. – С. 14–27. – DOI 10.26794/2220-6469-2021-15-1-14-27

*O. V. Tkachuk*, Master's Degree Student

*olga.tkachuk.99@mail.ru*

*V. S. Klekovkin*, Doctor of Engineering Sciences, Professor  
FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Development of a conceptual model of a risk management system on the example of the production commissioning process**

*This article analyzes the risks of the process of commissioning, highlights the main problems and confirms the relevance of developing a risk management system at the enterprise. A conceptual model of the risk management system is proposed, within which the roles and interaction of participants are shown. Also included within this model are processes for the identification, analysis and assessment of risks and the development, implementation and analysis of the effectiveness of the risk management action plan. These plans can be aimed at both reducing the likelihood of risk and reducing the severity of its consequences. These processes are also reflected in the management model of the system under consideration, which reflects the continuity of work with risks. As a result of the work, the main tasks of the risk management system and the conditions for its implementation at the enterprise were determined.*

**Keywords:** risk management; management; risk; conceptual model; assessment.

С. А. Филичкин, аспирант

qwerty70@gmail.com

Р. Э. Фарахутдинов, студент

Д. В. Комаров, студент

С. В. Вологдин, доктор технических наук, доцент

В. В. Сяктерева, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Применение технологии компьютерного зрения для разработки проблемно-ориентированных стартап проектов**

*В акселерационной программе ИжГТУ имени М. Т. Калашникова от кафедры «Защита информации в компьютеризированных системах» было заявлено три проекта в области искусственного интеллекта. Два проекта: «Интеллектуальная система управления доступом в помещения на основе анализа цифровых изображений» и «Интеллектуальный сервис распознавания поведенческих функций сотрудников предприятий» связаны с направлением «Интеллектуальная видеоаналитика», используют технологии распознавания цифровых изображений в реальном режиме времени. Стартап «Интеллектуальный сервис сбора и передачи показаний приборов учета» ставит целью разработку мобильного и серверного приложения для автоматизированного учета потребления энергоресурсов на основе распознавания показаний приборов учета, наличия пломб, верификации данных по цифровым изображениям счетчиков приборов учета. Цифровые изображения в автоматизированном режиме передаются на сервер, где с помощью обученных нейронных сетей происходит детекция и распознавание необходимых объектов.*

**Ключевые слова:** видеоаналитика; компьютерное зрение; искусственный интеллект; нейронная сеть; прибор учета; поведенческие функции; управление доступом.

## **Введение**

Технология компьютерного зрения является одной из самых востребованных технологий искусственного интеллекта и все активнее проникает в нашу жизнь [1]. В акселерационной программе ИжГТУ имени М. Т. Калашникова от кафедры «Защита информации в компьютеризированных системах» института «Информатика и вычислительная техника в 2022 г. было заявлено сразу три проекта этой технологии, основанной на использовании свёрточных нейронных сетей для детектирования и распознавания объектов по цифровым изображениям.

Для реализации предложенных проектов используется архитектура нейронных сетей *YOLO (You Only Look Once)* – на сегодняшний день одной из самых перспективных моделей для детекции объектов в режиме реального времени. Отличительной особенностью *YOLO* является высокая скорость обработки изображений [2]. Многие другие алгоритмы разбивают изображения на квадратные области, затем классифицируют области на наличие необходимого объекта и в итоге классифицируют объект, из-за чего изображение «просматривается» дважды. В *YOLO* используется сжатие изображения до матрицы  $13 \times 13$ , где в каждой клетке записана информация о наличии объекта, что позволяет «просматривать» изображение один раз [3].

## **Интеллектуальные программные сервисы на основе технологии компьютерного зрения**

Проект *«Интеллектуальный сервис распознавания поведенческих функций сотрудников предприятий»* (лидер команды – аспирант Сергей Филичкин) ставит целью разработку информационной системы сквозного контроля за выполнением регламентов сотрудников предприятий, в частности распознавания у человека состояния алкогольного опьянения, наличия у работников предписанных средств индивидуальной защиты [4].

На текущий момент на предприятиях, для сквозного контроля деятельности сотрудников и контроля за выполнением регламентов, в большинстве случаев используется система видеofиксации, и, как правило, отсутствует авто-

матическая фиксация и интеллектуальная обработка событий, что приводит к возникновению различных инцидентов и низкой производительности труда. В подавляющем большинстве компаний задачи по контролю сотрудников решают с помощью проверок, регламентов, обучения. Поэтому требуется высоконадежный автоматизированный контроль с учетом имеющихся на предприятии аппаратных и программных средств. Решением проблемы является создание правил и алгоритмов по распознаванию отклонения от норм соблюдения режима и правил труда, а также отсутствия на работниках средств индивидуальной защиты (масок, касок, спеckостюмов и т. п.). Результаты обработки цифровых изображений модуля распознавания наличия средств индивидуальной защиты в реальном режиме времени приведены на рис. 1.



Рис. 1. Пример распознавания объектов на изображении

Данный стартап-проект подразумевает создание интеллектуальной системы по распознаванию поведенческих функций сотрудников предприятий с использованием информационных технологий и компьютерного зрения.

Полученный продукт по распознаванию поведенческих функций сотрудников предприятий поможет руководителям следить за соблюдением техники безопасности за счет обнаружения нарушителей искусственным интеллектом.

Клиент сможет без дополнительных усилий по внедрению купить подписку на продукт, а дальше всей обработкой информации займется интеллектуальная система на распределенных серверах, клиенту только останется получить готовый результат. За счет уникальных возможностей данный продукт выгодно выделяется среди конкурентов.

Основным целевым сегментом сервиса являются производственные предприятия и предприятия в сфере услуг, для которых важно соблюдение регламентов техники безопасности работ и культуры производства (строительные работы, больницы, предприятия производства пищевых продуктов, медицинских продукции, лекарств, высокоточного оборудования и пр.). Проект можно рассматривать как импортозамещение зарубежных технологий, т. к. на текущий момент существуют зарубежные технологии для распознавания видеопотока данных, а также модули для обнаружения объектов. Интеллектуальная система распознавания поведенческих функций сотрудников предприятий, помимо обладания основными преимуществами, будет разработана с учетом имеющихся российских компонентов и технологий.

Проект *«Интеллектуальная система управления доступом в помещения на основе анализа цифровых изображений»* (лидер команды – Дмитрий Комаров) предусматривает разработку автоматизированной системы принятия решений по блокировке доступа в помещение вооруженных лиц.

Идея проекта заключается в том, чтобы, получая цифровые изображения с камер наблюдения, определять, попадает ли человек под заранее заданные критерии. В первую очередь, данная система будет использоваться для того, чтобы предоставлять или запрещать доступ в помещение на основе заданных параметров. Видеосервис в режиме реального времени будет определять вооружен ли человек в кадре, есть ли на человеке подозрительная одежда, например, человек в балаклаве или маске. При выявлении соответствующей угрозы интеллектуальная система поддержки принятия решений автоматически закроет доступ террористу в помещения (блокирование дверей, турникетов), подаст сигнал на тревожную кнопку, оповестит охранника об угрозе.

Данный стартап заинтересует, прежде всего, государственные учреждения: школы, детские сады, вузы и др. Кроме того, проект может заинтересовать и частные компании, которым необходимо установить некоторые критерии для автоматизированного доступа в различные помещения. Внедрение интеллектуальной системы позволит повысить безопасность охраняемых объектов, исключить человеческий фактор.

Стартап «*Интеллектуальный сервис сбора и передачи показаний приборов учета*» (лидер команды – Руслан Фарахутдинов) ставит целью разработку мобильного и серверного приложения для автоматизированного учета потребления энергоресурсов на основе распознавания показаний приборов учета, наличия пломб, верификации данных по цифровым изображениям счетчиков приборов учета [5].

На данный момент активно развивается автоматизация процессов во всех бизнес-процессах. Все больше людей переходят на электронный документооборот, электронный архив, работу на удаленке и т. д. Сфера ЖКХ – не исключение из правил. В этой сфере также нужно продвигать вперед цифровизацию. Главным приоритетным направлением развития сейчас является «Умный дом» [6]. Все управление домом в одном устройстве на одном приложении. Удобно, быстро, надежно.

Мы хотим предложить наше решение, которое позволит ускорить процесс обработки информации, обеспечит надежной защитой и упростит процесс фиксации показаний счетчиков. Данный стартап-проект состоит из трех основных функциональных задач:

- разработка мобильного приложения для сбора, передачи и отображения данных;
- разработка серверного приложения для распознавания цифровых изображений, хранения данных;
- верификация данных, обеспечение безопасности хранения персональных данных.

Искусственный интеллект позволит многократно увеличить скорость обработки информации и упростить процесс сбора. Пользователю нужно будет сделать

лишь фотографию с помощью мобильного приложения. Далее цифровое фотоизображение автоматически отправляется на сервер, где с помощью обученной нейронной сети происходит детектирование и распознавание объектов. В процессе распознавания показаний будет проверяться дополнительная информация, необходимая для корректной работы ваших приборов. А именно следующих критериев:

- показания счетчиков;
- наличие пломбы управляющей компании;
- наличие заводской пломбы;
- сканирование штрих-кода (в нем зашита информация о владельце, адрес установки и срок службы счетчика);
- модель счетчика.

Возникает закономерный вопрос: почему сейчас? Ну а когда же еще, если не сейчас. Спрос на «умный дом» с каждым годом растет. Многие управляющие компании уже имеют в своем арсенале мобильные приложения для контроля над домашними делами. Но реализация некоторых функций так и не получила должного развития. Это исправить в лучшую сторону.

Конечно, все это звучит голословно, но авторы с командой провели анализ рынка и конкурентов. Все хотят свое программное обеспечение: уникальное, быстрое, удобное. Потребители, в свою очередь, хотят меньше хлопот и более качественного решения проблем. Многие компании уже продают свои мобильные приложения. Управляющие компании пытаются проводить так называемый «информационный переворот». Но получается не совсем успешно. Много ошибок возникает в случае с передачей достоверной информации. Такие ошибки, как человеческий фактор, играют большую роль в этом вопросе. Представьте, вы приходите домой с работы уставшим, забыли отправить показания счетчика в приложение. Приходится идти к счетчику, запоминать показания, затем записывать их вручную в текстовое поле и отправлять. Затем приходит квитанция, необычайная стоимость коммунальных услуг вас удивляет. Вот уже приходится тратить время и силы на поиск ошибки, разбираться с квитанциями, выяснять, что не так. Но всего этого можно избежать, сделав одну фотографию.

## Заключение

Программные реализации технологии компьютерного зрения имеет важное практическое применение в различных прикладных задачах [7]. Активное развитие технологий искусственного интеллекта открывает большие возможности для реализации интересных идей и проектов в жизнь. Основная цель предложенных проектов: облегчить жизнь людям, упростить рутинные задачи, повысить безопасность. С удовольствием продолжим генерировать идеи и пытаться воплощать их в жизнь!

## Список использованных источников и литературы

1. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения : курс лекций и практических занятий / Ю. В. Визильтер [и др.]. – Москва : Физматкнига, 2010. – 245 с. – ISBN 978-5-89155-201-2 (в пер.)
2. *Elian, F.* Implementation of computer vision algorithms for position correction of chip-mounter machine / F. Elian, F. I. Hariadi and M. I. Arsyad // 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD). – 2017. – Pp. 90-94. – DOI 10.1109/ISESD.2017.8253311
3. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / J. Redmon [et al.] // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – Pp. 779–788. – DOI 10.1109/CVPR.2016.91
4. *Филичкин, С. А.* Применение нейронной сети YOLOv5 для распознавания наличия средств индивидуальной защиты / С. А. Филичкин, С. В. Вологдин // Интеллектуальные системы в производстве. – 2022. – Т. 20. № 2. – С. 61–67. – DOI 10.22213/2410-9304-2022-2-61-67
5. *Рябов, П. И.* Алгоритм распознавания изображений с приборов учета электроэнергии / П. И. Рябов, С. В. Вологдин, В. В. Максимова // Интеллектуальные системы в производстве. – 2017. – Т. 15. № 4. – С. 42–48. – DOI 10.22213/2410-9304-2017-4-42-48
6. *Крюкова, А. А.* Особенности развития концепции "умный дом": российский и зарубежный опыт / А. А. Крюкова, К. О. Шматок // Азимут научных исследований:

экономика и управление. – 2019. – Т. 8. № 3 (28). – С. 397–399. – DOI 10.26140/anie-2019-0803-0092

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022618809 Российская Федерация. Модуль видеоаналитики «Распознавание пола, возраста, эмоций» Domination / Ю. В. Невейкин : № 2022613502 : заявл. 14.03.2022 : опубл. 18.05.2022.

*S. A. Filichkin*, Post-graduate

qwerty70@gmail.com

*R. E. Farakhutdinov*, Student

*D. V. Komarov*, Student

*S. V. Vologdin*, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

*V. V. Syaktereva*, PhD in Engineering, Associate Professor

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Application of computer vision technology for the development of problem-oriented start-up projects**

*In the Acceleration program of Kalashnikov Izhevsk State Technical University from the Department of Information Protection in Computerized Systems announced three projects in the field of artificial intelligence. Two projects: “Intelligent access control system for premises based on digital image analysis” and “Intelligent service for recognizing the behavioral functions of enterprise employees” are associated with the direction of intelligent video analytics using digital image recognition technologies in real time. Startup “Intelligent service for collecting and transmitting meter readings” aims to develop a mobile and server application for automated metering of energy consumption based on recognition of meter readings, the presence of seals, and data verification using digital images of meter meters. Digital images are automatically transmitted to the server, where, with the help of trained neural networks, the necessary objects are detected and recognized.*

**Keywords:** video analytics; computer vision; artificial intelligence; neural network; metering device; behavioral functions; access control.

*М. А. Шамиурин*, магистрант

*maks.shamshurin.99@gmail.com*

*С. В. Вологдин*, доктор технических наук

кафедра «Информационные системы»

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Разработка виртуальных лабораторий по физике и химии**

*Рассматривается проблема по обучению студентов с помощью дистанционных курсов по естественным наукам. Освещен метод создания и использования виртуальных лабораторных с помощью современных инструментов для разработки игр. Проанализированы особенности дистанционного обучения и дистанционных образовательных технологий. Рассмотрены альтернативы Unity и Blender, обоснован их выбор в качестве основных инструментов. Внимание было уделено основным возможностям инструментов и их совместимости с созданием лабораторий.*

*Рассмотрено размещение и хранение таких лабораторных приложений, доступ к которым осуществляется через браузер без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.*

*Представлены результаты работы в виде созданных виртуальных лабораторий для выполнения лабораторных работ по физике. материалы могут быть полезны для 3D-художников и программистов, занимающихся Unity.*

**Ключевые слова:** виртуальная лаборатория; Unity; Blender; дистанционное образование; информационная система; лабораторная работа.

## **Введение**

В современных реалиях все больше и больше информационные технологии и разработки появляются в жизни людей. Они помогают упрощать сложные или трудно реализуемые задачи человека.

Возможность проходить дистанционно обучение в хорошем качестве материала, открывает огромные перспективы для вузов. Студенты, которые учатся на заочной форме обучения, не могут позволить себе посещать некоторые пары. Например, кафедры тех предметов, где можно ввести дистанционное обучение, смогут облегчить нагрузку на преподавателей, упростить способы подготовки некоторых лабораторных.

## **Моделирование 3D-объектов**

3D-моделирование – процесс создания трехмерной модели объекта. Задача 3D-моделирования – разработать зрительный объемный образ желаемого объекта [1]. При этом модель может как соответствовать объектам из реального мира, так и быть полностью абстрактной. Трехмерная графика используется во многих областях науки и техники и не только. В большинстве случаев такая графика чаще встречается в современных играх и кино.

Для создания комплексных лабораторий требуется определиться, что для этого нужно. В большей степени требуется создать основные модели, которые будут использоваться в качестве наглядного примера как аналог реальным объектам. В этом помогают специализированные программы для работы с 3D-моделями и их параметрами. К ним можно отнести множество, но три выделяются достаточно сильно: *Blender*, *Maya*, *3dsMax*.

В большей степени программы похожи по функциональности и возможностям. Но главный критерий, по которому был выбран *Blender*, – доступность. Это касается бесплатной возможности создания моделей и широкая поддержка сообщества, в котором можно найти нужный материал для реализации определенной функции.

## Программный инструментарий

*Игровой движок* – базовое программное обеспечение компьютерной игры. В общем случае термин «игровой движок» применяется для того программного обеспечения, которое пригодно для повторного использования и расширения, и тем самым может быть рассмотрено как основание для разработки множества различных игр без существенных изменений [2].

Основным пунктом в рассмотрении игровых движков является быстрота освоения и разработки. Популярные игровые движки *UE* и *Unigine* не имеют общей документации и обучающих уроков в той мере, чтобы быстро освоиться и начать создавать какой-либо проект. *Unity* достаточно хорошо поддерживается со стороны разработчиков, и обновления выходят почти каждый год. Плюсом ко всему в *Unity* имеется *Asset Store*, в котором можно найти необходимые готовые объекты, скрипты, шейдеры [3]. Поэтому порог вхождения в *Unity* более низкий, и большинство начинает создавать проекты на нем.

Для того чтобы понимать, с чего начинать оценивать системы такой разработки, стоит рассмотреть существующие мощные инструменты. Сравнительные характеристики игровых движков приведены в табл. 1.

Таблица 1. Функциональные возможности трехмерных редакторов

<i>Game Engine</i>	<i>Unity 3D</i>	<i>Unreal Engine 4</i>	<i>Cry Engine</i>
Поддержка полноценного 3D	Поддерживается	Поддерживается	Поддерживается
Поддержка полноценного 2D	Поддерживается	Не поддерживается	Не поддерживается
Бесплатная версия	Частично Имеется	Частично имеет-ся	Частично имеется
Поддержка полноценного 3D	Поддерживается	Поддерживается	Поддерживается
Язык разработки	C#, Java	C++, Java	Lua

Для визуализации созданной виртуальной лаборатории можно воспользоваться несколькими методами отображения *WebGL*-графики на компьютере:

- опубликовать сборку в *Unity Play*;
- опубликовать на различных платформах;
- запускать локально на компьютере.

Рассматривая все предложенные методы представления виртуальных лабораторий, выбрали метод отображения через *GitHub Pages*, поскольку там автоматически создается сайт, который будет всегда доступен, а также легко обновлять версии проекта с правками выявленных проблем или дополнением функционала.

В программе *Unity* загруженные модели имеют все необходимые параметры для переноса. В самой лабораторной созданы скрипты для работы с объектами и взаимодействия друг с другом. У всех объектов подобраны необходимые элементы для обработки физическим движком *PhysX* [4]. Создана комната из загруженной модели с примененной к ней и настроенной коллизии. В комнате добавлены главные необходимые элементы: источник света, коллизия, *canvas*-элемент, анимационный компонент. У активных объектов создано специальное поле, вызываемое левой кнопкой мыши, выделенной синим цветом. Для перемещения объектов используется скрипт, позволяющий при нажатии перемещать объект в пространстве комнаты для установки его в необходимое положение. Виртуальный прототип представлен на рис. 1.

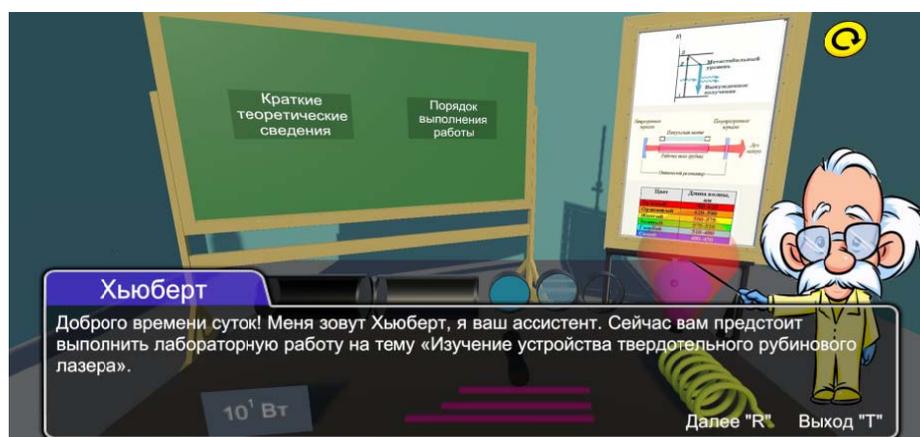


Рис. 1. Виртуальный прототип «Изучение устройства твердотельного рубинового лазера»

Передача необходимой информации по лабораторной или компонентам приборов находится на доске. А вводный инструктаж позволит ввести студентов в курс дела. Работа со светом предполагает отображение теней в той степени, в которой будет видно взаимодействие рубинового стержня и источника света. Пример отображения источника света и специальной линзы приведен на рис. 2.

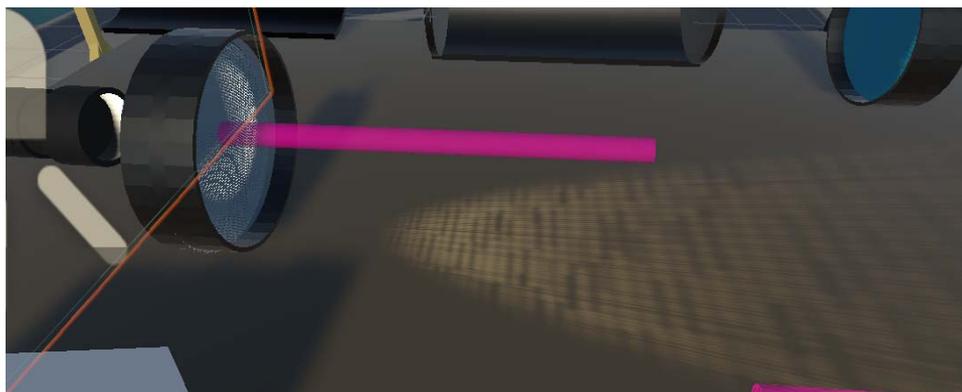


Рис. 2. Работа со светом через линзы

Все объекты можно поднять на столе и перемещать в любую точку. Когда пользователь поднимает необходимый предмет, для него подсвечивается позиция, куда его нужно перенести. В данной точке объект готов для взаимодействия с другими. Для отображения некоторых параметров необходимо, чтобы все условия были соблюдены, и только тогда произойдет результат, например, лампа изменит свечение, только если подобрана правильная длина рубинового стержня и использована необходимая линза.

Для представления виртуальной лаборатории решено использовать сторонние ресурсы, которые позволят хранить виртуальные лаборатории на их серверах и запускать лабораторные, используя прямую ссылку.

Страницу *GitHub Pages* можно поместить в `iframe`; Тег `<iframe>` создает плавающий фрейм, который находится внутри обычного документа, он позволяет загружать в область заданных размеров любые другие независимые документы. Тег `<iframe>` является контейнером, содержание которого игнорируется

браузерами, не поддерживающими данный тег. Системные требования для отображения виртуальной лаборатории в браузере представлены в табл. 2.

*Таблица 2. Системные требования*

Операционная система под управлением браузеров	Windows, macOS и Linux
Аппаратное обеспечение	Форм-факторы рабочей станции и ноутбука
Дополнительные требования	Версии Chrome, Firefox, Safari или Edge (на базе Chromium): WebGL 1.0 или 2.0 совместимые HTML 5 совместимые стандарты 64 – разрядные WebAssembly способный

Взаимодействие с любыми элементами в виртуальной лаборатории осуществляется по одному клику, это позволяет программе с легкостью принимать и обрабатывать как управление с компьютера при помощи мыши или сенсорных панелей, так и управление со смартфона или планшета.

Ранее такие разработки были в виде программ для персональных компьютеров и использовались не в полной мере, но с возможностью создавать 3D-пространство, которое буквально копирует реальное представление лабораторных работ, приложение позволяет передать информацию лучше своих предшественников [5].

### **Заключение**

В виртуальной лаборатории присутствует пользовательский интерфейс, в нем представлены:

1. Настройки вида камеры. Здесь вы можете выбрать вид камеры: посмотреть ближе таблицу Менделеева, посмотреть в окно, приблизиться к лабораторной установке, пробирке, измерительной шкале. Дополнительно есть возможность скрыть эту панель по нажатию на соответствующую кнопку, это бы-

важно необходимо, если пункты меню мешают обзору. Основные параметры этого меню одинаковы в каждой лаборатории, однако появляются и дополнительные пункты, обоснованные заданием лабораторной работы.

2. Чек-лист по выполнению работы служит и небольшой инструкцией: в какой последовательности необходимо выполнять работу. Если в лабораторной что-то не получается, всегда можно обратиться к чек-листу и проверить выполнение каждого из шагов. Для каждой лабораторной работы создается свой чек-лист, основанный на задании лабораторной работы. Его можно скрыть, нажав на соответствующую кнопку, если это необходимо.

Исходя из всего вышесказанного и проведенной работы по созданию виртуальных лабораторий можно сделать следующие выводы:

1. Виртуальные учебные лаборатории способствуют уменьшению затрат на обучение, являются безопасными для обучающихся за счет того, что при проведении опытов используется компьютерная симуляция процессов.

2. Для создания виртуальной лаборатории лучше всего использовать комбинацию программ *Blender* и *Unity*, поскольку они являются бесплатными и многофункциональными.

3. Для каждой отдельной лаборатории пишутся собственные скрипты, позволяющие моделям работать и взаимодействовать друг с другом.

4. Созданные виртуальные лаборатории доступны с любого устройства на веб-площадке посредством API для графики *WebGL*.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Buxton, Bill*. Sketching User Experiences // Getting the Design Right and the Right Design. – 3rd edition. – 2007. – 448 p. – ISBN 978-0123740373

2. *Jason, Gregory*. Game Engine Architecture : [англ.] // CRC Press. – Massachusetts, 2009. – 864 p.

3. Unity 3D Web Player // Unity Web Player. – Available at: <https://unity-web-players.ru/> (accessed 10.04.2022).

4. Create and publish WebGL builds // Unity Learn. – Available at: <https://learn.unity.com/tutorial/creating-and-publishing-webgl-builds#> (accessed 18.04.2022).

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616471 Российская Федерация. Виртуальная лаборатория по физике 10-11 классы – № 2021615664 : заявл. 16.04.2021 : опубл. 22.04.2021 / Н. Н. Войт.

*M. A. Shamshurin*, Master's Degree Student

[maks.shamshurin.99@gmail.com](mailto:maks.shamshurin.99@gmail.com)

*S. V. Vologdin*, Doctor of Engineering Sciences

Department of Information Systems

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Development of virtual laboratories for physics and chemistry**

*The article deals with the problem of teaching students with the help of distance learning courses in science. The article highlights the method of creating and using virtual laboratories with the help of modern tools for game development.*

*The features of distance learning and distance learning technologies are analyzed. Alternatives of Unity and Blender are considered and their choice as basic tools is substantiated. Main features of tools and their compatibility with creation of laboratories were determined.*

*The article deals with the placement and storage of such laboratory applications, which can be accessed through a browser without installing additional software.*

*The results of the work in the form of created virtual laboratories to perform laboratory works on physics are presented. The results of such work can be useful for 3D artists and programmers involved in Unity.*

**Keywords:** virtual laboratories; Unity; Blender; distant education; information system; laboratory work.

*Е. А. Шихов*, магистрант

*i.shihov.ru@gmail.com*

*П. А. Санников*, магистрант

*П. В. Лекомцев*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

### **Разработка стенда для исследования асинхронного электропривода**

*Описывается стенд для исследования частотно-регулируемого электропривода на базе асинхронного двигателя. Приводятся его структурная схема, состав и технические характеристики. Структурная схема показывает состав, расположение и связи между аппаратными компонентами стенда. Для измерений и управления используется крейтовая система L-CARD LTR-EU-8 со специализированными модулями, которые позволяют: задавать тормозной момент и синхронную скорость вращения, измерять силы тока каждой из фаз, линейных напряжений на выходе преобразователя частоты, до 4 каналов виброускорений, момента сопротивления и скорости вращения вала двигателя, температуры обмоток двигателя. Продемонстрированы возможности и функционал разработанного программного обеспечения стенда на примере тестового испытания асинхронного двигателя ЕЛПРОМ ТРОЯН 0,75 кВт на холостом ходу. Разработанный стенд можно использовать для диагностики, мониторинга, определения характеристик асинхронного электропривода как с векторным, так и со скалярным методами управления.*

**Ключевые слова:** стенд; диагностика; асинхронный двигатель; мониторинг.

## **Введение**

Для диагностики электродвигателей переменного тока наиболее информативными считаются методы на основе анализа вибрационных и электрических параметров [1], а также методы тепловой диагностики [2]. Указанные методы требуют измерения фазных токов, напряжений, скорости вращения, виброскоростей или виброускорений корпуса двигателя, температуры статора и др. [3, 4].

Стендовые испытания предполагают применение специальных испытательных стендов [5–7], которые с большой точностью позволяют оценить динамические, эксплуатационные характеристики электропривода, а также установить влияние на них конструктивных решений и настроек системы управления.

С целью решения вышеуказанных задач – диагностики и определения характеристик асинхронного электропривода – разработан стенд с возможностью автоматического выполнения программы динамических испытаний, сохранением и последующей обработкой измерений на ЭВМ.

## **Описание стенда**

Структурная схема стенда для исследования асинхронного электропривода приведена на рис. 1.

В составе стенда в качестве первичных преобразователей применяются:

– датчик тока и напряжения на основе микросхем ACS758ECB 200B-PFF-T и AMC1301SDWV соответственно. Три канала – для измерения силы тока трех фаз электродвигателя; два канала – для двух линейных напряжений;

– датчики вибрации – VC111. Четыре акселерометра со встроенной электроникой стандарта ICP (IEPE), чувствительностью 10 мВ/г, частотным диапазоном от 0,5 до 15000 Гц;

– датчики температуры – терморезисторы (до 6 шт.), как правило, встроены в каждую фазу обмотки двигателя, выводные концы располагают на клеммах в коробке выводов;

– датчик момента (ДМ) измерительной системы DDU4 (Artis), состоящий из оправки-ротора DDU с тензометрическим кольцом и статора DDU,

обеспечивающего беспроводную систему питания и прием измерительных сигналов;

– датчик скорости – энкодер E40H12-5000-6-L-5 инкрементального типа, 5000 импульсов за оборот.

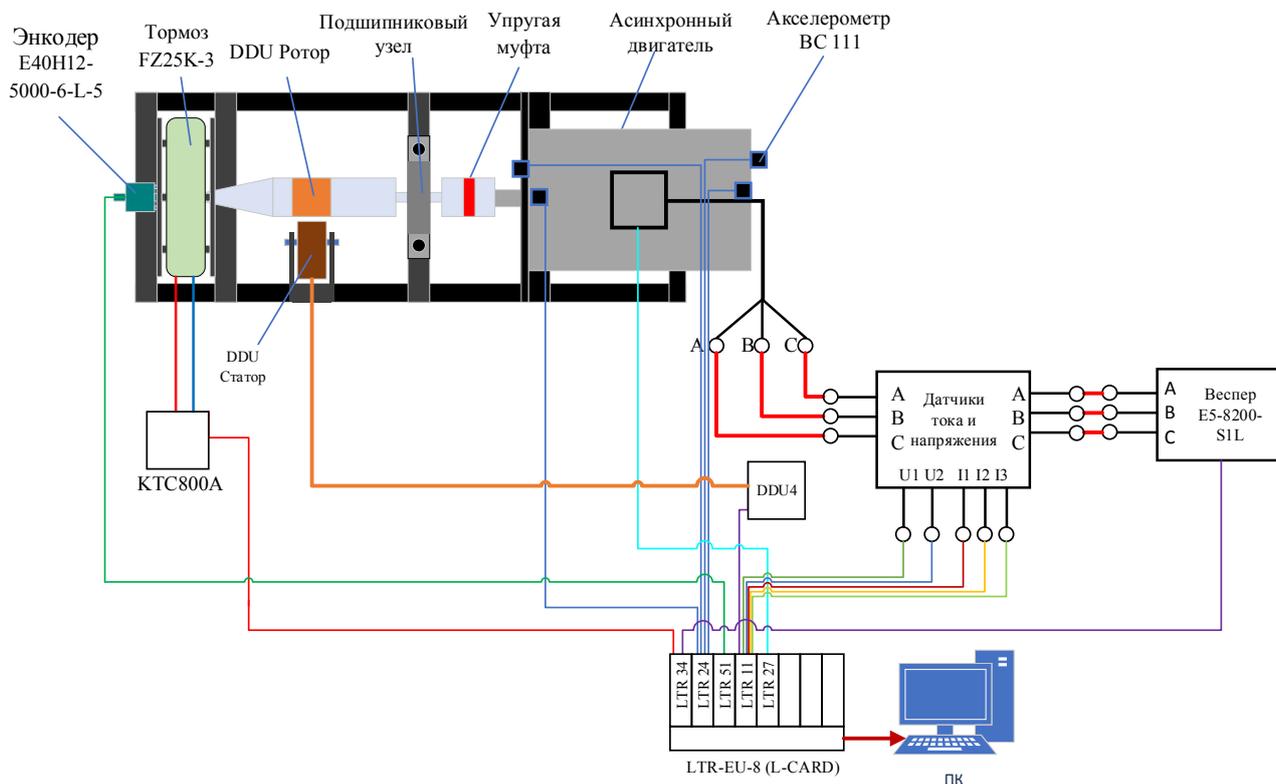


Рис. 1. Структурная схема стенда для исследования асинхронного электропривода

Управление стендом осуществляется при помощи разработанного программного обеспечения для персонального компьютера (ПК). Измерения проводятся крейтом LTR-EU-8 с посадочными местами для восьми гальванически изолированных LTR-модулей, полученные данные передаются на ПК через USB или Ethernet интерфейс.

В LTR-EU-8 установлены: модуль аналого-цифрового преобразователя (АЦП) LTR11, модуль АЦП LTR24, модуль цифроаналогового преобразователя (ЦАП) LTR34-4, модуль LTR 51 с submodule H-51, модуль LTR 27 с submodule H-27.

Модуль LTR11 используется для приема сигнала от системы измерения осевой силы и крутящего момента DDU4, а также с датчиков тока и напряжений, LTR 24 – для приема вибросигналов с датчиков BC 111, LTR 27 с submodule H-27-для сбора информации с резистивных датчиков температуры, LTR 51 – принимает сигналы с энкодера для вычисления скорости вращения вала двигателя, ЦАП LTR34-4 используется для программного задания момента сопротивления посредством тормоза FZ25K-3 с контроллером KTC800A и скорости вращения вала посредством управления частотным преобразователем Веспер E5-8200-S1L. Указанный частотный преобразователь позволяет выбирать один из двух режимов управления: скалярный или векторный.

*Основные технические характеристики стенда:*

максимальный момент торможения.....	25 Н·м
максимальная частота вращения:	
– при отключенном тормозе.....	5500 об/мин
– при включенном .....	не более 2000 об/мин
погрешность измерения крутящего момента.....	менее 5 %
разрешающая способность датчика угла поворота....	5000 импульсов/оборот
максимальная мощность электродвигателя .....	750 Вт
максимальный ток измерения.....	30 А
максимальное напряжение .....	600 В

Для сбора, сохранения и анализа данных было разработано программное обеспечение (ПО) стенда (рис. 2). Данное ПО позволяет выполнять следующие действия необходимые для выполнения измерительных задач вышеуказанных первичных преобразователей:

- полная конфигурация эксперимента, включая используемое измерительное оборудование, настройки его режимов, задания способов отображения, обработки, сохранения данных эксперимента;
- проведение экспериментов с одновременным отображением измеряемых параметров;
- просмотр ранее проведенных экспериментов;

- анализ данных ранее проведенных экспериментов;
- задание момента сопротивления и частоты вращения посредством ЦАП LTR34-4.

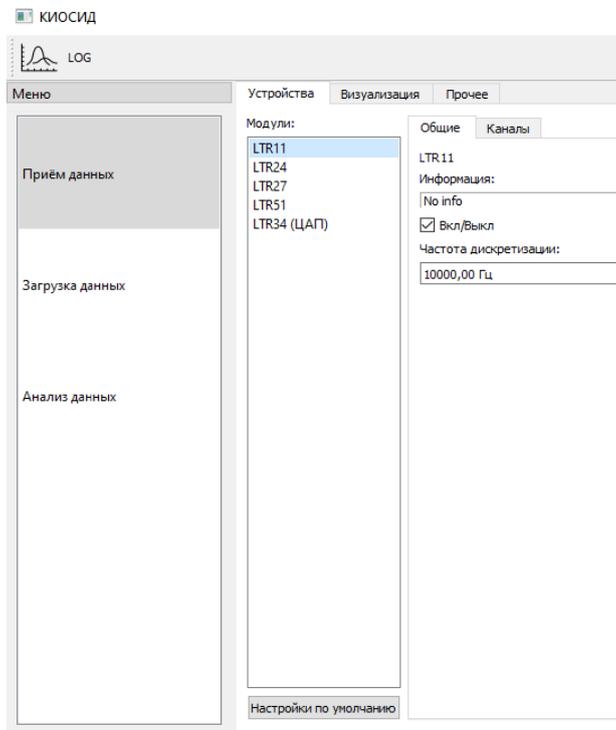


Рис. 2. Программное обеспечение стенда

Визуализированные сигналы измерений, проведенные на стенде с асинхронным двигателем ЕЛПРОМ ТРОЯН 0,75 кВт на холостом ходу с частотой синхронной 40 Гц, представлены на рис. 3–6.

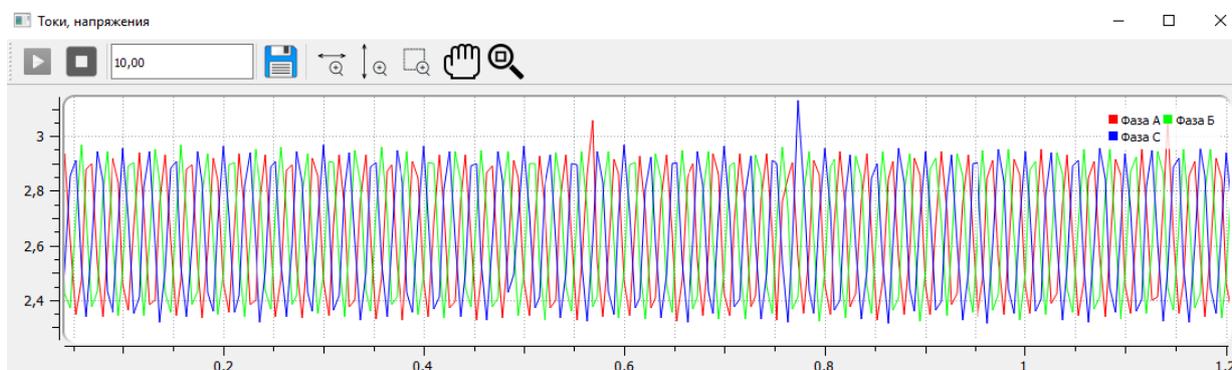


Рис. 3. Осциллограмма при измерении токов (ось ординат – выходное напряжение измерительных преобразователей в вольтах, ось абсцисс – в секундах)

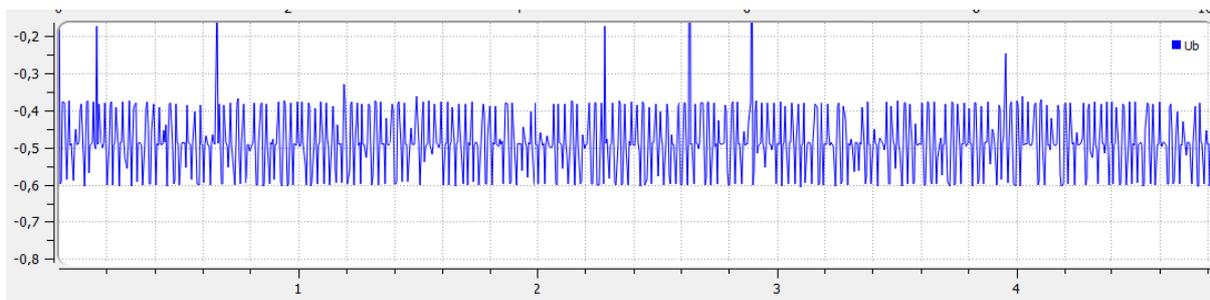


Рис. 4. Осциллограмма при измерении напряжения (ось ординат – выходное напряжение измерительных преобразователей в вольтах, ось абсцисс – в секундах)

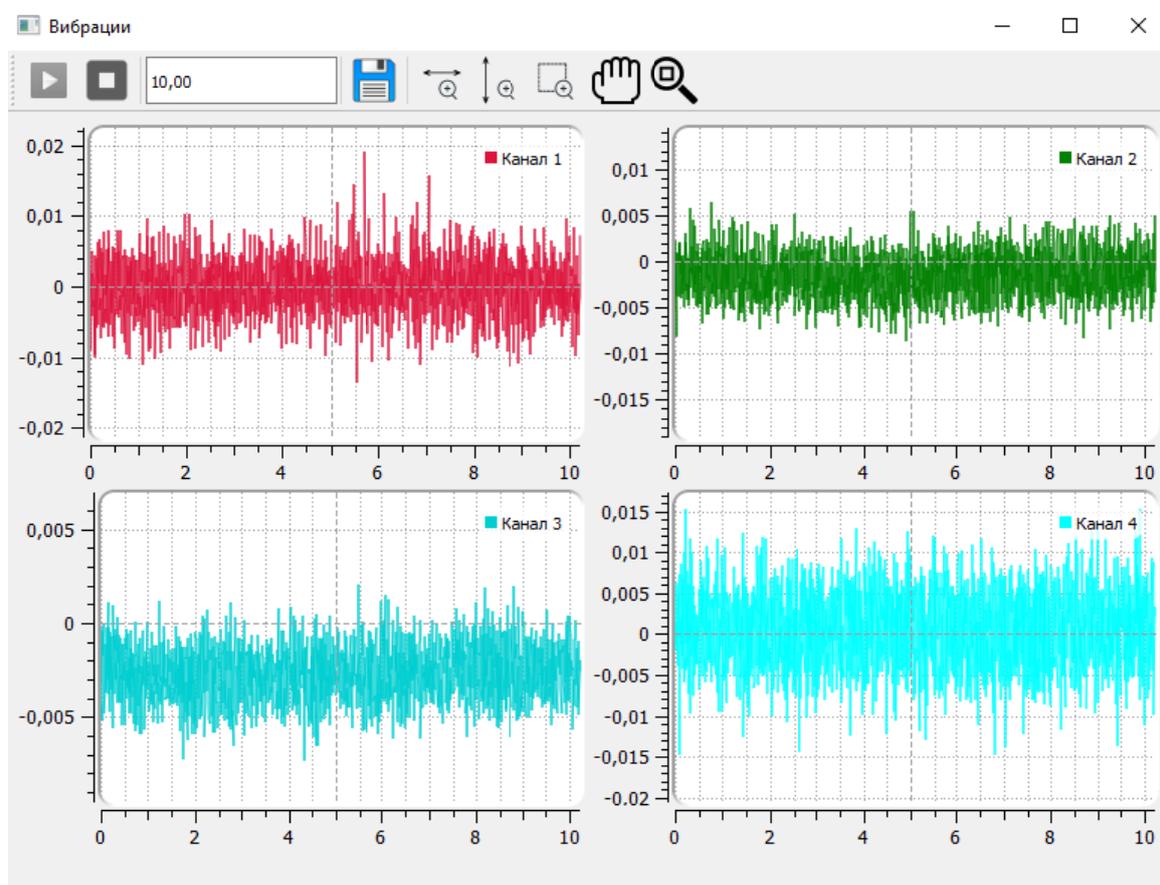


Рис. 5. Осциллограмма при измерении виброускорений (ось ординат – выходное напряжение измерительных преобразователей в вольтах, ось абсцисс – в секундах)

На рис. 7 представлены обработанные результаты измерений во временной области (средние квадратические значения фазных токов, напряжений, виброускорений, среднее значение температуры, частоты вращения ротора).

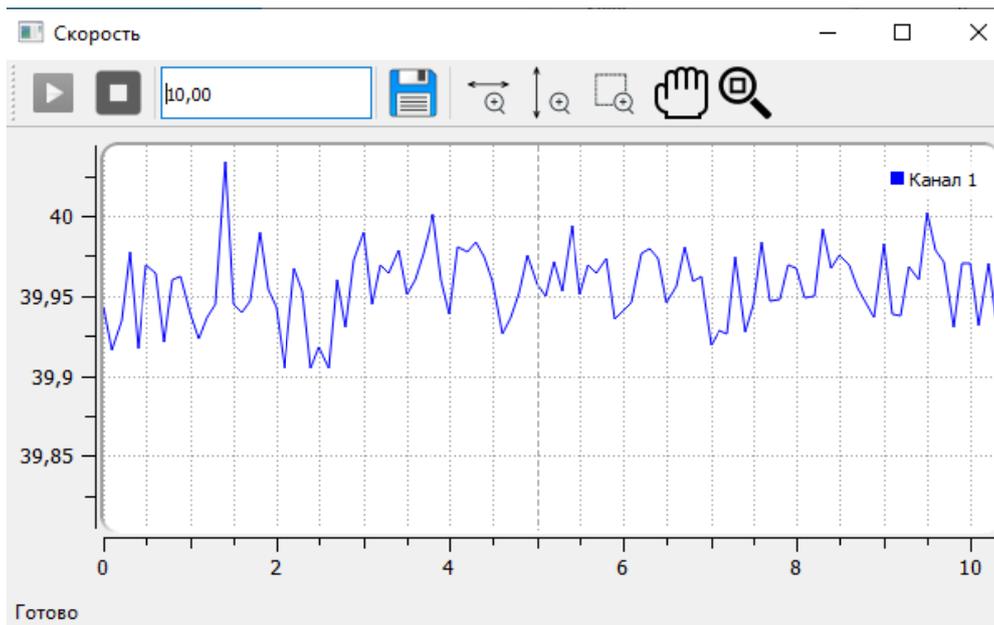


Рис. 6. Осциллограмма при измерении угловой скорости (ось ординат – угловая скорость в оборотах на секунды, ось абсцисс – в секундах)

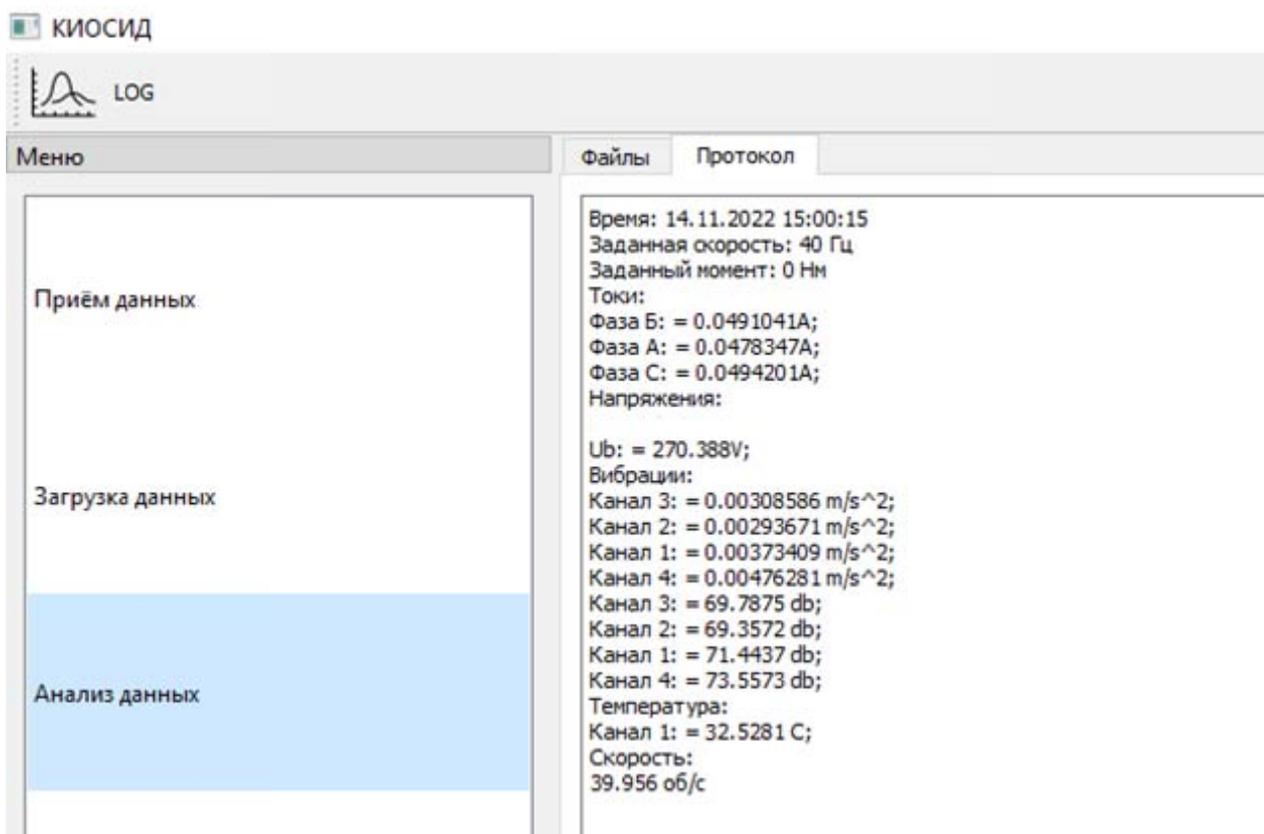


Рис. 7. Результаты измерений

Обработанные результаты измерений вибраций канала 1, 3 соответствуют датчикам виброускорений, установленных со стороны приводного вала в радиальном и осевом направлениях соответственно, а каналы 2, 4 соответствуют датчикам, установленным со стороны вентилятора в радиальном и осевом направлениях. В тестовом эксперименте проводилось измерение линейного напряжения только одного канала. Результаты соответствуют схеме подключения «треугольник» и напряжению питания частотного преобразователя от однофазной сети переменного тока.

### **Заключение**

Разработан стенд для диагностики и мониторинга параметров асинхронных двигателей. Продемонстрированы возможности разработанного программного обеспечения стенда. Проведен тестовый эксперимент с асинхронным двигателем ЕЛПРОМ ТРОЯН 0,75 кВт на холостом ходу, который показал работоспособность стенда и разработанного программного обеспечения: получены достоверные параметры токов, напряжений, виброускорений, температуры обмоток, скорости вращения вала.

### **Список использованных источников и литературы**

1. *Степанов, П. И.* Механические и электрические диагностические параметры электрических приводов / П. И. Степанов, С. В. Лагуткин, Ю. Р. Никитин // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2 (24). – С. 59–63.
2. Контроль температуры обмоток и защита от перегрева электрических машин переменного тока / И. В. Брякин, И. В. Бочкарев, Х. Г. Багиев [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2019. – Т. 19. № 1. – С. 75–84. – DOI 10.14529/power190109.
3. *Прокопов, Д. И.* Методы диагностики электродвигателей / Д. И. Прокопов, Е. А. Бармин // Приоритетные направления развития образования и науки : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / редколл.: О.Н. Широков [и др.]. – Т. 2. Вып. 1. – Чебоксары : Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. – С. 83–85.

4. Методы и анализ диагностики асинхронных электродвигателей / С. Н. Лутай, В. В. Коломиец, Б. Б. Кобылянский [и др.] // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – № 15 (91). – С. 306–310.

5. Пат. 170708 U1 Российская Федерация, МПК G01R 31/34. Стенд для испытания асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока с параллельным (независимым) возбуждением : № 2016139744 : заявл. 10.10.2016 : опубл. 03.05.2017 / В. В. Харламов, Д. И. Попов, А. В. Литвинов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения».

6. Гончаров, А. А. Разработка лабораторного стенда по испытаниям трехфазных асинхронных двигателей / А. А. Гончаров, Д. М. Медведев // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ : сб. ст. по материалам науч.-исслед. работ: в 4 т. / сост.: А. Я. Барчукова, Я. К. Госунов; под ред. А. И. Трубилина, отв. ред. А. Г. Кощаев. – Т. 2. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2017. – С. 96–99.

7. Пат. 178716 U1 Российская Федерация, МПК G01R 31/00. Стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки : № 2017143232 : заявл. 11.12.2017 : опубл. 17.04.2018 / В. В. Харламов, Д. И. Попов ; заявитель ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения».

*E. A. Shikhov*, Master's Degree Student

*i.shihov.ru@gmail.com*

*P. A. Sannikov*, Master's Degree Student

*P. V. Lekomtsev*, PhD in Engineering

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

### **Development of a stand for research of induction motor**

*The article describes a stand for the study of a frequency-controlled electric drive based on an asynchronous motor. Its block diagram, composition and technical characteristics are given. The block diagram shows the composition, location and connections between the hardware components of the stand. For measurements and control, the L-CARD LTR-EU-8 crate system with specialized modules is used, which allows you to: set the braking*

*torque and synchronous rotation speed, measure the current strength of each of the phases, linear voltages at the output of the frequency converter, up to 4 channels of vibration acceleration, moment of resistance and speed of rotation of the motor shaft, temperature of the motor windings. The capabilities and functionality of the developed software of the stand are demonstrated on the example of a test test of an asynchronous motor ELPROM TROYAN 0.75 kW at idle. The developed stand can be used for diagnostics, monitoring, characterization of an asynchronous electric drive with both vector and scalar control methods.*

**Keywords:** stand; diagnostics; induction motor; monitoring.

*К. В. Шувалова*, магистрант

kristishuvalova@mail.ru

*А. И. Абрамов*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Система ультразвукового позиционирования мобильного робота**

*Приведено решение задачи идентификации в области ультразвуковых систем позиционирования. При увеличении количества одновременно работающих и отслеживаемых системой позиционирования роботов в одной зоне для однозначной идентификации источника сигнала применен метод DSSS (Direct sequence spread spectrum). Разработан и представлен алгоритм, позволяющий компенсировать ухудшение точности позиционирования мобильного робота от эффекта Доплера, который находит доплеровское смещение, и на его основании вычисляет скорость движения робота и расстояние относительно каждого из маяков. Разработаны математические модели алгоритма модуляции сигнала DSSS и алгоритма поиска доплеровского смещения. Проверена адекватность работы алгоритма DSSS, оценена система при затухании сигнала в воздухе.*

**Ключевые слова:** ультразвуковые датчики; DSSS; позиционирование.

### **Введение**

Позиционирование – это автоматизированное определение местоположения объектов, включающее в себя: определение координат объекта, формирование сообщений, содержащих координатную информацию, организацию обмена служебными сообщениями, документирование информации о перемещении объектов, визуализацию информации [1].

Применение систем позиционирования различных объектов является актуальным направлением оптимизации технологических и бизнес-процессов. Такие системы применяют в различных сферах деятельности: в медицине, на заводах, при поиске пострадавших на чрезвычайных ситуациях. Разнообразие областей и направлений использования породили разнообразие технологий.

Внутри помещения, при локальном позиционировании, используются следующие типы: инфракрасные; ультразвуковые; лидарные; радиочастотные и т. д.

Сравнительные характеристики технологий позиционирования приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Сравнительные характеристики технологий позиционирования*

Технология позиционирования	Точность, м	Дистанция, м	Стоимость
Инфракрасное	0,1	3–10	Средняя
Ультразвуковое	0,02	30	Низкая
UWB ( <i>Ultra-Wide Band</i> )	0,2	60	Высокая
Lidar	0,01	30	Высокая
Bluetooth маяки	1,5–3	30	Средняя
Wi-Fi	3–5	50	Средняя

По точностным показателям лучшие характеристики показали 2 метода позиционирования: с использованием лидара и ультразвуковых маяков.

Данная работа направлена на разработку системы позиционирования мобильных роботов на основе ультразвуковых маяков, поскольку такая система имеет ряд преимуществ перед системой с использованием лидара:

1. Надежность.

В основных типах лидаров есть вращающаяся часть с очень высокой скоростью, и она критична к высоким перегрузкам и ударам в случаях, если неровный пол.

## 2. Оптические параметры.

Из-за атмосферных явлений (дыма, влаги, пыли) система начинает работать нестабильно. А в ультразвуковых системах таких проблем нет, поскольку, когда сенсор излучает ультразвук, то раскачивается вся среда.

При работе с лидаром необходима статистическая карта, получающаяся из объектов, которые должны находиться неподвижно и не меняться с течением времени.

А для того чтобы данная система была еще более конкурентоспособной, требуется решить следующие вопросы, которые стоят в области ультразвуковых систем:

- 1) Снижение побочных явлений от эффекта Доплера.
- 2) Увеличение количества одновременно работающих роботов в одной зоне.

Целью исследования является разработка мультиагентной ультразвуковой системы позиционирования.

### Варианты системы позиционирования

В системе используются два основных варианта позиционирования:

1. Прямой. Излучатели расположены на мобильном роботе, а стационарные приемники декодируют и дешифруют сигнал (рис. 1, а).

2. Инверсный. Излучатели расположены по периметру территории, а приемники расположены на мобильных устройствах (рис. 1, б).



Рис. 1. Варианты системы позиционирования

Для того чтобы приобрести возможность неограниченного количества мобильных маяков в одном помещении, необходимо использовать инверсный вариант системы позиционирования – поднять вычислительную мощность на мобильных устройствах, чтобы роботы могли сами определять свое местоположение.

### **Методы модуляции ультразвукового сигнала**

В научной литературе существует 4 основных способа модуляции ультразвукового сигнала:

1. Импульсная модуляция.
2. Модуляция с расширенным спектром прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS).
3. Модуляция с расширенным спектром со скачкообразной перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS).
4. Расширение спектра методом линейно-частотной модуляции (Chirp Spread Spectrum, CSS).

В источнике [2] приведено сравнение основных способов модуляции, эксперименты, в результате которых получены графики зависимости точности и повторяемости от измеряемого диапазона. При DSSS-, FHSS- и CSS-методах модуляции сигнала проводилось два варианта измерений: с использованием одного мобильного излучателя и с использованием двух излучателей, один из которых мобильный, а второй – стационарный.

Примеры спектрограмм различных методов модуляции показаны на рис. 2.

При импульсной модуляции использовалось одно передающее устройство, которое излучало импульс длительностью 1 мс. Максимальное расстояние, на котором проводились измерения, составило 5 м. На расстоянии больше 5 м идентификация сигнала оказалась невозможной. Точность и повторяемость составили до 2 см. Результаты работы представлены на рис. 3: на левой ординате – измеренное расстояние до приемника, а на правой – точность и повторяемость.

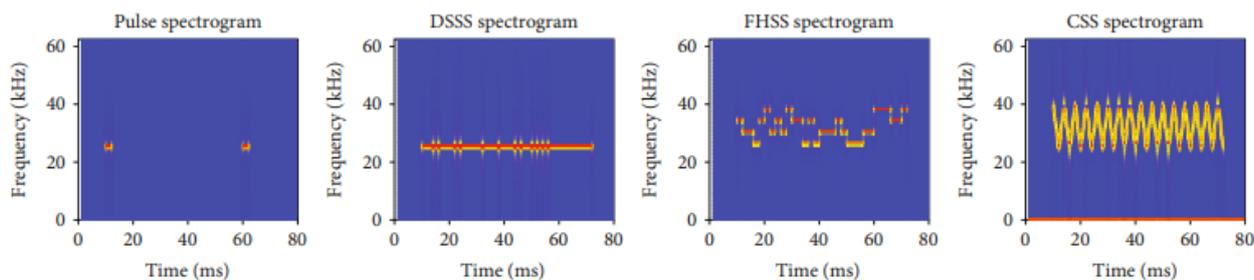


Рис. 2. Спектрограммы различных методов модуляции

При использовании DSSS-модуляции (рис. 4) скорость передачи посылок выбрана в 500 имп/с, псевдослучайная последовательность кодировалась 63 битами, а частота дискретизации была установлена на 500 кГц. При проведении эксперимента с одним передатчиком максимальное расстояние составило 7,8 м.

Точность и повторяемость оказались на уровне 3 см, однако повторяемость уменьшалась по мере увеличения расстояния. Точность оставалась стабильной на всем расстоянии. При использовании двух передающих устройств в случае первого излучателя диапазон измерений составил от 20 см до примерно 6 м с точностью и повторяемостью, сравнимыми с режимом, где использовался один передатчик. Стационарный излучатель показал стабильное измерение расстояния. Значения повторяемости и точности в данном случае составили до 1 см. Измерения, когда первый излучатель расположен на расстоянии менее 2 м, приводили к высокому коэффициенту отклонения и менее точной оценке дальности до второго излучателя.

При FHSS-модуляции использовались два подхода к демодуляции сигнала: с использованием ФИР-фильтра (рис. 5) и с использованием БИХ-фильтра Герцеля (рис. 6). Частоты устанавливались на 26, 30, 34 и 38 кГц, ортогональная последовательность выбрана длиной 63 бита, скорость посылки 500 имп/с.

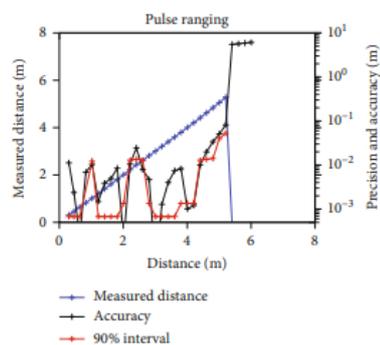


Рис. 3. Результаты метода импульсной модуляции

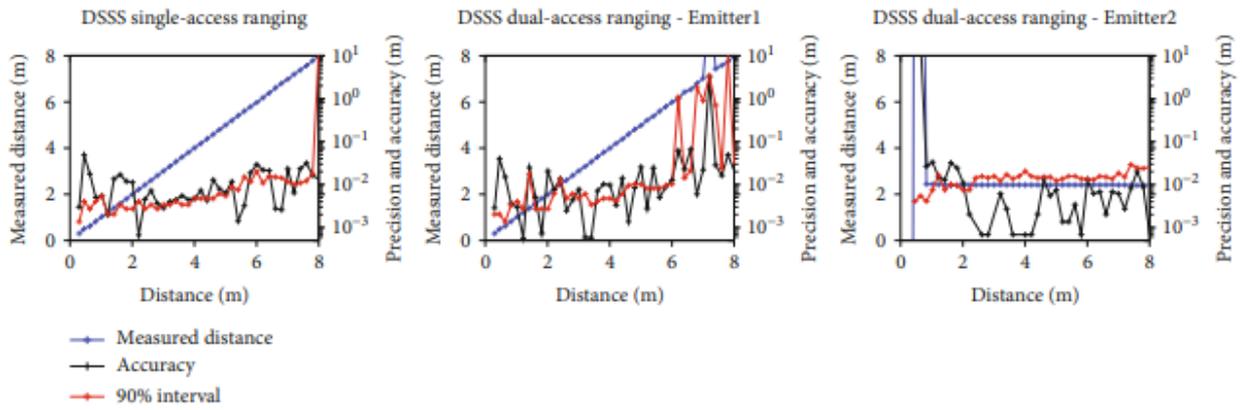


Рис. 4. Результаты DSSS-модуляции при двух вариантах измерений

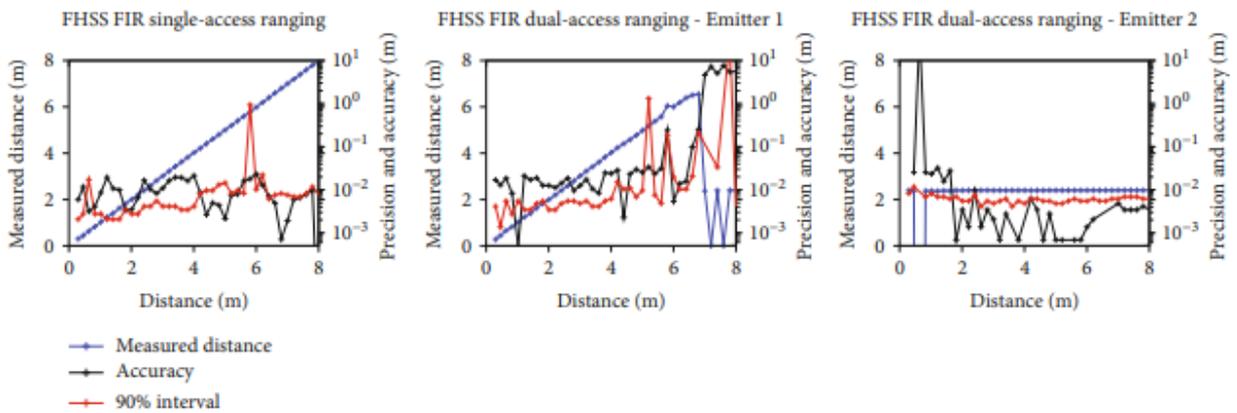


Рис. 5. Результаты FHSS-модуляции с использованием ФИР-фильтра при двух вариантах измерений

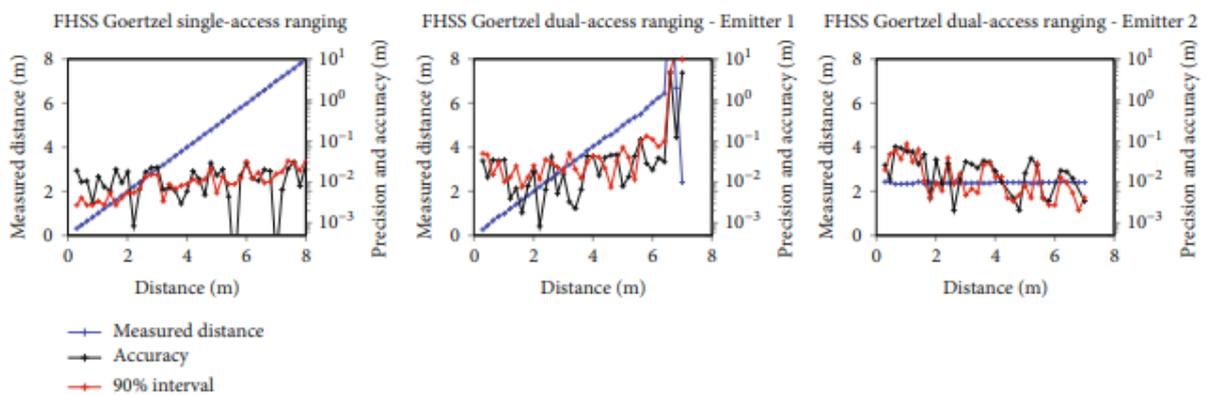


Рис. 6. Результаты FHSS-модуляции с использованием БИХ-фильтра при двух вариантах измерений

При методе демодуляции с ФИР-фильтром в режиме одного излучателя расстояния от 20 см до 8 м оценивались с точностью и повторяемостью до 2 см. На протяжении эксперимента точность оставалась стабильной, а повторяемость с расстояния 0,5 м до 4 м увеличилась до 1 см. При использовании двух излучателей расстояние между первым излучателем и приемником оценивалось с точностью до 3 см и повторяемостью до 1 см, однако повторяемость оставалась стабильной до расстояния 4 м, а при расстоянии более 4 м начала ухудшаться. При использовании первого варианта измерений и демодулятора на основе Герцеля на всем диапазоне расстояния точность и повторяемость оставались не хуже 2,5 см. Повторяемость имела тенденцию к небольшому ухудшению с увеличением дальности, в то время как точность оставалась постоянной. В режиме двух излучателей точность и повторяемость первого излучателя ухудшились, но оставались выше 10 см. Когда расстояние превысило 6,4 м, идентификация сигнала оказалась невозможной для первого излучателя.

Метод CSS (рис. 7) используется с той же скоростью и длиной ортогональной последовательности, что и методы DSSS и FHSS. Частотный диапазон, на котором излучается сигнал, составил от 34 до 38 кГц. При проведении эксперимента как с одним излучателем, так и с двумя, которые устанавливались на разных расстояниях, диапазон обнаруживался с точностью и повторяемостью до 1 см. В режиме двух излучателей первый излучатель перестал обнаруживаться на расстоянии более 6 м, также расстояние ложно оценивалось на 3,6 и 3,8 м.

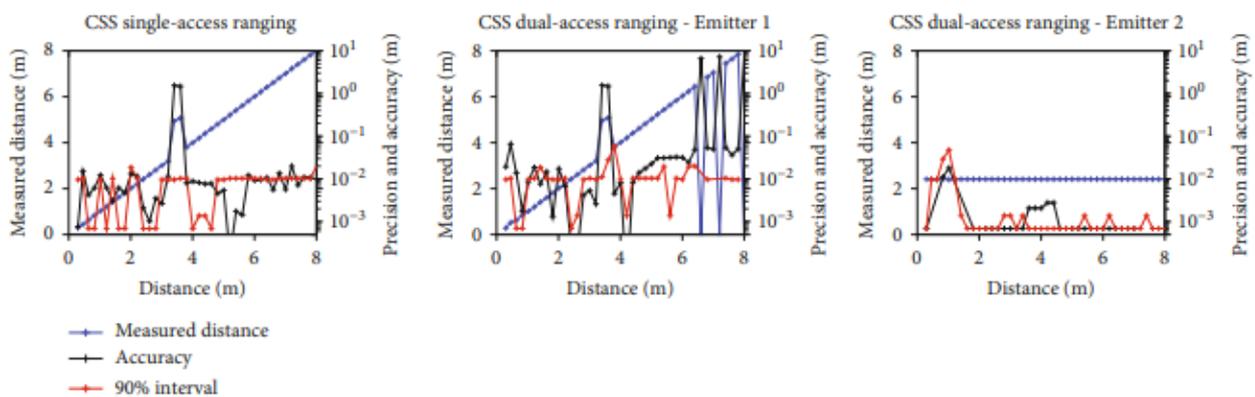


Рис. 7. Результаты CSS-модуляции при двух вариантах измерений

По результатам моделирования для одних и тех же условий импульсный метод модуляции позволил получить расстояние до 5 м, в то время как другие методы позволили измерить расстояние до 8 м. Во всех методах точность и повторяемость доходили до 1–2 см. Точность и повторяемость первого излучателя снижались после 6 м для второго варианта измерений, но при CSS-модуляции повторяемость оставалась более стабильной. Сравнительные характеристики способов модуляции сигнала приведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики способов модуляции сигнала

Характеристики	Импульсный	DSSS	FHSS	CSS
Нет необходимости использовать мощный процессор	✓	✗	✗	✗
Узкополосный передатчик	✓	✓/✗	✗	✗
Нет необходимости разделять канал по времени или по частоте	✗	✓	✓	✓/✗
Возможность улучшить сигнал/шум	✗	✓	✓	✓
Не чувствителен к эффекту Доплера	✗	✓/✗	✓/✗	✓
Не чувствителен к переотражениям	✗	✓	✓/✗	✓
Нет проблемы «ближний – дальний»	✓/✗	✓/✗	✓/✗	✓
Точность, до сантиметра	2	3	2,5	1
Повторяемость, до сантиметра	2	3	1	1

Алгоритм DSSS имеет возможность работать как на узкой полосе частот, так и на широкой. В случае работы на узкой полосе частот не требуется широкополосный сенсор, но сигнал становится длиннее по времени, что ограничивает скорость мобильного объекта. Поскольку в этом алгоритме передается не 1 бит информации, как в импульсном способе, а несколько, то соотношение сигнал/шум улучшается как корень квадратный из количества бит, следовательно, можно добиться большей точности, не нагружая передающее устройство большим количеством напряжения. Корреляционная функция чувствительна к эффекту Доплера. В GPS [3] (*Global Positioning System*) данную проблему решают

подбором нужного сдвига по частоте на приемной стороне, таким образом можно получить не только расстояние до объекта, но и его скорость. Проблему «ближний – дальний» можно решить вычитанием самого громкого сигнала из принятого. В алгоритме не ограничено число передающих устройств.

При FHSS ультразвуковая последовательность передается со скачкообразной перестройкой частоты. Поскольку этот алгоритм передает не 1 бит информации, то сигнал/шум, по сравнению с первым методом, улучшается. Нет необходимости разделять канал по времени, поскольку маяки вещают одновременно. Но для реализации такой схемы необходимы широкополосные передатчики. Недостатком системы является низкая скорость передачи данных [4].

ЛЧМ-сигнал работает целиком на эффекте Доплера. Уровень шума и переотражения здесь играют меньшую роль. Каждый отразившийся объект представляет собой определенную частоту. Такая схема позволяет находить не только положение объектов, но и измерять их скорость передвижения, математически такой алгоритм несложен, эта система не страдает от проблемы «ближний – дальний». Но технически эта система сложная, поскольку требуются широкополосный сенсор и мощный процессор. В данном случае появляется необходимость разделять канал по времени, но эта проблема решается разделением канала по частотным диапазонам.

Импульсная схема модуляции имеет больше всего недостатков, но достаточно проста в исполнении. Алгоритмы FHSS и CSS требуют для работы дорогостоящих широкополосных сенсоров и мощных вычислительных устройств. В FHSS сложнее решить проблему влияния эффекта Доплера на измерения, чем в DSSS. Преимуществом DSSS является то, что он более устойчив к переотражениям сигнала [5], чем импульсный метод и метод FHSS. В этом случае можно проводить измерения, не используя широкополосные сенсоры.

### **Математическая модель**

Разработана математическая модель системы позиционирования в среде динамического моделирования Matlab, которая позволяет добавлять шум в сис-

тему, менять форму генерируемого сигнала и амплитуды и находить различные характеристики частотного спектра на принимаемом устройстве.

В данной работе проводились исследования с использованием узкополосных сенсоров, имеющих пропускаемую полосу частот  $\pm 1$  кГц. Для того чтобы передать ультразвуковой сигнал без потери энергии, необходимо увеличить количество периодов синусоиды, которое приходится на 1 бит сигнала.

Исходные данные системы позиционирования представлены в формулах (1)–(4):

$$t_1 = \frac{1}{f_{carrier}} = \frac{1}{40000} = 25 \text{ мкс}, \quad (1)$$

где  $f_{carrier}$  – частота несущей (Гц);  $t_1$  – длина 1 периода синусоиды;

$$t = t_1 \cdot Spread \ Factor = 25 \cdot 80 = 2000 \text{ мкс}. \quad (2)$$

где  $Spread \ Factor$  – количество периодов синусоиды, которое приходится на 1 бит сигнала;  $t$  – длина 1 бита;

$$t_{len} = t \cdot seq\_len = 2000 \text{ мкс} = 64 \text{ мс}, \quad (3)$$

где  $seq\_len$  – количество бит псевдослучайной последовательности;  $t_{len}$  – длина пакета;

$$f_{upd} = \frac{1}{t_{len}} = 15,6 \text{ Гц}, \quad (4)$$

где  $f_{upd}$  – частота обновления.

Спектры двух сигналов во времени показаны на рис. 8.

Принцип работы алгоритма DSSS представлен на рис. 9.

При использовании алгоритма DSSS (расширение спектра методом прямой последовательности) стационарные маяки по сигналу синхронизации одновременно начинают излучать свою псевдослучайную последовательность сигнала. Результирующим сигналом является их смешанный сигнал и добавленный шум. Этот сигнал проходит аналоговую часть на принимаемом устройстве и с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) поступает на цифровой тракт,

где проходит квадратурный демодулятор. Далее выполняется расчет взаимной корреляции между принятым сигналом и образцовыми последовательностями каждого маяка при помощи алгоритма корреляции на основе преобразования Фурье. Моменты времени, когда корреляционные функции максимальны, и будут временем прихода сигнала.

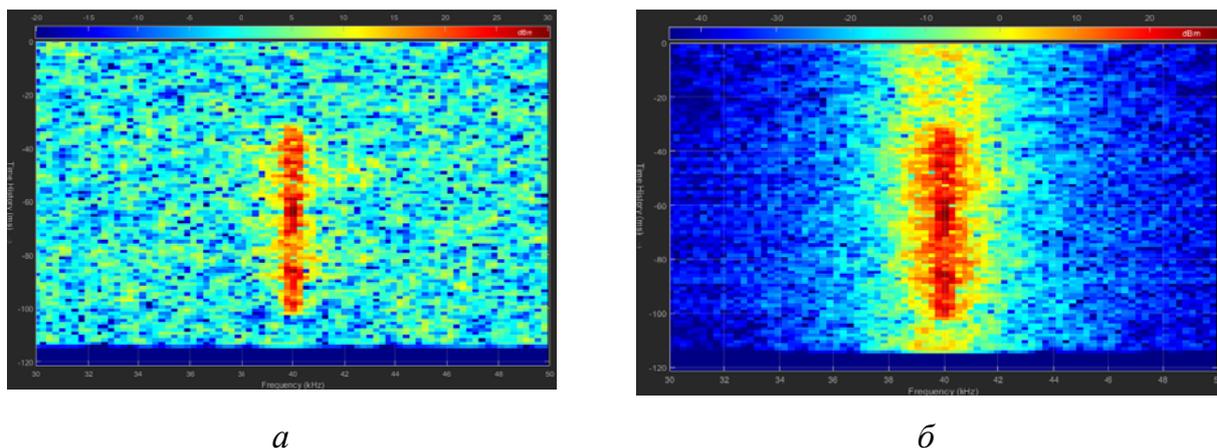


Рис. 8. Спектры переданного и принятого сигналов: *а* – спектр сигнала, сформированного ультразвуковым передатчиком; *б* – спектр сигнала, прошедшего узкополосный ультразвуковой приемник, в результате которого в сигнале остались частоты  $40 \pm 1$  кГц; на оси абсцисс представлена мощность сигнала, а на оси ординат время модели

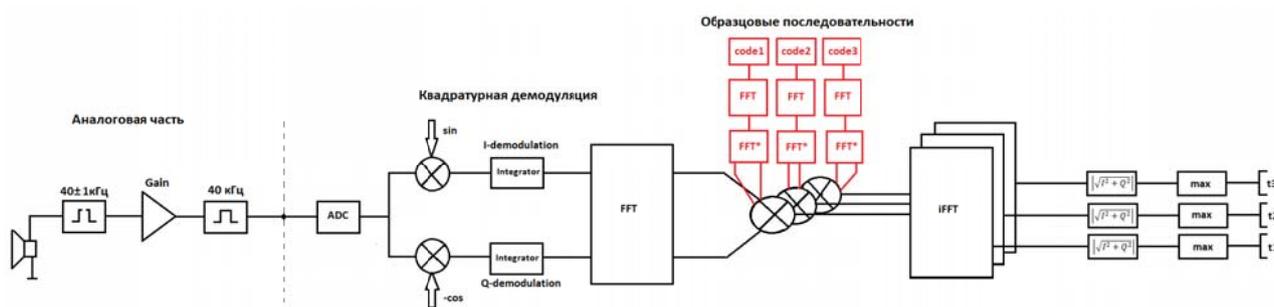


Рис. 9. Принцип работы алгоритма DSSS

При прохождении через квадратурный демодулятор сигнал преобразуется в низкочастотные  $I/Q$  сигналы путем умножения на сигнал гетеродина (для канала  $I$ ) и на сигнал гетеродина, сдвинутый на  $90^\circ$  (для канала  $Q$ ) [7]. Результат после фильтрации нижних частот представляет собой сигналы  $I$  и  $Q$ , эквива-

лентные действительной и мнимой частям комплексного числа. Фильтры нижних частот необходимы, потому что спектр принятого сигнала сдвинут вниз и вверх на значение частоты несущей ( $f_{carrier}$ ), и, таким образом, фильтр подавляет высокочастотные составляющие, связанные со спектром, центрированным вокруг  $2f_{carrier}$ .

Корреляционная функция на основе преобразования Фурье определяется следующим уравнением:

$$z(n) = IFFT\left(FFT[y_{ref}(n)]FFT^*[y_{rx}(n)]\right), \quad (5)$$

где  $IFFT$  – обратное преобразование Фурье;  $FFT$  – быстрое преобразование Фурье;  $y_{ref}(n)$  – образцовый сигнал;  $FFT^*$  – комплексное сопряжение результатов быстрого преобразования Фурье;  $y_{rx}(n)$  – принятый сигнал;  $n$  – индекс временной последовательности дискретизации.

Результирующий сигнал, состоящий из смешанного сигнала ультразвуковых последовательностей трех маячков и шума, представлен на рис. 10.

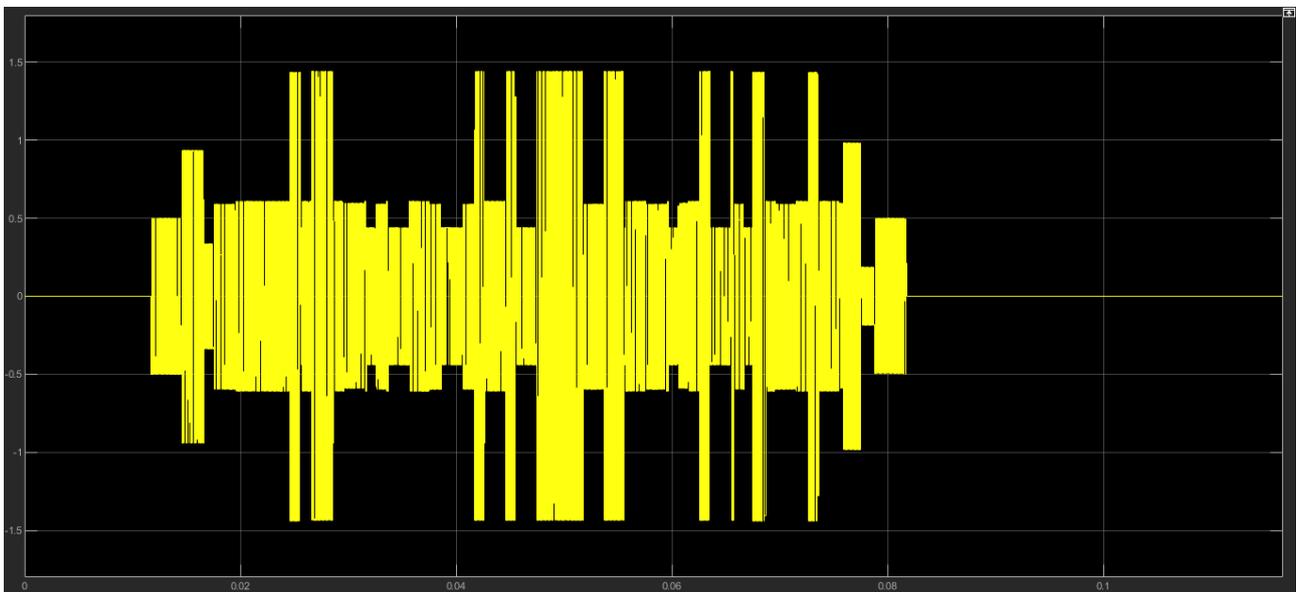
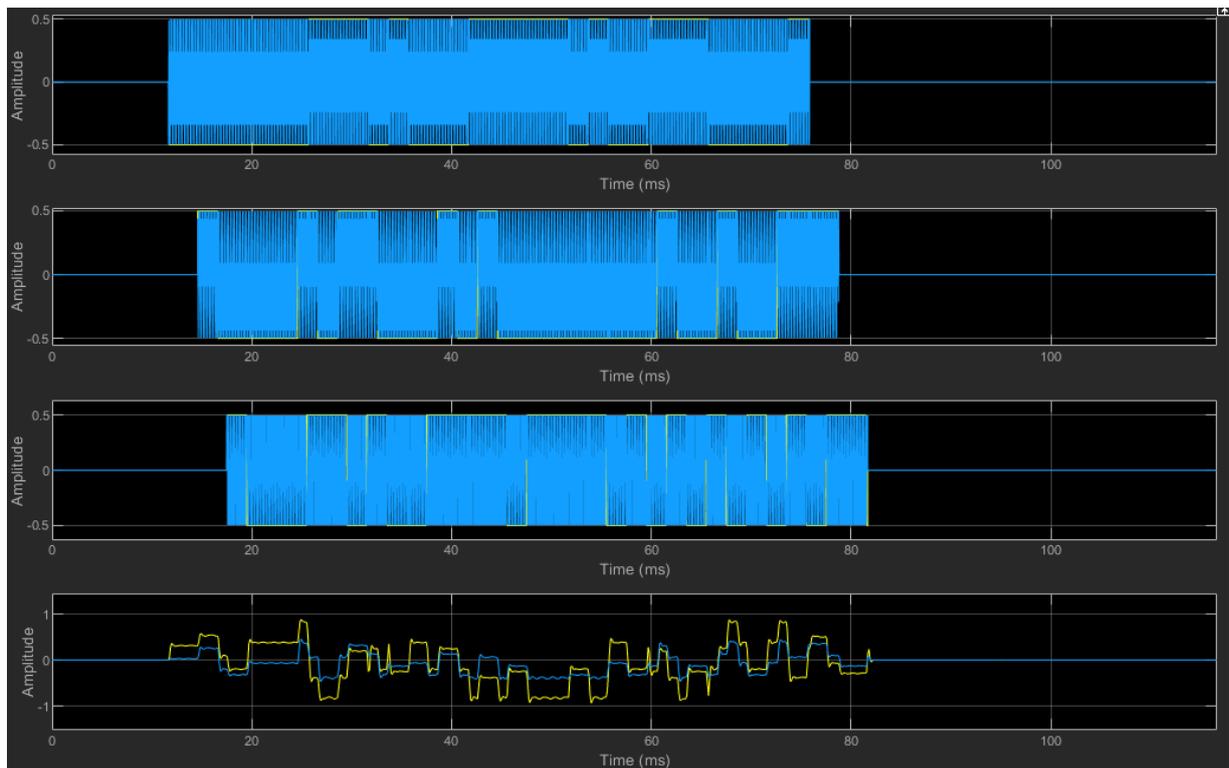


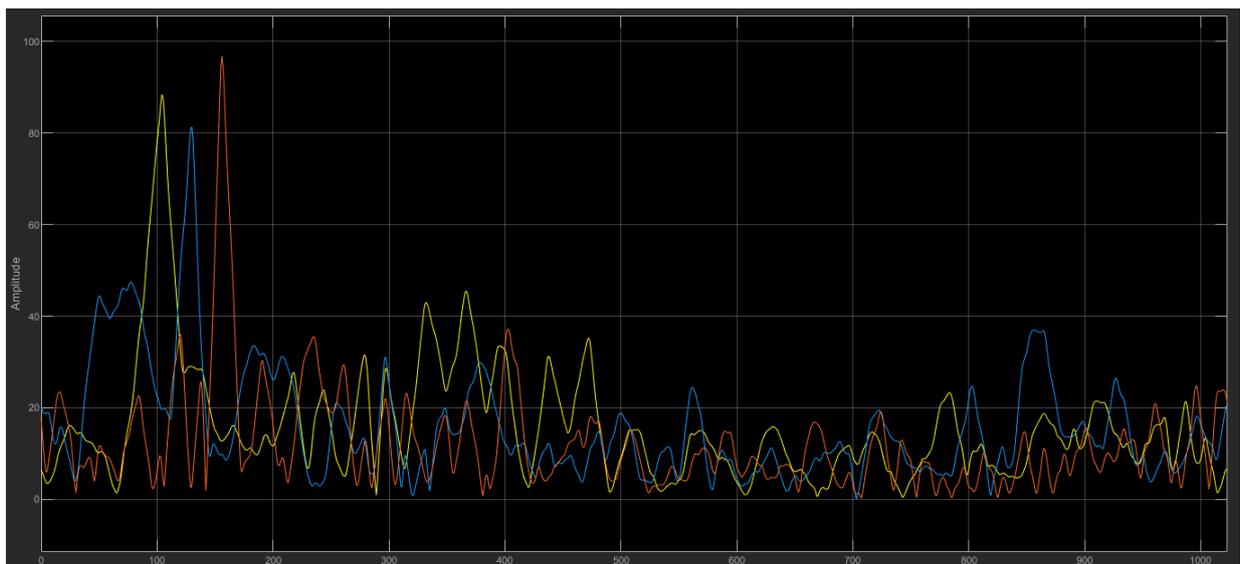
Рис. 10. Результирующий сигнал

Графики псевдослучайных сигналов маячков и график после квадратурной демодуляции показаны на рис. 11.



*Рис. 11.* Псевдослучайные сигналы маячков  
и сигнал после квадратурной демодуляции

Результат работы математической модели по нахождению корреляционных функций маячков показан на рис. 12.



*Рис. 12.* Результат работы математической модели  
по нахождению корреляционных функций маячков

Представленная математическая модель корреляции позволяет находить время пролета, на основании которого выполняется расчет расстояний до маяков:

$$r = ToF \cdot vS, \quad (6)$$

где  $r$  – расстояние объекта относительно маяка;  $ToF$  – время пролета;  $vS$  – скорость звука в воздухе (343 м/с).

Далее с помощью алгоритма трилатерации вычисляются координаты мобильного робота.

### Модельный эксперимент

При движении мобильного робота эффект Доплера приводит к тому, что происходит смещение частоты принимаемого сигнала. Предложенный алгоритм (рис. 13) преобразует сигнал и образцовые последовательности из временной области в частотную и начинает сдвигать образцовые последовательности по частоте и находить корреляцию с принятым сигналом. Сдвиги по частоте, при которых корреляционные функции будут максимальны – доплеровские смещения. На их основании алгоритм вычисляет скорости движения робота относительно каждого маяка. Полученные значения скоростей и расстояний используются для расчета полного вектора скорости робота и его координат.

Для того чтобы не нагружать процессор лишними вычислениями, количество сдвигов ограничивается максимальной скоростью объекта:

$$\max\_dopler\_shift = \frac{vT\_max}{\frac{vS}{f_{carrier}}}, \quad (7)$$

где  $\max\_dopler\_shift$  – максимальный доплеровский сдвиг (Гц);  $vT\_max$  – максимальная скорость объекта (м/с).

Шаг, на который происходит смещение по частоте (Гц) определяется следующей формулой:

$$fft\_resolution = \frac{fs}{frame\_smpls}, \quad (8)$$

где  $f_s$  – частота дискретизации;  $frame\_smps$  – количество точек Фурье, на которых происходит обработка сигнала.

Количество сдвигов определяется по следующей формуле:

$$fft\_shift = \frac{\max\_dopler\_chift}{fft\_resolution}. \quad (9)$$

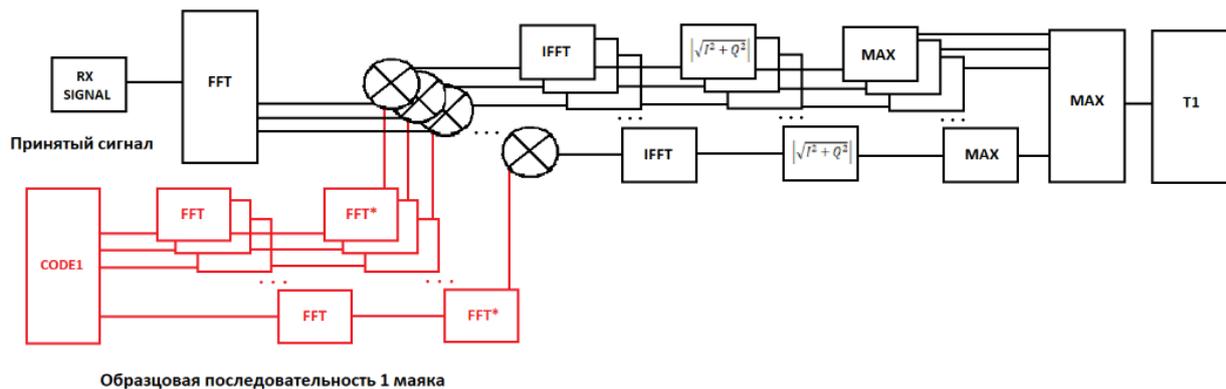


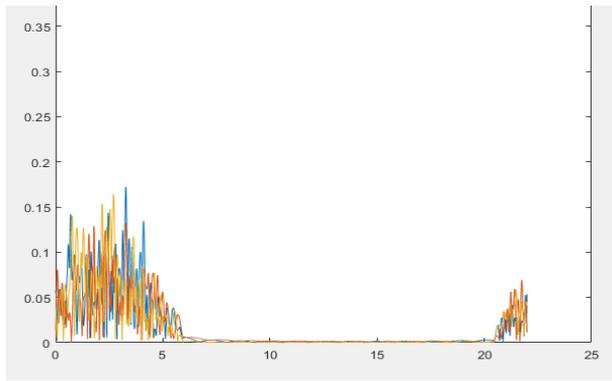
Рис. 13. Принцип работы алгоритма

Исходные данные:

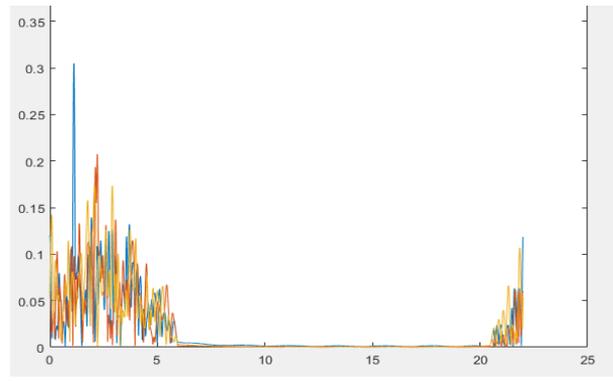
- частота дискретизации 160 кГц;
- расстояния до 1, 2 и 3 маяков соответственно 1,1; 2,2 и 3,3 м;
- скорость мобильного робота относительно каждого из маяков 1,5; 2,0 и 2,5 м/с.

Результат работы алгоритма представлен на рис. 14.

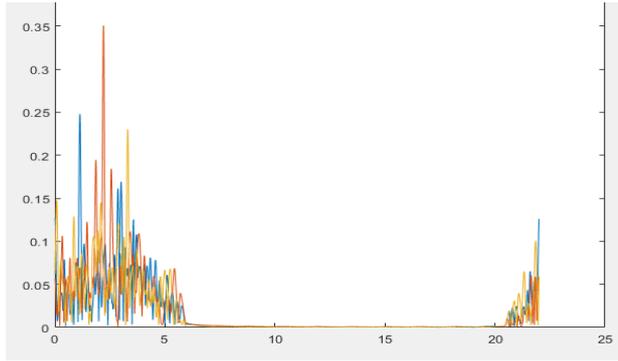
Начало работы алгоритма представлено на рис. 14, а, наилучшее совпадение, при котором корреляционные пики максимальны – на рисунках 14, б – 14, з, посчитанные скорости до каждого из маячков и соответствующие расстояния показаны на рис. 14, д. По оси  $Ox$  представлено расстояние в метрах. По оси  $Oy$  – нормализованное значение амплитуды. Алгоритм показал, что точность определения расстояний до маячков составляет до 2 см.



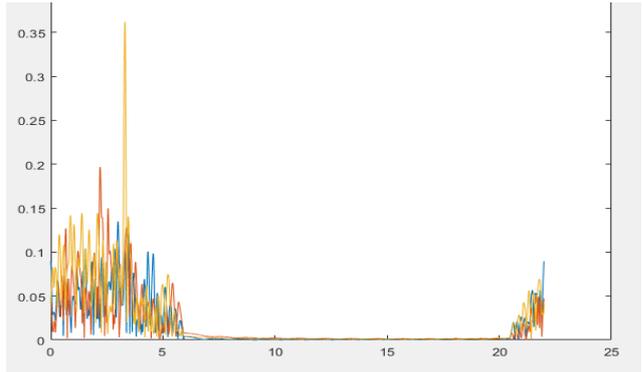
*a*



*б*



*в*



*г*

```

doppler speed : 1.47053, 1.87158, 2.40631
distance      : 1.12118, 2.20806, 3.30781
>>

```

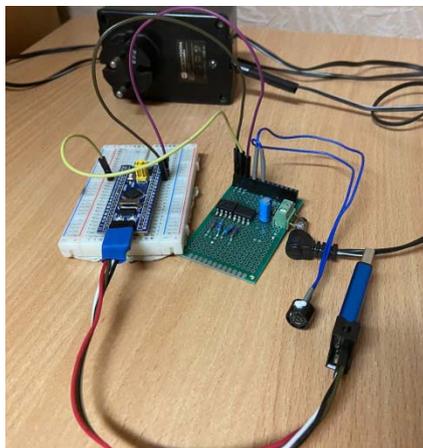
*д*

*Рис. 14.* Результат работы алгоритма

### **Макетированная система**

*Устройство ультразвукового излучателя* (рис. 15, *a*). В качестве излучателя используется ультразвуковой сенсор VS-A1040H7T, который имеет угол обзора 90 градусов. Усилитель собран на двух микросхемах PC923L, которые представляют собой оптоизолированный драйвер затвора полевого транзистора. Они включаются по схеме полного моста и управляются с одного логического входа. Формирование ультразвуковой последовательности происходит на микроконтроллере STM32F103C8T6.

Устройство ультразвукового приемника (рис. 15, б). В качестве приемника был использован ультразвуковой сенсор AW8R40-10OB01, угол обзора которого составляет 100 градусов.



а



б

Рис. 15. Макеты ультразвукового передатчика и приемника

Для усиления сигнала используется схема датчика расстояния HC-SR04, далее сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) микроконтроллера STM32F411VCT6. Для обеспечения связи между микроконтроллером и персональным компьютером используется преобразователь интерфейсов USB-UART PL2303HX.

### **Проверка адекватности работы алгоритма *DSSS* в натурном эксперименте**

Проведен натурный эксперимент, при котором сигнал, сформированный ультразвуковым передатчиком, поступал на приемное устройство, а далее с него на АЦП микроконтроллера. На основании полученных данных с АЦП в среде динамического моделирования *Matlab* была проведена обработка сигнала при помощи алгоритма *DSSS*.

График принятого с АЦП сигнала приведен на рис. 16.

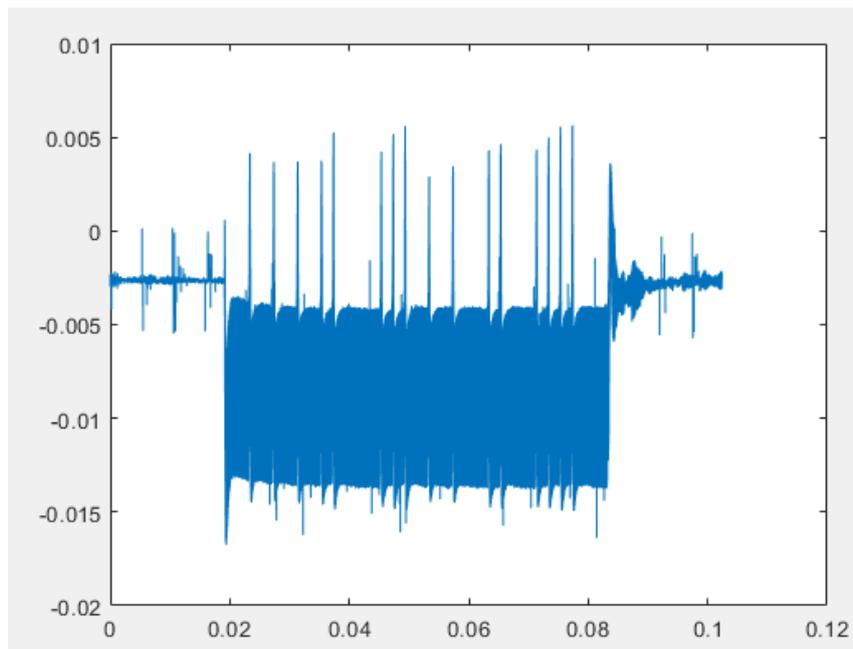


Рис. 16. Принятый сигнал с АЦП микроконтроллера

Графики псевдослучайной последовательности, принятого сигнала, прошедшего квадратурный демодулятор, и график корреляционной функции приведены на рис. 17.

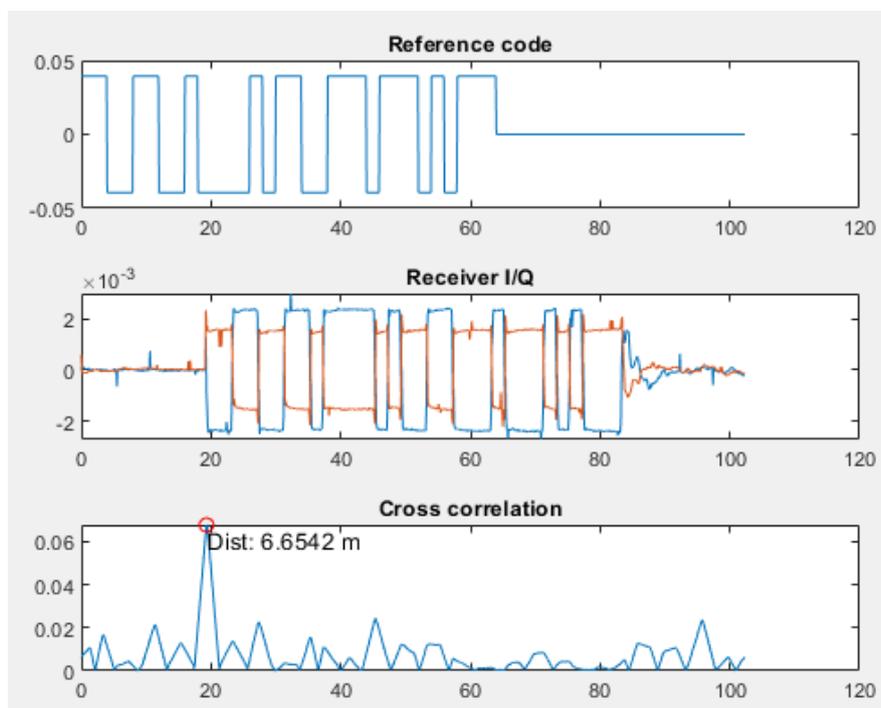


Рис. 17. Графики псевдослучайной последовательности, принятого сигнала, прошедшего квадратурный демодулятор, и график корреляционной функции

На втором графике компоненты  $I$  и  $Q$  сигнала работают в противофазе в те моменты времени, когда происходит сдвиг по фазе ( $BPSK$ ), что показывает, что сигнал был правильно сформирован передатчиком. На третьем графике корреляционная функция дает максимум в момент смещения опорного сигнала и принятого. Этот момент времени равен примерно 19,4 мс, что соответствует дистанции 6,65 м.

С использованием в системе узкополосных сенсоров удалось сформировать ультразвуковой сигнал путем сужения частоты модуляции, таким образом сигнал передан без потери энергии. При помощи алгоритма  $DSSS$  удалось правильно идентифицировать принятый сигнал.

### Оценка системы позиционирования при затухании сигнала в воздухе

В среде динамического моделирования  $Matlab$  проводилась оценка зависимости амплитуды корреляционной функции (КФ) от расстояния при затухании сигнала в воздухе. Зависимость амплитуды КФ от изменения расстояния до передающего устройства приведена на рис. 18.

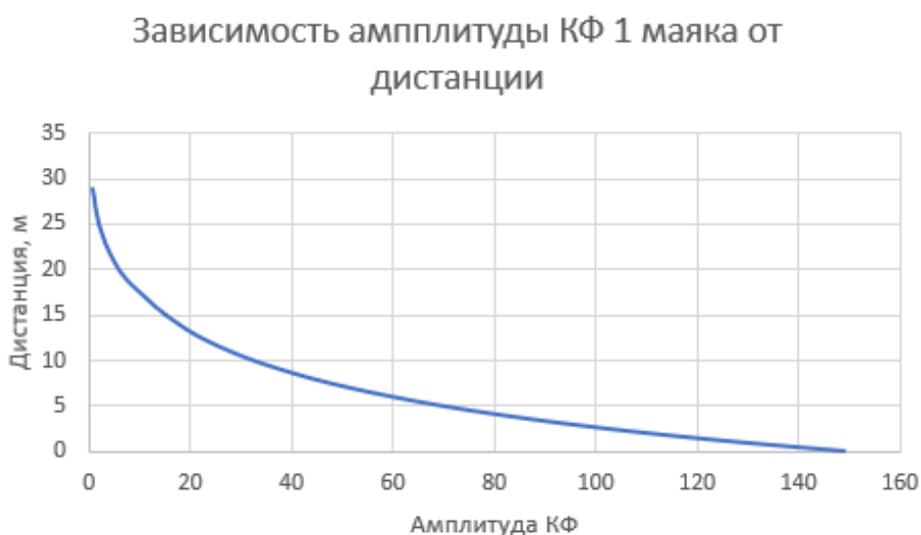


Рис. 18. Зависимость амплитуды КФ маяка от дистанции при затухании звука в воздухе

Коэффициент затухания звука в воздухе (дБ/м) считается по формуле [6]:

$$\alpha = -0,000033 \cdot f_{carrier} \cdot r, \quad (10)$$

где  $r$  – дистанция до маяка (м).

### **Заключение**

Разработанная модель системы позиционирования включает в себя метод прямой последовательности для расширения спектра, который, в отличие от других методов модуляции сигнала, обладает рядом преимуществ:

- позволяет работать на узкой полосе частот, что не требует наличия широкополосного сенсора;
- количество мобильных маяков в одном помещении не зависит от частоты обновления данных, потому как нет необходимости разделять канал передачи сигнала по времени;
- сигнал становится более помехоустойчив, поскольку в данном случае передается не 1 бит информации, а несколько, и соотношение сигнал/шум увеличивается.

Но для того чтобы использовать узкую полосу частот в данном алгоритме, необходимо увеличить сигнал по времени, а это может ограничить скорость мобильного объекта.

Модель включает алгоритм, позволяющий компенсировать ухудшение точности позиционирования мобильного робота от эффекта Доплера. В результате работы модельного эксперимента точность определения местоположения составила до 2 см с учетом движения мобильного робота.

Проведен наутрный эксперимент, в результате которого проверена адекватность работы алгоритма *DSSS*. Ультразвуковой передатчик сформировал сигнал на частоте  $40 \pm 1$  кГц. На основании полученных данных с АЦП микроконтроллера удалось правильно идентифицировать принятый сигнал.

Оценена зависимость амплитуды корреляционной функции от расстояния при затухании сигнала в воздухе.

Данная математическая модель может быть использована в качестве базового программного обеспечения для вычислительного устройства мобильного робота, позволяющего находить местоположение в режиме реального времени при движении мобильного робота.

### Список использованных источников и литературы

1. *Онуфриева, Т. А.* Обзор автоматизированных систем позиционирования объектов / Онуфриева Т. А., Щавелев Л. А. // *Инновационная наука*. – 2017. – № 03-1. – С. 1–3.

2. Optimizations for FPGA-Based Ultrasound Multiple-Access Spread Spectrum Ranging / Laurent Segers, An Braeken, Abdellah Touhafi // *Journal of Sensors*. – 2020. – Volume, 26 p.

3. Система спутниковой навигации GPS – принцип, схема, применение // *ArduinoMaster* : российское ардуино-сообщество. – URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/sistema-sputnikovoj-navigacii-gps> (дата обращения: 14.12.2022).

4. Псевдослучайная перестройка рабочей частоты // *Википедия*. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Псевдослучайная\\_перестройка\\_рабочей\\_частоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/Псевдослучайная_перестройка_рабочей_частоты) (дата обращения: 17.12.2021).

5. Пат. № US 2007/0070812 A1США, МПК G01S3/80, G01S11/14. Система позиционирования с использованием ультразвуковых волн и способ ее работы: № 2017105030 : заявл. 08.09.2006 : опубл. 29.03.2007 / Ли Дуг Хвал; заявитель: Knobbe Martens Olson & Bear LLP (Irvine, CA, US). – 16 с. : ил.

6. ISO 9613-1:1993. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. International standard / International Organization for Standardization // Case Postale 56, CH-1 211. – Geneve 20, Switzerland. – 12 p.

7. Понятие квадратурной демодуляции // *Radio Prog*. – URL: <https://radio-prog.ru/post/416> (дата обращения: 14.12.2022).

*K. V. Shuvalova*, Master's Degree Student  
*A. I. Abramov*, PhD in Engineering, Associate Professor  
FGBOU VO "Kalashnikov Izhevsk State Technical University"

### **Mobile robot ultrasonic positioning system**

*This article provides a solution to the problem of identification in the field of ultrasonic positioning systems. With an increase in the number of robots simultaneously working and tracked by the positioning system in one zone, the DSSS (Direct sequence spread spectrum) method was used to uniquely identify the signal source. An algorithm has been developed and presented that allows compensating for the deterioration in the positioning accuracy of a mobile robot due to the Doppler effect, which finds the Doppler shift and, based on it, calculates the speed of the robot and the distance relative to each of the beacons. Mathematical models of the DSSS signal modulation algorithm and the Doppler shift search algorithm have been developed. The adequacy of the DSSS algorithm was checked, and the system was evaluated for signal attenuation in the air.*

**Keywords:** ultrasonic sensors; DSSS; positioning; mobile robot.

*М. А. Ямшанов*, студент

*nikolaivinogrado@yandex.ru*

*Ю. Р. Никитин*, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

## **Разработка системы позиционирования ветрогенератора большой мощности с вертикальной осью**

*В настоящее время актуально использование возобновляемых источников энергии. Предложена структурная схема автономного источника электроэнергии на основе ветрогенератора. Приведена модель преобразования механической энергии в электрическую с помощью синхронного генератора с постоянными магнитами в программе Sim In Tech. Показаны результаты моделирования при пуске ветрогенератора – напряжения на трех фазах. Время переходного процесса составляет 2 с. Разработана механическая автономная система позиционирования ветрогенератора, которая в минимальном своем исполнении состоит из четырех датчиков-ключей, при этом датчики-ключи помещены в звездчатый корпус, количество вогнутых углов которого зависит от количества датчиков, а также система включает в себя электродвигатель с механической передачей. Приведена схема подключения датчиков-ключей к электродвигателю. Разработана система позиционирования ветрогенератора большой мощности с вертикальной осью для автономных источников электроэнергии.*

**Ключевые слова:** ветрогенератор; позиционирование; модель; источник энергии.

## **Введение**

Истощение природных ископаемых видов топлива, колебания цен на энергоресурсы делают актуальной задачу использования энергии возобновляемых источников, в частности энергии ветра. В России ресурсный потенциал нетрадиционных и возобновляемых источников энергии составляет порядка 5 млрд т условного топлива в год, а экономический потенциал в самом общем виде достигает не менее 270 млн т условного топлива [1]. Однако следует отметить, что в настоящее время данные источники используются в России недостаточно, и это делает актуальной задачу обоснования целесообразности их использования, выбора структуры и принципов эффективного управления данными источниками энергии. Возобновляемые энергетические системы (ЭС) с их различными формами могут использоваться в индивидуальном или гибридном виде [2, 3]. Чтобы увеличить эффективность данных ЭС, особенно в отдаленных районах, обычно используются дополнительные системы хранения энергии [4]. Системы хранения энергии бывают в виде батарей, маховиков, суперконденсаторов и топливных элементов [5].

В работе [6] была исследована гибридная система фотоэлектричества/ветра/батарей/суперконденсаторов. В работе [7] исследовалась гибридная система с простой топологией преобразователя со стороны крыльчатки, соединенного с электрическим генератором. Преобразователь энергии моделируется как трехфазный диодный выпрямитель в каскадном режиме с повышающим DC/DC-контроллером. Работа ЭС со сложными системами хранения энергии, такими как топливные элементы, водородные технологии, суперконденсаторы и биореакторы, рассматривалась в статье [8].

Дальнейшее совершенствование ЭС может быть проведено путем включения эффективных систем управления и хранения энергии. Целью стратегии управления энергией является достижение баланса между производимой и потребляемой энергией, при этом предотвращая избыточную зарядку или разрядку накопителей, что способствует сохранению срока службы системы хранения энергии [9]. Для ветрогенераторов использовались различные типы машин, на-

чиная с асинхронных генераторов с самовозбуждением и короткозамкнутым ротором [10], которые имеют высокую надежность и простоту обслуживания. Их конкурентами являются синхронные генераторы с постоянными магнитами, имеющие высокую надежность и эффективность [11, 12].

Цель данного исследования – разработка системы позиционирования ветрогенератора большой мощности с вертикальной осью для автономных источников электроэнергии.

### **Разработка ветрогенератора с вертикальной осью**

Ветрогенератор состоит из вращающейся конструкции, синхронного генератора с постоянными магнитами, вал которого приводится в движение ветром, и аккумуляторной системы [13]. Управление работой синхронного генератора достигается за счет управления преобразователем с помощью схемы управления.

Эффективная схема управления также используется для управления накоплением энергии в аккумуляторе с помощью двунаправленного DC/DC-преобразователя. Для поддержания сбалансированного потока энергии между блоками системы представлена стратегия управления энергией [14]. Проведены вычислительные эксперименты с моделью для оценки производительности ветрогенератора с вертикальной осью с учетом переменной скорости ветра и переменной нагрузкой. Результаты подтверждают эффективность системы управления аккумуляторными батареями и обоснованность разработанной стратегии управления энергией для достижения энергетического баланса между блоками системы [15].

Составными частями автономного источника электроэнергии, показанного на рис. 1, являются [16]:

- первичный источник энергии (крыльчатка ветрогенератора);
- синхронный генератор с постоянными магнитами (установлен на валу первичного источника и преобразовывает механическую энергию вращения в электрическую);
- аккумулятор (накапливает электрическую энергию);

- преобразовательный комплекс (объединяет вышеперечисленные устройства и обеспечивает их совместное функционирование);
- система управления верхнего уровня (СУВУ), обеспечивает управление комплексом и общую логику его работы).

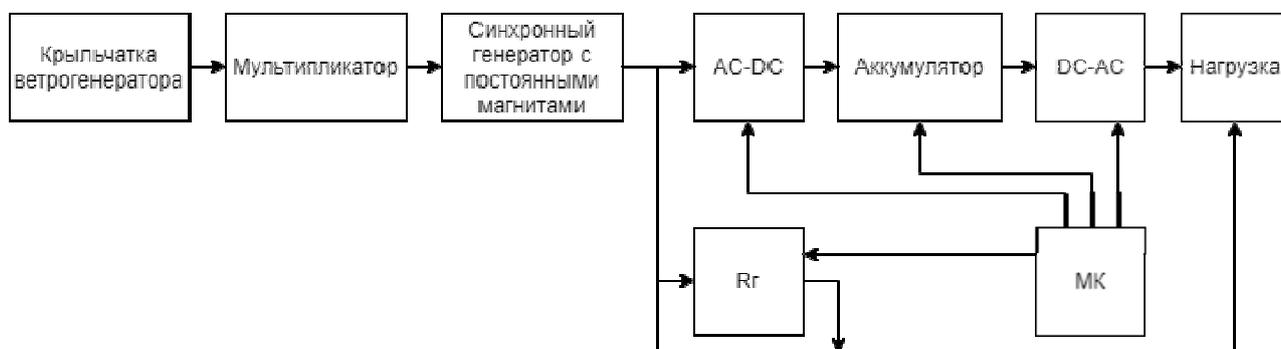


Рис. 1. Структурная схема автономного источника электроэнергии

Преобразовательный комплекс осуществляет двойное преобразование энергии ( $AC \Rightarrow DC \Rightarrow AC$ ) [16].

Состоит преобразовательный комплекс из трех преобразователей:

- энергии генератора (преобразователь генератора);
- энергии аккумуляторной (преобразователь аккумулятора);
- сетевого.

Используя два канала управления, СУВУ выбирает режим работы установки, соответствующий [16]:

- мощности потребления сети;
- максимальному КПД генератора.

Преобразователь аккумулятора находится в буфере и помогает обеспечить баланс мощности в динамике. Если энергии потребляется больше, чем генерируется, то он разряжается, а если наоборот, то заряжается.

Данный преобразователь аккумулятора является двунаправленным, т. е. он позволяет формировать токи как из звена постоянного тока в аккумулятор, так и наоборот. Часто его удобно делать многоканальным. Это позволяет делить мощность между каналами и снижать амплитуду пульсаций тока и напряжения [16].

Модель преобразования механической энергии в электрическую с помощью синхронного генератора с постоянными магнитами в программе *Sim In Tech* приведена на рис. 2. Результаты моделирования при пуске ветрогенератора – напряжения на трех фазах, показаны на рис. 3.

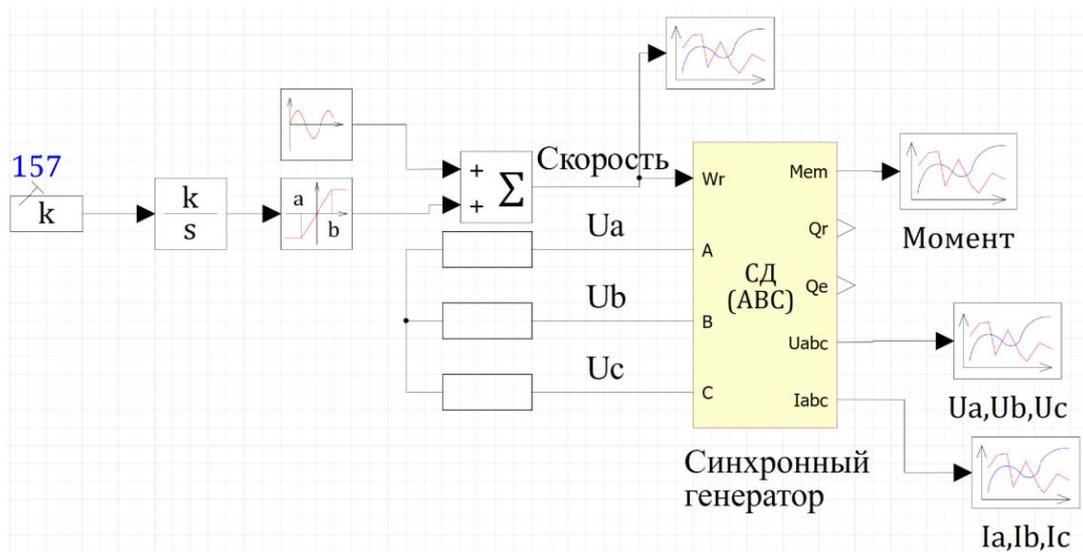


Рис. 2. Модель преобразования механической энергии в электрическую с помощью синхронного генератора с постоянными магнитами в программе *Sim In Tech*

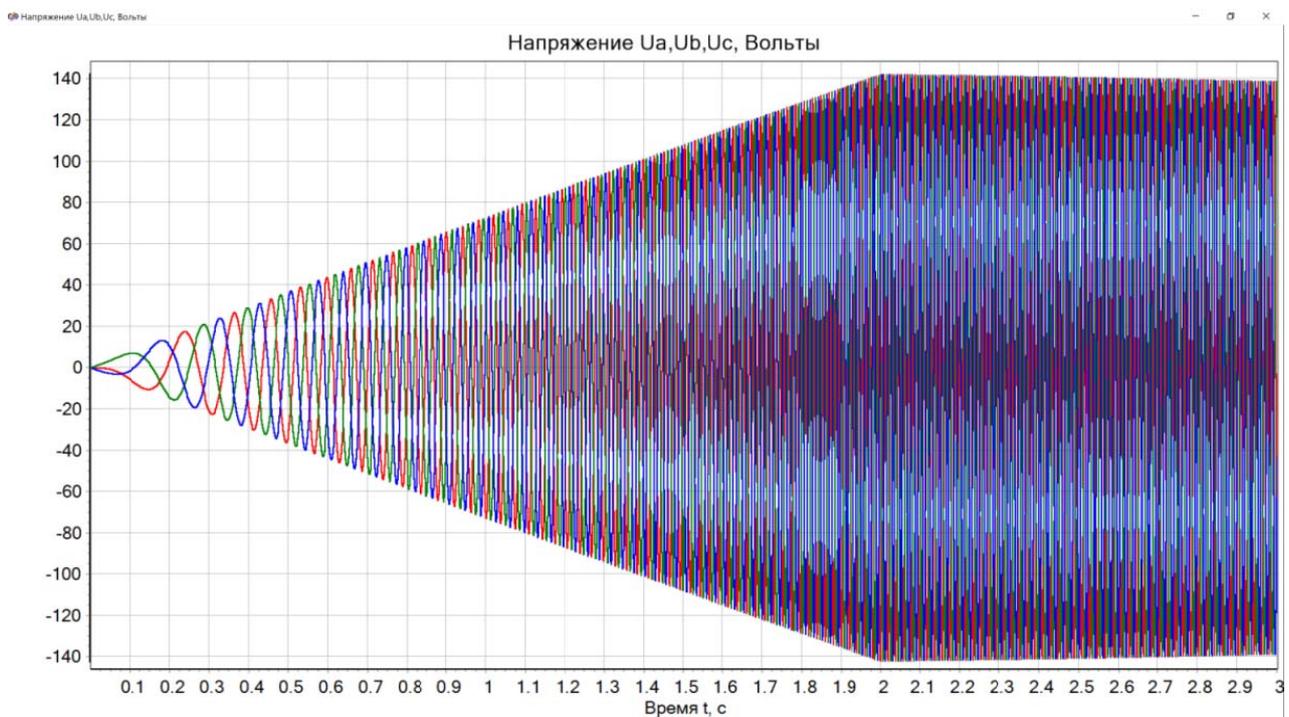


Рис. 3. Результаты моделирования при пуске ветрогенератора – напряжение на трех фазах

## Разработка механической автономной системы позиционирования ветрогенератора

Разработана механическая автономная система позиционирования ветрогенератора, которая в минимальном своем исполнении состоит из четырех датчиков-ключей, которые либо замыкаются (направленные вместе с лопастями навстречу ветру), либо размыкаются (остальные) при давлении на них воздушного потока, при этом датчики-ключи помещены в звездчатый корпус, количество вогнутых углов которого зависит от количества датчиков, а также система включает в себя электродвигатель с механической передачей. Ниже представлены вид датчика-ключа замыкания (рис. 4) и вид датчика-ключа размыкания (рис. 5).

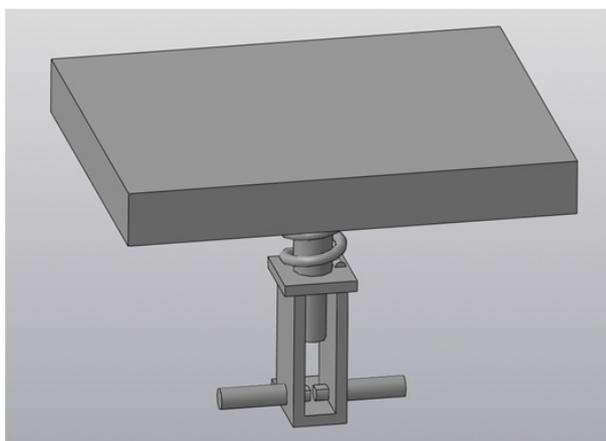


Рис. 4. Датчик-ключ замыкания

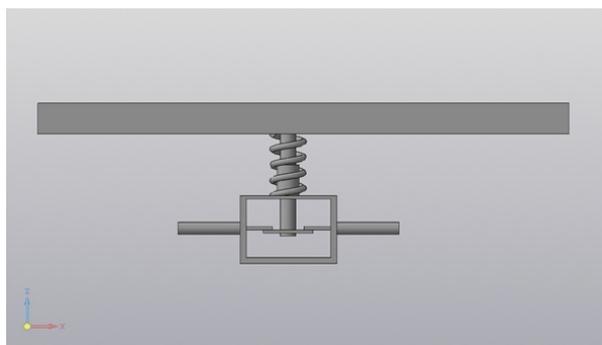


Рис. 5. Датчик-ключ размыкания

Корпус с датчиками-ключами разворачивается вместе с крыльчаткой ветрогенератора. Вариант корпуса для четырех датчиков представлен на рис. 6, электрическая схема – на рис. 7.

Возьмем «Н» (начальное положение) за фронт ветрогенератора и корпуса соответственно. Под номером 1 установлен датчик-ключ размыкания, под номерами 3 и 4 установлены датчики-ключи замыкания, под номером 2 – датчик-ключ замыкания и размыкания. При ветре со стороны датчика 4 (позади ветрогенератора) ветрогенератор начнет разворачиваться из положения «Н» в положение «В». В данном примере при развороте ветрогенератора датчик 4 разомк-

нет цепь после того, как замкнет цепь датчик 3, из-за чего разворот продолжится в положение «В». При ветре со стороны датчика 2 датчик-ключ 2 разомкнет цепь и замкнет ее в другом месте, из-за чего начнется разворот ветрогенератора в положение «С», т. к. двигатель будет работать в режиме реверса.

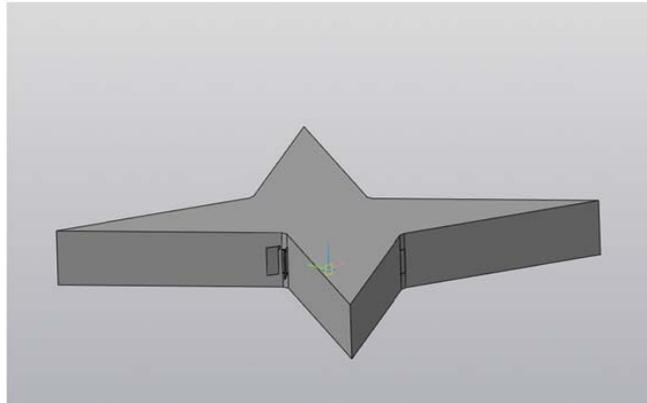


Рис. 6. Корпус с датчиками-ключами

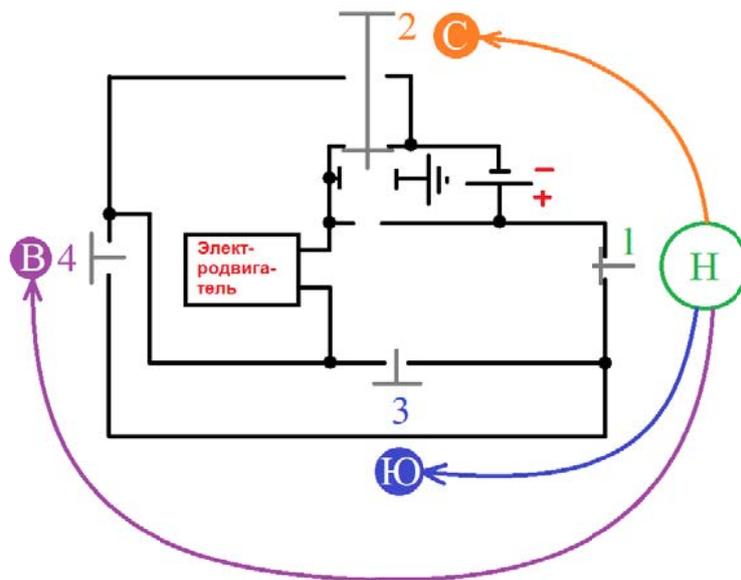


Рис. 7. Схема подключения датчиков-ключей к электродвигателю

Если датчиков-ключей будет больше четырех, например, пять, то схема немного изменится (рис. 8).

Данная система позиционирования разрабатывалась для вертикально-осевого ветрогенератора большой мощности, представленного на рис. 9 и 10, чтобы разворачивать его корпус.

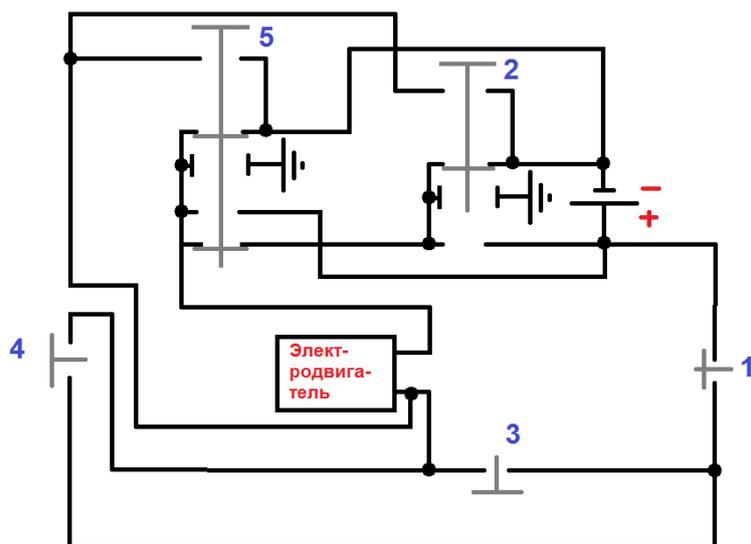


Рис. 8. Схема подключения пяти датчиков-ключей к электродвигателю

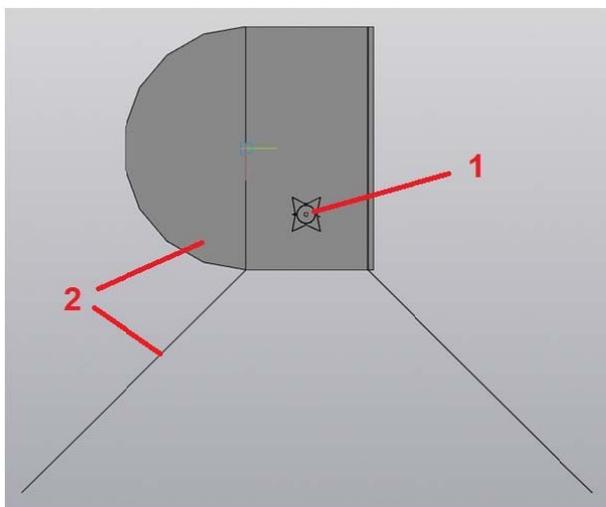


Рис. 9. Ветрогенератор (вид сверху)

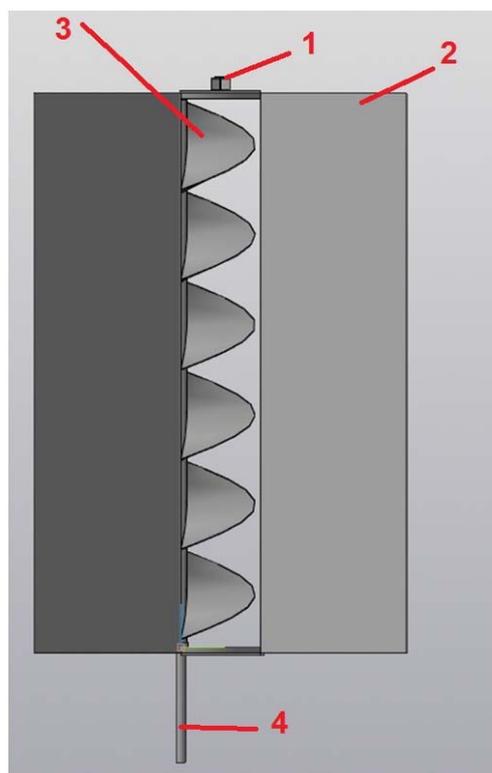


Рис. 10. Ветрогенератор (вид спереди): 1 – корпус для установки четырех датчиков-ключей; 2 – корпус ветрогенератора и боковые концентрирующие потоки ветра поверхности; 3 – шнекообразная лопасть; 4 – вал ветрогенератора

## **Выводы**

Предложена структурная схема автономного источника электроэнергии на основе ветрогенератора. Приведена модель преобразования механической энергии в электрическую с помощью синхронного генератора с постоянными магнитами в программе *Sim In Tech*. Показаны результаты моделирования при пуске ветрогенератора – напряжения на трех фазах. Время переходного процесса составляет 2 с. Разработана механическая автономная система позиционирования ветрогенератора, которая в минимальном своем исполнении состоит из четырех датчиков-ключей, при этом датчики-ключи помещены в звездчатый корпус, количество вогнутых углов которого зависит от количества датчиков, система включает в себя электродвигатель с механической передачей. Приведена схема подключения датчиков-ключей к электродвигателю. Разработана система позиционирования ветрогенератора большой мощности с вертикальной осью для автономных источников электроэнергии.

## **Список использованных источников и литературы**

1. Развитие ветроэнергетики в России // ФОРТУМ. – URL: <https://www.fortum.ru/razvitiie-ventoenergetiki-v-rossii> (дата обращения: 09.12.2022).
2. Пат. № 2674815 С2 Российская Федерация, МПК F03D 7/00, H02P 9/00. Ветрогенератор № 2017112423: заявл. 11.04.2017 : опубл. 13.12.2018 / С. А. Чижма, С. В. Молчанов, А. В. Сеницин, А. И. Захаров ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта».
3. *Mossa, M. A.* Performance Enhancement of a Hybrid Renewable Energy System Accompanied with Energy Storage Unit Using Effective Control System / *M. A. Mossa, O. Gam, N. Bianchi* // *International Journal of Robotics and Control Systems*. – 2022. – Vol. 2, no. 1. – Pp. 140–171.
4. *Mohandes, B.* Renewable Energy Management System: Optimum Design and Hourly Dispatch / *B. Mohandes, M. Wahbah, M. S. E. Moursi, and T. H. M. El-Fouly* // *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. – July 2021. – Vol. 12, no. 3. – Pp. 1615–1628. –

URL: <https://doi.org/10.1109/TSTE.2021.3058252> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/TSTE.2021.3058252

5. *Angadi, S.* Comprehensive review on solar, wind and hybrid wind-PV water pumping systems-an electrical engineering perspective / S. Angadi, U. R. Yaragatti, Y. Suresh, and A. B. Raju // CPSS Transactions on Power Electronics and Applications. – 2021. – Vol. 6, no. 1. – Pp. 1–19. – URL: <https://doi.org/10.24295/CPSSTPEA.2021.00001> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.24295/CPSSTPEA.2021.00001

6. *Kong, X.* Hierarchical distributed model predictive control of standalone wind/solar/battery power system / X. Kong, X. Liu, L. Ma, K. Y. and Lee // IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Syst. – 2019. – Vol. 49. – Pp. 1570–1581. – URL: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2897646> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/TSMC.2019.2897646

7. *Wu, Q.* *Modeling and Modern Control of Wind Power* / Q. Wu, Y. Sun, Z. Navid, and K. Samir // John Wiley & Sons. – New York, NY, USA, 2018 – URL: <https://doi.org/10.1002/9781119236382> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1002/9781119236382

8. *Gajewski, P.* Control of wind turbine system with PMSG for low voltage ride through / P. Gajewski, and K. Pie // Proceedings of the International Symposium on Electrical Machines. – 2018. – Pp. 1–6. – URL: <https://doi.org/10.1109/ISEM.2018.8442464> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/ISEM.2018.8442464

9. *Mohamad, A. M. I.* Investigation of Impacts of Wind Source Dynamics and Stability Options in DC Power Systems with Wind Energy Conversion Systems / A. M. I. Mohamad, Fakhari Moghaddam Arani, M., and Y. A. I. Mohamed // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – Pp. 18270–18283. – URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2966363> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/ACCESS.2020.2966363

10. *Jlassi, I.* Fault-Tolerant Back-to-Back Converter for Direct-Drive PMSG Wind Turbines Using Direct Torque and Power Control Techniques / I. Jlassi, and A. J. M. Cardoso // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2019. – Vol. 34, no. 11. – Pp. 11215–11227. – URL: <https://doi.org/10.1109/TPEL.2019.2897541> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/TPEL.2019.2897541

11. *Neto, P. J. D. S.* A Proposal to Control Active and Reactive Power in Distributed Generation Systems Using Small Wind Turbines / P. J. D. S. Neto, A. C. Pinto, D. S. B. T. André, and E. R. Filho // IEEE Latin America Transactions. – October 2020. – Vol. 18, no. 10. –

Рр. 1699–1706. – URL: <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9387640> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/TLA.2020.9387640

12. *Torres, J., Peña, R., Tapia, J., Riedemann, J., and Pesce, C.* Direct power control of an Axial Flux Permanent Magnet Synchronous machine / J. Torres, R. Peña, J. Tapia, J. Riedemann, and C. Pesce // IEEE Southern Power Electronics Conference (SPEC). – 2017. – Рр. 1–6. – URL: <https://doi.org/10.1109/SPEC.2017.8333643> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/SPEC.2017.8333643

13. *Teixeira, T. P.* Operation Strategies for Coordinating Battery Energy Storage with Wind Power Generation and Their Effects on System Reliability / T. P. Teixeira, and C. L. T. Borges // Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. – January 2021. – Vol. 9, no. 1. – Рр. 190–198. – URL: <https://doi.org/10.35833/MPCE.2019.000492> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.35833/MPCE.2019.000492

14. *Islam, M. M.* Advanced and comprehensive control methods in wind energy systems / M. M. Islam, and D. Chowdhury // Emerging Power Converters For Renewable Energy And Electric Vehicles, Taylor & Francis: Abingdon, UK. – 2021. – Рр. 191–224. – URL: <https://doi.org/10.1201/9781003058472-6> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1201/9781003058472-6

15. *Kumar, P. S.* Design and Development of Hybrid Wind – Solar – Battery Power Generation System using SVPWM Based Multilevel Inverter for Grid Connected Application / P. S. Kumar, R. P. S. Chandrasena, and K. V. Sam Moses Babu // IEEE PES/IAS Power Africa, 2020. – Рр. 1–5. – URL: <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219987> (дата обращения: 08.01.2023). – DOI 10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219987

16. *Калачев, Ю. Н.* Преобразователи автономных источников электроэнергии / Ю. Н. Калачев, А. Г. Александров. – Москва : ДМК «Пресс», 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-97060-925-5

*M. A. Yamshanov*, Master's Degree Student

*Y. R. Nikitin*, PhD in Engineering, Associate Professor

FGBOU VO “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”

**Development of high power wind turbine positioning system with vertical axis**

*Presently the use of renewable sources of energy is actual. The structural scheme of autonomous source of electric power on the basis of wind generator is proposed. The model of mechanical energy transformation into electric energy by means of synchronous generator with permanent magnets in Sim In Tech program is given. The results of modeling at wind turbine start-up - voltages on three phases are shown. The transient time is 2 sec. The mechanical autonomous system of wind generator positioning which in its minimal configuration consists of four sensors-keys is developed, thus the sensors-keys are placed in the star case which quantity of concave corners depends on quantity of sensors, and also the system includes the electric motor with a mechanical transmission. A schematic diagram of how the sensor-keys are connected to the electric motor is given. The system of positioning of high capacity wind turbine generator with vertical axis for autonomous power sources is developed.*

**Keywords:** wind generator; positioning; model; power source.

## Содержание

<i>Астраханцева Е. В., Горбунов Н. С., Пестерева И. В., Мальцев Д. В., Непогодин А. М., Якушев Н. М.</i> Модульная установка биологической очистки сточных вод.....	3
<i>Газизулин М. Р., Архипова А. И., Земцова М. В., Фазуллин Р. Р., Лимонников А. И., Архипов И. О.</i> Разработка инструмента для управления инвестиционным портфелем и его прогнозирования.....	15
<i>Зонова Я. В., Кузьмин И. А., Новиков П. А., Устинова Н. П., Шишлина Н. В.</i> Модели организации междисциплинарных студенческих проектных команд.....	24
<i>Лужбина А. П., Буторина И. А., Илтубаева Е. Ю., Алиев Э. В.</i> Разработка приложения для помощи бездомным и домашним животным .....	32
<i>Домрачева Э. В., Ложкин Ю. В., Останина П. А.</i> Особенности проектирования светодиодных светильников геометрической формы с автономным питанием.....	41
<i>Дорофеева С. Р., Касаткин А. Н.</i> Анализ данных и визуализация дорожно-транспортных происшествий в Удмуртской Республике.....	49
<i>Евстафьева В. С., Зеленова А. С., Алиев Э. В.</i> Приложение для отслеживания здорового сна человека .....	58
<i>Заугольщикова М. М., Сайфутдинова Р. М., Ибрагимова А. А.</i> Специфика креативной индустрии среди регионов Приволжского федерального округа .....	65
<i>Ившина А. А., Метляков Л. В., Стерхов И. Д., Тураев К. Я., Попов Д. Н., Хворенков Д. А.</i> К расчету процессов нагрева агрессивных сред методом индукции.....	73
<i>Касаткин А. Н., Дорофеева С. Р.</i> Выявление мест концентрации дорожно-транспортных происшествий .....	83
<i>Константинова А. А., Черных М. М., Останина П. А.</i> Создание ювелирного кольца из серебра с фактурой листа .....	95
<i>Лебедева Е. В., Клековкин В. С.</i> Управление и стимулирование инновационной активности сотрудников .....	103
<i>Огорельцев Е. Н., Соловьева П. С., Иванов Ю. А., Устинов Н. П., Шишлина Н. В.</i> Организационные условия внедрения междисциплинарной проектной деятельности в учебный процесс ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.....	112
<i>Раев А. С., Копысов А. Н.</i> Сравнение программного обеспечения в рамках моделирования работы OFDM-радаров .....	121
<i>Самохвалова Д. И., Ложкин Ю. В., Останина П. А.</i> Особенности использования метода normal mapping на примере 3D-моделирования <i>game-ready</i> -модели волейбольного мяча в программе <i>Blender</i> .....	136
<i>Скобелева К. В., Мельчакова М. А., Щенникова Е. А., Устинова Н. П., Шишлина Н. В.</i> Структура онлайн-платформы для организации междисциплинарного проектирования в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова .....	144
<i>Смирнов С. В., Кирпиков А. В., Куликов Д. А.</i> Реализация системы «Замок на RFID и сервопривод» для контроля доступа к компьютерным классам .....	153
<i>Ткачук О. В., Клековкин В. С.</i> Разработка концептуальной модели системы управления рисками на примере процесса постановки на производство.....	163
<i>Филичкин С. А., Фарахутдинов Р. Э., Комаров Д. В., Вологдин С. В., Сяктерева В. В.</i> Применение технологии компьютерного зрения для разработки проблемно-ориентированных стартап проектов.....	171
<i>Шамишулин М. А., Вологдин С. В.</i> Разработка виртуальных лабораторий по физике и химии.....	179
<i>Шихов Е. А., Санников П. А., Лекомцев П. В.</i> Разработка стенда для исследования асинхронного электропривода.....	187
<i>Шувалова К. В., Абрамов А. И.</i> Система ультразвукового позиционирования мобильного робота .....	197
<i>Ямшанов М. А., Никитин Ю. Р.</i> Разработка системы позиционирования ветрогенератора большой мощности с вертикальной осью .....	219

*Научное издание*

**Выставка инноваций – 2022 (осенняя сессия)**

Сборник материалов XXXIV Республиканской выставки-сессии  
студенческих инновационных проектов  
(Ижевск, 15 декабря 2022 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети

Дата размещения на сайте

*В редакции авторов*

Технический редактор *С. В. Звягинцова*  
Корректор *Н. К. Швиндт*  
Верстка *С. В. Петуховой*  
Дизайн обложки *К. Н. Сабура*

Подписано к использованию 25.01.2023. уч.-изд. листов 7,93. Объем 10,8 МБ. Заказ № 263

Управление информационных ресурсов Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова  
426069, Ижевск, Студенческая, 7