

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

---

*Посвящается  
300-летию Российской академии наук*

**ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'24**  
XIX Международная конференция  
по электромеханике и робототехнике  
16–17 апреля 2024 г.

**Молодежная секция**

Сборник докладов



Санкт-Петербург  
2024

3-13 Завалишинские чтения'24: XIX Международная конференция по электромеханике и робототехнике (СПб., 16–17 апреля 2024 г.). Молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2024. 339 с.

ISBN 978-5-8088-1960-3

Доклады молодежной секции конференции отражают весь спектр направлений научных работ, проводимых Институтом киберфизических систем ГУАП: от проектирования отдельных элементов и устройств, технологий их создания, решения вопросов диагностики и разработки прикладного программного обеспечения до построения сложных систем и комплексов, различных по своему функциональному назначению.

#### Оргкомитет конференции

##### Председатель оргкомитета конференции

Ю. А. Антохина – доктор экономических наук, профессор, ректор ГУАП

##### Сопредседатели конференции:

О. А. Баулин – кандидат технических наук, доцент, ректор УГНТУ

С. Г. Емельянов – доктор технических наук, профессор, ректор ЮЗГУ

Ю. А. Железнов – кандидат технических наук, доцент, директор ИЭЭ РАН

И. В. Ковалёв – доктор технических наук, профессор, директор ОУ «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений»

А. А. Оводенко – доктор технических наук, профессор, президент ГУАП, заведующий кафедрой ЮНЕСКО «Дистанционное инженерное образование», академик Метрологической академии РФ

В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор, проректор по образовательным технологиям и инновационной деятельности, директор Института киберфизических систем ГУАП

##### Председатель программного комитета

В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор, проректор по образовательным технологиям и инновационной деятельности ГУАП, директор Института киберфизических систем ГУАП

##### Члены программного комитета:

С. В. Беззатеев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности ГУАП

Е. Г. Пахомова – кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности ЮЗГУ

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники, директор Инженерной школы ГУАП

А. Ф. Супрун – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора института кибербезопасности и защиты информации СПбПУ

Н. Б. Филимонов – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, заместитель заведующего кафедрой, профессор МГУ им. М. В. Ломоносова, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана

Е. А. Фролова – доктор технических наук, доцент, директор Института фундаментальной подготовки и технологических инноваций, главный редактор научного журнала «Инновационное приборостроение» ГУАП

М. И. Хакимьянов – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий УГНТУ, главный редактор научного журнала «Электротехнические и информационные комплексы и системы» УГНТУ

Л. И. Чубраева – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией электроэнергетики ИЭЭ РАН, главный научный сотрудник Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН

В. А. Ямщиков – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, руководитель научного направления электро-разрядной лазерной техники ИЭЭ РАН, Москва

С. Ф. Яцун – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механики, мехатроники и робототехники ЮЗГУ

##### Руководитель рабочей группы

О. Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электромеханики и робототехники ГУАП

УДК 621.86

**Н. В. Александров**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель

### ПРЕИМУЩЕСТВА ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СРАВНЕНИИ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) со времен своего создания и до сих пор остаются неоспоримым лидером на рынке автомобильной продукции, предоставляя мощность и надежность для широкого спектра транспортных средств, в настоящее время они начинают встречаться с явной конкуренцией со стороны более экологичных и эффективных электрических двигателей. В последние годы технологическое совершенствование в области электродвигателей значительно изменило вектор в концепции транспортной индустрии.

В последнее время эксперты в области разработки электродвигателей обратили внимание на новый вид электропривода – вентильно-индукторный. Этот прогрессивный привод примечателен своими выдающимися преимуществами и отличительными особенностями.

Внешне вентильно-индукторный электропривод достаточно прост и потому все чаще рекомендуется к использованию [1]. В его состав входит двигатель – индукторная машина ИМ, электронный коммутатор К, который соединен с выпрямителем В параллельно с конденсатором С и управляется в основном датчиком положения ротора Д в купе со схемой управления СУ (рис. 1). ИМ имеет явнополюсный статор, с четным количеством полюсов  $n = 6, 8, 12, 16$ , который имеет обмотки возбуждения. Также он имеет явнополюсный пассивный ротор, число полюсов  $n = 4, 6, 8, 12$  которого меньше числа полюсов статора. Электронный коммутатор связан с катушками, на каждую из  $n/2$  фаз коммутатора приходится два ключа-транзистора и два полупроводниковых неуправляемых вентиля (рис. 1).

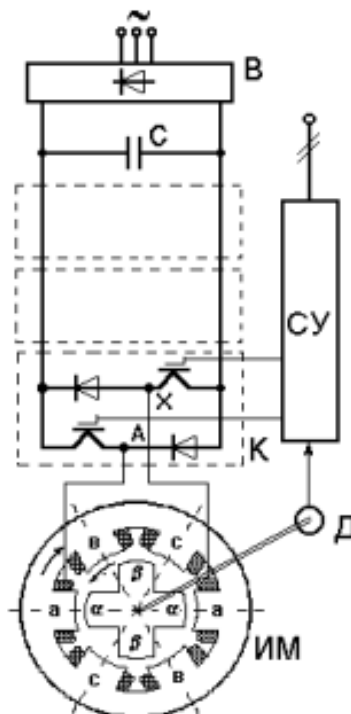


Рис. 1. Схема управления ВИД

Работа вентильно-индукторного привода базируется на элементарном принципе: металлические зубья ротора  $\alpha$  притягиваются к активному полюсу статора [2]. На рис. 1 видно, что в момент, когда фаза АХ находится в возбужденном состоянии, зубья ротора фиксируются полюсами а статора.

Если же фаза АХ выключается, а фаза ВУ включается, то зубья ротора  $\beta$  начинают притягиваться к возбужденным зубцам статора  $b$ , которые находятся поблизости. При этом, поле обратится по часовой стрелке на угол  $2\pi/n$ , а ротор – против часовой стрелки на угол  $\frac{2\pi}{m} - \frac{2\pi}{n} = \frac{2\pi(n-m)}{mn}$ . При многократ-

ном повторении описанного выше процесса коммутаций, будет осуществляться движение ротора. Управление движением – выбор моментов открытия управляемых токовыми импульсами вентиляей, а также включения и отключения фаз, осуществляющийся управляющим устройством [3].

Работа ВИД основывается на взаимном притяжении и отталкивании зубьев статора и ротора [4]: расположенные близко друг к другу зубья ротора, находящиеся в симметричном порядке, вынуждены занимать такое положение по отношению к возбужденным зубцам статора, при котором энергия магнитного поля оказывается наибольшей.

Некоторые из ключевых особенностей, выделяющих вентильно-индукторную машину из ряда традиционных электрических машин постоянного и переменного тока представлены ниже [5]:

- наличие двойной зубчатости в магнитной системе машины с различными полюсными делениями и числами зубцов статора и ротора;
- реактивный характер электромагнитного момента;
- практически полное отделение магнитной взаимосвязи между фазами, независимость каждой из фаз и дискретность их работы;
- присутствию в зонах перекрытия зубцов сильного локального насыщения ферромагнитного материала, способствует высокому уровню электромеханического преобразования энергии, однако вызывает существенную нелинейность магнитных характеристик.

Различают два положения зубьев статора и ротора [6]:

– рассогласованное, когда зубцы ротора располагаются прямо напротив пазов статора, при расположении такого плана энергия магнитного поля и индуктивность фазы приобретают минимальные значения –  $L_{\min}$  (данный процесс объясняется наличием минимальной магнитной проводимости в воздушном зазоре);

- согласованное, зубья ротора расположены строго напротив зубцов статора, энергия поля и индуктивность фазы в такой конфигурации достигают своих максимальных значений –  $L_{\max}$ , так как магнитное сопротивление при таком положении зубцов наименьшее.

Принцип действия ВИП можно сравнить с работой двигателя внутреннего сгорания: для эффективной работы в цилиндры необходима своевременная подача топлива в нужном соотношении состава и поджигаться в строго заданный момент. Общеизвестно, что произойдет с двигателем, если эти требования не будут выполнены. Также известно, сколько усилий потребовалось приложить специалистам за сто лет автомобильной эры, чтобы достичь совершенных решений. Создание совершенного «мозга» ВИП – главная и иногда трудно преодолимая проблема, которая стоит на пути распространения данного электропривода на широкий рынок.

Вентильно-индукторные двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с двигателями внутреннего сгорания.

1. Эффективность: вентильно-индукторные двигатели обладают высоким КПД, особенно на низких и средних скоростях, что делает их идеальными для электротранспорта. Это означает, что они могут преобразовывать больший процент подаваемой на них энергии в полезную работу, что делает их более эффективными в использовании энергии. У двигателей внутреннего сгорания большая часть полезной работы тратится из-за неполного сгорания топливно-воздушной смеси, больших тепловых потерь и трения внутренних частей на эти недостатки уходит примерно 65–75 % КПД.

2. Экологичность: электродвигатели не производят прямых выбросов вредных веществ, так как работают на электричестве, что снижает загрязнение окружающей среды. Также ВИД не требует такого большого количества смазочного материала, так ДВС, которое со временем может начать подтекать или попадать в топливную смесь, что приводит к еще большим загрязнениям. Еще масло в двигателях внутреннего сгорания необходимо менять через относительно небольшие интервалы пройденного расстояния, слитое масло нуждается в правильной утилизации, что доставляет дополнительные неудобства владельцам таких транспортных средств.

3. Тихая работа: вентильно-индукторные двигатели работают значительно тише, чем ДВС, что улучшает комфорт и снижает шумовое загрязнение. Этот аспект является одним из главных в городской среде, так как увеличенный фоновый шум в мегаполисах негативно сказывается на здоровье и работоспособности его жителей.

4. Меньшее обслуживание: отсутствие многих движущихся частей, как в ДВС, приводит к снижению износа и потребности в обслуживании. Соответственно, транспорт, в котором установлен ВИД будет меньше время находиться в ремонте, что сэкономит время и деньги владельцу такого автомобиля.

5. Быстрый отклик: электродвигатели могут быстро изменять крутящий момент, обеспечивая лучшее ускорение и управляемость. Данный аспект может быть применен как для органов спец служб, таких как полиция, скорая помощь, спасатели и т. д., так и использован в гоночных соревнованиях. Спортсмены, у которых в авто установлены вентильно-индукторные двигатели смогут устанавливать новые рекорды в скоростных заездах и выигрывать различные соревнования.

6. Регенеративное торможение: возможность возврата энергии в батарею при торможении увеличивает общий пробег на одной зарядке. ДВС не могут обладать такой функцией в связи своих конструктивных особенностей.

7. Простота конструкции: более простая и компактная конструкция позволяет легче интегрировать двигатель в различные транспортные средства. Благодаря уменьшению габаритов двигателя удастся сделать автомобили более компактными, что благоприятно скажется в городской среде, где важным аспектом являются маневренность в движении, также для компактного автомобиля легче будет найти парковочное место. Однако можно оставить габариты транспортных средств такими же, но сделать больше места для хранения багажа, либо перевозки грузов, что будет актуально для людей, которые любят путешествовать. Грузовые транспортные средства смогут перевозить большее количество грузов.

8. Энергетическая независимость: использование электричества в качестве топлива уменьшает зависимость от нефти и других ископаемых видов топлива. Электричество может быть получено из различных источников, включая возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая, гидроэнергетика и даже ядерная энергия. Это снижает зависимость от одного типа топлива, особенно от нефти, которая является основным источником энергии для двигателей внутреннего сгорания. Цены на электричество обычно более стабильны по сравнению с ценами на нефть и газ. Это делает стоимость эксплуатации электрических транспортных средств более предсказуемой и защищенной от резких колебаний цен на энергоносители. Также владельцы электрических транспортных средств могут устанавливать солнечные панели или использовать другие формы возобновляемой энергии для зарядки своих транспортных средств, что делает их еще более независимыми от традиционных энергетических систем.

Таким образом, вентильно-индукторные двигатели имеют потенциал существенно продвинуть автомобильные технологии вперед, предоставляя ряд ключевых преимуществ по сравнению с двигателями внутреннего сгорания. Такие двигатели не только более эффективны и экологичны, но и обеспечивают более тихую и комфортную работу. Они требуют меньше требованиями к обслуживанию и обладают улучшенной управляемостью, данный вид двигателей уменьшают эксплуатационные расходы и значительно повышают надежность транспортных средств.

Возможность использовать различные источники энергии, включая возобновляемые, делает вентильно-индукторные двигатели значимым элементом в достижении энергетической независимости и стабильности. Это способствует переходу к более устойчивому и экологическому будущему, уменьшая зависимость от ископаемых видов топлива, запасы которого постоянно сокращаются, и помогая в снижении выбросов парниковых газов.

В общем и целом, эти двигатели являются более чистой, экономичной и инновационной альтернативой, которая может вызвать революцию в транспортной индустрии и способствовать решению экологических проблем современности и будущего.

### Список источников

1. Смирнов Ю. В. Электромагнитный вентильно-индукторный двигатель // Электротехника, 2009.
2. Коломейцев Л. Ф., Пахомин С. А. Развитие теории и создание конструкций индукторных машин // Изв. вузов. Электромеханика. 2005.

3. *Кузнецов В. А., Кузьмичев В. А.* Вентильно-индукторные двигатели. М.: МЭИ, 2003.
4. *Козаченко В. Ф., Корпусов Д. В., Остриров В. Н., Русаков А. М.* Электропривод на базе вентильных индукторных машин с электромагнитным возбуждением // Электронные компоненты. 2005.
5. *Ильинский Н. Ф.* Перспективы развития регулируемого электропривода // Электричество. 2003.
6. *Петрушин А. Д., Кашуба А. В.* Оптимизация активной части вентильно-индукторного электропривода // Вестник РГУПС. 2016.

УДК 67.05

**В. К. Задорожный, В. Н. Лизько, С. Е. Александров, В. Р. Лебедев**

студенты кафедры управления в технических системах

**Н. Л. Гречкин** – старший преподаватель – научный руководитель**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Назначение линии поверхностного монтажа кроется в создании высокопроизводительных участков автоматизированной сборки в серийном и крупносерийном производстве. Используя весь потенциал последовательной сборки на ней, получается исключить человеческий фактор на данном этапе производства. Однако качество производимой продукции и скорость прохождения этапов монтажа напрямую зависят от работника, который написал рабочую программу и техпроцесс.



*Рис. 1. Линия поверхностного монтажа*

*Этап нанесения клея и паяльных паст*

Именно подход в виде дозирования клеев и паяльных паст используется при производстве электронных компонентов чаще, чем другие. Клей при изготовлении электронных модулей применяется преимущественно в двух вариантах. Первый – компоновка печатных плат со смешанным монтажом. Поверхностно-монтируемый компонент с помощью клея заранее фиксируется на печатной плате. После затвердевания клея и установки штырьковых компонентов производится пайка волной припоя. Второй вариант – установка деталей с двух сторон печатной платы, чтобы при изготовлении второй стороны они не покинули свое посадочное место. Пасты используются с пониженным содержанием металлической составляющей (85 %).

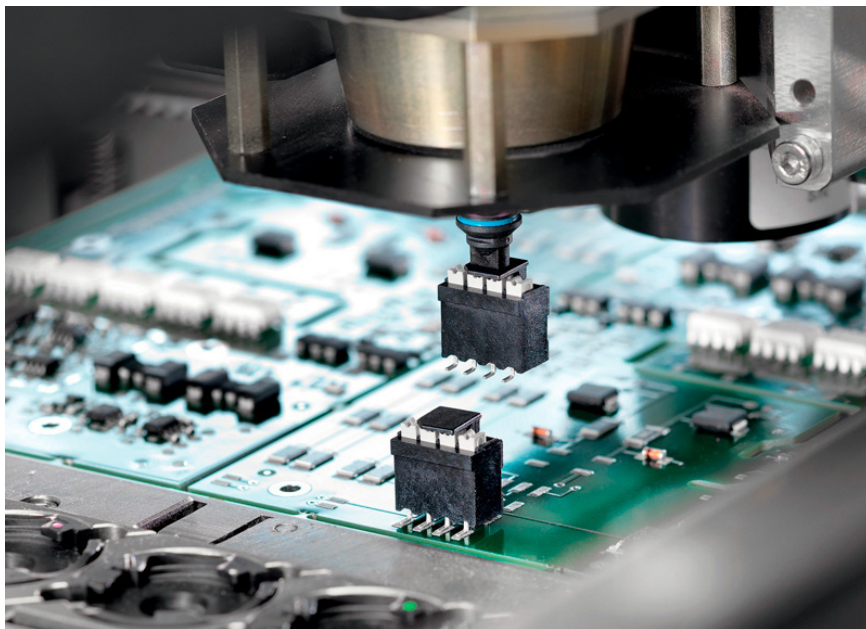
*Этап установки компонентов*

Манипулятор – механическое устройство, способное перемещаться в трех направлениях, а также может вращаться вокруг собственной оси. В шпинделе размещена вакуумная насадка для надежного фиксирования и дальнейшей установки элемента. В процессе корректировки в пинцете автоматически создается вакуум при захвате и выключается при установке компонента.

Есть два варианта управления манипулятором: автоматизированный и полуавтоматический. Особенностью второго типа – является оператор, который вставляет центрирующий штырь при захвате компонента для точной установки на печатной плате. Случай с захватом из неправильного питателя исключен из-за отсутствия вакуума в пинцете при физическом контакте.

Однако принцип работы в случае автомата следующий. По конвейеру в станок поступает печатная плата и предварительно фиксируется в нем с помощью специального крепления. Следующим важным этапом является установка компонента в заданные места. Для этого автомат должен опреде-

лечь точное местоположение печатной платы. Чтобы это осуществить, манипулятор оборудуют камерой, которая позволяет считывать специальные маркеры – реперные знаки. Автомат их читает и определяет реальное положение печатной платы в пространстве. С помощью программного обеспечения и наличия ИИ, программа может корректировать координаты неидеальной формы печатной платы. Далее происходит процесс установки элемента. Компонент захватывается вакуумным пинцетом и отцентрируется благодаря камере. После данного этапа деталь устанавливается.



*Рис. 2. Манипулятор линии монтажа*

Питатели – это устройства, снабжающие автомат необходимым компонентами при монтаже их на печатную плату. Представляют собой металлический доводчик ленты с лежащими в отдельных ячейках радиодетальями. Работает автоматически, и может быть заряжен только деталями определенного форм-фактора. Также питатель может выглядеть как поддон с сотами, суть которого заключается в хранении детали, которая перемещена туда россыпью.



*Рис. 3. Питатель в демонтированном виде*



*Этап пайки элементов печатной платы*

Пайка оплавлением – это термический подход к методу припаивания компонентов к печатной плате. Для нее используются различные методы нагрева, среди них есть конвекционный и ИК-нагрев.

Именно пайка оплавлением – самый популярный метод, проводится она в камерных и конвейерных печах. В первом случае плата поступает в специальную камеру, где при помощи ИК излучателя нагревается и потом охлаждается благодаря вентиляции. В конвейерных печах продукция движется по конвейеру через разные фазы оплавления (предварительный нагрев, период выдержки, зона оплавления, охлаждения). У каждой фазы своя температура. Именно в процессе оплавления температура свинцовосодержащего припоя достигает максимума.

С помощью азота можно повысить качество пайки, поскольку в инертной среде повышается смачиваемость и качество внешнего слоя.

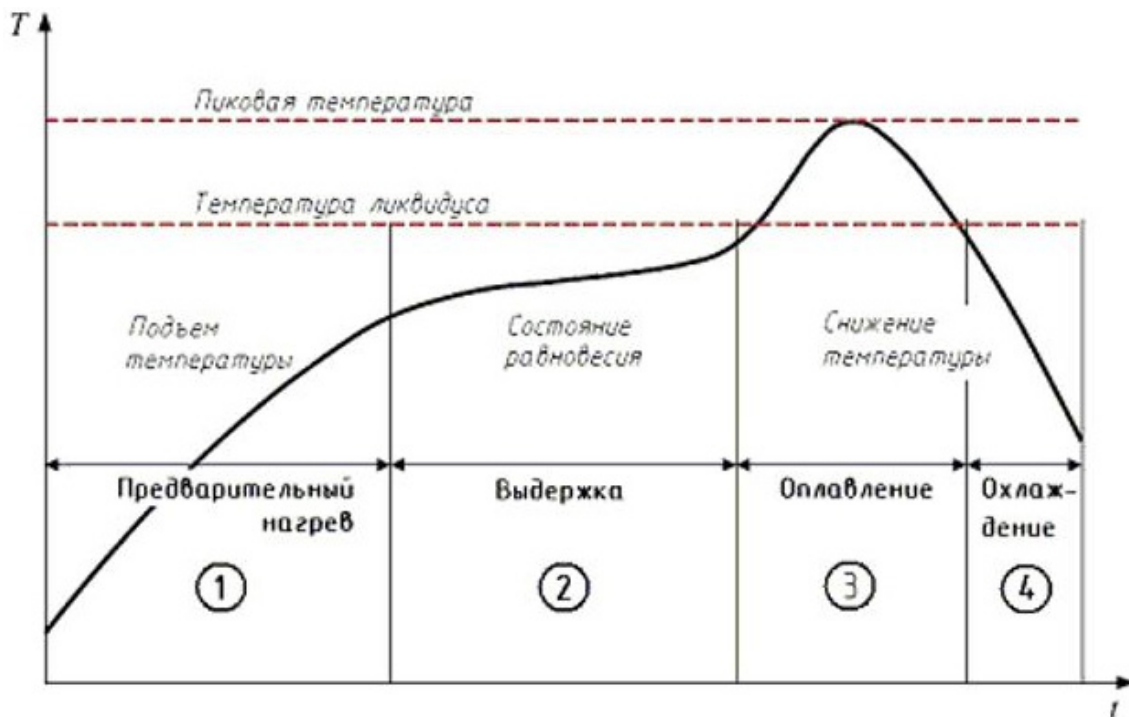
*Температурный профиль конвейерной печи*

Рис. 4. Фазы процесса оплавления

При предварительном нагреве паяльная паста вместе с канифолью становятся жидкими, а растворитель начинает испаряться. Благодаря этим процессам происходит создание условий для процесса пайки.

Уже в зоне выдержки растворитель достигает пика испарения, а флюс максимально активизируется.

На этапе оплавления, припой, состоящий из отдельных шариков, оплавляется и создает одну единую массу. Получившийся сгусток начинает растекаться по металлической поверхности, очищенной флюсом.

В зоне охлаждения печатная плата охлаждается, и припой в зоне пайки отвердевает. На выходе мы имеем готовую продукцию.

Именно в серийном, крупносерийном и массовом производстве для поверхностной установки компонентов используются линии поверхностного монтажа, поскольку экономия времени в секундах на каждом этапе производства выльется в экономию целых дней. Но узким местом данного подхода является процесс наладки на каждом шаге прохождения автоматизированной линии. При любом изменении конструктивных параметров изделия нужно перестраивать систему. На это тратится большое количество времени.

Ручная пайка намного легче перестраивается, поскольку человек не имеет жестких ограничений в масштабировании. Недостатками являются низкая пропускная способность и наличие невнимательности.

Подводя итог, стоит отметить, что если нам необходимо изготовить продукцию в малом количестве, то рационально использовать ручную пайку, так как процесс наладки может занимать больше времени, чем само производство.

### Список источников

1. *Медведев А. М.* Надежность и контроль качества печатного монтажа. М.: Радио и связь, 1986.
2. Поверхностный монтаж. URL: <https://ostec-smart.ru/catalog/poverkhnostnyy-montazh> (дата обращения: 29.02.2024).
3. *Сускин В. В.* Основы технологии поверхностного монтажа. Рязань, Узорочье, 2001. 160 с.

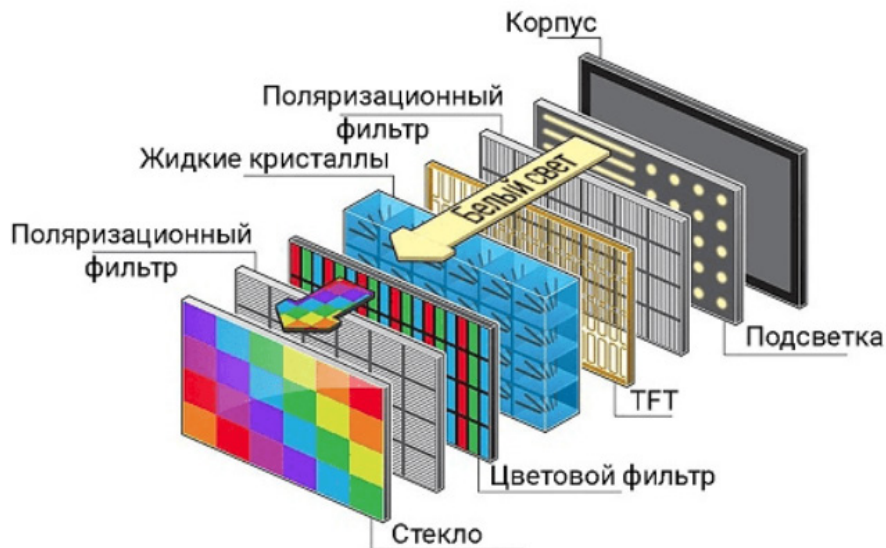
УДК 004.353.2

**В. К. Задорожный, В. Н. Лизько, С. Е. Александров, В. Р. Лебедев**

студенты кафедры управления в технических системах

**Н. Л. Гречкин** – старший преподаватель – научный руководитель**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ЦВЕТОВ МОНИТОРОВ**

В данной статье рассмотрим основные типы матриц мониторов. Современные экраны различаются по технологиям изготовления, цене и параметрам качества отображения. В настоящее время преобладают 4 главных типа матриц. TN – старейшая из рассматриваемых технология (англ. Twisted Nematic). Состоит из электродов, фильтров и жидкокристаллического излучающего слоя (англ. Liquid-CrystalDisplay, LCD). Она самая дешевая, ее устанавливают не только в бюджетные мониторы и ноутбуки, но также она используется в промышленных станках, банкоматах, терминалах и т. д. VA – модернизированная TN-матрица с вертикальным выравниванием жидкокристаллического слоя (англ. Vertical Alignment). Технология IPS построена на адаптивном изменении положения кристаллов излучающего слоя (англ. In-Plane Switching). Изменение это регулируется при помощи величины напряжения. На рис. 1 приведено схематичное изображение строения жидко кристаллического дисплея.



*Рис. 1. Структура жидкокристаллического дисплея*

OLED – самая новая технология, использующая органические излучающие вещества вместо жидкокристаллического слоя (англ. OrganicLight-EmittingDisplay). Между анодом и катодом находятся проводящий и излучающий слои. При бомбардировке их электронами они становятся разноименно заряженными, незаполненная валентная связь проводящего слоя перетягивает электроны с излучающего слоя, в связи чем происходит излучение света. На рис. 2 изображено схематичное строение OLED.

Далее рассмотрим основные параметры, по которым будут проводиться сравнения разных типов матриц. Цветовой охват – плоскость, на которой запечатлен спектр видимого излучения. Представлен в виде изогнутого конечного участка плоскости с акцентом на трех основных оттенках – красном, зеленом и синем (RGB). Так как отображать на экране весь спектр видимого излучения сложно и нецелесообразно, разработаны стандарты границ представления оттенков. Самый известный – standard RGB (sRGB) – используется как основа для приложений, веб страниц, простой графики и печати. За основу взят ранее существующий телевизионный стандарт – BT. 709. sRGB оказался балансом между технической реализацией и шириной спектра. Для профессиональных нужд, таких как дизайн фото, съемки видео, кино, специализированной печати и т. д. существуют более широкие стандарты, такие как AdobeRGB, Rec. 2020 и др. На рис. 3 показаны эти стандарты на цветовой плоскости.

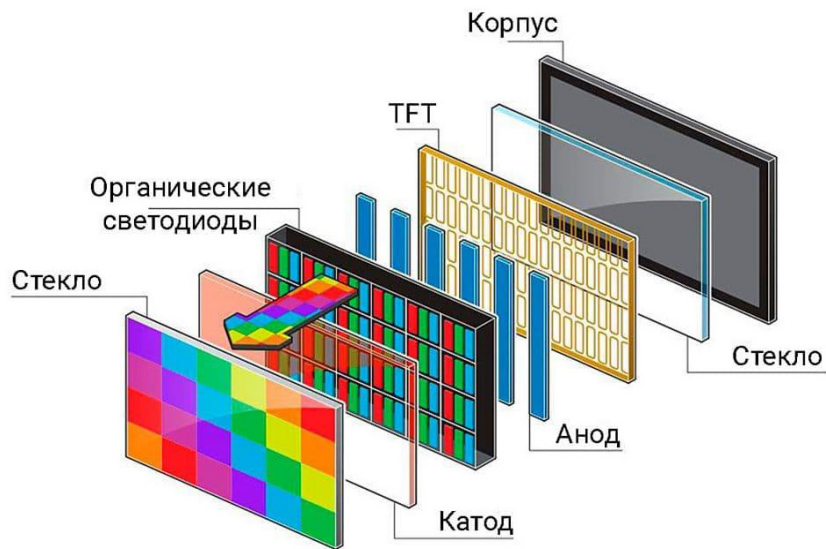


Рис. 2. Структура органического электронно-излучающего дисплея

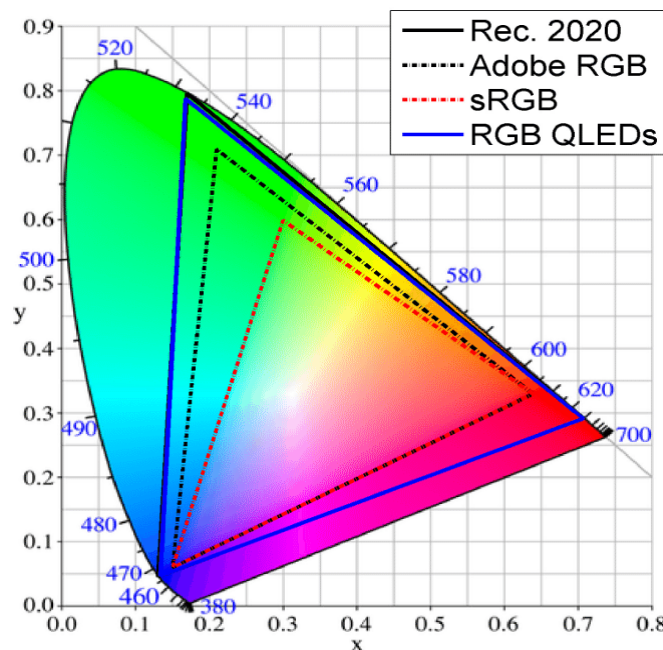


Рис. 3. Стандарты оттенков на цветовой плоскости

Произведем замеры цифрового охвата четырех экранов разных технологий с помощью специального устройства – калибратора, модель Datacolor Spyder 5 pro. Реальные показатели отображения оттенков могут отличаться от заявленных производителем, поэтому следует делать выводы только после исследования. Результаты будем наблюдать в свободно распространяемой программе DisplayCAL 3.8.9.3. Здесь ознакомимся еще с одним параметром – глубина цвета. Это количество градаций каждого из трех каналов пикселя: красный, зеленый и синий. Для глубины 8 бит необходимо иметь  $2^8$  градаций, а общее число цветов, которое способен отобразить один пиксель, рассчитывается по формуле:

$$N = 2^{in},$$

где  $N$  – количество цветов;  $i$  – разрядность одного канала;  $n$  – количество каналов. Таким образом, для обычного 8-битного дисплея количество цветов превышает 16,7 млн. Но, как оказалось в исследовании, не всегда реальная глубина цвета каждого из трех каналов одинаковая, и она может быть меньше заявленной.

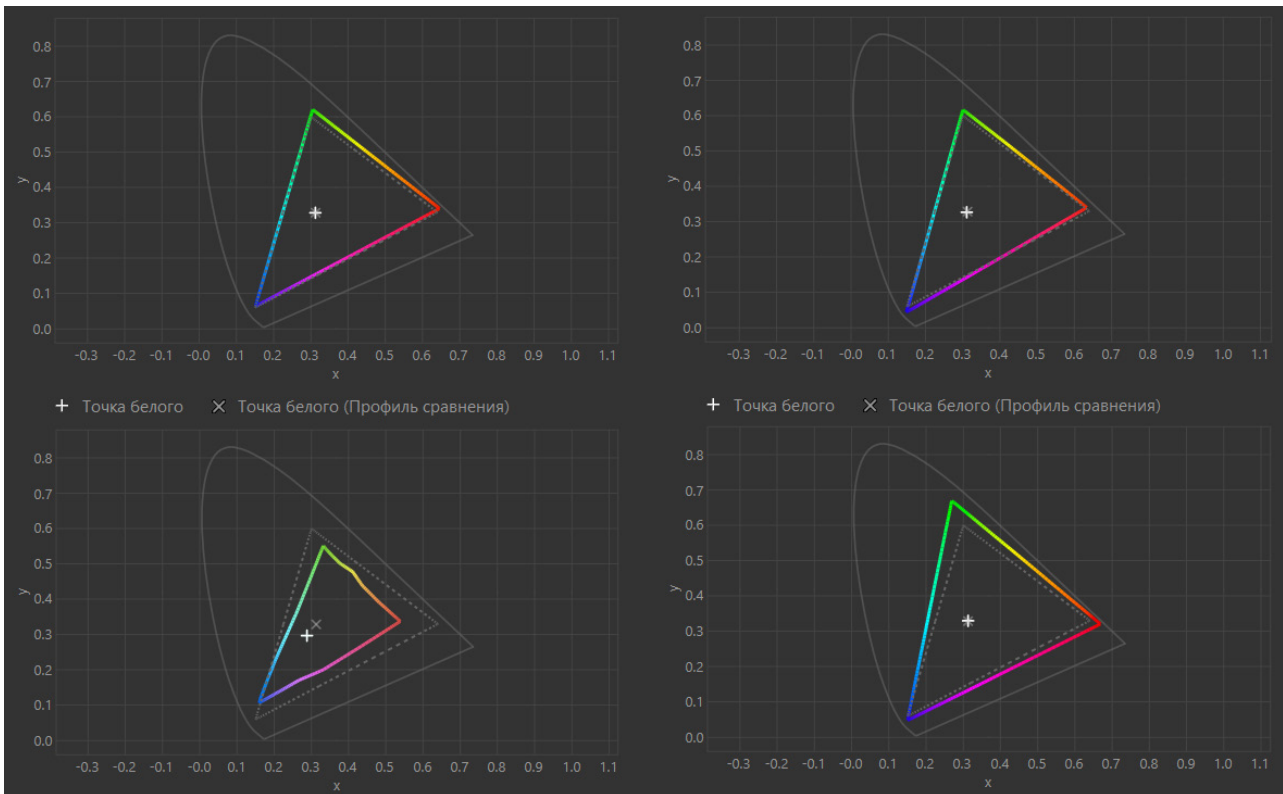


Рис. 4. Цветовой охват ЖК-дисплеев: слева сверху – VA; справа сверху и справа снизу – IPS; слева снизу – TN. Пунктирной линией обозначен стандарт sRGB

На примерах мы проанализировали несколько моделей мониторов как отдельных, так и интегрированных в ноутбуки.

Первый образец – монитор Samsung C27JG50QI. Он основан на матрице 8 бит типа VA с разрешением 2560 x 1440 пикселей и частотой обновления экрана 144 Гц. Калибровка проводилась на заводских настройках. Особенность матрицы VA заключается в вертикальном расположении жидких кристаллов между двумя слоями электродных стекол, что обеспечивает минимизацию световых утечек и контроль углов обзора. Вследствие этого черный цвет насыщеннее конкурентов в виде TN и IPS. DeltaE (цветовое отклонение) укладывается в норму, и максимальное его значение равняется 1,13; среднее равно 0,12. Цветовой охват стандарта sRGB – 97,2 %, AdobeRGB – 69,9 % и DCIP3 – 71,4 %. Цветовой охват приведен на рис. 4, слева сверху.

Вторым испытуемым был ноутбук Asus VivoBook Pro 15, основанный на базе TN матрицы 6 бит разрешения 1920 x 1080 пикселей с частотой обновления экрана 60 Гц. TN матрица состоит из слоя жидких кристаллов, которые выстраиваются под углом 90°, и двух электродных стекол. Именно из-за ограниченных возможностей жидких кристаллов изображение «переливается» при изменении угла наклона. В данном экземпляре, значение DeltaE в максимуме составила целых 8,15 единиц, что слишком много. Среднее равно 0,25. Цветовой охват по sRGB составил всего 51 %, AdobeRGB – 35,1 % и DCIP3 – 36,1 % соответственно. Результат представлен на рис. 4, слева снизу.

Третье измерение мы делали на ноутбуке MSI Katana GF66, у которого установлена IPS 8 бит матрица имеющая разрешение 1920 x 1080 пикселей и частотой 144 Гц. Измерения DeltaE дали максимальное значение 2,89 единиц, что меньше, чем у предыдущего экземпляра. Среднее равно 0,12. Далее получилось измерить цветовой охват по sRGB – 104,8 %, AdobeRGB – 72,2 % и DCIP3 – 74,2 %, что показано на рис. 4, справа сверху.

Четвертый участник нашего эксперимента – монитор Xiaomi Mi 2K Gaming, имеющий IPS 8 бит + FRC матрицу разрешения 2560 x 1440 пикселей с частотой обновления 165 Гц. По замерам максимальное значение DeltaE составило 0,82 единицы, что является лучшим результатом среди конкурентов, среднее равно 0,08. Цветовой охват стандарта sRGB – 136,3 %, AdobeRGB – 93,9 % и DCIP3 – 96,6 %. Результат данного монитора изображен на рис. 4, справа снизу.

Пятым экземпляром был монитор Samsung S24D300, снабженный TN 8 бит матрицей с разрешением 1920 x 1080 пикселей и частотой обновления 60 Гц. Данную модель можно встретить в стенах нашего университета. Параметр DeltaE укладывается в норму, и максимальное его значение равняется 1,93; среднее равно 0,08. Цветовой охват по sRGB составил 101,2 %, AdobeRGB – 69,7 % и DCIP3 – 71,7 %.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что измерение возможностей дисплея, позволяют дать объективную оценку достоверности передачи цвета. Мониторы ноутбуков обладают отличной энергоэффективностью, хоть и предлагают чуть меньшую цветопередачу, чем настольные решения. TN матрицы, из-за простоты технологии, недорогие в производстве и имеют самую низкую цену. Однако современные IPS и VA-дисплеи рациональнее использовать, поскольку предлагают значительно больше возможностей. Они не имеют ограниченных углов обзора, отображают большее количество цветов и обладают более высокой точностью.

### Список источников

1. Калибруем монитор для фотографий с помощью Spyder 5 PRO. URL: <https://www.datacolor.ru/calibrate-with-spyder> (дата обращения: 07.03.2024).
2. *Мирошниченко С. П., Серба П. В.* Методическое пособие по курсу «Персональная электроника». Жидкокристаллические мониторы. Таганрог: ТПУ, 2005. 24 с.
3. A learning community for photographers. URL: <https://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials-ru> (дата обращения: 07.03.2024).

УДК 536

**К. В. Алексаненко**

ученица 11-го класса ГБОУ гимназии № 92

**А. Д. Балакин, Д. М. Горячев** – студенты кафедры управления в технических системах – научные руководители

## **БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ: ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ**

### **Преимущества дронов в сфере энергетики**

Говоря о энергетических отраслях, таких как нефть, газ, электричество и солнечная энергия, важно иметь в виду, что помимо производства энергии, они несут потери. Для снижения этих потерь проводятся регулярные проверки и техническое обслуживание в соответствии с высокими стандартами, которые отнимают много времени и денег. Дроны имеют ряд преимуществ в сфере энергетики. Они могут помочь отслеживать и устранять повреждения и потери, что предотвращает потенциальные проблемы. Дроны также могут создавать 3D-карты, которые помогают планировать работу. Мониторинг и анализ данных с помощью дронов обеспечивает быструю и безопасную информацию, необходимую в энергетической отрасли.

### **Применение дронов в сфере энергетики**

1. Солнечная энергия
2. Электроэнергетика
3. Нефтегазовый сектор
4. Ядерная энергетика

#### **Солнечная энергия**

Солнечные панели-это основной источник возобновляемой энергии во всем мире. Они требуют частых проверок для контроля их работы. Со временем у солнечных панелей могут возникнуть проблемы, которые трудно обнаружить вручную из-за размера солнечной фермы или из-за того, что какие-либо панели находятся в труднодоступных местах. Дроны с тепловыми камерами могут быстро проверять состояние солнечных панелей и обнаруживать проблемы, такие как разрушение или неисправность элементов.

#### **Электроэнергетика**

Дроны при проверке линий электропередач могут помочь снизить затраты на техническое обслуживание. Мы знаем, что линии электропередач повреждаются после неблагоприятных погодных условий, и в случае отключения электроэнергии необходимо как можно скорее отправиться в поле и устранить повреждение. Дроны могут проводить визуальный осмотр для обнаружения повреждений. Кроме того, они могут с помощью тепловизоров обнаруживать перегретые участки на линиях электропередачи, что, в свою очередь, может указывать на потенциальные проблемы. Применение дронов в электроэнергетике может помочь улучшить качество обслуживания электроэнергетических систем, а также безопасность работников.

#### **Нефтегазовый сектор**

Дроны в нефтегазовом секторе занимают важную роль. Беспилотники могут использоваться для быстрого и безопасного осмотра длинных трубопроводов и других конструкций на предмет повреждений. Использование тепловизионных дронов для обнаружения повреждений и утечек на основе разниц температур может снизить риск возгорания и аварий. Одной из наиболее распространенных и наиболее опасных проблем с нефтью и газом является утечка метана. Так вот дроны, которые используют в сфере нефти и газа, оборудованы детектором утечки метана U10, например, дрон DJR серии

Matrice, оператор может быстро обнаружить утечку метана до того, как он представляет какую-либо опасность.

### **Ядерная энергетика**

Поскольку ядерная энергия сопряжена с таким высоким риском, если что-то пойдет не так, ядерные установки должны управляться с использованием строгих эксплуатационных стандартов для обеспечения безопасности. Дроны оснащены специальными сенсорами для мониторинга радиационного уровня вблизи ядерных установок, что помогает оперативно обнаруживать утечки или повышенный уровень радиации. Кроме того, дроны могут использоваться для аэрофотосъемки и мониторинга зон захоронения радиоактивных отходов, что позволяет контролировать изменения в окружающей среде.

### **Использование беспилотных авиационных систем для мониторинга и обслуживания энергетических объектов**

#### ***Нефтегазовый сектор***

##### *Помощь в проектировании и строительстве*

Дроны могут быть использованы для аэрофотосъемки месторождений, что помогает геологам и инженерам лучше понять геологическую структуру и облегчить планирование бурения. Высококачественные изображения, полученные во время полета беспилотника, ложатся в основу создания топографических карт.

##### *Мониторинг инфраструктуры*

Дроны могут осуществлять визуальный контроль состояния трубопроводов, выявлять утечки или другие проблемы на местах, которые недоступны инспекторам. Благодаря данным, полученным в режиме реального времени, работники нефтегазовой системы предскажут или выявят и устранят утечки и прочие повреждения трубопровода.

##### *Помощь в чрезвычайных ситуациях*

Дроны могут использоваться для оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации на месторождениях, поиск и спасение со скоростью и точностью, недостижимыми для человека.

### **Электроэнергетика**

#### **– Помощь в проектировании и строительстве**

Дроны могут использоваться для создания высококачественных карт электроэнергетических сетей и инфраструктуры. Полученные снимки дают возможность с максимальной степенью достоверности воссоздать особенности земной поверхности для создания подробного ортофотоплана.

#### **– Улучшение безопасности и эффективности работы**

Применение дронов в электроэнергетике может помочь улучшить безопасность работников и повысить эффективность обслуживания электроэнергетических систем.

#### **– Тепловизионный мониторинг**

Дроны с тепловизорами могут обнаруживать перегретые участки на линиях, что может указывать на потенциальные проблемы. Суть регулярной инспекции составляющих ЛЭП заключается в обеспечении бесперебойного и безаварийного режима работы.

### **Солнечная энергия**

#### **– Тепловизионный контроль панелей**

Дроны, оснащенные тепловизионными камерами, могут выполнять регулярные проверки панелей на обнаружение повреждений, следить за их производительностью и оценивать общее состояние солнечной электростанции.

##### *Оперативный мониторинг*

Дроны позволяют быстро и с минимальными затратами инспектировать солнечные электростанции, что уменьшает время на обслуживание и снижает риск прерывания работы, а также повышает производительность труда.



### Ядерная энергетика

– Обследование инфраструктуры

Дроны могут использоваться для визуального контроля состояния реакторов, выявление потенциальных проблем и осуществление технического обслуживания без необходимости выхода людей на особо опасные участки.

– Мониторинг рабочих процессов

Дроны могут использоваться для аэрофотосъемки и мониторинга зон захоронения радиоактивных отходов, что позволяет контролировать изменения в окружающей среде и безопасность таких объектов.

### Список источников

1. SKYMES. Дистрибуция и интеграция беспилотных решений. URL: <https://skymes.ru/blog/drone-use-cases/promyshlennost/drony-na-elektrostantsiyakh/> (дата обращения: 25.02.2024).

2. Альбатрос. Применение БПЛА: примеры и эффективность. URL: <https://alb.aero/use/elektroenergetika> (дата обращения: 02.03.2024).

3. Drone tech planet. Drone Use in Energy Sector. URL: <https://www.dronetechplanet.com/drone-use-in-energy-sector/> (дата обращения: 28.03.2024).

УДК 621

**Р. А. Алексеев**

ученик 8-го класса ГБОУ СОШ № 693

**Н. А. Куценко, Д. А. Мороз** – магистры кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

## **БУДУЩЕЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

### **Что же представляет собой энергия Солнца?**

Солнечная энергия представляет собой энергию, испускаемую Солнцем, которая может быть использована для производства электроэнергии или нагрева воды и других веществ. Эта форма энергии получается путем преобразования света Солнца в электрическую энергию. Солнечная энергия рассматривается как экологически чистый источник энергии.

### **Из чего состоит солнечная батарея?**

Структура солнечного элемента включает полупроводниковое устройство из кремния, защищенное кожухом. Эти солнечные панели генерируют электричество благодаря фотовольтаическому эффекту, открытому физиком Беккерелем в 1839 году.

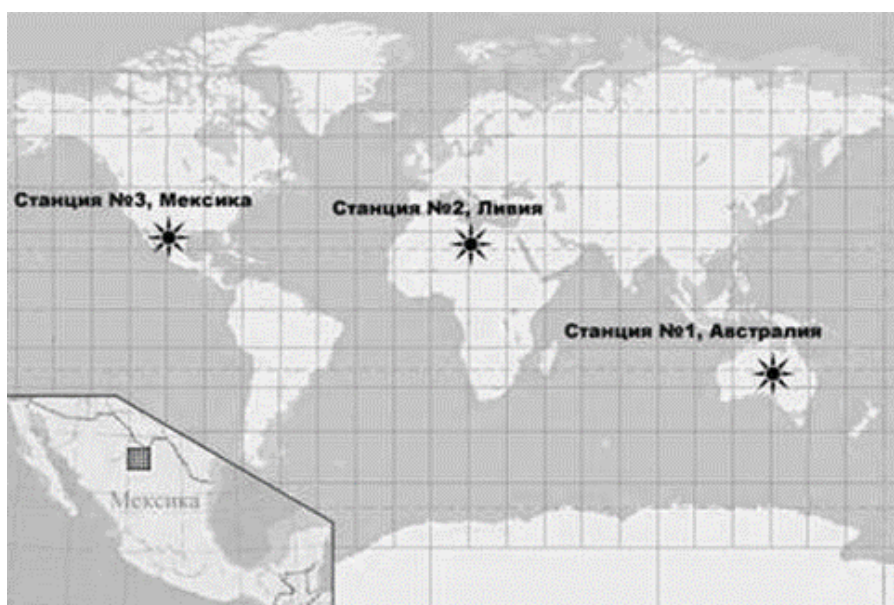
### **Где используется солнечная энергия?**

Применение солнечной энергии включает производство электроэнергии, нагрев воды и воздуха. Электроэнергия производится через солнечные батареи, которые преобразуют световую энергию в электрический ток.

Солнечная энергия может быть использована для производства электроэнергии, нагрева воды и воздуха. В целом, она представляет собой значительный потенциал как для мелких, так и для крупных проектов, от домашних систем до строительства солнечных электростанций.

### **Насколько рентабельна такая энергия?**

Повышение эффективности и увеличение количества работы солнечных электростанций (СЭС) – главные задачи в этой области.



*Рис. 1. Глобальная солнечная энергетическая система из трех солнечных электростанций*

Современные СЭС имеют КПД до 20–24 %. Солнечные батареи с рекордным КПД в мире достигают 36,9 %. Однако их широкое производство не началось, так как они невыгодны экономически. Ожидается увеличение этого показателя до 40 % и выше в лабораторных условиях и до 26–30 % в промышленном производстве.

Число часов использования установленной мощности среднестатистической СЭС в среднем составляет 2000–3500 часов в год, что примерно в 10 раз меньше, чем для ТЭС и ГЭС. Это является значительным лимитирующим фактором конкурентоспособности СЭС с другими энергоносителями. Ветровые электростанции имеют наибольшее сходство с СЭС в эффективности преобразования солнечной энергии.

### **Технологии**

#### *Многослойные панели*

Многослойные панели представляют собой перспективное направление развития, поскольку позволяют настраивать ширину запрещенной зоны путем изменения добавок в каждом слое, что позволяет настраивать каждый слой на определенную длину волны. Теоретически такие ячейки могут достигать до 40 % эффективности, однако они остаются дорогостоящими и преимущественно применяются в космических аппаратах.

#### *Фотовольтаическая краска*

Фотовольтаическая краска на основе полупроводниковых наночастиц, хотя еще не настолько эффективна, чтобы заменить традиционные солнечные панели, обладает преимуществом нанесения на различные поверхности, что делает ее удобной в применении по сравнению с жесткими панелями.

#### *Перовскиты*

Перовскиты – как естественные, так и синтетические материалы, обладающие ромбической структурой кристалла и химической формулой, сходной с минералом перовскитом  $\text{CaTiO}_3$ , названным в честь графа Л. А. Перовского в 1839 году. Использование перовскитов в солнечных ячейках вызывает оптимизм благодаря значительному увеличению их эффективности в лабораторных исследованиях за последние годы. Перовскитовые солнечные элементы представляют новый тип солнечных панелей, использующих органические перовскитовые материалы в качестве основной светочувствительной структуры, обладая потенциалом для высокой эффективности и низкой стоимости производства.

#### *Углеродные нанотрубки*

Углеродные нанотрубки представляют собой более экологичную альтернативу кремнию, так как для их создания используется только углерод, без использования токсичных материалов. Однако для повышения их экономической выгоды требуется увеличить их эффективность.

#### *Монослои*

Монослои, материалы толщиной в одну молекулу представляют собой перспективное направление исследований, поскольку их эффективность на единицу массы превосходит традиционные кремниевые панели в тысячи раз.

### **Преимущества**

1. Использование солнечной энергии помогает уменьшить зависимость от нестабильных рынков нефти и газа, обеспечивая большую независимость в энергоснабжении
2. Снижение стоимости солнечных систем делает использование солнечной энергии экономически более выгодным по сравнению с другими источниками.
3. Солнечная энергия представляет собой доступный источник возобновляемой энергии, что делает ее экологически чистой и устойчивой.
4. Солнечная энергия не загрязняет воздух и способствует улучшению его качества, а также снижает уровень загрязнения окружающей среды.
5. Эксплуатационные расходы на солнечные системы ниже, чем у традиционных источников энергии.

### **Недостатки**

1. Солнечная энергия доступна только днем и требует использования аккумуляторов, что может быть дорого и неэффективно.
2. Установка солнечных систем может оказывать влияние на природную среду, включая изменения ландшафта и воздействие на местную фауну и флору.

3. Для создания эффективных солнечных систем требуется большая площадь.
4. Высокие начальные затраты на установку солнечных систем могут быть препятствием для их использования.
5. Производство солнечной энергии зависит от погодных условий и может быть неравномерным.

### **Активная реализация солнечных технологий в различных странах и регионах**

Многие страны и регионы по всему миру активно внедряют солнечные технологии, признавая преимущества солнечной энергии, такие как возобновляемость, устойчивость и потенциальные экономические выгоды. Некоторые из наиболее активных стран и регионов в данной области включает:

#### *Германия*

Германия является одним из лидеров в области солнечной энергетики в Европе благодаря высокому уровню солнечной радиации и поддерживающей государственной политике.

#### *США*

США быстро развивают сферу солнечной энергетики, подталкиваемые региональными программами, федеральными налоговыми льготами и сильным частным сектором.

#### *Китай*

Китай является крупнейшим производителем солнечной энергии в мире с амбициозными целями правительства и значительными инвестициями в индустрию.

#### *Индия*

Индия активно развивает солнечный сектор, осуществляя государственные инициативы по повышению энергетической безопасности и снижению выбросов парниковых газов.

#### *Латинская Америка*

Ряд стран Латинской Америки, таких как Чили и Мексика, инвестируют в солнечную энергию в силу высокого уровня солнечной радиации и поддерживающих политических рамок.

#### *Австралия*

В Австралии наблюдается значительный рост как крупных, так и мелких солнечных установок.

Эти страны и регионы внедряют солнечные технологии для диверсификации энергетического микса, увеличения безопасности и снижения выбросов газов. Им удалось значительно продвигаться в развитии солнечных технологий благодаря поддержке политики и высокой солнечной радиации. Значительная доля энергии в этих странах производится из солнечных источников, что позволяет сократить выбросы парниковых газов. Другие страны также фокусируются на увеличении доли солнечной энергии, стимулируя научные и экономические достижения в данной области. Этот прогресс, вероятно, будет продолжаться, так как мировое сообщество стремится к разному образу энергетической инфраструктуры, увеличению безопасности и снижению негативного влияния на окружающую среду.

### **Рациональность использования солнечной энергии в настоящее время**

Во-первых, это возобновляемый источник энергии, способствующий экологичности и устойчивости производства электроэнергии, сокращению отходов и минимизации неблагоприятного воздействия на окружающую среду, особенно в отношении изменения климата. Кроме того, солнечная энергетика обеспечивает энергоснабжение независимо от традиционных источников, что особенно важно для сельских и удаленных районов, где подключение к сети проблематично.

Ожидается, что к 2050 году солнечный свет станет основным источником электроэнергии, согласно прогнозам Международного энергетического агентства, что подтверждает, что у солнечной энергии большое будущее в мировом энергетическом секторе.

### **Возможность решения проблем в ближайшем будущем**

По нашему мнению, многие из технологических проблем, мешающих широкому внедрению солнечной энергетики, могут быть решены благодаря продолжающимся исследованиям и разработкам. Эти вызовы включают в себя:

- 1) разработку эффективных и экономически целесообразных решений для хранения солнечной энергии, таких как батареи, насосы для гидроаккумуляции и тепловое хранение;
- 2) улучшение эффективности солнечных панелей через использование новых материалов и передовых дизайнов;
- 3) преодоление технологических вызовов для увеличения производства солнечных панелей и их интеграции в существующие энергетические системы;
- 4) поиск более устойчивых и экономически целесообразных материалов для производства солнечных панелей;
- 5) разработку технологий, обеспечивающих увеличение срока службы и долговечность солнечных панелей;
- 6) развитие умных сетей, способных управлять интермиттирующими поставками солнечной энергии и распределять ее эффективно.

Хоть еще много работы впереди, потенциальные выгоды солнечной энергии в виде снижения выбросов парниковых газов и обеспечения возобновляемого источника энергии делают ее критически важной областью внимания. В целом, солнечная энергетика имеет большой потенциал для будущего развития и может стать ключевым элементом в переходе к более экологически чистому будущему.

Существует несколько факторов, замедляющих развитие солнечной энергетики. Некоторые из них включают в себя:

*- высокие начальные инвестиции*

Установка солнечных панелей требует значительных капиталовложений, что может быть препятствием для многих потребителей и компаний.

*- необходимость хранения энергии*

Солнечная энергия не всегда производится в момент потребления, поэтому необходимы эффективные системы хранения энергии.

*Технологические ограничения*

Некоторые технологические аспекты, такие как низкая эффективность солнечных панелей или сложности в интеграции с существующими системами, могут замедлить развитие.

Для решения этих проблем и ускорения принятия солнечной энергии в повседневной жизни правительства могут предоставлять субсидии и налоговые льготы для установки солнечных панелей, что снизит начальные инвестиции.

*Исследования и разработки*

Инвестиции в исследования и разработки помогут улучшить технологии солнечной энергии, повысить их эффективность и снизить стоимость.

*Развитие инфраструктуры хранения энергии*

Разработка более эффективных систем хранения энергии поможет увеличить долю солнечной энергии в общем энергетическом миксе.

*Обучение и информирование*

В результате проведенного исследования мы пришли к выводу, что повышение осведомленности о преимуществах солнечной энергии и ее доступности может способствовать ее более широкому принятию. Прогнозировать точную дату, когда солнечная энергия станет широко распространенной в повседневной жизни, сложно из-за множества факторов. Однако с постоянным развитием технологий и изменением политических решений, можно ожидать, что солнечная энергия будет играть все более значительную роль в будущем.

### Список источников

1. Хабр. Яркое будущее солнечной энергетики. URL: <https://habr.com/ru/articles/402041/> (дата обращения: 25.03.2024).
2. Renwex: Солнечная энергетика в возобновляемой энергетике. URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/solnechnaya-ehnergetika/> (дата обращения: 25.03.2024).
3. Summit. Adviser. Технологии для солнечной энергетики. URL: <https://clck.ru/39wjuc> (дата обращения: 26.03.2024).

4. Tadviser. Технологии для солнечной энергетики. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии\\_для\\_солнечной\\_энергетики](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Технологии_для_солнечной_энергетики) (дата обращения: 27.03.2024).
5. ELEC.ru – Электротехнический интернет-портал – Новые технологии развития солнечных панелей – повышение производительности и эффективности. URL: <https://www.elec.ru/publications/alternativnaja-energetika/7212/> (дата обращения: 27.03.2024).
6. Drodier: как работают солнечные панели? URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MDM3g4Ewxhw&t=719s> (дата обращения: 30.03.2024).
7. Виэсх: Технологии для солнечной энергетики. URL: <https://viesh.ru/pre/renow/sun/str-sunt/> (дата обращения: 30.03.2024).
8. *Каршибоев Ш. А., Муртазин Э. Р., Файзуллаев М.* Использование солнечной энергии // Экономика и социум. 2023. № 4–1 (107). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solnechnoy-energii-1> (дата обращения: 11.04.2024).

УДК 004.81

**Г. А. Алхименков**

ученик 9-го класса гимназии № 271

**В. И. Солодовников, А. А. Софронов** – магистранты кафедры 32 – научные руководители**ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОСЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ****Введение**

За последние 50 лет человечество сделало значительные шаги в области техники, особенно в компьютерных науках. Прогресс в этой области впечатляет: от многотонных компьютеров и дискет техника продвинулась до современных смартфонов, которые стали намного компактнее и мощнее.

Миниатюризация электронной базы и применение современных технологий производства позволяют создавать устройства, которые во много раз превосходят старые суперкомпьютеры по вычислительной мощности, а по размеру могут поместиться в ладони. Так, например, бортовой компьютер, который отвечал за космическую навигацию и полет на Луну, обладал памятью объемом 72 килобайта и частотой 2 мегагерца, для сравнения, в современном телефоне может быть порядка 16 гигабайт оперативной памяти, а тактовая частота процессора – до 3 гигагерц. Это означает, что количество выполняемых операций за одну секунду в 1000 раз больше, а места для хранения обрабатываемой информации в 200 тысяч раз больше, чем в том компьютере.

Одними из последних тенденций в информационных технологиях стали машинное обучение (МО) и искусственный интеллект (ИИ). Буквально за несколько лет данное направление развилось от новостей в научных журналах до мощного инструмента, доступ к которому открыт всем. С помощью ИИ можно генерировать новый текст, создавать красочные изображения, проводить анализ данных и многое другое. В данной статье будет кратко рассмотрено устройство нейронных сетей для распознавания образов.

**Нейронные сети и их виды**

Нейронные сети – это один из подходов МО, который заключается в программном моделировании структур и процессов происходящих в человеческом мозге. На основе данного подхода в 1957 году Фрэнк Розенблатт опубликовал работу описывающую упрощенную модель нейрона, которая могла распознавать принадлежность к одному из двух классов на основе входных данных. Модель нейрона состоит из следующих элементов [1]:

Входы подобны дендритам реального нейрона. На них поступают входные сигналы. Каждый вход имеет коэффициент, на который умножается проходящий сигнал;

Тело нейрона. В модели представлен сумматором и функцией активации. При достижении определенного порога суммы входных сигналов, нейрон активируется.

Выход – аналог аксона, то есть часть нейрона по которому передается импульс при активации. В данной модели – 1 соответствовало отсутствию реакции на входные сигналы, а 1 – активации нейрона.

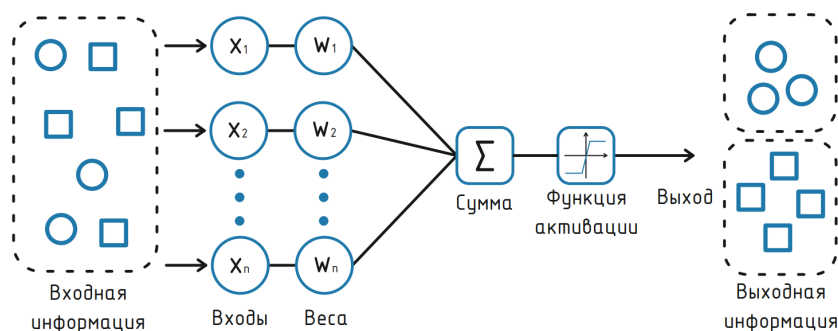


Рис. 1. Перцептрон Розенблатта

Такая относительно простая структура может быть обучена для классификации объектов на два класса на основе их признаков (рис. 1). Обучение данной модели заключается в подборе коэффициентов весов для каждого из входов. Для обучающего набора известны правильные ответы и параметры. Можно подать такие данные на перцептрон и рассчитать ошибку, на основе которой можно уточнить коэффициенты модели [2].

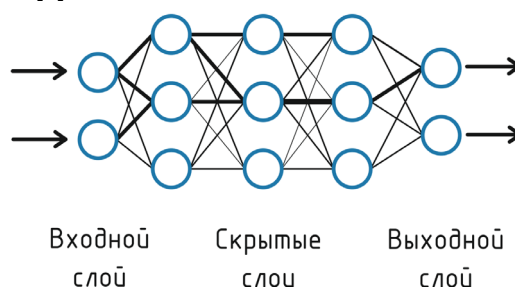


Рис. 2. Схема нейронной сети

Перцептрон Розенблата можно рассматривать как пример узла, из которого строится нейронная сеть. Она представляет многослойную структуру, в которой выходы всех узлов соединены со входами всех узлов следующего слоя. На рис. 2 показана схема нейронной сети. Внутренние слои называют скрытыми, так как для наблюдателя входы и выходы не видны, а первый и последний слой – входным и выходным слоем. На входы подается информация, затем она преобразуется, проходя через скрытые слои, а затем, в преобразованном виде, появляется на выходном слое [1].

В зависимости от выполняемых задач, нейронные сети можно разделить на следующие типы:

- многослойные (перцептроны) – они используются для обработки числовых данных;
- сверточные нейронные сети. Обработка и распознавание изображений;
- рекуррентные нейронные сети обрабатывают изменяющуюся во времени информацию, сохраняя актуальность данных;
- генеративные нейронные сети создают тексты или изображения на основе запросов пользователя.

Для обучения нейросетей используют три основных метода [3].

1. Обучение с учителем: в обучающей выборке содержатся метки правильных ответов. При обучении нейросеть получает на вход набор входных параметров, затем она выдает ответ. Он сравнивается с меткой и рассчитывается ошибка, а затем с помощью специальных алгоритмов на основе нее уточняются веса связей. Один из самых распространенных алгоритмов – метод обратного распространения ошибки, при котором веса обновляются в порядке обратном от направления прохождения сигнала. То есть от выходного слоя к входному.

2. Без учителя: применяется при отсутствии правильных ответов на входные сигналы. В этом случае нейросеть сама выделяет классы объектов, то есть проводит кластеризацию.

3. С подкреплением: при данном методе обучения нейросеть получает вознаграждение за правильные действия или же наоборот штраф при неверном ответе. Таким образом, ИИ пытается максимизировать вознаграждение и минимизировать штрафы. Такой метод в основном используется в робототехнике и разработке игр.

### Принцип работы нейросетей для распознавания изображений

Распознавание образов – это процесс выделения исходных данных из общей массы разнородных объектов и их классификация по характерным признакам.

Для таких задач используют сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN). Такая нейросеть также состоит из нескольких слоев, первый из них отвечает за применение фильтров к изображению для выделения признаков, второй – это слой подвыборки, уменьшающий размер изображения и сохраняющий на нем информацию о поставленных признаках. После этого идут несколько связанных слоев на основе признаков, в результате нейросеть выясняет вероятности того, что изображение относится к каждому классу [2].



Сверточные нейронные сети обрабатывают изображения и видео, улавливая локальный контекст. Они определяют наличие информации в непрерывном пространстве, например, в пикселях – близко расположенных частях изображения с визуальными данными (яркостью и цветом). Если сеть видит кошку в одном пикселе, она предполагает, что и в соседних – то же самое (рис. 3).

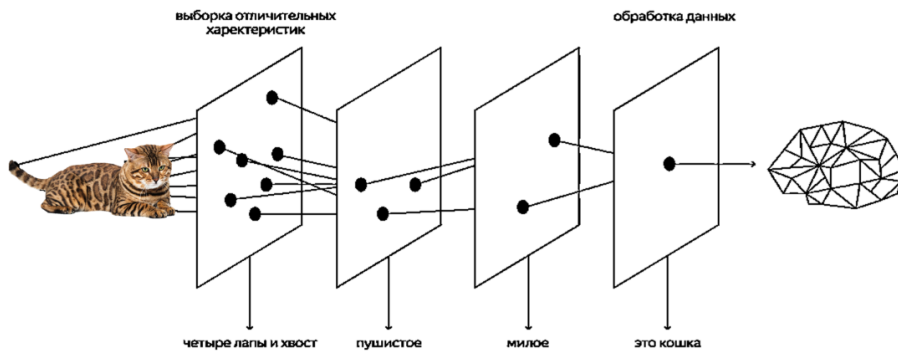


Рис. 3. Распознавание кота нейронной сетью

Сверточные нейросети обычно используются для распознавания и классификации изображений. Они позволяют определить окрас кошки по всему изображению, цвет глаз – по отдельным фрагментам, отличить кошку от других животных.

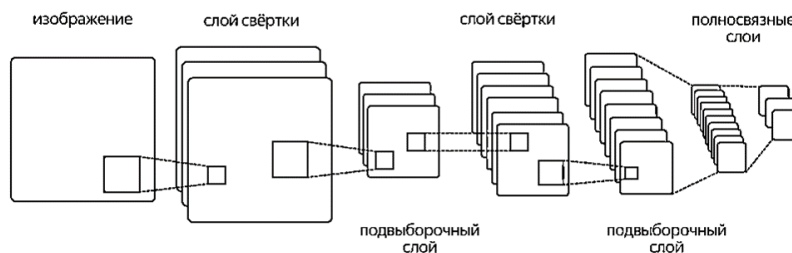


Рис. 4. Ход преобразования изображения

Чтобы нейросеть узнала кошку, необходимо выполнить несколько операций с изображением на каждом слое, включая ключевую операцию – свертку. Ход преобразования показан на рис. 4. Во время свертки нейросеть отбрасывает ненужные данные и сохраняет полезные, которые помогают анализировать изображение, например, линии, контуры или области. Свертка может быть создана для каждого признака. Нейросеть выберет их автоматически во время распознавания и классификации на каждом сверточном слое.

Сверточные нейронные сети получили широкое распространение в медицине для обнаружения патологий на рентгеновских снимках и МРТ. Далеко не всегда человек может на снимке распознать патологию, особенно на ранних стадиях. Уже сейчас существуют проекты, которые позволяют получать более высокий процент верных диагнозов. Также распознавание образов применяется в системах автономного вождения для обнаружения пешеходов и других автомобилей. В сельском хозяйстве – для мониторинга посевов и состояния почвы. На современных промышленных предприятиях системы машинного зрения контролируют качество продукции и оптимизируют процессы производства [3].

### Обучение нейросетей для распознавания изображений

Чаще всего обучение нейросетей для распознавания образов происходит с учителем. Для обучения требуется очень большой объем размеченных данных – это набор изображений, в котором для каждого изображения должен быть определен класс, к которому оно относится. Для повышения каче-

ства и скорости обучения предъявляются особые требования: изображения должны иметь одинаковый масштаб.

Перед обучением необходимо подготовить данные – сначала нужно масштабировать изображения до одного размера. Также данные могут быть дополнены (расширение данных путем создания новых изображений, основываясь на существующих). Такой способ будет полезен для использования в том случае, если данных для обучения нейросети будет не хватать. К примеру: для распознавания лиц можно использовать те же самые изображения, но изменяя им яркость или поворачивая их. После подготовки данных можно приступить к непосредственно обучению нейронной сети.

Само обучение производится путем изменения весов при прохождении данных через сеть. Веса активируются случайным образом, а после этого изменяются алгоритмом обратного распространения ошибки, такие действия повторяются до тех пор, пока ошибка не станет минимальной.

### **Заключение**

Использование нейронных сетей в области распознавания объектов является перспективным направлением, обладающим рядом достоинств и недостатков. Одним из главных преимуществ является то, что для использования нейронных сетей требуется небольшое количество ручных настроек. Сети способны извлекать всю необходимую информацию в процессе обучения и адаптироваться к различным задачам, а также изучать сложные признаки, что делает их универсальными инструментами для анализа данных.

Однако наряду с преимуществами, нейронные сети имеют и ряд недостатков. Прежде всего, для успешного обучения и функционирования сетей требуются большие объемы специально подготовленных данных, так называемых датасетов. Также нейронные сети предъявляют высокие требования к вычислительным мощностям, особенно в процессе обучения. Интерпретация результатов работы сетей также может представлять сложность, что ограничивает их применение в некоторых сферах.

Тем не менее при наличии достаточного объема данных и вычислительных ресурсов, использование нейронных сетей может стать оптимальным решением для задач распознавания образов. Благодаря своей способности к обучению и адаптации нейронные сети способны обеспечить высокую точность и надежность в работе с большими объемами данных, что делает их незаменимыми инструментами для современных информационных систем.

### **Список источников**

1. Официальный сайт Habr.com. Начало работы с нейросетями. URL: <https://habr.com/ru/articles/542386/> (дата обращения: 23.03.2024).
2. Официальный сайт dzen.ru. Распознавание изображений нейросетями. URL: [https://dzen.ru/a/Y\\_J5KzLFuBINr60Y](https://dzen.ru/a/Y_J5KzLFuBINr60Y) (дата обращения: 23.03.2024).
3. Официальный сайт simbirsoft.com. Методы распознавания образов: от простых до сложных. URL: <https://www.sibirsoft.com/blog/metody-raspoznavaniya-obrazov-ot-prostykh-do-slozhnykh/> (дата обращения: 23.03.2024).

УДК 69.059

**Л. Д. Арыков**

ученик 8-го класса школы № 598

**Е. В. Виговский** – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

## **СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ», ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ДОМОВ**

### **Введение**

Энергоэффективный дом – это жилище, спроектированное и оборудованное таким образом, чтобы минимизировать количество потребляемой энергии, сохраняя при этом комфортную и функциональную среду обитания. Дом построен из экологически чистых материалов и включает в себя различные энерго-сберегающие функции и технологии. Целью энергоэффективного дома является сокращение потерь энергии, снижение счетов за коммунальные услуги и минимизация воздействия на окружающую среду.

### **Преимущества умных, энергоэффективных домов**

Энергоэффективный дом имеет множество преимуществ. Во-первых, это помогает домовладельцам экономить на счетах за электроэнергию за счет значительного снижения энергопотребления. Поскольку затраты на электроэнергию продолжают расти, энергоэффективный дом становится все более выгодным. Во-вторых, энергоэффективный дом снижает спрос на энергию, что, в свою очередь, сокращает выбросы парниковых газов и помогает бороться с изменением климата.

Кроме того, энергоэффективный дом обеспечивает более комфортную среду обитания благодаря лучшему контролю температуры, улучшению качества воздуха в помещении и снижению шумового загрязнения.

Это также увеличивает стоимость недвижимости при перепродаже и способствует более устойчивому будущему.

### **Как работают умные приборы**

Интеллектуальные приборы работают с использованием датчиков, процессоров и функций подключения. Они могут собирать и анализировать данные, такие как модели энергопотребления, предпочтения пользователей и условия окружающей среды, для оптимизации своей производительности.

Благодаря подключению к интернету интеллектуальными приборами можно управлять удаленно с помощью смартфонов, планшетов или голосовых команд. Они также могут получать обновления и доработки программного обеспечения, которые улучшают их функциональность и энергоэффективность.

### **Использование умных приборов дает ряд преимуществ**

Во-первых, они обеспечивают больший контроль и удобство, позволяя пользователям контролировать свои приборы и управлять ими удаленно. Это означает, что домовладельцы могут настраивать настройки, получать оповещения и управлять потреблением энергии, даже когда их нет дома.

Интеллектуальные приборы также предоставляют ценную информацию о структуре энергопотребления, позволяя домовладельцам принимать обоснованные решения и дополнительно оптимизировать потребление энергии. Во-вторых, благодаря использованию передовых технологий, умные приборы могут автоматически регулировать настройки для максимальной энергоэффективности, что приводит к сокращению потерь энергии и снижению счетов за коммунальные услуги.

### **Управление потреблением энергии с помощью автоматизации умного дома**

Системы мониторинга энергопотребления позволяют домовладельцам отслеживать и анализировать потребление энергии в режиме реального времени. Эти системы могут быть интегрированы с

интеллектуальными счетчиками, интеллектуальными розетками и другими измерительными устройствами для предоставления точной информации о структуре потребления энергии.

Отслеживая потребление энергии, домовладельцы могут выявлять области с высоким потреблением и принимать обоснованные решения по сокращению потерь энергии. Системы мониторинга энергопотребления также дают представление об эффективности мер по энергосбережению и позволяют пользователям устанавливать целевые показатели энергопотребления или получать оповещения о ненормальном потреблении энергии.

Автоматизация умного дома позволяет автоматически оптимизировать потребление энергии на основе предпочтений пользователя и условий реального времени. Например, в часы пиковых цен на электроэнергию умные приборы можно запрограммировать на работу в периоды, когда затраты на электроэнергию ниже. Интеллектуальные термостаты могут регулировать параметры температуры в зависимости от загруженности, погодных условий и режимов энергосбережения. Интеграция с системами мониторинга энергопотребления и другими интеллектуальными устройствами обеспечивает согласованный подход к управлению энергопотреблением, обеспечивая максимальную эффективность и комфорт при минимизации потерь энергии.

Автоматизация умного дома также предоставляет возможности для интеграции с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные панели или ветряные турбины. Контролируя производство и потребление энергии, домовладельцы могут оптимизировать использование возобновляемых источников энергии. Интеллектуальные приборы можно запрограммировать на приоритетное использование энергии в периоды высокой выработки возобновляемой энергии, максимизируя энергетическую независимость и снижая зависимость от сети. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии не только повышает энергоэффективность дома, но и способствует более устойчивому энергетическому будущему.

### **Повышение энергоэффективности на кухне**

#### ***Умные холодильники***

Умные холодильники предлагают расширенные функции, повышающие энергоэффективность на кухне. Эти приборы могут контролировать и оптимизировать настройки температуры, сокращая потери энергии и обеспечивая сохранность продуктов. Они также могут обеспечивать управление запасами, предупреждая пользователей о том, что товары заканчиваются или у них, заканчивается срок годности, предотвращая ненужные походы в продуктовый магазин.

Некоторые умные холодильники даже оснащены интерактивными экранами или голосовыми помощниками, которые позволяют пользователям получать доступ к рецептам, составлять списки покупок или управлять другими устройствами «умного дома».

#### **Энергоэффективные кухонные приборы**

Энергоэффективные кухонные приборы такие как индукционные плиты и конвекционные печи, могут значительно снизить потребление энергии на кухне. Индукционные варочные панели используют магнитные поля для непосредственного нагрева посуды, что обеспечивает более быструю и эффективную передачу тепла.

Конвекционные печи циркулируют горячим воздухом для равномерного распределения тепла, сокращая время приготовления и потребление энергии. Энергоэффективные кухонные приборы не только экономят энергию, но и обеспечивают точный контроль температуры и улучшают результаты приготовления.

#### **Интеллектуальное управление энергопотреблением на кухне**

Интеллектуальные системы управления энергопотреблением на кухне могут еще больше повысить энергоэффективность. Сюда входят интеллектуальные розетки или розетки питания, которые можно использовать для контроля энергопотребления различных кухонных приборов. Эти устройства можно запрограммировать на автоматическое отключение питания неиспользуемых приборов или ограничение их энергопотребления в часы пик.

Интеллектуальные системы управления энергопотреблением также предоставляют данные об энергопотреблении в режиме реального времени, позволяя домовладельцам принимать обоснованные решения и корректировать свои процедуры приготовления пищи для экономии энергии.

### **Умные приборы для стирки и уборки**

#### ***Энергоэффективные стиральные машины***

Энергоэффективность в стиральных машинах используются передовые технологии для снижения потребления воды и энергии. Эти машины обычно имеют различные циклы и настройки, которые оптимизируют энергоэффективность в зависимости от типа ткани, размера загрузки и уровня загрязнения. Кроме того, высокоэффективные стиральные машины потребляют значительно меньше воды по сравнению с традиционными машинами с верхней загрузкой. Некоторыми интеллектуальными стиральными машинами можно управлять дистанционно или интегрировать с системами «умного дома» для оптимизации энергопотребления. Инвестиции в энергоэффективную стиральную машину не только экономят ценные ресурсы, но и обеспечивают чистоту и ухоженный вид одежды.

### **Умные устройства для уборки**

Интеллектуальные устройства для уборки, такие как роботизированные пылесосы и швабры, обеспечивают удобство и энергоэффективность. Эти устройства используют датчики и навигационные системы для интеллектуальной уборки полов, экономя время и усилия. Их можно программировать или управлять удаленно, что позволяет домовладельцам планировать сеансы уборки или ориентироваться на определенные зоны.

Интеллектуальные устройства для уборки предназначены для оптимизации энергопотребления, автоматически возвращаясь к своим зарядным устройствам, когда им требуется подзарядка. Используя эти устройства, домовладельцы могут поддерживать чистоту жилых помещений при минимальном потреблении энергии.

### **Функции водоснабжения и энергосбережения**

При выборе умных приборов для стирки и уборки важно учитывать функции экономии воды и энергии. Ищите приборы с регулируемым уровнем воды и технологиями определения нагрузки, поскольку они обеспечивают оптимальное использование воды при различных размерах загрузки. Энергосберегающие режимы, быстрые циклы стирки и опции отложенного запуска также способствуют эффективному использованию энергии. Инвестиции в умные приборы с этими функциями не только сокращают потребление воды и энергии в домашних условиях, но и экономят время и деньги.

### **Системы управления энергопотреблением в доме**

Системы управления энергопотреблением дома (HEMS) обеспечивают комплексный подход к управлению энергопотреблением в умном доме. Эти системы интегрируются с различными интеллектуальными приборами, системами мониторинга энергопотребления и возобновляемыми источниками энергии для оптимизации энергопотребления и сокращения отходов. HEMS может собирать и анализировать данные из различных источников, предоставляя домовладельцам подробные отчеты об энергопотреблении, персонализированные рекомендации и предупреждения о ненормальном потреблении энергии. Они позволяют легко контролировать множество интеллектуальных приборов и управлять ими, позволяя пользователям принимать обоснованные решения для повышения энергоэффективности и экономии затрат.

### **Заключение**

Создание энергоэффективного дома с использованием умных приборов дает множество преимуществ. От снижения энергопотребления и счетов за коммунальные услуги до минимизации воздействия на окружающую среду и повышения комфорта энергоэффективный дом обеспечивает устойчивую и экономичную среду обитания. Понимая различные аспекты энергоэффективности, такие как ум-

ные приборы, варианты освещения, системы отопления и охлаждения, управление энергопотреблением и варианты финансирования, домовладельцы могут принимать обоснованные решения, соответствующие их потребностям, предпочтениям и ценностям. Внедрение энергоэффективности – это не только ответственный выбор, но и шаг к более экологичному и устойчивому будущему.

### Список источников

1. *Архипов Г. В.* Системы для «интеллектуального» здания // СтройМаркет. 1999. № 45. 218 с.
2. *Райли М.* Programming Your Home Automate with Arduino, Android and Your Computer // The Pragmatic Bookshelf Dallas, Texas • Raleigh, North Carolina. LLC, 2012.
3. Электронные компоненты fibaro. URL: <http://www.fibaro.com> (дата обращения: 20.03.2017).
4. *Элсенпитер Р., Велт Д.* Умный дом строим сами. 2016. 619 с.
5. *Сибикин М. Ю.* Альтернативные источники энергии. 2014. 248 с.

УДК 004.896

**И. С. Афанасьев**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**А. И. Савельев** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА РОБОТОМ****Введение**

Если поставить роботу задачу следовать за человеком – ему необходимо будет получить информацию посредством видеокамеры и/или лидара, обработать ее и принять решение: с какой скоростью, ускорением и по какой траектории он это будет делать. Предложенный метод объединяет в себе использование сразу нескольких алгоритмов определения положения в пространстве как робота, так и человека для достижения результата.

Робот рассматривает движения человека в трех случаях:

- человек виден полностью;
- скрыта верхняя часть тела человека;
- скрыта нижняя часть тела человека.

Предположим, информация уже была получена, например, с помощью камеры Intel Realsense и кругового лидара. Как обработать информацию?

Для начала необходимо рассмотреть самый простой – первый случай.

Человек идет сбоку от робота на переднем направлении. Как узнать, идет он или бежит? С какой скоростью? Для замера скорости в базовом случае может помочь выделение человека в контур прямоугольника с площадью, описывающей его тело. Расстояние от одного прямоугольника до другого с учетом расстояния от камеры до объекта наблюдения может дать ответ на динамику его скорости и ускорения.

**Модель опорных точек**

Тем не менее для полноценного анализа скорости движения человека, его следует представить, как модель опорных точек, пример изображен на рис. 1.

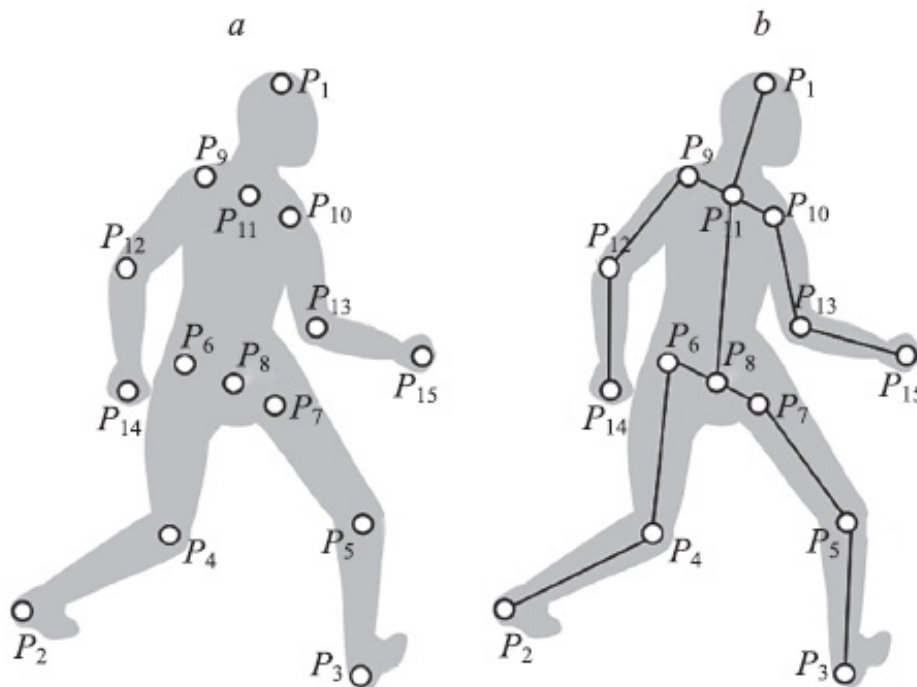


Рис. 1. Тело человека, представленное в виде узловых точек

Модель опорных точек в общем случае представляется вектором-столбцом  $P$  с координатами опорных точек  $P_1, P_2, \dots, P_{15}$ :

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_1, y_1) \\ (x_2, y_2) \\ \vdots \\ (x_{15}, y_{15}) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_{15}$  – координаты точек по оси  $OX$ ;  $y_1, y_2, \dots, y_{15}$  – координаты точек по оси  $OY$ . Если представить вектор матрицы расположения объекта во времени как:  $U(P) = [u_{ij}(P_i)]$ , где  $u_{ij}(P_i)$  – координаты точек  $P_i$ , считываемые с каждого кадра видеопотока во времени  $t$ .

Тогда:

$$U(P) = \begin{pmatrix} u_{1,1}(P_1) & u_{1,2}(u_{1,1}(P_1)) & \dots & u_{1,t}(u_{1,t-1}(P_1)) \\ u_{2,1}(P_2) & u_{2,2}(u_{2,1}(P_2)) & \dots & u_{2,t}(u_{2,t-1}(P_2)) \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ u_{15,1}(P_{15}) & u_{15,2}(u_{15,1}(P_{15})) & \dots & u_{15,t}(u_{15,t-1}(P_{15})) \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} U_1(P_1) \\ U_2(P_2) \\ \vdots \\ U_{15}(P_{15}) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Зная вектор  $U(P)$ , можно предсказать движение объекта, в данном случае человека и избежать столкновения с ним [1].

### Сбор данных с датасетов

Подобное реализовано не только в теории, но и на практике, поэтому имеет смысл обучать нейросеть на микроконтроллере робота на уже имеющихся датасетах, при необходимости добавляя новые данные. Нейросеть MobileNet распознает изображение в 2D и в 3D с геометрическими ограничениями на физическую возможность поз человека. Предположительная структура нейросети приведена на рис. 2.

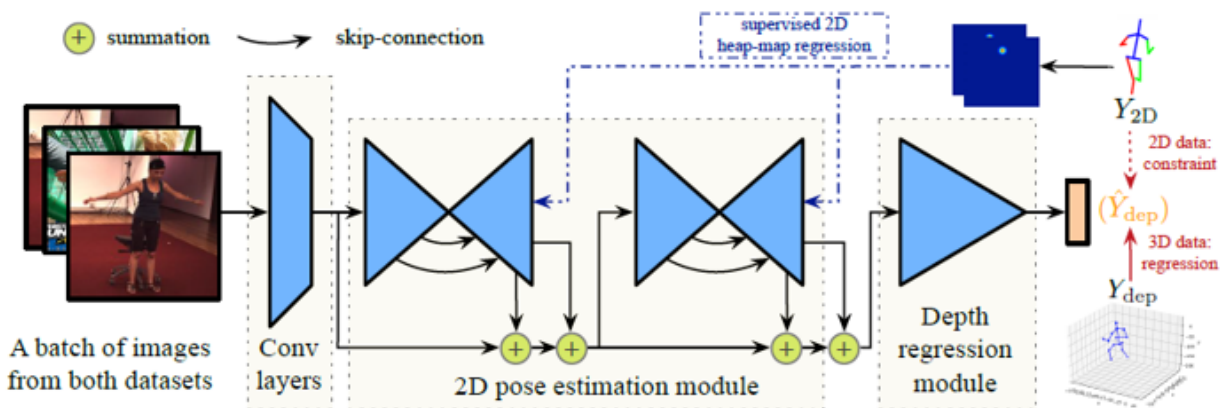


Рис. 2. Структура нейросети следования человека за роботом

Часть набора изображений в датасете приведена на рис. 3.





Рис. 3. Примеры изображений в датасетах MPII и Human 3.6M

Структура наборов обучения:

1. MPII – для 16 двумерных суставов, 25 тысяч обучающих изображений и 2957 валидационных.

2. Human 3.6M – 3,6 миллиона RGB-изображений, снятых на Motion Capture  
Ключевая метрика при обучении – средняя ошибка положения одного сустава [2].

Для того чтобы найти человека, роботу к нему надо повернуться. Приведем пример для камеры Picamera – модуль для Raspberry Pi на Python для захвата входных видеоизображений. Робот ищет целевой объект, поворачиваясь 8 раз на 45 градусов. Находя его, издает звуковой сигнал [3].

### Поворот и движение робота навстречу человеку

Нейронная сеть – MobileNet (300 x 300 px). Ищется слева или справа объект:

$$diff = \frac{X_{lowLef} + X_{upRig}}{2} = \frac{ImageHorizontalDimension}{2} \quad (3)$$

В случае с 640 x 480 пикселей разрешения на изображении каждый пиксель представляет собой 0,0971 градуса:

$$coef_{Cam} = \frac{62,2}{imageHorizontalDimension} \cong 0,0971^\circ \quad (3)$$

217 шагов движка надо для центрирования робота по отношению к объекту:

$$EngineSteps = \frac{angleT}{strideAngle} = \frac{17}{0,08} = 217,26125 \quad (5)$$

Поворот необходим для движения робота к человеку по прямой линии, если нет препятствий. Чтобы определить точное местоположение человека, потребуется UWB-технология, позволяющая найти цель с точностью до 6 см в радиусе при рабочей дистанции до 40 м [4].

Отслеживание движений человека роботом невозможно без возможности быстрого и точного нахождения цели с помощью метода триангуляции. Для наземного робота алгоритм будет представлен в следующем виде:

Алгоритм отслеживания движений человека с помощью метода триангуляции [5] представлен на рис. 4.



Рис. 4. Алгоритм отслеживания движений человека с помощью UWB и триангуляции

#### Список источников

1. Казакова С. А., Леонтьева П. А., Фролова М. И. Исследование движения человека в системах компьютерного зрения на основе скелетной модели // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021.

2. Сыряжкин В. И., Титов В. С. Адаптивные и интеллектуальные системы технического зрения: охрана, диагностика, навигация, робототехника, мехатроника // Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции: сб. материалов IV Междунар. форума. Томск, 2022. С. 13–14.
3. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах / Р. Р. Галин, В. В. Серебряный, Г. К. Тевяшов, А. А. Широкий // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24. № 4. С. 180–199.
4. Cao Y. Accurate position tracking with a single UWB anchor // 2020 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA). IEEE, 2020. P. 2344–2350.
5. Guo H. UWB indoor positioning optimization algorithm based on genetic annealing and clustering analysis // Frontiers in Neurorobotics. 2022. Vol. 16. P. 715440.

УДК 001.2

**А. Д. Берсенева**

студентка кафедры информационной безопасности

**С. В. Беззатеев** – доктор технических наук, доцент – научный руководитель

## **ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Безусловно, человеческий фактор является одним из наиболее уязвимых вопросов в области информационной безопасности. Многие в этой сфере призывают к техническим решениям этой проблемы, но технологии не всегда дают ответ на проблемы, связанные с человеком. Важно исследовать эту проблему глубже и найти новые способы обучения сотрудников, чтобы они лучше понимали вопросы безопасности и могли принимать более обоснованные решения. Предыдущие исследования показали, что как поведение человека, так и его активность в социальных сетях могут помочь понять, насколько он уязвим к киберпреступности. Кроме того, мы знаем, что культурные факторы также оказывают влияние на принятие решений. В этой статье начинается процесс изучения того, как культура влияет на способность человека принимать правильные решения в сфере кибербезопасности, где он постоянно подвергается информационным атакам. Цель этого исследования – использовать культурные, поведенческие и социальные факторы для более точной оценки уязвимости человека к киберпреступности. Полученные результаты могут быть использованы практиками в области информационной безопасности для более эффективной подготовки людей к защите от киберугроз. Эта статья является первым шагом в исследовании влияния культуры на уязвимость человека к киберпреступности, что поможет лучше понять, какие аспекты культуры влияют на принятие ими решений. Авторы продолжают работу над этим проектом, разрабатывая новые образовательные программы, которые будут учитывать поведение, активность в социальных сетях и культурные особенности для изменения поведения людей в сфере информационной безопасности.

### **Введение**

Люди – слабое звено в информационной безопасности. Злоумышленники легко используют социальную инженерию для проникновения в компьютерные сети. Поведение и осведомленность – ключевые аспекты защиты. Технические меры могут быть обойдены из-за их сложности. Слишком сложная или карательная политика по кибербезопасности способствует нарушениям. Непринятие во внимание желаний и потребностей людей угрожает безопасности. Теория общественного договора имеет значение для кибербезопасности и связана с культурой.

За последние пять лет исследования причин неверных решений в области информационной безопасности увеличились, но требуют дальнейшего развития. Один из подходов – распространение мышления о безопасности среди пользователей. Кибербезопасность, основанная на принципе «снизу вверх», получит социальную поддержку, в отличие от подхода, основанного на страхе. Негативный страх может способствовать токсичной рабочей среде, что в свою очередь вызывает сомнения. Использование наказания неэффективно по сравнению с положительным подкреплением. Вместо создания страховой культуры, организации должны сосредоточиться на раннем выявлении нарушений и оповещении сообщений о них. Быстрое выявление нарушений помогает оперативно реагировать и минимизировать ущерб. Подход «Кибербезопасность по-другому» включает человека в социально-техническую систему безопасности.

STS анализирует связь между оборудованием, программным обеспечением, людьми и сообществом. Человек часто считается наиболее уязвимым звеном в кибербезопасности. Ежегодные тренинги и программы повышения осведомленности о кибербезопасности призваны уменьшить риски, но не всегда эффективны в изменении поведения. Информационная перегрузка и усталость могут препятствовать освоению знаний о кибербезопасности. Осведомленность о кибербезопасности определяется как понимание важности безопасности данных и ответственности пользователей за их защиту. Хакеры ча-

сто выбирают самых уязвимых пользователей. Пользователи интернета не всегда осведомлены о различных киберугрозах, от спама до организованной киберпреступности.

Рекомендация: учебные программы должны учитывать международные аспекты поведения человека, не ограничиваясь местными или культурными контекстами. В результате киберпреступности часто происходит увольнение жертв, включая директоров по информационной безопасности. Коллиер использовал алгоритмы для оценки восприимчивости к социальной инженерии, что позволяет более точно определить уязвимых пользователей. Однако это лишь начало, исследования должны продолжаться для более полного понимания роли культуры в принятии решений о безопасности.

Для понимания влияния культуры на процесс принятия решений в области безопасности нужно осознать определение культуры, процесса принятия решений и мышления в этой области. Затем важно исследовать их взаимосвязь и влияние друг на друга.

### **Культура**

Симонсон и соавт. (2000 г.) утверждают, что культура определяет нормы принятия решений и мотивирует людей следовать этим нормам. Так как культура изменчива, она подвержена влиянию социальных правил (Уайтен и др., 2011 г.). Определение культуры может быть нечетким из-за ее абстрактной природы (Каузадиас, 2020 г.). Культура охватывает множество аспектов, включая поведение, религиозные верования, ценности и язык, и формируется взаимодействием социальных групп (Каузадиас, 2020 г.). Существуют два основных типа культур – индивидуализм и коллективизм (Мюллер и соавт., 2009 г.) (Дарвиш и Хубер, 2003 г.) (Лефевр и Франке, 2013 г.). Индивидуализм характеризуется заботой о себе и семье, в то время как коллективизм – заботой о сообществе (Дарвиш и Хубер, 2003 г.). Инциденты киберпреступности происходят как в индивидуалистических, так и в коллективистических культурах, что подчеркивает их разнообразие и сложность. Культурные особенности могут влиять на риски социальной инженерии в области информационной безопасности (Collier, 2020) (Bada и соавт., 2019) (Dupuis & Khadeer, 2016). Вывод: культура является сложным и важным аспектом, который следует учитывать при оценке рисков в информационной безопасности.

### **Процесс принятия решений**

Процесс принятия решений – это выбор на основе данных и оценки вариантов. Влияют на него знания, информация, опыт, психология и эмоции (Collier, 2021 г.). Он основан на целях, выборе и критериях (Wang & Ruhe, 2007 г.). Процесс принятия решений включает сознательное и подсознательное мышление (Wang & Ruhe, 2007 г.). Влияние эмоций и поведения может привести к неправильным решениям (Slovic, et al., 1988 г.). Уникальные качества каждого человека определяют их решения, что делает их уязвимыми для социальной инженерии в области информационной безопасности.

### **Мышление в области безопасности**

Установка на безопасность – это состояние ума, где рассматриваются последствия решений для безопасности. Люди стали более взаимосвязанными с появлением компьютеров и интернета. В то время как он приносит преимущества, такие как ускорение бизнес-процессов, он также увеличивает риск утечки данных из-за ошибок в человеческом поведении. Организации, обучая своих сотрудников сознанию безопасности, могут укрепить свою сетевую безопасность. Однако важно понимать, что перегиб в обучении безопасности также может быть проблемой. Развитие мышления о безопасности является критическим аспектом для всех пользователей цифровых систем. Вместо поиска технических решений для человеческих ошибок, лучше понять, почему люди становятся жертвами киберпреступности и помочь им принять ответственность за свои действия.

### **Культурное влияние**

Существуют три основных типа угроз для сети с точки зрения безопасности: вредоносная внешняя угроза (MOT), угроза со стороны злонамеренных инсайдеров (MIT) и незаметная инсайдерская угроза (NMIT). Последний тип угрозы, NMIT, возникает, когда люди становятся жертвами социальной инженерии. Исследование Коллиера (2021 г.) показало, что существует 128 форм поведения, при-

водящих к неверным решениям в области безопасности из-за социальной инженерии. Он разработал новый инструмент оценки обучения информационной безопасности, используя данные о поведении и использовании социальных сетей, чтобы лучше оценить уязвимость человека к киберпреступности. Культура оказывает влияние на процесс принятия решений, и вопрос состоит в том, можно ли измерить это влияние и разработать соответствующий инструмент оценки. Существующие методы обучения и оценки информационной безопасности часто не учитывают личные особенности, поведение и культурные факторы. Для улучшения эффективности таких программ необходимо интегрировать психологические методы и использовать данные о поведении и культурных особенностях.

### **Теория общественного договора, управление, политика и культура**

Теория общественного договора (SCT) и управление кибербезопасностью тесно связаны и оба часто пересекаются. SCT представляет собой многовековой опыт политической философии, где представители принимают решения о правилах и нормах, а другие лица обязаны следовать им. Процесс обоснования этих правил должен быть публичным и надежно обоснованным. Политическая система играет решающую роль в этом процессе, и демократия часто требует особого обоснования. SCT не может использоваться вне демократии, так как подчеркивает ценности, связанные с демократией, такие как свобода и справедливость. Управление кибербезопасностью тесно связано с культурой и политическими системами, что важно учитывать при разработке стратегий управления.

### **Заключение**

Понимание, как культура влияет на принятие решений в области информационной безопасности, крайне важно для борьбы с киберпреступностью. Для этого необходимо провести исследования, чтобы выявить влияние культуры на принятие решений и разработать соответствующие вопросы для тестирования. После этого эффективность этих вопросов будет проверена с помощью инструмента оценки обучения, чтобы определить, можно ли использовать культуру для прогнозирования восприимчивости киберпреступности. Предлагается изменить текущий алгоритм оценки восприимчивости, чтобы включить в него культурный аспект. Полученные результаты будут использованы для разработки новых программ обучения, которые учитывают привычки, использование социальных сетей и культурные особенности.

### **Список источников**

1. *Collier J.* Dynamic Adaptive Assessment Tool for Cyber Security Learning. 2021.
2. *Dagostino F.* Understanding the Role of Culture in Cybersecurity Decision-Making. 2021.
3. *Gauss C.* Justification of Rules, Norms, and Principles in Political Systems. 2021.
4. *Swift J.* Democracy as Procedure and Content: Implications for Cybersecurity Management. 2014.
5. *Lessnoff M.* Democratic Contractualism and Its Implications for Cybersecurity. 1990.
6. *O'Hara J., Hall M.* Four Internets Framework and its Implications for Cybersecurity Governance. 2021.
7. *Carr N.* Political Systems and Cultural Influence on Cybersecurity Justification. 2007.

УДК 004

**Э. И. Бикмаева**

студентка кафедры информационной безопасности

**В. А. Мильников** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

### АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИИ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Приведен сравнительный анализ информационных систем учета проживающих в общежитии учебного заведения актуальных на данный момент отечественных реализаций.

Студенческое общежитие является важной составляющей любого учебного заведения. В общежитии проживающий проводит большую часть своего времени, поэтому удобство и комфорт проживания в общежитии является одним из важнейших факторов для успешной учебы и адаптации в образовательной среде.

Для осуществления полноценного анализа требований к информационной системе, отвечающей за учет проживающих в общежитии, давайте изучим внутреннюю структуру самого общежития учебного заведения.

Структура управления студенческим общежитием обычно является линейной, с единоличным руководством. На вершине иерархии находится директор или заведующий общежитием. Его основной задачей является обеспечение эффективного функционирования общежития, создание комфортных условий для проживания студентов и координация работы персонала.

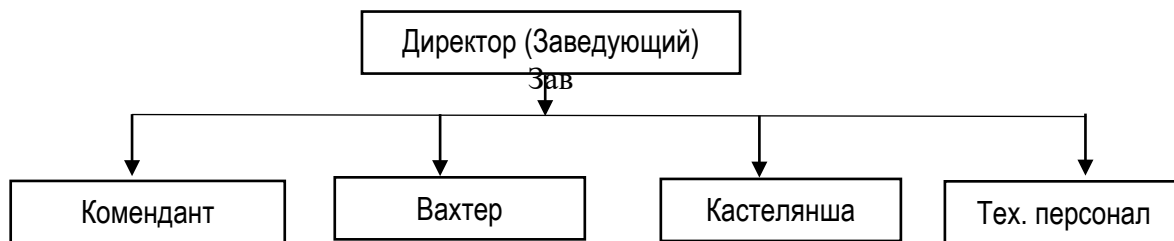


Рис. 1. Типовая организационная структура студенческого общежития

Основные функции директора общежития включают:

- организацию работы общежития в соответствии с установленными нормами и правилами;
- руководство персоналом и контроль за исполнением их обязанностей;
- обеспечение безопасности и порядка в общежитии;
- взаимодействие с учебным заведением по вопросам проживания студентов;
- решение текущих вопросов и проблем, связанных с жизнедеятельностью общежития.

В подчинении директора общежития могут находиться административный персонал, бухгалтерия, технический персонал, ответственные за уборку и обслуживание помещений, а также социальные работники, занимающиеся вопросами социальной поддержки студентов.

Перечень основных процессов, составляющих деятельность общежития:

- заселение и выселение студентов;
- учет проживающих и ведение жилого фонда;
- организация питания и бытового обслуживания;
- обеспечение безопасности и контроль доступа;
- предоставление услуг и социальная поддержка;
- управление материальными ресурсами и инвентарем;
- документооборот общежития.

Документооборот является неотъемлемой частью деятельности общежития и включает в себя оформление договоров на проживание, учет оплаты за услуги, отчетность перед учебным заведением

и другие административные процессы. Организация эффективного документооборота позволяет минимизировать риски ошибок и ускорить выполнение административных процедур, обеспечивая тем самым более комфортные условия для проживания студентов.

Внедрение информационных систем учета проживающих в общежитии позволило облегчить процессы заселения и выселения проживающих, отслеживания задолженностей, повысило эффективность работы сотрудников.

Рассмотрим решения информационных систем, имеющиеся на рынке на данный момент, для автоматизации учета проживающих в общежитии учебного заведения [1]–[3]:

1) БИТ. Общежитие – полнофункциональное решение для автоматизации учета проживания в общежитии.

2) Комкон: Общежитие 8 представляет собой специализированную учетную систему, предназначенную для автоматизации учета проживающих в общежитии и взаиморасчетов с ними.

3) ITworks: Общежитие предназначен для автоматизации хозяйственной деятельности государственных и коммерческих общежитий.

Данные информационные системы функционируют на основе платформы 1С:Предприятие (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение функций информационных систем**

Функция системы	БИТ. Общежитие	Комкон:Общежитие 8	ITworks:Общежитие
Учет движения проживающих	+	+	+
Учет оплаты за проживание	+	+	+
Учет номерного фонда	+	+	+
Предоставление услуг	-	-	-
Уведомление проживающих о задолженностях	-	-	-
Учет выданного, возвращенного инвентаря проживающему	-	-	-
Учет товарно-материальных ценностей, числящихся за общежитием	+	+	+
Отчетность	+	+	+

Анализ предлагаемых решений автоматизации учета проживающих в общежитии, представленных на информационном рынке, показал, что предлагаемый функционал в основном обеспечивает учет движения проживающего, номерного фонда, взаиморасчеты с клиентами и учет товарно-материальных ценностей. Под учетом движения проживающего в информационных системах предполагается заселение, переселение, выселение проживающего на основе необходимых документов, формирование отчетов по численности проживающих.

Функционал рассматриваемых систем однотипный и сложный, стоимость высокая, а также не берутся во внимание процессы, которые необходимы проживающему.

На данный момент большинство процессов в общежитиях ведется на бумажных носителях, такие как процесс выдачи инвентаря проживающему, заполнение заявок на различные услуги. Необходимо автоматизировать данные процессы, так как они занимают большое количество времени и не предоставляют надежный уровень защиты данных.



В представленных решениях отсутствует информирование проживающих об их задолженностях путем отправки уведомлений, данные действия напоминали бы проживающим об их задолженностях и помогли бы сократить их до минимума.

Необходимо также уведомлять жильцов о выполнении заявок на предоставление услуг, чтобы они могли планировать свое время и следить за качеством работы.

С учетом проведенного анализа представленных готовых решений необходимо разработать информационную систему, которая соответствовала бы бизнес-процессам общежития учебного заведения и решала бы проблемы, описанные ранее. Такая система необходима для эффективного управления общежитием и обеспечения комфортного проживания студентов.

### **Список источников**

1. БИТ. Общежитие 8. URL: [https://spb.1cbit.ru/1csoft/bit-obshchezhitie-8/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://spb.1cbit.ru/1csoft/bit-obshchezhitie-8/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения: 06.03.2024).
2. Комкон: Общежитие 8. URL: <https://комкон.пф/programmy-1c/комкон-obshhezhitie/2359/> (дата обращения: 06.03.2024).
3. ITworks: Общежитие: itworks.group. URL: <https://itworks.group/products/dormitory/> (дата обращения: 06.03.2024).

УДК 62-83

**Д. И. Билаш**

студент кафедры управления в технических системах

**В. И. Бойков** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

### СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ПОЛЫМ НЕМАГНИТНЫМ РОТОРОМ

Асинхронные электродвигатели с полным не магнитным ротором широко применяется в системах автоматического управления различного назначения. Для изучения основных алгоритмов управления электродвигателем в реальном времени удобно использовать программное обеспечение Simulink Matlab и библиотеку Waijung Blockset. Для этого была разработана и собрана установка с микроконтроллером STM32F407, аналоговыми датчиками тока ACS712, полномостовым драйвером управления электродвигателями HW-094 на микросхеме L298N, преобразователем интерфейсов USB в TTL-UART, внутрисхемным программатором ST-LINK/V2 и асинхронным двигателем ДГ-2ТА. Функциональная схема установки представлена на рис. 1.

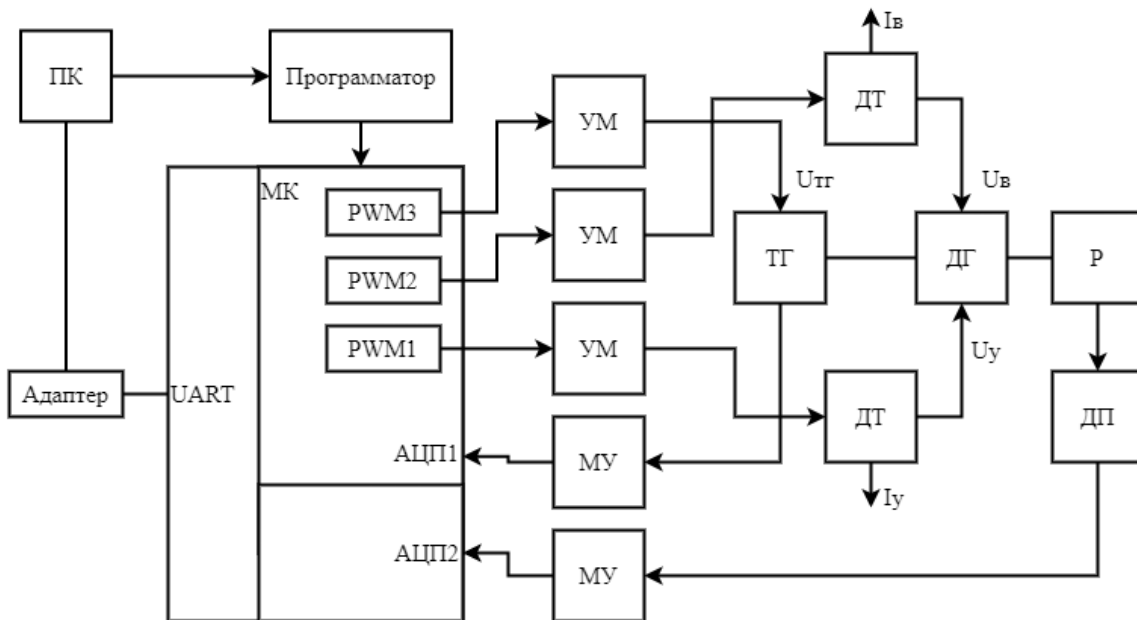


Рис. 1. Функциональная схема стенда

Принцип работы системы состоит в следующем. Программа работы через программатор загружается в микроконтроллер (МК). Формируемые сигналы управления с широтно-импульсными модуляторами (PWM) поступают на усилители мощности (УМ), с которых передаются на асинхронный двигатель (ДГ). Скорость вращения ротора и угол поворота выходного вала редуктора (Р) контролируются тахогенератором (ТГ) и датчиком положения (ДП). Дополнительно датчиками тока (ДТ) контролируются силы токов в обмотках возбуждения и управления электродвигателя. Снятые с датчиков данные о силе токов, скорости, преобразованные масштабирующими усилителями (УМ), поступают в микроконтроллер. Данные из микроконтроллера могут быть считаны в среду Simulink Matlab через адаптер USB-UART.

#### Программное обеспечение

Для программирования микроконтроллера используется библиотека Waijung Blockset позволяющая использовать графическое представление алгоритма управления средствами Simulink Matlab. Чтение и обработка данных от микроконтроллера в режиме реального времени выполняется средствами Matlab. Этот позволяет управлять двигателем и отслеживать мгновенные значения сигналов для оценки качества системы управления [1], [2]

Для примера при помощи библиотеки Wajjung Blockset была построена схема управления двигателем, представленная на рис. 2.

Сигналы управления двигателем формируются генератором Gen Sin. На генератор от блока UART Rx подается два сигнала:

- 1) амплитуда на обмотку управления;
- 2) частота гармонических сигналов управления и возбуждения двигателя.

Дополнительный сигнал, идущий от блока UART Rx, разрешает работу силовых драйверов УМ.

Блок аналого-цифрового преобразователя Regular ADC осуществляет оцифровку сигналов датчиков тока в обмотках двигателя, сигналов тахогенератора и датчика угла выходного вала. С АЦП выходит гармонический сигнал, который в дальнейшем подвергается модуляции и проходит через фильтр сглаживания. При передаче этот сигнал сжимается и подвергается дискретизации с шагом 0.01.

На рис. 3 представлена подсистема, представляющая генератор синусоидальных сигналов. На входах задаются амплитуды возбуждения и управления и круговая частота сигналов. Для управления двигателем генератор формирует синусоиду заданной частоты  $\omega$  (рад/с), в то время как амплитуда сигнала возбуждения задана постоянной [3]. В нижней части схемы параллельно с описанными процессами формируется сигнал возбуждения тахогенератора постоянной амплитуды и частоты.

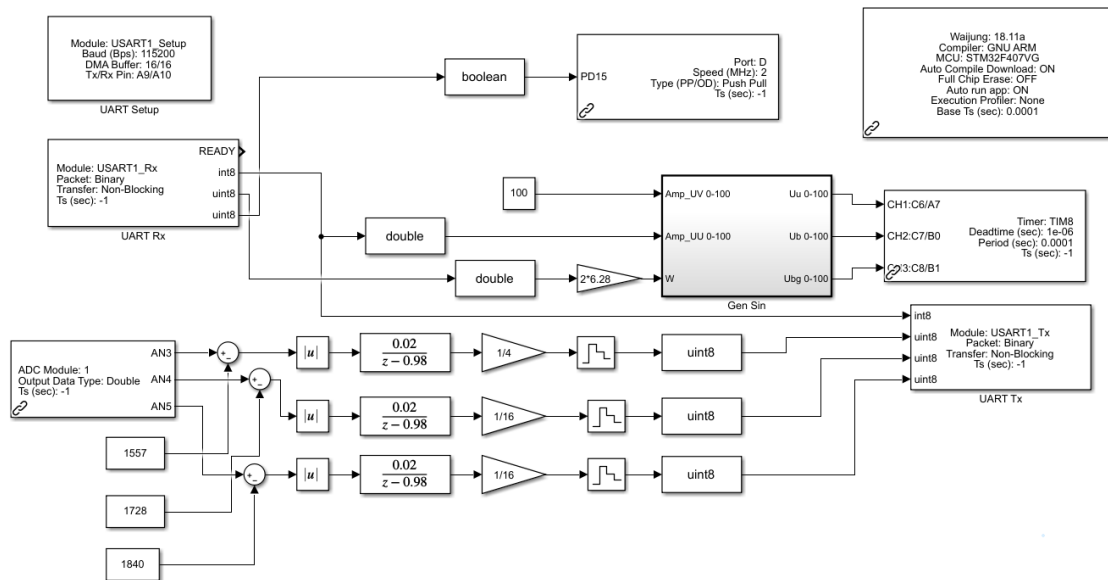


Рис. 2. Схема управления микроконтроллером

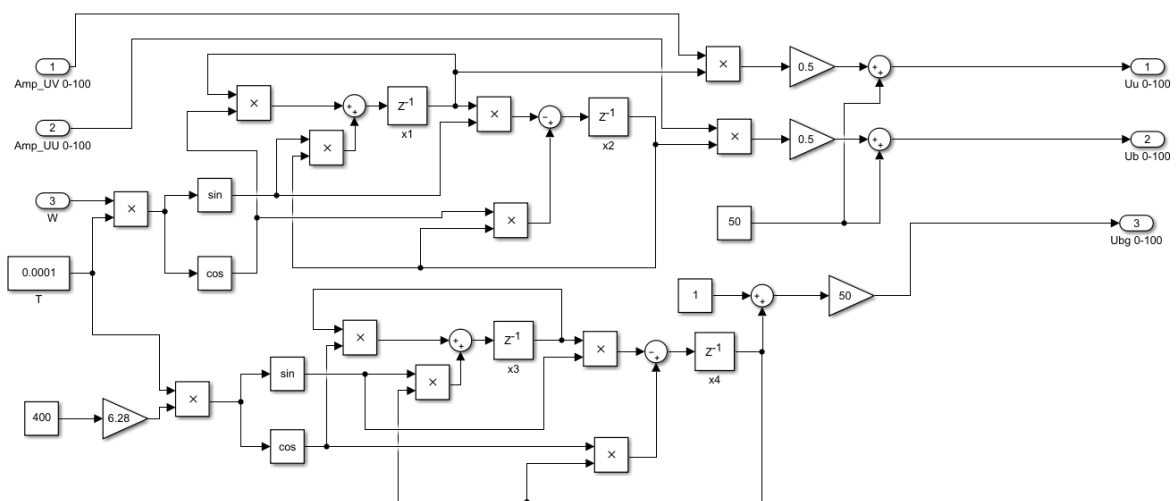


Рис. 3. Дискретная модель генератора синусоиды

Далее средствами Simulink была построена схема управления стендом, представленная на рис. 4.

Указанный на схеме блок Host Serial Tx передает 3 сигнала: гармонический, ступенчатый и импульсный – реализованные с помощью блоков Sine Wave, Step и Pulse Generator. Гармонический сигнал задает изменение амплитуды управляющего сигнала, позволяющее исследовать частотную характеристику двигателя. Ступенчатый сигнал определяет текущее значение частоты управляющего сигнала. Бинарный (импульсный) сигнал разрешает работу драйверов [4].

Блок Host Serial Rx передает сигналы с датчиков токов, скорости и угла выходного вала на Scope.

Блок Real-Time Sync позволяет синхронизировать выполнение модели в режиме реального времени.

Блок Host Serial Setup позволяет настроить формат использования COM-портов.

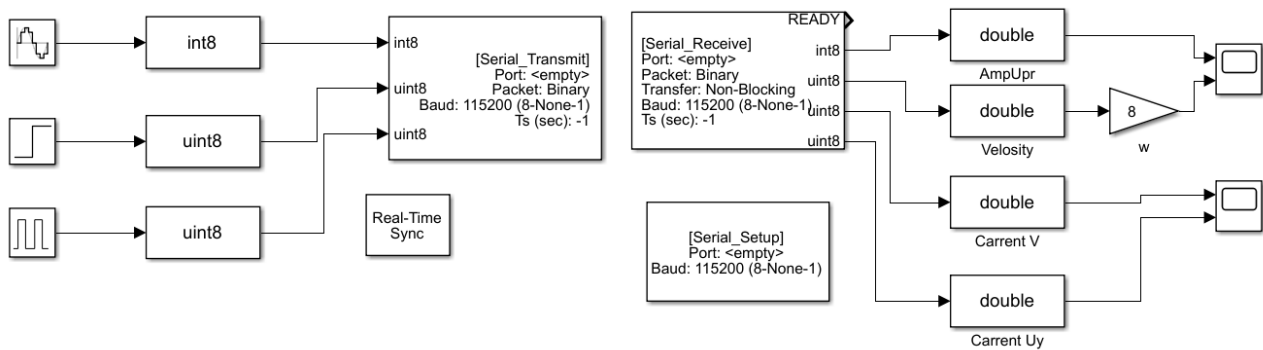


Рис. 4. Схема управления стендом

Схема управления стендом позволяет задавать тип входного сигнала управление и его значение. Отработанные значения токов, скорости и положения отображаются на осциллограмме, где их можно сравнить с желаемыми значениями.

Преимуществом разработанной установки системы управления асинхронного двигателя является возможность исследовать динамику реального электропривода в режиме реального времени. В частности, рассмотренная схема управления позволяет подавать управление различной частоты и формы. Так, при номинальном значении частоты 400 Гц имеется возможность задать частоту сигналов, превышающую номинальную, до 600 Гц и снять переходные характеристики системы [5].

### Заключение

Разработанный стенд позволяет изучить зависимость скорости от частоты питающего сигнала; рассчитать по снятым данным скольжение и построить зависимость от частоты питающего сигнала при постоянном моменте и заданных значениях напряжения управления и возбуждения. Проанализировать зависимость скорости от амплитуды при постоянной частоте питающего сигнала и определить коэффициент нелинейности привода.

Разработанный стенд позволяет исследовать динамику привода, построенного по принципам амплитудного, частотного или векторного способов управления. При этом алгоритм управления и загрузка управляющей программы работы микроконтроллера выполняется автоматически средствами Simulink без необходимости детального изучения его архитектуры. В результате использование разработанного стенда позволит повысить качество подготовки студентов за счет возможности проведения наглядных натуральных экспериментов.

### Список источников

1. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2009. 784 с.
2. Герман-Галкин. С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: Корона-Век, 2008. 368 с.

3. *Мартынов А. А.* Электрический привод: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2015. 524 с.

4. *Герман-Галкин С. Г.* Школа MATLAB. Урок 22. Автоматическая генерация исполняемого кода средствами MATLAB+Simulink // Силовая электроника. 2017. № 2(65). С. 72–78.

5. *Кудинов Ю. И.* Теория автоматического управления (с использованием MATLAB – SIMULINK). СПб.: Лань, 2022. 312 с.

УДК 629.331

**Н. Д. Булавин**

ученик 9-го класса ГБОУСОШ № 139

**К. Е. Комин, Н. В. Смотренко** – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

## ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОВРЕМЕННУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

### Введение

В наше время активно набирают популярность электромобили. Ведь их главные достоинства – это экологическая чистота. В будущем рассматривается возможность зарядки от энергии солнца и ветра. Другие плюсы: экономия на топливе – электричество в разы дешевле горючих материалов; коэффициент полезного действия больше почти в 3 раза, чем от ДВС (двигатель внутреннего сгорания); бесшумность при движении.

Россия на данный момент налаживает процесс собственного производства электромобилей. «Концепция по развитию производства и использования электрического транспорта, утвержденная распоряжением правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. № 2290-р» предполагает полный отказ от городского транспорта, использующего двигатели внутреннего сгорания в период до 2030 года в столице, ввод в эксплуатацию не менее 72 тыс. зарядных станций. Первостепенно важно развить инфраструктуру. На данный момент ЭЗС (электрических зарядных станций) в стране недостаточно даже для частичного перехода на электромобили. Министерство экономики прогнозирует, что доля электромобилей в России вырастет до 15 % к 2030 году.

Предполагается, что к 2040 году электрический транспорт будет по крайней мере превалировать.

Есть различные вариации электромобилей, например, гибриды, которые объединяют в себе и ДВС, и электромотор, питаемый от аккумулятора. Другие электромобили используют только электрическую энергию для движения. Третьи приводят в действие электродвигатель путем преобразования газообразного водорода в электричество (автомобили с «водородными топливными элементами»).

Целью работы является исследование влияния электромобилей на энергосистему России.

### Основная часть

ЭМ (электромобили) не нуждаются в сжигании топлива для движения. Электромобили используют накопленную энергию в батарее. Зарядка аккумулятора электромобиля происходит на специальной зарядной станции, которая подключена к энергосети.

Батарея электромобиля имеет фиксированную емкость – количество энергии, которое батарея может выдать при фиксированном напряжении в течение определенного времени. Она измеряется в киловатт-часах (кВт·ч).

Еще одна важная величина, связанная с зарядкой – мощность зарядки электромобиля, которая выражается в киловаттах (кВт).

Для того чтобы рассчитать время зарядки необходимо разделить емкость аккумулятора на мощность зарядки. Однако у аккумулятора есть особенность, называемая кривой заряда (процесс зарядки медленнее в начале и в конце заряда). Чтобы рассчитать время зарядки более точно, используется множитель 1,3.

Однако водители электромобилей редко приезжают на зарядный терминал с полностью разряженной батареей. Если уровень оставшегося заряда составляет около 30 %, время зарядки сокращается на треть.

Существует два типа зарядки для электромобилей: быстрая (менее одного часа) и длительная (более шести часов).

Электромобили можно заряжать от зарядных станций, подобных обычной бензоколонки, или от бытовых источников питания.

В обоих случаях требуется специальное зарядное устройство. Мощность зарядного устройства выражается формулой:

$$P = \frac{W}{TK}, \quad (1)$$

где  $W$  – емкость аккумулятора;  $T$  – время зарядки;  $K$  – коэффициент разряда аккумулятора.

Из этого уравнения видно, что мощность зарядного устройства обратно пропорциональна времени зарядки и коэффициенту разрядки аккумулятора.

Электромобили можно заряжать от одно-, двух- или трехфазной сети, что также влияет на скорость зарядки: 3,7 кВт для ЭЭС мощностью 11 кВт и 7,4 кВт для ЭЭС мощностью 22 кВт. Это означает, что однофазный электромобиль мощностью 7,4 кВт может быть полностью заряжен только от станции мощностью 22 кВт.

По данным агентства «АВТОСТАТ», на 1 июля 2023 года в России числится 25,7 тыс. электромобилей. Согласно исследованию Международной консалтинговой компании PwC парк легковых электромобилей в России может вырасти до 630 тысяч штук к 2030 году. В 2020 году парк насчитывал 11 тысяч штук, в 2024 году он предположительно вырастет до 26 тысяч. Аналитики прогнозируют, что продажи электрокаров в России увеличатся с 700 штук в 2020 году до 7 тысяч машин в 2024 году и 281 тысячи в 2030 году. На данный момент чтобы зарядить все ЭМ один раз нужно 385500 кВт·ч.

Энергопотребление в России в 2023 году составило 1,14 трлн кВт·ч. Так как 100 км хватает в среднем на 2 дня использования ЭМ, тогда электромобили потребляют 70,5 млн кВт·ч, то они занимают всего 0,0066 % от всего потребления электроэнергии, это рассчитано по формуле (3):

$$P = N \cdot P_1 \cdot 183, \quad (2)$$

$$P = 27500 \cdot 15 \cdot 183 = 75487500 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3)$$

где  $P$  – общее потребление электроэнергии электромобилей в год;  $P_1$  – потребление 1 электромобиля;  $N$  – количество электромобилей:

$$\frac{P}{P_{\text{общ}}} = \frac{75487500}{1,14 \cdot 10^{12}} \cdot 100\% = 0,0066\%, \quad (4)$$

где  $P_{\text{общ}}$  – общее потребление электроэнергии в России.

Из этих данных можно понять, что доля потребления энергии от ЭМ довольно мала. Но сколько энергии будет потреблять ЭТ (электрический транспорт) в 2030 году? По прогнозам, количество ЭМ вырастет до 630 тыс., следовательно, чтобы зарядить их всех 1 раз нужно 9450 000 кВт·ч. В год электромобили будут потреблять примерно 1,7 млрд кВт·ч (1), от нынешнего потребления энергии оно будет составлять уже 0,15 %, это рассчитано по формуле (4):

$$\frac{P}{P_{\text{общ}}} = \frac{1729350000}{1,14 \cdot 10^{12}} \cdot 100\% = 0,15\%. \quad (5)$$

### Заключение

Из вычислений, которые мы получили можно понять, что сейчас, что в ближайшем будущем доля потребления энергии довольно мала. И она не играет существенной роли в энергетике России.

Таким образом, мы видим, что внедрение электромобилей в страну может несущественно повлиять на энергосистему. С одной стороны, это может привести к увеличению потребления электроэнергии и необходимости модернизации энергетической инфраструктуры. С другой стороны, развитие зеленой энергетики и использование возобновляемых источников энергии для зарядки электромобилей может способствовать уменьшению выбросов вредных веществ и более устойчивому развитию страны. Поэтому важно проводить комплексное и сбалансированное исследование влияния электромобилей на энергосистему и принимать обоснованные решения для успешной интеграции электромобилей в нашу повседневную жизнь.

**Список источников**

1. Дидманидзе О. Н., Пучин Е. А., Иванов С. А. Тенденции и пути развития современных электромобилей. М.: ООО Триада, 2006. 64 с.
2. Как изменился российский рынок электромобилей в 2022 году: цены, предложение, спрос. URL: <https://auto.ru/mag/article/rynok-elektromobiley-v-2022-godu/> (дата обращения: 15.05.2024).
3. Концепция по развитию и использованию электрического автомобильного транспорта. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202108240015> (дата обращения: 15.05.2024).



УДК 621

**Е. В. Веселкова**

ученица 10-го класса школы № 598

**А. А. Ульрих**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

**Т. З. Лацоев**

магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

## **ВНЕДРЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ**

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это неисчерпаемые источники энергии, которые непрерывно возобновляются с помощью природных процессов. Их разнообразие включает в себя солнечную энергию, ветровую энергию, гидроэнергию, энергию биомассы, геотермальную энергию и энергию приливов и отливов.

Использование разных ВИЭ может быть связано с территориальными особенностями, доступностью ресурсов и экономическими условиями. Например, солнечная энергия может быть особенно эффективной в регионах с большим количеством солнечных дней, ветровая энергия может быть предпочтительной на побережьях сильных ветров, а гидроэнергия может быть использована в районах с множеством водоемов или водопадов.

Применение ВИЭ помогает снизить выбросы парниковых газов, так как они не производят таких выбросов или производят их в значительно меньших количествах по сравнению с традиционными источниками энергии, такими как ископаемые топлива. Это способствует смягчению изменения климата и улучшению качества окружающей среды. Кроме того, использование ВИЭ способствует устойчивому развитию городов, обеспечивая надежные источники энергии без истощения природных ресурсов.

### **Типы ВИЭ**

- *Солнечная энергия* – один из наиболее доступных и широко используемых источников ВИЭ. Солнечные панели преобразуют солнечный свет непосредственно в электрическую энергию с помощью фотоэлектрического эффекта. Солнечная энергия может использоваться как для производства электроэнергии в солнечных электростанциях, так и для нагрева воды в солнечных тепловых установках.
- *Ветровая энергия* – энергия ветра преобразуется в механическую энергию с помощью ветрогенераторов, которые затем преобразуют ее в электрическую энергию. Ветряные фермы могут быть размещены как на суше, так и на море в местах с высокой скоростью ветра.
- *Гидроэнергия* – энергия потока или падающей воды используется для вращения турбин, которые генерируют электричество. Это может быть реализовано через гидроэлектростанции на реках или плотинах на водохранилищах.
- *Энергия биомассы* – данный тип энергии получается из органических материалов, таких как древесина, сжигаемая для производства тепла или электроэнергии. Также биогаз, получаемый из переработки органических отходов, может использоваться для генерации энергии.
- *Геотермальная энергия* – тепловая энергия, которая производится внутри Земли. Геотермальные электростанции используют ее для производства электроэнергии, извлекая тепло из горячих источников или глубоких скважин.
- *Энергия приливов и отливов* – форма энергии основана на движении воды, вызванном приливами и отливами. Специальные установки, такие как приливные мельницы или устройства с маятниками, используют это движение для генерации электроэнергии.

### **Положительные стороны возобновляемых источников энергии**

ВИЭ не истощаются, повсеместно распространены, их использование благоприятно влияет на экологию и тепловой баланс Земли. Получении энергии Таким образом, может функционировать без

прямого участия человека, при этом нет отходов, выбросов токсичных веществ в водоемы и в атмосферу. Многие типы ВИЭ находятся в свободном доступе, из-за этого нет необходимости их добывать, транспортировать. Системы энергоснабжения на базе ВИЭ позволяют существенно экономить потребление платных энергоносителей или полностью их заменить.

### **Отрицательные стороны возобновляемых источников энергии**

Возобновляемые источники энергии зависят от погодных условий, поэтому их можно считать нестабильными. Это может приводить к колебаниям в производстве энергии, что затрудняет ее использование в качестве основного источника энергоснабжения. Установка ВИЭ может неблагоприятно повлиять на экосистемы нашей планеты и возможно отчуждение земель. При использовании ВИЭ в масштабном производстве могут потребоваться дополнительные затраты на инфраструктуру для систем хранения энергии, и необходима большая площадь, так как энергия будет иметь низкую плотность. Также некоторые виды ВИЭ способны вызывать сильный шум (геотермальная энергетика, ветряная энергия и так далее).

### **Необходимость поддержки внедрения ВИЭ со стороны государства и общества**

Необходимость поддержки внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) со стороны государства и общества обусловлена несколькими факторами. Во-первых, государственная поддержка способствует стимулированию инвестиций и развитию отрасли ВИЭ путем предоставления налоговых льгот, субсидий и других финансовых механизмов. Это помогает привлечь инвестиции в разработку и внедрение технологий ВИЭ, что способствует их росту и распространению. Во-вторых, создание благоприятной регуляторной среды и разработка соответствующих законов и политик способствуют развитию ВИЭ, включая установку целей по производству энергии из ВИЭ и упрощение процесса лицензирования. В-третьих, поддержка ВИЭ способствует снижению загрязнения и повышению экологической устойчивости, что положительно сказывается на здоровье населения и состоянии окружающей среды. Кроме того, развитие отрасли ВИЭ способствует созданию новых рабочих мест и развитию экономики, что способствует улучшению качества жизни и повышению благополучия общества в целом. Таким образом, поддержка внедрения ВИЭ является ключевым элементом перехода к устойчивой и экологически чистой энергетике, способствуя достижению целей по борьбе с изменением климата и обеспечению устойчивого развития.

### **Примеры использования ВИЭ**

#### ***Умные остановки***

Остановки общественного транспорта – неотъемлемая часть городской транспортной инфраструктуры. Если установить у них солнечные панели, то с помощью солнечной энергии можно будет заряжать телефон. Также у остановки может быть мобильное освещение и станция велопроката.

- ***Светофоры***

На столбах пешеходных переходов возможна установка солнечных панелей, с помощью которых будет работать светофор. Такая конструкция будет актуальна для солнечных городов.

- ***Кондиционирование зданий***

В летний период для кондиционирования зданий можно использовать энергию от солнечных электростанций, так как в зимнее время люди не нуждаются в кондиционерах. При строительстве здания не обязательно закладывать большие электрические мощности для обеспечения его электроэнергией на периодически возникающие потребности.

- ***Электротранспорт***

Электромобиль заряжается от электричества из возобновляемых источников энергии, которое производят без выбросов вредных веществ. То есть, пользуясь автомобилем, люди не используют топливо, значит, воздух не загрязняется и предотвращаются климатические изменения (нет выбросов вредных веществ, таких как углеродный диоксид, который является основной причиной глобального потепления).

- ***Освещение парковой зоны***

Использование солнечной электростанции для освещения парковой зоны – очень экономичное решение (парки не имеют подводов постоянной энергии, а чтобы его обеспечить нужно пройти огромное согласование со многими службами).

- *Сигнальные огни на высоковольтных линиях*

Сигнальные огни располагаются вблизи аэропортов, чтобы предупредить воздушный транспорт о препятствиях. Использовать для них электричество, которое находится в высоковольтных линиях невозможно, так как там слишком большое напряжение. На самих проводах или на высоковольтных мачтах могут быть расположены объекты, которые питаются от ВИЭ.

### Заключение

Внедрение возобновляемых источников энергии в городскую среду представляет собой важный шаг в направлении устойчивого развития и снижения негативного воздействия на окружающую среду. На протяжении последних десятилетий современные города сталкиваются с рядом вызовов, связанных с энергетической безопасностью, экологической устойчивостью и изменением климата. В данной статье было рассмотрено влияние внедрения ВИЭ на городскую среду, а также рассмотрены преимущества и вызовы этого процесса.

Исследования показывают, что использование солнечной энергии, ветряных установок, гидроэнергетики и других ВИЭ может значительно сократить выбросы парниковых газов, уменьшить зависимость от ископаемых топлив и создать новые рабочие места. Благодаря технологическим и инновационным прорывам современные города могут активно внедрять ВИЭ, чтобы обеспечить стабильное и эффективное энергоснабжение своих жителей.

Однако несмотря на многообещающие перспективы, внедрение ВИЭ в городскую среду также встречает ряд вызовов, таких как высокие инвестиционные затраты, технические сложности и социальные препятствия. Поэтому необходимо разработать комплексные стратегии и государственные политики, которые способствуют стимулированию инвестиций в ВИЭ, упрощают процедуры лицензирования и регулирования, а также повышают осведомленность общества о преимуществах использования возобновляемых источников энергии.

В целом, внедрение возобновляемых источников энергии в городскую среду является неотъемлемой частью устойчивого развития и создания зеленых и энергоэффективных городов будущего. Совместные усилия государства, бизнеса и общества необходимы для успешной реализации этой цели и обеспечения здорового и благополучного будущего для всех горожан.

### Список источников

1. ВИЭ в городе. 2015. URL: <https://peretok.ru/articles/freezone/17547/> (дата обращения: 25.03.2024).
2. Широкомасштабное развитие возобновляемых источников энергии и его влияние на рынок электроэнергии и сетевую инфраструктуру. 2020. URL: [https://unece.org/sites/default/files/2021-01/RUSUNECE\\_14.11.20.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-01/RUSUNECE_14.11.20.pdf) (дата обращения: 25.03.2024).
3. Возобновляемая энергетика в России и мире. 2022. URL: <https://rosenergo.gov.ru/upload/iblock/e04/3xtm87iv99x76b23cbwjl3as5pzz8zj.pdf> (дата обращения: 25.03.2024).
4. Использование возобновляемых источников энергии для повышения энергоэффективности ЕСГ России. 2013. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/aktualno/621313-ispolzovanie-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii-dlya-povysheniya-energoeffektivnosti-esg-rossii/> (дата обращения: 25.03.2024).
5. ВИЭ на просторах России. 2021. URL: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/issue/2021/5/905/](https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2021/5/905/) (дата обращения: 25.03.2024).

УДК 004.896

**М. А. Владимиров**

ученик 9-го класса ГБОУ СОШ № 693

**Р. В. Рудаков** – научный руководитель

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛАНСА КОМАНД В КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РТС

### Введение

Автоматизация способствует уменьшению тяжелой и опасной работы для человека, что приводит к повышению производительности и снижению несчастных случаев на производстве. Однако в современной эпохе, с развитием кибер-физических систем и технологий, упор стал делаться на интеграцию роботов в различные сферы жизни и деятельности. Теперь речь идет не только об автоматизации производства, но также о внедрении роботов во все аспекты нашей жизни.

В современном многообразии роботов можно выделить три основных класса: промышленные, коллаборативные и сервисные. Несмотря на то, что некоторые классифицируют коллаборативных роботов как частный случай промышленных роботов, это неверно как с точки зрения классификации, так и назначения. Кроме того, активно разрабатываются социальные роботы, способные взаимодействовать с людьми, сочетая в себе функциональность и возможности как сервисных, так и коллаборативных роботов.

В статье «Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах» представлен обзор работы в этой области. Обсуждаются вопросы безопасности во взаимодействии человека с роботом, а также разработка алгоритмов и систем управления для минимизации рисков. Отдельное внимание уделено обучающим программам и тренингам для персонала с целью повышения эффективности процессов работы с роботами.

Статья «Метод и алгоритмы распределения работы в коллаборативной роботизированной системе» уделяет внимание важности разработки эффективных методов управления работой в системах взаимодействия человека и робота.

### Коллаборативная система

Роботы коллаборативного типа, или коботы, представляют собой инновационное решение в области автоматизации производства. Они способны взаимодействовать с людьми на производстве и помогать в создании различных типов продукции. Отличие коботов от стандартных промышленных роботов заключается в их способности работать буквально рядом с человеком.

Коботы оборудованы сенсорами и камерами, что позволяет им обнаруживать присутствие людей и избегать столкновений во время работы. Термин «коллаборативный робот» претерпел изменения с развитием робототехники: изначально он использовался для обозначения промышленных манипуляторов, работающих в сотрудничестве с людьми.

В области взаимодействия коботов и людей выделяются четыре пространства: максимальное, запрещенное, рабочее и пространство для совместной работы. Эти пространства помогают обеспечить безопасность и эффективность работы коботов вместе с людьми.

Основной целью работы коботов в совместном пространстве является создание безопасной и продуктивной рабочей среды для всех участников. Для этого необходимы удобное программное обеспечение, адаптивность и безопасность при взаимодействии с человеком.

При разработке и использовании коботов необходимо учитывать принципы общей цели и автономии участников. Управление в системе совместной работы учитывает распределение обязанностей и принятие тактических решений человеком и коботами.

В области взаимодействия между коботами и человеком есть четыре вложенных пространства:

1) максимальное – общий объем пространства, учитывающий объем деталей, которые могут быть использованы человеком;

2) запрещенный – часть максимального пространства, доступ к которой ограничен для людей во время работы робота;

3) рабочее пространство – это часть запрещенного пространства, которую кобот использует для выполнения действий;

4) пространство для совместной работы – это часть операционного пространства, предназначенная для безопасной совместной деятельности человека и робота.

В рамках единого рабочего пространства коботы используются для работы с людьми без риска причинить им вред, что имеет ряд преимуществ по сравнению с промышленными роботами-манипуляторами.

При взаимодействии человека и машины робот должен быть безопасным и удобным в использовании, адаптивным и легко программируемым. Безопасность означает защиту людей от возможных травм, если они вступят в контакт с роботами во время совместной работы. Робот – это техническая система, способная выполнять полезные действия. Однако для полноты картины необходимо также рассматривать человека с когнитивными способностями как часть такой системы.

При взаимодействии с участниками совместной РТС необходимо учитывать два принципа. Первый принцип – это общая цель участников, второй – автономия и взаимосвязь действий участников в различных ситуациях при достижении цели. Управление в СРТС учитывает распределение работы между людьми и коботами на нижнем уровне системы управления и использование людей для тактического управления действиями кобота.

### **Описание коллаборативных роботов**

Гибкие и мобильные роботы для коллективной работы стали неотъемлемой частью средне- и мелкосерийного производства. Их легко можно перенастроить под различные задачи, что позволяет компаниям быстро адаптироваться к изменениям на рынке. Коллаборативные роботы, благодаря своей гибкости, могут без проблем выполнять задачи на производственных линиях, где работают и люди, не требуя отдельных зон для своей работы.

Сейчас коллаборативные роботы широко применяются в различных отраслях промышленности – от автомобилестроения до электроники и пищевой промышленности. Они выполняют рутинные, опасные или монотонные задачи, такие как сборка, покраска, упаковка и другие. Работа с коботами сокращает расходы на труд, увеличивает производительность и гарантирует высокое качество продукции. Однако использование коллаборативных роботов также может вызвать определенные трудности.

Эксперты считают, что в будущем коллаборативные роботы будут все чаще применяться в различных сферах. Они помогут повысить эффективность производства, обеспечить безопасность и снизить издержки. Это также откроет новые возможности для развития профессиональных навыков, так как работа с коботами потребует специальной подготовки и знаний.

Сегодня роботы уже интегрированы в различные области не только промышленности, но и здравоохранения, образования и розничной торговли, играя роль социальных партнеров. Эти уникальные роботы, известные как социальные, отличаются от обычных промышленных роботов тем, что способны взаимодействовать с людьми в соответствии с общепринятыми социальными стандартами и правилами. Важным аспектом в их взаимодействии с людьми является установление доверительных отношений. С каждым годом использование коллаборативных роботов становится все более распространенным, превращая их в неотъемлемую часть будущего промышленного производства. Эти роботы изменяют схему автоматизации и открывают новые перспективы для безопасной, гибкой и эффективной работы производственных линий.

#### *Преимущества коллаборативных роботов*

1. Экономичность и универсальность
2. Программирование и адаптация к новым задачам
3. Лучшие рабочие места.
4. Для компаний любого размера
5. Отдача от человеческого труда

### *Недостатки коллаборативных роботов*

1. Они не являются тяжеловесами и предназначены для решения легких производственных и логистических задач.
2. Когда люди и роботы занимают одно и то же пространство, возникают проблемы с безопасностью.

### *Классификация коллаборативных роботов*

1. С механизмом защиты от остановки. Такие роботы способны работать автономно по введенной программе управления, но при появлении человека датчики прекращают свою работу.
2. С ручным управлением. В присутствии человека такой робот выполняет его команды, отдаваемые вручну.
3. С «компьютерным зрением». Передвижение людей отслеживается специальными датчиками. При входе человека в рабочую зону устанавливается пониженная безопасная скорость.
4. С ограниченной мощностью. При движении роботы не сметают все на своем пути. Роботы останавливаются, если наталкиваются на препятствие, в том числе и при столкновении с человеком.

## **Заключение**

Результаты простого эксперимента позволяют сделать вывод о том, что использование разработанных методов и алгоритмов обеспечивает повышение эффективности функционирования реальных ЭЛТ, в том числе на примере представленной простой коллаборативной роботизированной ячейки. В частности, их использование на производстве позволило увеличить количество выпускаемых изделий и эффективность производственного процесса на 35 %. Значительная часть опубликованных работ по коллаборативной робототехнике посвящена организации безопасного взаимодействия человека и робота. В то же время повышению эффективности такого взаимодействия уделяется гораздо меньше внимания.

В команде коллаборативных роботов предложенная постановка задачи оптимального распределения работы показывает возможность использования результатов, которые формируются в рамках группы математических моделей, для управления коллаборативными роботизированными системами с целью повышения эффективности взаимодействия человека и роботов.

Роботы могут выполнять любые функции, но с разной скоростью. После проведенных исследований можно сделать вывод, что безопасность играет важную роль, поскольку работа в паре с роботом подвергает человека риску. Можно разграничить рабочую зону, установив системы безопасности, которые определяют зоны, в которых робот и сотрудник могут находиться одновременно. Это исключает возможность физического столкновения. Или использовать датчики безопасности. Используйте датчики, чтобы непосредственно определить присутствие человека рядом с роботом. Если человек войдет в опасную зону, это позволит роботу остановиться или замедлить ход. Защитное снаряжение: Обеспечьте сотрудников необходимыми средствами защиты, такими как защитные очки, перчатки или одежда, чтобы свести к минимуму риск получения травм.

Машинное обучение и искусственный интеллект должны использоваться для решения проблемы высокого уровня интеллектуализации коллаборативных роботов. Использование методов машинного обучения, нейронных сетей и других технологий искусственного интеллекта для улучшения способности роботов к обучению, адаптации и принятию решений.

Также необходимо рассмотреть вариант разработки алгоритмов для планирования действий робота, принятия оптимальных решений в режиме реального времени и адаптации к изменяющимся условиям и требованиям. Для решения проблемы машинного зрения следует рассмотреть несколько решений, таких как работа в разных условиях освещения, объединение данных с разных датчиков.

## **Список источников**

1. Богданов А. А. Тектология: Всеобщая организационная наука: в 2 кн. Кн. 1 / Под ред. Л. И. Абалкина. М.: Экономика. 1989. 304 с.

2. Саламатов Ю. П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем). Красноярск, 1996.

3. Ермишин К. В., Ющенко А. С. Коллаборативные мобильные роботы-новый этап развития сервисной робототехники // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 3. С. 3–9.

4. Халл Т., Рентюк В. Что необходимо знать о коллаборативных роботах // Control Engineering Россия. 2019. № 6. С. 48–51.

5. Консон Ю. А., Ронжин А. Л. Оптимизация производства для современной работы робота и человека // Современные информационные технологии. Теория и практика. Чита: ЧГУ, 2017. С. 23–29.

УДК 004.055

**П. В. Гаврилова**

студентка кафедры информационной безопасности

**Т. Н. Елина** – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

### АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УЧЕТА ВНЕУЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Проведен анализ существующих способов учета внеучебных мероприятий в высших учебных заведениях, а также учета волонтерских достижений на территории Российской Федерации.

В настоящий момент не существует какой-либо единой базы, в которой могут храниться все мероприятия вуза за определенный период времени. Данная база может упростить такие вещи, как подача документов на повышенную стипендию, проверка документов, составление отчетности, выдача служебных записок и подтверждение, что студент действительно работал или помогал на каком-либо мероприятии.

Все мероприятия и участия студентов должны быть согласованы сначала руководителями объединений, а в дальнейшем и руководителем Совета Обучающихся. Информацию должен собирать секретарь Совета Обучающихся, проверять ее на корректность и вносить в данную базу.

Также студент может подавать грамоты сторонних организаций, тем самым создавая электронное портфолио, которое в дальнейшем может пригодиться при трудоустройстве на работу или практику. Так, вся необходимая информация по внеучебной деятельности студента будет храниться в одном месте.

Рассмотрим существующую платформу для учета мероприятий Добро.ру, которая действует на территории Российской Федерации и используется для ведения электронных волонтерских книжек.

Существует два способа регистрации на сайте:

- 1) волонтер;
- 2) организатор.

Разберем каждый функционал отдельно.

Организатором может являться любое юридическое лицо: высшее учебное заведение, колледж, школа, некоммерческая организация, государственное учреждение, орган власти, общественное объединение, коммерческая организация.

Организация может создавать на сайте «События» и «Вакансии», где указывает необходимую информацию по мероприятию: краткое описание мероприятия, дату, время, место проведения, количество требуемых волонтеров, функционал, требуемые навыки.

Также во время процесса создания «События» организатор создает форму, в которой указывает необходимые данные от волонтеров, например, адрес электронной почты, мотивационное письмо, номер учебной группы, дни участия, паспортные данные, дату рождения и подобное.

Далее мероприятие и «Вакансия» проходят модерацию и появляются в общем банке мероприятий на ближайшее время.

Перед мероприятием организация получает список зарегистрированных волонтеров и связывается с ними, приглашая помогать. После мероприятия – оценивает качество работы волонтера по 5-бальной шкале, оставляет комментарий, также проставляет количество отработанных часов.

Волонтером может быть любое физическое лицо. Достаточно зарегистрироваться либо через соцсети или платформы: ВКонтакте, АИС «Росмолодежь», Яндекс, Google, Одноклассники и тому подобное, либо через Госуслуги.

Заходя на сайт, волонтер видит множество мероприятий, которые проходят на территории выбранного региона. Среди них он может выбрать понравившееся и зарегистрироваться на него. При регистрации выпадает перечень требуемых для организатора данных, которые необходимо корректно заполнить. В результате – волонтер регистрируется на мероприятие и ждет результата отбора.

При одобрении заявки организатором приходит письмо на электронную почту, в котором сообщается о допуске волонтера к мероприятию. После мероприятия волонтер ставит оценку организации и пишет комментарий о работе.



При работе с сайтом волонтер может скачать свою волонтерскую книжку, которая подтверждает количество волонтерских часов и уровень мероприятий, в которых он помогал. Также эти данные отправляются в Госуслуги, где также можно найти волонтерскую книжку с данными.

Для организации безопасности персональных данных, которые передаются и обрабатываются на сайте, существует политика конфиденциальности. Также организованы следующие меры обеспечения безопасности:

- а) создана система защиты персональных данных информационных систем персональных данных;
- б) определен порядок предоставления допуска к обработке персональных данных и предоставления доступа к информационным системам персональных данных;
- в) организован учет машинных носителей персональных данных;
- г) обеспечена сохранность материальных (бумажных) носителей персональных данных;
- д) осуществляется обнаружение фактов несанкционированного доступа к персональным данным и принятие мер по таким фактам;
- е) обеспечивается восстановление персональных данных, модифицированных или уничтоженных вследствие несанкционированного доступа к ним;
- ж) проводятся периодические проверки соблюдения порядка обработки и обеспечения безопасности персональных данных.

В высших учебных заведениях учет внеучебных мероприятий ведется согласно планам на семестр и год, а отчеты сдаются в формате word и excel, что делает систему сдачи отчетности не удобной и не универсальной. Также при подсчете баллов на повышенную стипендию студент лично вносит свои достижения в таблицу и считает балл, что занимает большое количество времени. Использовать систему Добро.ру нет возможности ввиду того, что она не предназначена для регистрации внеучебных мероприятий, отличных от волонтерских.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что существует потребность в реализации информационной системы, которая будет работать в высшем учебном заведении и при этом будет выполнять функции платформы Добро.ру с более расширенным функционалом.

### Список источников

1. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», «Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ // Портал Правовой информации.
2. Федеральный закон «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» от 11.08.1995 № 135-ФЗ // Портал Правовой информации.
3. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» от 07.10.2022 № 394-ФЗ // Портал Правовой информации.
4. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 27.11.2023 № 558-ФЗ // Портал Правовой информации.
5. Добро.ру. URL: <https://dobro.ru>. (дата обращения: 16.03.2024).

УДК 519

*Д. Г. Галимуллин, И. Е. Гусев, М. С. Новиков, Ю. Д. Руденко, Н. А. Симоненко*

студенты кафедры программной инженерии

*Н. А. Волкова* – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

## АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕЧЕТКОГО СРАВНЕНИЯ СТРОК

### Введение

Алгоритмы нечеткого сравнения строк позволяют сравнивать строки, в которых содержатся опечатки, были перестановлены слова, часть строки была заменена на синонимичную конструкцию и т. д.

Алгоритмы нечеткого сравнения строк могут быть полезны при обработке естественного языка, когда необходимо сравнить два текста, которые могут незначительно отличаться.

### Постановка задачи

Имеются две строки, которые могут быть любой длины и любого регистра и содержать различные знаки препинания. Необходимо сравнить насколько они похожи, если 0 – полное несовпадение, 1 – полное совпадение.

### Обработка строк

Перед тем как подавать строки в алгоритм, их стоит предварительно обработать. Предварительная обработка строк призвана упростить задачу и улучшить результат работы алгоритмов.

Методы обработки строк:

- 1) приведение строк к одному регистру (нижнему или верхнему);
- 2) удаление знаков препинания;
- 3) удаление лишних пробелов;
- 4) токенизация (процесс разделения строки на фрагменты: символы, слова, последовательности символов и т. д.);
- 5) лемматизация (процесс приведения слова к его нормальной форме. Для существительных – именительный падеж, единственное число; для прилагательных – именительный падеж, единственное число, мужской род; для глаголов, причастий, деепричастий – инфинитив несовершенного вида);
- 6) стемминг (процесс нахождения основы слова).

### Классификация существующих алгоритмов

Существующие алгоритмы можно поделить на три разновидности:

- 1) индексы;
- 2) расстояния;
- 3) векторизация.

### Индексы

Суть алгоритмов заключается в вычислении схожести на основе сравнения множеств токенов. Ниже приведены несколько подобных алгоритмов:

- 1) коэффициент Серенсена;
- 2) сходство Жаккарда;
- 3) индекс Тверского.

### Расстояния

Суть алгоритмов заключается в расчете количества операций для преобразования одной строки в другую. Ниже приведены несколько подобных алгоритмов:

- 1) расстояние Левенштейна;

- 2) расстояние Дамерау – Левенштейна;
- 3) сходство Джаро;
- 4) сходство Джаро – Винклера;
- 5) расстояние Майерса;
- 6) алгоритм Хэмминга.

### Векторизация

Суть алгоритмов заключается в преобразовании строк в числовой вектор и применение метрик. Способы векторизации строк:

- 1) векторизация подсчетом;
- 2) векторизация TF-IDF.

Метрики расстояния:

- 1) манхэттенское расстояние (расстояние L1 или городских кварталов);
- 2) евклидово расстояние (расстояние L2);
- 3) чебышева расстояние;
- 4) косинусное сходство;
- 5) дивергенция Дженсена – Шеннона;
- 6) расстояние Хеллингера.

### Проверка работы некоторых алгоритмов из каждой группы

Все тестируемые строки были приведены к нижнему регистру, а также были удалены знаки препинания и лишние пробелы.

Данные тесты покрывают следующие случаи:

- Перестановка слов
  - Добавление (удаление) слов
  - Добавление опечаток
  - Замена на синонимичные конструкции
- 1) индексы

Таблица 1

### Сходство Жаккарда

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	1,000
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,786
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	1	1,000
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,833
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,417
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,467
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,800
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,750

**Коэффициент Серенсена**

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	1,000
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,844
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	1	0,961
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,806
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,125
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,250
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,679
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,800

2) расстояния

**Сходство Джаро – Винклера**

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	0,904
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,879
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	1	0,986
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,892
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,609
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,651
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,876
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,946

**Расстояние Левенштейна**

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	0,600
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,759

## ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'24

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей пбмолвке	1	0,977
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,794
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,171
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,316
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,438
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,826

3) векторизация

Таблица 5

### Евклидоваго расстояния с векторизацией подсчетом

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	1,000
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,889
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей пбмолвке	1	0,882
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,867
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,733
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,706
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,797
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,823

Таблица 6

### Косинусного сходства с векторизацией TF-IDF

Строка № 1	Строка № 2	Ожидаемое значение	Результат алгоритма
Мы не можем прожить ни дня без воды	Мы ни дня не можем прожить без воды	1	1,000
Том не живет в бостоне	Том сейчас не живет в бостоне	1	0,818
Том и мэри объявили сегодня о своей помолвке	Том и мэри объявили сегодня о своей пбмолвке	1	0,717
Многие птицы на зиму улетают на юг	Многие птицы осенью улетают на юг	1	0,719
Мы не можем прожить ни дня без воды	Многие птицы осенью улетают на юг	0	0,000
Ты нашел их или нет	Ты не будешь один	0	0,127
Я не хочу больше на вас работать	Я не хочу с тобой больше играть	0	0,381
Я ничего не хочу делать	Я ничего не хочу пить	0	0,603

### Заключение

В статье были рассмотрены способы предобработки строк, были классифицированы популярные методы нечеткого сравнения строк по их способу работы и протестирована часть алгоритмов. У каждого алгоритма есть сильные и слабые стороны, каждый алгоритм подходит под определенный спектр задач.

Дальнейшие исследования можно проводить в области машинного обучения.

### Список источников

1. *Зинченко Д.* Нечеткое сравнение строк: пойми меня, если сможешь. URL: <https://habr.com/ru/articles/341148/> (дата обращения: 26.11.2023).
2. Нечеткое сравнение строк как метод обнаружения и исправления ошибок. URL: <https://vc.ru/newtechaudit/598664-nechetkoe-sravnenie-strok-kak-metod-obnaruzheniya-i-ispravleniya-oshibok> (дата обращения: 26.11.2023).
3. *Потапова А. А.* Исследование методов нечеткого сравнения строк и их применение в алгоритме поиска опечаток в тексте. URL: <https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2021/works/6.%20Интеллектуальные%20информационные%20системы,%20компьютерная%20лингвистика,%20технологии%20информационного%20поиска/1519.dokl.pdf> (дата обращения: 26.11.2023).
4. *Гайдадей В.* Как работает неточное сравнение строк. URL: <https://habr.com/ru/articles/671136/> (дата обращения: 26.11.2023).
5. Лемматизация // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лемматизация> (дата обращения: 27.11.2023).

УДК 629.113

**Г. А. Гилячетдинов**

ученик 9-го класса школы № 596

**Ю. Д. Ковылина** – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель**П. А. Мамонтов** – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

## **СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МЕЖДУ ДВИГАТЕЛЯМИ В ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЯХ С ЦЕЛЬЮ ДОСТИЖЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

### **Список сокращений**

ИЭ – источник энергии

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ГП – гибридный привод

### **Введение**

Непрерывный поток технологических изменений требует от производителей регулярной модернизации имеющихся продуктов и идей. Вместе с тем более строгие нормы эксплуатации автомобилей вынуждают искать все новые способы их улучшения.

Возрастает популярность гибридных технологий, объединяющих два разных ИЭ в одном объекте, в автомобильной индустрии. Особенно это связано с ростом интереса к сочетанию двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя. Этот подход позволяет использовать уже существующую инфраструктуру автозаправочных станций и обеспечивает дальность хода, сопоставимую с традиционными автомобилями, так как гибридные системы могут работать как на бензине, так и на электрической энергии [1].

Эффективность использования гибридной технологии в транспортных средствах заключается в совмещении преимуществ двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя. Двигатель внутреннего сгорания способен обеспечить высокую производительность и крутящий момент благодаря возможности регулировки энергопотребления на разных оборотах. Электрический двигатель, в свою очередь, быстро передает энергию для запуска ДВС, даже при низких температурах. Он также способен увеличить мощность и крутящий момент в автономном или совместном режиме работы агрегатов, а также выполнять функцию рекуперации – преобразования кинетической энергии торможения в электрическую энергию.

Экологически чистый электрический привод в гибридном транспорте заслуживает особого внимания за отсутствие токсичных выбросов.

### **Устройство и принцип работы**

Строение автомобиля с ГП включает в себя следующие компоненты [2].

За снижение веса автомобиля, сокращение пагубного влияния продуктов работы транспорта с ГП на экологию и потребления машиной экономически оптимального количества топлива отвечает конструкция ДВС. Питание двигателя внутреннего сгорания производит топливный бак. Происходит питание ДВС параллельно с работой электродвигателя, вырабатывающего энергию для подзарядки аккумуляторной кислотной батареи. В дальнейшем аккумулятор служит для генерации необходимого для работы электродвигателя энергетического показателя. Принцип работы генератора схож с механизмом работы электродвигателя, однако он настроен на образование электрической энергии.

Трансмиссия служит связующим элементом между двигателем и колесами. В автомобилях с ГП марки Toyota представлена трансмиссия с разветвлением потоков мощности, это обеспечивает плавные нагрузки на двигатель и сокращает потребление топлива.

Функцию преобразования постоянного тока высоковольтной батареи в переменный трехфазный для электродвигателя и обратную трансформацию токов выполняет инвертор.

Общее устройство в рамках одного автомобиля можно увидеть на рис. 1.

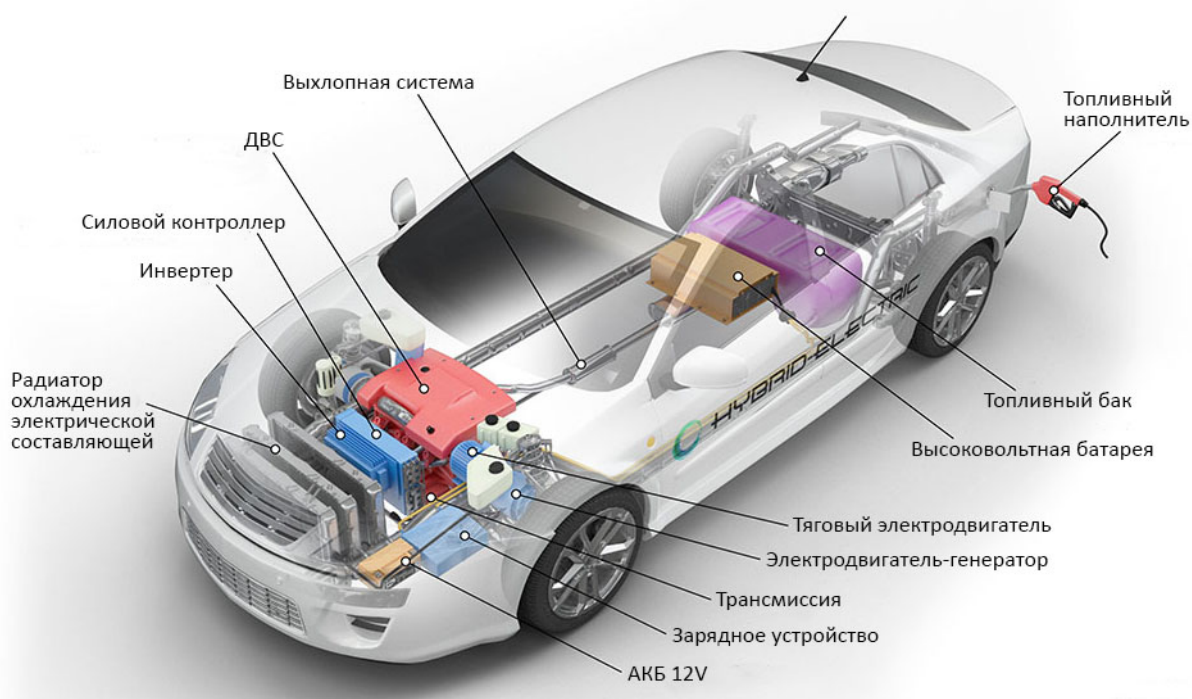


Рис. 1. Пример конструкции автомобиля с системой гибридного привода

Принцип работы гибридного автомобиля можно объяснить так. В процессе движения автомобиля используются разные источники энергии. Электромоторы, установленные в передней и задней частях машины, приводят в движение ведущие колеса. Плавный разгон автомобиля обеспечивается благодаря энергии, поступающей из батареи в блок управления электропитанием, а затем перенаправляется на электромоторы [3].

Электрический генератор запускает двигатели и заряжает батареи, обеспечивая нормальное движение автомобиля. Движение на низкой скорости осуществляется исключительно за счет электромотора, в то время как при увеличении скорости активно используется бензиновый двигатель.

В ходе обычной эксплуатации автомобиля бензиновый двигатель совместно функционирует с электромотором, обеспечивая динамичность движения. Энергия, вырабатываемая бензиновым двигателем, поступает на генератор для дальнейшего распределения. Лишняя энергия может быть направлена на блок управления электропитанием с генератора.

В момент торможения кинетическая энергия трансформируется в электричество, которое передается электромоторами на блок управления электропитанием. После этого бензиновый двигатель возобновляет свою работу в обычном режиме, а избыточная энергия передается блоком управления электропитанием на высоковольтную батарею.

### Виды гибридных приводов и их сравнение

В процессах производства и эксплуатации возможно следующее разделение приводов на типы взаимодействия электродвигателя и ДВС [4].

#### Параллельное

В параллельном гибридном приводе ДВС и электрический привод работают параллельно и могут приводить автомобиль в движение независимо друг от друга или совместно через трансмиссию. Неоспоримым достоинством соединения является его способность экономно расходовать топливо или, с учетом комплектации системы, повышение мощности. Следует отметить следующие характерные параллельному ГП свойства:

- эффективность на длинных расстояниях. Данный вид привода обычно показывает высокую эффективность в длинных поездках, так как ДВС может работать в более экономичных режимах, а электрический двигатель может помогать при ускорении и поддерживать движение на низких скоростях;



– эффективное использование энергии. Во время торможения и снижения скорости энергия от двигателя и тормозной энергии может быть использована для зарядки батареи, что повышает эффективность использования топлива;

– гибридная трансмиссия. Трансмиссия в параллельном гибридном автомобиле обычно более сложна, так как она должна эффективно управлять передачей мощности от двух различных источников.

### *Последовательное*

Последовательное соединение ИЭ. Двигатель внутреннего сгорания используется исключительно для зарядки батареи, а электрический двигатель отвечает за приведение автомобиля в движение. Обороты двигателя внутреннего сгорания при таком соединении полностью «отделены» от колес автомобиля. Некоторые особенности этого типа гибридного привода:

– эффективность в городских условиях. Последовательный привод обычно более эффективен в городских условиях, где частые остановки и пуски могут снижать эффективность ДВС;

– низкие выбросы. Поскольку ДВС работает в оптимальном режиме, чтобы заряжать батарею, он может использовать более чистое топливо и иметь более низкие выбросы, чем в традиционных автомобилях;

– электрический пробег. Последовательные гибриды обычно имеют ограниченный электрический пробег, так как электрический двигатель отвечает только за передвижение на короткие расстояния.

### *Смешанное*

Смешанный гибридный привод комбинирует черты параллельного и последовательного приводов. Он позволяет оптимизировать использование энергии и мощности в зависимости от условий движения. Также соединение имеет два разветвления: с разветвлением мощности и комбинированный привод.

В первом ДВС соединен с водилом, электродвигатель связан с коронной шестерней, а генератор с солнечной шестерней. Цепная передача выполняет функцию посредника между ДВС и электродвигателем для передачи мощности. Планетарная передача, в зависимости от текущего режима и потребности в мощности, распределяет мощность между двигателем и колесами или генератором. Генератор может непосредственно питать электродвигатель или заряжать аккумулятор, учитывая реальную потребность в мощности в настоящий момент времени.

Во втором генератор, ДВС и коробка передач имеют между собой автоматизированные сцепления. Все вышеперечисленное еще раз доказывает, что смешанный ГП обладает следующими уникальными характеристиками:

- гибкость. В зависимости от необходимой эффективности привод может использовать, как внутреннюю мощность сгорания, так и электрическую;

- эффективность. Путем комбинирования двух типов привода, смешанный ГП может обеспечивать высокую эффективность как на длинных расстояниях, так и в городских условиях;

- сложность. Трансмиссия и управление могут быть более сложными в смешанном приводе из-за необходимости управления двумя различными источниками мощности.

## **Заключение**

В наши дни все более актуально понимание ситуации постоянного и неограниченного безопасного потребления энергетических ресурсов. Спрос на использование топлива зависит от многих факторов: климатических условий, рельефных особенностей местности и транспортных ограничений и возможностей. В условиях качества дорожного покрытия нашей страны и программ развития транспортного сегмента развитие гибридного транспорта является преимущественной задачей отечественных производителей. Внедрение ГП позволит сократить количество выбросов в окружающую среду и улучшить общее потребление топлива и нагрузку на автомобиль в разы. Однако на данный момент обозначена проблема утилизации аккумуляторных батарей электромобилей, которая требует серьезного внимания и разработки эффективных методов рециклинга для минимизации пагубного влияния на окружающую среду.

**Список источников**

1. *Капустин А. А., Раков В. А.* Гибридные автомобили: учеб. пособие / М-во образ. и науки РФ. ВоГУ. 2016. 96 с.
2. Устройство гибридного автомобиля. URL: <http://autoleek.ru/dvigatel/gibridnaja-silovaja-ustanovka/ustrojstvo-gibridnogo-avtomobilya.html> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Экспериментальный многоцелевой гибридный автомобиль / А. Л. Карунин, С. В. Бахмутов, В. В. Селифонов и др. // Автомобильная промышленность. 2006. № 3.
4. *Сергеев Н. В.* Конструкция и техническая эксплуатация электромобилей и гибридных силовых установок: учеб. пособие. Зерноград: ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2023. 87–91 с.

УДК 62-503.55

**В. А. Греченюк, В. А. Поляков**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**В. С. Лямин**

аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ТАЗА ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ХОДЬБЫ

В статье исследуются движения таза человека в процессе ходьбы. Анализ движений таза человека для создания реабилитационного комплекса повторяющего естественную походку человека.

### Введение

Для обеспечения плавного и эффективного процесса ходьбы таз выполняет множество движений: вращение таза в плоскости тазовых костей, подъем и опускание таза, а также наклон таза вбок со смещением центра масс к опорной ноге. В процессе ходьбы движения таза играют ключевую роль:

- он помогает поддерживать баланс тела во время ходьбы, при смещении центра масс с одной ноги на другую;
- правильные движения таза во время ходьбы помогают оптимизировать движения, делая ходьбу менее энергозатратной;
- движения таза помогают смягчить воздействие на суставы и ткани, при наступании ног на поверхность [1], [2].

Из этого следует, что ключевую роль в биомеханике ходьбы человека играет именно тазобедренный сустав, обладающий наибольшей амплитудой движения, именно поэтому воспроизведение физиологичных движений в нем позволяет производить максимально эффективную и приближенную к реальной ходьбе реабилитацию. Синхронная с ходьбой ротация мышц таза способствует активации мышц корпуса участвующих в нормальной ходьбе [3].

### Анализ движений таза человека в процессе ходьбы

Таз человека представлен на рис. 1. Для упрощения примем, что крестец человека представляет из себя треугольник, где тазобедренный сустав правой ноги обозначается шаровым шарниром  $A_3$ , левой – шаровым шарниром  $A_5$ , а подвижность позвоночника обозначим фиктивным шарниром  $A_4$ . Упрощенная схема таза человека представлена на рис. 2 [4], [5].

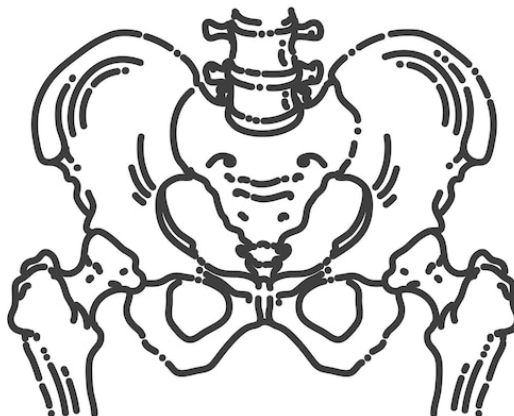


Рис. 1. Таз человека

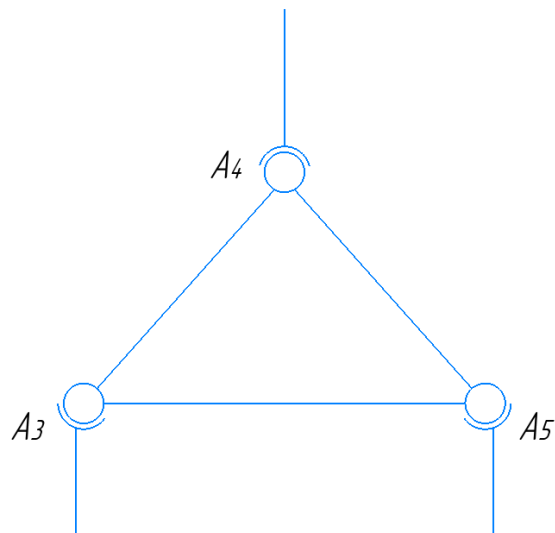


Рис. 2. Упрощенная схема таза человека

Ходьба, в общем, состоит из циклических движений, имеющих периодичность. На рис. 3 показано упрощенное движение таза при разделении одного цикла походки на пять фаз движений таза в сагиттальной плоскости [6].

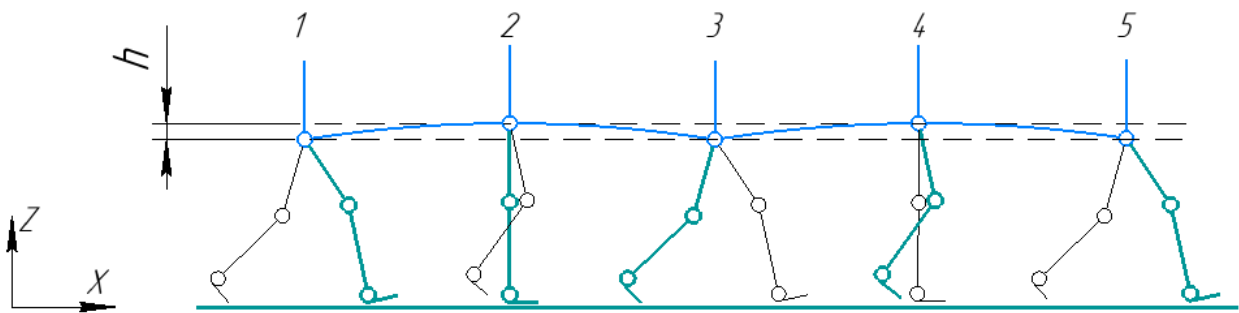


Рис. 3. Движения таза в сагиттальной плоскости во время ходьбы (утолщенная линия на рис. правая нога)

На рисунке фаза 1 показывает момент, в который пятка правой ноги касается земли и человек начинает отталкиваться левой ногой; фаза 2 – момент, когда правая нога выпрямляется, левая нога находится в середине замаха и центр масс смещается на высоту  $h_{\max} = 25$  мм; фаза 3 момент, в который пятка левой ноги касается земли и человек начинает отталкиваться правой ногой (центр масс таза смещается в свое изначальное положение); фаза 4 – середина замаха правой ноги, при этом левая нога выпрямляется и центр масс таза снова смещается на высоту  $h_{\max} = 25$  мм; фаза 5 момент, когда пятка правой ноги снова касается земли.

Движения таза во фронтальной плоскости во время ходьбы представлены на рис. 4.

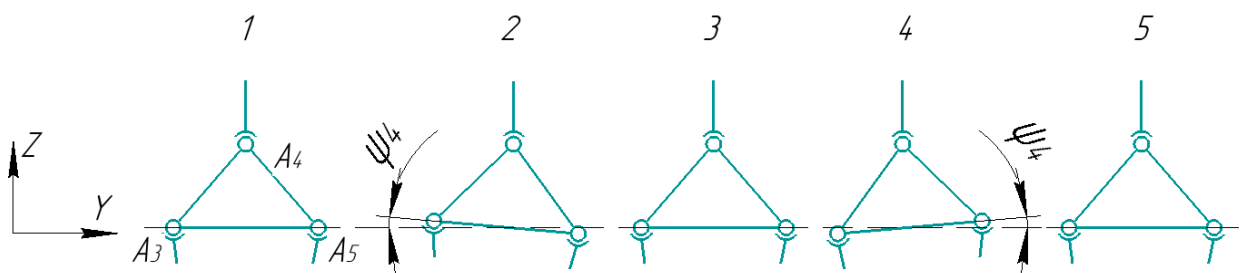


Рис. 4. Движения таза во фронтальной плоскости

Во первой фазе цикла (фазе двойной опоры), шарниры  $A_3$  и  $A_5$  начинают вращаться вокруг шарнира  $A_4$  и начинает подниматься шарнир со стороны опорной ноги ( $A_3$ ), угол поворота  $\psi_4$  становится максимальным во второй фазе (фазе одиночной опоры) и равняется  $6^\circ$ . В этой же фазе шарниры  $A_3$  и  $A_5$  начинают возвращаться в свое начальное положение. Затем в третьей фазе (фаза двойной опоры) шарниры  $A_3$  и  $A_5$  опять начинают вращаться вокруг фиктивного шарнира  $A_4$ , но в этот раз поднимается выше шарнир  $A_5$ , так как опорной является левая нога. В четвертой фазе угол  $\psi_4$  становится максимальным.

На рис. 5 показаны движения таза в аксиальной плоскости.

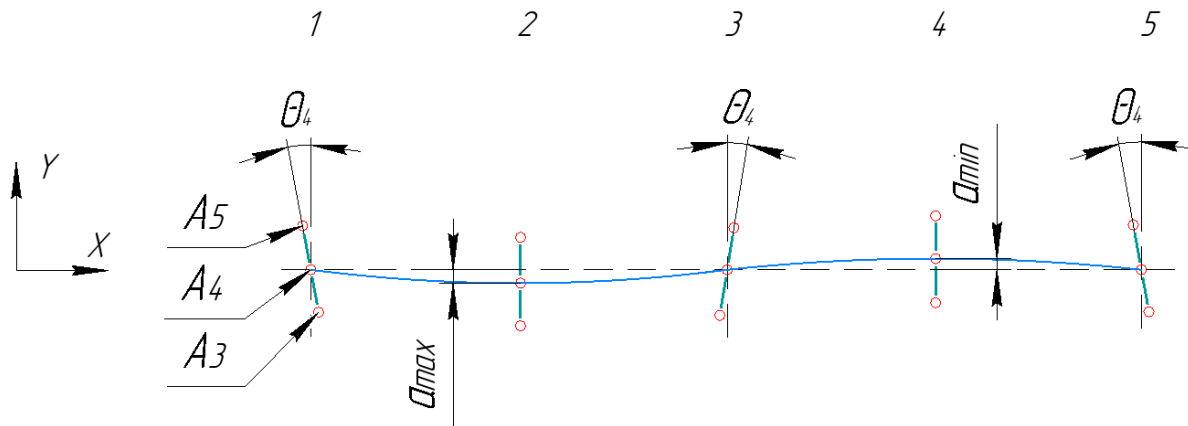


Рис. 5. Движение таза в аксиальной плоскости во время ходьбы

В первой фазе шарниры  $A_3$ ,  $A_5$  повернуты вокруг фиктивного шарнира  $A_4$  на угол  $\theta_4$ , угол в этой фазе является максимальным и равен  $6^\circ$ . Во второй фазе угол поворота равен нулю и шарнир  $A_4$  смещается на расстояние  $a_{\max}$ , так как это фаза одиночной опоры и центр масс смещается ближе к опорной ноге. В следующей фазе шарниры левой и правой ноги повернуты, вокруг шарнира  $A_4$  и этот шарнир смещается в исходное положение. В четвертой фазе угол  $\theta_4$  равен нулю и шарнир  $A_4$  смещен на расстояние  $a_{\min}$ , и шарниры  $A_3$  и  $A_5$  снова начинают вращение в сторону маховой ноги. Смещение шарнира  $A_4$  можно описать уравнением синусоиды:

$$a(t) = a_0 * \sin(\omega t), \text{ где } a_0 - \text{амплитуда движений.}$$

Найдем значение угловой скорости  $\omega$ . Примем, что в длину 1 шаг человека равен  $L = 0,4$  м и линейная скорость движения человека равняется  $V = 0,5$  м/с. Из этого следует, что время, за которое человек будет делать 1 шаг будет равняться  $t = 0,8$  с. Получаем, что  $\omega$  будет равняться:  $\omega = \pi/t$ .

### Выводы

В результате исследования были получены траектории и углы движения таза в трех плоскостях. Были сделаны выводы, что движения тазобедренного сустава играют ключевую роль в воспроизведении естественной походки человека. Использование полученных данных поспособствует созданию реабилитационного комплекса способного воспроизвести максимально приближенную к естественной походку человека.

### Список источников

1. Механика ходьбы. URL: <https://gre-kow.livejournal.com/16358.html> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ходьба> (дата обращения: 19.02.2024).
3. Бека РУС. URL: <https://beka.ru/katalog/mekhano-i-robotizirovannaya-terapiya/vosstanovlenie-navykov-khodby/> (дата обращения: 19.02.2024).
4. Cheng J. Capture and Representation of Human Walking in Live Video Sequences // IEEE Transactions on Multimedia. 1999. P. 144–156.

5. *Pubudu N. Pathirana* Human Gender Recognition with Upper Body Gait Kinematics // Proceedings of the 4th International Conference on Bioinformatics Research and Applications. 2017. P. 37–41.
6. *Ohnuma T.* Development of JARoW-II active robotic walker reflecting pelvic movements while walking // Intelligent Service Robotics. 2017. P. 95–107.

УДК 62-503.55

**В. А. Греченюк, В. А. Поляков**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**В. С. Лямин**

аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И АЛГОРИТМА РАБОТЫ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ, ИМИТИРУЮЩЕГО СКАНДИНАВСКУЮ ХОДЬБУ**

В данной статье рассматривается важный аспект разработки систем автоматического управления – разработка структурной схемы и алгоритма работы основного цикла.

**Введение**

Системы реабилитации играют ключевую роль в восстановлении функциональности верхних конечностей у пациентов с различными нарушениями двигательной системы. В последние десятилетия они стали неотъемлемой частью медицинской практики, предоставляя эффективные методы реабилитации, основанные на инновационных технологиях. В этой статье представляется разработка структурной схемы и алгоритма системы автоматического управления реабилитационного стенда верхних конечностей, специально разработанного для имитации скандинавской ходьбы. Скандинавская ходьба, или палочная ходьба, является природным и эффективным способом движения, который активно используется в физической реабилитации для улучшения координации движений и укрепления мышц верхних конечностей [1], [2].

**Разработка структурной схемы системы автоматического управления**

Разработанная структурная схема системы управления реабилитационного стенда верхних конечностей, имитирующего скандинавскую ходьбу представлена на рис. 1.

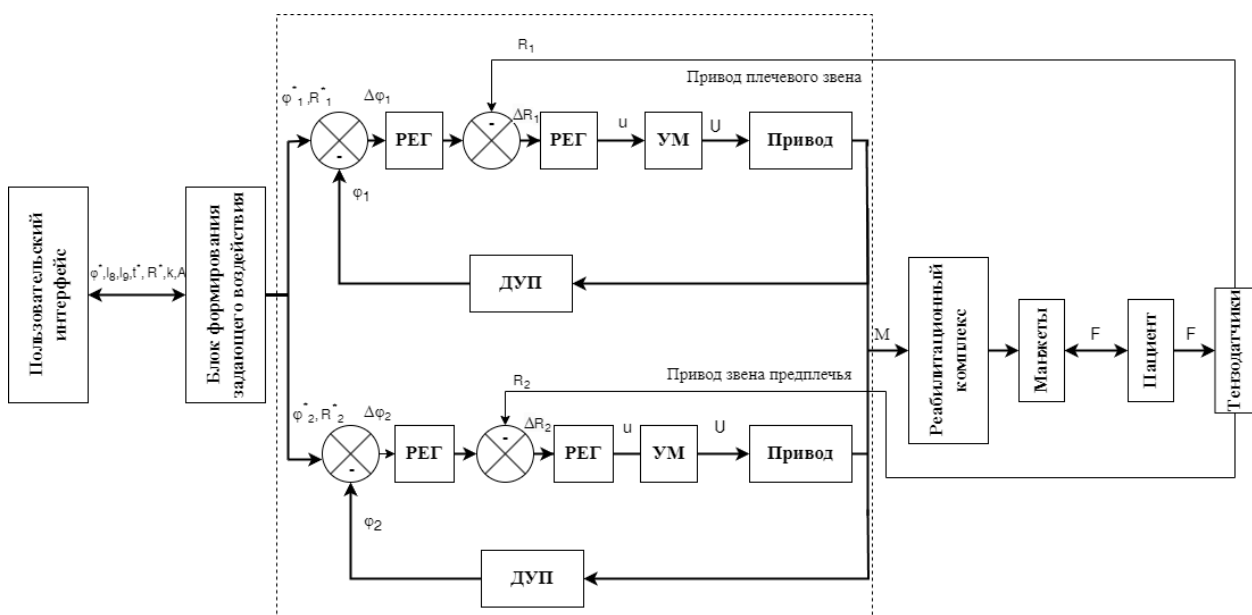


Рис. 1. Структурная схема системы управления

На структурной схеме приняты следующие обозначения: РЕГ – регулятор; УМ – усилитель мощности; ДУП – датчик угла поворота;  $\varphi^*$  – желаемые углы поворота звеньев;  $l_8, l_9$  – длины звеньев РС;  $t^*$  – время одного цикла;  $R^*$  – желаемая максимальная сила взаимодействия руки и РС;  $k$  – кол-во циклов;  $A$  – амплитуда размаха;  $u$  – управляющие напряжения с микроконтроллера;  $U$  – напряжения, подаваемые на двигатели;  $\varphi$  – реальные углы поворота звеньев;  $\Delta\varphi, \Delta R$  – значение ошибок по управляемым переменным;  $M$  – вектор моментов электроприводов;  $F$  – вектор силы взаимодействия пациента со стендом.

Реабилитационный стенд работает следующим образом. Согласно схеме врач через пользовательский интерфейс указывает длины звеньев, выбирает желаемое упражнение, задает желаемую максимальную силу взаимодействия устройства и пациента, время выполнения одного цикла, количество повторений и максимальную амплитуду размаха. Эти данные попадают в блок формирования задающих воздействий, который пересчитывает выбранную траекторию под заданные параметры и формирует управляющие напряжения, подаваемые на приводы стенда через регулятор и усилитель мощности [3], [4]. Обратной связью выступает энкодер, с помощью которого микроконтроллер (МК) определяет угол поворота звена в данный момент времени. МК через компаратор вычисляет ошибку между желаемым и действительным углом поворота звена, сравнивает показания тензодатчиков с максимально допустимыми, которые задал врач. После чего сигналы идут на регулятор через компаратор в драйвер, который подает необходимое напряжение на двигатель. Таким образом, система автоматического управления имеет два контура. Первый контур по углу поворота звена, второй по силе взаимодействия пациента с реабилитационным стендом.

### Структура блока принятия решения

Задача блока принятия решений заключается в установлении корректного напряжения, обеспечивающего движение реабилитационного стенда в соответствии с заданным законом движения. На рис. 2 представлена структура блока принятия решений.

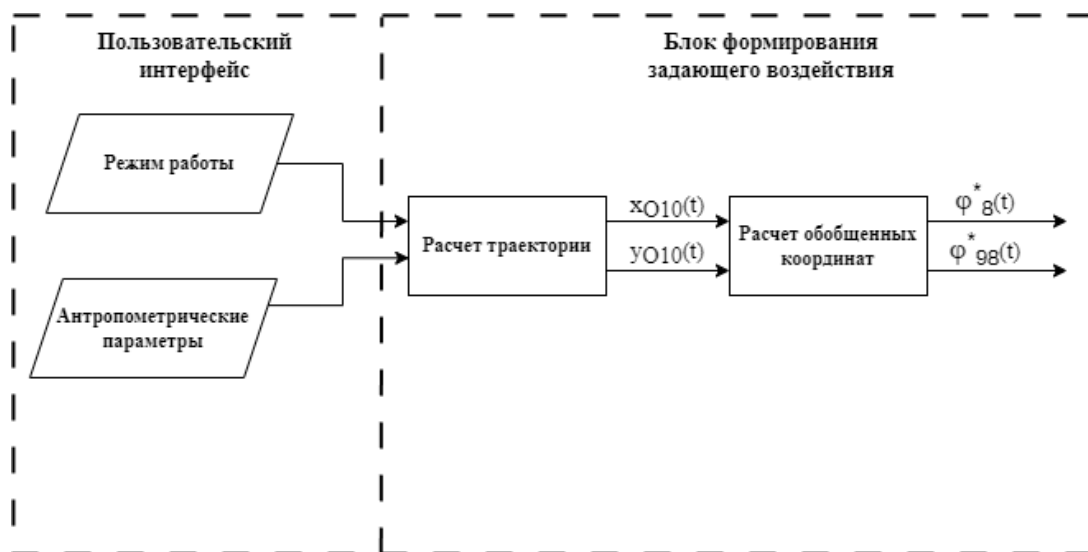


Рис. 2. Структура блока принятия решений

Согласно схеме, приведенной на рис. 1, устройство можно разделить на 2 отдельных функциональных блока: задающее устройство, оснащенное пользовательским интерфейсом (ПК) и реабилитационный комплекс, включающий приводную и измерительную часть, работающие под управлением микроконтроллерного блока управления. Алгоритм функционирования задающего устройства определяется выбранным режимом работы. А именно выбор программно заданных траекторий движения отдельных приводов или устройства в целом. Данный функционал может быть как предельно простым, так и иметь очень сложную многоуровневую архитектуру и реализовываться должен в виде программного обеспечения, с которым работает врач. При этом с точки зрения реабилитационного комплекса большой разницы между режимами работы нет, и работа микроконтроллера не зависит от сложности



реализации задающего устройства. Задача устройства сводится к генерированию управляющих сигналов, сбору и предварительной обработке сигналов с датчиков, слежению за безопасностью и контролю питания.

### Разработка алгоритма работы системы

Алгоритм работы программы микроконтроллера, отвечающей за программную обработку траекторий, будет иметь вид, показанный на рис. 3.

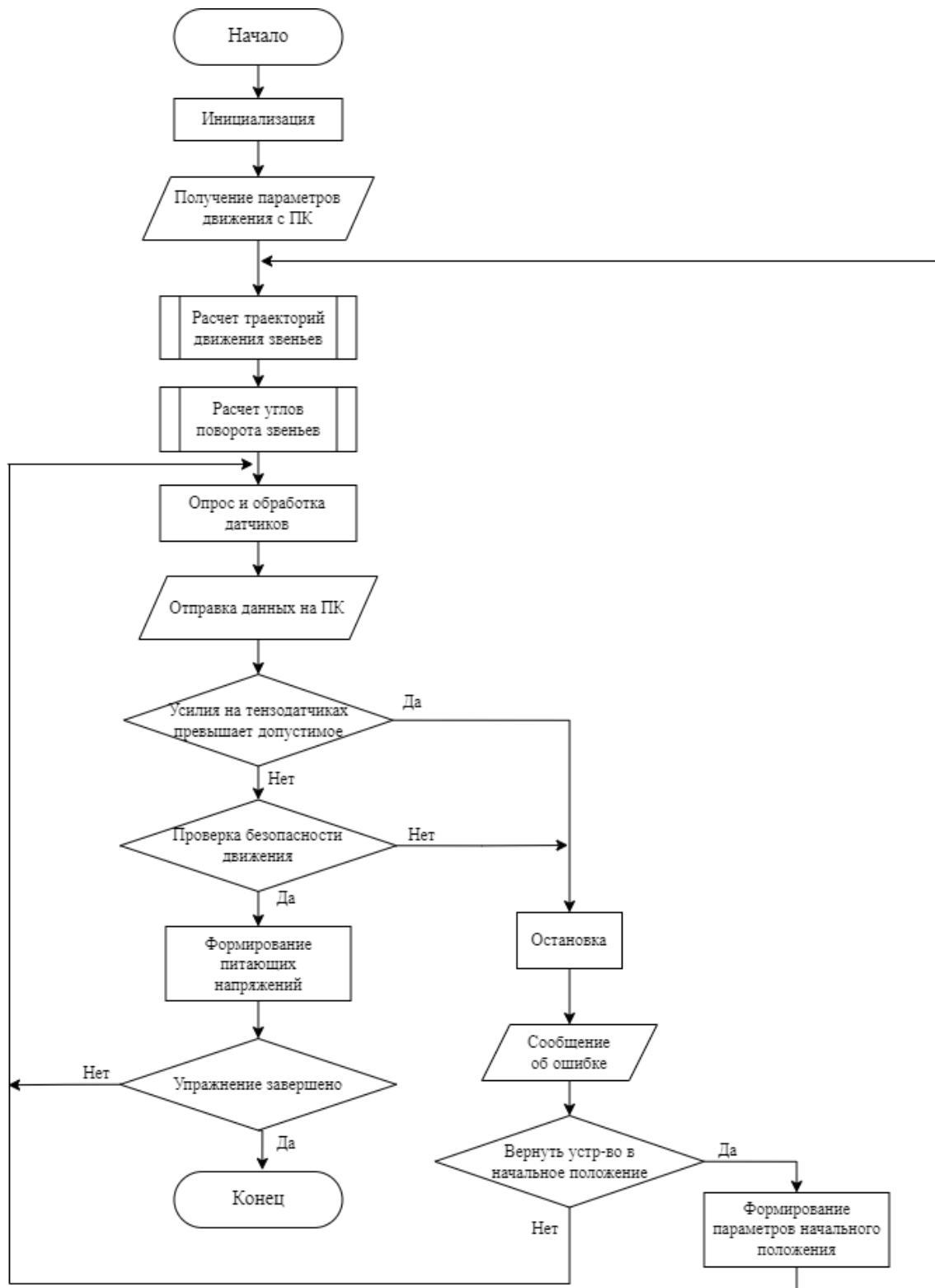


Рис. 3. Алгоритм основного цикла управляющей программы

После включения устройства, происходит его инициализация. МК ожидает ввода параметров режима работы с ПК. После получения данных о режиме работы, происходит расчет траектории движения звеньев исходя из заданных параметров, в том числе и антропометрических. После чего производится расчет углов поворота звеньев по формулам решения обратной задачи кинематики, описанной ранее. Затем система производит опрос и обработку всех датчиков системы и отправляет их на ПК через COM-порт. После этого система сравнивает показания с тензодатчиков с максимально допустимыми показаниями, которые задал врач перед началом работы системы. Помимо этого, происходит проверка безопасности движения, а именно МК сравнивает изменения показаний каждого датчика, если какой-то из них совершил резкий скачок, это может указать на неисправность какого-либо измерительного датчика. Если все проверки пройдены, то происходит формирование питающих напряжений на электроприводы реабилитационного стенда.

### Выводы

В работе была представлена структурная схема и алгоритм работы основного цикла системы автоматического управления (САУ) реабилитационного стенда верхних конечностей, имитирующий скандинавскую ходьбу.

### Список источников

1. Реабилитация после инсульта: проблемы и перспективы. URL: <https://medvestnik.by/konspektvracha/reabilitatsiya-posle-insulta-problemy-i-perspektivy> (дата обращения: 17.04.2024).
2. Скандинавская ходьба. URL: <https://www.ftp-ukhta.ru/patsientam/zdorovyy-obraz-zhizni/88-skandinavskaya-khodba> (дата обращения: 17.04.2024).
3. Яцун С. Ф., Савин С. И., Яцун А. С. Изучение управляемого движения экзоскелета во фронтальной плоскости в режиме восстановления равновесия // *Extreme Robotics*. 2016. Т. 1. №.1. С. 236–245.
4. Yatsun A., Karlov A., Malchikov A. Investigation of the dynamical characteristics of the lower-limbs exoskeleton actuators // *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. P. 03008.

УДК 62-503.55

**В. А. Греченюк, В. А. Поляков**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**В. С. Лямин**

аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

### **РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

В статье исследуется проблема постинсультной реабилитации, посредством механотерапии. Разработка функциональной схемы для реабилитационного стенда верхних конечностей.

#### **Введение**

Согласно статистическим данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) именно инсульт является одной из основных причин инвалидности у взрослого населения по всему миру. Даже при получении своевременной квалифицированной медицинской помощи у пациентов, перенесших инсульт, частичное восстановление функций, утраченных в острой фазе заболевания, не всегда достигается. Согласно ВОЗ у более чем 62 % пациентов, переживших инсульт, сохраняются различные нарушения, такие как двигательные и чувствительные нарушения, формирование мышечных контрактур, нарушения координации, чувствительности, речи, интеллекта и памяти [1], [2].

Врачи подчеркивают, что раннее начало движения и пассивные или, если возможно, активные упражнения играют важную роль в предотвращении развития тяжелой инвалидности, наравне с оперативным обращением за скорой медицинской помощью. Исследования, проведенные за рубежом, указывают на то, что увеличение длительности занятий на 30–45 минут в сутки вне постели увеличивает вероятность благоприятного исхода на 13 % и вероятность самостоятельного передвижения на расстояние в 50 метров без посторонней помощи на 66 % [3].

Также немаловажным упражнением для глубокого восстановления пациента является скандинавская ходьба. Скандинавская ходьба рекомендована врачами-реабилитологами после инсульта, так как она способствует восстановлению равновесия и координации движений. По оценкам, скандинавская ходьба приводит к увеличению потребления энергии на 46 % по сравнению с ходьбой без палок и задействует до 90 % мышц человека, в отличие от 65–70 % мышц при обычной ходьбе [4]–[7].

Помимо основных методов реабилитации (физиотерапевтические процедуры, лечебная физкультура, массаж), выделяют механотерапию. Механотерапия – это направление реабилитации с применением специальных устройств и тренажеров [8]. Механотерапия решает следующие задачи:

- активно воздействует на пластический и контрактный тонус мышц;
- воздействует на подвижность суставов;
- увеличивает выносливость и силу гипертрофированных мышц;
- повышает афферентную импульсацию в дефектных мышцах.

#### **Разработка функциональной схемы устройства**

Перед разработкой функциональной схемы, необходимо разработать общую схему реабилитационного стенда. Схема реабилитационного стенда верхних конечностей на основе непре-

рывного пассивного движения (НПД) и имитирующая скандинавскую ходьбу представлена на рис. 1.

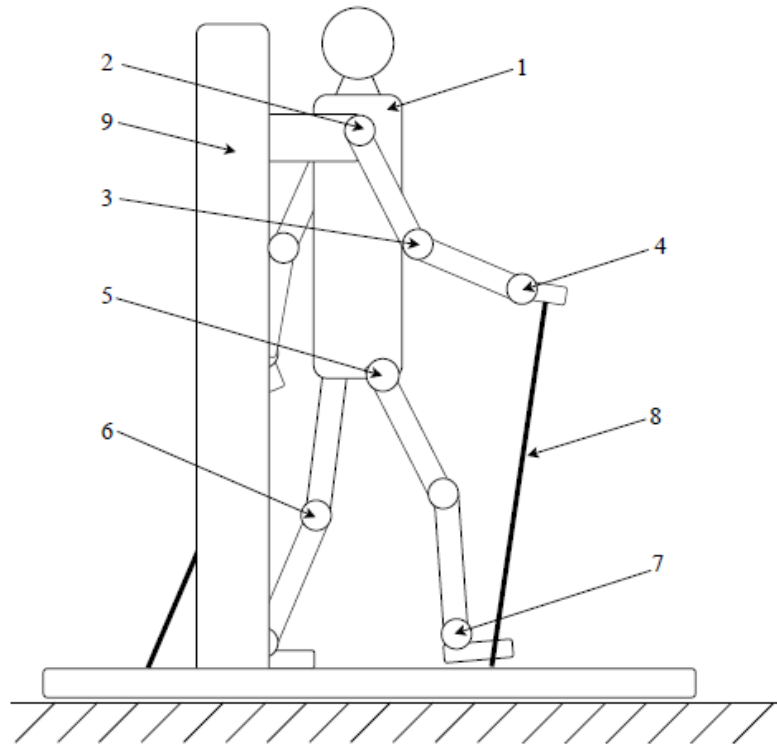


Рис. 1. Схема реабилитационного стенда верхних конечностей на основе НПД и имитирующая скандинавскую ходьбу: 1 – туловище; 2 – плечевой шарнир; 3 – локтевой шарнир; 4 – запястье; 5 – тазобедренный шарнир; 6 – коленный шарнир; 7 – голеностопный шарнир; 8 – палки для скандинавской ходьбы; 9 – стойка с блоком управления

Разработанная функциональная схема реабилитационного стенда представлена на рис. 2.



Рис. 2. Функциональная схема устройства

Врач-реабилитолог производит запуск системы и выбор режима работы через пользовательский интерфейс, который установлен на персональный компьютер (ПК). После чего, ПК отправляет данные в блок управления через СОМ-порт. Микроконтроллер (МК), который находится в блоке управления, принимает и обрабатывает получаемые данные и подает питающие напряжения приводов в реабилитационный стенд, тем самым приводя его в работу.

Стенд через манжеты, в которые закреплен пациент, перемещает руки пациента по заданной траектории. В это же время в блок управления приходят сигналы с датчиков, которые установлены в реабилитационный стенд. МК обрабатывает эти сигналы и отправляет их в ПК через СОМ-порт. ПК выводит полученные данные в пользовательский интерфейс, а также системные сообщения при завершении работы стенда или каких-либо нарушениях безопасности для врача-реабилитолога. Благодаря этому врач-реабилитолог, помимо зрительного контакта с пациентом, может оценить процесс реабилитации.

### Выводы

В работе была представлена разработка функциональной схемы системы автоматического управления реабилитационного стенда верхних конечностей. Использование современных методов автоматизации и управления позволит значительно улучшить эффективность процесса реабилитации пациентов с нарушениями верхних конечностей. Разработанная функциональная схема учитывает точное и индивидуализированное воздействие на пациента, обращая внимание на его особенности.

### Список источников

1. Департамент здравоохранения. Инсульты. URL: <https://dzhmao.ru/info/profilaktika/insulty.php> (дата обращения: 14.04.2024).
2. Инсульт: причины, признаки, диагностика, лечение. URL: <https://citilab.ru/articles/insult-prichiny-priznaki-lechenie-diagnostika> (дата обращения: 14.04.2024).
3. Реабилитация после инсульта: проблемы и перспективы. URL: <https://medvestnik.by/konspektvracha/reabilitatsiya-posle-insulta-problemy-i-perspektivy> (дата обращения: 14.04.2024).
4. Koulutusaineistoa mauri repo: seuraalmentajan perustiedot hiihdon lajiosa. 1976. URL: <https://web.archive.org/web/20140101084718> (дата обращения: 14.04.2024).
5. История скандинавской ходьбы. URL: <https://www.inwa-nordicwalking.com/the-history-of-nordic-walking/#more-202> (дата обращения: 14.04.2024).
6. ГБУЗ Городская поликлиника № 1 города Новороссийска // Мода на палки: о пользе скандинавской ходьбы. URL: <https://1poliklinika.ru/dlya-pacientov/meditsinskaya-profilaktika/38-stati/941-moda-na-palki-o-polze-skandinavskoj-khodby> (дата обращения: 14.04.2024).
7. Скандинавская ходьба. URL: <https://www.ftp-ukhta.ru/patsientam/zdorovyj-obraz-zhizni/88-skandinavskaya-khodba> (дата обращения: 14.04.2024).
8. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Механотерапия> (дата обращения: 14.04.2024).

УДК 62-503.55

**В. А. Греченюк, В. А. Поляков**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**В. С. Лямин**

аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

## **РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

В статье исследуется проблема реабилитации травм спинного мозга, посредством механотерапии. Разработка функциональной схемы для реабилитационного стенда нижних конечностей.

### **Введение**

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно получают травму спинного мозга от 250 000 до 500 000 человек [1]. Большинство несчастных случаев происходят в результате автомобильных аварий, падений, удара. Людям, получившим травму спинного мозга, требуется регулярное наблюдение специалистов и качественная реабилитация.

Свободные перемещения таза во время реабилитации будут способствовать увеличению эффективности реабилитации, благодаря переносу веса тела и активации равновесия посредством боковых и вращательных движений таза [2], [3].

В дополнение к основным методам реабилитации, таким как физиотерапевтические процедуры, лечебная физкультура и массаж, можно выделить механотерапию. Механотерапия представляет собой метод реабилитации, использующий специальные устройства и тренажеры. Механотерапия решает следующие задачи:

- улучшение функциональной подвижности суставов и мышц;
- восстановление силы и выносливости мышц;
- коррекция нарушений осанки и баланса;
- повышение общей физической активности и поддержание тонуса организма;
- улучшение кровообращения и лимфооттока, что способствует ускоренному восстановлению тканей;
- уменьшение болевых ощущений и снятие мышечного напряжения;
- повышение эффективности других методов реабилитации за счет интенсивности и точной настройки нагрузки [4]–[6].

### **Разработка функциональной схемы устройства**

Перед разработкой функциональной схемы, необходимо разработать общую схему реабилитационного стенда. Схема реабилитационного стенда нижних конечностей, имитирующая походку человека представлена на рис. 1.

Разработанная функциональная схема реабилитационного стенда представлена на рис. 2.

Принцип работы заключается в следующем: врач-реабилитолог при помощи пользовательского интерфейса ПК, расположенного на ПК, вводит необходимые антропометрические параметры пациента (при помощи приводов регулировок есть возможность подстраивать реабилитационный комплекс под каждого отдельного пациента), а также выбирает режим работы устройства. Далее информация с ПК идет на микроконтроллер (МК), который в свою очередь подает питающее напряжение на приводы и ПК начинает совершать движение. ПК через манжеты, в которых закреплен пациент, перемещает таз пациента по заданной траектории.

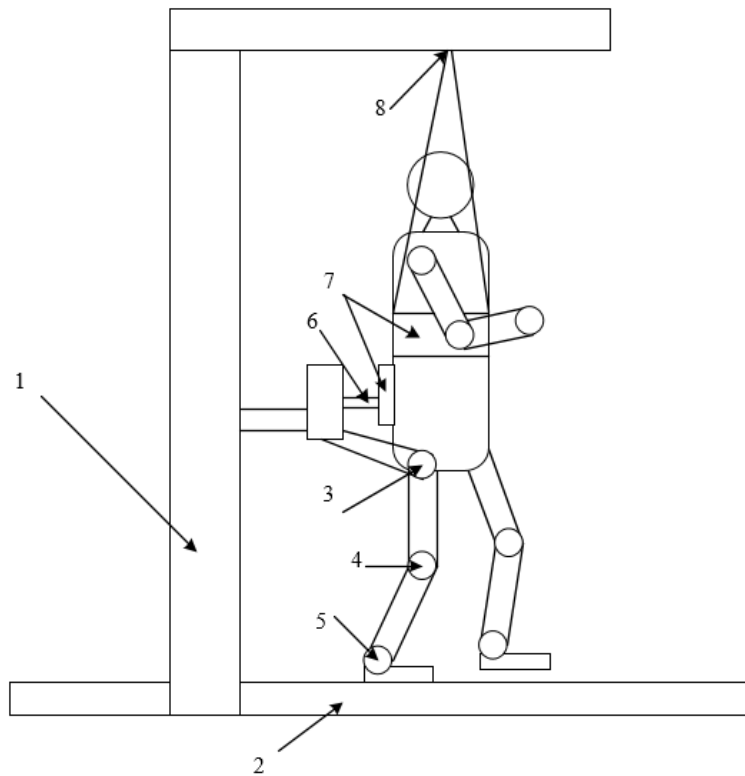


Рис. 1. Схема реабилитационного стенда нижних конечностей, имитирующая походку человека: 1 – стойка крепления реабилитационного стенда; 2 – беговая дорожка 3 – тазобедренный шарнир; 4 – коленный шарнир; 5 – голеностопный шарнир; 6 – модуль пространственного перемещения таза; 7 – манжеты для закрепления пациента; 8 – крепление для подвеса пациента

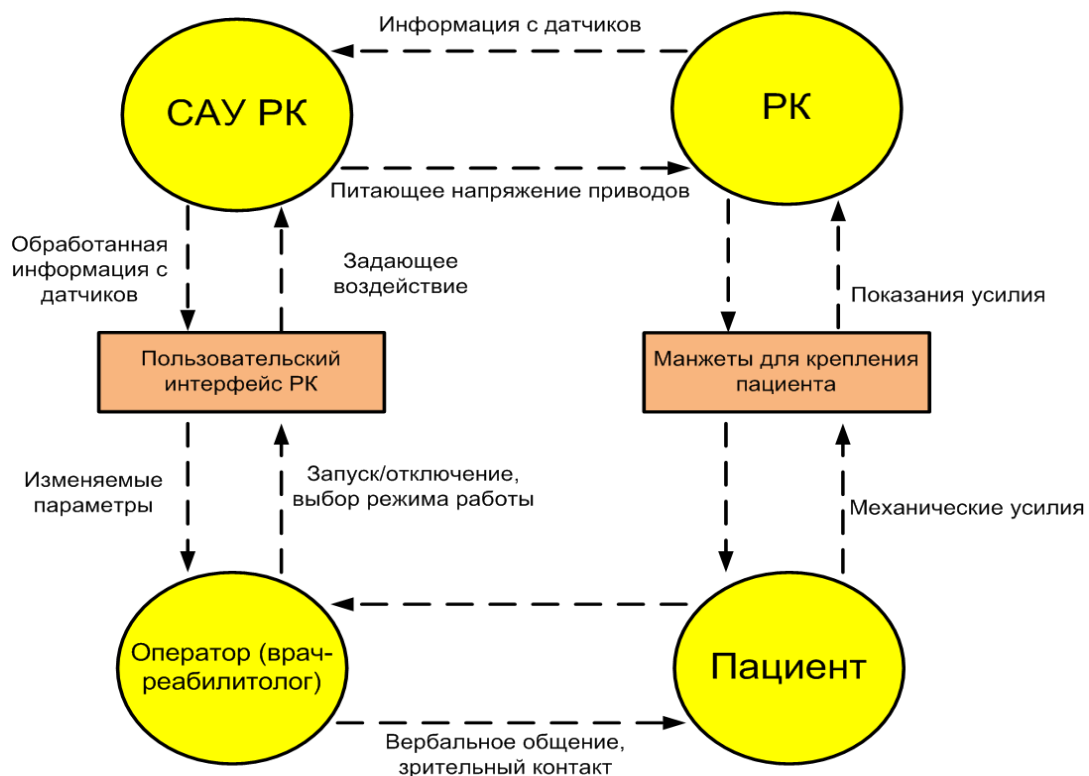


Рис. 2. Функциональная схема устройства: РК – реабилитационный комплекс; САУ – система автоматического управления реабилитационный комплексом

Во время движения на МК поступает информация с датчиков угла поворота и тензометрических датчиков, далее информация с МК переходит на пользовательский интерфейс. На основе показаний с датчиков врач может отслеживать качество, проводимой реабилитации. Также, как видно из схемы, врач и пациент могут взаимодействовать напрямую при помощи вербального общения и зрительного контакта.

### Выводы

Разработанная функциональная схема реабилитационного стенда нижних конечностей позволит разработать мехатронное устройство имитирующее естественную походку человеку. Такое устройство позволит значительно улучшить эффективность процесса реабилитации пациентов с травмами спинного мозга.

### Список источников

1. Травма спинного мозга: последствия и реабилитация. URL: <https://three-sisters.ru/blog/travma-spinnogo-mozga-posledstvija-i-reabilitacija> (дата обращения: 16.04.2024).
2. Бека РУС. URL: <https://beka.ru/katalog/mekhano-i-robotizirovannaya-terapiya/vosstanovlenie-navukov-khodby> (дата обращения: 16.04.2024).
3. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ходьба> (дата обращения: 16.04.2024).
4. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Механотерапия> (дата обращения: 16.04.2024).
5. Механика ходьбы. URL: <https://gre-kow.livejournal.com/16358.html> (дата обращения: 16.04.2024).
6. *Forczek W. Salamaga* Pelvic movements during walking throughout gestation – the relationship between morphology and kinematic parameters // *Clinical Biomechanics*. 2020. P. 146–151.



УДК 004.492.2

**Д. О. Дедов**

студент кафедры информационной безопасности

**В. А. Мильников** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИТЫ CHAMELEON ДЛЯ ИМИТАЦИИ УЯЗВИМОСТЕЙ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ

В информационном мире сегодня обеспечение безопасности компьютерных сетей становится все более критическим вопросом. Растущее количество кибератак и инцидентов безопасности подчеркивает неотложность постоянного развития и совершенствования методов защиты. В данной статье представлен результат исследования, направленного на анализ безопасности компьютерных сетей, используя комбинацию стенда с двумя экземплярами Kali Linux и утилиту Chameleon.

Цель исследования: изучение эффективности защиты компьютерных сетей с использованием Honeypot-технологии. Задача: оценить работоспособность сети, провести обзор Honeypot и определить его способность обнаруживать и предотвращать атаки.

Результаты: создан стенд, состоящий из двух экземпляров Kali Linux: одного в роли атакующей системы и другого – в роли защищаемой. Мы проанализировали Honeypot, включая эмуляцию различных протоколов, таких как DNS, HTTP-прокси, HTTP, HTTPS, SSH, POP3, IMAP, STMP, RDP, VNC, SMB, SOCKS5, Redis, TELNET, Postgres, MySQL, MSSQL, Elastic и ldap. В рамках исследования проведена атака DNS Spoofing на защищаемую систему, используя утилиту Ettercap. Атака успешно обнаружена на эмулируемом порту DNS сервера на защищаемом компьютере, собрана информация о злоумышленнике.

Практическая значимость: применение эмуляции уязвимостей способствует более эффективному выявлению участков сетевой инфраструктуры, подверженных потенциальным атакам. Организации могут воспользоваться этим инструментом для повышения общей устойчивости своих информационных систем. Специалисты в области безопасности получают возможность более глубокого понимания угроз и разработки эффективных стратегий по защите данных.

Обсуждение: Chameleon успешно эмулирует различные протоколы, привлекая внимание злоумышленников. Общее важное значение использования Honeypot-технологии в обеспечении безопасности компьютерных сетей заключается в ее способности эффективно обнаруживать атаки и собирать информацию о злоумышленниках, что является фундаментальным элементом для разработки соответствующих мер по защите сетей.

### Введение

В наше время, когда все больше процессов становится цифровыми, обеспечение кибербезопасности приобретает первостепенное значение. С каждым годом количество и сложность кибератак продолжают расти.

В условиях сложившейся геополитической обстановки российские веб-ресурсы стали приоритетной мишенью для злоумышленников, активно использующих сетевые атаки с целью нарушения нормального функционирования этих компаний и организаций [1], [2].

В данной статье исследуется применение Honeypot-технологии для обнаружения и анализа сетевых инцидентов. Освещены основные аспекты этой технологии, ее использование в выявлении атак, а также представлены различные эмуляции протоколов, с акцентом на настройке эмулируемых портов. Этот подход позволяет создать систему-приманку, привлекающую злоумышленников и предоставляющую возможность наблюдать за их действиями.

В рамках статьи рассматривается процесс конфигурации и активации Honeypot с эмуляцией открытого порта DNS-сервера на защищаемом компьютере. Затем проводится атака DNS spoofing на защищаемый компьютер, используя утилиту ettercap [3]. Детально проанализированы полученные данные о действиях злоумышленника.

## Описание утилиты Chameleon

Этот инструмент обладает 19 настраиваемыми «приманками», предназначенными для мониторинга сетевого трафика, активности ботов и данных учетных записей, таких как имена пользователей и пароли (включая DNS, HTTP-прокси, HTTP, HTTPS, SSH, POP3, IMAP, SMTP, RDP, VNC, SMB, SOCKS5, Redis, TELNET, Postgres, MySQL, MSSQL, Elastic и LDAP) [4]. Суть концепции Chameleon заключается в создании «медовых» ловушек, имитирующих уязвимые сервисы, и привлечении внимания потенциальных злоумышленников. Каждая «ловушка» эмулирует определенный сервис и может принимать соединения от потенциальных атакующих. Это обеспечивает возможность мониторинга и анализа атак в реальном времени, а также сбора ценной информации о тактиках и методах атакующих.

В организациях подобные утилиты развертываются по всей корпоративной информационной сети, формируя так называемую «медовую сеть» (рис. 1). Honeypots, входящие в состав honeynet, взаимодействуют, обмениваясь информацией о событиях и атаках, что создает общую картину угроз и поведения злоумышленников. Это позволяет проводить более глубокий анализ и понимание методов и тактик злоумышленников [5].

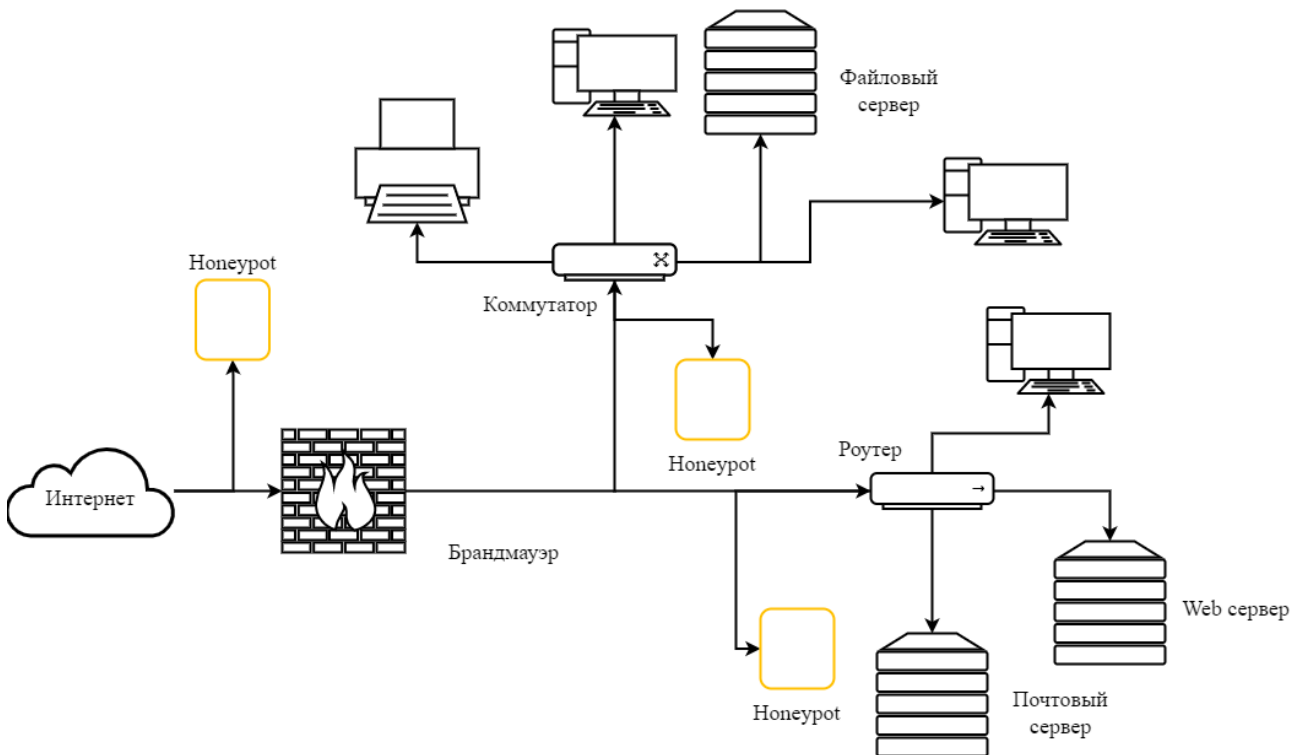


Рис. 1. Схема honeynet в организации (рис. авторов)

На данный момент Chameleon предоставляет поддержку различных сервисов и серверов-приманок, оформленных в виде удобных плагинов. Каждый из этих плагинов разработан для точной эмуляции конкретного сервиса и обладает настроенными параметрами, способствующими выявлению потенциальных атак.

Основным преимуществом Chameleon является его гибкость и простота использования. Платформа интегрируется без труда в текущую сетевую инфраструктуру, не требуя значительных изменений в системной конфигурации. Благодаря своей масштабируемости и многофункциональности Chameleon дает организациям возможность активно защищать свои сети от DDoS-атак и оперативно реагировать на них.

В структуре плагинов Chameleon используется единый формат, расположенный в каталоге «pots». Каждый плагин может быть настроен через специальный файл конфигурации и сохранять информацию о запросах, таких как атаки или сканирования, в соответствующей базе данных и журнальном файле.

У каждого плагина есть собственная база данных и отдельный журнальный файл, дополнительно обладают функцией формирования ежедневных списков IP-адресов, которые могут быть классифицированы как потенциальные злоумышленники или сканеры.

Важно подчеркнуть, что плагины обладают возможностью отправки уведомлений по электронной почте в случае обнаружения атаки на конкретную страну. Эта функциональность обеспечивает оперативное информирование организации о возможных угрозах и дает возможность принять необходимые меры для защиты сети.

Общие характеристики утилиты Honeyrot:

- модульный подход (приманки запускаются как сценарии или импортируются как объекты);
- большинство приманок служат серверами (только некоторые из них эмулируют протоколы прикладного уровня);
  - серверы настроек с именем пользователя, паролем и баннером (имя пользователя и пароль по умолчанию – тестовые);
  - полезные данные ICMP, DNS TCP и UDP анализируются и проверяются на соответствие общим шаблонам;
  - визуализированные интерфейсы Grafana для мониторинга результатов (Фильтр по IP – по умолчанию все);
- неструктурированные и структурированные журналы анализируются и вставляются в Postgres;
- все приманки содержат клиенты для тестирования серверов;
- по умолчанию все порты открыты и контролируются;
- простая автоматизация и возможность развертывания на AWS ec2.

### Практическое применение Chameleon

Для наглядной демонстрации возможностей и функционала Chameleon, мы приняли решение провести атаку типа DNS Spoofing. Выбор данного вида атаки обусловлен графическими данными, опубликованными на 2 квартал 2023 года (рис. 2) [6], которые свидетельствуют о высокой частоте атак, связанных с ВПО для удаленного управления. Основной целью этой атаки является демонстрация способности утилиты не только выявлять, но и эффективно защищать от подобных инцидентов.

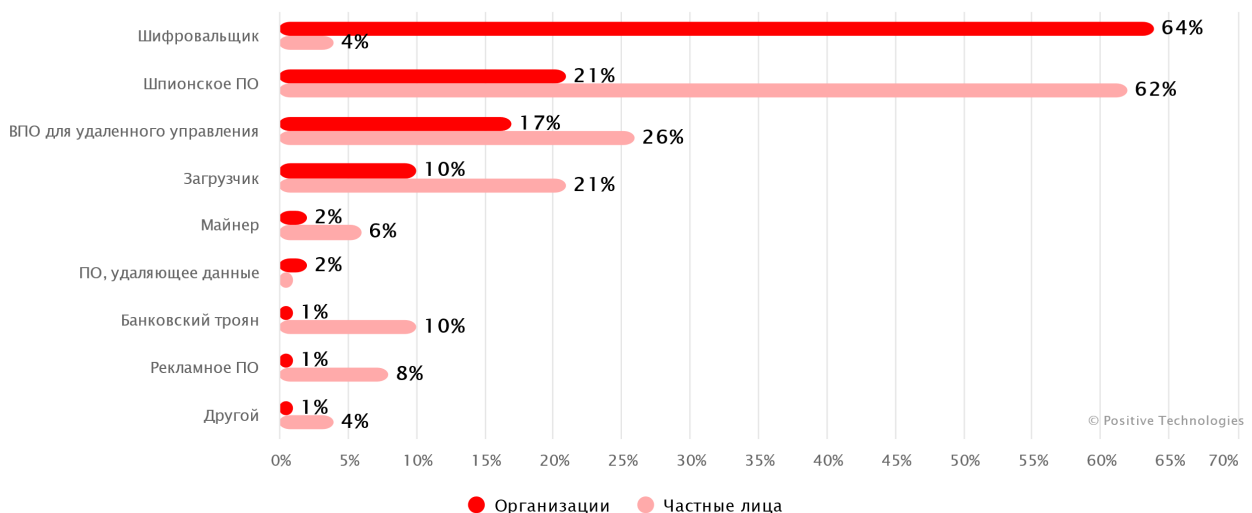


Рис. 2. Типы вредоносного ПО, выявленные компанией Positive Technologies

Для проведения эксперимента был подготовлен специальный стенд на основе симулятора GNS3 (рис. 3). GNS3 представляет собой программное обеспечение, предназначенное для эмуляции и моделирования компьютерных сетей [7]. Оно обеспечивает возможность создания виртуальных сете-

вых топологий с различными устройствами, такими как маршрутизаторы, коммутаторы и файрволлы, и эмулярования их работы в виртуальной среде.

Экспериментальная среда включает два узла Kali Linux, где один из них выступает в роли атакующего, а другой – в роли защищающегося [8]. Связь между ними устанавливается с использованием коммутаторов для создания реалистичной сетевой конфигурации. Выбор пал на Kali Linux из-за его богатого набора утилит и программ, таких как сканеры уязвимостей, инструменты для атак, снифферы трафика, средства взлома паролей, анализа безопасности беспроводных сетей и прочее. Операционная система также обеспечивает поддержку различных методов атак, включая социальную инженерию, фишинг, взлом паролей и эксплойты.

Для обеспечения функционирования сети в эксперименте используются коммутаторы Ethernet и маршрутизаторы Cisco.

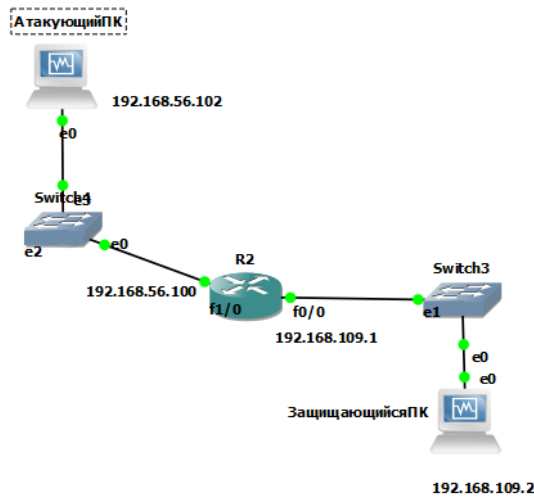


Рис. 3. Схема стенда для моделирования DNS Spoofing атаки

На защищаемом компьютере активирована Chameleon, включая функцию эмуляции открытых портов серверов и служб. Атакующий проводит сканирование сети и получает данные (рис. 4). В процессе сканирования обнаруживается открытый порт 53 на защищаемом компьютере, который, является имитацией утилиты Chameleon, эмулирующей работу DNS-сервера [9].

```
(kali@Attacking)-[~]
└─$ nmap -sV 192.168.109.2
Starting Nmap 7.94 ( https://nmap.org ) at 2023-12-20 09:58 EST
Nmap scan report for 192.168.109.2
Host is up (0.059s latency).
Not shown: 982 closed tcp ports (conn-refused)
PORT      STATE SERVICE          VERSION
21/tcp    open  ftp              vsftpd (before 2.0.8) or WU-FTP
22/tcp    open  ssh              (protocol 2.0)
23/tcp    open  telnet?
25/tcp    open  smtp-proxy      Python SMTP Proxy 0.3
80/tcp    open  http             TwistedWeb httpd 23.10.0
110/tcp   open  pop3
143/tcp   open  imap
389/tcp   open  ldap?
443/tcp   open  ssl/http        TwistedWeb httpd 23.10.0
445/tcp   open  microsoft-ds
1080/tcp  open  socks5           (Username/password authentication required)
1433/tcp  open  ms-sql-s        Microsoft SQL Server
3000/tcp  open  ppp?
3306/tcp  open  mysql           MySQL 5.7.00
5432/tcp  open  postgresql?
5900/tcp  open  vnc              VNC (protocol 3.8)
8080/tcp  open  http-proxy?
9200/tcp  open  ssl/wap-wsp?
```

Рис. 4. Проведение сканирования атакующем ПК

Этот открытый порт представляет собой часть маскировки, созданной Chameleon, и имитирует функционирование DNS-сервера. Атакующий компьютер проводит сканирование при помощи утилиты Nmap – это бесплатный инструмент для сканирования сети, применяемый для определения активных хостов, открытых портов, выявления операционных систем и другой сетевой информации. Он предоставляет возможности для анализа безопасности сетей, системного аудита и выявления уязвимостей [10]. Утилита выявляет открытый порт 53, который не отличается от обычного сетевого порта.

Злоумышленник, используя свой компьютер, принимает решение провести атаку DNS Spoofing на указанный порт, используя инструмент Ettercap [11]. Он указывает IP-адрес цели и запускает утилиту. После завершения атаки, на атакуемом компьютере регистрируются данные об инциденте, которые отображаются на графике, отражающем состояние порта (рис. 5). Зеленые точки обозначают многократное взаимодействие атакующей машины, с защищаемым устройством.

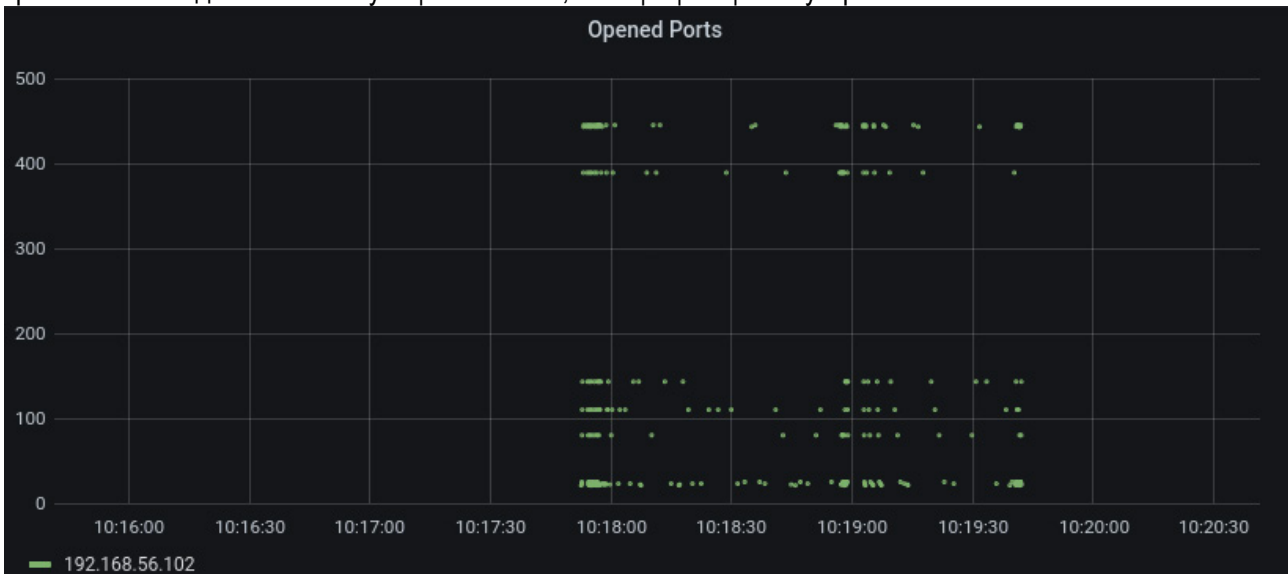


Рис. 5. Статистика DNS-сервера после атаки

Также в консоли Honeypot демонстрируется аномальное количество трафика за промежуток времени (рис. 6).

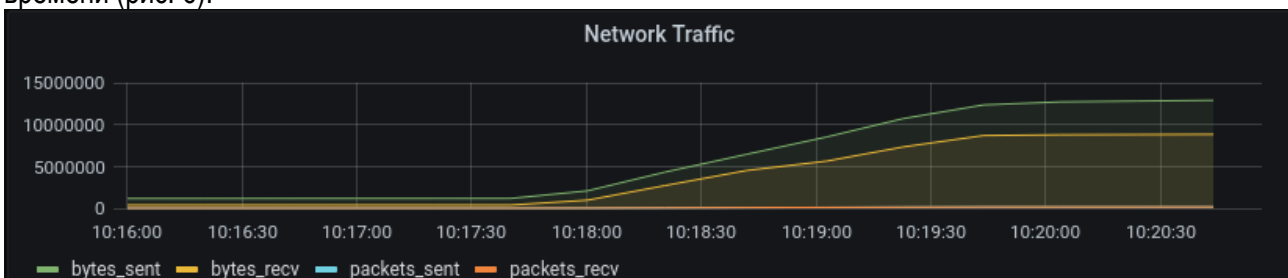


Рис. 6. Статистика DNS-сервера после атаки

Утилита Chameleon автоматически сохраняет все данные об атаке в лог-файлы. При проведении атаки на стороне защищаемого ПК.

### Заключение

В ходе проведенных исследований успешно продемонстрирована эффективность Chameleon в обнаружении и предотвращении атак типа DNS Spoofing [12]. Стратегическое внедрение контролируемой атаки с использованием данной утилиты позволило достичь поставленных целей и детально оценить ее функциональность.

Программа Chameleon выделилась своей высокой производительностью при регистрации сетевой активности и предоставлении подробной информации о затронутых запросах. Ее функциональ-

ность в области мониторинга и реагирования на подозрительную сетевую активность играет важную роль в предотвращении потенциальных угроз и повышении общего уровня безопасности сети [13].

Chameleon представляет собой ценный инструмент как для организаций, так и для сетевых администраторов. Он эффективно справляется с распределенными атаками, минимизируя риски для информационной инфраструктуры. Его практическое значение проявляется в обеспечении надежной защиты сети, предоставлении важной информации для анализа и принятия решений, а также в снижении негативных последствий от атак.

Важно подчеркнуть, что, несмотря на мощные возможности Chameleon в борьбе с DNS Spoofing, его эффективность может быть дополнительно усилена, когда он используется в сочетании с другими средствами защиты системы. Это стратегическое взаимодействие обеспечивает более комплексный и надежный уровень безопасности.

#### Список источников

1. *Nicomette V., Kaâniche M., Alata E.* Set-up and deployment of a high-interaction honeypot: experiment and lessons learned // *Journal in Computer Virology*. 2011. Vol. 7. N 2. P. 143–157.
2. *Umamaheswari A., Kalaavathi B.* Honeypot TB-IDS: trace back model based intrusion detection system using knowledge based honeypot construction model // *Cluster Computing*. 2019. Vol. 22. N 6. P. 14027–14034.
3. *Majidha Fathima K., Santhiyakumari N.* A Survey On Network Packet Inspection and ARP Poisoning Using Wireshark and Ettercap // *In Proceedings – International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems, ICAIS 2021*. 2021. P. 1136–1141.
4. Github.com. URL: <https://github.com/qeeqbox/chameleon> (дата обращения: 07.03.2023).
5. *Zhou Y.* Chameleon: Towards adaptive honeypot for internet of things // *Proceedings of the ACM Turing Celebration Conference-China*. 2019. P. 1–5.
6. Positive Technologies Обнаружение распространенных угроз ИБ в сетевом трафике. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q2/#id3> (дата обращения: 07.03.2023).
7. *Dayanand L., Ghorbani B., Vaghri S.* A survey on the use of GNS3 for virtualizing computer networks. 2016.
8. *Hertzog R., O’Gorman J., Aharoni M.* Kali linux revealed // *Mastering the Penetration Testing Distribution*. 2017.
9. *Deb S., Srinivasan A., Pavan S.* An improved DNS server selection algorithm for faster lookups // *2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE’08)*. IEEE, 2008. P. 288–295.
10. *Orebaugh A., Pinkard B.* Nmap in the enterprise: your guide to network scanning. Elsevier, 2011.
11. *Norton D.* An ettercap primer // *SANS Institute InfoSec Reading Room*. 2004. Vol. 5.
12. *Tripathi N., Swarnkar M., Hubballi N.* DNS spoofing in local networks made easy // *2017 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*. IEEE, 2017. P. 1–6.
13. *Gopalan S., Ravikumar D., Linekar D.* // *ICCSPA 2020 – 4th International Conference on Communications, Signal Processing, and their Applications*. 4. 2021.

УДК 342

**Н. О. Дмитриев**

студент института киберфизических систем

**Т. Н. Елина** – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ УЧАСТНИКОВ  
МОЛОДЕЖНЫХ ФЕСТИВАЛЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РФ**

Рассмотрены требования Федерального Закона № 152-ФЗ о защите персональных данных применительно к подсистемам веб-сайта фестиваля, таких как «Личный кабинет», «Регистрация» и «Обратная связь», выбраны проверки необходимые для включения в программу и методику тестирования.

Рассмотрим действие Федерального Закона № 152-ФЗ (далее – закон) постатейно в рамках исследуемого нами объекта, а именно фестивальной деятельности. В данном контексте будет исследоваться процесс регистрации участников на сайте фестиваля. При этом название подразделов сайтов может отличаться (носить синонимичный характер), содержание от этого не меняется. В данном исследовании используем типовые, чаще всего встречающиеся подсистемы.

**Глава 2. Статья 5 закона**

П. 4. Обработке подлежат только персональные данные, которые отвечают целям их обработки.

П. 5. Содержание и объем обрабатываемых персональных данных должны соответствовать заявленным целям обработки. Обрабатываемые персональные данные не должны быть избыточными по отношению к заявленным целям их обработки [1].

Для регистрации в Личном Кабинете вебсайт фестиваля необходимо заполнить ряд полей персональными данными пользователя. После регистрации пользователь может дополнить информацию о себе дополнительными данными. Для отправки обращения в подсистеме «Обратная связь» пользователь так же должен заполнить ряд полей, идентифицирующих его и предназначенных для определения и успешного решения вопросов пользователя. Аналогичная ситуация с подсистемой «Мобильное Бронирование» (если участнику фестиваля требуется проживание, и организаторы предлагают такие услуги), для бронирования и оплаты проживания, пользователь обязательно должен указать свои персональные данные (далее – ПДн).

Так как во всех основных (в нашем случае трех) подсистемах веб-сайта фестиваля необходимо заполнять ряд полей с указанием своих персональных данных для получения конечного результата, то необходимо проверить, что эти поля не излишни и соответствуют функциональности, выполняемой в каждой отдельной подсистеме. Что в свою очередь будет проверкой на выполнение требований пятой статьи второй главы ФЗ № 152.

**Глава 2. Статья 6**

П. 1. Обработка персональных данных должна осуществляться с соблюдением принципов и правил, предусмотренных настоящим Федеральным законом. Обработка персональных данных допускается в следующих случаях:

1) обработка персональных данных осуществляется с согласия субъекта персональных данных на обработку его персональных данных [1].

**Статья 9. Согласие субъекта персональных данных на обработку его персональных данных [1]**

В данной статье рассматривается процесс подписания пользователем согласия на обработку его ПДн. Согласие должно быть подписано добровольно, а текст согласия должен быть всегда доступен пользователю для ознакомления. Согласие может быть отменено пользователем, а доказательства о подтверждении пользователем согласия на обработку его ПДн должны быть предоставлены оператором, в нашем случае организаторами фестиваля.

При регистрации в Личном Кабинете, отправке обращения и оплате проживания неавторизованными пользователями на форме подсистем отображается ссылка на текст согласия на обработку ПДн пользователя и чек-бокс, устанавливая который, пользователь подтверждает, что ознакомился с текстом согласия и согласен на обработку своих персональных данных. Также есть ряд особенностей в реализации подсистем, которые необходимо учесть при проверке соблюдения требований статей 6 и 9 второй главы закона применительно к подсистемам веб-сайта фестиваля. Во-первых, когда неавторизованный пользователь загружает страницу, содержащую поля для ввода ПДн и чек-бокс, подтверждающий согласие на обработку ПДн пользователя, на форме так же присутствует кнопка «Отправить». Данная кнопка средствами JavaScript делается неактивной, до тех пор, пока пользователь не установит чек-бокс и не подтвердит свое согласие на обработку его ПДн, то есть пользователь не может отправить на обработку свои ПДн, если он не подтвердил согласия на их обработку. Но если пользователь отключит JavaScript, то кнопка «Отправить» будет активна, даже если чек-бокс согласия не установлен. Это является важным моментом, который необходимо обязательно учесть при проверке подсистем веб-сайта фестиваля на соответствие требованиям данных статей ФЗ № 152, чтобы исключить возможность отправки в обработку ПДн пользователя, без подтверждения его согласия на это. Во-вторых, за сбор и хранение согласий пользователей на обработку их ПДн отвечает другая подсистема веб-сайта фестиваля, то есть необходимо проверить, что соглашения действительно сохраняются в данной подсистеме и могут быть из нее получены и/или удалены. Также необходимо удостовериться, что в случае отказа или сбоя в работе данной подсистемы данные о согласиях на обработку ПДн пользователей будут отображены в системе логирования и подлежат восстановлению из лога.

Таким образом, для подтверждения соответствия подсистем данным требованиям необходимо проверить:

- 1) на формах подсистем фестиваля, выполняющих обработку персональных данных, присутствует ссылка на текст согласия на обработку персональных данных;
- 2) без подтверждения пользователем согласия на обработку своих персональных данных система не принимает эти ПДн;
- 3) проверить сохранение данных о получении согласия на обработку ПДн от пользователя;
- 4) проверить возможность получения данных о принятии пользователем соглашения на обработку его ПДн;
- 5) проверить, что в случае отказа системы сбора согласий на обработку ПДн, соответствующая запись появляется в системе логирования, и согласие подлежит восстановлению из системы логирования;
- 6) проверить возможность отзыва пользователем согласия на обработку персональных данных с последующим удалением ПДн из подсистем.

### Глава 2. Статья 10

П. 1. Обработка специальных категорий персональных данных, касающихся расовой, национальной принадлежности, политических взглядов, религиозных или философских убеждений, состояния здоровья, интимной жизни, не допускается, за исключением случаев, предусмотренных частью 2 и 2.1 настоящей статьи [1].

Для проверки соблюдения требований данной статьи необходимо провести проверку подсистем вебсайта фестиваля, аналогичную проверке на соответствие требованиям пятой статьи второй главы ФЗ № 152, описанной выше. Необходимо будет проверить, что на формах подсистем веб-сайта отсутствуют поля, предназначенные для ввода специальных категорий персональных данных, таких как раса, политические взгляды, религия и т. д., в соответствии с десятой статьей второй главы ФЗ № 152.

### Глава 4. Статья 18

П. 5. При сборе персональных данных, в том числе посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», оператор обязан обеспечить запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение персональных данных граждан Российской Федерации с использованием баз данных, находящихся на территории Российской Федерации,



за исключением случаев, указанных в пунктах 2, 3, 4, 8 части 1 статьи 6 настоящего Федерального закона [1].

Все данные, которые собираются на формах подсистем веб-сайта фестиваля хранятся в соответствующих база данных. В системе реализован интерфейс доступа к данным хранящимся в базе данных, доступ это регулируется ролевым механизмом операторов. Необходимо проверить, что в соответствующие таблицы базы данных корректно происходит сохранение отправленных на обработку ПДн, для чего необходимо в каждой подсистеме веб-сайта ввести и отправить на обработку ПДн, а затем сравнить отправленные и сохраненные в базе данные. Выполнить проверку необходимо в разных вариациях, так как могут быть конфликтные ситуации. Например, в подсистеме «Личный кабинет» пользователь может добавить несколько паспортов, российский и заграничный паспорт, а значит может возникнуть проблемы с записью данных паспортов: отсутствие отдельных полей в БД для записи отдельный данных паспортов, отсутствие указания на тип паспорта, сохранение только одного типа паспорта и т. д. Соответственно необходимо учесть все аналогичные ситуации, чтобы удостовериться, что сохраняются абсолютно все введенные ПДн пользователя и что эти данные соответствующим образом систематизируются.

Также необходимо проверить возможность изменения ПДн пользователей в БД, корректность сохранения изменений и влияние этих изменений на подсистемы «Личный кабинет», «Обратная связь» и «Мобильное Бронирование». Помимо того, что оператор может менять данные в БД, пользователь так же может менять часть своих данных, посредством подсистемы «Личный кабинет». Таким образом, также необходима полная проверка корректности внесения изменения в ПДн пользователем и влияние этих изменений на БД.

Так как данные пользователей хранятся в разных таблицах базы данных, необходимо проверить возможность выгрузки всех данных конкретного пользователя. Данная функциональность реализована в интерфейсе БД, но необходимо проверить, что в выгрузку по конкретному пользователю попадают все данные этого пользователя, либо же те данные, которые заданы в параметрах выгрузки. Также необходимо проверить влияние изменений, вносимых в ПДн пользователя, на выгруженные данные, для проверки актуальности выгружаемых данных.

Посредством интерфейса взаимодействия с БД оператор, имеющий соответствующие права, может удалить данные пользователя. Могут быть удалены как отдельные типы ПДн, так и произведено полное удаление всех данных о пользователе по его заявке. Необходимо проверить корректность удаления отдельных или всех данных и влияние этих действий на подсистемы веб-сайта фестиваля.

#### **Глава 4. Статья 19. Меры по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке [1]**

В данной статье описаны меры, которые необходимо соблюсти для обеспечения безопасности ПДн при их обработке. В эти меры входит определение угроз, ролей механизм разграничения доступа к ПДн, обнаружение фактов несанкционированного доступа и т. д. Более подробно рассмотрим, что именно необходимо выполнить, для обеспечения безопасности ПДн при обработке в рамках подсистем «Личный кабинет», «Мобильное бронирование» и «Обратная связь».

В интерфейсе управления БД реализован ролевой механизм доступа к ПДн. Существует 3 основные роли, имеющие доступ к ПДн пользователей, хранящихся в базе данных. Каждая роль имеет определенный набор прав, включающий в себя права на просмотр и выгрузку, изменение, удаление данных пользователей. Необходимо проверить, что каждая из ролей имеет именно те права, которые ей назначены и не может совершать с ПДн пользователей действия, которые для данной роли ограничены. Также необходимо проверить, что операторы, с ролью отличной от ролей, имеющих тот или иной доступ к ПДн, не имеют никакого доступа к ПДн пользователей. При проверке обязательно необходимо учесть, что на данный момент интерфейс доступна к БД позволяет назначать операторам несколько ролей, соответственно, права данных ролей будут суммироваться для оператора.

Все действия всех операторов в БД данных должны быть записаны в лог. Запись должна быть понятной для понимания и содержать все данные, необходимые для последующего анализа. В записи лога обязательно должна присутствовать информация о дате и времени изменения данных, операторе, производящем изменения, IP, с которого выполняются изменения, объекте изменения, типе изменения

и самом изменении. Помимо логирования действий оператора, обязательно необходимо проверить логирование действий пользователя при отправке на обработку своих ПДн во всех подсистемах и работу со своими персональными данными в подсистеме «Личный кабинет». На основании данных из лога может быть произведено восстановление измененных/испорченных данных. Также необходимо тщательно проверить журналирование попыток несанкционированного доступа как к личному кабинету пользователей, так и к интерфейсу взаимодействия с БД, этот процесс особенно важен для своевременного предотвращения несанкционированных действий с ПДн. На основании записей в логе системы мониторинга формируется рассылка заинтересованным лицам информирований о найденных ошибках при работе или же попытках несанкционированного доступа к ПДн. Группа реагирования контролирует оповещения круглосуточно. Таким образом, предотвращая угрозы безопасности ПДн. Проверка системы мониторинга и последующей рассылки сообщений при наличии соответствующих записей в логе так же являются важной частью проверок в программе и методике испытаний подсистем веб-сайта фестиваля.

Дважды в сутки происходит полное резервное копирование БД и подсистем веб-сайта фестиваля, на время проведения данного событийного мероприятия. Помимо проверки корректности самого резервного копирования, следует проверить возможность восстановления БД и подсистем из созданной резервной копии. Необходимо проверить полноту копирования всех данных и последующего восстановления. Также необходимо проверить, что в случае модификации или же удаления/уничтожения ПДн пользователей в случаях несанкционированного доступа из резервной копии могут быть извлечены и восстановлены необходимые данные.

Таким образом, можно составить список необходимых проверок, для соблюдения требований девятой главы четвертой статьи ФЗ № 152:

- 1) проверка ролевого механизма доступа к ПДн пользователей;
- 2) проверка логирования всех действий оператора в БД;
- 3) проверка логирования действий пользователя с ПДн;
- 4) проверка логирования о попытках несанкционированного доступа;
- 5) проверка оповещения системой мониторинга;
- 6) проверка резервного копирования БД;
- 7) проверка восстановления ПДн.

Также в соответствии с данной статьей четвертой главы ФЗ № 152, для соблюдения всех ее требований, необходимо определить модель угроз безопасности ПДн в подсистемах веб-сайта фестиваля.

Таким образом, после анализа требований Федерального Закона № 152 о защите персональных данных применительно к подсистемам веб-сайта фестиваля «Личный кабинет», «Обратная связь» и «Мобильное бронирование» и разработанной модели угроз безопасности, можно сделать вывод о необходимости проведения комплексной проверки всех требований, для определения существующих уязвимостей и их последующего исправления. Для проведения полной проверки подсистем на соответствие рассмотренным требованиям закона, необходимо разработать набор тест-кейсов, покрывающих проверки тестируемую функциональности и разработать программу и методику тестирования, по которой и будут проверяться подсистемы.

### Список источников

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от от 6 февраля 2023 г. № 8-ФЗ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 31 июля 2006 г. № 31 (часть I) ст. 3451.

УДК 004.048

**А. Д. Дорофеев, Е. В. Сарынина, В. А. Синдецкая, А. А. Слабогорская, Н. В. Тюрин**

студенты кафедры управления в технических системах

**О. С. Нуля** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ: ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ, УСПЕШНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫЗОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ**

### **Введение**

Предиктивная аналитика – это одна из областей в анализе данных, использующая различные математические, информационные и статистические методы и технологии для прогнозирования вероятности будущих событий, на основе имеющихся данных. Примером такого прогнозирования может служить способность прогнозировать события и неопределенности, а также понимать, как новые конфигурации могут повлиять на эти прогнозы. Она позволяет предсказывать вероятные результаты и тренды, что помогает организациям принимать обоснованные решения и оптимизировать свою деятельность. Предиктивная аналитика – одна из стадий в рамках внедрения технологий индустрии 4.0.

В рамках концепции индустрии 4.0 предиктивная аналитика становится ключевым инструментом для оптимизации бизнес-процессов. Возможности прогнозирования могут быть применены практически в любой сфере: от раннего обнаружения проблем на уровне оборудования для проведения своевременного технического обслуживания и предотвращения простоев до выявления рискованных покупателей, которые могут не выполнить платежи.

Автоматизация процессов, сбор и анализ больших объемов данных, использование машинного обучения – все это позволяет предсказывать потребности рынка, оптимизировать запасы и сокращать издержки.

Актуальность темы предиктивной аналитики в контексте индустрии 4.0 неоспорима, поскольку в условиях быстро меняющегося рынка и конкурентной борьбы компании нуждаются в инструментах, способных оперативно анализировать данные и делать прогнозы для принятия стратегических и оперативных решений. Предиктивная аналитика помогает снизить риски, повысить эффективность и улучшить результаты бизнеса, делая ее неотъемлемой частью современной промышленности.

### **История развития предиктивной аналитики**

Предиктивная аналитика впервые появилась в 40-е годы прошлого столетия, когда начали использовать первые вычислительные модели, такие как метод Монте-Карло, позволяющий решать задачи, для которых нет аналитического решения, или которые слишком сложны для традиционных методов. Тогда же появились вычислительные модели нейронных сетей и линейное программирование. Во время Второй мировой войны данные методы применялись для декодирования сообщений и самонаведения орудий.

В 1960-е годы предиктивную аналитику начали использовать корпорации и научно-исследовательские институты. Она легла в основу первых моделей прогноза погоды, а также служила для определения кратчайшего пути для логистики.

Сегодня развитие современных инструментов (IoT – Internet of Things), искусственного интеллекта, облачных технологий и вычислительных мощностей) стали толчком для стремительного развития предиктивной аналитики. После предварительного обучения на базе собранных исторических и актуальных данных, модель системы сейчас может автономно делать выводы, и сама принимать решения.

### **Применение предиктивной аналитики в различных отраслях**

Промышленные предприятия в течение длительного времени сталкивались с вызовом поддержания эффективного функционирования оборудования через два основных подхода к техническому

обслуживанию и ремонту (ТОиР). Первый подход, известный как «реактивный», заключался в том, что ремонтные работы и замены деталей проводились только после того, как оборудование вышло из строя. Это часто приводило к значительным простоям в производстве и высоким издержкам на восстановление оборудования. Второй подход, называемый «превентивным», предполагал плановые ремонты и замены деталей, даже если оборудование на момент проведения ТОиР не требовало этого. Это также приводило к излишним расходам на обслуживание.

Исследования показывают, что для 98 % предприятий каждый час простоя обходится более чем в 100 000 долларов. Это значительная сумма, которая оказывает негативное воздействие на финансовые показатели предприятий. Поэтому внедрение предиктивной аналитики, основанной на анализе данных и предсказании возможных отказов оборудования, может помочь компаниям сократить издержки, минимизировать простои и повысить эффективность производства.

Одним из самых удачных примеров применения предиктивной аналитики в России был опыт Череповецкого металлургического комбината. Внедрение инструмента для выявления возможности перегрева подшипника шестеренных клетей на конвейере позволило значительно сократить время простоя оборудования. В результате точности предсказания около 50 %, время простоя было сокращено на более чем 300 % в год – с 5–6 до 1–1,5 часа. Этот пример демонстрирует потенциал предиктивной аналитики для повышения эффективности производства и снижения издержек на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

### **Технологии и инструменты для предиктивного анализа**

В предиктивный анализ входят различные технологии и инструменты, которые используются для прогнозирования будущих событий и тенденций на основе данных и статистических методов. Ниже представлен список наиболее распространенных технологий и инструментов.

#### *Машинное обучение (Machine Learning)*

В данном методе искусственного интеллекта компьютеры «обучаются» на основе данных делать прогнозы. Используются методы машинного обучения, такие как регрессия, классификация, кластеризация и нейронные сети для построения моделей, которые могут предсказывать результаты на основе исторических данных.

#### *Статистические методы*

Одну из важных ролей в предиктивном анализе занимает статистика. В этом методе применяются временные ряды, корреляция, регрессия и анализ вариации, помогающие выявлять закономерности в данных и делать прогнозы.

#### *Инструменты обработки данных*

Знание таких языков программирования, как Python, R, SQL, Java позволяет применять инструменты для обработки и анализа путем подготовки, очистки данных перед созданием моделей и реализации алгоритмов предиктивного анализа.

#### *Инструменты для визуализации данных*

Такие инструменты, как Tableau, Power BI, matplotlib и ggplot2, позволяют визуализировать данные для их большего понимания и выявления скрытых закономерностей.

#### *BI-системы (Business Intelligence)*

Для создания отчетов, в которых прослеживаются тенденции и прогнозы, используются платформы бизнес-интеллекта, такие как Power BI, Tableau, и QlikView.

#### *Технологии для работы с большими данными*

При помощи таких технологий как Apache Hadoop, Spark, и Kafka, можно обрабатывать большие объемы данных, необходимых для предиктивного анализа.

#### *Инструменты для работы с временными рядами*

Прогнозировать временные ряды помогают такие библиотеки и инструменты: Prophet, ARIMA, и Exponential Smoothing.

#### *Автоматизированные платформы для предиктивного анализа*

На сегодняшний день существуют объединенные автоматизированные платформы, в которых используются инструменты для создания, обучения и развертывания моделей предиктивного анализа с минимальными затратами на инженерные ресурсы.

Предиктивный анализ позволяет использовать различные технологии и инструменты, которые применяются индивидуально или в комбинации для выполнения разнообразных задач во всевозможных сферах, таких как финансы, здравоохранения, маркетинг и другие.

### Вызовы и перспективы предиктивной аналитики

Одним из ключевых вызовов является необходимость обработки обширных массивов информации высокого качества. Это требует сбора большого объема данных, что затрудняется из-за разрозненности и неструктурированности информации. Оценка достоверности данных также играет важную роль, чтобы избежать искажений в результатах анализа. Другое значительное препятствие заключается в сложности создания и анализа моделей. Результативность использования прогностической аналитики зависит от умения выбирать алгоритмы, оптимизировать их параметры и адаптировать их к конкретным задачам. Кроме того, важно уметь правильно интерпретировать результаты моделей, чтобы извлечь ценные выводы.

### Перспективы и применение предиктивной аналитики

Решения для предиктивной аналитики предназначены для узких специалистов и поэтому имеют небольшое распространение. Согласно исследованию, Gartner 2012 года, всего 3 % пользователей бизнес-аналитики активно применяют предиктивный анализ, включая методы математического моделирования и имитационного моделирования. Меньше 13 % специалистов обращаются к решениям для предиктивной аналитики из-за их узкой направленности.

Эксперты не прогнозируют широкого распространения предиктивной аналитики, но ожидают постепенного изменения в этом направлении. Феномен больших данных стимулирует организации искать новые методы обработки информации, что, по мнению Gartner, приведет к росту компаний, внедряющих передовую аналитику для анализа больших данных, на 20 % быстрее, чем их конкурентов.

### Заключение

В заключение результаты и выводы, которые были представлены в данной статье, свидетельствуют о значимости и актуальности применения предиктивной аналитики в сфере производства. Анализ данных и прогнозирование будущих событий с помощью предиктивной аналитики позволяют компаниям оптимизировать процессы, улучшать качество продукции, снижать издержки и повышать эффективность производства. Данные исследования подчеркивают необходимость внедрения инновационных технологий в производственные процессы для достижения конкурентного преимущества на рынке.

### Список источников

1. Predictive Maintenance Market Size, Share. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/predictive-maintenance-market> (дата обращения: 05.03.2024).
2. Everything you need to know about predictive maintenance. URL: <https://precog.co/blog/predictive-maintenance-the-complete-guide/> (дата обращения: 06.03.2024).
3. Schuh G., Anderl R., Gausemeier J. Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies // National Academy of Science and Engineering. 2017. P. 15–24.
4. Goriveau R., Medjaher K., Zerhouni N. From prognostics and health systems management to predictive maintenance 1: monitoring and prognostics. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc., 2016.
5. Кун М., Джонсон К. Предиктивное моделирование на практике. СПб.: Питер, 2019. С. 174–193.

УДК 658.5

**Г. М. Захаров, С. И. Котов, А. В. Суцыпин**

магистранты кафедры управления в технических системах

**Н. Л. Гречкин** – старший преподаватель – научный руководитель

### МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Модернизация систем управления в энергетике – это комплекс мер, направленных на развитие и совершенствование существующих систем управления в энергетическом секторе. Она представляет собой процесс, в результате которого осуществляется переход от устаревших и непродуктивных систем управления к новым, более эффективным и передовым технологиям.

Целью модернизации систем управления в энергетике является повышение энергоэффективности, оптимизация процессов производства и распределения энергии, а также обеспечение более надежного и безопасного энергоснабжения. Стремление к экономической эффективности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду также является неотъемлемой частью модернизации систем управления.

Одним из ключевых аспектов модернизации систем управления в энергетике является внедрение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Благодаря использованию ИКТ возможно создание интеллектуальных систем управления.

Современное общество сталкивается с постоянным ростом потребления энергии, вызывая необходимость постоянного развития и модернизации систем управления в энергетике. В современном мире, где ресурсы становятся все более ограниченными, энергетический сектор становится ключевым фактором, влияющим на экономическую стабильность и устойчивое развитие страны.

Актуальность исследования модернизации систем управления в энергетике состоит в необходимости повышения эффективности эксплуатации энергетических объектов и снижении негативных воздействий на окружающую среду. Современные технологии и решения в области энергетики требуют применения инновационных подходов к управлению, которые позволят эффективно использовать возобновляемые источники энергии, оптимизировать процессы производства и распределения энергии, а также повысить надежность и безопасность энергетических систем.

Энергетика является одной из ключевых отраслей экономики многих стран и имеет прямое влияние на конкурентоспособность страны в мировом масштабе. Поэтому исследование модернизации систем управления в энергетике необходимо для обеспечения конкурентоспособности национальной энергетики, устойчивого развития и роста экономики, а также для повышения качества жизни населения.

Одной из ключевых проблем, которая требует исследования, является эффективное использование возобновляемых источников энергии. В условиях изменения климата и нехватки традиционных источников энергии, использование возобновляемых источников становится все более важным. Исследование модернизации систем управления в энергетике поможет разработать и внедрить новые технологические решения, которые позволят эффективно использовать возобновляемую энергию и снизить зависимость от ископаемых топлив.

Важной задачей исследования является также повышение безопасности и надежности энергетических систем. Современные системы управления энергетикой подвержены различным угрозам, включая кибератаки и технические сбои. Модернизация систем управления позволит разработать новые методы защиты и контроля, а также повысить надежность энергетических систем, что обеспечит стабильное и бесперебойное функционирование энергетической инфраструктуры. Следовательно, исследование модернизации систем управления в энергетике имеет огромную актуальность и важность для развития современной энергетической отрасли. Применение новых технологий, разработка инновационных методов управления и защиты, а также использование возобновляемых источников энергии, позволят повысить эффективность и устойчивость энергетической системы и положительно сказаться на экономике и окружающей среде.

Модернизация систем управления в энергетике зародилась на рубеже XX и XXI веков в ответ на растущий спрос на энергоресурсы и необходимость повышения энергоэффективности. Технологи-

ческий прогресс и постепенное развитие информационных технологий сыграли значительную роль в становлении этого процесса.

Первые шаги в модернизации систем управления в энергетике были сделаны еще в конце XX века. В то время технологии управления электрическими сетями были достаточно простыми и устаревшими. Однако с развитием компьютерных систем и программного обеспечения, инженеры и специалисты в области энергетики начали искать новые решения для эффективного управления системами электроснабжения.

В начале XXI века модернизация систем управления в энергетике получила новый импульс. Интеграция информационных технологий в энергетические объекты и процессы стала основой для создания «умных» сетей и систем, где данные передаются в режиме реального времени и используются для оптимизации работы энергетических систем.

В современном мире энергетика играет важную роль в поддержании жизнедеятельности общества. Модернизация систем управления в энергетике становится неотъемлемой частью процесса совершенствования и оптимизации работы энергетических систем.

Первым видом модернизации систем управления в энергетике является цифровизация. Она предполагает внедрение современных информационно-коммуникационных технологий для повышения эффективности управления энергетическими объектами. Цифровые системы управления позволяют собирать, обрабатывать и анализировать большой объем данных о состоянии энергетических систем, что помогает прогнозировать возможные сбои и предотвращать аварийные ситуации. Благодаря цифровизации управление энергетическими объектами становится более гибким, адаптивным и прозрачным, что положительно сказывается на энергоэффективности и экономии ресурсов.

Вторым важным видом модернизации систем управления является автоматизация. Автоматизированные системы управления энергетическими объектами основаны на использовании специализированного оборудования и программного обеспечения. Они позволяют автоматически контролировать работу энергетических систем, оптимизировать процессы энергопроизводства и энергопотребления, а также улучшить надежность и безопасность работы энергетических объектов. Автоматизация систем управления в энергетике обеспечивает оперативное реагирование на изменения внешних и внутренних условий и способствует повышению производительности и эффективности энергетических систем.

Третьим видом модернизации систем управления в энергетике является интеграция. Интегрированные системы управления объединяют различные подсистемы, такие как системы управления генерацией электроэнергии, передачей и распределением электроэнергии, системы мониторинга и контроля. Интеграция позволяет централизованно управлять всеми этими подсистемами, обеспечивая оптимальное использование ресурсов, координацию работы всех компонентов энергетической системы и обеспечение надежности и безопасности ее функционирования.

Реализация этих видов модернизации способствует повышению эффективности, надежности и безопасности работы энергетических систем, а также способствует сокращению расходов и экономии ресурсов. В перспективе модернизация систем управления в энергетике будет продолжаться, с использованием новых технологий и методов, для удовлетворения растущих потребностей общества в энергетике.

Современные системы управления в энергетике позволяют не только контролировать работу электростанций, трансформаторных подстанций и энергораспределительных сетей, но и быстро реагировать на возникающие аварийные ситуации, оптимизировать нагрузку и управлять распределением энергии. Это значительно повышает эффективность работы всей энергетической системы, снижает риски возникновения аварий и обеспечивает более качественное и надежное электроснабжение для потребителей.

Модернизация систем управления в энергетике продолжается и с каждым годом становится все более актуальной, поскольку с ростом населения и экономического развития спрос на энергию продолжает возрастать. Использование передовых информационных технологий и развитие «умных» систем позволяют решать сложные задачи энергоэффективности, снижать негативное влияние на окружающую среду и создавать более устойчивые и надежные энергетические системы.

Таким образом, начало модернизации систем управления в энергетике связано с развитием информационных технологий и стремлением к эффективному и устойчивому энергоснабжению. Про-

должающийся процесс модернизации открывает новые возможности для развития энергетики и создания более эффективных и экологически чистых энергетических систем.

### Список источников

1. *Бурмистенко В. А.* Модернизация систем контроля и управления на объектах энергетики // *Новости теплоснабжения.* 2016. № 2 (186).
2. *Пугилова Р. Н.* Автоматизированные системы для организации и управления системой энергообеспечения // *Компетентность.* 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannye-sistemy-dlya-organizatsii-i-upravleniya-sistemoy-energoobespecheniya> (дата обращения: 16.03.2023).
3. *Хитрых Д.* О цифровой трансформации энергетической отрасли // *Энергетическая политика.* 2021. URL: <https://energypolicy.ru/o-czifrovoj-transformaczii-energeticheskoy-otrasli/neft/2021/19/05/> (дата обращения: 20.12.2023).



УДК 620.98

**М. А. Зубарев**

аспирант кафедры управления в технических системах

**О. С. Нуйя** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ. ПЕРСПЕКТИВЫ КОМБИНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ

Статья посвящена проблемам реализации проектов на основе ВИЭ (возобновляемых источниках энергии) на территории Российской Федерации. Рассмотрены преграды для развития СЭС (солнечная электростанция) и ВЭС (ветряная электростанция) с использованием климатических карт. В статье приводится климатическая аналитика наиболее эффективной комбинации альтернативных источников энергии для отопления частного домовладения во II и III климатическом поясе.

### Введение

Сегодня во всем мире известен стандартный набор электростанций на возобновляемых источниках энергии, среди которых наиболее популярными по распространенности являются ветер, солнце и вода в виде гидроэлектростанций (ГЭС). На территории Российской Федерации на сегодня реализуются в общей массе именно эти проекты, а также под них выделяются программы государственного финансирования.

Территория России отличается климатической спецификой, которая затрудняет реализацию стандартных энергетических проектов, к которым относятся ВЭС и СЭС. По этой причине необходимо оценить основной запрос регионов в вопросе вида энергии, и изучить возможные зоны реализации энергетических проектов.

### Ветряные электростанции в России

Общая установленная мощность ВЭС в РФ по данным на конец 2021 года 2.035 ГВт, что примерно в 25 раз меньше, чем установленная мощность ГЭС в стране [1]. Данное направление развивается преимущественно в южных регионах России, где снижен риск обледенения конструкций лопастей электрогенератора.

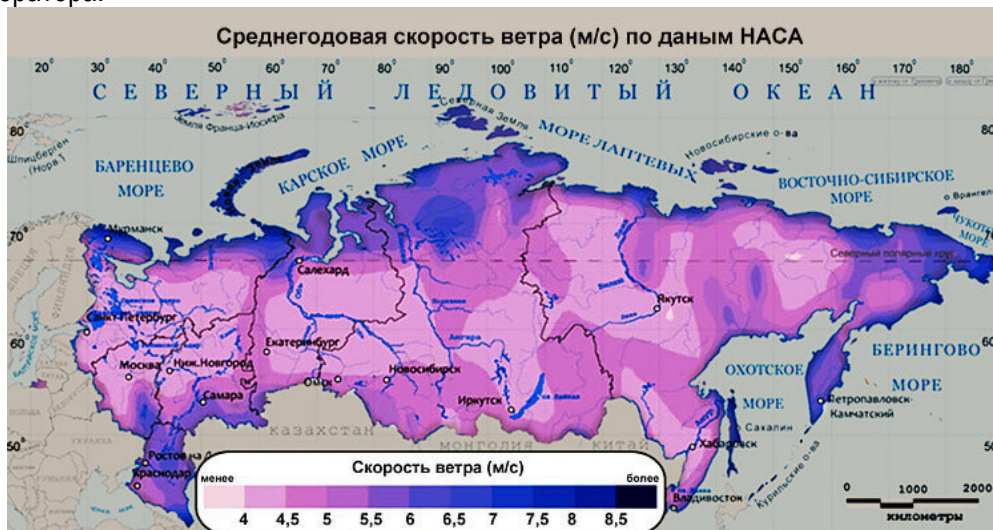


Рис. 1. Среднегодовая скорость ветра (м/с) на территории РФ

Основным риском для реализации проектов в области ветряной энергетики является длительный период низких температур на большей части территории страны. В холодное время года лопасти и движущиеся конструкции ветряных генераторов подвергаются обледенению, которое может повлиять не только на аэродинамические свойства, но и привести к повреждению ротора, вала и лопаток. Для

предотвращения процесса обледенения используют различные методы обогрева конструкции. Минус у данного решения есть и заключается в высоком потреблении электроэнергии на обогрев, что приводит к значительному падению выработки в период высокой нагрузки на электросеть. В регионах с температурами января ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  потери ВЭУ превышают 30 % [2].

Вторым тормозящим фактором является распространение территорий с высокой скоростью ветра на карте России. Приведем карту 2011 года, где демонстрируется среднегодовая скорость ветра на территории страны.

Сопоставление температурных режимов по регионам России с показателями скорости ветра указывает на перспективы данного направления только на юге и юго-западе страны, где зимние температуры часто находятся в плюсовом или около нулевом диапазоне, а средняя скорость ветра высокая ввиду географических особенностей региона.

### Солнечные электростанции России

Солнечная энергетика в РФ находится на близкой к ветряной энергетике степени развития. Установленные мощности СЭС на конец 2021 года составляют 1,96 ГВт [1].

Говоря о СЭС и том, что препятствует развитию данного типа энергетике в России нужно проанализировать и сопоставить статистические данные по количеству солнечных часов в разных регионах, инсоляции (облучению земной поверхности суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиацией), и количеству осадков за зимние месяцы, а также скорости ветра [3]. Все эти данные вместе дадут понимание, насколько эффективно могут вырабатывать электроэнергию солнечные панели в разное время года, насколько будет снижаться и возможно ли полное прекращение выработки электроэнергии в зимнее время, а также эффективность их работы в данной местности.

Погодные и территориальные условия, препятствующие выработке энергии солнечными панелями:

- осадки в виде снега, которые перекрывают солнечный поток;
- зимнее сокращение светового дня;
- пыльные ветра в степной местности, которые загрязняют фотоэлемент;
- облачность и большое число дождливых дней в году. В такие дни уровень инсоляции снижается. Карты с данными по числу солнечных часов для территории России на 2019 год [4] и инсоляции на 2001–2012 годы, среднегодовому количеству осадков и толщине снежного покрова на 1999–2009 годы приведены на рис. 2–5.

#### КОЛИЧЕСТВО СОЛНЕЧНЫХ ДНЕЙ В ГОДУ ПО ГОРОДАМ РОССИИ



Рис. 2. Количество солнечных дней в году по городам России

Карты с данными по числу солнечных часов для территории России на 2019 год и инсоляции на 2001–2012 годы, среднегодовому количеству осадков и толщине снежного покрова на 1999–2009 годы приведены на рис. 2–5.

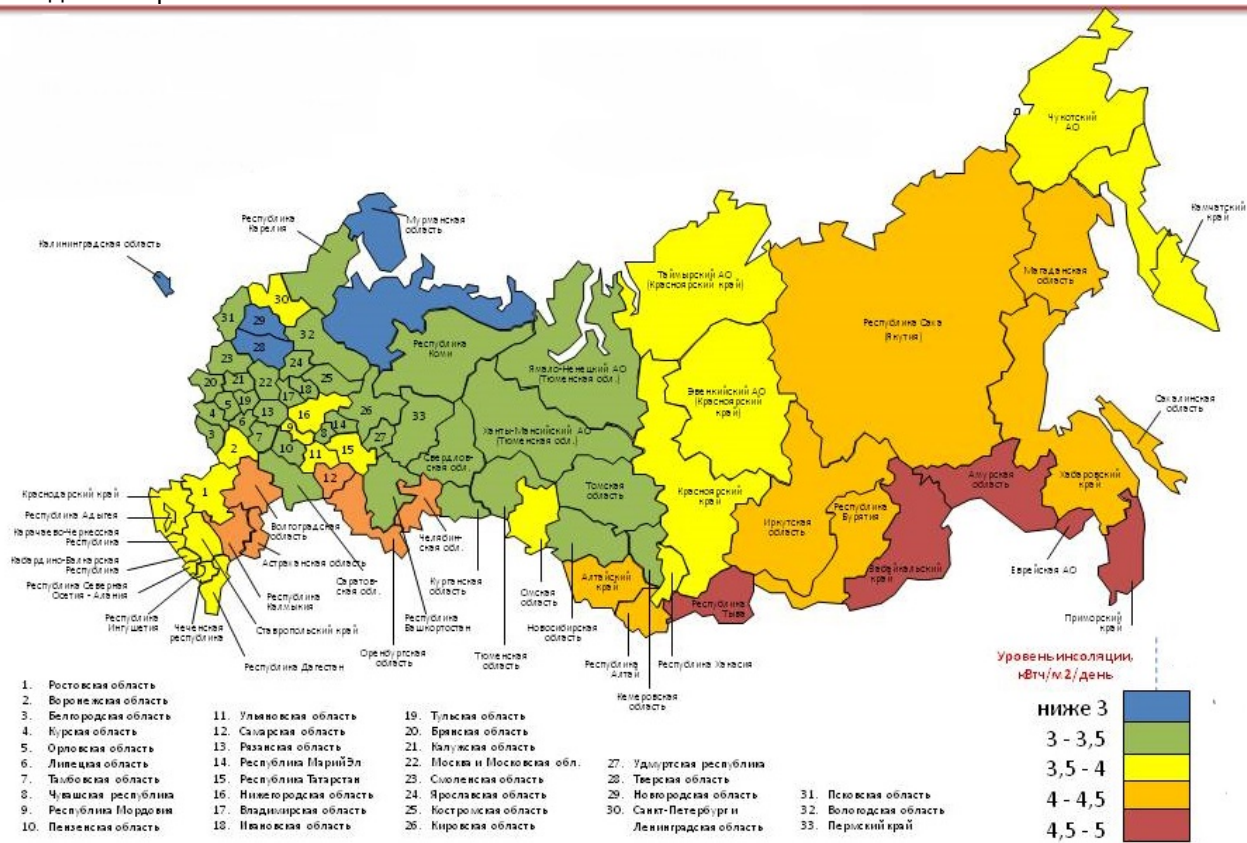


Рис. 3. Среднегодовая инсоляция для регионов России

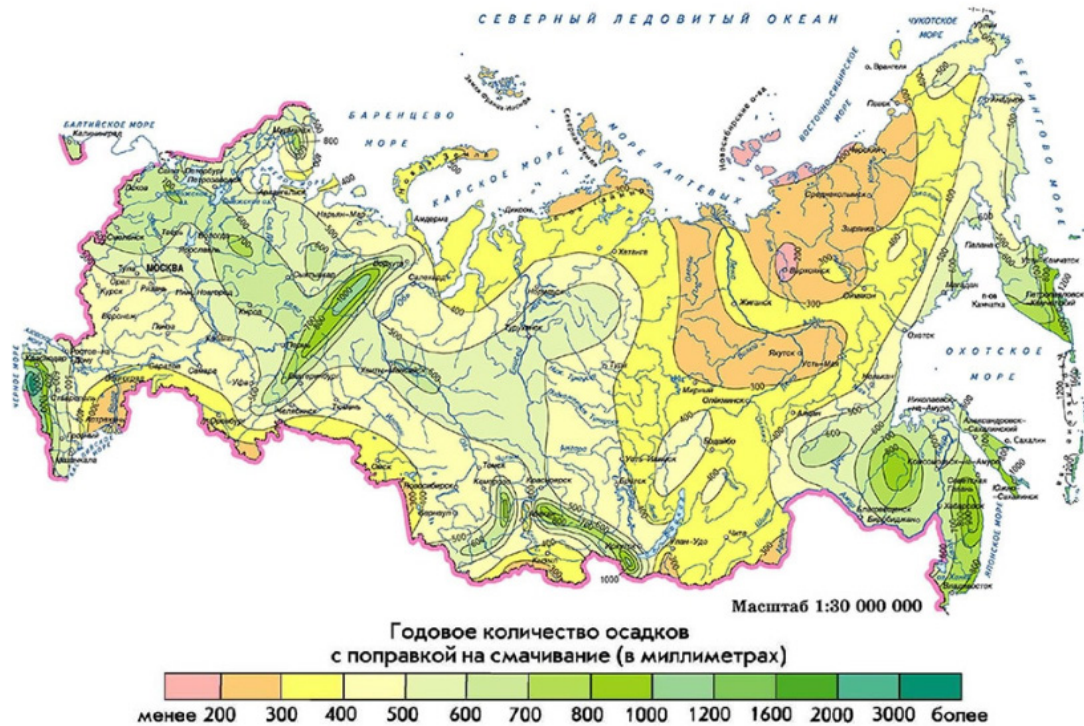


Рис. 4. Среднегодовое количество осадков

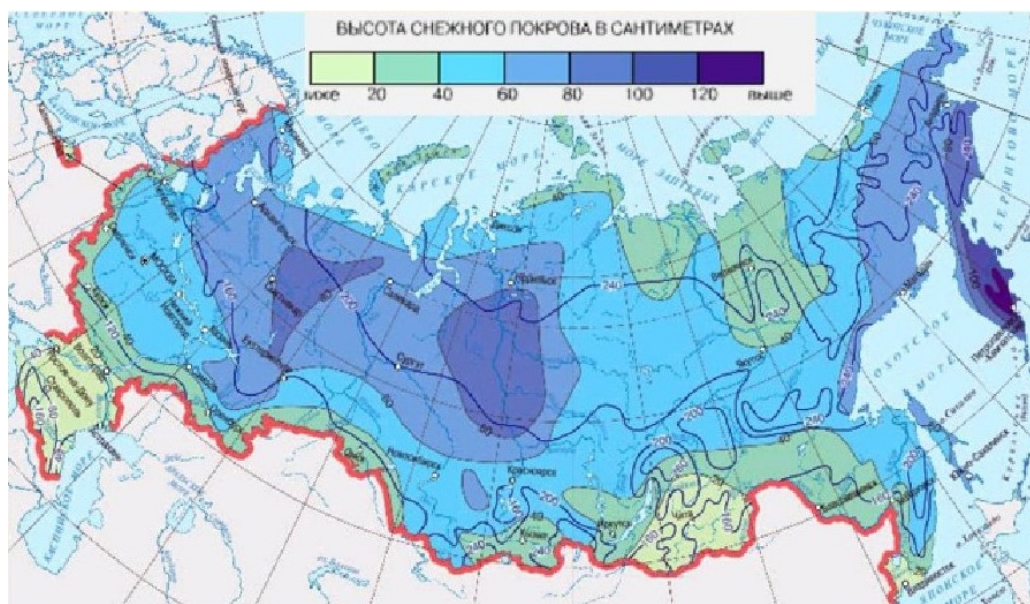


Рис. 5. Высота снежного покрова для территории РФ

Исходя из рис. 2–5 виден ряд территорий, которые оптимально подходят для размещения СЭС. Среди них можно выделить наиболее предпочтительные регионы: Астраханскую, Самарскую область, Республику Крым, Ставропольский край. Сюда входит также город Чита и его окрестности. Другие регионы России слабо пригодны для реализации программ возобновляемой энергетики на основе СЭС ввиду либо низкой эффективности выработки энергии течения всего периода эксплуатации, либо невозможности эксплуатации в отдельные периоды годы, когда станция будет простаивать.

### Гидроэнергетика России. Микро-ГЭС и мини-ГЭС

Гидроэнергетика в России является самым развитым направлением среди всех видов возобновляемой энергетики. На нее приходится 50 ГВт установленной мощности или 20,26 % от общей выработки электроэнергии в стране. Преимущественно такие результаты достигнуты благодаря крупным проектам, реализованным в XX веке, а на долю мини и микро-ГЭС приходится всего 1,22 ГВт выработки или ~0,58 % от общего объема.

Причиной развития направления является низкая зависимость от климатических условий, а также наличие крупных рек на территории страны, но нас больше интересует вопрос микро-ГЭС. Гидроэлектростанции малых размеров чаще всего не имеют специальных сооружений, которые преграждают ток воды, в связи с чем оказывают меньше влияния на окружающую природу.

Второй причиной актуальности микро и мини-ГЭС является географическое и историческое расположение большинства населенных пунктов рядом с реками и ручьями. Эту особенность расположения поселений в XXI веке начали применять для обеспечения домов возобновляемой электроэнергией сооружая проточные ГЭС различной конструкции. На сегодня можно найти более 5 разновидностей микро-ГЭС, где применяется как простейший метод установки гидротурбин на дно русла, так и создания специальных вихревых сооружений.

Сложностью в развитии микро-ГЭС является необходимость большого числа вспомогательных работ для получения относительно малого числа электроэнергии. Так, вне зависимости от выработки, помимо турбины и генератора будет использоваться система управления, балластная нагрузка, блок защитной автоматики и при необходимости аккумуляторный элемент, что помимо проводки до потребителя представляет значительные затраты времени на монтаж и отладку.

Преимущество микро-ГЭС в малых первоначальных вложениях, длительном сроке службы (порядка 25–30 лет), как и в случае с обычными плотинными ГЭС, проточные микро-ГЭС не подвержены непогоде, а температура до -30 °С при условии закрытой конструкции турбины является рабочей. Микро-ГЭС можно установить на территории частного земельного владения при наличии ручья или реки, которая проходит по территории земельного участка. Самые доступные готовые комплекты микро-ГЭС

зачастую имеют установочную мощность от 2,5 до 10 кВт/ч, чего достаточно для повседневного использования одним частным домовладением.

Гидроэнергетика в целом, мини и микро-ГЭС, в частности, являются сегодня наиболее динамично развивающимся направлением.

### **Геотермальное тепло. Отопление и охлаждение. Тепловые насосы**

Отопление домов при помощи энергии земли развито в северных регионах Европы и Северной Америке, но пока слабо освоено в масштабах частного сектора и бизнеса России. На 2024 нет сведений о том, сколько кВт тепловой энергии получается при помощи тепловых насосов геотермального типа, хотя это направление для России является одним из наиболее перспективных [5]–[7].

У геотермальных тепловых насосов существует два конструктивных исполнения прокладки труб для получения тепла земли – горизонтальное и вертикальное (скважное). Сегодня для подавляющего большинства территорий России оптимальным является именно вертикальное или веерное размещение труб, так как занимает мало места и имеет более высокий КПД (коэффициент полезного действия) с метра трубопровода (порядка 60–110 Вт). Говоря о таком типе прокладки труб, нужно понимать, что это самый дорогой вариант исполнения, но при этом надежность и эффективность у него наивысшая. Есть альтернативные методы прокладки, но ввиду всей ранее описанной специфике климата на территории страны, а именно большого числа регионов с морозной и снежной зимой, принимаем за основу вариант, имеющий наиболее стабильные характеристики.

Есть варианты воздушных тепловых насосов, но их мы не рассматриваем по очевидной причине – воздушные системы в условиях сурового климата, где температуры опускаются до -30 °С имеют крайне низкую эффективность, сталкиваются с обледенением внешнего блока и прекращением работы из-за заполнения снегом. Такие системы применимы только для теплых регионов РФ, среди которых Ставрополье, Астраханская и Волгоградская, Ростовская область, республика Крым, Северо-Кавказский федеральный округ. Эти регионы нуждаются в отоплении в зимний период времени, а также охлаждения летом. Для двух этих сценариев использование воздушных тепловых насосов или насосов с горизонтальной прокладкой труб оправдано недорогой ценой первоначального монтажа системы и экономией по отношению к стандартным средствам отопления на основе газа до 50–70 %, а также на охлаждении.

Для понимания эффективности тепловых насосов необходимо привести ряд цифр, которые будут опорными значениями. Так, большинство современных тепловых насосов при температуре теплоносителя внешнего контура 10 и 55 °С теплоносителя для батарей и теплых полов обеспечивают эффективность порядка 4 к 1, или 5 к 1. При потреблении 3 кВт такой тепловой насос может выдать до 15 кВт тепла, что достаточно для обогрева дома порядка 150 квт из усредненного расчета отопления 1 квт тепла на 10м<sup>2</sup>. При охлаждении показатели чуть ниже – около 12 кВт на охлаждение.

Таким образом, тепловые насосы являются крайне эффективным средством для отопления частных домовладений или небольших коммерческих помещений, работают на возобновляемом источнике энергии и безопасны для окружающей среды ввиду отсутствия вредных выбросов и прямого вреда природе.

### **Комбинирование ВИЭ и основной востребованный вид энергетики в РФ**

В холодное время года среднее потребление электроэнергии в России возрастает в среднем на 30 % по отношению к летнему периоду [8], и этот показатель является косвенным маркером среднего потребления энергоресурсов. Потребление газа летом составляет порядка 20 ÷ 50 % от зимнего потребления в зависимости от региона [9]. Это указывает на высокую востребованность тепловой энергии в РФ, что обосновано климатом. Возможно ли заместить часть этой потребности используя полностью возобновляемую энергетику?

В прошлых разделах мы изучали вопросы генерации электрической и тепловой энергии, а в данном разделе будет выдвинуто предложение о комбинированном использовании микро-ГЭС и геотермального теплового насоса с веерным типом погружения труб. Если опираться на статистику по рынку недвижимости [10], то для отопления наиболее популярного у покупателей дома нам будет достаточно 5 кВт выработки с микро-ГЭС и геотермального теплового насоса с потреблением в 3 кВт. При

верной конструкции установки труб в грунт насос будет способен вырабатывать до 12–15 кВт, чего должно быть достаточно, а также останется около 2 кВт на потери, собственные нужды отопительной установки, систему управления, а также работу вспомогательного насосного оборудования. В летнее время эта система сможет достаточно эффективно охлаждать помещение.

Преимуществом описанной комбинации является полное отсутствие выбросов, так как энергия для отопления вырабатывается на источнике возобновляемой энергии, который, как и тепловой насос, не наносит прямого вреда природе, ввиду того что микро-ГЭС такой мощности преимущественно не имеют плотинных сооружений. Потери на передачу электроэнергии на расстояние будут малы. Планируемый срок работы системы, исходя из прогнозов производителей, составляет от 25 до 30 лет, за которые с учетом ежегодного роста цен на энергоресурсы на уровне от 5 до 10 % [11] система окупится.

### Список источников

1. *Бутузов В. А.* Энергетика России на основе ВИЭ // Энергетика хлебных просторов. 2023. № 28. С. 55–68.
2. Обзор противообледенительных систем применительно к лопастям ветроэлектрических установок. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/obzor-protivoobledenitelnyh-sistem-primenitelno-k-lopastyam-vetroelektricheskikh-ustanovok> (дата обращения: 25.12.2023).
3. *Бутузов В. А.* Результаты развития возобновляемой энергетики России и Казахстана в 2022 году // Окружающая среда и энерговедение. 2023. № 1. С. 4–13.
4. Аргументы и Факты. Количество солнечных часов и дней в году по городам России. Инфографика. URL: [https://aif.ru/society/nature/kolichestvo\\_solnechnyh\\_chasov\\_i\\_dney\\_v\\_godu\\_po\\_gorodam\\_rossii\\_infografika](https://aif.ru/society/nature/kolichestvo_solnechnyh_chasov_i_dney_v_godu_po_gorodam_rossii_infografika) (дата обращения: 04.01.2023).
5. *Хакимуллин Б. Р., Багаутдинов И. З.* Перспективы использования тепловых насосов в системе отопления и горячего водоснабжения // Инновационная наука. 2016. № 4. С. 191–192.
6. *Халилуллина А. Р., Загретдинов А. Р.* Возобновляемые источники энергии в виде геотермального теплового насоса // Инновационная наука. 2019. № 2. С. 42–44.
7. *Краснов Д. К.* Особенности применения геотермальных тепловых насосов в индивидуальном жилищном строительстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 12–1 (87). С. 52–55.
8. *Волкова Е. Д., Подковальников С. В., Чудинова Л. Ю.* Системные коэффициенты интеграции энергетических комплексов постсоветского пространства // Проблемы прогнозирования. 2014. № 2. С. 33–43.
9. *Дзюба А. П.* Комплексное управление спросом на энергоресурсы на промышленных предприятиях и в регионе // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2019. № 3. С. 33–45.
10. РБК Недвижимость. Эксперты назвали популярные типы домов у россиян. URL: <https://realty.rbc.ru/news/651c045c9a79476dd82f45b9> (дата обращения: 27.12.2023).
11. *Волконский В. А., Кузовкин А. И.* О регулирование цен на энергоресурсы // Проблемы прогнозирования. 2014. № 2. С. 18–32.

УДК 621.315.1.052.22

**В. О. Иванов**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**С. В. Солёный** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники  
– научный руководитель

### НЕКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП

В настоящее время энергетические предприятия все больше внедряют автоматизированные системы исследования работоспособности изоляторов линий электропередач, так называемый автоматизированный мониторинг изоляторов, а также управление и контроль за системой распределения электроэнергии. Осуществляется вышеназванное для предоставления более качественных услуг потребителям электроэнергии на основании использования искусственного интеллекта. Возрастающий уровень сложности существующих технологий мониторинга и управления влечет за собой необходимость совершенствования автоматизации системы распределения, что также влияет на производительность и стоимость оборудования. Чтобы обеспечить бесперебойную надежную работу системы распределения электроэнергии, необходимо наличие изоляторов, характеристики которых должны соответствовать требованиям к ним в определенных условиях окружающей среды и назначению. Поэтому тему исследования считаю актуальной.

Для бесперебойной работы линий электропередач (ЛЭП) необходим постоянный контроль за состоянием изоляторов. Причинами регулярного мониторинга являются [1]:

- раннее обнаружение дефектов изоляторов линий электропередач сокращает перебои в подаче энергии, тем самым обеспечивая качественное предоставление электроэнергии населению, что делает энергетические компании конкурентоспособными;
- эксплуатационные компании могут заранее планировать предстоящий ремонт и техническое обслуживание, тем самым снижая эксплуатационные расходы;
- обнаружения неработающих изоляторов поможет предотвратить чрезвычайные ситуации на ЛЭП и обеспечить безопасность населения и окружающей среды.

Если распределительное оборудование начинает давать сбои, можно ожидать, что в системе развивается непредсказуемая неисправность, которая может длиться несколько дней или месяцев. Таким образом, для того чтобы иметь надежную систему распределения электроэнергии, крайне важно контролировать распределение, классифицировать и выявлять различные типы отказов до того, как произойдет фактическая поломка оборудования.

Воздушные линии имеют множество элементов, такие как изоляторы, проводники и фитинги, которые можно непрерывно контролировать в режиме онлайн. Таким образом, должен осуществляться постоянный мониторинг системы, чтобы отслеживать ее переход от работоспособного состояния к требующему ремонта.

Точные и надежные методы локализации или обнаружения неисправностей, идентификации и оценки серьезности поломок становятся решающими при проведении работ по техническому обслуживанию в запланированные сроки и с реалистичными затратами. Ручное обнаружение на месте является дорогостоящей, трудоемкой и непрактичной задачей в случае мониторинга линий, растянутых на десятки километров, и в труднопроходимой местности. Автоматическое видеонаблюдение за линиями электропередачи с помощью вертолета трудно выполнимо по следующим причинам [2]:

- стабилизация камеры для компенсации движения вертолета;
- захват и удержание цели в поле зрения камеры;
- остаточное движение линии обзора камеры, приводящее к ухудшению изображения.

Проверка изоляторов в режиме реального времени также сталкивается с рядом проблем: размытие изображения, управление прицелом камеры, быстро меняющийся фон и постепенное проникновение веток деревьев в воздушные линии электропередачи. Изоляторы, используемые в линии электропередачи, представляют собой устройства, которые используются для удержания, поддержки или разделения электрических проводников, а также в сетях распределения электроэнергии высокого напряжения.

Каждая модель изготавливается с различной прочностью на растяжение, плотностью и различными уровнями производительности в типичных условиях эксплуатации. Керамические изоляторы, как правило, используются в линиях передачи и распределения электроэнергии в течение длительного времени. В последнее время полимерные изоляторы получили широкое применение благодаря их отличным изоляционным характеристикам с точки зрения стойкости к загрязнению по сравнению с обычными керамическими изоляторами. По своему назначению изоляторы делятся на опорные, подвесные и проходные. Конструкция и размеры изоляторов определяются прикладываемыми к ним механическими нагрузками, электрическим напряжением установок и условиями их эксплуатации. Изоляторы ЛЭП подвергаются воздействию атмосферных осадков, которые особенно опасны при сильном загрязнении окружающего воздуха. В таких изоляторах для увеличения напряжения перекрытия (электрического разряда по поверхности) наружная поверхность делается сложной формы, которая удлиняет путь перекрытия. Повреждение контактных и дисковых фарфоровых изоляторов в основном происходит из-за коррозии.

При эксплуатации ЛЭП на работоспособность изоляторов влияют различные внешние факторы, приводящие к изменениям свойств изоляторов – механические разрушения из-за трещин и температурных колебаний, эрозия поверхности изоляционных конструкций из-за воздействия частичных разрядов по причине загрязнений, устаревание материала диэлектрика из-за воздействия термических процессов и электрических полей и т. д.

Существуют различные методы контроля работоспособности изоляторов – контактные и бесконтактные, разрушающие и неразрушающие. Бесконтактные методы иначе называются косвенными, позволяющими осуществлять мониторинг изоляции дистанционно без отключений линии. Суть данных методов заключается в регистрации электромагнитного излучения от изоляционных конструкций. Излучение регистрируется в диапазоне от ультрафиолета до радиоволн. К методам неразрушающего контроля следует отнести: акустический, тепловой, оптический методы контроля изоляторов ЛЭП [3].

Акустический заключается в обнаружении звуковых сигналов, созданных каналами высокой проводимости в ультразвуковом диапазоне волн. Преимущества использования данного метода заключаются в оценке работоспособности изоляторов «под напряжением» в любое время суток и на расстоянии. Для этого используются ультразвуковые дефектоскопы. Но у этого метода есть существенные недостатки: низкая чувствительность прибора, пропуск дефектных изоляторов, невысокая помехоустойчивость. Поэтому его использовать как основной способ контроля изоляционных конструкций не рекомендуется.

Работоспособность изоляторов можно определить с помощью инфракрасной термографии. Диагностическим параметром является температурное поле объекта и лучевой теплообмен между самим объектом, окружающей средой и тепловизором. При этом измеряется и оценивается инфракрасное излучение. Определяются очаги нагрева поверхности изоляторов, которых возникают из-за снижения их диэлектрических свойств, полученных вследствие загрязнений, трещин и сколов поверхности. Этот тепловой метод контроля изоляционных конструкций может осуществляться при наличии рабочего напряжения и при благоприятных условиях окружающей среды. Вышеописанный тепловой неразрушающий контроль помогает определить дефекты, касающиеся нарушения электрической прочности изолятора. У данного метода существует значительный недостаток – неоднозначность критериев контроля. Неработающие изоляторы, так называемые нулевые, могут быть и теплее нормальных изоляторов, и холоднее. Если у изолятора очень низкое сопротивление, то тепловая мощность будет тоже низкой, следовательно, он будет «холоднее» соседних изоляторов. И наоборот, при большом сопротивлении изолятора тепловая мощность будет значительной, и он будет «теплее» остальных [3]. Также некачественный мониторинг может быть проведен:

- при влажной погоде, так как увлажнение приводит к росту тока утечки и нагреву изоляции;
- при солнечной радиации, так как происходит нагрев конструкции.

Данный метод называют тепловизионным методом, преимуществом которого является дистанционная регистрация и анализ параметров температурных полей. На рис. 1 представлено изображение дефекта изоляторов (нарушение контакта) ЛЭП с оптической и инфракрасной камер.



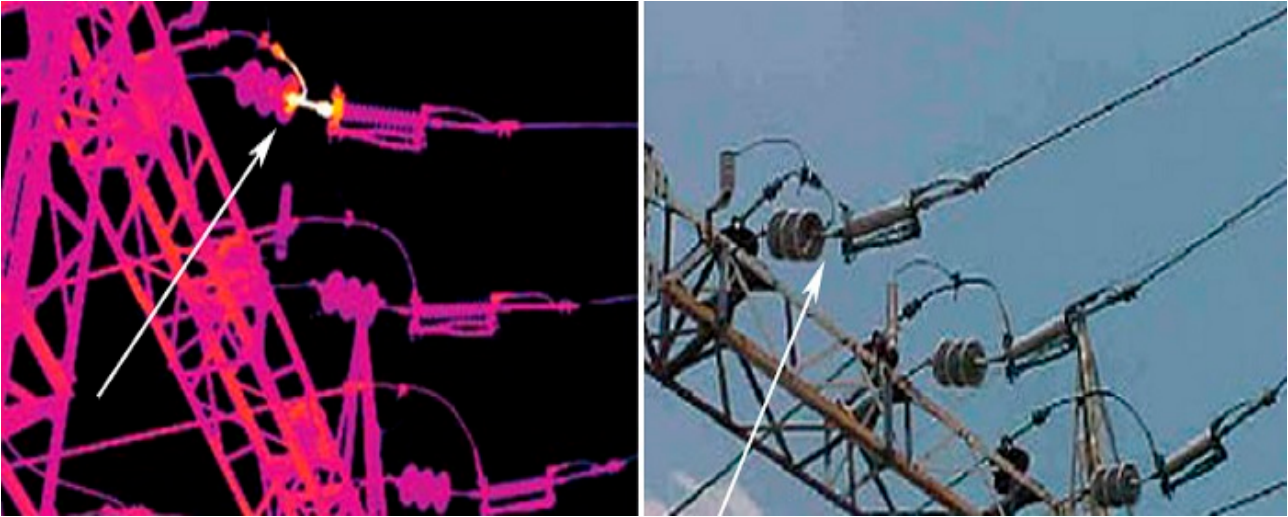


Рис. 1. Изображение дефекта изоляторов с оптической камеры и с инфракрасной камеры

Оптический метод мониторинга состояния изоляторов определяют дефекты на поверхности изолятора, а именно сколы, трещины, загрязнения. Осуществляется на основе анализа параметров собственного оптического излучения изоляционных конструкций. При дефектах изолятора могут появляться коронные и поверхностные частичные разряды, а они сопровождаются ультрафиолетовым излучением. При нормальной работе ЛЭП такие разряды должны отсутствовать, следовательно, их наличие указывает на «пробитость» изолятора [4].

На увеличение интенсивности разрядных процессов оказывают влияние загрязнение поверхности изоляторов, их увлажнение, уменьшение электрической прочности.

Составляющими оптического метода контроля являются визуально-оптический мониторинг, метод рассеянного излучения и рефлектометрический метод.

Для более качественного обследования изоляторов воздушных линий электропередач (ВЛЭП) применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). К примеру подвесная изоляция ВЛЭП может быть обследована с помощью квадрокоптера по поводу потере изоляционной способности с помощью ультрафиолетовой диагностики изоляторов. БПЛА выполняет ультрафиолетовую съемку, так как имеется возможность обеспечения выдержки экспозиции на объекте съемки в пределах 5–10 секунд. Еще один способ бесконтактного дистанционного контроля технического состояния изоляторов ВЛЭП был разработан и запатентован ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им А. Н. Туполева» в 2020 году. Суть способа мониторинга заключается в одновременной узконаправленной регистрации ИК и УКВ-излучений частичных разрядов, акустического излучения частичных разрядов, сигналы которых синхронизируются с фазой высокого напряжения промышленной сети. Регистрация излучений частичных разрядов фазы высокого напряжения промышленной сети, фото- и видеоизображений изолятора осуществляется датчиками регистрации, установленными на БПЛА. Периодические измерения излучений частичных разрядов для однотипных по классу напряжения изоляторов проводятся с одинакового расстояния. Регистрация излучений частичных разрядов проводится на таком расстоянии, что в апертуре датчиков регистрации сигналов частичных разрядов находится преимущественно поверхность исследуемого линейного изолятора. Информация, полученная датчиками регистрации излучений, датчиком фазы, а также информация с датчика расстояния и датчика фото и видеофиксации передается по каналу радиосвязи на наземный мобильный блок управления и обработки данных, располагающийся на безопасном расстоянии от ВЛЭП [5].

В результате исследования приходим к выводу, что использование ультрафиолетовых или инфракрасных методов мониторинга изоляционных конструкций ЛЭП не собирают количественные характеристики для создания базы данных, с помощью которой можно анализировать текущее состояние изоляторов ЛЭП, планировать техническое обслуживание. А основным требованием является наличие рабочего напряжения. Но бесконтактные методы повышают безопасность, сокращают временные затраты по сравнению с контактными, применяются без отключения электросети.

### Список источников

1. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинга воздушных ЛЭП. URL: <https://russiadrone.ru/publications/vozmozhnosti-primeneniya-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-dlya-monitoringa-vozdushnykh-lep/> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Удаленная диагностика состояния изоляторов. URL: <https://www.serviceenergy.ru/solutions/resheniya-dlya-lep/udalyennaya-diagnostika-sostoyaniya-izolyatorov/> (дата обращения: 15.03.2023).
3. *Галиева Т. Г., Иванов Д. А. Садыков М. Ф.* Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 4. С. 165–177.
4. *Ахмедова О. О., Сошинов А. Г.* Анализ системы мониторинга воздушных линии электропередачи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11–4. С. 533–536.
5. Способ и устройство бесконтактного дистанционного контроля технического состояния высоковольтных линейных изоляторов воздушных линий электропередач. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2753811C1/ru> (дата обращения: 15.03.2023).

УДК 621.315.1.052.22

**В. С. Иванов**

учащийся 9-го класса ГБОУ, гимназия № 271 им. П. И. Федулова

**В. О. Иванов** – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

### СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Система технического зрения (СТЗ) – это технология, которая способна самостоятельно изучить конкретный объект или окружающую среду для дальнейшего анализа и обследования. СТЗ способна поставлять до 90 % визуальной информации роботу, к примеру, для его позиционирования в пространстве. С развитием новых технологий в сфере робототехники появляются новые механизмы, требующие участия системы технического зрения (СТЗ). СТЗ позволяет автоматизировать многие процессы, которые ранее требовали участия человека, ускорить производство и повысить точность контроля продукции. Поэтому актуальность исследования не вызывает сомнения.

Целью исследования является анализ применения системы технического зрения в робототехнике и автоматизации линейных производств. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть понятие и области применения СТЗ – исследовать принцип работы СТЗ;
- рассмотреть преимущества и недостатки использования СТЗ.

Система визуального контроля может использоваться для распознавания лиц, автомобильных номерных знаков, дефектов на поверхностях, классификации товаров и многого другого.

СТЗ можно использовать в различных областях, таких как промышленность, медицина, транспорт и безопасность. Например, на промышленных предприятиях ее применяют для автоматизации процессов создания продукции, а также для вычисления дефектов продукции. Особое значение СТЗ имеет в транспортной области, где она служит для работы системы безопасности. Благодаря ей появились машины с автопилотом и приборы, позволяющие определять положение транспортных средств относительно дороги и других участников дорожного движения.

В медицине с помощью системы технического зрения можно осуществлять анализы на гистохимию (гистохимические исследования). Для оценки среза применяются приборы с большой кратностью увеличения (микроскопы). Для анализа полученных изображений, для последующего наблюдения за динамикой используется специализированное программное обеспечение, в том числе системы технического и машинного зрения [1].

В робототехнике СТЗ позволяет роботам анализировать окружающее их пространство и контактировать с различными объектами.

В робототехнике различают следующие направления использования СТЗ [2]:

- навигация (СТЗ помогает роботам определять свое местоположение относительно других объектов). Роботизированная платформа может «обходить» препятствия, что позволяет эффективнее выполнять работу;

- распознавание объектов (СТЗ помогает роботу взаимодействовать с конкретным объектом, определять его положение, геометрические размеры и формы, принадлежность к какому-либо классу). Используется для сортировки предметов, обнаружения у них дефектов и др.;

- управление роботом (на манипуляторе также устанавливается видеокамера для обнаружения захватываемых изделий вблизи рабочего органа манипулятора);

- измерительные (кроме определения геометрических параметров объекта, вычисляют расстояния до объектов, преобразуют координаты, определяют ориентацию).

Для рассмотрения принципа работы системы технического зрения, следует уделить внимание компонентам, из которых состоит СТЗ [3].

- одна или несколько цифровых, или аналоговых камер (черно-белые или цветные) с требуемой оптикой для получения изображений;

- аналог – цифровой преобразователь (если камера аналоговая) или устройство захвата изображения;

- процессор обработки изображения (современный ПК с многоядерным процессором или встроенный процессор);

- специализированное программное обеспечение, которое представляет инструменты для разработки отдельных приложений обработки изображений;
- оборудование ввода/вывода или каналы связи для предоставления информации о полученных результатах;
- объективы для фиксации требуемого изображения на матрице захватывающего устройства;
- специализированные источники света (светодиоды, люминесцентные, галогенные лампы и т. д.);
- датчик для синхронизации частей обнаружения (часто оптический или магнитный датчик) для захвата и обработки изображений;
- специализированные устройства привода, используемые для сортировки или отбрасывания бракованной продукции.

На рис. 1 представлена базовая архитектура системы технического зрения.

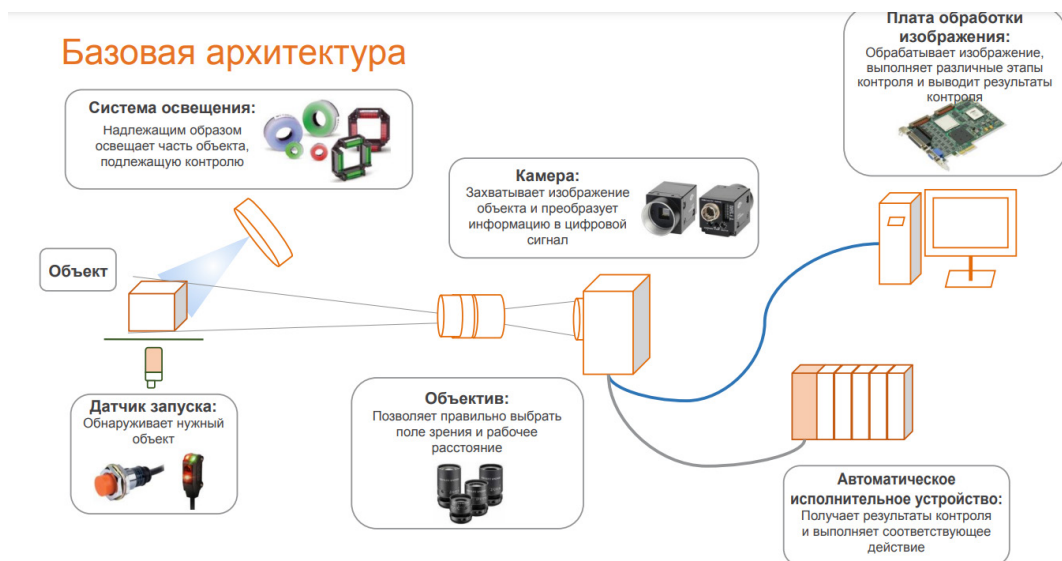


Рис. 1. Базовая архитектура СТЗ [4]

Умная камера – устройство, которое включает в себя все вышеперечисленные компоненты, то есть это устройство, сочетающее в себе устройство захвата изображения и его обработки, включая искусственный интеллект.

Принцип работы СТЗ можно разделить на 3 этапа [5]:

1 этап. Сбор информации – обнаружение, распознавание или идентификация объектов. Осуществляется с помощью различных датчиков, камер фото-видео наблюдения и других технологий, способствующих получить интересующие данные об объекте. На этом этапе система собирает необходимую информацию о предмете исследования, такую как расстояние до объекта определения, его месторасположение и координаты, размер и т. д.

Видеодатчики подключаются к другим частям системы технического зрения при помощи особых кабелей, например, оптоволоконных, через которые информация передается на высокой частоте и с минимальными потерями. Они могут иметь точечные, одномерные или двумерные чувствительные элементы.

2 этап. Обработка информации – предназначена для улучшения качества медиа файлов и обычно включают в себя ряд методов обработки изображений, таких как счетчик пикселей (подсчитывает количество светлых или темных пикселей), бинаризация (преобразует изображение в серых тонах в бинарное (белые и черные пиксели), сегментация (используется для поиска или подсчета деталей), поиск и анализ блобов (проверка изображения на отдельные блобы связанных пикселей (например, черной дыры на сером объекте) в виде опорных точек изображения). Эти блобы часто представляют цели для обработки, захвата или производственного брака. Также к методам обработки следует отнести покомпонентное распознавание и извлечение геон (geons) на входном изображении.

3 этап. Анализ информации – является важной частью функционирования системы, поскольку она позволяет воспринимать и анализировать окружающую среду, а также принимать решения и выполнять задачи. На этом этапе происходят различные процессы, производимые сложными программными обеспечениями, и нейросетями, такие как:

- надежное распознавание по шаблонам: поиск по шаблону объекта, который может быть повернут, частично скрыт другим объектом, или отличаться по размеру;
- чтение штрих-кодов: декодирование 1D- и 2D-кодов, разработанных для считывания или сканирования машинами;
- оптическое распознавание символов: автоматизированное чтение текста, например, серийных номеров;
- измерение размеров объектов в дюймах или миллиметрах;
- обнаружение краев: поиск краев объектов;

Говоря об использовании системы технического зрения в автоматизации и робототехнике, необходимо оценить ее преимущества и недостатки.

К преимуществам относятся [2]:

1. Автоматизация процессов на производстве.

С помощью СТЗ представляется возможность частично или полностью автоматизировать работу на различных предприятиях, что значительно облегчает работу для человека.

2. Возможность работы в различных условиях, трудных для человека. СТЗ способна работать без перерыва значительное время (так как не устает) и при любых условиях.

3. Большая скорость выполнения работы. СТЗ более совершенно и точно выполняет свою работу, чем человек.

4. Минимальная вероятность ошибки в выполнении задачи.

СТЗ способны считывать и запоминать большее количество информации, чем человек, что снижает риск ошибки в выполнении работы.

Среди недостатков следует отметить:

1. Постоянное потребление электроэнергии. СТЗ необходима постоянная подача электричества для продолжения работы.

2. Сложность в обучении и настройке программ. Настройка программ и обучение СТЗ занимает много времени, а для работы человека не требуется особая подготовка.

3. Сложность работы с непостоянными объектами и средами. СТЗ тяжело адаптируется к постоянно изменяющимся объектам, из-за этого появляется риск в совершении брака.

4. Ограниченность работы видеодатчиков. Технологии видеонаблюдения СТЗ не всегда способны считывать необходимое количество информации для решения задачи из-за фиксированного или неудобного крепления.

Таким образом, приходим к выводу, что в настоящее время достаточно широко используется система технического зрения в различных отраслях промышленности, которая может заменить деятельность человека, работая при этом с большей точностью и повышая производительность труда.

### Список источников

1. Использование машинного зрения в медицинских исследованиях и фармацевтике. URL: <https://nordclan.com/blog/mashinnoe-zrenie-v-medicine> (дата обращения: 15.03.2023).

2. Системы технического зрения – как устроены и работают <https://electricalschool.info/automation/2144-sistemy-tehnicheskogo-zreniya-kak-ustroyeny-i-rabotayut>. URL: html (дата обращения: 15.03.2023).

3. Что такое машинное зрение и как оно работает. URL: <https://center2m.ru/vca-how-it-works> (дата обращения: 15.03.2023).

4. Введение в СТЗ. URL: [https://www.mirasu.ru/upload/autonics\\_doc/Autonics\\_sist\\_tech\\_zrn.pdf#:~:tex=Система%20технического%20зрения%20это,для%20сокращения%20отходов%20и%20простоев](https://www.mirasu.ru/upload/autonics_doc/Autonics_sist_tech_zrn.pdf#:~:tex=Система%20технического%20зрения%20это,для%20сокращения%20отходов%20и%20простоев) (дата обращения: 15.03.2023).

5. Техническое зрение. URL: <https://www.mallenom.ru/company/publications/319/> (дата обращения: 15.03.2023).

УДК 004.414

**Д. А. Ильина**

ученица 10-го класса лицея № 144

**Е. П. Петничук** – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

### СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ

В работе рассматриваются сценарии использования базы данных на основе изменения состояний и принцип ее работы. Описаны преимущества и недостатки данного класса баз данных.

База данных (БД) представляет собой структурированную коллекцию данных, организованную таким образом, чтобы обеспечить эффективный доступ к информации [1]. Это программное обеспечение позволяет хранить, обновлять и извлекать данные, используя структурированный подход. БД создаются для разных целей и используются в различных сферах, включая бизнес, науку, медицину, правительственные организации и многое другое. Они играют важную роль в обработке информации и управлении данными, помогая хранить и отслеживать большие объемы данных, такие как записи о пациентах, данные о продажах, финансовые данные и многое другое.

БД на основе изменений состояний (БДОИС), в отличие от традиционных БД, хранят не только данные, но и различные переходы, которые данные проходят с течением времени [2]. Переходы между состояниями – это события, которые фиксируют не только то, что изменилось, но и почему это изменилось, в том порядке, в котором эти изменения произошли. Это создает постоянный, неизменяемый журнал всех переходов, через которые прошли данные. Данные нельзя перезаписать, поэтому ни одно изменение не исчезнет бесследно. Каждое событие перехода состояния сохраняется в потоке, который можно прочитать или запросить по мере необходимости. Можно двигаться вверх и вниз по течению событий, получая новое понимание и возможность принимать более обоснованные решения на основе полученной информации (рис. 1, 2).

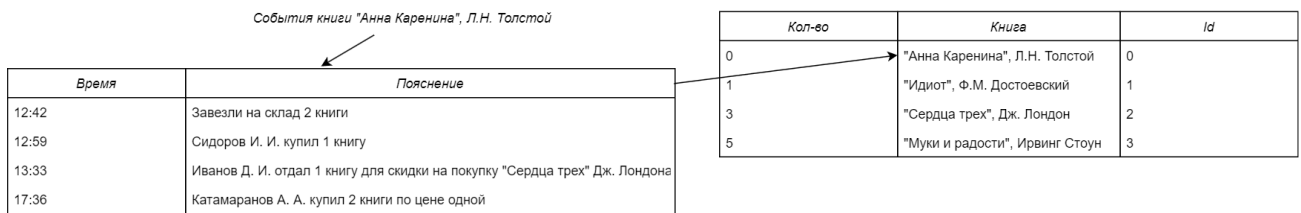


Рис. 1. Структура БДОИС в табличном виде

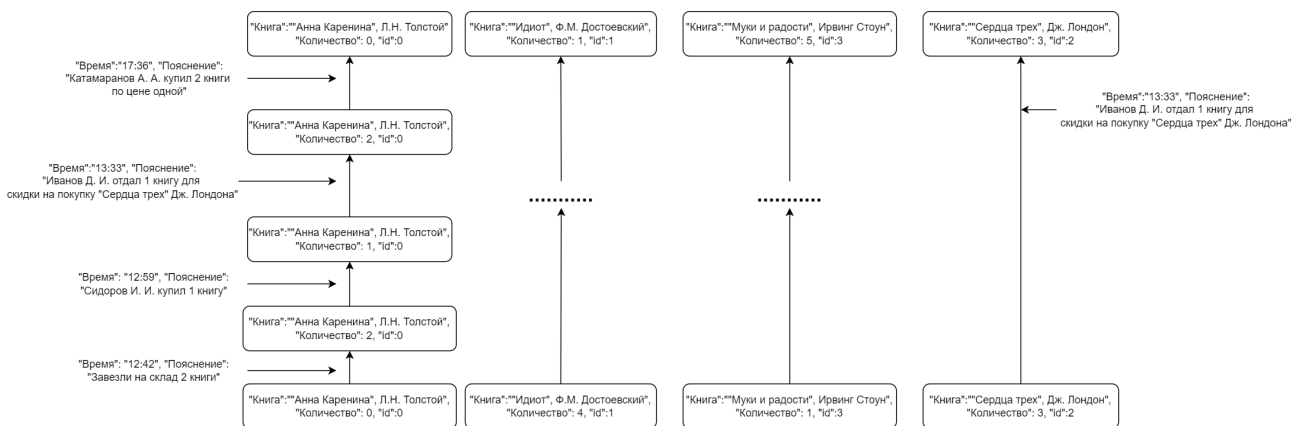


Рис. 2. Структура БДОИС в виде ветвей

Система управления базами данных на основе изменений состояний (СУБДОИС) является неотъемлемой частью систем аудита, где каждое событие и сообщение, сгенерированное программой или системой в процессе их функционирования, остается документированным в хронологическом по-

рядке. Эта методика обеспечивает не только надежное хранение данных, но и возможность запроса резервных копий по необходимости, что придает системе дополнительную гибкость и безопасность.

В отличие от традиционных баз данных, которые централизуют данные и используются лишь по необходимости, базы данных на основе изменений состояний (БДОИС) могут представлять собой более эффективное решение. Они обеспечивают быструю адаптацию к появляющейся информации и легкое обновление своего состояния. Путем подписки на поток событий другие сервисы могут оперативно получать обновления о новых событиях и моментально на них реагировать. Этот подход значительно упрощает моделирование и создание сложных бизнес-процессов, обеспечивая более гибкую и отзывчивую систему.

Кроме того, система управления базами данных на основе изменений состояний (СУБДОИС) обеспечивает постепенный переход от устаревших систем к современным распределенным архитектурам. Путем замещения отдельных функциональных возможностей старой системы сервисами, основанными на изменениях состояний, можно сохранять уже существующие запросы к старой архитектуре. Это достигается за счет особенности БДОИС – наличия данных в любом из прошлых состояний системы. Такой подход обеспечивает плавный переход к современным технологиям без риска потери функциональности или ценных данных из прошлого.

Помимо этого, зависимые системы также могут «догонять пропущенное» в случае восстановления работы исходного сервиса после сбоя. После восстановления каждого сервиса возможна синхронизация, поскольку изменения в потоке событий хранятся в определенном порядке [3].

В системе управления базами данных на основе изменений состояний (СУБДОИС) данные перемещаются в едином направлении благодаря отдельным моделям чтения и обновления. Каждая компонента потока данных несет на себе единственную ответственность, что значительно облегчает анализ информации и решение проблем. Это свойство особенно ценно в высоконагруженных веб-приложениях, где параллелизация процессов играет ключевую роль в обеспечении высокой скорости работы сервиса.

Базы данных на основе изменений состояний (БДОИС) обладают рядом преимуществ, включая возможность отслеживания всех изменений в данных в хронологическом порядке, что обеспечивает полную историю и надежность данных. Они также позволяют эффективно управлять большими объемами информации и обеспечивают гибкость в анализе и моделировании бизнес-процессов. Однако использование таких баз данных может быть связано с увеличенным объемом хранения данных из-за необходимости сохранения всех состояний данных, а также с повышенным уровнем сложности в реализации и обслуживании таких систем, что может потребовать дополнительных ресурсов и экспертизы.

Существуют разнообразные сценарии использования базы данных, например, отслеживание изменений заказов, обработка транзакций, восстановление данных после сбоев, миграция на более новые технологии, аналитика изменений и др. Но при использовании важно включать обработку хронологических событий, использование периодических снимков для оптимизации процессов восстановления и поддержания актуальности данных, детальную разработку архитектуры для защиты от лишних изменений и обеспечения понимания структуры событий при масштабировании в будущем.

В заключение следует отметить, что базы данных на основе изменений состояний (БДОИС) представляют собой новый подход к управлению данными, обладающий значительным потенциалом в различных областях применения, включая финансовый аудит, медицинскую сферу, управление цепочкой поставок и другие. Этот метод обеспечивает полноту и надежность данных за счет сохранения истории изменений, а также обеспечивает гибкость и эффективность в анализе информации. Однако для успешной реализации и использования БДОИС необходимо учитывать, как их преимущества, так и ограничения, связанные с увеличенным объемом хранения данных и сложностью реализации. В целом, развитие и применение баз данных на основе изменений состояний открывает новые перспективы в области управления данными и решения сложных задач в современном информационном мире.

#### Список источников

1. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е изд. / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2005. С. 915–925.

## МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

---

2. База данных на основе изменения состояний // EventStoreDB. URL:  
<https://www.eventstore.com/> (дата обращения: 20.03.2024).

3. Сможет ли Event Sourcing перерасти базы данных? URL:  
<https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/718768/> (дата обращения: 20.03.2024).



УДК 621.039.526

**Е. В. Ильин**

ученик 9-го класса ГБОУ № 693

**И. У. Аветисян** – студентка магистратуры кафедры управления в технических системах – научный руководитель**Р. А. Литвинов** – студент магистратуры кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

## РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Сегодня сложно представить жизнь без электричества, оно обеспечивает нас светом, водой, пищей, теплом. Для этого нужно значительное количество энергии, которым нас снабжают: гидроэлектростанции, теплоэлектростанции, атомные электростанции. Большую часть из них у нас в России занимают ТЭС, которые используют в виде топлива уголь, природный газ и другие горючие ископаемые. В результате выработки энергии которыми, в атмосферу попадает избыточное количество загрязняющих веществ, что негативно влияет на экологическую ситуацию среды обитания. У атомных электростанций, которые производят огромные объемы электроэнергии, одна из основных проблем работы: накопление и утилизация радиоактивных отходов, так как в качестве топлива ими используется обогащенный уран-235.

Началом для зарождения ядерной энергетики стали открытия ученых в области радиоактивности. Их исследования привели к открытию электрически нейтральных частиц. В 1939 году удалось дать верную интерпретацию опытов облучения урана и истолковать их как результат деления ядра урана на два и более осколков. Это привело к открытию деления ядер урана с испусканием нескольких нейтронов и с выделением огромной энергии, что дало возможность возникновению самоподдерживающейся цепной реакции.

В декабре 1942 года в США была впервые осуществлена управляемая цепная реакция деления на природном уране. Первоначальные исследования в отечественной ядерной отрасли были начаты в годы Великой Отечественной войны и дали старт развитию атомной энергетики в нашей стране. В СССР первый энергоблок с реактором на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем был запущен в 1973 году, его электрическая мощность составила 350 МВт. Опыт эксплуатации позволил решить многие проблемы атомных электростанций, накопить опыт создания, обслуживания, наладки оборудования.

Реактор на быстрых нейтронах – это «быстрый» ядерный реактор, который имеет возможность поддерживать ядерную реакцию внешних нейтронов с энергией  $>105$  эВ в активной зоне. В реакторах типа БН замедления не происходит, поэтому увеличивается поток нейтронов и количество ядер урана, а вместе с ними и вероятность поглощения ураном быстрых нейтронов.

БН-реакторы перспективны с точки зрения энергетических параметров, переработки отходов ядерного топлива и имеют очень незначительное влияние на окружающую среду. Соблюдение всех норм строительства и правил эксплуатации, ввиду применения новых разработок и уже проверенных временем технологических решений на объекте значительно повышает уровень безопасности атомной электростанции и минимизирует негативное влияние на экологию.

Запасы урана-235, использующегося в качестве топлива на атомных электростанциях, сильно ограничены и составляют около 1 % от общего природного запаса, что привело к необходимости поиска новых способов производства электроэнергии.

Особенность реакторов на быстрых нейтронах нового поколения заключается в том, что они дают возможность использовать в замкнутом топливном цикле продукты образующиеся в результате деления в активной зоне. Концепция замкнутого ядерного цикла заключается в конверсии отработанного топлива – МОКС-топлива (MOX топливо, или Mixed – Oxide fuel). Оно представляет из себя смесь оксидов плутония, выделенного из отработавшего топлива, и оксидов обедненного урана, которые образуются как побочный продукт при производстве топлива на этапе обогащения урана.

На данное время действует два промышленных реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем – БН-600 и БН-800. Заявленная электрическая и тепловая мощность реактора БН-600

составляет 600 МВт и 1470 МВт соответственно. БН-800 же более мощный реактор, его электрическая и тепловая мощность – 885 МВт и 2100 МВт соответственно. Реактор БН-600 работает на двух видах топлива: на уране-235 и МОКС-топливе, в свою очередь реактор БН-800 в 2022 году полностью перешел на МОКС-топливо.

Энергоблок с реактором БН-800 на Белоярской АЭС представляет собой уникальный технологический комплекс, ставший первым в мире, который успешно функционирует на смешанном оксидном топливе. Он производит не только тепловую энергию, которая затем преобразуется в электрическую энергию, но и вторичное ядерное топливо, что позволяет значительно увеличить ресурс атомной энергетики.

Реактор БН-800 (рис. 1) имеет интегральную сборку оборудования первого контура, в корпусе которого размещены: активная зона, включающая в себя 644 ТВС, и боковая зона воспроизводства с системой организации теплосъема, где расположены еще 617 сборок. Также в состав реактора входят органы контроля и управления реактивностью, промежуточный теплообменник, главный циркуляционный насос, защитный колпак, поворотные пробки, внутриреакторные конструкции, механизм перегрузки, элеваторы загрузки и выгрузки, внутренние устройства для временного хранения используемого топлива, подвески ионизационных камер.

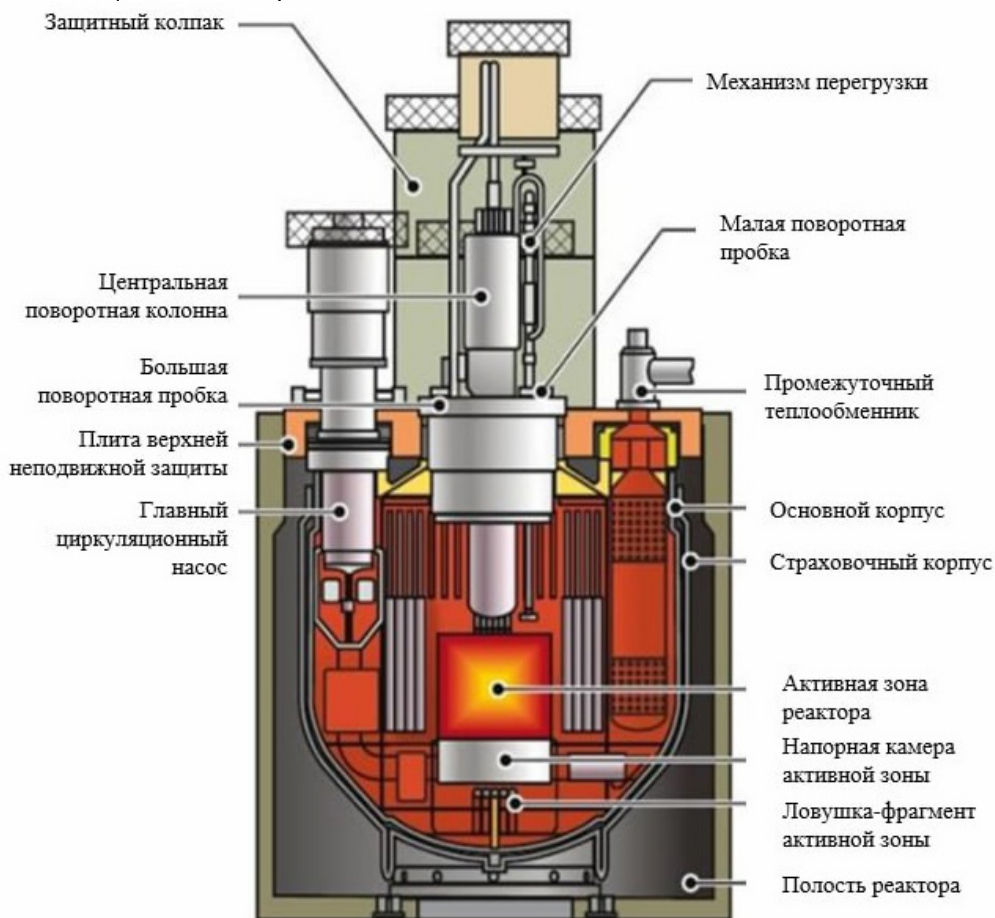


Рис. 1. Реакторная установка БН-800

Топливо в БН-800 в специальных сборках через проходки загружают в активную зону. Для начала ядерной реакции необходимо набрать критическую массу урана, при которой нейтроны начинают бомбардировать ядра, в результате чего уран делится. Для того чтобы контролировать реакцию, в топливную сборку поступают стержни из карбида бора, они поглощают нейтроны, а значит топливо остается неактивным. Как только стержни поднимают, нейтроны выстреливают по ядрам урана, и реактор начинает работать. Нейтрон попадает в ядро урана-235 и вызывает его деление, и испускание вторичных нейтронов, которые могут покинуть активную зону (происходит утечка нейтронов). Одна часть нейтронов снова взаимодействуют с ураном-235, а другая часть нейтронов взаимодействуют с ураном-

238. Уран-238 может захватить нейтрон, и через ряд преобразований получается плутоний-239, который является топливом. При осуществлении цепной реакции деления температура топлива составляет более 1500 °С.

В целях предотвращения аварий в реакторе установлено три плавающих стержня пассивно-аварийной защиты в активной зоне за счет теплоносителя. Если расход прекратился, то стержни утонут в зоне и реактор будет заглушен.

В 2027 году на Белоярской атомной электростанции запланировано строительство энергоблока реактора на быстрых нейтронах БН-1200М. Его заявленная электрическая мощность составит 1200 МВт. Этот энергоблок получит самые передовые разработки, апробированные на БН-600 и БН-800, что позволит реализовать в полном объеме экологические и экономические преимущества реакторов данного вида.

В начале 2024 года начался монтаж реактора малой мощности (300 МВт) со свинцово-висмутовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300. Его концепция – инновационный реактор с принципом естественной безопасности, способный функционировать в замкнутом цикле при равновесном режиме работы топлива. Принципиальной особенностью данного реактора является возможность самозаглушения при отклонении любых параметров.

Ввиду роста энергопотребления, реакторы на быстрых нейтронах обладают неоспоримыми преимуществами и имеют высокий потенциал для развития этих технологий. Ядерная энергетика будущего должна развиваться на быстрых нейтронах, в силу того, что такие реакторы имеют фундаментальное отличие: значительно увеличивают топливную базу без новой добычи ископаемых, а также сжигают долгоживущие продукты деления, которые образуются в результате ядерных реакций в активной зоне. Современные реакторы на быстрых нейтронах полностью исключают возможность повторения техногенных катастроф, имея новые энергоустановки, существенно повышающие их безопасность. В настоящее время Россия является лидером по внедрению и использованию реакторов на быстрых нейтронах в своей структуре атомной энергетики.

#### Список источников

1. Гусев С. С. Перспективы развития и применения реакторов на быстрых нейтронах // Главный энергетик. 2024. № 3.
2. Волков И. И. Реакторы на быстрых нейтронах: Ядерная физика в Интернете. URL: [http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/nphm/05\\_ft.htm](http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/nphm/05_ft.htm) (дата обращения: 11.03.2024).
3. Першуков В. А., Тихомиров Г. В. Замкнутый ядерный топливный цикл // Энергетический вестник. 2023. № 28.
4. Яковлев Р. М., Обухова И. А. Перспективы атомной энергетики в обеспечении энергетической и экологической безопасности России // Биосфера. 2021. № 3.
5. Реакторы на быстрых нейтронах. URL: <https://www.ippe.ru/nuclear-power/fast-neutron-reactors> (дата обращения: 15.03.2024).
6. Быстрый энергетический реактор БН-800. URL: <https://www.ippe.ru/realized-projects/fast-neutrons-reactors/270-bn800> (дата обращения: 15.03.2024).

УДК 697.9

**А. А. Кабаченко**

ученик 10-го класса ГБОУ СОШ № 598

**М. С. Курбонова, А. В. Родионов** – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕХОДА РФ С СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ДРУГИЕ ВИДЫ ОТОПЛЕНИЯ

### Введение

Система централизованного теплоснабжения играет важную роль в обеспечении населения теплом в Российской Федерации, однако высокие цены на энергоносители, техническое устаревание сетей и экологические проблемы вызывают сомнения в ее эффективности и устойчивости. В связи с этим возникает необходимость исследования альтернативных методов отопления, которые были бы экономически выгодными, экологически безопасными и надежными.

Важность изучения альтернативных вариантов отопления обосновывается потребностью обеспечения населения теплом с учетом современных стандартов по энергоэффективности и экологической безопасности. Переход на альтернативные виды отопления может привести к улучшению энергосбережения, повышению качества жизни и сокращению выбросов парниковых газов.

Цель данной статьи заключается в анализе возможности перехода России с системы централизованного теплоснабжения на альтернативные методы отопления с учетом экономических, экологических и социальных аспектов. Для достижения этой цели будут решены следующие задачи: изучение существующих систем централизованного теплоснабжения; анализ преимуществ и недостатков альтернативных методов отопления, определение возможных путей и механизмов перехода на новые системы; оценка потенциала внедрения альтернативных источников отопления в современные жилые и промышленные комплексы.

### Современные системы отопления в жилых помещениях

Обеспечение комфортных условий проживания в квартирах существенно зависит от эффективной системы отопления. Традиционный подход предполагал использование централизованных систем отопления в многоквартирных домах. Однако в настоящее время доступны альтернативные варианты, предоставляющие владельцам квартир возможность выбора и управления отопительными системами, учитывая их индивидуальные потребности и особенности.

#### *Централизованная система отопления*

Централизованная система отопления представляет собой традиционный подход, при котором теплоснабжение обеспечивается из единого центра. Источником тепла может выступать котельная или теплоэлектростанция (ТЭЦ), генерирующая как тепловую, так и электрическую энергию (рис. 1). Тепловырабатывающее оборудование, устанавливаемое в котельной, функционирует на различных видах топлива, таких как природный газ, мазут или твердое топливо (уголь, торф, пеллеты) [1].

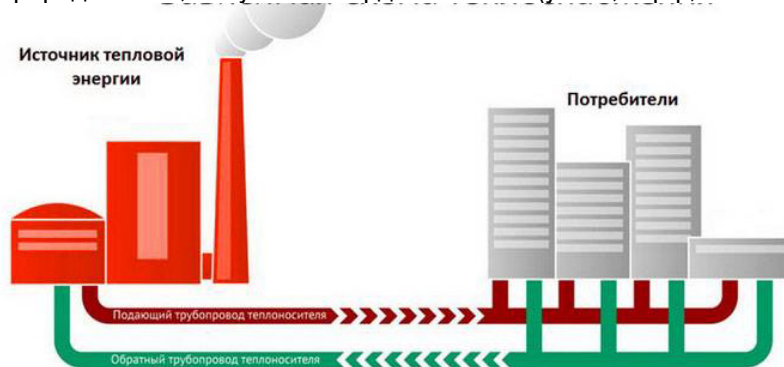


Рис. 1. Схема теплоснабжения

Российская система централизованного теплоснабжения является крупнейшей в мире, но сталкивается с рядом проблем, включая техническое устаревание и экологические аспекты. В связи с этим возникает потребность в исследовании и внедрении альтернативных методов отопления.

На данный момент в систему теплоснабжения России входит 50 тыс. локальных систем теплоснабжения и 17 тыс. обслуживающих предприятий. Выработкой тепловой энергии занимаются 526 ТЭЦ. На территории Российской Федерации централизованным теплоснабжением для нужд отопления обеспечено до 81 %. На производство тепловой энергии для систем теплоснабжения расходуется до 255 млн т у. т (т у. т. = 7 Гкал), что составляет порядка 33 % потребления первичной энергии в России [2].

При использовании централизованного теплоснабжения потребитель имеет следующие преимущества:

- отсутствие необходимости вложений в дорогостоящее оборудование для альтернативного теплоснабжения;
- минимизация риска возникновения аварийных ситуаций в собственном жилье;
- экономия на расходах, связанных с устранением неисправностей системы отопления;
- упрощенное обслуживание системы для конечных пользователей, поскольку теплоноситель нагревается вне квартиры.

Однако централизованные системы отопления также имеют свои недостатки:

- высокий физический износ и старение оборудования котельных и ТЭЦ;
- избыток тепловых мощностей источников теплоснабжения;
- низкий коэффициент полезного действия (КПД) котельных агрегатов, что приводит к увеличению расходов на топливо для производства тепловой энергии;
- недостаточная квалификация и нехватка персонала для обслуживания тепловых сетей;
- регулирование отопления осуществляется централизованно, что исключает возможность индивидуального управления температурой;
- отсутствие экономии тепловых ресурсов из-за невозможности индивидуального регулирования температуры;
- ограничения в подключении дополнительных отопительных приборов (например, теплых полов) из-за изменения гидравлического сопротивления в системе.

Наиболее серьезной проблемой является физический износ систем теплоснабжения. В настоящее время более 60 % котельного и турбинного оборудования ТЭЦ и около 68 % оборудования котельных уже изношены. Это связано с длительным сроком эксплуатации, так как большая часть системы теплоснабжения была построена до 2010 года или даже раньше [3].

Данный анализ показывает, что централизованная система отопления представляет собой надежное и широко распространенное решение для теплоснабжения многоквартирных жилых домов, однако ее ограниченные возможности для индивидуального управления температурой и высокая зависимость от централизованного управления могут быть недостатками для отдельных потребителей.

#### *Альтернативные системы теплоснабжения*

Для России имеется несколько вариантов альтернативных систем отопления, отличающихся по числу пользователей, перешедших на альтернативное отопление.

Автономное или домовое отопление: этот вариант предполагает создание системы с собственным источником тепла, такой как автономная котельная (рис. 2), которая используется при строительстве жилого здания.

В автономной котельной тепло вырабатывается в котле и распределяется по квартирам через систему труб с теплоносителем (обычно водой). Теплоноситель циркулирует через радиаторы, отдавая тепло, и возвращается в котел для повторного нагрева. Такая система обеспечивает теплоснабжение одного или нескольких соседних зданий [4].

Автономная котельная, расположенная в непосредственной близости с потребителем, обеспечивает ряд преимуществ перед централизованной системой теплоснабжения:

- гибкость в регулировании продолжительности отопительного сезона;
- близость источника тепла гарантирует стабильную подачу тепла;

- минимизация тепловых потерь за счет короткой транспортировки теплоносителя;
- свобода выбора отопительного оборудования, включая возможность установки теплых полов, внутрипольных конвекторов и т. д.

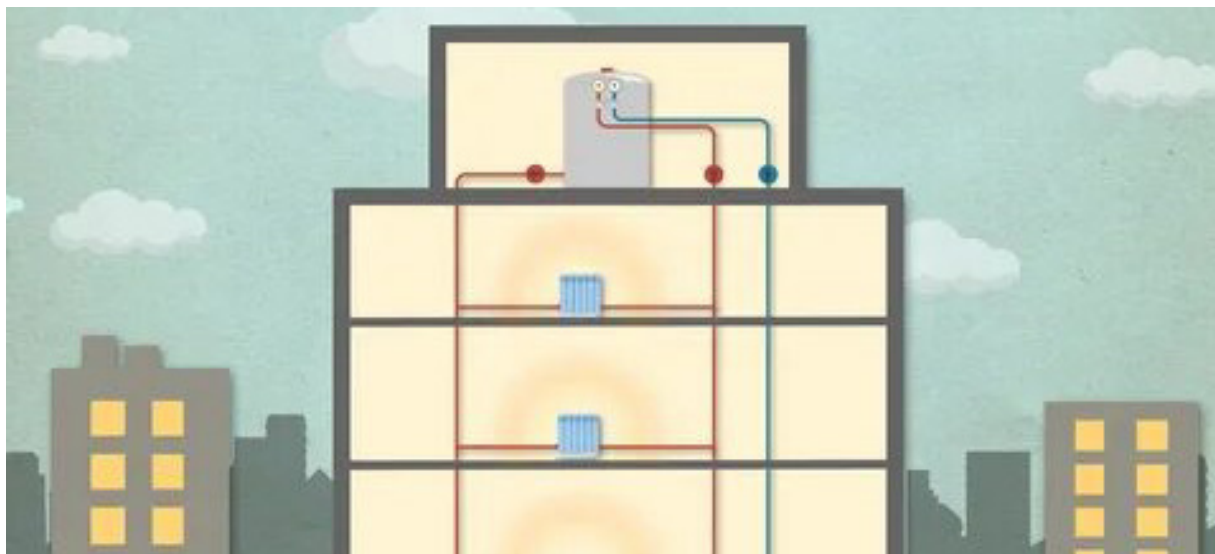


Рис. 2. Газовая крышная котельная в многоквартирном доме

Можно выделить следующие недостатки автономной системы отопления, которые преимущественно связаны с дополнительными финансовыми расходами:

- дополнительные затраты на обслуживание и ремонт котельной для всех жильцов дома;
- квартиры в домах с автономным отоплением обычно дороже аналогичных в домах с централизованным теплоснабжением;
- необходимость проведения профилактики общей котельной;
- крышные котельные могут создавать дополнительный шум и вибрацию в прилегающих помещениях.

Индивидуальное (поквартирное) отопление – это вариант теплоснабжения, при котором источник тепла устанавливается непосредственно в квартире. В качестве теплогенераторов используются газовые или электрические котлы (рис. 3, 4).

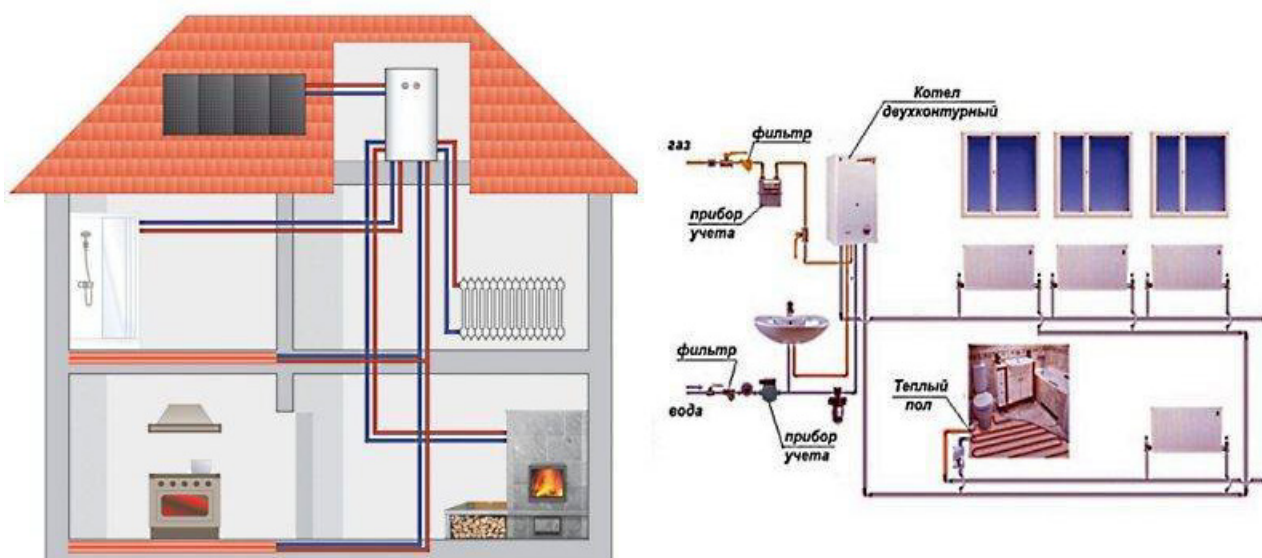


Рис. 3. Индивидуальное отопление частного дома и квартиры



Рис. 4. Установка котельного оборудования в жилом помещении

Индивидуальная система отопления функционирует следующим образом: термостат фиксирует снижение температуры воздуха или теплоносителя и запускает отопительный режим. Котел нагревает воду с помощью газовой горелки или электрического тэна. Нагретый теплоноситель поступает в систему труб и радиаторов, где происходит теплоотдача в помещениях. По достижении заданной температуры котел отключается.

К преимуществам индивидуального отопления относятся:

- контроль над температурой в квартире;
- возможность самостоятельно выбирать продолжительность отопительного сезона;
- экономия тепловых ресурсов при соблюдении правил эксплуатации и своевременном техническом обслуживании;
- гарантированное постоянное наличие тепла и горячей воды (в случае использования двухконтурного котла).

Однако этот вариант также сопровождаются серьезные недостатки, которые отпугивают большинство потенциальных потребителей:

- потребность в дополнительных затратах на оборудование и его обслуживание;
- дополнительные требования по безопасности для систем, основанных на газовых котлах;
- существенные ограничения или запрет, связанные с правовым регулированием, в области перехода на индивидуальные системы теплоснабжения;
- возможные теплопотери в подъездах и подвальных помещениях, не оснащенных собственной системой отопления;
- полная ответственность за аварийные ситуации ложится на владельца квартиры.

По сравнению с газовым у электрического теплогенератора имеются свои неоспоримые преимущества: он не взрывоопасен, не выделяет продуктов сгорания, способен гибко регулировать температуру. В то же время, он имеет свои ограничения, связанные с высокой стоимостью электроэнергии и ограничением по мощности потребления электроэнергии в многоквартирных домах [5].

#### **Правовые аспекты перехода РФ с системы центрального теплоснабжения на индивидуальные системы отопления**

В настоящее время в России действует ст. 14 п. 15 Федерального закона «О теплоснабжении» № 190-ФЗ от 27.07.2010, которая запрещает переход на отопление жилых помещений в многоквартирных домах с использованием индивидуальных квартирных источников тепловой энергии, если дом уже подключен к единой системе теплоснабжения. Этот закон существенно ограничивает или даже полностью запрещает возможность перехода на индивидуальную систему теплоснабжения [6].

Однако ситуация с автономным теплоснабжением предоставляет некоторую свободу, согласно Минстрою России (письмо Минстроя России от 07.09.2016 № 29077-АТ/04). Отказ от централизованного теплоснабжения и переход на автономное теплоснабжение возможен только для многоквартирного дома в целом, при выполнении ряда условий:

- получение согласия от всех жильцов многоквартирного дома.
- разработка плана переоборудования инженерных систем дома.
- получение разрешения в органе местного самоуправления.
- внесение изменений в паспорт дома и представление проекта теплоснабжения для многоквартирного дома [7].

После завершения этой процедуры жильцов ожидают еще несколько обязательных действий:

Покупка оборудования и материалов для переоборудования системы теплоснабжения своего дома, что требует значительных финансовых затрат.

1. Создание группы лиц, ответственных за контроль состояния котла, проведение отопительного сезона, организацию поставок топлива для котла и прочее. Однако не каждый будет готов принять на себя такую ответственность, учитывая необходимость иметь специализированные знания в этой области.
2. Регулярные взносы от всех жильцов дома на обслуживание и обеспечение топливом котельной.

### **Системы отопления в различных странах мира**

Централизованное отопление не является распространенным явлением во многих странах, что делает Россию уникальной в этом отношении. Большинство европейских стран, таких как Англия, Франция, Финляндия и другие, изначально предпочли автономные системы теплоснабжения, экономя на создании единой инфраструктуры и ее обслуживании. Законодательно застройщикам возлагалась обязанность обеспечить необходимым для автономного теплоснабжения построенные ими дома. Это могло увеличить стоимость жилья, но в итоге помогало жильцам сэкономить на отоплении, так как они не облагались налогами на обслуживание единой системы теплоснабжения, как это происходит в России [8].

### **Возможные меры для облегчения перехода с центрального теплоснабжения на альтернативные виды отопления**

Учитывая наличие в России уже сформированной системы централизованного теплоснабжения, к которой подключена значительная часть жилых домов, можно стимулировать их жителей к переходу на автономное теплоснабжение путем предоставления льгот для домов, которые отключаются от единой системы. Также можно создать комитет, который будет оказывать помощь в процессе перехода, включая помощь с оформлением документов, закупкой оборудования и его установкой. Эти меры могут помочь разгрузить централизованную систему теплоснабжения, отключив от нее часть многоквартирных домов и тем самым сэкономить средства на ее обслуживании.

### **Заключение**

Анализ правовых и технических аспектов перехода Российской Федерации с системы центрального теплоснабжения на индивидуальные системы отопления позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективным вариантом для нашей страны является переход на автономные системы теплоснабжения. Он соответствует действующей законодательной базе и наиболее выгоден с точки зрения процесса перехода.

Вполне вероятно, что проведение точных экономических расчетов покажет, что данный переход может быть выгоден для конечных потребителей, поскольку это даст возможность им экономить на оплате отопления и самостоятельно выбирать наиболее комфортные параметры теплоснабжения. Для государства в свою очередь переход на автономные системы отопления будет также выгоден, так как оно освободится от необходимости содержать и ремонтировать единую систему централизованного теплоснабжения, которая с каждым годом изнашивается все сильнее.



**Список источников**

1. Михайлов С. С. Центральное отопление и его альтернативы в многоквартирном доме // Инженерные коммуникации. URL: <https://m-strana.ru/articles/tsentralnoe-otoplenie/> (дата обращения: 21.03.2024).
2. Валамин А. Е., Култышев А. Ю., Гольдберг А. А. Характеристика системы теплоснабжения России // Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. 2012. № 4 (14). С.14–19.
3. Рыбкина Г. В., Яблокова А. А. Современное состояние теплоснабжения и его развитие // Промышленные процессы и технологии. 2022. № 2 (4). С. 89–99.
4. Шарипов А. Я. Автономное теплоснабжение высотных зданий и комплексов // АВОК. 2016. № 3. С.18–23.
5. Наумов А. Л. Возможности индивидуального теплоснабжения: состояние и перспективы развития // АВОК. 2013. № 5. С. 45–53.
6. Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
7. Жилищный кодекс РФ. Раздел II. Право собственности и другие вещные права на жилые помещения (ст. 30–48).
8. Отопление дома в разных странах // Инженерные коммуникации и трубопроводы. URL: <https://pls99.ru/stati/30219-otoplenie-doma-v-raznykh-stranakh> (дата обращения: 29.03.2024).

УДК 621.398

**А. Р. Казбулатов**

студент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики

**Е. Н. Шварева** – старший преподаватель – научный руководитель, Уфимский государственный нефтяной технический университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКОНТРОЛЛЕРА LGT8F328P И РАДИО-МОДУЛЯ HC-12 НА БАЗЕ SI4463 ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

### Введение

В настоящий момент цифровизация в газовой промышленности является одним из главных факторов, позволяющих обеспечить контроль за бесперебойным функционированием оборудования. При бурном развитии технологий беспроводной связи и радиокommunikаций становится актуальной задача автоматизации процессов функционирования объектов нефтяной и газовой промышленности.

Одной из проблем в газовой отрасли, которую можно решить с применением интернета вещей, является высокая вероятность повреждения трубопровода и утечки транспортируемого газа из-за отсутствия контроля за состоянием и режимами работы средств электрохимической защиты (ЭХЗ) в режиме реального времени. Эта проблема выявлена у предприятия «Газпром трансгаз Уфа» при эксплуатации средств катодной защиты. Основной принцип работы и структура средств этого вида ЭХЗ: для защиты трубопровода на него подается катодный ток со станции катодной защиты (СКЗ), при этом для определения эффективности защиты измеряют значения суммарного потенциала (потенциала «труба-земля» с омической составляющей) на контрольно-измерительных пунктах (КИП). КИП расположены вдоль линии магистрального трубопровода (МТ) примерно через каждые 500–1000 м между СКЗ. В качестве датчика потенциала на КИП используют медно-сульфатные электроды сравнения [1].

На текущий момент времени на предприятии «Газпром трансгаз Уфа» контроль за показаниями упомянутых датчиков осуществляется в процессе проведения первичных коррозионных обследований, в состав которых входит обследование КИП, что не позволяет получать показания в режиме реального времени. К тому же ситуация осложняется большим количеством КИП на трассе МТ, что приводит к увеличению суммы затрат на коррозионные обследования. Известно, что к системе телеметрии подключены только станции катодной защиты, в то время как КИП являются полностью автономными. Поэтому предложено решение по организации сети устройств, осуществляющих функцию телеметрии для автоматизации передачи показаний датчиков с КИП.

### Сравнение с аналогичным решением

Существующий аналог в виде устройства телеметрии контрольно-измерительного пункта, выпущенного ООО «Техохрана», опирается на применение технологии модуляции LoRa и использовании протокола LoRaWAN [2]. Преимущества аналога – большая помехоустойчивость и дальность передачи данных, однако существенным недостатком является большая вероятность возникновения коллизий при передаче пакетов данных, так как высокая дальность действия радио-модуля LoRa может привести к тому, что ретрансляторы будут перекрывать друг друга. К тому же специалистами «Газпром трансгаз Уфа» отмечена высокая стоимость оборудования, объясняемая, в частности, применением радио-модулей LoRa, обладающих высокой ценой.

В связи с выявленными у аналога недостатками поставлена задача исследовать возможности более доступных моделей микроконтроллера LGT8F328p и радио-модуля HC-12 на базе SI4463 с целью выявить потенциал использования этих комплектующих при проектировании сети устройств для автоматизации процесса передачи показаний датчиков на КИП.

HC-12 – радио-модуль на базе микросхемы SI4463, выпускаемой компанией Silicon Labs и предназначенной для организации радиосетей среднего радиуса действия и скоростью передачи до 1 Мбит/с [3]. Модуль работает с интерфейсом UART, что позволяет организовать одновременно прием и передачу данных. Основные отличия модуля – высокая скорость передачи данных, возможность про-

граммного изменения режима работы (поддерживается 4 режима работы: FU1, FU2, FU3, FU4; при этом режим максимальной дальности FU4 действует до 1,8 км при потреблении тока 16 мА) [4]. Это позволяет организовать сеть из таких модулей для приема-передачи данных, так как КИП расположены на расстоянии не больше 1 км друг от друга.

Сравнительные характеристики радио-модулей LoRa и HC-12 приведены в табл. 1. Дополнительным существенным преимуществом HC-12 является стоимость примерно в 2 раза ниже, чем у модуля LoRa. При этом его характеристики подходят для организации сети среднего радиуса действия с учетом описанного ниже характера расположения КИП (рис. 4).

Таблица 1

**Сравнительные характеристики LoRa и HC-12**

Характеристики	Радио-модули	
	LoRa	HC-12
Чипсет	SX127x (Semtech)	SI4463 (Silicon Labs)
Частотный диапазон	410,0–931,0 МГц	433,4–473,0 МГц
Скорость передачи данных	до 37,5 Кбит/с	100 бит/с – 1 Мбит/с
Выходная мощность	+20 дБм	+20 дБм
Чувствительность приемника	-147 дБм	-133 дБм
Дальность связи	до 10 км (идеальные условия)	до 1,8 км
Модуляция	LoRa	GFSK
Потребление тока (передача)	120 мА	100 мА
Потребление тока (прием)	14 мА	80 мкА
Интерфейсы	UART, SPI	UART
Цена	~ от 400 руб	~ от 200 руб

### Организация считывания показаний

LGT8F328р – китайский микроконтроллер, клон популярной AVR ATmega328р, обладающий массой дополнительных функций [5]. Обладает следующими характеристиками:

- питание от 1,8 до 5,5 В;
- макс. частота 32 МГц (в отличие от ATmega, где 16);
- 9 аналоговых выводов;
- разрядность АЦП 12 Бит (в отличие от ATmega, где 10 Бит), что позволяет уменьшить погрешность измерений;
- наличие встроенного дифференциального усилителя [6];
- опорное напряжение 1.024/2.048/4.096 В [7].

Исследование возможностей этой модели микроконтроллера проведено на эмуляции считывания показаний напряжения (что аналогично показаниям суммарного потенциала в задаче) с литиевой батареи. К аналоговым входам МК «А0» и «А3» подключены выводы от корпуса с батареей, при помощи программной настройки в среде Arduino IDE [8] проведена настройка дифференциального режима работы встроенного АЦП при помощи регистров управления им (с помощью бит DNS[4:2] и DPS[1:0], активирующих работу инвертирующего и неинвертирующего входов дифференциального усилителя).

В процессе проведения измерений их погрешность удалось понизить до 0,1. Для этого в калибровочный регистр VCAL записано значение калибровочного коэффициента VCAL3, что соответствует выбранному опорному напряжению 4,096 В.

Процедура проведенных измерений показана на рис. 1, 2 – вывод в монитор порта Arduino IDE считываемых показаний (МК LGT8F328р подключен к ПК).

После проведения измерений выполнена проверка – напряжения батарейки считано при помощи мультиметра (рис. 3). Как видно из результатов, присутствует незначительная погрешность, для устранения которой можно тщательнее подобрать калибровочный коэффициент, записав его в регистр

VCAL рассматриваемого МК. На данный момент времени исследование возможностей модели LGT8F328p показало, что дифференциальный режим работы АЦП позволяет решить задачу считывания напряжений обеих полярностей в диапазоне от -5 до 5 В.

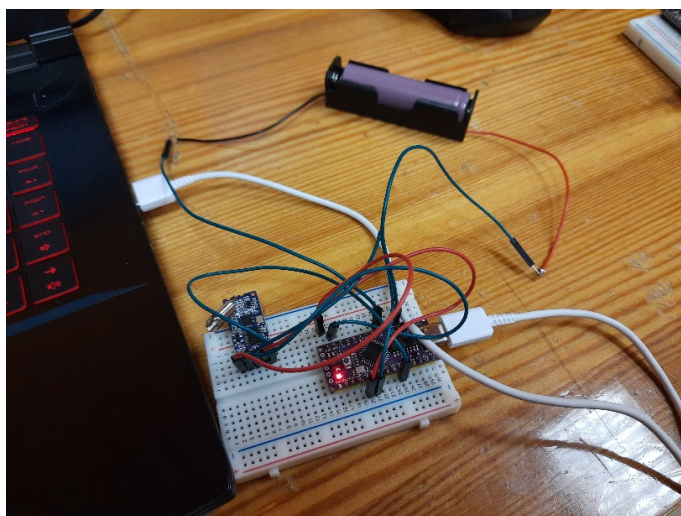


Рис. 1. Считывание напряжения с батареи

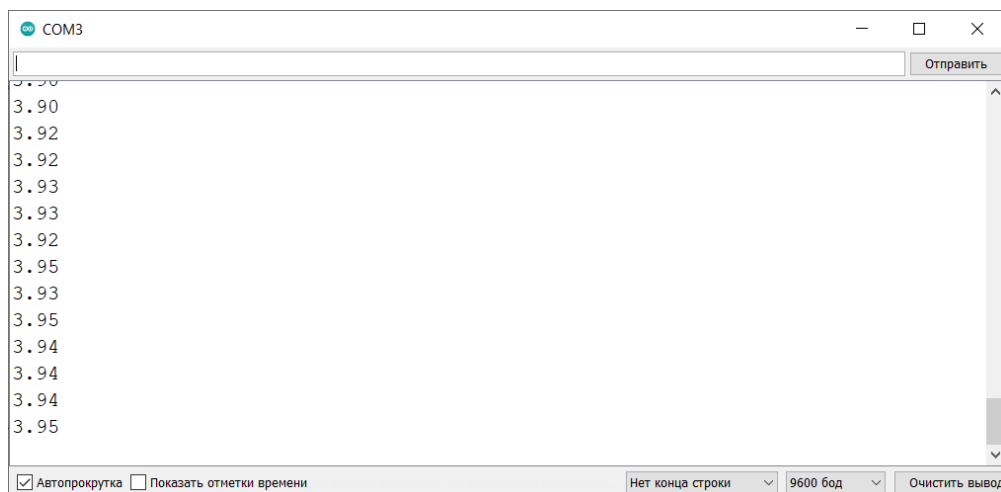


Рис. 2. Считанные показания на мониторе порта в среде Arduino

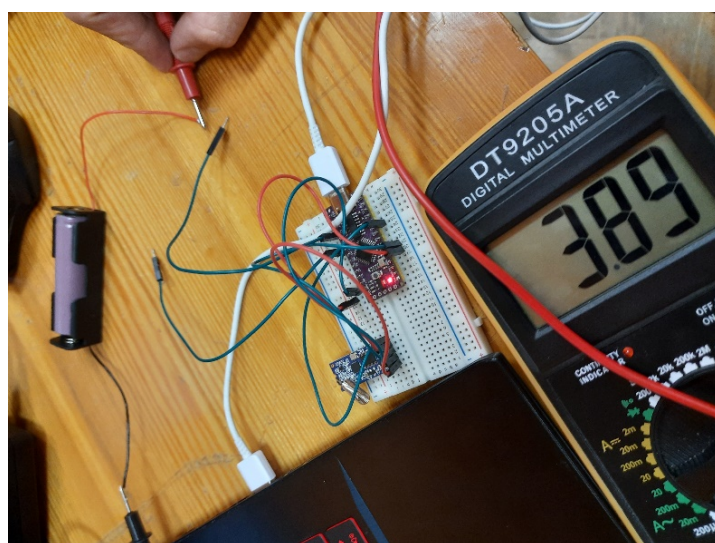


Рис. 3. Показания при считывании напряжения батареи мультиметром

### Организация передачи данных

Передача данных организована по сети топологии «шина» с учетом характера расположения КИП и станций катодной защиты. Ранее отмечено, что СКЗ подключены к внутренней системе телеметрии, применяемой ООО «Газпром трансгаз Уфа», поэтому предполагается установка приемников с модулем HC-12 на СКЗ, а ретрансляторов на КИП, как показано на схеме (рис. 4). В одной подсети (подсеть № 2) ретрансляторы отправляют свои считанные с датчика на КИП показания и вместе с этим ретранслируют пакеты данных с соседнего датчика в направлении к СКЗ, показанном стрелкой. Приемник на СКЗ получает дошедшие пакеты данных, распаковывает их и посылает во внутренний канал телеметрии по последовательному интерфейсу протокола Modbus RTU.

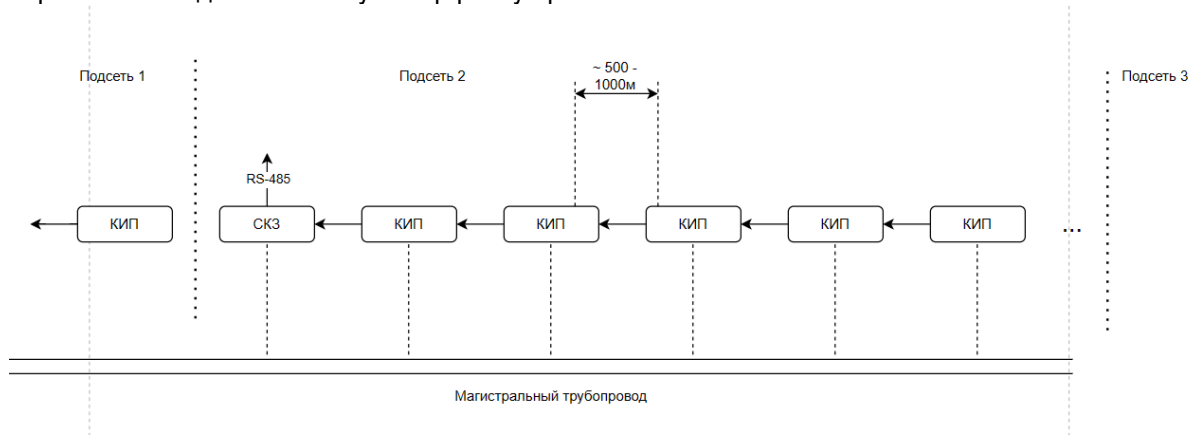


Рис. 4. Схема сети передачи данных

В рамках исследования возможностей радио-модуля HC-12 для передачи данных собран макет, имитирующий работу описанной подсети устройств, из двух ретрансляторов и одного приемника. Продемонстрирована работа собранного макета на рис. 5–7.



Рис. 5. Передача данных первым ретранслятором

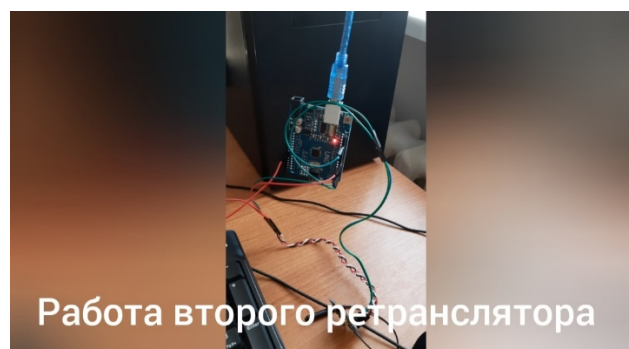


Рис. 6. Передача данных вторым ретранслятором

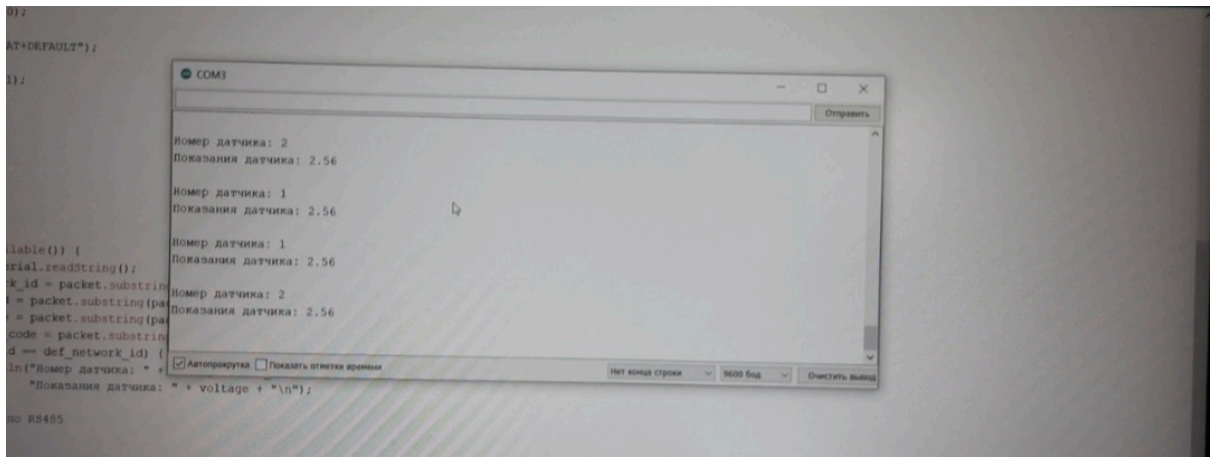


Рис. 7. Сбор данных приемником

В лабораторных условиях тест приема-передачи данных проводился на расстоянии до 50 м с учетом помех в виде стен здания, для этого оба ретранслятора и приемник разнесены по разным аудиториям. Как видно из рис. 7, прием данных осуществлен без ошибок с обоих ретрансляторов (вместо действительных значений напряжений в тесте вставлены заглушки), что позволяет перейти к дальнейшему более детальному проектированию сети устройств с рассматриваемой моделью радио-модуля HC-12.

### Заключение

Исследуемая модель микроконтроллера LGT8F328p в составе с радио-модулем HC-12 на базе трансивера SI4463 позволяют организовать сеть устройств для сбора и передачи технологических данных методом ретрансляции по «шине». Результаты исследования этих моделей МК и радио-модуля показывают осуществимость считывания напряжения обоих полярностей и передачи его показаний по радиоканалам. Планируется использовать исследованные микроконтроллер и радио-модуль при проектировании полноценной сети устройств для автоматизации процесса передачи данных с КИП по описанной схеме (рис. 4) для ООО «Газпром трансгаз Уфа». Исследование позволило сделать вывод о применимости рассмотренных моделей, также их доступность по стоимости позволит существенно сократить затраты на разработку проектируемой сети устройств.

### Список источников

- ГОСТ 9. 602-2016. Единая система защиты от коррозии: дата введения 2017-06-01. М.: Стандартинформ, 2016. 93 с.
- Телеметрия контрольно-измерительных пунктов // Техохрана: сайт. URL: <https://tehoхранa.ru/napravleniya/kip/> (дата обращения: 29.01.2024).
- Шерстюков О. Н. Сенсорная сеть на основе радиоканала субгигагерцового диапазона // Труды конференции РРВ-26. Казань: КФУ, 2019. С. 328–331.
- Обзор беспроводных модулей HC-12 // Сайт ПАЯЛЬНИК: сайт. URL: <https://сhem.net/review/review26.php> (дата обращения: 14.03.2024).
- LGT8F328p. Начало работы, особенности // AlexGyver: сайт. URL: <https://alexgyver.ru/lessons/lgt8f328/?ysclid=ltfo7fkr7d654407617> (дата обращения: 12.02.2024).
- LGT8FX8p Databook. GitHub, 2020. URL: [https://github.com/dbuezas/lgt8fx/blob/master/docs/LGT8FX8P\\_databook\\_v1.0.4.en.pdf](https://github.com/dbuezas/lgt8fx/blob/master/docs/LGT8FX8P_databook_v1.0.4.en.pdf) (дата обращения: 14.03.2024).
- LGT8F328 ADC (Arduino IDE) // Сайт для радиолюбителей: сайт. URL: <http://rcl-radio.ru/?p=130272> (дата обращения: 12.02.2024).
- Arduino IDE // Arduino Docs: сайт. URL: <https://docs.arduino.cc/software/ide/#ide-v2> (дата обращения: 10.02.2024).

УДК 004.891.2

*Д. Н. Киселев*

ученик 10-го класса гимназии № 524

*Р. С. Зенин, Д. М. Иванов* – студенты кафедры киберфизических систем – научные руководители

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

С увеличением количества потребляемой электроэнергии в современном мире контроль за состоянием систем энергопотребления, а также за объемами ее генерации. Для уменьшения трудозатрат на решение задач по оптимизации работ энергосетей, прогнозирования нагрузок, контроля и мониторинга состояния сети в сфере электроэнергетики используются средства искусственного интеллекта.

### **Прогнозирование спроса и оптимизация производства**

Одним из ключевых направлений применения искусственного интеллекта в электроэнергетике является прогнозирование спроса на энергию и оптимизация производства. Алгоритмы машинного обучения анализируют разнообразные данные, включая историческую нагрузку, погодные условия, экономические показатели и т. д., для того чтобы точно прогнозировать будущее потребление энергии. Это позволяет энергетическим компаниям эффективно планировать производство, минимизировать затраты и обеспечивать стабильное энергоснабжение.

### **Управление сетями распределения**

С увеличением сложности энергетических сетей, становится необходимым использование интеллектуальных систем управления, основанных на искусственном интеллекте. Эти системы могут автоматически анализировать данные о нагрузке, состоянии оборудования, планировании ремонтов и других факторах, чтобы предотвращать возможные аварийные ситуации и оптимизировать работу сети. Благодаря искусственному интеллекту компании могут реагировать на изменения в реальном времени и принимать обоснованные решения для обеспечения стабильной работы энергосистем.

### **Мониторинг и контроль состояния энергооборудования**

Одним из основных применений искусственного интеллекта в электроэнергетике является мониторинг и контроль состояния энергетического оборудования. С помощью алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей, системы на базе AI способны анализировать данные с датчиков, выявлять аномалии и предсказывать возможные отказы оборудования. Это позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать серьезные аварии.

Кроме того, использование AI позволяет оптимизировать процесс технического обслуживания оборудования. Системы на базе искусственного интеллекта могут анализировать данные о работе оборудования, определять оптимальные интервалы между обслуживанием и ремонтом, а также предлагать наиболее эффективные методы проведения работ.

Однако несмотря на все преимущества, использование искусственного интеллекта в этом направлении имеет свои ограничения. Во-первых, для работы алгоритмов машинного обучения требуется большое количество данных, которые не всегда доступны или могут быть низкого качества. Во-вторых, существуют проблемы с безопасностью и конфиденциальностью данных, которые могут привести к утечке информации и нарушению работы систем мониторинга. В-третьих, необходимо учитывать этические аспекты использования AI, чтобы не допустить злоупотреблений и нарушения прав человека.

### **Оптимизация процессов интеграции альтернативных источников энергии**

С развитием альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, становится все важнее эффективное управление и интеграция этих ресурсов в общую энергетическую систему. Использование искусственного интеллекта позволяет оптимизировать процессы интеграции

альтернативной энергии, учитывая некоторые переменные, такие как погодные условия, технические ограничения и спрос на энергию.

### **Недостатки использование искусственного интеллекта**

Основные недостатки использование искусственного интеллекта в электроэнергетики – это большие материальные затраты для интеграции его в уже существующие энергосети, а также затраты на поддержание функционирование системы искусственного интеллекта.

### **Заключение**

Применение искусственного интеллекта в электроэнергетике играет ключевую роль в современном развитии отрасли. ИИ не только повышает эффективность производства и управления энергетическими системами, но также способствует переходу к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии. Благодаря инновациям в области искусственного интеллекта электроэнергетика стремится к более эффективному, устойчивому и экологически безопасному будущему.

### **Список источников**

1. Искусственный интеллект в области использования атомной энергии – существующие возможности и перспективы / А. В. Николаева, М. А. Увакин, С. И. Пантюшин и др. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55925777> (дата обращения: 26.03.2024).
2. *Массель Л. В.* Современный этап развития искусственного интеллекта (ИИ) и применение методов и систем ИИ в энергетике. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47484168> (дата обращения: 28.03.2024).
3. *Николаев А. В.* Пример использования искусственного интеллекта в энергетике. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54508544> (дата обращения: 29.03.2024).



УДК 004.85

**Л. А. Ковыршин**

ученик 9-го класса ГБОУ СОШ № 693

**Ю. Р. Поваренных, Р. Э. Дылыков** – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

**ОБЗОР МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: ИСТОРИЯ, ТИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Машинное обучение (МО) – это фундаментальная область искусственного интеллекта, которая стала важным компонентом современных технологий. Оно позволяет компьютерным системам автоматически учиться на основе опыта, а не явно программироваться для выполнения конкретных задач. В последние десятилетия МО активно приобщается в нашей повседневной жизни, проникая в различные сферы деятельности – от медицины и финансов до технологических разработок и производства.

Основной задачей МО является создание моделей и алгоритмов, которые могут адаптироваться к изменяющейся среде и извлекать ценные знания из данных. Это позволяет решать широкий спектр задач, начиная от прогнозирования рыночных трендов и анализа медицинских изображений до создания интеллектуальных ассистентов, и автономных транспортных средств.

Схема принятия интеллектуальных решений индивидуумом представлена на рис. 1.

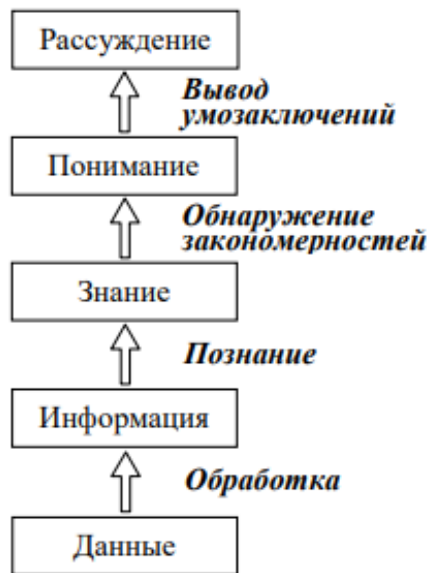


Рис. 1. Поэтапное принятие интеллектуальных решений человеком

На данный момент искусственный интеллект признан, как отдельная область науки и разделяется на два направления:

Бионическое направление	Прагматическое направление
<p>Делает упор на программное имитирование структур и связей человеческого головного мозга. Например, нейронные сети или проектирование нейрокомпьютеров. Основной идеологией данного направления является уподобление программно-аппаратных процессов деятельности мозга человека. Это подразумевает алгоритм «мышления» схожий с человеческим, что приводит к результатам, аналогичным интеллектуальным размышлениям человека и принятии им решения</p>	<p>Данное направление базируется на предположении о том, что интеллектуальная деятельность человека представляет собой некий «черный ящик». В том случае, если результат работы искусственной системы в какой-то степени совпадает с результатом деятельности эксперта, то возможно признать подобную систему интеллектуальной, несмотря на способы достижения такого результата</p>

## МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Структурно-эвристический подход	Гомеостатический подход	Нейробионический подход
<p>Данный способ базируется на данных о наблюдаемом поведении групп объектов или отдельных объектов и представлении об определенных структурах, которые в состоянии обеспечить реализацию наблюдаемых форм поведения. В качестве примера могут выступать мультиагентные системы</p>	<p>Это способ, при котором задача формулируется в терминах эволюционирующей популяции организмов. Такой подход основан на совокупности сотрудничающих и противоборствующих подсистем, которые обеспечивают необходимую устойчивость (равновесие) заданной системы, учитывая непостоянные и постоянно меняющиеся условия воздействий среды. Данный способ основан на генетических алгоритмах в прикладных системах</p>	<p>Данный способ базируется на системах элементов, которые способны выполнять интеллектуальные функции, аналогично нейронам человеческого головного мозга. Прикладными системами, которые разработаны на основе данного подхода, являются нейронные сети</p>

В человеческом организме нейроны выполняют основные функции нервной системы. Они осуществляют хранение, передачу и переработку информации. Имеют два основных свойства: проводимость и возбудимость.

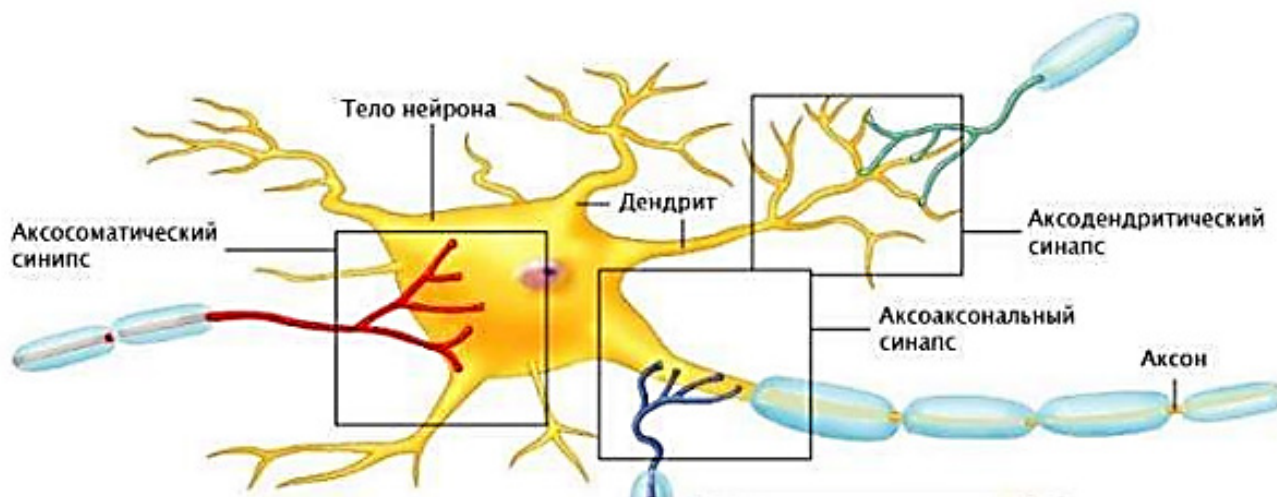


Рис. 2. Нейрон

Каждый нейрон физически состоит из сомы (тела) и нескольких отростков.

Состав нейрона	
Дендриты	Это короткие отростки, которые имеют сильно ветвящуюся структуру. Нервные импульсы по дендритам поступают в тело нервной клетки. Количество дендритов может варьироваться, от одного до нескольких
Аксон	Один продолговатый отросток, направляющий импульсы от тела клетки. Длина аксона различна и может колебаться в пределах нескольких десятков сантиметров. Нервы – это пучки объединившихся аксонов
Синапс	Это пространство между соседними клетками. Химическая передача нервного импульса между нейронами осуществляется непосредственно через синапсы

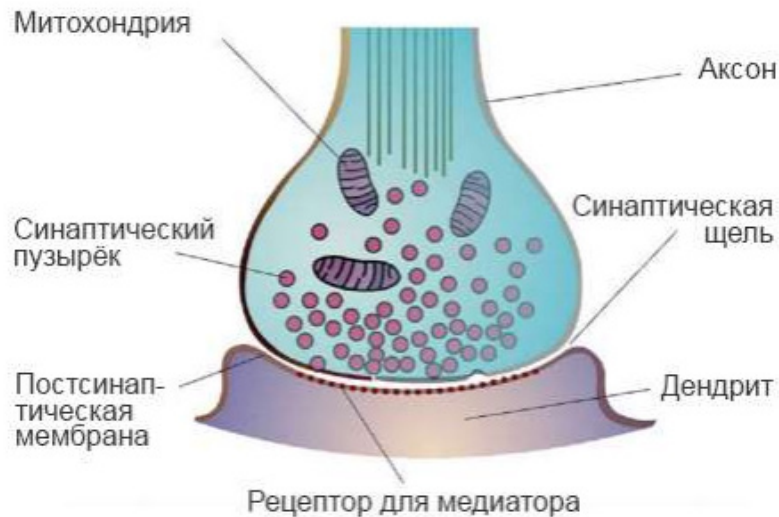


Рис. 3. Синапс

Синапсы состоят из трех основных отделов.

Отделы синапса	
Пресинаптическая мембрана	Мембрана, которая образуется нервным окончанием
Постсинаптическая мембрана	Мембрана, которая находится внутри тела клетки
Синаптическая щель	Щель находится между пресинаптической и постсинаптической мембранами

В неактивном состоянии нейрона между его внешней и внутренней средами образуется разность потенциалов. Данное явление называется мембранным потенциалом. Его напряжение около 75 мВ. Специальные белковые молекулы, выступающие в роли «насосов» калия и натрия, обеспечивают образование мембранного потенциала. Такие молекулы используют энергию от нуклеотида АТФ и перемещают ионы натрия наружу клетки, а ионы калия внутрь нейрона. Это приводит к тому, что нейрон становится аналогом заряженного конденсатора и приобретает его свойства. В таком конденсаторе положительный заряд снаружи, а отрицательный заряд внутри.

Ионные каналы открываются благодаря воздействию нейромедиаторов на рецепторы. В зависимости от того какой тип синапса задействован и какие именно каналы активированы, мембрана нейрона деполяризуется или гиперполяризуется. Деполяризация мембраны происходит в том случае, если катионы проникают внутрь клетки по открывающимся каналам возбуждающих синапсов. Гиперполяризация мембраны происходит в том случае, если анионы выходят наружу клетки по открывающимся каналам тормозных синапсов.

Синаптическая пластичность – это свойство синапсов изменять чувствительность в определенных условиях. Следствием этого явления является различность степени реакции синапсов одного нейрона на внешние сигналы. Благодаря этому множество сигналов может одновременно поступать в синапсы нейрона. Заряд клетки увеличивается благодаря тормозящим синапсам, которые тянут потенциал мембраны в сторону накопления заряда. С другой стороны, заряд нейрона уменьшается благодаря действиям активирующих синапсов. Соответственно, нейрон имеет возможность реагировать на различные поступающие сигналы и генерировать свой собственный импульс (спайк), в определенных условиях, через синаптическое взаимодействие.

Спайк (потенциал действия) возникает в случае, когда суммарная активность достигает порога инициации. Такой разряд порождает электрический импульс, что приводит к резкой деполяризации мембраны нейрона. Время, затрачиваемое на генерацию импульса около 1 мс. Что удивительно, амплитуда и продолжительность импульса независимы от интенсивности порождающих его причин.

Машинное обучение (machine learning, ML) является одним из наиболее развиваемых и полезных направлений исследований, связанных с областью искусственного интеллекта.

В данной сфере применяются алгоритмы, способные к самообучению, работа которых направлена на получение знаний из данных и проектирование новых моделей алгоритмов. В зависимости от входных данных настраиваются параметры модели, которые и определяют свойство обучения алгоритмов. Модель, которая обучилась на определенном наборе данных, может предсказывать и анализировать различные аспекты новых поступающих данных.

Существует три основных параметра, которые определяют эффективность использования различных видов МО:

Параметры	
Данные	Для решения задачи важно наличие разнообразных входных данных. Например, для определения спам-писем требуются наборы с примерами подобных спам-писем, история изменения цен акций может быть использована для предсказания будущего курса акций и т. д. Точность результата и определение закономерности напрямую зависят от разнообразия входных данных
Признаки (фичи, features)	Это очень важный параметр, который определяет точность и корректность конечного результата. Признаки являются свойствами или определенными характеристиками исследуемых объектов. На основе данных фичей происходит обучение, к примеру возраст юзера, расход топлива, курс валюты и т. д.
Модель алгоритма (algorithms)	Для различных задач используются разные методы МО и модели алгоритмов. Размер выходной модели, скорость и точность работы зависят от первоначального выбора метода МО

Результативное использование машинного обучения зависит от того, как эффективно учитываются и совмещаются эти три фактора.

### История машинного обучения

История машинного обучения богата событиями и открытиями, которые привели к тому, что эта область стала одной из ключевых в современной информационной эпохе. Давайте рассмотрим основные этапы этого развития.

#### *Первые шаги: 1950-е годы*

Истоки машинного обучения уходят в 1950-е годы, когда появились первые идеи о создании компьютерных систем, способных самостоятельно обучаться. Одним из первых ключевых моментов стало создание перцептрона – простейшей модели искусственного нейрона, а также первых нейронных сетей. На тот момент эти модели были примитивными, но они заложили основы для будущих разработок.

#### *Золотая эра: 1980–1990-е годы*

В 1980-е и 1990-е годы машинное обучение пережило золотую эпоху. Были разработаны новые алгоритмы, такие как метод опорных векторов (SVM), деревья решений, алгоритмы кластеризации и др. К тому времени также были выявлены некоторые из ограничений и сложностей в обучении глубоких нейронных сетей, что привело к снижению интереса к этой области.

#### *Возвращение к нейронным сетям: 2000-е годы*

В начале 2000-х годов интерес к исследованиям в области нейронных сетей возродился. Благодаря увеличению объема доступных данных и вычислительных мощностей, исследователи начали исследовать глубокие нейронные сети с новым энтузиазмом. Это привело к появлению новых методов обучения, таких как глубокое обучение (deep learning), которое стало мощным инструментом в обработке изображений, обработке естественного языка, распознавании речи и многих других областях.

#### *Современность: с 2010-х годов до настоящего времени*

В последние годы МО интегрировалось в человеческую деятельность и стало частью многих инновационных технологий. Большие компании, такие как Google, Facebook, Amazon и Microsoft, активно инвестируют в разработку новых методов машинного обучения и их применение в практических задачах. С развитием технологий облачных вычислений и распределенных вычислений, а также увеличением доступности больших объемов данных, машинное обучение стало доступным для широкого круга людей и организаций.

В итоге история машинного обучения свидетельствует о его постоянном развитии и эволюции. С появлением новых методов и технологий, таких как глубокое обучение, рекуррентные нейронные сети и облачные вычисления, машинное обучение продолжает трансформировать наши представления о возможностях компьютеров и их воздействии на мир.

Типы машинного обучения

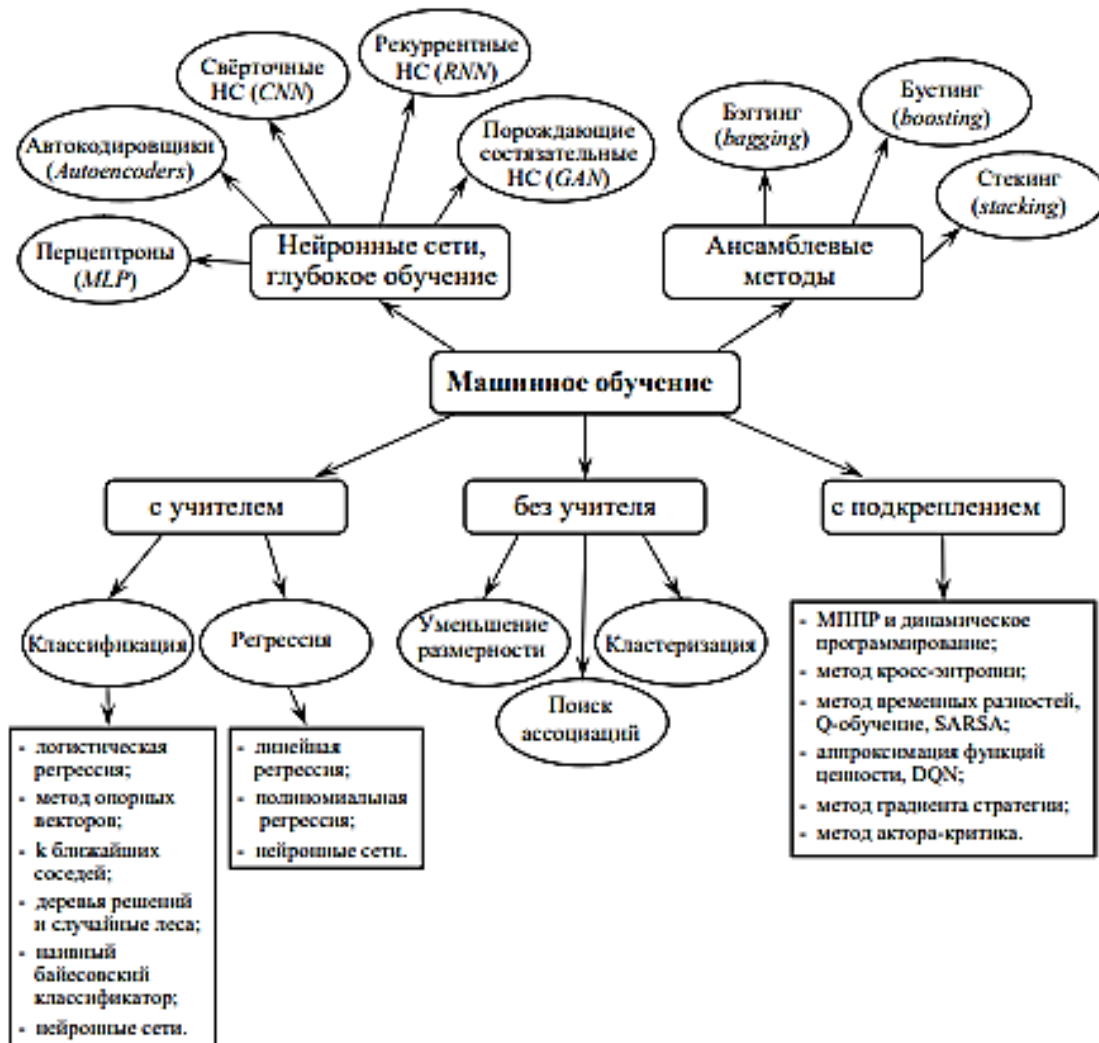


Рис. 4. Предметная область машинного обучения

Машинное обучение можно разделить на несколько основных типов.

Обучение с учителем

Это тип машинного обучения, при котором модель обучается на помеченных данных, где каждому примеру из обучающего набора соответствует правильный ответ. Суть данного подхода заключается в том, чтобы модель «училась» прогнозировать или классифицировать данные, основываясь на заранее известных парах «вход-выход». Примеры задач, решаемых с помощью обучения с учителем, включают в себя:

- классификация: определение, к какой категории или классу принадлежит объект. Например, распознавание электронных писем как спама или не спама, классификация изображений по содержанию (кошка, собака, автомобиль и т. д.);
- регрессия: предсказание непрерывной величины. Например, прогнозирование цены недвижимости на основе различных характеристик дома, предсказание количества продаж товара в зависимости от рекламных затрат и т. д.

*Обучение без учителя (Unsupervised Learning)*

В данном методе входные данные не имеют явных меток, и цель обучения заключается в выявлении в данных скрытых структур или закономерностей. Модель обучается на непомеченных данных. Ее основная задача выявить закономерности, паттерны или группировать данные, основываясь на их сходстве.

*Примеры задач, решаемых с помощью обучения без учителя*

- Кластеризация: Группировка схожих объектов в кластеры. Например, сегментация клиентов интернет-магазина на основе их покупательского поведения.
- Понижение размерности (Dimensionality Reduction): Уменьшение количества признаков, сохраняя при этом максимальное количество информации. Это может быть полезно для визуализации данных или ускорения процесса обучения заданной модели.

*Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning)*

Обучение с подкреплением – это метод обучения, в котором алгоритм, называемый агентом, обучается на основе своего взаимодействия с окружающей его средой. Агент анализирует данные и принимает решения в процессе обучения. Агент получает обратную связь в виде награды или штрафа в зависимости от своих действий. Цель агента – максимизировать общую кумулятивную награду.

*Примеры задач, решаемых с помощью обучения с подкреплением*

- Обучение игровых стратегий: например, обучение компьютерных программ играть в шахматы, Го или видеоигры.
- Управление роботами и автономными системами: например, обучение робота ходить или управление беспилотным автомобилем.

Каждый из этих типов машинного обучения имеет свои преимущества и недостатки и применяется в зависимости от конкретной задачи и доступных данных.

*Основные методы и алгоритмы*

В МО используется множество методов и алгоритмов для решения различных задач. Некоторые из наиболее популярных включают в себя:

Методы МО	
Линейная регрессия (Linear Regression)	используется для моделирования зависимости между непрерывными переменными
Метод k-ближайших соседей (K-Nearest Neighbors)	основан на принципе поиска ближайших соседей в пространстве признаков
Метод опорных векторов (Support Vector Machines)	используется для классификации и регрессии. Данный метод стремится найти оптимальную гиперплоскость, которая разделяет поступающие данные
Случайный лес (Random Forest)	это метод, объединяющий множество деревьев решений для повышения точности модели
Нейронные сети (Neural Networks)	модели, вдохновленные биологическими нейронными сетями, которые могут обучаться сложным зависимостям в данных

**Перспективы машинного обучения**

Машинное обучение активно развивается в современном обществе. На данный момент можно выделить несколько перспективных тенденций.

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP): создание алгоритмов, которые используются для анализа и генерации текста открывает новые возможности в области автоматического перевода, анализа тональности и многих других приложений.

Обучение на изображениях и видео (Computer Vision): распознавание объектов, сегментация изображений и автоматическая обработка видео – активно развивающиеся области, находящие применение в медицине, автономных транспортных средствах и других сферах.

Обучение на графах (Graph Learning): анализ социальных сетей, биоинформатика и рекомендательные системы стимулируют развитие методов обучения на графах.

### Заключение

Машинное обучение продолжает приносить важные инновации в современный мир, улучшая процессы принятия решений, оптимизируя бизнес-процессы и расширяя границы нашего знания. Несмотря на значительные достижения, предстоит много работы над улучшением методов обучения, повышением качества данных и решением этических и социальных вопросов, связанных с использованием искусственного интеллекта. В будущем мы можем ожидать еще более захватывающих разработок в области машинного обучения, которые будут влиять на все аспекты нашей жизни и трансформировать мир к лучшему.

### Список источников

1. Черкасов Д. Ю., Иванов В. В. Машинное обучение // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 85–87.
2. Классическое машинное обучение: задачи классификации, обобщения, кластеризации данных // evergreens. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/classical-machine-learning.html> (дата обращения: 10.03.2024).
3. Алгоритмы и методы машинного обучения. Задачи классификации: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2022. 270 с.
4. Орельен Ж. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем, 2-е изд. / Пер. с англ. СПб.: Диалектика, 2020. 1040 с.

УДК 621.039.6

**У. В. Левченко, А. Д. Колесова**

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

**Р. Ш. Еникеев** – доцент, кандидат технических наук – научный руководитель

## КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТОРОИДАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТОКАМАКА С РЕАКТОРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

### Введение

Начиная с 50-х годов прошлого столетия мировое научное сообщество бьется над идеей управления реакцией термоядерного синтеза. За эти долгие 70 лет было предложено немало идей для воссоздания четвертого агрегатного состояния вещества, именуемого плазмой. На данный момент, считается, что наиболее технически проработанным способом удержания плазмы является магнитное удержание плазмы, где магнитное поле, создаваемое группой тороидальных и полоидальных катушек, стабилизирует плазму внутри вакуумной камеры, предотвращая ее соприкосновение с материалом первой стенки. Установка, работающая по вышеописанному принципу, получила название «токамак», что расшифровывается как «тороидальная камера с магнитными катушками».

В современном мире было построено более нескольких сотен установок типа токамак. Российская Федерация по сей день принимает активное участие в исследованиях, связанных с проектированием магнитных термоядерных реакторов и управляемым термоядерным синтезом в целом. Одними из самых крупных токамаков, построенных на территории России и СССР, являются установки: Т-3, Т-4, Т-7, Т-10, Т-15 (Т-15МД был модернизирован и запущен в 2021 году), Т-11М, Глобус-М (Глобус-М2 был модернизирован и запущен в 2018 году). Также не стоит забывать о том, что Россия – инициатор и ключевой участник международного проекта по созданию крупнейшего в мире экспериментального термоядерного реактора ITER, строящегося в Кадараши с 2007 года.

### Экспериментальная установка ТРТ

В настоящее время активно ведутся разработки эскизного проекта новой экспериментальной установки типа токамак, которая будет являться прототипом термоядерного источника нейтронов для гибридного реактора типа «синтез-деление», а также прототипом будущего промышленного чистого термоядерного реактора.

Необходимость создания гибридных реакторов в целом заключается в том, что они будут помимо тепла и электроэнергии вырабатывать еще и топливно-энергетическое сырье для атомных электростанций, такие как, например, изотопы плутония или урана.

Данная установка получила свое название «Токамак с реакторными технологиями» или сокращенно – ТРТ, которая станет центром исследований в области термоядерной энергетики. ТРТ объединит весь научный и технический потенциал различных коллективов страны.

Основные параметры установки представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Основные параметры установки ТРТ

Параметр	Величина
Большой радиус $R_0$ , м	2,15
Малый радиус $a$ , м	0,57
Аспектное отношение $R/a$	3,77
Магнитное поле на оси $B_{i0}$ , МА	8
Ток в плазме $I_p$	5
Длительность разряда $\Delta t_{\text{fittop}}$ , с	$\geq 100$
Мощность дополнительного нагрева $P_{\text{aux}}$ , МВт	$\leq 40$



Экспериментальная реакторная установка ТРТ является компактным стационарным токамаком с высоким магнитным полем, со сверхпроводящей электромагнитной системой из высокотемпературного сверхпроводника типа REBCO, с дейтериевой и дейтерий-третиевой плазмой. Установка предназначена для исследований квазистационарных физических процессов в обоснование опытного термоядерного реактора [1].

### Электромагнитная система ТРТ

Так как первая миссия ТРТ состоит в развитии и интеграции в рамках одной установки ключевых термоядерных технологий, включая электромагнитную систему из высокотемпературных сверхпроводников, функционирующую при сверхсильных магнитных полях, то данная работа будет сконцентрирована на описании конструкторских решений для создания тороидальной системы токамака ТРТ [1].

Электромагнитная система токамака ТРТ, представленная на рис. 1, предназначена для инициирования, формирования и удержания в равновесии плазмы и корректировки рассеянных полей.

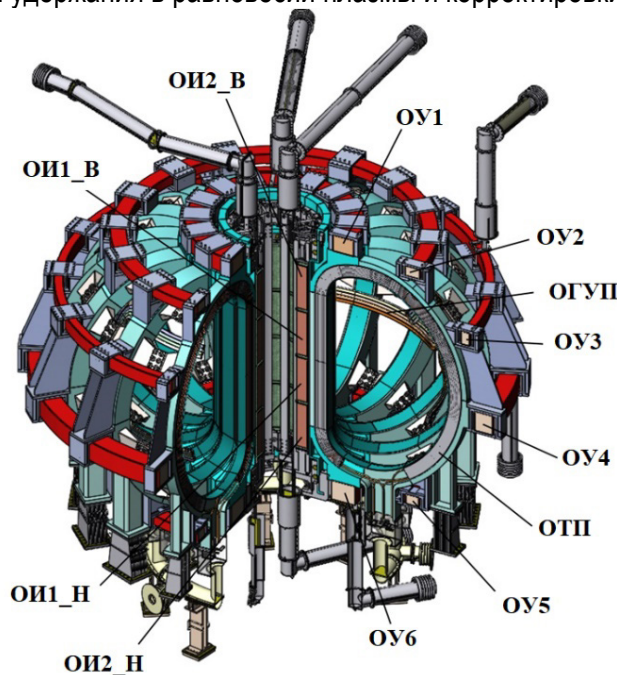


Рис. 1. Схема конструкции электромагнитной системы ТРТ

На рис. 1 показано расположение центрального соленоида, в который входят четыре обмотки индуктора (ОИ) с силовой структурой, обеспечивающие генерирование и поддержание тока плазмы. Также на схеме изображены шесть обмоток управления (ОУ), входящие в обмотки полоидального поля (ОПП), необходимые для обеспечения, изменяющегося во времени магнитного поля, которое позволяет управлять положением и формой плазмы внутри вакуумной камеры.

Помимо секционированного центрального соленоида (ЦС), обмоток полоидального и тороидального полей в электромагнитную систему входят еще четыре катушки обмотки горизонтального управляющего поля (ОГУП) и 24 корректирующих катушек (КК).

### Катушки обмотки тороидального поля

Тороидальное магнитное поле формируют 16 катушек обмотки тороидального поля (ОТП), равномерно распределенные вдоль окружности тора и создающие в центре плазмы поле равное 8 Тл. На тороидальные катушки действуют электромагнитные силы «в плоскости» и «из плоскости» катушек, создавая опрокидывающие моменты. Тороидальные катушки соединены между собой межблочными структурами, показанными на рис. 2, и штифтами в зоне арочного распора, образуя на внутреннем обводе тора вертикальный торсионный цилиндр, воспринимающий усилия от крутящих моментов. Другие обмотки электромагнитной системы крепятся к корпусам ОТП посредством механических структур.

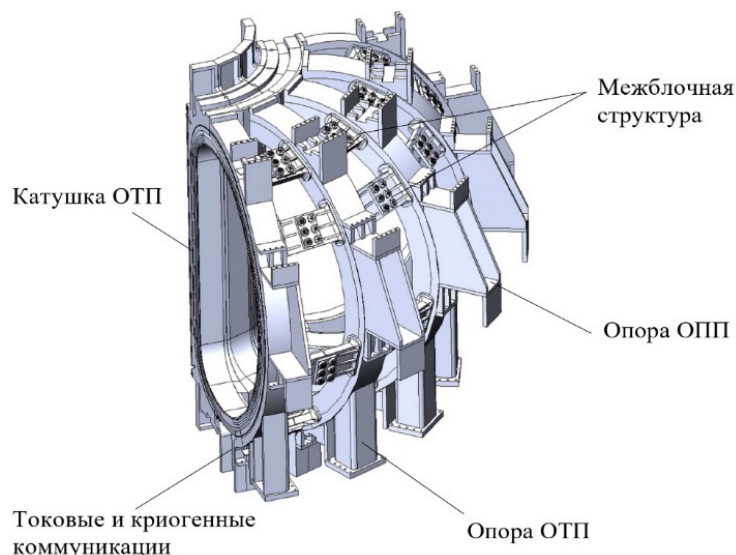


Рис. 2. Сектор обмотки тороидального поля

Все обмотки электромагнитной системы, в том числе и ОТП, являются многовитковыми и охлаждаются гелием. Катушки обмотки тороидального поля разрабатываются неразборными, имеют D-образную форму, близкую к безмоментной.

Средний радиус наружной тороидальной ноги выбран из условия допустимой гофрировки на наружном радиусе плазмы. Наружный радиус внутренней тороидальной ноги определяется условием расположения между плазмой и тороидальной обмоткой размерами первой стенки, вакуумной камеры, а также необходимыми конструктивными зазорами [3].

Помимо этого, вытянутость по вертикали определялась условиями размещения диверторных зон, а также размерами вакуумной камеры.

Для изготовления корпусов катушек тороидального поля предполагается использовать высокопрочную хромомарганцевоникелевую сталь аустенитного типа 03X20H16AG6, которая применяется в криогенном машиностроении.

Общий вид корпуса катушки обмотки тороидального поля показан на рис. 3, 4.

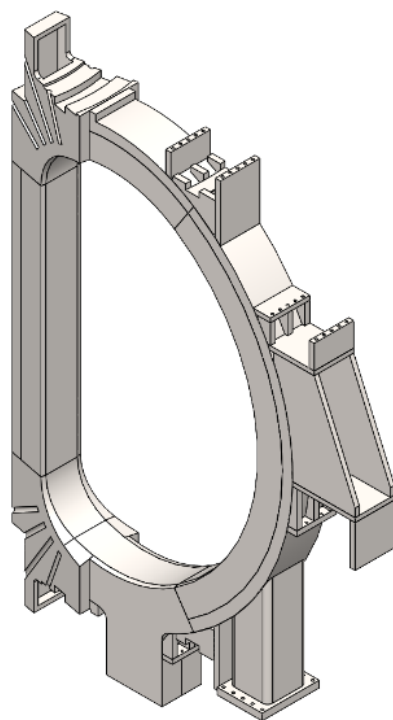


Рис. 3. Общий вид катушки ОТП

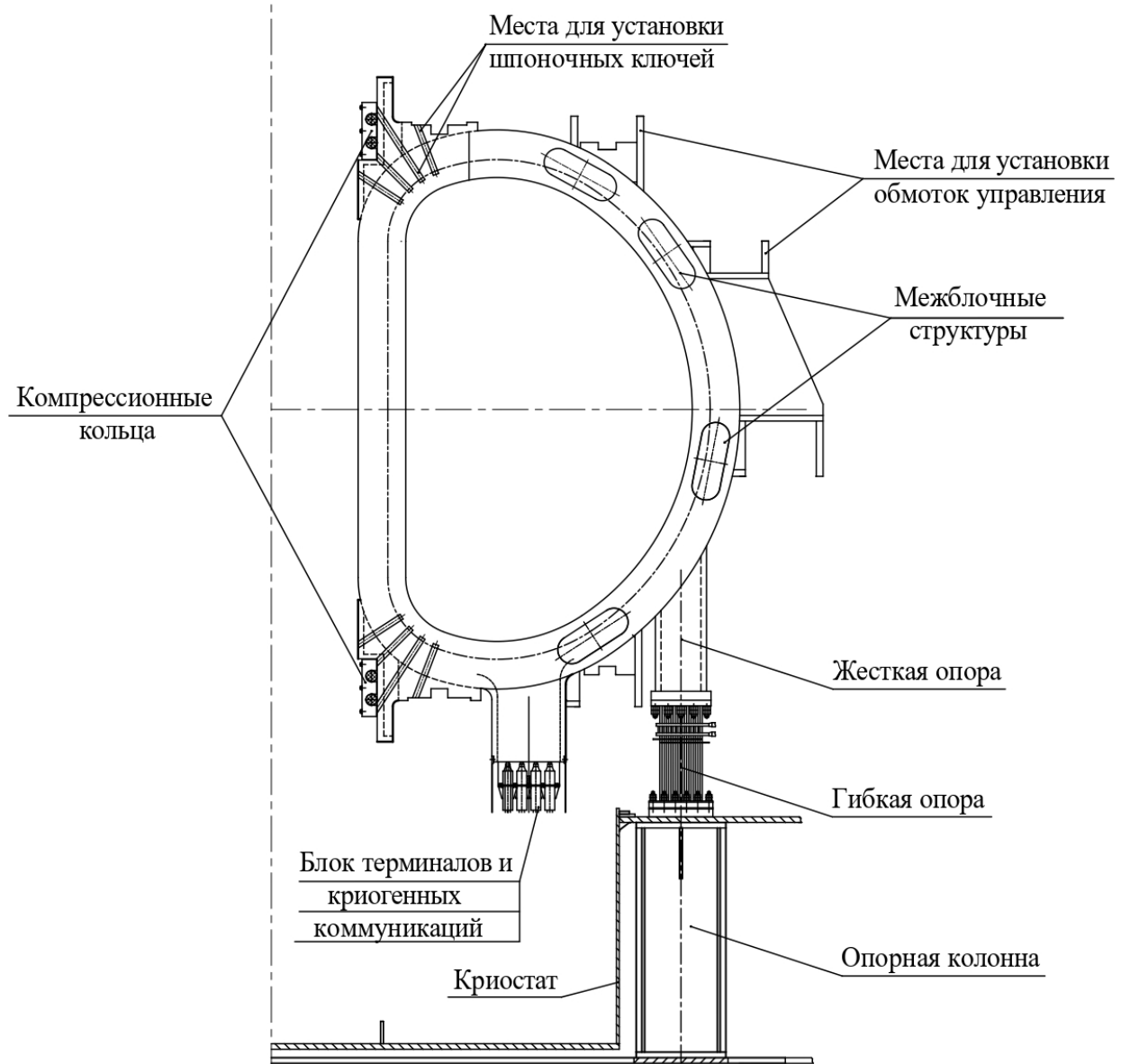


Рис. 4. Геометрические размеры корпуса катушки ОТП TRT

Компактность установки была достигнута благодаря тому, что с ростом тороидального магнитного поля удержание плазмы в токамаке заметно улучшается, расширяются операционные пределы существования плазменных разрядов по плотности и давлению плазмы, что и позволило уменьшить размеры ОТП и всей установки в целом [4].

### Обмоточный блок ОТП TRT

Максимальное значение тороидального магнитного поля на обмотке в установке TRT составляет около 15 Тл. При высоких значениях плотности тока использование медных обмоток нецелесообразно из-за непомерно больших нагревов проводника и мощностей охлаждения. В связи с этим в токамаке предусматривается использование высокотемпературных сверхпроводящих обмоток (ОТП, ОУ, ОИ), работающих при температурах 5–20 К [2].

Форма сечения тороидальной обмотки и обмоточного блока была выбрана из конструктивных соображений с учетом развивающихся механических напряжений в обмотке [3].

Обмоточный блок выступает в качестве скрепленной структуры из пяти двойных секций с внешней корпусной изоляцией. Каждая секция обмоточного блока представляет собой стальную радиальную пластину, в пазах которой находятся витки проводника (рис. 5).

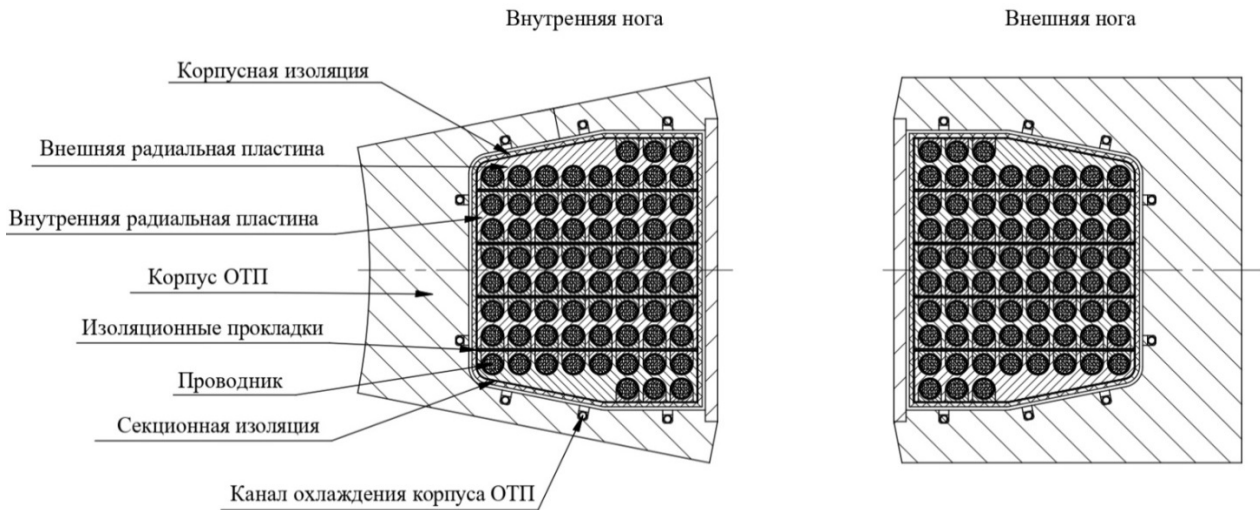


Рис. 5. Обмоточный блок катушки ОТП TRT (внутренняя нога)

Для фиксации структуры обмоточного блока, изображенной на рис. 5, в стальной силовой корпус катушки ОТП TRT используются стеклотекстолитовые прокладки между радиальными пластинами и секционная изоляция, а также заполнение всех зазоров и пустот эпоксидным компаундом.

### Радиальные пластины ОТП TRT

Обмоточный блок ОТП TRT состоит из двух наружных и трех внутренних радиальных пластин, отличающихся между собой количеством проводников и непосредственно их формой из-за трапецевидальной формы поперечного сечения «внутренней ноги». Во внутренней радиальной пластине находится 16 проводников, а в наружной в свою очередь на пять витков меньше, то есть всего 11. Конструкция радиальных пластин показана на рис. 6, 7.

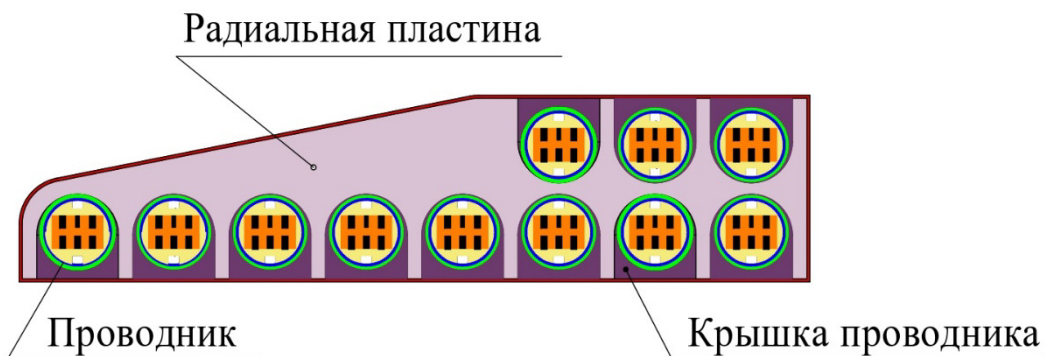


Рис. 6. Наружная радиальная пластина TRT

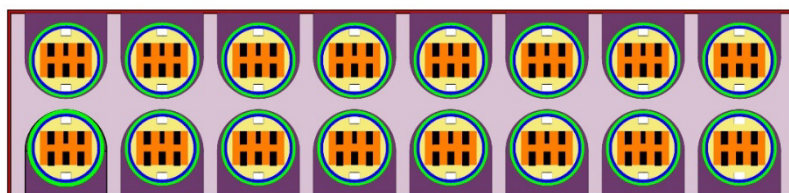


Рис. 7. Внутренняя радиальная пластина TRT

Альтернативой радиальным пластинам является секционирование обмотки, но в этом случае в клиновидной области обмотки механические напряжения могут превышать допускаемые, а использование

радиальных пластин в обмотке ОТП позволит индивидуально опереть каждый провод на радиальную пластину и тем самым избежать кумулятивного эффекта в клиновой части сечения обмотки.

После укладки проводника в канавки радиальных пластин, он по всей длине прижимается снаружи «крышкой», которая в свою очередь приваривается к радиальной пластине.

### ВТСП-провод для ОТП ТРТ

Для обеспечения требуемых параметров плазменного разряда и длительности импульса предлагается использовать сверхпроводниковые катушки магнитного поля из высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Современные ВТСП магниты способны работать при полях масштаба 20 Тл и температурах до 50 К, которые недостижимы для низкотемпературных сверхпроводников.

На данный момент предполагается, что ВТСП-кабель будет представлять из себя сборку транспонированных токнесущих элементов (субкабелей) на основе высокотемпературного сверхпроводника второго поколения, который будет работать при температуре 5–20 К [5].

Для поддержания температуры корпуса катушки ОТП на необходимом температурном уровне в его внутренней части со стороны обмоточного блока предусмотрены каналы для прокачки гелия (рис. 5), а также предусмотрены каналы охлаждения и в самом проводе (рис. 8).

Предполагаемая конструкция проводника изображена на рис. 8.

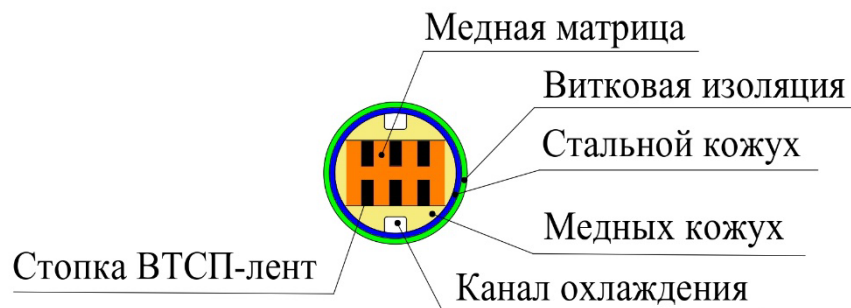


Рис. 8. Поперечное сечение ВТСП проводника ОТП

Величина тока в проводнике составила  $I_B = 76,8$  кА, количество ампер-витков в катушке  $I_{\text{КАТ}} = 5,376$  МА, при условии, что обмоточный блок установки ТРТ содержит 70 витков проводника [6].

Проводники в секциях катушек ОТП не являются основными несущими элементами, поэтому они заключены в толстые стальные межслойные радиальные пластины и в корпуса катушек. Используемые для изготовления конструктивных узлов и деталей секций и катушек аустенитные немагнитные нержавеющие стали разных марок, должны выдерживать рабочие электромагнитные нагрузки на радиальные пластины и корпуса катушек.

### Заключение

В рамках данной статьи была рассмотрена разработанная трехмерная модель обмотки тороидального поля токамака с реакторными технологиями – ТРТ. Данная установка примечательна совершенно новой электромагнитной системой на основе высокотемпературного сверхпроводника типа REBCO, D-образной формой магнитной системы и достаточно маленькими габаритными размерами при высоких значениях магнитного поля.

### Список источников

1. Красильников А. В., Коновалов С. В., Бондарчук Э. Н. Токамак с реакторными технологиями (TRT): концепция, миссии, основные особенности и ожидаемые характеристики // физика плазмы. 2021. № 11.
2. Бондарчук Э. Н., Воронова А. А., Григорьев С. А. Инженерно-технические аспекты электромагнитной системы установки ТРТ // Физика плазмы. 2021. № 12. С. 1070–1086.

3. Глухих В. А., Беляков В. А., Минеев А. Б. Физико-технические основы управляемого термоядерного синтеза: учеб. пособие. СПб.: Политехн. ун-т, 2006. 348 с.
4. Алексеев А. Б. Основы проектирования магнитных термоядерных реакторов / Под ред. В. А. Глухих, Г. Л. Саксаганского. СПб.: Политехн. ун-т, 2016. 613 с.
5. Сытникова В. Е., Лелехов С. А., Красильников А. В. Перспективные варианты ВТСП-проводов для электромагнитной системы TRT // Физика плазмы. 2021. Т. 47. № 12. С. 1087–1102.
6. Колесова А. Д. Расчет и конструкция тороидальной системы токамака. СПб., 2022. 71 с.

УДК 621.039.63, 621.3.011.3

**У. В. Левченко, А. Д. Колесова**

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

**Р. Ш. Еникеев** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ ОБМОТОК ПОЛОИДАЛЬНОГО ПОЛЯ И ЦЕНТРАЛЬНОГО СОЛЕНОИДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ТРТ

### Введение

Задача проектирования и эксплуатации любой электромагнитной системы требует расчета параметров ее элементов. Одним из таких параметров является индуктивность. Величина индуктивности элементов системы необходима для построения математической модели, адекватно описывающей протекающие в разрабатываемой системе процессы. В работе проведены расчеты собственных и взаимных индуктивностей обмоток центрального соленоида (ЦС) и обмоток полоидального поля (ОПП) электромагнитной системы токамака с реакторными технологиями (ТРТ). Кратко описаны общие основания расчета собственных и взаимных индуктивностей. Представлены результаты расчета собственных индуктивностей обмоток ЦС и ОПП по справочным формулам и кривым, а также результаты расчета матрицы взаимных индуктивностей ЦС и ОПП, полученные с помощью моделирования в программной среде Opera-2d.

### Параметры системы обмоток полоидального поля и центрального соленоида ТРТ

В качестве исходных данных для каждой обмотки рассматриваемой системы заданы геометрические параметры поперечных сечений, число витков и величина тока в витке приведенные в табл. 1 [1].

Таблица 1

### Параметры обмоток ЦС и ОПП ТРТ

Обмотка	Средний радиус R, м	Центр по оси Z, м	Толщина обмотки $\Delta R$ , м	Высота обмотки $\Delta Z$ , м	Число витков N, шт.	Величина тока в витке, А
ЦС2_В	0,60	1,545	0,251	0,982	256	45703
ЦС1_В	0,60	0,515	0,251	0,982	256	56640
ЦС1_Н	0,60	-0,515	0,251	0,982	256	46484
ЦС2_Н	0,60	-1,545	0,251	0,982	256	45703
ОПП1	1,50	2,730	0,497	0,363	140	43071
ОПП2	3,00	2,550	0,188	0,154	20	44500
ОПП3	4,30	1,200	0,291	0,363	80	43875
ОПП4	4,30	-1,200	0,325	0,432	108	42685
ОПП5	3,00	-2,550	0,360	0,363	100	42200
ОПП6	1,50	-2,730	0,497	0,363	140	43071

Взаимное расположение обмоток определяется радиальной R и вертикальной Z координатами центра поперечного сечения каждой обмотки относительно центра установки токамака (рис. 1).

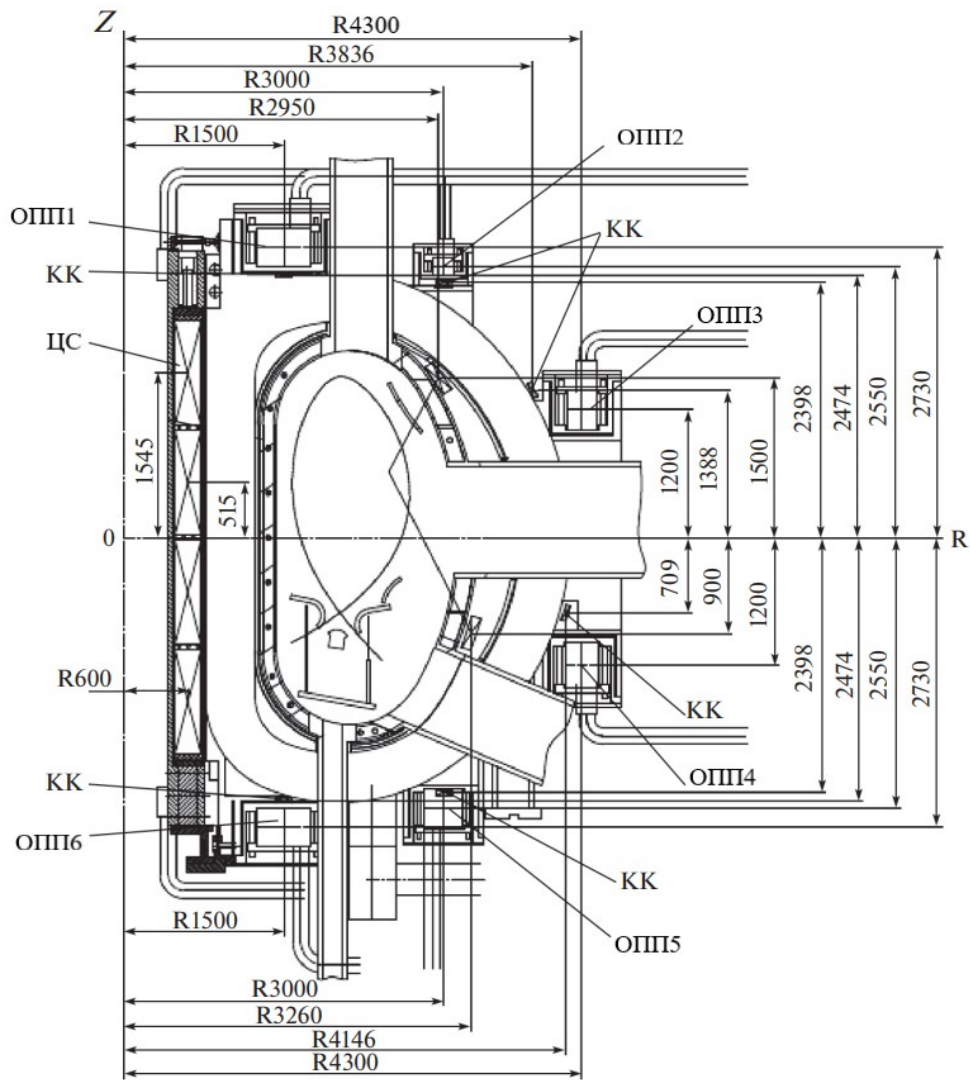


Рис. 1. Схема расположения ЦС и ОПП относительно центральной оси установки

### Общие основания расчета индуктивности

Понятие о собственной и взаимной индуктивности контура связано с понятием о магнитном потоке, сцепляющимся с контуром и обусловленном как током в этом контуре, так и токами в других, соседних с ним контурах:

$$\Psi = \int_S \Phi ds, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – полный магнитный поток;  $ds$  – элемент площади  $s$  поперечного сечения провода.

Самоиндукция и взаимная индукция электрических контуров определяется по формулам:

$$L = \frac{\Psi_L}{i}, \quad (2)$$

$$M_{12} = \frac{\Psi_{2M}}{i_1}, \quad M_{21} = \frac{\Psi_{1M}}{i_2}, \quad (3)$$

где  $\Psi_L$  – поток самоиндукции контура, обусловленный током  $i$  в нем;  $\Psi_{2M}$  – поток взаимной индукции второго контура, обусловленный током  $i_1$  первого контура;  $\Psi_{1M}$  – поток взаимной индукции первого контура, обусловленный током  $i_2$  второго контура. Причем взаимные индуктивности  $M_{12}$  и  $M_{21}$ , опре-



деляющие электромагнитное воздействие первого контура на второй и воздействие второго контура на первый равны друг другу [2].

Формула для расчета собственной индуктивности через потокосцепление в общем случае имеет вид:

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I}, \quad (4)$$

где  $\Psi$  – полная величина потокосцепления с рассматриваемым контуром;  $I$  – величина тока в контуре;  $N$  – число витков многовиткового контура;  $\Phi$  – величина потока, сцепленного с одним витком контура.

### Расчет собственных индуктивностей по справочным формулам

Индуктивность круговой катушки прямоугольного поперечного сечения может быть найдена по формуле:

$$L = \frac{\mu_0}{4\pi} N^2 \Phi d, \quad (5)$$

где  $N$  – число витков катушки;  $d$  – ее средний диаметр, м;  $\Phi(\alpha, \rho)$  – величина, значения которой определяются путем интерполирования по справочным кривым в зависимости от величин  $\rho = r / d$  и  $\alpha = a / d$ , где  $a$  и  $r$  – аксиальный и радиальный размеры поперечного сечения катушки, м (рис. 2).

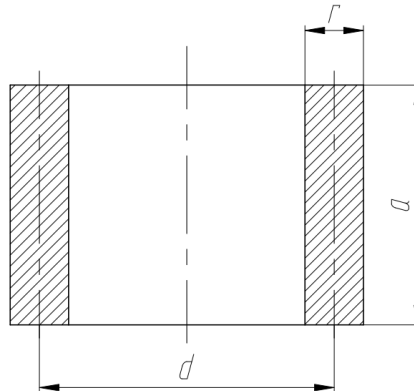


Рис. 2. Разрез круговой катушки прямоугольного поперечного сечения

Соответствующие значения  $\rho$ ,  $\alpha$  и  $\Phi(\alpha, \rho)$  для каждой обмотки, а также рассчитанные по формуле (5) значения собственных индуктивностей обмоток ЦС и ОПП представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Расчетные значения собственных индуктивностей ЦС и ОПП, вычисленные по справочным формулам

	N	d, м	a, м	r, м	$\rho = r / d$	$\alpha = a / d$	$\Phi(\alpha, \rho)$	$L_{расч}, Гн$
ЦС2_В	256	1,2	0,982	0,251	0,209	0,818	6,38	0,05017
ЦС1_В	256	1,2	0,982	0,251	0,209	0,818	6,38	0,05017
ЦС1_Н	256	1,2	0,982	0,251	0,209	0,818	6,38	0,05017
ЦС2_Н	256	1,2	0,982	0,251	0,209	0,818	6,38	0,05017
ОПП1	140	3,0	0,363	0,497	0,166	0,121	13,5	0,07938
ОПП2	20	6,0	0,154	0,188	0,031	0,026	22	0,00528
ОПП3	80	8,6	0,363	0,291	0,034	0,042	21	0,11558
ОПП4	108	8,6	0,432	0,325	0,038	0,050	21	0,21065
ОПП5	100	6,0	0,363	0,360	0,060	0,061	19	0,11400
ОПП6	140	3,0	0,363	0,497	0,166	0,121	13,5	0,07938

**Модель системы обмоток центрального соленоида и обмоток полоидального поля в программной среде Opera-2d**

Все программные расчеты производились в среде Opera-2d, представляющей собой набор программ на основе конечно-элементного анализа, которые могут быть использованы в качестве инструментов при проектировании электромагнитных устройств [3].

Так как все четыре обмотки центрального соленоида (ЦС1В – ЦС2Н) и шесть обмоток полоидального поля (ОПП1 – ОПП6) образуют систему круговых катушек прямоугольного поперечного сечения с общей осью, совпадающей с центральной осью установки токамака, для модели была выбрана осевая симметрия. Все элементы системы обмоток представлены своими поперечными сечениями.

Источниками электромагнитного поля в модели являются токи в обмотках ЦС и ОПП. При расчете задано равномерное распределение тока по сечению обмоток. За положительное направление токов принято направление против часовой стрелки относительно вертикальной оси Z, за плоскость модели. Соответствующие величины тока заданы в виде плотности полного тока для областей, моделирующих поперечные сечения обмоток.

Относительно оси симметрии Z магнитное поле имеет только касательную составляющую, нормальной составляющей, перпендикулярной оси симметрии нет, поток не пересекает ось, а движется вдоль нее.

Внешняя граница удалена от края моделируемой системы обмоток на расстояние порядка трех ее линейных размеров (рис. 3). Принято, что поток не пересекает внешние границы, поле на них убывает до нуля, нормальная составляющая на границе отсутствует.

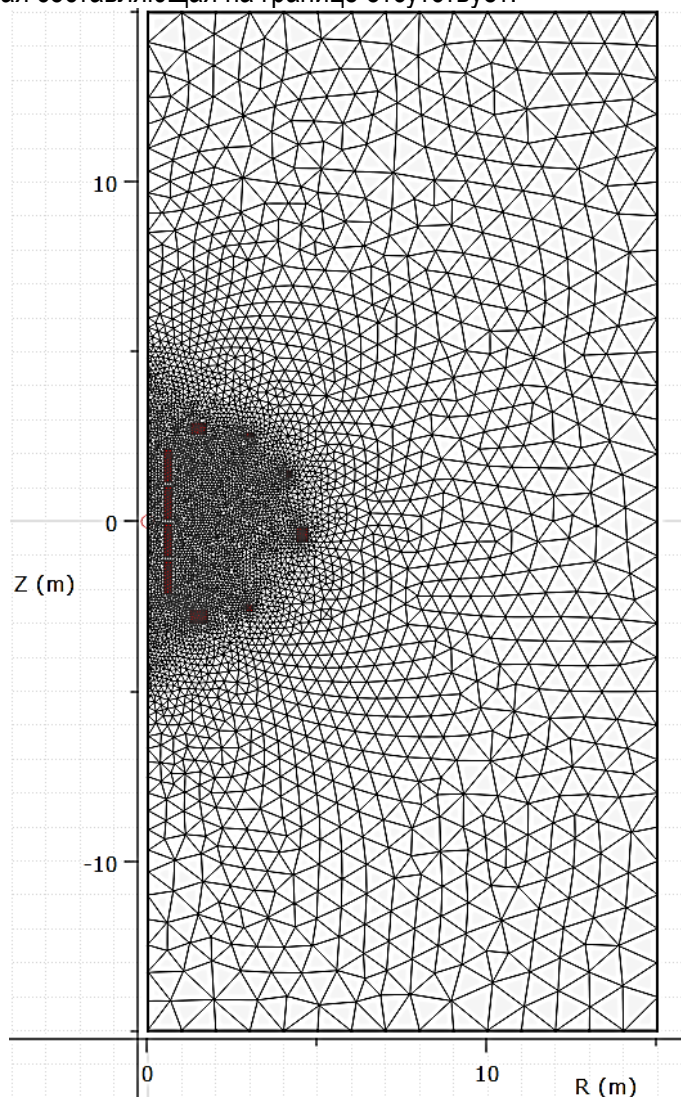


Рис. 3. Общий вид расчетной модели в Opera-2d с конечно-элементной сеткой

Таким образом, для всех границ расчетной области модели задано условие нулевой нормальной составляющей магнитного поля, в виде тангенциального (касательного) поля с постоянным значением векторного потенциала:

$$B_n = -\partial A / \partial t = 0, A = \text{const}, \text{принимая } A = 0.$$

Так как внешнего поля нет, значение векторного потенциала на границе принято равным нулю.

В области модели, где расположены поперечные сечения обмоток, шаг сетки уменьшен, к границам расчетной области сетка укрупнена.

### Расчет матрицы взаимных индуктивностей обмоток полоидального поля и центрального соленоида

Для осесимметричной модели магнитостатики в Opera-2d поток, сцепленный с круговым контуром радиуса  $a$ , вычисляется как:

$$\Phi = \int_{\theta=0}^{\theta=2\pi} \int_{r=0}^{r=a} B_z r dr d\theta = 2\pi \int_{r=0}^{r=a} B_z r dr. \quad (6)$$

Поскольку  $\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}$  и в осесимметричной модели присутствует только тороидальная компонента векторного магнитного потенциала  $A_\theta$ , то есть  $\int_{r=0}^{r=a} B_z r dr = rA_\theta$ , тогда поток, сцепленный с контуром:

$$\Phi = 2\pi r A_\theta(a). \quad (7)$$

Для многовитковой катушки с равномерной плотностью намотки и площадью поперечного сечения  $S$  средняя величина потока, сцепленного с контуром:

$$\Phi = \frac{1}{S} \int 2\pi r A_\theta dr dz. \quad (8)$$

Для вычисления собственных и взаимных индуктивностей центрального соленоида и обмоток полоидального поля в исходной модели задавалась одновременная работа всех обмоток на номинальные токи.

Интегрированием по площади поперечного сечения каждой обмотки в Opera-2d вычислялась величина (8). Рассчитанные при номинальных токах  $I_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) значения потоков  $\Phi_i$ , связанных с каждой из 10-ти обмоток подставлялись в исходную систему уравнений:

$$\begin{cases} N_1 \Phi_1 = L_1 I_1 + M_{12} I_2 + M_{13} I_3 + \dots + M_{110} I_{10} \\ N_2 \Phi_2 = L_2 I_2 + M_{21} I_1 + M_{23} I_3 + \dots + M_{210} I_{10} \\ \dots \\ N_{10} \Phi_{10} = L_{10} I_{10} + M_{101} I_1 + M_{102} I_2 + \dots + M_{109} I_9 \end{cases} \quad (9)$$

Затем в модели ток в одной из обмоток был изменен на небольшую величину  $\Delta I_i$ , что привело к небольшому изменению потока  $\Delta \Phi_i$  для каждой обмотки. Так, например, при изменении тока в 1-ой обмотке  $\Delta I_1$  система уравнений (9) принимает вид:

$$\begin{cases} N_1 (\Phi_1 + \Delta \Phi_1) = L_1 (I_1 + \Delta I_1) + M_{12} I_2 + M_{13} I_3 + \dots + M_{110} I_{10} \\ N_2 (\Phi_2 + \Delta \Phi_2) = L_2 I_2 + M_{21} (I_1 + \Delta I_1) + M_{23} I_3 + \dots + M_{210} I_{10} \\ \dots \\ N_{10} (\Phi_{10} + \Delta \Phi_{10}) = L_{10} I_{10} + M_{101} (I_1 + \Delta I_1) + M_{102} I_2 + \dots + M_{109} I_9 \end{cases} \quad (10)$$

## МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

При вычислении разности между первыми строками исходной (9) и полученной (10) систем уравнений, определяется собственная индуктивность 1-й катушки:

$$L_1 = \frac{N_1 \Delta \Phi_1}{\Delta I_1}. \quad (11)$$

Разность вторых строк дает значение взаимной индуктивности  $M_{21}$ :

$$M_{21} = \frac{N_2 \Delta \Phi_2}{\Delta I_1}. \quad (12)$$

Аналогично с помощью разности  $n$ -х строк вычисляется взаимная индуктивность  $M_{n1}$ .

Таким образом, последовательным изменением на небольшую величину тока в каждой из десяти обмоток и решением соответствующих систем уравнений были определены собственные и взаимные индуктивности всех обмоток.

Матрица индуктивностей, содержащая полученные значения представлена в табл. 3. На главной диагонали расположены значения собственных индуктивностей обмоток, в последней строке таблицы расположены значения приведенной индуктивности каждой из обмоток.

Таблица 3

**Матрица собственных и взаимных индуктивностей обмоток**

$M_{ij}$ , Гн	ЦС2_В	ЦС1_В	ЦС1_Н	ЦС2_Н	ОПП1	ОПП2	ОПП3	ОПП4	ОПП5	ОПП6
ЦС2_В	<b>0,0501</b>	0,0116	0,0019	0,0006	0,0083	0,0010	0,0033	0,0027	0,0012	0,0006
ЦС1_В	0,0116	<b>0,0501</b>	0,0116	0,0019	0,0030	0,0007	0,0033	0,0036	0,0021	0,0013
ЦС1_Н	0,0019	0,0116	<b>0,0501</b>	0,0116	0,0013	0,0004	0,0027	0,0044	0,0035	0,0030
ЦС2_Н	0,0006	0,0019	0,0116	<b>0,0501</b>	0,0006	0,0002	0,0020	0,0045	0,0052	0,0083
ОПП1	0,0083	0,0030	0,0013	0,0006	<b>0,0793</b>	0,0046	0,0097	0,0058	0,0022	0,0010
ОПП2	0,0010	0,0007	0,0004	0,0002	0,0046	<b>0,0056</b>	0,0060	0,0031	0,0011	0,0004
ОПП3	0,0033	0,0032	0,0027	0,0020	0,0097	0,0060	<b>0,1186</b>	0,0358	0,0116	0,0043
ОПП4	0,0027	0,0036	0,0044	0,0045	0,0058	0,0031	0,0358	<b>0,2071</b>	0,0406	0,0131
ОПП5	0,0012	0,0021	0,0034	0,0052	0,0022	0,0011	0,0116	0,0406	<b>0,1128</b>	0,0230
ОПП6	0,0006	0,0013	0,0030	0,0083	0,0010	0,0004	0,0043	0,0131	0,0230	<b>0,0793</b>
$L_{прив}$ , Гн	<b>0,0813</b>	<b>0,0890</b>	<b>0,0903</b>	<b>0,0850</b>	<b>0,1158</b>	<b>0,0234</b>	<b>0,1974</b>	<b>0,3208</b>	<b>0,2034</b>	<b>0,1343</b>

В качестве проверки найденные значения были подставлены в исходную систему уравнений (9), получено равенство правой и левой частей. Также значения собственных индуктивностей обмоток, рассчитанные через потокосцепление с помощью программы Opera-2d, сравнивались с рассчитанными по справочным формулам. Результаты расчетов обоими методами незначительно отличаются. Разность результатов, вероятно, связана с недостаточно высокой степенью точности расчета с помощью интерполирования по соответствующим справочным кривым.

### Заключение

Применение программной среды Opera-2d позволяет вычислять собственную и взаимную индуктивность систем круговых катушек с совпадающими осями. На основе геометрических параметров поперечных сечений и взаимного расположения обмоток центрального соленоида и обмоток полого поля электромагнитной системы токамака с реакторными технологиями была построена осесимметричная модель и определены значения собственных и взаимных индуктивностей этих обмоток.

Собственные индуктивности обмоток были также рассчитаны по справочным формулам. Результаты расчета по справочным формулам с использованием соответствующих кривых незначительно отличаются от результатов расчета собственных индуктивностей через полученные в Opera-2d величины потокосцеплений.

Полученные расчетные значения индуктивностей ЦС и ОПП могут быть использованы при выборе источников питания электромагнитной системы, а также при оценке величины токов в обмотках ЦС и ОПП для модели центрального срыва тока плазмы.

### Список источников

1. Бондарчук Э. Н., Воронова А. А., Григорьев С. А. Инженерно-технические аспекты электромагнитной системы установки TRT // Физика плазмы. 2021. Т. 47. № 12. С. 1070–1086.
2. Калантаров П. Л., Цейтлин Л. А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 488 с.
3. Opera-2d User Guide, Version 19, January 2019.
4. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 1 Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под ред. В. Г. Герасимова. 9-е изд. М.: МЭИ, 2003. 440 с.

УДК 004

**Д. А. Копыльцов**

ученик 10-го класса ГБОУ школы № 693

**О. С. Польских, А. А. Кренева** – магистры кафедры управления в технических системах – научные руководители

## **ЗАЩИТА КАНАЛОВ СВЯЗИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (ИОТ)**

Согласно исследованиям на данный момент устройств, подключенных к интернету, около 30 млрд, и эта цифра будет только расти. Многие люди не подозревают насколько их жизнь тесно связана с IoT технологиями и какую огромную угрозу несет их взлом. По мере того, как IoT все больше переплетается с жизнью людей, возрастают и риски информационной безопасности. Риски, связанные с использованием технологий IoT, актуальны для всех пользователей [1]. Взломать можно все – от пылесоса до smartчасов. Любое взломанное устройство или соединение может стать брешью в защите, через которую злоумышленники проникнут внутрь системы, например, для открытия smart-замка и дальнейшего проникновения в квартиру.

### **История создания**

IoT – это коллективная сеть подключенных устройств и технологий, которая облегчает связь между устройствами и облаком, а также между самими устройствами.

Самыми первыми что-то похожее на нынешний интернет вещей придумали на обычные студенты университета Карнеги – Меллон. Это произошло в 1982 году. На 3 этаже университета стоял автомата Coca-Cola, пользовавшийся популярностью у учеников, но была одна проблема – газировка в этом аппарате быстро заканчивалась и часто студенты поднимались туда напрасно. Тогда группа студентов придумала как улучшить аппарат, сделав так, чтоб каждый студент мог посмотреть количество напитков прямо с компьютера. Но за пределы университета это не вышло.

Второй человек, который внес вклад в развитие IoT сферы, был Джон Ромки. Он подключил свой тостер к компьютеру и смог управлять им дистанционно. Свой умный тостер он принес на выставку технологий Interop.

Само понятие «интернет вещей» придумал Кевин Эштон, когда он презентовал свою идею компании Procter&Gamble. Сначала он планировал разработку программы для оптимизации производства, он хотел автоматизировать сбор и обработку данных. В своем определении он дал описание системы интернет вещей, как системы в которой интернет связан с физическим миром через сенсоры. Но все разработки Эштона не были востребованы до недавнего времени.

К этому термину вернулись в 2008 году. Тогда активно развивался рынок мобильных устройств. Расширением которого были заняты многие. Понятно, что рано или поздно рынок должен был переполниться. Согласно исследованиям к 2014 году количество мобильных устройств на земле должно было превысить количество населения на планете.

Рынок не стоит на месте, и производители стали думать над тем, в каком направлении двигаться дальше.

Тогда в разработках одной компании появились мысли что востребованы будут умные устройства, то есть подключенные к Интернету. Тогда были проведены аналитические исследования, которые показали, что к 2020 году устройств с подключением к интернету будет около 50 млрд. Сумма была настолько значительной, что ниша интернет вещей начала активно заниматься производителями [2].

### **Примеры интернета вещей в жизни**

Как сказано выше, многие даже не осознают, как часто они сталкиваются с технологиями интернета вещей, например, даже самая простая функция, такая как отследить посылку на почте. Мало кто знает, что эта технология также является частью интернета вещей.

Допустим, сейчас набирает популярность «умный дом» который облегчает жизнь человека. Так вот почти каждый процесс – от включения света в комнате с телефона до управления дверьми полностью является IoT-технологией.

IoT так же используют и в торговле, где интернет вещей отслеживает потенциальные продажи на рынке в режиме реального времени. В каждом магазине есть кассы самообслуживания, и это тоже интернет вещей, с помощью которого продукты добавляются в корзину с товарами.

Все более «умными» становятся наши средства передвижения: самолеты, поезда, машины. В настоящее время существует множество автомобилей, у которых есть доступ в интернет. Пользователь может с помощью своего телефона отрегулировать температуру в салоне, закрывать, открывать двери, включать дистанционно отопление и многое другое. Все это делает поездку намного комфортнее. Еще не так давно про машины без водителя можно было прочитать только на страницах фантастики, но сегодня такие машины уже наша реальность. Взлом систем таких автономных автомобилей может привести к авариям. Один из примеров взлома, например, стал случай со смертельным исходом, когда произошел сбой в работе автопилота Tesla.

Но, вероятно, одна из самых больших опасностей, о которой вам следует помнить, когда вы окружаете себя интернетом, – это безопасность данных пользователей. На это стали обращать внимание так как, умные устройства имеют возможность получать много информации о своих пользователях. Становится практически невозможно контролировать, что именно устройства и их производители знают о владельцах. В любой момент этой информацией могут воспользоваться третьи лица. Задумайтесь, допустим, о роботах-пылесосах: Для того чтобы максимально выполнять свои функции им необходимы датчики, камеры и наличие искусственного интеллекта. Но они могут спокойно ездить по всему дому, попадая в любые места и снимая все что угодно, Таким образом, они получают доступ к большому количеству информации. Ну а эта информация дает возможность составить полный портрет пользователя: привычки, семья, информация. Сейчас многие устройства снабжены веб-камерами, а их взлом может выставить вашу жизнь на обозрение общества [3].

Есть еще много того, что не было названо, но окружает нас каждый день от простого телефон до фитнес-браслета или медицинского оборудования.

### Реализация связи между устройствами

Перед тем как перейти к вопросам безопасности необходимо понять, как же все-таки осуществляется связь между устройствами IoT. К разным типам устройств подходят разные способы связи:

1) сотовый способ передачи – предназначен для работы на большом расстоянии, делится на различные категории, наиболее современный и самый быстрый способ передачи данных сейчас это 4G;

2) технология LPWAN – это беспроводная сеть, при помощи которой устройства с низким энергопотреблением (счетчики, умные часы) можно подключать на большие расстояния [4];

3) спутниковый IoT – для этого подключения используются спутники для передачи данных между IoT-устройствами и серверами [4]. Это позволяет обеспечить покрытие в отдаленных и труднодоступных районах, где другие типы подключения могут быть недоступны или неэффективны [5];

4) TSN– это набор стандартов, разработанных для обеспечения определенного уровня качества услуг в сетях Ethernet. TSN позволяет гарантировать низкую задержку и высокую надежность для критически важных IoT-приложений, таких как автоматизация производства и автономные транспортные средства [4];

5) Li-Fi – это технология беспроводной связи, которая использует световые волны для передачи данных. Li-Fi дает высокую пропускную способность и низкую задержку, что делает ее более удобной для IoT-приложений, которые требуют быстрого обмена данными, таких как умные здания и робототехника [4];

6) Bluetooth и Bluetooth Low Energy. Протокол Bluetooth обеспечивает беспроводную связь через радиочастоту. Говоря Bluetooth имеют ввиду сетевой протокол, который обеспечивает стабильное соединение для устройств, у которых низкое энергопотребление. Примером является соединение между смартфоном и фитнес-трекером [6].

Как видно, данных способов много и вопрос актуальности безопасности стоит очень остро.

### Проблемы безопасности

На данный момент в системе существует много слабых мест и это может спровоцировать рост преступлений.

#### *Недостаточный уровень тестирования и разработки на начальной стадии*

Здесь можно вернуться к началу нашего доклада. «Тогда были проведены аналитические исследования, которые выдали результат, что к 2020 году устройств с подключением к интернету будет около 50 млрд. Сумма была настолько значительной, что ниша интернет вещей начала активно заниматься производителями». Понятно, что производители спешили отхватить кусок рынка поживнее, и это зачастую влияло на то что вопросы безопасности не дорабатывались

#### *Взлом системы из-за использования паролей производителей*

Это может происходить, так как производители предустанавливают пароли, а они изначально ненадежны.

#### *Вредоносные программы*

Вирус может попасть в компьютер многими способами, это и через письмо на почте, любой мессенджер, через сообщение на телефон, скачанные программы и приложения, при переходе по вредоносной ссылке, можно зайти не на тот сайт, или через флешку с вирусом. Здесь стоит вспомнить про сотни тысяч устройств, которые в 2016 году были вовлечены в ботнет Mirai. Ботнет – это сеть компьютеров, которые специально заразили вредоносным ПО для выполнения задач в интернете, без согласия и ведома владельцев этих компьютеров [7]. Тогда была нарушена работа многих крупных сервисов.

#### *Проблемы утечки личных данных*

Устройства интернета вещей обрабатывают, хранят и передают большой объем данных пользователей. Надо понимать, что данные кредитных карт, личные данные, банковская информация все это может попасть к третьим лицам и использована в корыстных целях.

#### *DDoS-атаки*

Зараженные устройства интернета вещей в том числе могут служить для DDoS-атак, это когда идут массовые запросы к серверу, объем этих запросов начинает превышать допустимый, и это блокирует работу сервера для других пользователей. Чаще всего DDoS-атакам подвержены компании, но в последнее время рассматривают и возможность таких атак на умные дома.

#### *Незащищенные интерфейсы*

Незащищенные интерфейсы – это и слабое шифрование или его отсутствие, и слабая проверка подлинности данных, возможности анонимного доступа. На этом месте стоит вспомнить как в 2020 была взломана модель автомобиля Tesla Model X, тогда хакеры воспользовались уязвимостью Bluetooth. Тот эксперимент показал, как легко по незащищенной системе можно не только угнать автомобиль, но и перехватить управление у водителя. Допустим в 2016 году два хакера виртуально захватили управление автомобилем Jeep Cherokee. Это был первый виртуальный угон. При это сам водитель в это время был в машине. Сначала хакеры взяли под контроль вентиляционную систему, радио, стеклоочистители, а потом водитель потерял контроль над управлением автомобилем В заключение своего виртуального угона, хакеры смогли дистанционно остановить машину.

#### *Работа по незащищенной домашней сети*

Эта проблема выявилась, так как многие компании стали повсеместно переводить на удаленную работу сотрудников.

#### *Методы защиты*

Для решения подобных проблем и создание безопасной IoT-системы на уровне производителей требуется комплексный подход, включающий:

- мониторинг трафика устройства (при кибератаке трафик будет увеличен);
- выделение IoT-устройства в особый сегмент сети;
- информационная безопасность должна быть одним из приоритетов компаний, и возможные риски внесены в описание модели [2]
- создание шифра для всей коммуникации между узлами;
- контроль состояния ПО и конфигураций устройств с помощью цифровой подписи;



- обеспечение идентификации каждого узла сети IoT на основе его уникального ID и полномочий;
  - обязательное подтверждение цифровой подписью всех коммуникаций в дополнение к уже существующему шифрованию трафика;
  - максимальное использование проверенных технологий защиты и партнерских связей.
- Необходимо понимать на каком этапе каждый пользователь может обезопасить себя и как следует поступать производителям.

Если мы говорим о пользователях, то во первых необходимо регулярно обновлять устройства, в том числе их программное обеспечение, контролировать логины и пароли на разных устройствах (в идеале они должны отличаться), так же пароли не должны быть легко узнаваемы (год рождения, девичья фамилия матери, годовщины и т. д.), для того чтобы хакер не мог узнать марку или модель роутера необходимо поменять имя роутера, но важно чтобы это имя не давало возможности злоумышленникам узнать ваших личных данных. Рекомендуется создать гостевую беспроводную сеть. Можно предположить, что до подключения к вашей сети, гость мог воспользоваться сетью, которая уже была заражена вредоносными программами. Это поможет остановить распространение заражения. Соблюдайте осторожность при использовании публичных сетей Wi-Fi. Это необходимо для того чтобы не подключиться к сети зараженной вредоносным ПО.

### Заключение

Изучив вопрос интернета вещей пришло понимание, что автоматизированных устройств с годами становится на рынке все больше. На данный момент кибербезопасность – это вопрос номер один. И мы должны четко понимать, как интернет вещей влияет на нашу жизнь, и как лучше всего к этому подготовиться. Растущий уровень угроз приводит к необходимости искать новые методы защиты, позволяющие системно решить задачу обеспечения информационной безопасности. Эта тема привлекает все более повышенное внимание экспертного сообщества.

### Список источников

1. *Вольвач А. В., Поддубная Н. С.* Уязвимости системы умный дом // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. № 1. С. 49–52.
2. Как обеспечить безопасность IoT-устройств. URL: <https://www.anti-malware.ru/practice/methods/How-to-keep-IoT-devices-secure#part3> (дата обращения: 02.03.2024).
3. Информационная безопасность интернета вещей. URL: <https://center2m.ru/informatsionnaya-bezopasnost-veschey> (дата обращения: 03.03.2024).
4. Технологии подключения IoT. URL: <https://sofiot.ru/tehnologii-podklyucheniya-iot/> (дата обращения: 15.03.2024).
5. Безопасность в мире IoT <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/tehnologii/124399/> (дата обращения: 13.03.2024).
6. Интернет вещей: обзор проблем безопасности. URL: <https://business-online.su/blog/internet-veshchey-problemy-bezopasnosti/> (дата обращения: 03.03.2024).
7. Проблемы безопасности интернета вещей и передовые методы их решения. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/preemptive-safety/best-practices-for-iot-security> (дата обращения: 02.03.2024).

УДК 004.8

**К. С. Копытов**

студент кафедры прикладной математики

**А. В. Арефьев** – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БИЗНЕС-АНАЛИТИКЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ

### Введение

Бизнес-аналитика – это процесс сбора, анализа и интерпретации больших объемов данных с целью получения значимой и действенной информации, которая может способствовать принятию стратегических решений в организации [1]. Она включает в себя использование различных инструментов, технологий и методологий для сбора данных из внутренних и внешних источников, преобразования их в ценные знания и представления в формате, который легко понять и использовать лицам, принимающим решения [2].

Цель бизнес-аналитики – дать организациям возможность получить полное представление о своей деятельности, клиентах, рыночных тенденциях и конкурентной борьбе. Бизнес-аналитика охватывает целый ряд видов деятельности, включая интеграцию данных, добычу данных, визуализацию данных, отчетность и мониторинг производительности. Она часто предполагает использование хранилищ данных или карт данных для централизации и хранения больших объемов структурированных и неструктурированных данных, которые затем могут быть проанализированы с помощью различных статистических и аналитических методов [1].

Машинное обучение и искусственный интеллект (ИИ) играют важнейшую роль в укреплении и расширении возможностей бизнес-аналитики. Они позволяют организациям извлекать ценные сведения из огромных массивов данных, автоматизировать процессы и делать точные прогнозы. Алгоритмы машинного обучения, подмножество ИИ, предназначены для автоматического обучения на основе данных без явного программирования [2]. Они могут анализировать сложные закономерности, выявлять корреляции, делать прогнозы и рекомендации на основе исторических данных. В контексте бизнес-аналитики алгоритмы машинного обучения могут использоваться для выявления скрытых закономерностей в данных, проведения расширенного анализа данных и получения ценных сведений для принятия решений.

ИИ, с другой стороны, относится к более широкой концепции создания интеллектуальных систем, которые могут имитировать человеческий интеллект. В бизнес-аналитике такие методы ИИ, как обработка естественного языка и компьютерное зрение, используются для извлечения информации из неструктурированных источников данных, таких как текстовые документы, изображения и видео. Это позволяет организациям извлекать информацию из более широкого спектра типов и источников данных. Интеграция машинного обучения и ИИ в бизнес-аналитику дает несколько преимуществ. Во-первых, эти технологии позволяют организациям автоматизировать повторяющиеся и трудоемкие задачи, такие как очистка данных, интеграция данных и создание отчетов [3]. Это высвобождает ценные ресурсы и позволяет сотрудникам сосредоточиться на более стратегических видах деятельности, приносящих добавленную стоимость.

Во-вторых, машинное обучение и искусственный интеллект могут улучшить анализ данных, выявляя сложные закономерности и тенденции, которые могут быть неочевидны для человеческих аналитиков. Это может привести к более точным прогнозам, улучшению прогнозирования и принятию более эффективных решений. Кроме того, машинное обучение и ИИ могут способствовать получению персонализированных и контекстно-зависимых выводов. Анализируя поведение и предпочтения отдельных клиентов, организации могут предоставлять целевые рекомендации, персонализированные маркетинговые кампании и индивидуальный подход к клиентам. В целом машинное обучение и ИИ в бизнес-аналитике позволяют организациям извлекать из данных действенные идеи, автоматизировать процессы, повышать эффективность принятия решений, а также внедрять инновации и обеспечивать конкурентные преимущества в современной бизнес-среде, основанной на данных [4].

**Тенденции в области машинного обучения  
и искусственного интеллекта в бизнес-аналитике**

*Предиктивная аналитика и прогнозирование*

Алгоритмы машинного обучения используются для анализа исторических данных и выявления закономерностей и тенденций. Это позволяет компаниям делать точные прогнозы относительно будущих результатов для оптимизации операций и снижения рисков. Предиктивная аналитика помогает организациям оптимизировать свою деятельность путем прогнозирования спроса, оптимизации уровней запасов и улучшения управления цепочками поставок [5]. Она также помогает выявлять потенциальные риски и принимать упреждающие меры по их снижению.

Предиктивная аналитика использует алгоритмы машинного обучения для анализа огромных объемов исторических данных, выявления закономерностей и извлечения значимых выводов. Эти алгоритмы позволяют выявить сложные взаимосвязи и корреляции, которые могут быть не очевидны при использовании традиционных методов анализа. Используя предиктивную аналитику, компании могут делать точные прогнозы относительно будущих результатов. Это позволяет оптимизировать операции, предвидеть колебания спроса и улучшить распределение ресурсов. Она также помогает выявлять потенциальные риски и принимать упреждающие меры по их снижению [6].

Предиктивная аналитика позволяет организациям прогнозировать структуру спроса, выявлять сезонные тенденции и предвидеть колебания рынка. Это помогает оптимизировать уровень запасов, оптимизировать управление цепочками поставок и сократить расходы, связанные с избыточным или недостаточным складированием. Предиктивная аналитика позволяет анализировать исторические данные о продажах, тенденции рынка, поведение клиентов и другие важные факторы для прогнозирования будущих продаж и доходов. Это позволяет компаниям устанавливать реалистичные цели, эффективно распределять ресурсы и разрабатывать стратегии продаж, соответствующие рыночному спросу.

Предиктивная аналитика может использоваться для оценки и прогнозирования рисков в различных сферах, таких как финансы, страхование и кибербезопасность. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять аномалии, определять потенциальные схемы мошенничества и отмечать подозрительные действия, что позволяет организациям снижать риски и предотвращать финансовые потери. Предиктивная аналитика помогает понять поведение, предпочтения и характер покупок клиентов. Используя эти данные, компании могут персонализировать маркетинговые кампании, предлагать целевые рекомендации по продуктам и создавать индивидуальный клиентский опыт [2]. Это повышает удовлетворенность клиентов и улучшает показатели их удержания.

Предиктивная аналитика и прогнозирование предоставляют компаниям ценные сведения и позволяют принимать решения на основе данных. Используя алгоритмы машинного обучения и исторические данные, организации могут оптимизировать работу, предвидеть тенденции рынка, снижать риски и предоставлять персонализированный опыт. Это позволяет компаниям оставаться конкурентоспособными, стимулировать рост и принимать обоснованные решения в условиях все более динамичного и ориентированного на данные бизнес-ландшафта.

*Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ*

Чат-боты и виртуальные помощники на базе искусственного интеллекта используют методы обработки естественного языка, чтобы понимать и отвечать на запросы клиентов. Машинное обучение позволяет им со временем улучшать свои ответы, изучая опыт взаимодействия с клиентами. Чат-боты и виртуальные помощники автоматизируют рутинное взаимодействие с клиентами, например, отвечают на часто задаваемые вопросы, дают рекомендации по продуктам и помогают устранить основные неполадки. Это высвобождает человеческие ресурсы и повышает эффективность обслуживания клиентов.

Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ используют методы обработки естественного языка для понимания и интерпретации запросов клиентов и предоставления точных ответов. Алгоритмы машинного обучения позволяют им постоянно совершенствовать свои способности к пониманию и реагированию путем обучения на больших массивах данных [5]. Чат-боты и виртуальные помощники автоматизируют рутинное взаимодействие с клиентами, например, отвечают на часто задаваемые вопросы, предоставляют информацию о продуктах и помогают устранить основные неполадки. Это сни-

жает нагрузку на агентов по обслуживанию клиентов и позволяет им сосредоточиться на более сложных или специализированных задачах.

Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ могут работать круглосуточно, мгновенно отвечая на запросы клиентов и предоставляя им поддержку. Это гарантирует, что клиенты получают своевременную помощь, независимо от часового пояса или рабочего времени. Это повышает удовлетворенность клиентов и улучшает время отклика. Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ могут анализировать данные о клиентах и историю их взаимодействия, чтобы обеспечить персонализированный опыт. Они могут предлагать индивидуальные рекомендации, предложения товаров и индивидуальные решения на основе индивидуальных предпочтений, истории покупок и моделей поведения. Такая персонализация повышает вовлеченность клиентов и способствует развитию долгосрочных отношений.

Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ могут быть интегрированы в различные каналы, включая веб-сайты, мобильные приложения, платформы социальных сетей и приложения для обмена сообщениями. Они обеспечивают последовательную и бесперебойную поддержку по всем этим каналам, позволяя клиентам обращаться за помощью через предпочитаемые ими каналы связи [7]. Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ могут учиться на основе взаимодействия с клиентами, отзывов и пользовательских данных. Алгоритмы машинного обучения позволяют им адаптироваться и улучшать свои ответы с течением времени, обеспечивая более точное, эффективное и результативное реагирование на запросы клиентов и решение проблем.

Чат-боты и виртуальные помощники на базе искусственного интеллекта дают компаниям возможность повысить качество обслуживания клиентов, увеличить время ответа и обеспечить персонализированный опыт. Они оптимизируют взаимодействие с клиентами, автоматизируют рутинные задачи и позволяют компаниям оказывать последовательную и эффективную поддержку по нескольким каналам. Используя эти технологии, организации могут оптимизировать свою работу по обслуживанию клиентов, повысить уровень удовлетворенности клиентов и укрепить отношения с ними [8].

### *Объяснимый ИИ и этические соображения*

С ростом сложности моделей ИИ все больше внимания уделяется пониманию и интерпретации их процессов принятия решений. Методы объясняемого ИИ направлены на то, чтобы сделать модели ИИ более прозрачными и интерпретируемыми, позволяя пользователям понять, почему принимаются те или иные решения или прогнозы. Прозрачные и этичные модели ИИ для укрепления доверия и снижения рисков: Этические соображения при разработке и внедрении ИИ приобретают все большее значение. Прозрачные и этически обоснованные модели ИИ укрепляют доверие клиентов, регулирующих органов и заинтересованных сторон. Организации уделяют особое внимание справедливости, подотчетности и прозрачности, чтобы устранить возможные предубеждения и избежать негативных последствий. Эти тенденции в области машинного обучения и ИИ в бизнес-аналитике определяют то, как организации анализируют данные, взаимодействуют с клиентами и обеспечивают этическую и прозрачную практику ИИ [9].

Приняв эти тенденции, компании смогут получать ценные сведения, улучшать качество обслуживания клиентов и принимать обоснованные решения для повышения эффективности и конкурентного преимущества. Важность понимания и интерпретации решений, принимаемых с помощью ИИ. По мере того как алгоритмы ИИ становятся все более сложными и изощренными, растет потребность в понимании того, как они принимают решения и делают прогнозы [10]. Объяснимый ИИ фокусируется на разработке моделей и методов, обеспечивающих прозрачные объяснения решений, принимаемых на основе ИИ. Это позволяет заинтересованным сторонам, включая пользователей, регулирующие органы и аудиторов, понять причины, лежащие в основе результатов работы ИИ, и укрепить доверие к технологии.

Этические соображения при разработке и внедрении ИИ имеют первостепенное значение. Прозрачные и интерпретируемые модели ИИ помогают обеспечить справедливость, подотчетность и прозрачность процессов принятия решений. Отказ от моделей «черного ящика» и обеспечение прозрачности позволяют организациям снизить риски, связанные с предвзятостью, дискриминацией и непредвиденными последствиями.

Модели ИИ, обученные на предвзятых данных, могут увековечить и усилить существующие предубеждения, что приведет к несправедливым результатам. Этические соображения требуют от ор-

ганизаций выявлять и смягчать предубеждения в алгоритмах ИИ, обеспечивая справедливость в отношении различных групп и не допуская дискриминации по защищенным признакам, таким как раса, пол или возраст. Это предполагает тщательный отбор данных, их предварительную обработку и постоянный мониторинг моделей ИИ [8]. ИИ опирается на огромные объемы данных, часто включающих конфиденциальную и личную информацию. Этические соображения подчеркивают важность защиты конфиденциальности пользователей и обеспечения соответствия нормам защиты данных. Организации должны применять надежные меры безопасности, методы анонимизации данных и безопасные методы обработки данных для защиты пользовательской информации.

Этичный ИИ требует от организаций создания системы подотчетности для систем ИИ. Это включает в себя четкое руководство по ответственности, мониторингу и аудиту алгоритмов ИИ и их результатов [11]. Прозрачность процессов принятия решений ИИ помогает обнаружить ошибки, предвзятость или неэтичное поведение и облегчает принятие мер по исправлению ситуации.

Хотя системы ИИ могут автоматизировать процессы принятия решений, этические соображения требуют человеческого надзора и контроля. Организациям следует обеспечить участие людей в принятии важнейших решений, обеспечивая сдержки и противовесы, чтобы избежать слепого полагания на результаты работы ИИ. Человеческие суждения, этические соображения и ответственность должны оставаться неотъемлемой частью процесса принятия решений. Решая вопросы объяснения способностей и этических аспектов ИИ, организации могут укрепить доверие, обеспечить справедливость и снизить потенциальные риски. Прозрачные и этичные модели ИИ способствуют ответственному внедрению ИИ, защите прав личности и этичному использованию ИИ в различных сферах – от финансов и здравоохранения до автономных транспортных средств и систем уголовного правосудия.

### **Возможности машинного обучения и искусственного интеллекта в бизнес-аналитике**

#### *Автоматизированный анализ данных и обнаружение аномалий*

Алгоритмы машинного обучения позволяют предприятиям автоматизировать задачи анализа данных, такие как очистка данных, извлечение признаков и преобразование данных. Это ускоряет процесс анализа данных и сокращает ручные усилия. Методы машинного обучения и искусственного интеллекта позволяют обнаруживать аномалии в данных, выявлять скрытые закономерности и предоставлять ценные сведения для оптимизации процессов. Это помогает организациям выявить неэффективность, улучшить рабочие процессы и повысить общую производительность [10].

Автоматизированный анализ данных использует алгоритмы машинного обучения для эффективной обработки больших объемов данных. Эти алгоритмы могут обрабатывать сложные структуры данных, выявлять соответствующие закономерности и извлекать значимые сведения, экономя время и усилия по сравнению с ручным анализом. Автоматизированные методы анализа данных, такие как алгоритмы обнаружения аномалий, позволяют выявить необычные закономерности или выбросы в данных. Это помогает организациям выявлять потенциальные ошибки, мошенничество или нарушения в режиме реального времени, что позволяет принимать упреждающие решения и своевременно принимать меры.

Автоматизированный анализ данных позволяет организациям создавать системы мониторинга и оповещения в режиме реального времени. Постоянно анализируя входящие потоки данных, организации могут обнаруживать аномалии или отклонения от ожидаемых моделей и запускать оповещения или уведомления для принятия немедленных мер. Автоматизированный анализ данных позволяет выявить неэффективность или узкие места в бизнес-процессах, анализируя данные из различных источников. Это позволяет организациям выявлять области для улучшения, рационализировать операции и оптимизировать распределение ресурсов для повышения производительности и рентабельности.

Анализируя исторические данные и закономерности, автоматизированный анализ данных может предсказать потенциальные отказы оборудования или необходимость технического обслуживания [8]. Это позволяет организациям внедрять упреждающие стратегии технического обслуживания, минимизировать время простоя и снижать риски, связанные с неожиданными отказами. Автоматизированный анализ данных предоставляет организациям точные и актуальные сведения, которые способствуют принятию решений на основе данных. Автоматизация процесса анализа позволяет организациям принимать обоснованные решения на основе достоверных данных, что ведет к повышению операци-

онной эффективности, лучшему распределению ресурсов и улучшению стратегического планирования. Автоматизированный анализ данных и обнаружение аномалий позволяют организациям раскрывать скрытую информацию, выявлять аномалии и оптимизировать свою деятельность [12]. Используя алгоритмы машинного обучения и мониторинг в режиме реального времени, компании могут заблаговременно выявлять и решать проблемы, улучшать процесс принятия решений и повышать эффективность и результативность своей деятельности.

### *Прогнозирование спроса и динамическое ценообразование*

Алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные о продажах, тенденции рынка и другие важные факторы, чтобы точно прогнозировать будущий спрос. Это позволяет компаниям оптимизировать уровень запасов, планировать производство и улучшать распределение ресурсов. Алгоритмы ценообразования на основе искусственного интеллекта могут динамически корректировать цены в зависимости от рыночных условий, колебаний спроса и поведения клиентов в режиме реального времени. Это позволяет организациям оптимизировать ценовые стратегии, максимизировать доходы и быстро реагировать на изменения рынка.

Модели прогнозирования спроса, основанные на алгоритмах машинного обучения, анализируют исторические данные о продажах, рыночные тенденции, поведение клиентов и внешние факторы, чтобы точно предсказать будущий спрос. Это позволяет компаниям оптимизировать производство, управление запасами и работу цепочки поставок [5], [6]. Прогнозирование спроса позволяет организациям поддерживать оптимальный уровень запасов путем приведения их количества в соответствие с прогнозируемым спросом. Избегая переизбытка или недостаточности запасов, предприятия могут снизить затраты на хранение, минимизировать складские запасы и повысить общую операционную эффективность.

Динамическое ценообразование использует рыночные данные в реальном времени, поведение клиентов и прогнозы спроса для динамической корректировки цен. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать эту информацию и определять оптимальные стратегии ценообразования, чтобы максимизировать выручку, реагировать на изменения рыночных условий и оставаться конкурентоспособными. Прогнозирование спроса в сочетании с сегментацией потребителей позволяет компаниям предлагать персонализированные цены и целевые рекламные акции. Анализируя предпочтения клиентов, историю покупок и готовность платить, организации могут предложить индивидуальные варианты ценообразования и стимулы, повышая удовлетворенность и лояльность клиентов.

Алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные о ценах и реакцию клиентов, чтобы определить эластичность цен. Это помогает компаниям понять, как изменение цены влияет на спрос, и оптимизировать ценовые стратегии соответствующим образом [12]. Определив пороговые значения цен и точки максимизации выручки, организации могут выработать оптимальные ценовые стратегии. Прогнозирование спроса и динамическое ценообразование позволяют организациям собирать информацию о конкурентах и соответствующим образом корректировать свои ценовые стратегии. Отслеживая динамику рынка, цены конкурентов и предпочтения клиентов, компании могут оптимизировать ценообразование для сохранения конкурентных преимуществ и улучшения позиционирования на рынке.

Методы прогнозирования спроса и динамического ценообразования, основанные на машинном обучении и искусственном интеллекте, позволяют компаниям получить ценные сведения о покупательском спросе и оптимизировать ценовые стратегии. Благодаря точному прогнозированию спроса, оптимизации уровня запасов и динамической корректировке цен организации могут повысить доходы, максимизировать рентабельность и усилить свою конкурентоспособность на рынке.

### *Ускоренное принятие решений благодаря аналитическим данным на основе искусственного интеллекта*

Машинное обучение и искусственный интеллект позволяют организациям анализировать большие объемы данных в режиме реального времени, получая действенные выводы для своевременного принятия решений. Это помогает компаниям оставаться гибкими и быстро реагировать на изменения рыночной динамики. Используя возможности искусственного интеллекта, организации могут выявлять возникающие тенденции, рыночные возможности и предпочтения клиентов. Это позволяет им внедрять инновации, разрабатывать новые продукты или услуги и опережать конкурентов на быстро меняющихся рынках [9].

Аналитика на основе ИИ обрабатывает данные в режиме реального времени, предоставляя организациям актуальные и действенные сведения. Это обеспечивает гибкость в принятии решений, позволяя компаниям быстро реагировать на изменение рыночных условий, предпочтений клиентов и возникающих тенденций. Прогностическая аналитика на базе ИИ использует исторические данные и алгоритмы машинного обучения для прогнозирования будущих результатов. Используя эти данные, организации могут принимать упреждающие решения, предвидеть потенциальные проблемы и использовать возможности до их возникновения. Системы на базе ИИ могут автоматически анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и извлекать ценные сведения. Это устраняет необходимость ручной обработки данных и позволяет быстрее принимать решения на основе точной и полной информации [10].

Системы на основе ИИ помогают организациям оптимизировать распределение ресурсов, выявляя области, в которых ресурсы могут быть распределены более эффективно. Это включает в себя оптимизацию штатного расписания, управление запасами, графики производства и сети распределения, что приводит к повышению операционной эффективности и снижению затрат [11].

Системы поддержки принятия решений на базе ИИ могут моделировать различные сценарии и результаты, основанные на различных факторах и переменных. Это позволяет организациям изучать различные варианты, оценивать потенциальные риски и выгоды и принимать обоснованные решения, основываясь на наиболее благоприятных исходах. Системы ИИ могут постоянно учиться на основе данных и отзывов пользователей, улучшая свои возможности по принятию решений с течением времени [12]. Этот процесс адаптивного обучения повышает точность и релевантность выводов, позволяя организациям принимать все более эффективные решения по мере развития системы ИИ.

Используя возможности ИИ, организации могут принимать оперативные решения, основанные на данных. Анализ в реальном времени, предиктивная аналитика, автоматизированный анализ данных и сценарное моделирование позволяют компаниям быстро реагировать на изменения рынка, оптимизировать распределение ресурсов и принимать обоснованные решения, способствующие росту и конкурентоспособности. Аспект непрерывного обучения ИИ гарантирует, что процессы принятия решений развиваются и совершенствуются, что со временем приводит к лучшим результатам [7].

#### *Повышение качества обслуживания клиентов за счет персонализации*

Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные о клиентах, модели поведения и предпочтения, создавая подробные сегменты потребителей. Это позволяет компаниям проводить персонализированные маркетинговые кампании, давать рекомендации по продуктам [10] и создавать индивидуальный клиентский опыт. Чат-боты и виртуальные помощники на базе ИИ обеспечивают персонализированную и эффективную поддержку клиентов, отвечая на вопросы, решая проблемы и предлагая необходимую помощь. Это повышает удовлетворенность клиентов, увеличивает время отклика и снижает затраты на поддержку. Используя эти возможности, организации могут использовать мощь машинного обучения и ИИ в бизнес-аналитике для оптимизации процессов, снижения затрат, выявления новых потоков доходов и обеспечения исключительного качества обслуживания клиентов. Использование этих технологий позволяет компаниям получить конкурентное преимущество и процветать в быстро меняющемся бизнес-ландшафте, основанном на данных [11].

Алгоритмы на базе ИИ могут анализировать данные о клиентах, их поведение и предпочтения, создавая подробные сегменты потребителей. Это позволяет компаниям проводить персонализированные маркетинговые кампании, давать рекомендации по продуктам и делать индивидуальные предложения, которые резонируют с отдельными клиентами, повышая вовлеченность и конверсию [12]. Рекомендательные системы на основе ИИ могут анализировать предпочтения клиентов, историю покупок и поведение в браузере, чтобы предоставлять персонализированные рекомендации по продуктам. Это помогает компаниям улучшить возможности перекрестных и дополнительных продаж, повысить удовлетворенность клиентов и стимулировать рост доходов [9].

ИИ позволяет компаниям персонализировать маркетинговые сообщения и коммуникации на основе индивидуальных профилей клиентов. Предоставляя целевой контент по различным каналам, таким как электронная почта, веб-сайты и социальные сети, организации могут предоставлять актуальную и своевременную информацию, которая находит отклик у клиентов, повышая вовлеченность и лояльность к бренду. Персонализация на основе ИИ позволяет компаниям обеспечивать бесперебойное

и последовательное обслуживание клиентов по всем каналам. Собирая и анализируя данные из различных точек соприкосновения, организации могут предоставлять персонализированные взаимодействия и рекомендации на протяжении всего пути клиента, повышая его удовлетворенность и удерживая его [12].

Алгоритмы искусственного интеллекта могут динамически корректировать цены и предложения на основе индивидуального поведения, предпочтений и моделей покупок клиентов. Это позволяет компаниям предоставлять персонализированные скидки, акции или вознаграждения за лояльность, повышая удовлетворенность клиентов и стимулируя их к повторным покупкам. Чат-боты и виртуальные помощники, работающие на базе ИИ, обеспечивают персонализированную и эффективную поддержку клиентов. Они могут понимать запросы клиентов, предоставлять соответствующую информацию и предлагать индивидуальную помощь, улучшая время отклика и повышая удовлетворенность клиентов при одновременном снижении затрат на поддержку [11]. Используя персонализацию на основе ИИ, организации могут создавать расширенный клиентский опыт, учитывающий индивидуальные предпочтения и потребности. Это приводит к повышению удовлетворенности клиентов, росту их лояльности и увеличению пожизненной стоимости [12]. Персонализация также помогает компаниям получить конкурентное преимущество на современном высококонкурентном рынке за счет предоставления уникального и индивидуального опыта, который находит отклик у клиентов [11].

### Заключение

Машинное обучение и искусственный интеллект преобразуют сферу бизнес-аналитики, предлагая организациям целый ряд тенденций и возможностей. В этом обзоре мы рассмотрели такие ключевые области, как автоматизированный анализ данных, выявление аномалий, прогнозирование спроса, динамическое ценообразование, объяснимый ИИ, этические аспекты и повышение качества обслуживания клиентов за счет персонализации. Эти достижения позволяют компаниям получать ценные сведения, оперативно принимать решения, оптимизировать операции и повышать удовлетворенность клиентов. Использование машинного обучения и ИИ в бизнес-аналитике позволяет организациям эффективно обрабатывать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и делать точные прогнозы. Это позволяет принимать проактивные решения, оптимизировать распределение ресурсов и повышать эффективность работы. Кроме того, ИИ помогает компаниям понять поведение клиентов, персонализировать опыт и создавать целевые маркетинговые кампании, что ведет к повышению вовлеченности, лояльности и росту доходов. Однако организациям необходимо учитывать этические аспекты и обеспечивать прозрачность процессов принятия решений на основе ИИ. Устранение предвзятости, защита конфиденциальности и человеческий контроль являются важнейшими факторами укрепления доверия и обеспечения справедливого и ответственного использования ИИ.

### Список источников

1. *Киланко В., Даррелл М.* Turning Point: Разработка политики в эпоху искусственного интеллекта. Вашингтон, 2020. 297 с.
2. *Киланко В.* Трансформационный потенциал искусственного интеллекта в медицинском биллинге: Глобальная перспектива. URL: [https://www.researchgate.net/publication/371198021\\_The\\_Transformative\\_Potential\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Medical\\_Billing\\_A\\_Global\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/371198021_The_Transformative_Potential_of_Artificial_Intelligence_in_Medical_Billing_A_Global_Perspective) (дата обращения: 02.03.2024).
3. *Мунголи Н.* Адаптивное слияние признаков: Повышение обобщения в моделях глубокого обучения. URL: [https://www.researchgate.net/publication/369762384\\_Adaptive\\_Feature\\_Fusion\\_Enhancing\\_Generalization\\_in\\_Deep\\_Learning\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/369762384_Adaptive_Feature_Fusion_Enhancing_Generalization_in_Deep_Learning_Models) (дата обращения: 03.03.2024).
4. *Мунголи Н.* Расшифровка блокчейна: Всесторонний анализ эволюции, принятия и будущих последствий биткойна. URL: [https://www.researchgate.net/publication/369855143\\_Deciphering\\_the\\_Blockchain\\_A\\_Comprehensive\\_Analysis\\_of\\_Bitcoin's\\_Evolution\\_Adoption\\_and\\_Future\\_Implications](https://www.researchgate.net/publication/369855143_Deciphering_the_Blockchain_A_Comprehensive_Analysis_of_Bitcoin's_Evolution_Adoption_and_Future_Implications) (дата обращения: 03.03.2024).
5. *Сахиджа Д.* Критический обзор интеграции машинного обучения с дополненной реальностью для дискретного производства. URL: <https://www.researchgate.net/publication/>



358279649\_Critical\_review\_of\_machine\_learning\_integration\_with\_augmented\_reality\_for\_discrete\_manufacturing (дата обращения: 03.03.2024).

6. Сахиджа Д. Принятие пользователями технологий дополненной и смешанной реальности в обрабатывающей промышленности. URL: [https://www.researchgate.net/publication/358796560\\_User\\_Adoption\\_of\\_Augmented\\_Reality\\_and\\_Mixed\\_Reality\\_in\\_the\\_Manufacturing\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/358796560_User_Adoption_of_Augmented_Reality_and_Mixed_Reality_in_the_Manufacturing_Industry) (дата обращения: 03.03.2024).

7. Мунголи Н. Масштабируемые, распределенные фреймворки ИИ: Использование облачных вычислений для повышения производительности и эффективности глубокого обучения. URL: [https://www.researchgate.net/publication/369944884\\_Scalable\\_Distributed\\_AI\\_Frameworks\\_Leveraging\\_Cloud\\_Computing\\_for\\_Enhanced\\_Deep\\_Learning\\_Performance\\_and\\_Efficiency](https://www.researchgate.net/publication/369944884_Scalable_Distributed_AI_Frameworks_Leveraging_Cloud_Computing_for_Enhanced_Deep_Learning_Performance_and_Efficiency) (дата обращения: 03.03.2024).

8. Мугал А. А. Искусственный интеллект в информационной безопасности: Изучение преимуществ, проблем и будущих направлений. URL: <https://journals.sagescience.org/index.php/jamm/article/view/51> (дата обращения: 04.03.2024).

9. Реши Я. Ш., Хан Р. А. Создание бизнес-аналитики с помощью машинного обучения: Эффективный инструмент принятия бизнес-решений. URL: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/IKM/article/view/10380> (дата обращения: 05.03.2024).

10. Кулето В., Илич М., Думанжиу М. Изучение возможностей и проблем искусственного интеллекта и машинного обучения в высших учебных заведениях. URL: [https://www.researchgate.net/publication/354756345\\_Exploring\\_Opportunities\\_and\\_Challenges\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_and\\_Machine\\_Learning\\_in\\_Higher\\_Education\\_Institutions](https://www.researchgate.net/publication/354756345_Exploring_Opportunities_and_Challenges_of_Artificial_Intelligence_and_Machine_Learning_in_Higher_Education_Institutions) (дата обращения: 06.03.2024).

11. Сун З., Сун Л., Стрэнг К. Услуги по аналитике больших данных для повышения эффективности бизнес-аналитики. URL: [https://www.researchgate.net/publication/309389413\\_Big\\_Data\\_Analytics\\_Services\\_for\\_Enhancing\\_Business\\_Intelligence](https://www.researchgate.net/publication/309389413_Big_Data_Analytics_Services_for_Enhancing_Business_Intelligence) (дата обращения: 06.03.2024).

12. Чен Х., Чан Р., Стори В. Бизнес-анализ и аналитика: от больших данных к большому воздействию. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284679162\\_Business\\_Intelligence\\_and\\_Analytics\\_From\\_Big\\_Data\\_to\\_Big\\_Impact](https://www.researchgate.net/publication/284679162_Business_Intelligence_and_Analytics_From_Big_Data_to_Big_Impact) (дата обращения: 06.03.2024).

УДК 53.05

**А. В. Коркунов, К. А. Кротов**

студенты кафедры электромеханики и робототехники

**Д. Е. Попков**

ведущий исследователь АО НИИЭФА

**Б. Э. Фридман** – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

### **МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОВЕРКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С ГИБКИМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ**

В последнее время оптические трансформаторы тока активно заменяют устаревшие электромагнитные трансформаторы тока. В масштабных долгосрочных проектах предъявляют строгие требования к метрологическим характеристикам измерительного оборудования. Поверочные мероприятия в подобных проектах требуют больших временных и денежных затрат в связи с длительными и сложными процедурами демонтажа оборудования. Для определения необходимости проведения калибровки оптических трансформаторов тока разработан мобильный комплекс проверки метрологических характеристик оптических трансформаторов тока с гибким чувствительным элементом.

Электромагнитные трансформаторы тока (ЭТТ), применяемые уже более 70 лет и зарекомендовавшие себя как надежный гальванически развязанный инструмент измерения тока, тем не менее обладают такими недостатками как резонанс, гистерезис и в особенности насыщение магнитопровода аperiodической составляющей тока короткого замыкания и, как следствие, отсутствие передачи значений тока в токопроводе в первое время аварийного процесса [1]. Данными проблемами не обладают оптические трансформаторы тока (ОТТ).

Принципы функционирования оптического трансформатора тока базируются на эффекте Фарадея, который вызывает сдвиг фаз между световыми модами в отрезке чувствительного волокна, находящегося в магнитном поле измеряемого электрического тока [2]. При измерении чувствительное волокно оптического трансформатора замыкается в контур, охватывающий медные витки провода, для того чтобы исключить паразитные сигналы. В данном случае световые волны дважды проходят по чувствительному элементу, поэтому сдвиг фаз пропорционален циркуляции магнитного поля по замкнутому контуру.

ОТТ нашли широкое применение на различных объектах энергосистемы – подстанциях, электростанциях, исследовательских электроустановках. Одним из объектов, в которых для измерения токов используются ОТТ, является международный экспериментальный термоядерный реактор типа токамак – ИТЭР.

Плазма в реакторах типа токамак удерживается магнитным полем, создаваемым сверхпроводящими магнитными катушками. Для управления плазмой в реакторе необходимо знать параметры тока, протекающего в сверхпроводящих катушках магнитной системы. Ввиду сильных магнитных полей, которые создаются для удержания плазмы, используются именно ОТТ, показания которых почти не зависят от магнитного поля, окружающего чувствительный элемент ОТТ.

ИТЭР является масштабным и долгосрочным научным проектом. Длительные сроки реализации и эксплуатации неизбежно ведут к необходимости периодической проверки метрологических характеристик измерительного оборудования и его калибровки. Поверочные мероприятия в данном случае требуют больших временных и денежных затрат в связи с длительными и сложными процедурами демонтажа измерительного оборудования. Это приводит к долгому простоя исследовательских работ. Для определения необходимости проведения поверки и калибровки предлагается проверка метрологических характеристик измерительного оборудования на соответствие требованиям технической документации по месту эксплуатации. В связи с этим разработан мобильный комплекс проверки метрологических характеристик (ПМХ) ОТТ с гибким чувствительным элементом.

Принцип действия комплекса ПМХ основан на формировании в петле оптического чувствительного элемента магнитного поля, эквивалентного полю, которое возникает при измерении реального тока величиной до 160 кА. Это возможно благодаря соленоиду (рис. 1), входящему в состав комплекса ПМХ, так как из теоремы о циркуляции вектора магнитного поля известно, что если чувствительный

элемент имеет несколько витков, то сдвиг фаз увеличивается кратно количеству витков [3]. Для регулирования количества витков соленоида и уменьшения его габаритов конструкция соленоида состоит из трех отдельных частей. Выбор количества используемых частей происходит переключением тумблера.



Рис. 1. Пример намотки оптической петли на соленоид

При протекании тока по медному проводу соленоида ОТТ получает сигнал, эквивалентный поданному току, умноженному на количество витков медного провода соленоида и на количество петель оптического чувствительного элемента. Величина эквивалентного тока рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{экв}} = I_{\text{ит}} \cdot N_{\text{соленоид}} \cdot N_{\text{петли}},$$

где  $I_{\text{экв}}$  – это полученное эквивалентное значение;  $I_{\text{ит}}$  – значение тока, подаваемое с источника тока на соленоид;  $N_{\text{соленоид}}$  – количество витков медного провода на соленоиде;  $N_{\text{петли}}$  – количество витков оптической петли вокруг соленоида.

Оптический чувствительный элемент не содержит магнитопроводящих материалов, поэтому при размещении его внутри соленоида он не оказывает влияние на магнитные и электрические поля, тем самым, не влияя на результат измерения.

Для сравнения значений, полученных с ОТТ и с эталонного токового шунта, используется цифровой компаратор, имеющий аналоговый блок. Аналоговый блок компаратора с помощью эталонного токового шунта измеряет ток в медном проводе соленоида и совместно с ОТТ осуществляет синхронные аналого-цифровые преобразование мгновенных значений входных сигналов тока в цифровые коды. Источником синхронизации при этом выступает цифровой блок компаратора, а синхронизация происходит методом 1PPS (1 pulse per second). Далее формируются массивы оцифрованных выборок, и при помощи программного обеспечения вычисляются значения измеряемых величин с учетом используемого количества витков медного провода и количества витков оптической петли.

Поскольку ОТТ может работать как с постоянным током, так и с переменным, то аналоговый блок компаратора включает в себя аналоговых вход, рассчитанный на измерение постоянного и переменного тока. Конфигурация комплекса ПМХ для проверки ОТТ изображена на рис. 2.

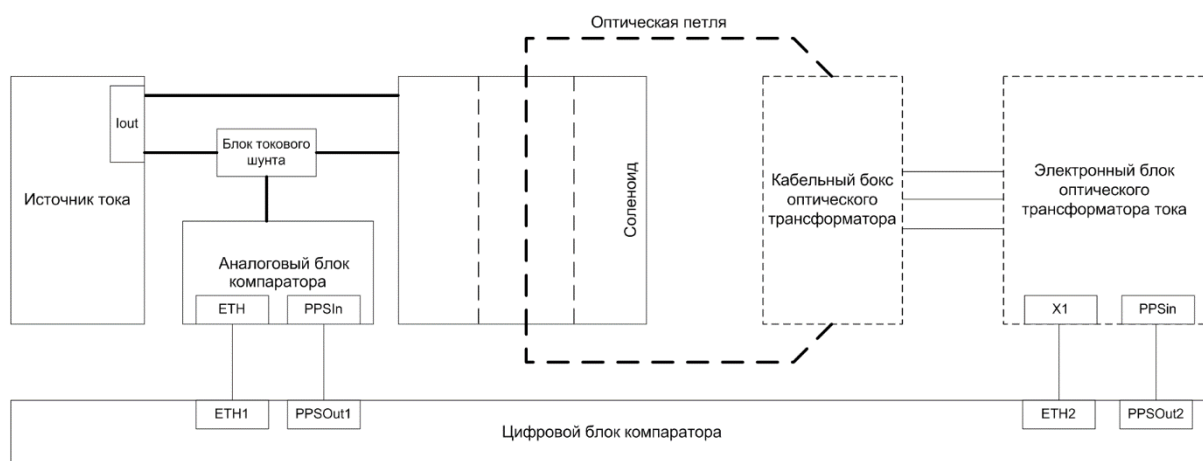


Рис. 2. Конфигурация комплекса ПМХ для испытаний оптических трансформаторов тока

Описанный комплекс позволяет проверить метрологические характеристики ОТТ на месте эксплуатации и принять решение о необходимости проведения поверки и калибровки ОТТ. Это позволяет снизить время простоя исследовательской электроустановки и уменьшить временные и денежные затраты. Тем не менее стоит отметить, что комплекс ПМХ может быть использован только для проверки ОТТ с размыкаемым оптическим чувствительным элементом.

#### Список источников

1. Губин В. П., Старостин Н. И., Пржиялковский Я. В. Волоконно-оптические трансформаторы электрического тока: физические основы и технические реализации // Фотоника. 2018. Т. 12. № 7 (75). С. 704–715.
2. Гуревич В. И. Оптоэлектронные трансформаторы тока: панацея или частное решение частных проблем? // Вести в электроэнергетике. 2010. № 2. С. 35–37.
3. Ткалич В. В., Смирнов В. В., Симонова К. А. Применение электромагнитных волн в науке и технике // актуальные вопросы науки и практики: сб. научных статей по материалам VIII Междунар. научно-практ. конф. 2022. С. 62–71.

УДК 621.317.32.027

**А. В. Коркунов, К. А. Кротов**

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

**Б. Э. Фридман** – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ТОКА (ДТ) ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АНОДНОГО ТОКА ТИРАТРОНА СТЕНДА ЕМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ (ЕНЭ)****Обозначения и сокращения**

ДТ – датчик тока

ЕНЭ – емкостной накопитель энергии

**Термины и определения**

*Псевдоискровой разрядник (тиратрон)* – ионный (газоразрядный) прибор для коммутации электрического тока. Представляет собой керамический цилиндрический корпус, наполненный газом, в который помещены три (или более) электрода. Для наполнения используются инертные газы, водород или пары ртути. Электроды тиратрона называются анодом, катодом и сеткой [1].

**Введение**

В данной статье описывается разработка ДТ (U11) для измерения анодного тока тиратрона, в блоке коммутаторов макета конденсаторной ячейки емкостного накопителя энергии 50 кВ, 7.5 МДж. Электрическая схема макета представлена на рис. 1.

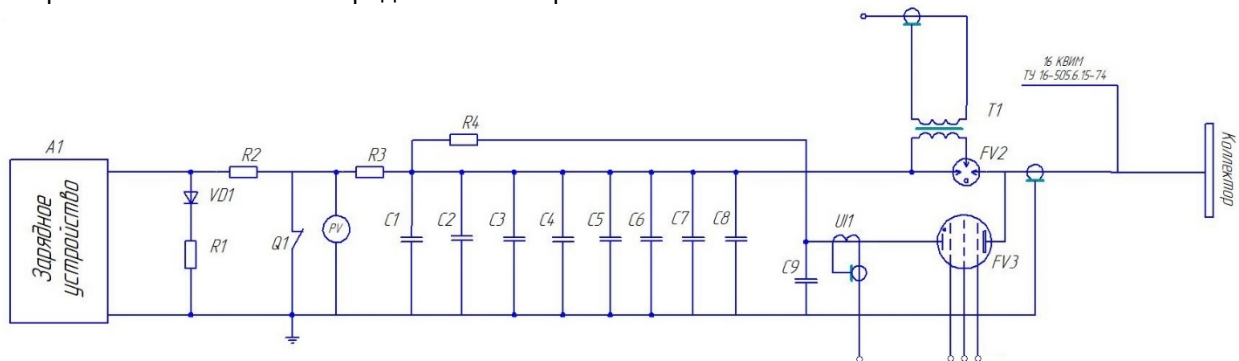


Рис. 1. Макет конденсаторной ячейки ЕНЭ МИН

Из-за особенностей конструкции установки была необходимость в создании ДТ, учитывающего эти особенности. Для измерения тока было решено использовать концепцию пояса Роговского.

Пояс Роговского представляет собой измерительный трансформатор тока, выполненный в виде длинного замкнутого соленоида с произвольной и замкнутой формой и равномерной намоткой, один из выводов которой приведен к другой через ось соленоида.

Измеряемый ток  $i(t)$ , создает изменяющееся магнитное поле. Магнитное поле индуцирует в катушке ДТ ЭДС  $u_i(t)$ , которое пропорционально изменению тока  $di(t)/dt$ . Если подключить к катушке интегрирующую цепь, можно получить сигнал  $u(t)$ , который пропорционален измеряемому току  $i(t)$ . Пояс Роговского предназначен для измерения меняющихся по времени токов или их производных [2].

Принцип работы пояса Роговского объясняется, согласно закону полного тока:

$$\oint_A \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I, I = 2\pi rH \text{ для кругового контура} \quad (1)$$

Интеграл напряженности магнитного поля находится по замкнутому контуру А. Если представить, что по кривой А длиной  $l$ , которая охватывает проводник с током, намотана катушка с некоторым числом витков  $n$ , с постоянным шагом  $\Delta$  и площадью катушки  $S$ , то при измерении тока, в катушке наводится ЭДС [2]:

$$E = -\frac{d\Psi}{dt} = -wS \frac{dB}{dt} = -\mu_0 wS \frac{dH}{dt} = -\frac{\mu_0 wS}{2\pi r} \frac{dI}{dt} = \frac{\mu_0 S}{\Delta} \frac{dI}{dt} = M \frac{dI}{dt}, \quad (2)$$

где  $\Delta = \frac{2\pi r}{w}$  – шаг намотки;  $M = \frac{\mu_0 S}{\Delta}$  – коэффициент взаимной индукции.

$M$  – это коэффициент взаимной индукции между катушкой ДТ и цепью, в которой непосредственно измеряется ток. Этот коэффициент характеризует влияние тока, протекающего в измеряемой цепи на первичную измеряемую цепь.

Изменение тока:

$$I(t) = \frac{2\pi r}{\mu_0 wS} \int_0^t E dt = \frac{\Delta}{\mu_0 S} \int_0^t E dt = \frac{1}{M} \int_0^t E dt. \quad (3)$$

Самый простой интегратор – R-C цепь:

$$E = RI + \frac{1}{C} \int I dt = RC \frac{dU}{dt} + U, \quad (4)$$

где  $U$  – напряжение на конденсаторе:

$$I(t) = \frac{\Delta}{\mu_0 S} \int_0^t E dt = \frac{\Delta}{\mu_0 S} \left[ RC \cdot U(t) + \int_0^t U dt \right] = \frac{\Delta RC}{\mu_0 S} U(t) + \frac{\Delta}{\mu_0 S} \int_0^t U dt = \frac{1}{k} U(t) + \frac{1}{M} \int_0^t U dt, \quad (5)$$

где  $k = \frac{\mu_0 S}{\Delta RC} \approx \frac{U}{E}$  – коэффициент передачи;  $\frac{1}{M} \int_0^t U dt$  – ошибка интегратора.

### Расчет параметров ДТ

ДТ разрабатывался для измерения тока амплитудой ( $I_m$ ) до 100 кА и периодом колебаний  $T = 4$  мкс. Примем максимальную амплитуду напряжения  $U_m = 10$  В, которое будет фиксировать осциллограф с ДТ при максимальной амплитуде измеряемого тока. Из этого следует, что коэффициент передачи будет равен:

$$k = \frac{U_m}{I_m} = \frac{10}{100 \cdot 10^3} = 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}. \quad (6)$$

ДТ наматывался на коаксиальный кабель РК-50-4.5 проводом МГШВ-1.5. Шаг намотки по окончании намотки ДТ составил:

$$\Delta = 3.333 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (7)$$

Площадь сечения катушки:

$$S = \frac{\pi \cdot (d + d_{np})^2}{4} = \frac{\pi \cdot (4.5 + 1.5)^2}{4} = 2.83 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2. \quad (8)$$

Коэффициент взаимной индукции:

$$M = \frac{\mu_0 S}{\Delta} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2.734 \cdot 10^{-5}}{3.33 \cdot 10^{-3}} = 1.066 \cdot 10^{-8} \text{ Гн}. \quad (9)$$

Изменение тока:

$$\left. \frac{dI}{dt} \right|_m = \omega I_m = \frac{2\pi}{T} I_m = \frac{2\pi}{4 \cdot 10^{-6}} 10^5 = 1.571 \cdot 10^{11} \text{ А/с}. \quad (10)$$

ЭДС катушки:

$$E = M \frac{dI}{dt} = 1.031 \cdot 10^{-8} \cdot 1.571 \cdot 10^{11} = 1674 \text{ В} = 1.67 \text{ кВ}. \quad (11)$$

Постоянная времени интегратора:

$$T = RC = \frac{M}{k} = \frac{1.031 \cdot 10^{-8}}{10^{-4}} = 1.07 \cdot 10^{-4} = 0.107 \text{ мс}. \quad (12)$$

Для получения истинного сигнала необходимо использовать интегратор. В данном случае используется пассивный RC-интегратор с параметрами:  $C = 0,1$  мкФ и  $R = 1070$  Ом. Для обеспечения гашения волнового сопротивления кабеля, после него установлен резистор номиналом 47 Ом, следовательно, на самом поясе установлено сопротивление величиной  $R_1 = 1070 - 47 = 1023$  Ом. При такой конфигурации напряжение в блоке, который непосредственно подключается к осциллографу, будет на уровне 73 В.

На ДТ установлены  $R_1, R_2, R_3$  типа МЛТ-2, номиналом 300, 220, 270 Ом,  $R_4$ , типа С2-33-2, номиналом 240 Ом, в количестве 1 шт. [3]. Принципиальная схема интегратора представлена на рис. 2.

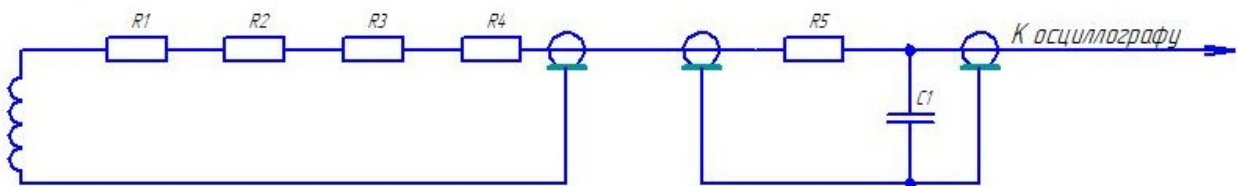


Рис. 2. Принципиальная схема интегратора ДТ тиратрона

Далее проведена калибровка для введения поправки в измеряемый сигнал.

### Калибровка ДТ

Перед калибровкой при помощи мультиметра замерены реальные значения емкости и сопротивления интегратора. Сопротивление ДТ с резисторами  $R_1, R_2, R_3, R_4$  составило  $R_{\text{ДТ}} - 1023$  Ом, сопротивление  $R_5 - 47,2$  Ом;  $C_1 - 0,1$  мкФ.

Требуется пересчитать коэффициент передачи –  $k$ , опираясь на измеренные параметры:

$$k = \frac{U}{I} = \frac{M}{T} = \frac{1.066 \cdot 10^{-8}}{0.107 \cdot 10^{-3}} = 9.962 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}.$$

Калибровка проводилась емкостным накопителем энергии с емкостью  $C = 2,1$  мФ и зарядным напряжением  $U_m = 3,53$  кВ.

Для калибровки фиксируется напряжение разряда конденсатора, ток на коллекторе, при помощи эталонного ДТ и калибруемого. Для измерения параметров цепи используется:

- делитель напряжения Tektronix P6015A с коэффициентом передачи  $k_{\text{тек}} = U_{\text{out}}/U_{\text{in}} = 0,001$ ;
- датчик тока CWT1500 с коэффициентом передачи  $k_{\text{свт}} = U/I = 2 \cdot 10^{-5}$  Ом;
- калибруемый датчик тока с коэффициентом передачи  $k_k = 9,962 \cdot 10^{-5}$  Ом;
- ошибка интегрирования:

$$J_{\text{ош}} = \frac{1}{T} \int_0^t U(t) dt.$$

Истинные значения тока:

$$I(t) = \frac{1}{k} U(t) + \frac{1}{M} \int_0^{\tau} U(t) d\tau = \frac{1}{k} \left[ U(t) + \frac{1}{T} \int_0^{\tau} d\tau \right].$$

Осциллограмма токов с учетом поправки на ошибку интегрирования.

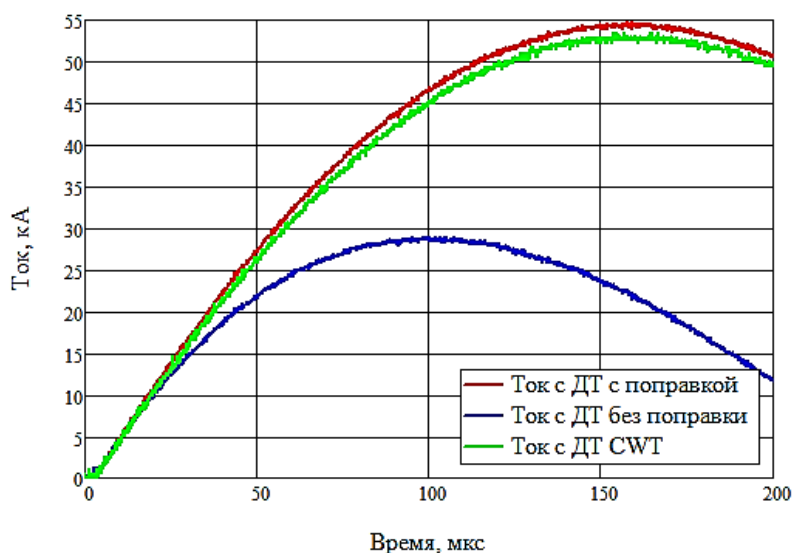


Рис. 3. Ток ДТ с поправкой на ошибку интегрирования

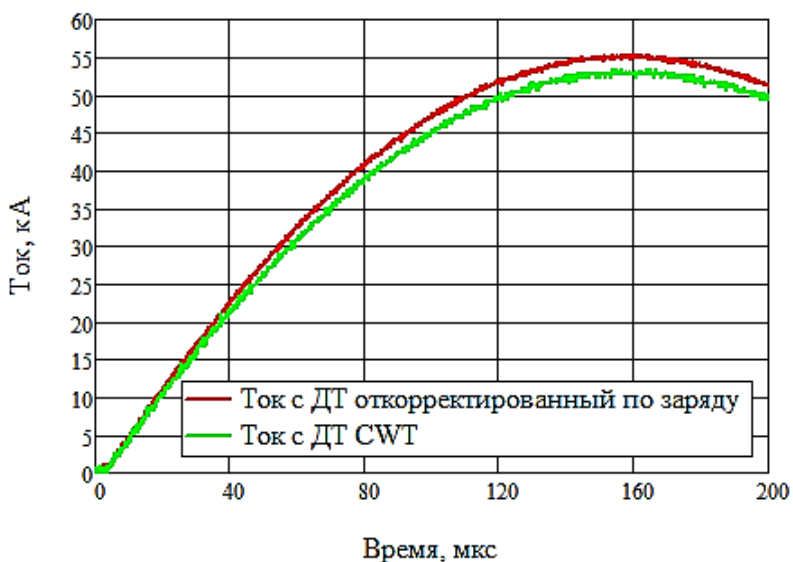


Рис. 4. Значения тока, откорректированные по заряду

Также проведена калибровка по заряду. Для этого найден начальный заряд конденсатора:

$$Q_{нач} = C \cdot U_m = 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot 3.53 \cdot 10^3 = 7.41 \text{ Кл}.$$

Изменение заряда на протяжении протекания всего процесса:

$$Q = \int_0^t I(t) dt.$$

Значение заряда в точке перехода напряжения разряда конденсатора через ноль:

$$Q = 7.267 \text{ Кл}.$$

Коррекция коэффициента передачи ДТ:

$$k_{кор} = k_k \cdot \frac{Q}{Q_{нач}} = 9.873 \cdot 10^{-5}.$$



Значение тока, откорректированные по заряду:

$$I_Q(t) = I(t) \cdot \frac{k_k}{k_{кор}}$$

### Измерение анодного тока тиратрона

ДТ установлен и проверен. Результаты измерений представлены на рис. 5, 6.

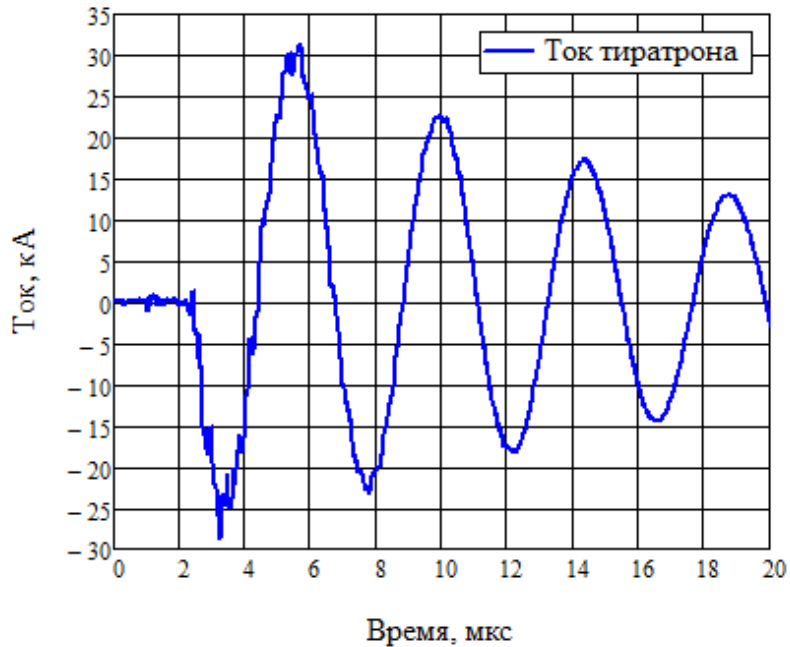


Рис. 5. Осциллограмма тока тиратрона, при зарядном напряжении 15 кВ

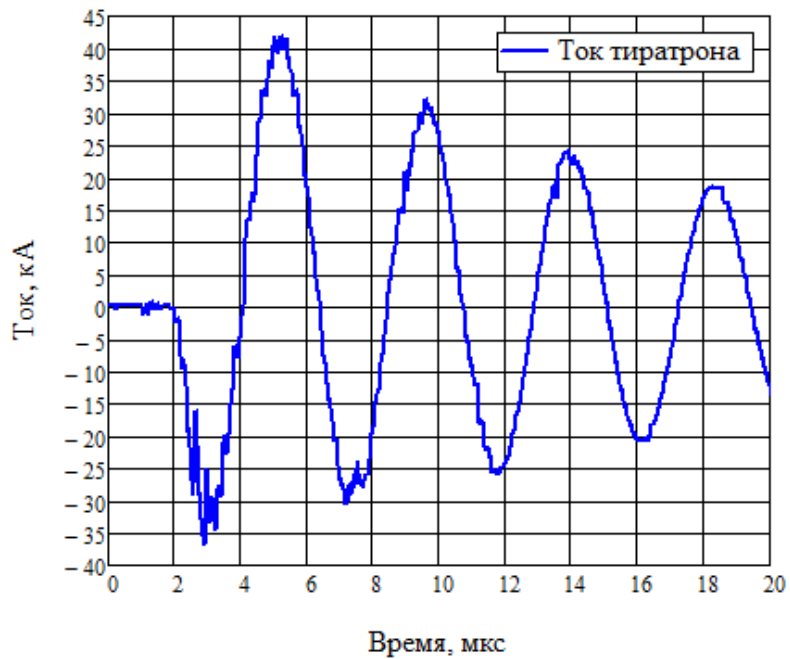


Рис. 6. Осциллограмма тока тиратрона, при зарядном напряжении 20 кВ

Амплитуда тока тиратрона –  $I_m$ , при зарядном напряжении 15 кВ – 25,03 кА.

Фронт тока тиратрона:

$$\Delta t = t(I_{0.9}) - t(I_{0.1}) = 3.12 - 2.47 = 0.65 \text{ мкс} .$$

Амплитуда тока тиратрона –  $I_m$ , при зарядном напряжении 20 кВ – 33,265 кА

Фронт тока тиратрона:

$$\Delta t = t(I_{0.9}) - t(I_{0.1}) = 29.94 - 3.33 = 0.63 \text{ мкс} .$$

### Заключение

Разработан датчик тока для измерения анодного тока тиратрона в блоке коммутаторов конденсаторной ячейки емкостного накопителя энергии 50 кВ, 7,5 МДж с параметрами RC – интегратора: R = 1070 Ом; C = 0,1 мкФ, T = 0,107 мс. Проведена калибровка, введена поправка на ошибку интегрирования и откорректирован коэффициент передачи  $k_{кор} = 9.873 \cdot 10^{-5}$ . Получены данные об анодном токе тиратроне, при зарядных напряжениях 15 и 20 кВ. Осуществлена проверка работоспособности ДТ в условиях, предъявленных при проектировании.

### Список источников

1. Кацнельсон Б. В., Калугин А. М., Ларионов А. С. Электровакуумные электронные и газоразрядные приборы. М.: Радио и связь, 1985.
2. Шваб А. Измерения на высоком напряжении (Измерительные приборы и способы измерения) / Пер. с нем. М.: Энергия, 1973. 235 с.
3. Справочная книга радиолюбителя-конструктора. Кн. 2 / Под ред. Н. И. Чистякова. М.: Радио и связь, 1993. 157 с.

УДК 004.85

**Р. А. Корычев, А. Ю. Садофьева**

студенты кафедры информационной безопасности

**С. В. Беззатеев** – доктор технических наук, доцент – научный руководитель**СТЕГОАНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ СО ВСТРОЕННОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ  
ПО АЛГОРИТМУ КОХА – ЖАО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДОБУЧЕННОЙ  
СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

*Стеганография* – это метод хранения и передачи информации скрывая ее присутствие внутри другой информации. Такая информация называется стегоконтейнером, а скрываемая информация – секретное сообщение. Одним из таких стегоконтейнеров является цифровое изображение. Его доступность и распространенность по сети Интернет является причиной его использования в качестве медиума для секретной информации.

*Стегоанализ* – это наука о выявлении скрытой информации при анализе потенциальных стегоконтейнеров. Данная наука имеет в своем арсенале как статистические методы обнаружения секретных сообщений, так и методы машинного обучения с использованием нейронных сетей. На данный момент в сфере стегоанализа цифровых изображений часто используются сверточные нейронные сети [1].

Актуальность исследования методов стегоанализа обуславливается развитием технологий стеганографии, при которых возникает угроза создания скрытого канала связи. Работа направлена на обнаружение стеганографических вставок для предотвращения потенциальной утечки информации.

Для обучения нейронных сетей используются методы обучения как с нуля, когда нейронная сеть стартует со случайными весами и постепенно обучается, так и с основой в качестве уже обученной части нейронной сети, которая впоследствии может дообучаться для выполнения новой поставленной задачи. Такой тип обучения нейронной сети называется transfer learning или перенос обучения.

Данная статья рассматривает обучение нейронной сети с помощью концепции transfer learning для определения стеганографических вставок, сделанных алгоритмом Коха – Жао. Данный метод стеганографической вставки применяется для сокрытия информации в частотной области изображения при помощи дискретно-косинусного преобразования.

Для достижения целей данной работы была выбрана сеть ResNet50. Данная сеть была обучена на 14 миллионах изображений и способна распознавать 1000 классов. В [2] предложено использование предобученной нейронной сети ResNet50 для решения задач стегоанализа. Для сокрытия информации применялись алгоритмы JMiPOD, JUNIWARD, UERD, точность классификации по метрике weighted AUC при этом достигла 0,928, благодаря чему подтвердилась гипотеза об эффективности концепции transfer learning для решения задач стегоанализа.

Архитектура нейронной сети была спроектирована следующим образом:

- слой сети ResNet50;
- слой, превращающий выходную матрицу из ResNet50 в вектор;
- cСлой полносвязный, обучаемый нейронной сетью;
- слой, классифицирующий изображение, как чистое или как стегоконтейнер.

Для обучения нейронной сети был выбран датасет состоящий 9590 исходных изображений, взятых с платформы Kaggle (kaggle.com) [3]. В синюю компоненту цвета изображений была встроена стеганографическая вставка методом Коха – Жао [4] по алгоритму на рис. 1.

Таким образом, был собран датасет из 8000 трехканальных, цветных фотографий размером 256 x 256 пикселей. Данный датасет был разделен на 3000 фотографий, используемых для обучения нейронной сети, 2000 фотографий валидационной выборки, а также 3000 фотографий, используемых для тестирования нейронной сети. Изображения с встроенной информацией и чистое изображение можно увидеть на рис. 2. Как можно заметить, отличия между двумя изображениями сложно уловить человеческому глазу.

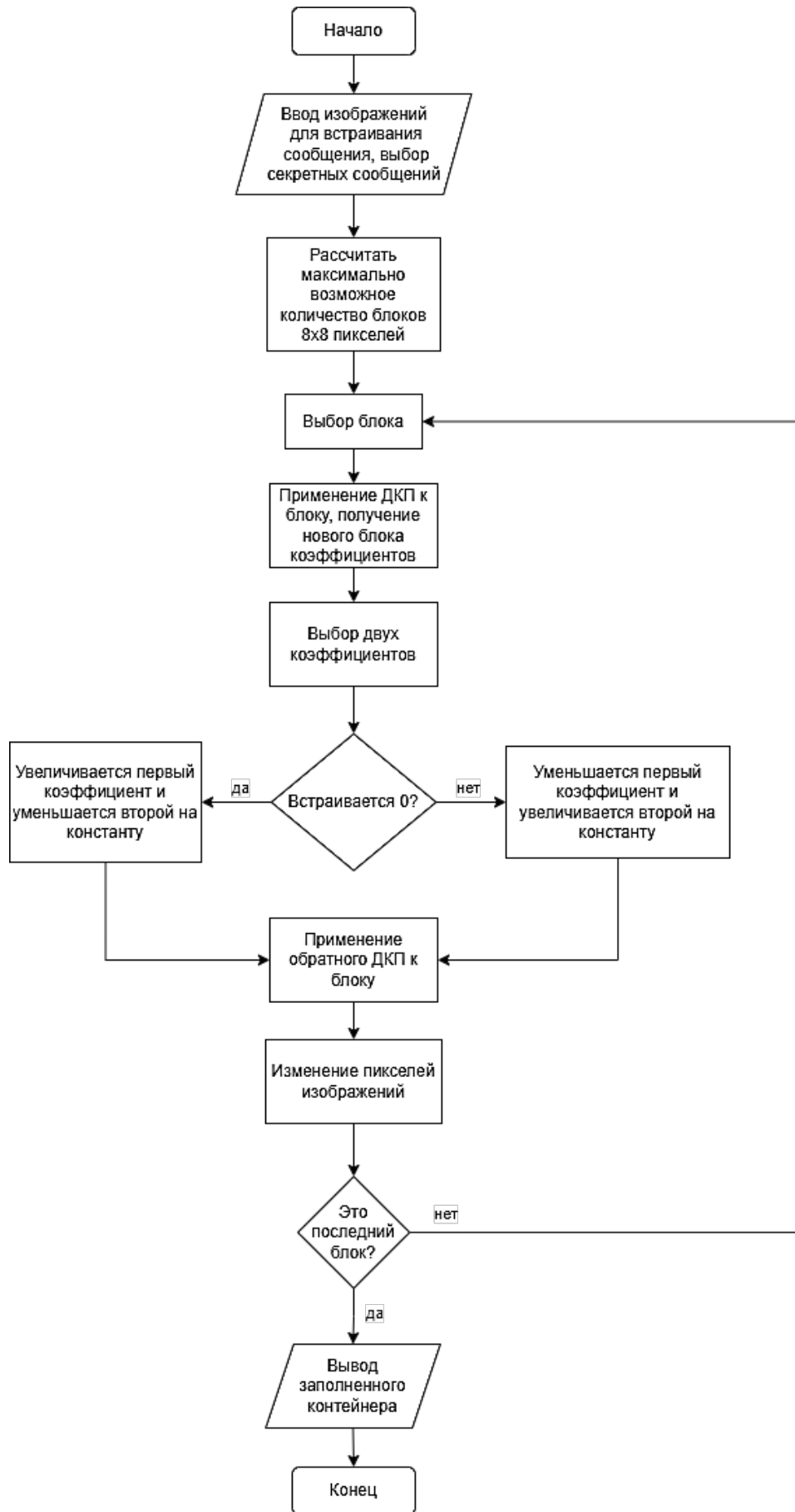


Рис. 1. Алгоритм встраивания сообщения в контейнер

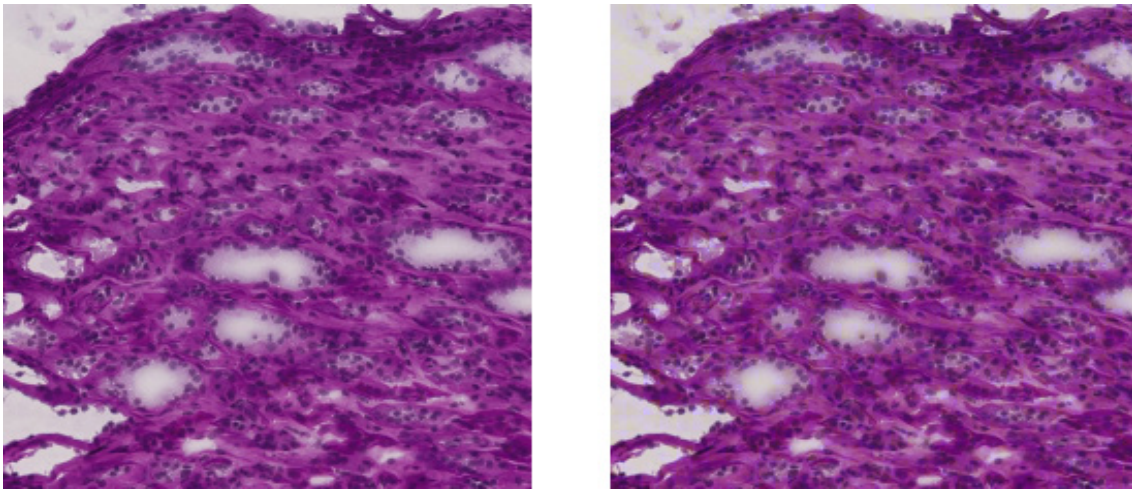


Рис. 2. Исходное изображение и изображение со скрытой вставкой

Обучение нейронной сети проходило в 10 эпох, для обучения и правки весов был использован оптимизатор Adam с коэффициентом скорости обучения (learning rate) равным 0,001. Для определения изменения значений весов была выбрана функция потерь бинарной кросс энтропии (binary crossentropy). Результаты обучения можно увидеть по метрике аккуратности предсказаний (accuracy) на рис. 3.

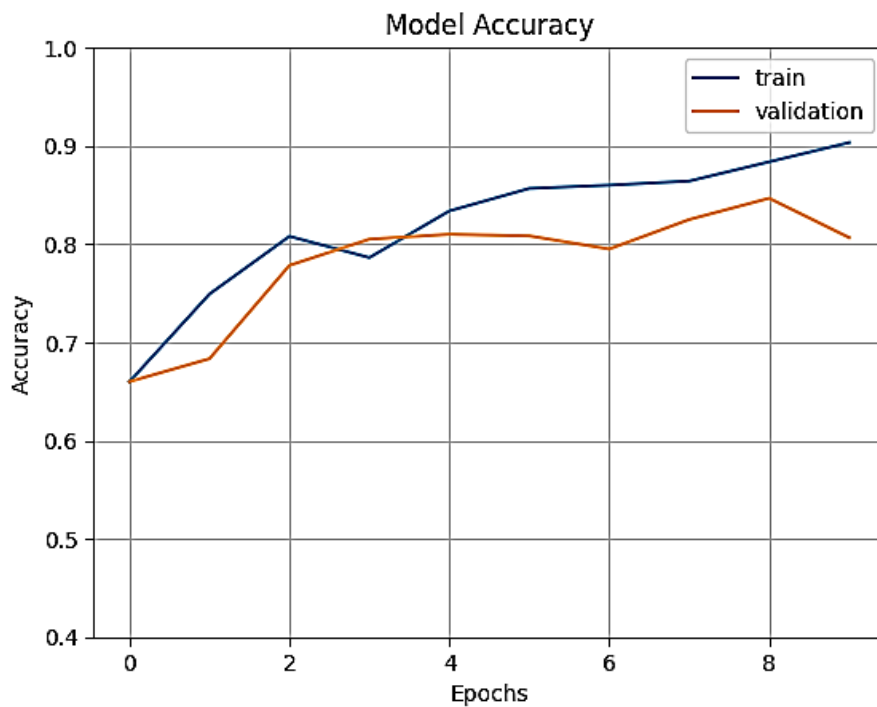


Рис. 3. Метрика аккуратности предсказаний нейронной сети

После обучения нейронной сети на тренировочных и валидационных данных было проведено испытание сети на тестовых данных. Результатом стала аккуратность предсказаний модели равная 85,03 %.

#### Список источников

1. Дрюченко М. А., Сирота А. А. Стегоанализ цифровых изображений с использованием глубоких нейронных сетей и гетероассоциативных интегральных преобразований // Прикладная дискретная математика. 2022. № 55. С. 35–58.

2. Терещенко С. Н., Перов А. А., Осипов А. Л. Особенности применения предобученных сверточных нейронных сетей к задачам стегоанализа графических изображений // Автометрия. 2021. Т. 57. № 4. С. 98–105.
3. 256x256 images. URL: <https://www.kaggle.com/code/iafoss/256x256-images/> (дата обращения: 10.03.2023).
4. Koch E., Zhao J. Towards robust and hidden image copyright labeling // IEEE Workshop on Non-linear Signal and Image Processing. 1995. P. 452–455.

УДК 621.548

**Д. М. Крылов**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**М. В. Сержантова** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВА****Гибкие производственные системы**

Тенденция повысить эффективность многономенклатурного единичного и мелкосерийного производства привела к пониманию того, что в современных многономенклатурных технологических комплексах должны обеспечиваться интенсификация и автоматизация технологических операций, компьютеризация технологического процесса и их согласование с операциями транспортирования, складирования и управления. Все это вызвало появление новых способов организации и управления технологическими процессами, которые называются гибкими производственными системами (ГПС).

Организационная структура гибкого производства состоит из четырех уровней:

- гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования с устройством программного управления и средствами автоматизации технологического процесса, который функционирует автономно, осуществляет многократные циклы работы и должен характеризоваться способностью встраивания в систему более высокого уровня;
- гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкая автоматизированная линия (ГАЛ), являющиеся совокупностью ГПМ, объединенных автоматизированной системой управления и работающих по технологическому маршруту с возможностью изменения последовательности работы станков;
- гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) – несколько ГАУ и/или ГАЛ для изготовления изделий заданной номенклатуры;
- гибкий автоматизированный завод (ГАЗ) – совокупность ГАЦ.

Гибкая производственная система (ГСП) – это производственная система, которая способна реагировать в случае изменений, прогнозируемых или непредсказуемых.

Не гласно считается, что эта гибкость подразделяется на две категории, которые содержат множество подкатегорий.

- Первая категория называется гибкостью маршрутизации, которая охватывает способность системы подстраиваться для производства новых типов продукции и способность изменять порядок операций, выполняемых над деталью.
- Вторая категория называется гибкостью станка, которая состоит из способности использовать несколько станков для выполнения одной и той же операции с деталью, а также способности системы учитывать крупномасштабные изменения, такие как объем, производительность или функциональные возможности.

Большинство гибких производственных систем состоят из трех основных систем:

- рабочие станки, которые часто являются автоматизированными станками с ЧПУ, соединены;
- с помощью системы обработки материалов для оптимизации потока деталей;
- центральный управляющий компьютер, который управляет перемещением материала и технологическим потоком машины.

Основными преимуществами гибкой производственной системы является ее высокая адаптация в управлении производственными ресурсами, такими как время и усилия, для производства нового продукта.

Наилучшее применение гибкой производственной системы можно найти в «производстве небольших наборов продуктов, подобных тем, что используются при массовом производстве.

*Преимущества*

- Снижение производственных затрат
- Меньшими затратами на единицу продукции
- Повышение производительности труда

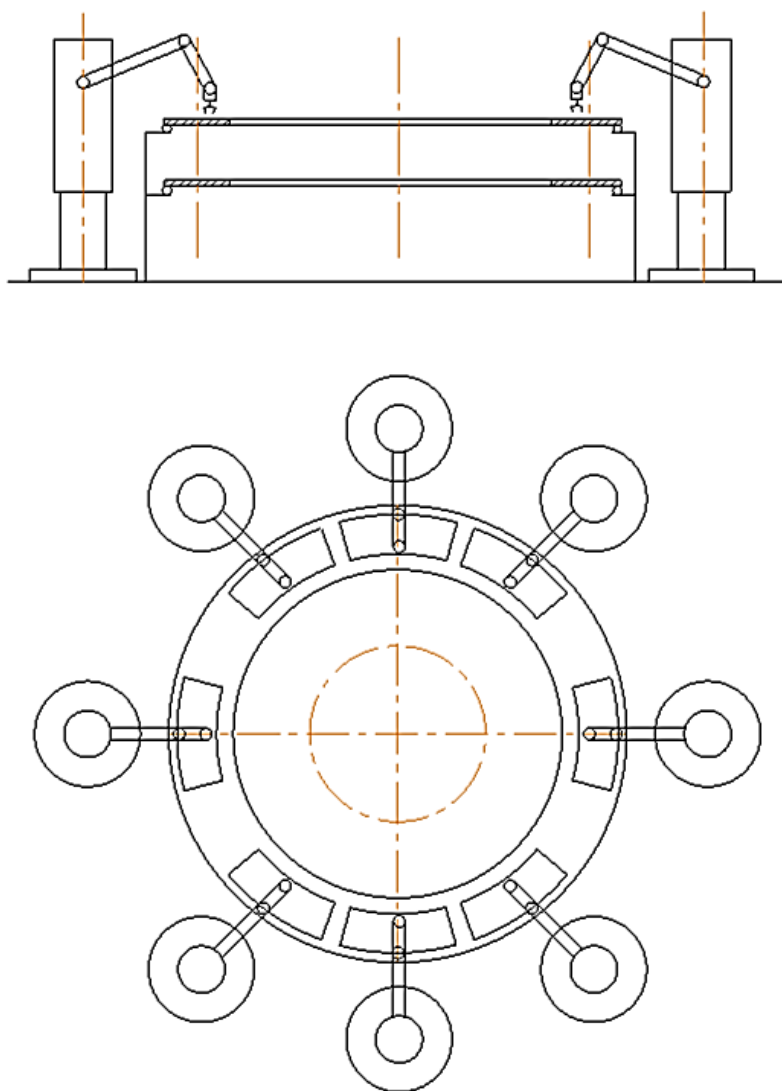
- Повышение эффективности машины
- Улучшенное качество
- Повышенная надежность системы
- Сокращение запасов запчастей
- Адаптивность к операциям CAD / CAM
- Более короткие сроки выполнения заказа
- Повышенная эффективность
- Увеличить скорость производства

### *Недостатки*

- Первоначальные затраты на настройку высоки,
- Тщательное предварительное планирование
- Потребность в квалифицированной рабочей силе
- Сложная система
- Техническое обслуживание является сложным

Круговое распределение оборудования предполагает размещение элементов так, чтобы они образовывали круглую структуру. Вот несколько способов размещения оборудования при круговом распределении.

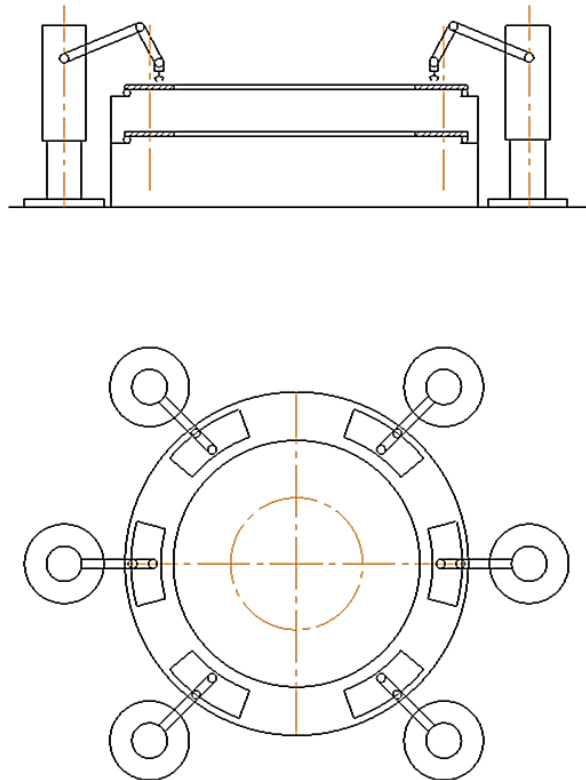
1. Центральное распределение: оборудование размещается в центре круга, а операторы или роботы занимают внешнюю окружность. Этот подход обеспечивает хорошую видимость и доступ к оборудованию.



*Рис. 1. Центральное распределение*

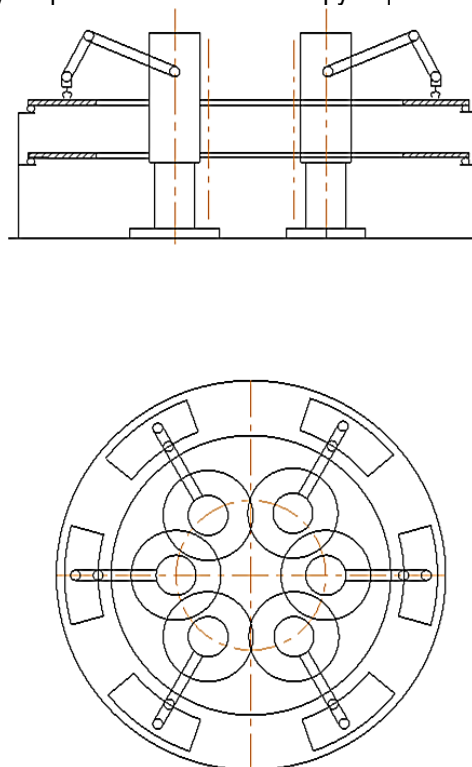


2. Равномерное распределение по окружности: оборудование равномерно размещается вдоль внешней окружности. Этот способ обеспечивает равномерный доступ операторов к оборудованию.



*Рис. 2. Равномерное распределение по окружности*

3. Секторное распределение: оборудование размещается в виде секторов внутри круга. Этот подход позволяет логически группировать связанные по функциональности элементы.



*Рис. 3. Секторное распределение*

4. Смешанное распределение: комбинирование центрального распределения с равномерным или секторным. Это может быть полезным для учета особенностей производственного процесса.

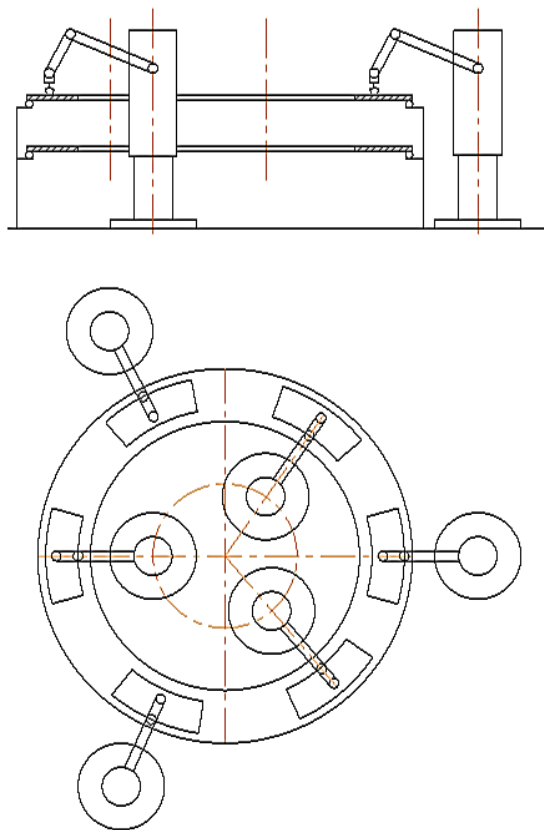


Рис. 4. Смешанное распределение (центральное распределение с равномерным)

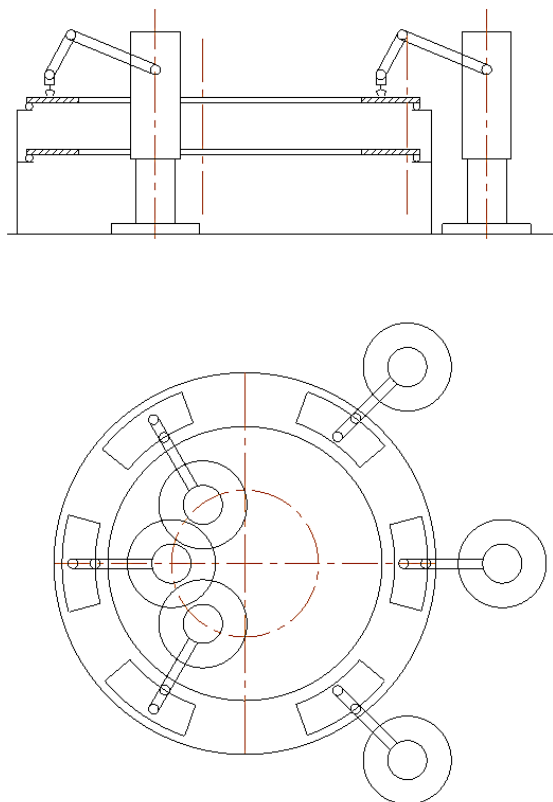


Рис. 5. Смешанное распределение (центральное распределение с секторным)

5. Распределение по уровням: если оборудование имеет различные уровни или этажи, то оно может быть распределено по кругу на каждом уровне. Это особенно применимо в случае больших производственных пространств.

6. Оптимизированное распределение для потока производства: размещение оборудования таким образом, чтобы минимизировать перемещение продукции или материалов между разными этапами производства.

7. Комбинированные структуры: использование различных подходов в разных частях круга в зависимости от требований к производственному процессу.

Выбор оптимального способа размещения зависит от конкретных потребностей, характеристик производства и целей системы. Рассмотрим сильные и слабые стороны каждого способа размещения.

1. Центральное распределение

Сильные стороны: хорошая видимость и доступность к оборудованию из центра круга. Легкость управления и контроля процесса работы.

Слабые стороны: ограниченное пространство для перемещения внутри круга. Возможность перегрузки центральной зоны.

2. Равномерное распределение по окружности

Сильные стороны: равномерный доступ к оборудованию для всех операторов. Легкость в организации потока работы.

Слабые стороны: менее эффективное использование центральной зоны круга. Ограниченные возможности для группировки связанных элементов.

3. Секторное распределение

Сильные стороны: логическая группировка связанных элементов. Возможность оптимизировать процесс производства для каждого сектора.

Слабые стороны: ограничение на количество секторов в зависимости от размера круга. Сложность перестройки при изменении конфигурации производства.

4. Смешанное распределение

Сильные стороны: возможность комбинировать преимущества различных подходов. Гибкость в адаптации к особенностям производственного процесса.

Слабые стороны: потребность в дополнительной организации и управлении разными зонами. Увеличение сложности управления и контроля.

5. Распределение по уровням

Сильные стороны: эффективное использование вертикального пространства. Возможность разделения производственного процесса на различные уровни.

Слабые стороны: усложнение процесса перемещения материалов между уровнями. Дополнительные затраты на обслуживание вертикальных структур.

6. Оптимизированное распределение для потока производства

Сильные стороны: минимизация времени и усилий, затрачиваемых на перемещение материалов. Улучшение общей производственной эффективности.

Слабые стороны: необходимость в тщательном планировании и координации рабочих процессов. Возможность сложностей при изменении последовательности производства.

7. Комбинированные структуры

Сильные стороны: гибкость в адаптации к различным производственным требованиям. Возможность оптимизировать различные части производственного процесса по-разному.

Слабые стороны: потребность в сложной организации и управлении различными участками. Риск сложностей в обслуживании и контроле всей системы.

Однозначного ответа на вопрос, что лучше дать нельзя. Лучший тип размещения оборудования будет зависеть от конкретных потребностей производства, размера предприятия, характеристик оборудования и других факторов. В некоторых случаях может быть полезным комбинирование нескольких подходов для достижения оптимальных результатов.

Организация работы роботов, когда они работают одновременно за одним столом, включает в себя несколько ключевых аспектов для обеспечения безопасности, эффективности и координации процесса. Вот некоторые из них.

1. Пространственное планирование. Обеспечение достаточного пространства для каждого робота, чтобы они могли свободно перемещаться и выполнять свои задачи без препятствий.

2. Программное управление. Использование специализированного программного обеспечения для координации работы роботов. Это может включать в себя распределение задач между роботами, мониторинг их работы и обеспечение синхронизации действий.

3. Безопасность. Реализация систем безопасности, чтобы предотвратить возможные столкновения или конфликты между роботами и операторами, а также между самими роботами. Это может включать в себя использование датчиков безопасности и зон безопасности.

4. Обучение и обучение персонала. Предоставление обучения операторам и техническому персоналу по безопасной и эффективной работе с роботами, а также по программированию и обслуживанию оборудования.

5. Мониторинг и обслуживание. Регулярный мониторинг работы роботов и обслуживание оборудования для предотвращения возможных сбоев или проблем, которые могут повлиять на производительность.

6. Оптимизация процесса. Постоянное совершенствование и оптимизация процесса работы роботов с целью повышения производительности, качества и эффективности производства.

Сильные и слабые стороны организации работы роботов одновременно за одним столом могут быть следующими:

### *Сильные стороны*

1. Эффективность производства: роботы могут работать непрерывно без необходимости отдыха, что способствует повышению общей производительности процесса.

2. Высокая точность и повторяемость: роботы способны выполнять задачи с высокой точностью и повторяемостью, что позволяет снизить количество брака и улучшить качество продукции.

3. Безопасность: роботы могут выполнять опасные или монотонные задачи без угрозы для здоровья или безопасности человека.

4. Экономия рабочего пространства: использование роботов позволяет оптимизировать использование пространства за столом, так как им не требуется так много места, как людям.

5. Гибкость конфигурации: роботы могут быть легко перепрограммированы для выполнения различных задач, что делает процесс производства более гибким и адаптивным к изменяющимся требованиям.

### *Слабые стороны*

1. Высокие затраты на внедрение: приобретение и внедрение робототехнических систем может потребовать значительных инвестиций, особенно для небольших предприятий.

2. Сложность программирования: настройка и программирование роботов требует специализированных знаний и навыков, что может быть сложным для неподготовленных сотрудников.

3. Ограниченная адаптивность: роботы могут иметь ограниченную способность к адаптации к изменениям в производственных процессах или требованиях, поэтому они могут быть менее эффективны в случае перемен.

4. Непредвиденные сбои и поломки: робототехническое оборудование подвержено риску сбоев и поломок, что может привести к простоему производства и дополнительным затратам на обслуживание и ремонт.

5. Ограниченная способность взаимодействия: в некоторых случаях роботы могут испытывать сложности во взаимодействии с другими элементами производственной линии или сотрудниками, особенно если они не оборудованы для этого.

6. Потребность в постоянном обновлении и модернизации: технологии робототехники быстро развиваются, поэтому компании могут столкнуться с необходимостью регулярного обновления и модернизации оборудования, чтобы оставаться конкурентоспособными.

## **Заключение**

В статье рассмотрены ГПС при круговом способе размещения оборудования, а также организации работы оборудования при таком размещении. На основе данных о способах размещения оборудования нельзя сделать однозначный вывод, что лучше. Так как лучший способ размещения будет зави-

сеть от характеристик оборудования, размера предприятия и других факторов. То же самое и с организацией работы оборудования при круговом способе размещения. Все зависит от различных факторов производства.

**Список источников**

1. Гибкие производства. URL: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Flexible\\_manufacturing\\_system](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Flexible_manufacturing_system) (дата обращения: 20.02.2024).
2. Искусственный интеллект. URL: <https://www.questionai.com/download-app> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Медунецкий В. М., Медунецкий В. В., Соляник А. Р. Обеспечение гибкости роботизированных технологических систем для сборки малогабаритных изделий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. № 1. С. 143–146.
4. Николаев В. В. Повышение гибкости роботизированных сборочных линий многоменклатурного производства оптических приборов. СПб., 2018. 124 с.
5. Капустин Н. М., Кузнецов П. М., Схиртладзе А. Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2004. 415 с.
6. Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад. М.: Дело, 2015. 272 с.
7. Papakostas N., Michalos G., Makris S. Industrial applications with cooperating robots for the flexible assembly // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2011. V. 24. N 7. P. 650–660.
8. Shah M., Eastman R. An Overview of Robot-Sensor Calibration Methods for Evaluation of Perception-Systems. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/7dff/84e70ce17997da49352403ebe5626f2db627.pdf> (дата обращения: 19.02.2024).
9. Makris S., Michalos G., Eytan A. Cooperating robots for reconfigurable assembly operations: Review and challenges // Procedia CIRP. 2012. Vol. 3. N 1. P. 346–351.
10. Бондарева Н. Н. Состояние и перспективы развития роботизации: в мире и России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. № 3. С. 49–57.
11. Медунецкий В. М., Николаев В. В. Метод расширения рабочей зоны манипулятора робота и повышения гибкости технологических линий // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 4. С. 377–379.
12. Козырев Ю. Г. Гибкие производственные системы. Справочник. М.: Кнорус, 2017. 364 с.
13. Владзиевский А. П. Автоматические линии в машиностроении. Кн. 1; 2. М.: Машгиз, 1958.
14. Автоматизированные системы проектирования технологических процессов механосборочного производства / Под ред. Н. М. Капустина. М.: Машиностроение, 1979.
15. Makris S., Michalos G., Chryssolouris G. RFID driven robotic assembly for random mix manufacturing // Robotics and Computer Integrated Manufacturing. 2012. Vol. 28. N 3. P. 359–365.

УДК 621.315

**Ю. П. Кузьменко**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**С. В. Солёный** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ СВЕТОДИОДНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

### Введение

Интеллектуальное управление светодиодным освещением – это современная и инновационная технология, которая изменяет представление о возможностях освещения. Оно предлагает целый ряд новых функций и преимуществ, делая управление и контроль освещением более удобным, эффективным и экологически безопасным.

Одной из главных особенностей интеллектуального управления является его способность регулировать яркость, цветовую температуру и даже направление света с использованием различных сенсоров и программируемых систем. Путем интеграции сетевых технологий и умных устройств, интеллектуальное управление светодиодным освещением позволяет создавать персонализированные сценарии освещения, управлять ими удаленно через мобильные приложения и автоматизировать процессы управления освещением. С развитием технологий умного дома, интеллектуальных систем управления зданиями и применения систем освещения в коммерческих объектах, важным становится эффективное и гибкое управление множеством светодиодных источников света.

На текущий момент наиболее часто энергосбережение в системах освещения связано больше с решением архитектурных задач повышающими КЕО [1]–[3]. В значительно меньшей степени затрагиваются вопросы решения технических задач и алгоритмизации управления освещением [4], [5]. Также при рассмотрении систем управления освещением освещаются такие проблемы как масштабируемость системы, энергоэффективность, совместимость и сложность управления.

При проектировании и внедрении систем управления освещением, в первую очередь опираются на заявленные производителем характеристики, в которых заявляется до 60 % экономии в сравнении с периодом до внедрения системы управления освещением, либо используются результаты прототипов систем и единичных внедренных систем [6], [7]. При этом необходимо отметить, что из-за недостаточно формализованных и определенных критериях качества самих осветительных приборов и методик определения качества осветительных приборов, имеет место быть завышение характеристик, по причине чего может снижаться экономический эффект от внедрения интеллектуальной системы освещения [8].

Данные факты показывают необходимость совершенствования текущих или разработка принципиально новых систем мониторинга освещенности и управления освещением, при этом опираясь на специфику конкретных осветительных технологий применяемых при проектировании таких систем.

Для создания систем управления светодиодным освещением используют различные протоколы, наиболее распространенными сигналами управления являются аналоговый 1.10 В и цифровой DALI и DMX512A.

### Аналоговое управление светодиодным освещением

Уровень напряжения, используемый для аналогового управления, зависит от конкретной системы и типа освещения. Однако в большинстве случаев аналоговое управление осуществляется путем изменения напряжения переменного тока в пределах от 0 до 10 В или постоянного тока, в пределах от 0 до 24 В. Аналоговое управление освещением осуществляется путем изменения напряжения или тока, подающегося на источник освещения, для регулировки яркости света. Этот подход к управлению освещением широко применяется в различных областях, включая домашнее освещение, офисы, театры, кинотеатры и другие [9], [10]. Главным достоинством данного метода управления является низкая стоимость и низкая сложность системы. Для организации такого способа управления требуется провести две линии: внешний управляющий сигнал и общий обратный провод [9], [10].

Также присутствуют системы, которые получают управляющий сигнал от светодиодного драйвера и потенциометра [9], [10]. Главным недостатком метода является сложность в организации систем освещения с большим количеством осветительных приборов, так как каждый светильник управляется независимо то необходимо проложить большое количество линий управления, что сильно увеличивает стоимость системы. Также такой метод организации усложняет проведение диагностики и устранения неисправностей. Другой же недостаток аналогового управления связан с невозможностью прокладки длинных линий, так как сигнал убывает по закону обратных квадратов, то при приеме этого сигнала осветительным прибором уровень сигнала может оказаться недостаточным. Это приводит к установке неправильной освещенности и неравномерности освещения разных зон, расположенных близко к друг другу. При этом при передаче на большие расстояния возникает большое количество шумов и помех. Получивший распространение из-за простоты исполнения, данный метод не обеспечивает достаточного качества управления, но позволяет создать систему управления через интернет.

В целом, аналоговое управление светодиодным освещением имеет свои преимущества и подходит для простых приложений, но при необходимости более сложного и гибкого управления, чаще используются цифровые методы управления, такие как протоколы DMX или DALI.

### **Стандарт управления освещением DMX-512A**

Протокол DMX-512A базируется на использовании последовательной передачи данных, в которой каждое устройство использует уникальный адрес для приема команд. Стандартный кабель содержит 5 контактов: один для заземления и четыре для передачи данных [10].

Протокол DMX-512A основан на концепции цифровых каналов управления, каждый из которых отвечает за управление одним параметром осветительного прибора, например, яркостью, цветом или движением. Эти каналы передаются по последовательной шине связи и позволяют управлять несколькими осветительными устройствами одновременно.

Широкое распространение протокола DMX-512A объясняется несколькими причинами:

- универсальность: DMX-512A является стандартом, широко применяемым в данный момент, что обеспечивает совместимость между различными производителями оборудования;
- простота: протокол DMX-512A содержит простой и обширный набор команд для гибкой настройки различных параметров осветительной установки;
- многоканальность управления: при использовании протокола DMX-512A возможно управление большим количеством светодиодных осветительных приборов по одному сигнальному кабелю.

Для управления осветительными приборами используется шина данных с пропускной способностью достаточной для управления 512 осветительными приборами, данные передаются по шине с частотой 250 кГц, и обработка одного сигнала занимает 44 микросекунды. Следовательно, полный цикл передачи 23 мс. В итоге получается частота 46 Гц. Такая частота совпадает с частотой сети, что позволяет избежать дополнительного мерцания [9]. Главным недостатком DMX-512A является односторонняя связь контроллер – светильник, что не позволяет организовывать отладку системы и мониторинг значений нормируемых показателей.

### **Протокол управления DALI**

Стандарт DALI изначально был разработан, как стандарт с открытой документацией и использовался для создания систем освещения с газоразрядными лампами. В конце 2009 года стандарт подвергся модернизации и появился функционал создания систем управления светодиодным освещением. Согласно документации протокол подразумевает передачу данных по двум линиям. На рис. 1 отображена возможная схема организации системы управления освещением, красная линия иллюстрирует сигнальный провод, синий линию питания 220 В.

Протокол DALI позволяет регулировать яркость света, управлять цветовой температурой и даже реализовывать динамические эффекты, такие как изменение освещенности и автоматизацию освещения в зависимости от внешних условий или времени суток.

Этот стандарт также обеспечивает возможность мониторинга и диагностики осветительных приборов, что позволяет оперативно реагировать на неисправности, а также собирать данные о потреблении энергии для оптимизации энергоэффективности.

Подключение сегмента DALI.  
Индивидуальное управление 64 приборами

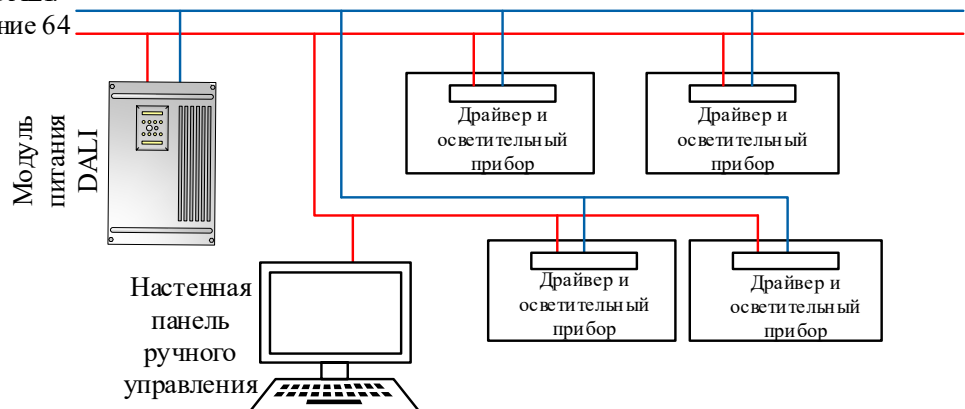


Рис. 1. Передача данных по сети DALI

Основными преимуществами протокола DALI являются:

- гибкость и точное управление: DALI позволяет точно контролировать яркость, цвет и другие параметры светильников, обеспечивая высокую гибкость управления освещением и возможность создания настраиваемых осветительных сценариев;
- индивидуальный адрес каждого светильника: DALI позволяет адресное управление каждым светильником или группой светильников, что обеспечивает гибкий контроль, а также возможность интегрировать системы управления светом в комплексные сети;
- обратная связь и мониторинг: DALI предоставляет средства для сбора данных о состоянии и работе светильников, что позволяет оперативно реагировать на неисправности, оптимизировать обслуживание и снижать энергопотребление;
- энергоэффективность: протокол DALI благодаря наличию обратной связи, обладает возможностью создать систему мониторинга, которая будет управлять осветительной установкой в зависимости от потребностей потребителей;
- интеграция и совместимость: поскольку протокол DALI является открытым и не требует лицензирования у правообладателя, это позволяет сделать необходимый уровень интеграции с оборудованием других производителей;
- DALI является открытым стандартом, что обеспечивает возможность интеграции с другими системами умного дома, зданий или автоматизации, а также обеспечивает совместимость между различными производителями оборудования.

Минусом DALI является высокая стоимость контроллеров.

### Заключение

Постоянно развивающиеся технологии управления освещением становятся все более и более продвинутыми, что позволяет с гораздо большей эффективностью применять осветительные установки, причем как уже существующие путем модернизации, так и проектируемые. Применение протоколов умного освещения позволит существенно увеличить экономию электроэнергии, потребляемой на цели освещения, что положительно скажется на инвестиционной привлекательности таких систем для потребителей. Приведя к еще большему росту и техническому прогрессу в области управления освещением. На текущий момент по совокупности своих возможностей наиболее совершенным является протокол управления DALI, так как он по спецификации имеет возможность двустороннего обмена данными, что дает возможность повысить наблюдаемость и улучшить качество мониторинга светодиодных сетей освещения. Поскольку на текущий момент присутствует большая проблема, связанная с качеством мониторинга сетей.



Одним из наиболее заметных преимуществ интеллектуального управления является улучшение комфорта и безопасности для пользователей. Создание различных осветительных сценариев в зависимости от потребностей пользователей, автоматическое реагирование на изменения окружающей среды и управление освещением в реальном времени позволяют создавать оптимальные условия для работы, отдыха или развлечений.

Интеллектуальное управление светодиодным освещением является ключевым элементом в создании умных городов, зданий и жилых помещений будущего, где эффективное, гибкое и умное освещение становится неотъемлемой частью комфортной и безопасной жизни.

### Список источников

1. Соловьев А. К. Физика среды: учебник. М.: АСВ, 2008. 344 с.
2. Соловьев А. К. Распределение яркости по небосводу и его учет при проектировании естественного освещения зданий // Светотехника. 2008. № 6. С. 18–27.
3. Коржнева Т. Г. Исследование эффективности совмещенного освещения с учетом энергетического баланса помещения: дисс. ... канд. техн. наук. Томск, 2015. 110 с. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.
4. Вернер В. Интеллектуальные системы управления внутренним освещением // Светотехника. 1993. № 4. С. 15–19.
5. Фомин А. Г. Исследование и оптимизация энергопотребления в установках совмещенного освещения с автоматическим управлением: дисс. ... канд. техн. наук. СПб., 2000. 174 с.
6. Каталог Northcliff 2013 // русскоязычный сайт компании «Нордклифф». 2013. URL: [http://www.northcliffe.ru/files/367/Book\\_forsite1.pdf](http://www.northcliffe.ru/files/367/Book_forsite1.pdf) (дата обращения: 12.05.2024).
7. Benoit ROISIN, Arnaud DENEYER, Peter D'HERDT, Christian EUGENE. Optimization of lighting power consumption in offices // SINAIA 2006 International Lighting Symposium «Modern Quality Solutions for an Efficient Lighting» 12–14 October 2006, Sinaia, Romania.
8. Кузьменко В. П. Модели и методики обеспечения качества светодиодных осветительных приборов: дисс. ... канд. тех. наук. М., 2021. URL: <https://fs.guar.ru/dissov> (дата обращения: 12.05.2024).
9. Опыт использования BIM – Диалог специалистов АВОК – проектирование, монтаж, наладка, сервис // Форум АВОК. URL: <http://forum.abok.ru/index.php?showtopic=109827> (дата обращения: 12.05.2024).
10. Управление освещением. Обзор протоколов // ООО «Ледпром». URL: <http://ledprom.ru/doc/articles/upravlenie-osve> (дата обращения: 12.05.2024).

УДК 004

**И. А. Кулаченко**

студент кафедры информационной безопасности

**С. Г. Фомичева** – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель**ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТЕГАНОАНАЛИЗА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В этой статье рассматриваются основные аспекты стеганоанализа и представляются некоторые популярные инструменты, используемые в данной области.

Целью стеганоанализа растровых изображений является обнаружение наличия скрытых данных в изображениях, а также определение используемых методов стеганографии. Это важно для обеспечения безопасности и предотвращения незаконного использования стеганографии.

Для лучшего понимания того, как обнаруживать скрытую информацию приведены наиболее популярные методы ее сокрытия.

1. Метод наименее значащих бит LSB – метод, основанный на выделении наименее значимых бит изображения-контейнера и их замены на биты сообщения [1]. Имеет существенный недостаток, он применим только к изображениям в форматах без сжатия (BMP) или с сжатием без потерь (GIF), поскольку для хранения скрытого сообщения используются наименее значимые биты пикселей, и при сжатии с потерями эта информация может быть утрачена.

2. Методы, основанные на дискретно-косинусном преобразовании – данные методы использует для встраивания информации частотную область контейнера и заключается в относительной замене величин коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП) [2]. Метод позволяет встроить намного меньше информации чем LSB, однако также незаметен для человеческого глаза и является устойчивым к сжатию.

3. Методы, основанные на дискретном вейвлет-преобразовании – схожи с методами на основе дискретно-косинусного преобразования, но вместо него для перехода в частотную область используется дискретное вейвлет-преобразование.

Таким образом, можно заметить, что самые распространенные методы сокрытия информации в цифровых изображениях основаны на изменении характеристик контейнера в пространственной либо частотных областях и для того, чтобы их обнаружить необходимо анализировать статистические характеристики этих областей и выявлять в них аномалии.

Стеганоанализ растровых изображений основан на различных методах и подходах, далее перечислены основные из них:

- анализ статистических свойств: этот метод основан на анализе статистических свойств пикселей в изображении. Он исследует распределение значений пикселей, корреляцию между ними и другие статистические характеристики. Если в изображении присутствуют скрытые данные, то статистические свойства могут измениться;

- анализ частотного спектра: метод, опирающийся на анализ частотного спектра изображения. Скрытые данные могут вносить изменения в частотный спектр, что может быть обнаружено при помощи преобразований Фурье или других методов анализа спектра;

- машинное обучение и искусственный интеллект: эти методы обучают модели на больших наборах данных, содержащих как нормальные, так и стеганографированные изображения. Модели могут выявлять паттерны и признаки, характерные для стеганографированных изображений, и использовать их для классификации изображений на стеганографированные и нормальные. Применение данных подходов позволяют достичь высокой точности обнаружения скрытых данных. Современные методы стеганоанализа все чаще используют их для обнаружения скрытых данных.

Наиболее эффективное обнаружение стегановставок достигается за счет комбинации различных методов и техник, поскольку заранее не известно каким образом данные были сокрыты, а применение, например, анализа частотной области может дать ложный результат в случае сокрытия данных в пространственной области и наоборот.

Далее рассматриваются наиболее популярные программные продукты, предложенные на рынке:

1) Stegdetect/Stegbreak – это набор приложений на языке C/C++, которые предназначены для автоматического обнаружения, расшифровки и удаления стеганографии в изображениях формата JPEG (JPG). Stegdetect производит анализ файла и пытается определить используемое приложение для сокрытия данных, после чего выводит отчет. Эта утилита эффективна против множества стеганографических приложений, таких как Steghide, OutGuess и другие, проверяя наиболее распространенные хранилища и алгоритмы стеганографии [3]. Она поддерживает только изображения формата JPEG и может обрабатывать как отдельные изображения, так и целые каталоги (игнорируя подкаталоги). Чувствительность может быть задана в качестве параметра, однако достаточно достоверные результаты могут быть получены только при наличии вложения, составляющего более 10 % от объема файла-контейнера;

2) StegExpose – это инструмент стеганоанализа, специализирующийся на обнаружении стеганографии в изображениях без потерь, таких как PNG и BMP (LSB – тип наименее значащих битов). Он имеет интерфейс командной строки и предназначен для массового анализа изображений, обеспечивая при этом возможности отчетности и настройки, которые понятны для пользователей, не являющихся экспертами-криминалистами. Алгоритм оценки StegExpose основан на интеллектуальной и тщательно протестированной комбинации уже существующих методов поэтапного анализа пикселей, включая Sample Pairs, RS-анализ, атаку Хи-квадрат и Primary Sets. В дополнение к обнаружению наличия стеганографии, StegExpose также включает в себя количественный стеганоанализ (определение длины скрытого сообщения) [4];

3) StegoHunt MP – это следующее поколение ведущего в отрасли инструмента обнаружения стеганографии и пакета для стеганографического анализа от WetStone. StegoHunt эффективно обнаруживает наличие как стеганографии, так и программ сокрытия данных, а также файлов, в которых могла быть скрыта полезная нагрузка данных (файлы-носители). Данное приложение использует методы стеганоанализа, включающие анализ атрибутов файла, коэффициентов дискретного косинусного преобразования (DCT) и цветовых значений RGB, предоставляют информацию, которую исследователь может использовать для определения метода стеганографического сокрытия данных. Помимо прочего, имеется инструмент StegoBreak, который помогает взламывать шифрование, используемое во многих программах для сокрытия данных, либо удалить стеганографическую вставку. StegoBreak выполняет атаку по словарю на шифрование и, в случае успешного взлома, позволяет исследователю просмотреть содержимое полезной нагрузки [5].

Сравнительные параметры указанного ПО стеганоанализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

ПО	Тип распространения	Область анализа	Поддерживаемые форматы изображений	Наличие графического интерфейса	Возможность удаления вставки	Предоставление подробной отчетности
Stegdetect	Свободный	Частотная, пространственная	JPEG (JPG)	-	+	-
StegExpose	Свободный	Пространственная (LSB)	PNG, BMP	-	-	-
StegoHunt	Лицензия	Частотная, пространственная	Все основные форматы	+	+	+

Исходя из данной таблицы можно сделать вывод, что ПО StegoHunt является самым мощным из рассматриваемых инструментов и по всем параметрам превосходит представленные решения, однако оно требует лицензии.

StegDetect и StegExpose в свою очередь не имеют графического интерфейса и возможности предоставления подробного отчета об анализе, а также поддерживают лишь определенные форматы изображений, StegExpose к тому же не поддерживает анализ частотной области, в следствие чего закодированные таким образом сообщения не смогут быть обнаружены.

Таким образом, возникает необходимость в разработке программного обеспечения стеганоанализа растровых изображений, удовлетворяющего всем потребностям.

В будущем развитие программного обеспечения стеганоанализа растровых изображений будет продолжаться, с учетом новых методов и технологий. Ключевую роль в этом процессе конечно же играет разработка эффективных алгоритмов и инструментов для обнаружения скрытых данных в растровых изображениях. Непрерывное развитие этой области поможет в обеспечении безопасности информации и эффективном противодействии стеганографическим атакам.

### Список источников

1. Варновский Н. П., Голубев Е. А., Логачев О. А. Современные направления стеганографии // Материалы конференции «Математика и безопасность информационных технологий» в МГУ 28–29 октября 2004 г. М.: МЦНМО, 2005. С. 32–64.
2. Аграновский А. В., Балакин А. В., Грибунин В. Г. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ: монография. М.: Вузовская книга, 2009. 217 с.
3. Steganography Detection with Stegdetect. URL: <https://www.provos.org/p/detection-with-stegdetect> (дата обращения: 19.12.2023).
4. StegExpose – инструмент для детектирования стеганографии LSB. URL: <https://archive.org/details/argiv-1410.6656> (дата обращения: 19.12.2023).
5. StegoHunt MPSteganalysis and Steganography Detection Tool. URL: <https://www.wetstonetech.com/products/stegohunt-steganography-detection/> (дата обращения: 19.12.2023).

УДК 528.83

**М. М. Кулумбегов**

студент кафедры управления в технических системах

**Ю. В. Литвинов** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ

### Введение

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится все более популярным в различных областях, включая слежение за подвижными объектами. Благодаря своей маневренности и возможности длительного полета, БПЛА предоставляют уникальную возможность наблюдения и контроля за объектами, которые в противном случае было бы трудно отследить.

Одной из основных областей применения БПЛА для слежения за подвижными объектами является транспорт. БПЛА также могут быть полезными при слежении за животными в дикой природе. Например, для отслеживания перемещений стада или маршрутов миграции птиц. Использование БПЛА для слежения за подвижными объектами также имеет потенциальное применение в области поисковых и спасательных операций. БПЛА могут быть использованы для быстрого обнаружения и отслеживания пропавших людей или потерпевших, особенно в труднодоступных и опасных местах.

В качестве БПЛА активно используются квадрокоптеры, которые могут зависать на одном месте, что довольно удобно. Также стоит отметить, что квадрокоптеры взлетают вертикально и им не требуется устройства запуска или полоса для разбега. Также обладают низкой массой при возможности нести большую полезную нагрузку [1].

### Технические аспекты

Основным элементом в системе является бортовая передающая камера. Система имеет три контура обратной связи: контур обратной связи в цепи гироскопа, контур связи GPS; контур связи видеокamеры [2].

Одним из основных технических аспектов является их способность оперативно передавать данные в реальном времени. БПЛА оснащены передатчиками и приемниками, которые позволяют передавать изображения и другую информацию с летательного аппарата на наземную станцию наблюдения.

Собранные данные должны быстро обрабатываться и передаваться на землю для анализа. Это требует мощных бортовых компьютеров и надежных систем связи, которые могут обеспечить передачу больших объемов данных в реальном времени без значительных задержек.

Еще одним важным техническим аспектом использования квадрокоптеров для слежения является возможность осуществлять слежение по заранее заданному маршруту. Это достигается с помощью специализированных программного обеспечения и встроенных систем автопилотирования, которые позволяют автоматически управлять движением. Неотъемлемой частью в данном случае будет являться наличие GPS-системы, которая позволит летательному аппарату точно определять свое положение. Стоит отметить, что также используются инерциальные измерительные устройства (ИИУ), которые предназначены для измерения ускорения и угловой скорости, а также вычисления ориентации. Встроенные алгоритмы ориентации позволяют вычислять углы наклона и ориентацию объекта (курс, крен, тангаж).

Оператор может заранее задать точки и маршрут, по которому должен двигаться БПЛА, и летательный аппарат будет автоматически следовать по нему, обеспечивая непрерывное слежение за подвижным объектом. Это позволяет снизить нагрузку на оператора и гарантировать непрерывность наблюдения.

Слежение за подвижным объектом подразумевает использование видеосигнала с камеры установленной на квадрокоптере. Для анализа используется покадровый поток. В результате идет сравнение текущего и предыдущего кадра. В результате получаются области, в которых произошли какие-либо изменения [3].

Летательные аппараты могут быть использованы как в дневное время суток, так и ночью, благодаря возможности оснащения инфракрасными камерами, которые могут выдавать картинку хорошего качества даже в условиях полной темноты. Кроме того, БПЛА могут работать в различных климатических условиях, включая высокие и низкие температуры, влажность и т. д.

Разработка алгоритмов автономного поведения и искусственного интеллекта позволяет БПЛА самостоятельно принимать решения в сложных и динамичных условиях, что увеличивает их эффективность и безопасность использования. Позволяет исключить человеческий фактор оператора в каких-то критических ситуациях.

### Ограничения

Одно из основных ограничений – это небольшая дальность полета. Как правило, большинство коммерчески доступных БПЛА обладают ограниченной энергетической емкостью, что определяет максимальную дальность их полета. Однако аккумуляторные батареи постоянно совершенствуются, а также существуют БПЛА с двигателями внутреннего сгорания, которые имеют большой запас хода.

С увеличением расстояния возникает вопрос принятия и отправки информации между оператором и летательным аппаратом. Существуют сложности с обработкой больших объемов данных в реальном времени.

Также следует учесть технические и программные ограничения самого БПЛА. Например, некоторые модели могут не иметь достаточной скорости или точности при слежении за быстро движущимся подвижным объектом. В таких случаях может потребоваться использование более специализированных моделей.

К сложностям можно отнести законодательные ограничения на использование воздушного пространства, требования к регистрации БПЛА и ограничения, связанные с защитой персональных данных.

### Перспективы применения

В современном мире все больше возникает необходимость в эффективных и точных способах слежения за подвижными объектами. Традиционные методы наблюдения, такие как наземные системы и телекамеры, могут быть ограничены своей мобильностью и неспособны обеспечить полный охват территории.

Перспективы применения БПЛА в слежении за подвижным объектом не ограничиваются только одной сферой деятельности. Эти системы могут быть полезны в различных областях, таких как безопасность, наука и исследования, логистика и транспорт, сельское хозяйство и многое другое.

В сфере логистики и транспорта квадрокоптеры могут использоваться для мониторинга грузовых перевозок, контроля состояния дорог, обнаружения препятствий на пути движения транспорта и других задач.

В научных исследованиях летательные аппараты также играют важную роль. Они могут использоваться для мониторинга животного мира.

### Заключение

Таким образом, применение БПЛА в слежении за подвижными объектами имеет огромный потенциал для различных сфер деятельности. Эти системы обеспечивают более широкий охват территории, повышают точность и оперативность мониторинга, а также упрощают процесс сбора и анализа данных.

Для достижения оптимальных результатов необходимо учитывать ряд технических аспектов, таких как выбор подходящих сенсоров и разработку эффективных алгоритмов обработки данных, применение различных технологий, например, компьютерное зрение.

Применение летательных аппаратов, может значительно повысить эффективность операций по слежению за подвижными объектами.

### Список источников

1. Алгоритмы управления летающим роботом при слежении за подвижным объектом / В. Ш. Буй, А. В. Бушуев, Г. М. Шмигельский и др. // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 8. С. 593–599.
2. Абдулов Р. Н., Абдуллаев Н. А., Асадов Х. Г. Вопросы оптимизации применения беспилотных летательных аппаратов для поиска и слежения объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 1 (83).
3. Макаров Д. А. Применение алгоритмов слежения за движущимся объектом в системах видеонаблюдения. Информатика, телекоммуникации и управление. 2010. № 5 (108).

УДК 004.056.53

**Н. В. Лисицына**

студентка кафедры информационной безопасности

**В. А. Мильников** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТАВКИ  
КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ**

В настоящее время повсеместно – во всех городах и странах, люди активно пользуются почтовыми отправлениями: открытки с поздравлениями на праздники, посылки с подарками, письма с разным содержанием, даже документы по работе: отчеты, резюме, планировки. Многие аналитики прогнозировали уход рынка подобных услуг, как только появился интернет, казалось, что электронный способ передачи (электронные почты, социальные сети, различные сервисы) вытеснят почтовую службу, но, к счастью или к сожалению, этого не произошло, и несмотря на существование электронных способов передачи, почтовая связь продолжает существовать, обеспечивая пересылку и доставку адресатам письменных и печатных материалов, а также денежных переводов, бандеролей и др.

Актуальность проблемы доставки почтовых отправлений состоит в том, что несмотря на имеющееся разнообразие служб доставки (Почта России, Служба Доставки Экспресс-Курьер (СДЭК), VohBerry и т. д.), все еще существуют минусы, которые ухудшают пользование данных служб, а именно: очереди в организациях, плохая безопасность, включая информационную безопасность, задержки в отправках посылок и писем, их потеря и так далее.

Только в 2020 году за 6 месяцев у Почты России потерялось около 6000 посылок, раньше показатель был еще выше. И чаще почтовое отправление не приходит вовремя из-за большого потока корреспонденции. В сентябре 2023 года казначейство выявило финансовую дыру в Почте России за 2022 год на 24,5 млрд рублей, одной из причин стали некачественные IT-системы. В 2022 году Почта России стала убыточной впервые за девять лет [1].

В обороте почты очень огромное количество почтовых отправлений, а чем больше отправлений, тем больше вероятность их потери.

Можно заметить, что Почта России использует автоматизированную систему отделений почтовой связи (ЕАС ОПС). Данная система объединяет в себе все функции: от приема почтовых отправлений до оформления подписки на периодические издание и продажи товара. Конечно удобно, когда все программы в одной системе, но имеются и определенные нюансы. Во-первых, если в системе произойдет сбой, то будут недоступны все функции, значит необходима очень сильная защита, на что будут уходить большие финансы. Во-вторых, из-за большого количества функций почты в одном почтовом отделении собирается много людей, что приводит к огромным очередям в организации. Кроме того, программы с большим количеством функций не всегда понятны для их пользователей, либо просто часто вызывают ошибки из-за недостаточной внимательности или поддержки разработчиков.

Таким образом, стоило бы провести модернизацию почты, в рамках которой следует поделить почту на четыре организации, занимающимися каждая определенным видом деятельности, например – банковскими, страховыми, почтовыми и организацию, управляющую почтовыми операциями. Такое деление отразилось бы позитивно на деятельности Почты России, поскольку работа была бы поделена.

Проведем сравнение некоторых служб доставки, а именно: Почта России, СДЭК, VohBerry (табл. 1).

По данной таблице видно, что СДЭК имеет самую низкую стоимость и средний срок доставки.

СДЭК одна из самых популярных служб, поэтому стоит обратить внимание на безопасность и конфиденциальность компании. Часто при входе в пункт выдачи можно заметить груды посылок на полу рядом с очередью. На посылках можно увидеть конфиденциальные данные получателей, что не говорит о хорошей конфиденциальности. Помимо этого, имеется такой минус, как недостаточное обучение персонала вопросам информационной безопасности. Чаще всего работники за стойками могут лишь забирать заказы, регистрировать их и выдавать, а ведь важно, чтобы сотрудники при работе с

информацией клиентов были обучены вопросам информационной безопасности, чтобы снизить риски несанкционированного доступа.

Таблица 1

**Сравнение служб доставки**

Параметры \ Службы	Почта России	СДЭК	VoxBerry
Срок доставки (СПб-Москва)	2 дня	1–2 дня	1 день
Стоимость (за 0,3 кг, СПб-Москва)	334 (руб.)	200 (руб.)	474 (руб.)
Макс. вес (кг)	20	75	15
Смс – уведомление	нет	да	да
Вызов курьера	да	да	да

Убедившись в актуальности проблемы организации доставки почтовых отправок, можно предложить усовершенствования для разрабатываемой системы.

Во-первых, это дистанционная отправка почтовых отправок. У нынешней почты существует сервис «Электронные письма», сервис позволяет направлять документы электронным способом в виде PDF-файла объемом до 5 Мб. Но как насчет людей, которые не умеют пользоваться интернетом и компьютером в целом? Дистанционная отправка подразумевает, что отправитель присылает в отделение получателя электронное письмо, например, с копией документа, в службе доставки содержимое печатают и высылают получателю как обычное письмо.

Во-вторых, это письмо с запросом подписи адресата. Конечно, существует электронная цифровая подпись (ЭЦП), но это снова же необходимо умение пользоваться технологиями XXI века, и сама подпись действительна лишь год. Поэтому данное улучшение актуально. Например, руководители одного филиала работают в трех разных городах, им необходимо 3 подписи на один бланк, либо те же люди в преклонном возрасте, которые по своим причинам не хотят или не разбираются в технологиях.

Информационная система организации доставки конфиденциальных почтовых отправок предназначена для автоматизации деятельности службы доставки в контексте учета и доставки почтовых отправок, а именно: посылок, писем и документов.

Задачи, решаемые ИС организации доставки конфиденциальных почтовых отправок:

- 1) прием внутренних почтовых отправок;
- 2) вручение почтовых отправок;
- 3) досыл почтовых отправок;
- 4) возврат почтовых отправок;
- 5) доставка почтовых отправок.

В ИС необходимо обеспечить целостность, конфиденциальность и доступность персональных данных при их обработке.

**Список источников**

1. Сергей Мингазов – редактор Forbes. Журнал Forbes // Оценка потерь «Почты». URL: <https://www.forbes.ru/biznes/501580-vedomosti-uznali-ob-ocenke-poter-pochty-po-itogam-audita-v-24-5-mlrd-rublej> (дата обращения: 07.03.2024).

2. VoxBerry. Доставка посылок и писем по России. Расчет стоимости. URL: <https://boxberry.ru/lrip/> (дата обращения: 07.03.2024).

3. Калькулятор доставки СДЭК. URL: <https://cdek.promo/kalkulyator> (дата обращения: 07.03.2024).

4. Почта России. Оформление писем и посылок. URL: <https://www.pochta.ru/shipment?type=PARCEL> (дата обращения: 07.03.2024).



УДК 620.9, 621.548

**Д. П. Лызлова**

бакалавр кафедры электромеханики и робототехники

**М. В. Сержантова** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

### История развития ветроэнергетики

В течение многих веков люди использовали ветер в качестве источника энергии. Сначала он использовался для движения судов и привода мельниц. И только в начале XX века были созданы первые установки, способные генерировать электричество с помощью ветра. Сегодня ветроэнергетика является одной из самых быстроразвивающихся отраслей в области возобновляемой энергии. Каждый год строятся новые ветропарки, а общая установленная мощность ветрогенераторов составляет более 740 ГВт, что позволяет удовлетворять электроэнергетические потребности более чем 500 миллионов домов [1].

### Принцип работы

При работе ветрогенератора происходит преобразование кинетической энергии в электрическую. Он включает в себя мачту, лопасти, генератор и систему управления. Процесс преобразования кинетической энергии ветра начинается с вращения лопастей под действием ветра. При этом механическая энергия поступает на генератор. Генератор в свою очередь превращает ее в электрическую.

Основными частями генератора являются статор и ротор. Статор представляет собой неподвижную обмотку, создающую магнитное поле. Ротор, связанный с лопастями, вращается под воздействием ветра. В ходе вращения ротора происходят изменения магнитного поля, что приводит к возникновению электрического напряжения в обмотке статора. Электрический ток, генерируемый в обмотке статора, проходит через провода и направляется в систему управления. Эта система контролирует параметры тока, такие как напряжение и частота. Полученную электрическую энергию можно применять для питания электроустройств, а также накапливать в батареях [2].

### Карта ветров России

Некоторые регионы России имеют значительный потенциал для использования ветровой энергии. Анализ данных позволяет выделить несколько из таких регионов [3].

Первыми регионами, которые обладают хорошим потенциалом для использования ветровой энергии, являются Краснодарский край и Ростовская область, расположенные на юге страны. Здесь высокие скорости ветра и просторные плоские участки земли делают эти регионы идеальными для установки ветрогенераторов.

Кроме того, для регионов, расположенных в северо-западной части России, таких как Ленинградская и Калининградская области, характерны более высокие скорости ветра.

Дальний Восток России предлагает возможности для использования ветроэнергии в Якутии. Данный регион является перспективным для развития ветроэнергетики, поскольку для него также характерны высокие значения скорости ветра.

Еще одним перспективным регионом с высоким потенциалом ветровой энергии является Архангельская область, расположенная на северо-западе страны. Для данного района также характерны высокие скорости ветра и обширная открытая береговая линия.

Наличие множества островов и полуостровов на территории Камчатского края делает данный регион перспективным для использования ветровой энергии.

Однако следует отметить, что развитие ветроэнергетики в России все еще находится на начальной стадии, поэтому масштабы его распространения могут быть ограничены в ближайшие годы. Есть потенциал для дальнейшего развития ветроэнергетики в перечисленных регионах, и в будущем можно ожидать увеличения использования ветровой энергии [4].

### Сравнительный анализ конструкций ветряков, преимущества и недостатки

#### *Горизонтальные*

Горизонтальные ветрогенераторы более эффективны, чем другие типы устройств, потому что они лучше захватывают энергию потока ветра. Почти все горизонтальные ветряки построены по одной и той же конструктивной схеме, отличия могут быть только в строении ротора. Однако одним из недостатков этой группы устройств является необходимость настройки на ветер. Хотя эта настройка происходит автоматически, вращение данного устройства вокруг вертикальной оси обеспечивается за счет шарнирного соединения (рис. 1) [5].

Для работы горизонтальных ветрогенераторов важна высокая мачта, обеспечивающая оптимальный контакт с ветровыми потоками, и защита от ураганов. При сильном ветре защитная система отводит ротор от ветра, чтобы предотвратить повреждения.



Рис. 1. Горизонтальный ветрогенератор

#### *Вертикальные*

Вертикальные ветрогенераторы привлекают все больше внимания как у профессиональных конструкторов, так и у любителей, несмотря на некоторые недостатки. Один из главных недостатков заключается в том, что поток ветра оказывает останавливающее воздействие на обратные стороны лопастей, что делает вертикальные ветрогенераторы менее эффективными по сравнению с горизонтальными моделями [6]. Вертикальные ветрогенераторы имеют свои преимущества. Они не требуют высоких мачт для установки и от направления ветра не зависят, что упрощает их использование и обслуживание. Кроме того, они доступны для ремонта и модификации, а также могут быть самостоятельно изготовлены. Интересно то, что они позволяют создавать разнообразные формы и модели ротора, что стимулирует разработку новых вариантов как профессионалами, так и любителями в области альтернативной энергетики. Таким образом, несмотря на некоторые ограничения, вертикальные ветрогенераторы представляют собой привлекательную опцию для разнообразных проектов.

#### *Ротор Дарье*

Конфигурация лопастей, расположенных тангенциально перпендикулярно окружности вращения, отличает этот прибор от других подобных устройств. Форма лопасти имеет строение, подобное крылу самолета, что позволяет при вращении создавать подъемную силу. Этот фактор не только облегчает движение, но и активно способствует работе с слабыми потоками ветра (рис. 2) [7].



*Рис. 2. Ротор Дарье*

#### *4. Ветровая турбина Савониуса*

Ветровая турбина состоит из двух лопастей, установленных напротив друг друга. Эти лопасти похожи на желоб, и когда ветровой поток воздействует на обратную сторону, происходит расщепление потока воздуха. Часть этой струи воздуха уходит в сторону, а остальная соскальзывает с обратной стороны одной лопасти на рабочую часть другой. Ветрогенератор Савониуса – одно из самых старых изобретений, которое до сих пор успешно используется в промышленных и самодельных устройствах (рис. 3) [8].



*Рис. 3. Ветровая турбина Савониуса*

Согласно Закону Беца существует определенный коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ). Допустимые значения для разных типов установок составляют 0,593. На сегодняшний день КИЭВ достигнут на горизонтальных установках (0,40) и на вертикально-осевых ветроустановках (0,38).

Исследования показали, что достижение значения коэффициента 0,40–0,45 – реальная задача для вертикально-осевых установок. Можно сделать вывод, что КИЭВ в горизонтальных и вертикальных ветроустановках очень близок [9].

### Расчет характеристик ветрогенератора с применением Python

Расчет характеристик ветрогенератора с использованием Python может быть полезен для оценки работы установленного ветрогенератора или для проектирования нового. Программа на Python поможет в анализе входящих данных о ветре, скорости, типе и характеристиках установки для определения его эффективности, и производительности. Этот инструмент также может помочь инженерам в разработке оптимальных систем ветроэнергетики, улучшении производительности и экономии затрат. Кроме того, использование Python для расчета характеристик ветряной конструкции позволяет проводить анализ данных быстро и эффективно, что помогает сделать более точные и надежные прогнозы (рис. 4) [10].

Для расчета характеристик ветрогенератора можно воспользоваться следующими формулами [11]:

1. По площади вращения:

$$P = 0,6 \cdot S \cdot V^3,$$

S – площадь, перпендикулярная относительно направления ветра, м<sup>2</sup>,

де

V – скорость ветра, м/с,

P – мощность генератора, кВт

2. По диаметру винта:

$$P = D^2 \cdot V^3 / 7000,$$

D – диаметр винта, м,

де

V – скорость ветра, м/с,

P – мощность генератора, кВт.

3. С учетом плотности воздушного потока:

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген},$$

ξ – коэффициент использования энергии ветра,

де

R – радиус ротора, м,

V – скорость воздушного потока, м/с,

ρ – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>,

η<sub>ред</sub> – КПД редуктора,

η<sub>ген</sub> – КПД генератора.

```
#по площади вращения
S=int(input("Введите площадь, перпендикулярную относительно направления ветра")) #площадь, перпендикулярная относительно направления ветра
V=int(input("Введите скорость ветра")) #скорость ветра
P=0.6*S*V**3
print(P)

#по диаметру винта
D=int(input("Введите диаметр винта")) #диаметр винта
V=int(input("Введите скорость ветра")) #скорость ветра
P1=(D**2*V**3)/7000
print(P1)

#с учётом плотности воздушного потока
u=0.59 #коэффициент использования энергии ветра
p=3.14 #число пи
R=int(input("Введите радиус ротора")) #радиус ротора
V=int(input("Введите скорость воздушного потока")) #скорость воздушного потока
P=int(input("Введите плотность воздуха")) #плотность воздуха
kr=int(input("Введите КПД редуктора")) #КПД редуктора
k=int(input("Введите КПД")) #КПД
P2=u*p*R**2*0.5*V**3*P*kr*k
print(P2)
```

Рис. 4. Расчет характеристик ветрогенератора с применением Python

Данная программа путем проведения расчетов и симуляции может оптимизировать работу ветрогенератора. Ее можно и нужно дорабатывать для того, чтобы улучшить систему и работу ветряков.

### Заключение

Ветроэнергетика является важным сектором в энергетической индустрии, который динамично развивается по всему миру. Мощность ветровых электростанций, которая была установлена к 2020 году, достигла 732 ГВт. Это около 7 % от общей генерации электроэнергии в мире. Прогнозы показывают, что рынок ветроэнергетики будет продолжать расти в ближайшие годы [12]. По предварительным расчетам к 2026 году будет построено еще 557 ГВт ветроэлектростанций. Таким образом, темп роста отрасли по прогнозам составит 6,6 % в год.

### Список источников

1. История ветроэнергетики. URL: <https://ekoproekt-energo.ru/news/2018/10/03/история-ветроэнергетики/> (дата обращения: 22.02.2024).
2. Ветроэнергия: определение, принцип работы и экологические выгоды – лекция по экологии. URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/ekologicheskie-aspekty-ispolzovaniya-ventoenergii/> (дата обращения: 21.02.2024).
3. Скорость ветра в регионах России. URL: <https://www.solarhome.ru/basics/bas-wind/wind-resources.htm> (дата обращения: 20.02.2024).
4. Ветроэнергетика в возобновляемой энергетике. URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vetroehnergetika/> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Какие виды ветрогенераторов наиболее эффективны: особенности, достоинства и недостатки. URL: <https://energo.house/veter/vidy-vetrogeneratorov.html> (дата обращения: 20.02.2024).
6. Особенности вертикальных ветрогенераторов. URL: <https://stroy-podskazka.ru/generatory/vertikalnyh-vento/> (дата обращения: 22.02.2024).
7. Вертикальные ветрогенераторы с ротором Дарье. URL: <https://elektrik.info/main/energy/1565-vertikalnye-ventrogeneratory-s-rotorom-dare> (дата обращения: 21.02.2024).
8. Ротор Савониуса: описание, принцип работы. Ветрогенератор с вертикальной осью вращения. URL: <https://fb.ru/article/466735/rotor-savoniusa-opisanie-printsip-raboty-i-ventrogenerator-s-vertikalnoy-osyu-vrascheniya> (дата обращения: 20.02.2024).
9. Ветрогенератор. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветрогенератор#Типы\\_ветрогенераторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветрогенератор#Типы_ветрогенераторов) (дата обращения: 21.02.2024).
10. Как произвести расчет ветрогенератора: формулы + практический пример расчета. URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/generators/kak-proizvesti-raschet-ventrogeneratora.html> (дата обращения: 22.02.2024).
11. Расчет характеристик мощности ветряных турбогенераторов с применением программного модуля windpowerlib. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45714643> (дата обращения: 23.02.2024).
12. Ветроэнергетика в возобновляемой энергетике. URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vetroehnergetika/> (дата обращения: 20.02.2024).
13. Научно-технические проблемы создания ветроэлектрических станций на шельфе Арктики. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-tehnicheskie-problemy-sozdaniya-ventroelektricheskikh-stantsiy-na-shelfe-arktiki> (дата обращения: 24.02.2024).

УДК 621.65

**Н. А. Михаелян**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**О. Я. Солёная** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ОБЗОР ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСОСОВ

В условиях нынешнего рынка производства неустанно ищут способы оптимизации процесса изготовления своих изделий или услуг для снижения себестоимости конечного продукта и повышения маржинальности товара. Решение данной задачи кроется в разбиении всего производственного процесса на составляющие и внедрении точечных изменений, которые в совокупности позволят снизить издержки. Неотъемлемой частью любого производства являются насосы и насосные системы. Насосы применяются в широком спектре областей и индустрий, предоставляя эффективные средства для перемещения жидкостей и газов.

1. Водоснабжение и водоотведение: насосы используются для подачи воды из источников водоснабжения к потребителям и для перекачки сточных вод в системах канализации.

2. Нефтегазовая промышленность: насосы применяются для добычи, транспортировки и переработки нефти и природного газа.

3. Энергетика: насосы используются в энергетических установках для циркуляции рабочего теплоносителя в котлах и турбинах, а также для перекачки топлива.

4. Химическая и фармацевтическая промышленность: насосы применяются для перемещения химических реагентов, сырья и готовой продукции в процессах производства.

5. Производство пищевых продуктов: в пищевой промышленности насосы используются для перекачки жидкостей, таких как молоко, соки, сиропы и другие ингредиенты.

6. Водоподготовка и очистка: насосы применяются для обеспечения процессов очистки воды от загрязнений и подготовки к использованию в бытовых и промышленных целях.

7. Строительство и сельское хозяйство: насосы используются для дренажа земель, орошения полей, а также для подачи воды на строительные площадки.

8. Автомобильная промышленность: насосы применяются в системах охлаждения, топливных системах, системах смазки и тормозных системах автомобилей.

С учетом важности в различных отраслях, понимание принципов работы и технических особенностей насосных устройств необходимо для оптимизации производственных процессов и повышения эффективности промышленных систем. В настоящей статье мы рассмотрим основные виды насосов, используемых в промышленности.

### Виды насосов

Насосы имеют широкий спектр применения как в быту, так и в промышленности. В данной статье мы будем рассматривать преимущественно промышленные агрегаты. Промышленный насос представляет собой гидравлическое оборудование, которое предназначается для перекачки жидкостей разных консистенций с целью обеспечения необходимой подачи и напора. Среди основных типов промышленных насосов можно выделить наиболее распространенные.

#### *Поршневые (плунжерные)*

Поршневые насосы относят к установкам высокого давления. В данных насосах используется специальный поршень (несколько), совершая движение поршень создает давление в жидкости. Под воздействием избыточного давления открывается верхний клапан (подача) и закрывается нижний (всас) [1]. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 1.

#### *Центробежные*

Центробежные насосы являются одними из самых распространённых видов насосов как в быту, так и в промышленности. Основные преимущества центробежного насоса – высокая производительность, надежность, простота конструкции, широкий диапазон использования (водоснабжение, водоотведение, очистные сооружения, химическая промышленность, нефтегазовая промышленность). Прин-

цип действия насоса заключается в выталкивании жидкости под давлением, создаваемым воздействием центробежной силы, которая возникает при вращении рабочего колеса, закрепленном на валу электродвигателя [2]. Таким образом, насос создает непрерывный поток жидкости путем передачи энергии от вращающегося рабочего колеса – жидкости. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 2.

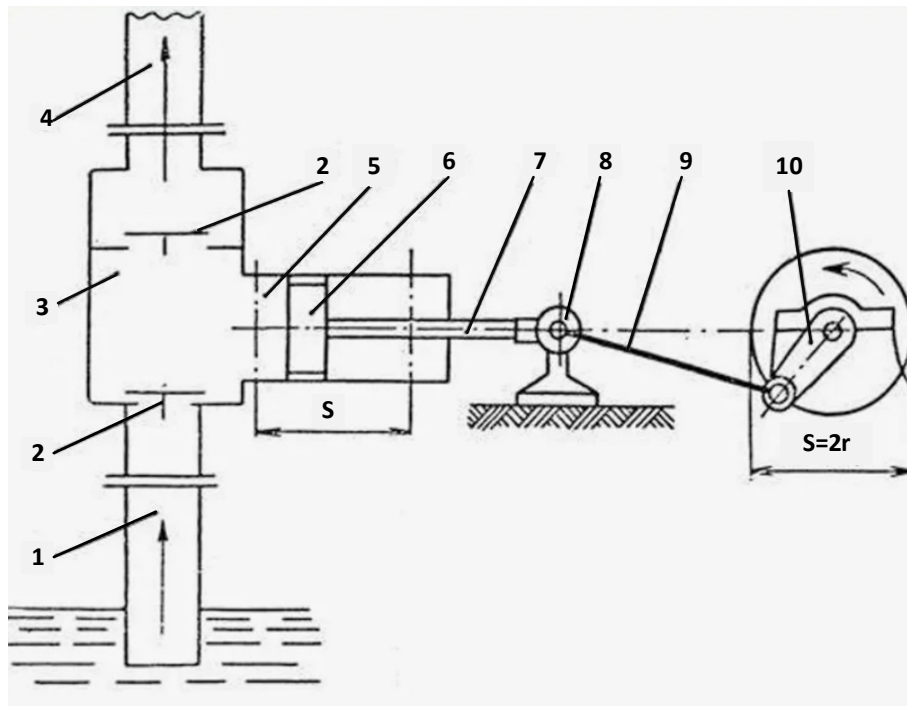


Рис. 1. Схема однопоршневого насоса: 1 – всасывающий трубопровод; 2 – клапаны; 3 – рабочая камера; 4 – напорный трубопровод; 5 – цилиндр; 6 – поршень; 7 – шток; 8 – ползун; 9 – шатун; 10 – кривошипный механизм

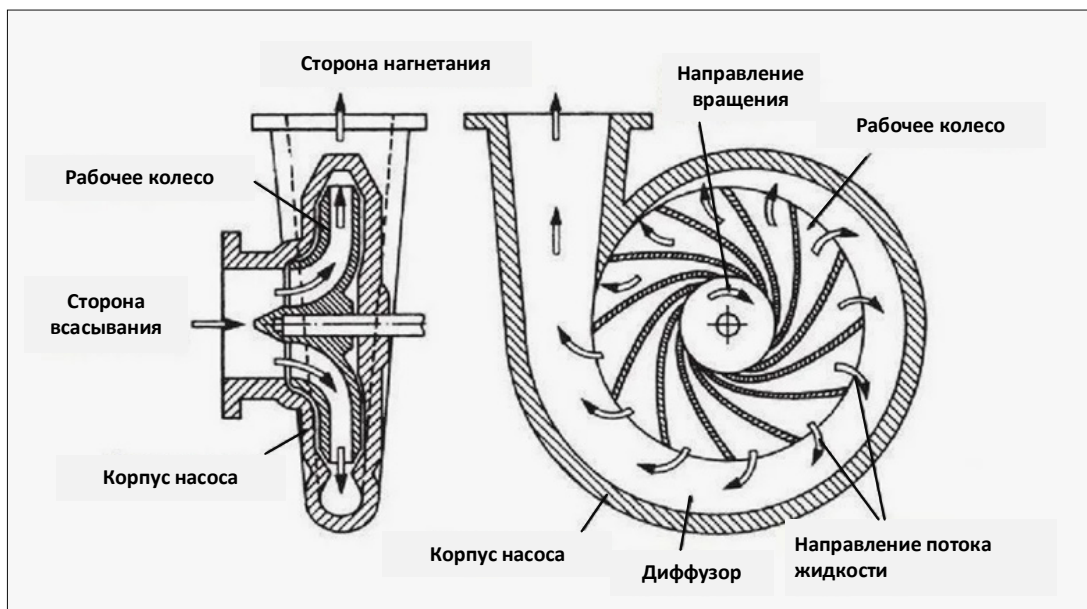


Рис. 2. Схема устройства простого центробежного насоса

#### Роторные (шестеренчатые)

Шестеренчатый насос – это насос с рабочим органом в виде двух шестерен, ведущей шестерни и ведомой. При вращении шестерен жидкость попадает в впадины между зубьями и перемещается в напорную полость. Так как между зубьями возникает плотный контакт, то обратный перенос из полости

нагнетания в полость всасывания невозможен [3]. Чаще всего такие насосы используют для подачи нефтепродуктов без абразивных примесей. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 3.

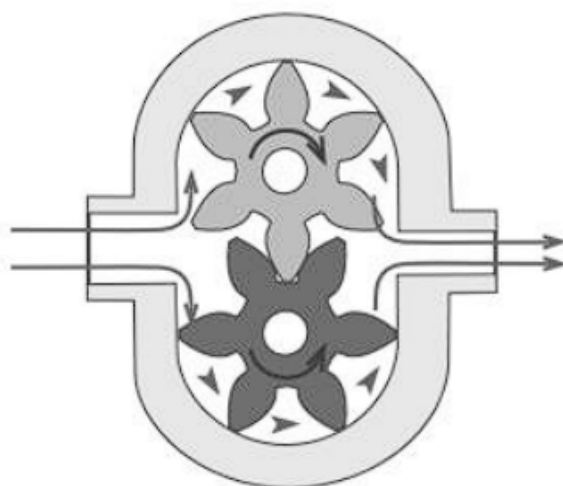


Рис. 3. Схема устройства простого шестеренчатого насоса с внешним зацеплением

#### Винтовые

Винтовые насосы создают поток жидкости с помощью вращающегося винтового элемента. Они характеризуются высокой эффективностью и могут обеспечить равномерный поток с низкими пульсациями. Вращение вала электродвигателя через муфтовое соединение передается на вал редуктора. Зубчатые колеса редуктора, находящиеся в последовательном зацеплении, снижают количество оборотов на выходе из редуктора и увеличивают крутящий момент. Через переходной вал, находящийся в подшипниковом узле, угловая скорость мотор-редуктора передается на карданный вал или транспортировочный шнек, который в свою очередь через шарнирное соединение приводит в движение ротор насоса [4]. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 4.

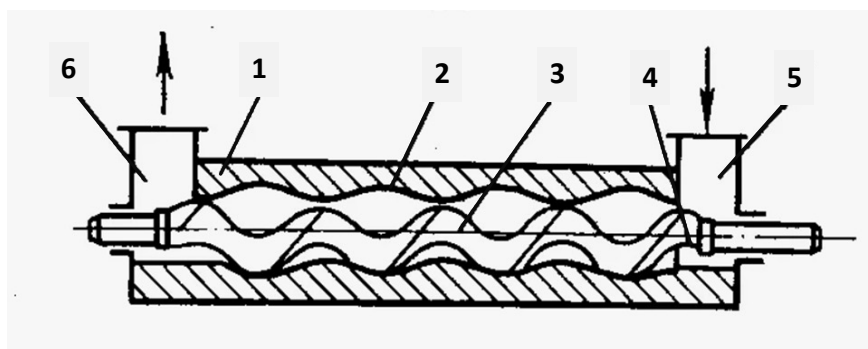


Рис. 4. Винтовой насос: 1 – корпус насоса; 2 – цилиндр; 3 – винт; 4 – шейка винта; 5 – всасывающий патрубков; 6 – нагнетательный патрубков

#### Вихревые

Вихревые насосы, используют принцип вихревого движения для перекачки жидкости. Основным отличием вихревых насосов от обычных центробежных заключается в наличии вихревого колеса или вихревого диска, на входе в насос. Это устройство создает вихревое движение жидкости, для подачи жидкости через насос. Принцип работы вихревого насоса состоит в следующем – жидкость поступает в насос через входное отверстие, где она встречает вихревое колесо. Вихревое колесо создает вихревое движение в потоке жидкости, в результате чего образуется вихрь. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 5.



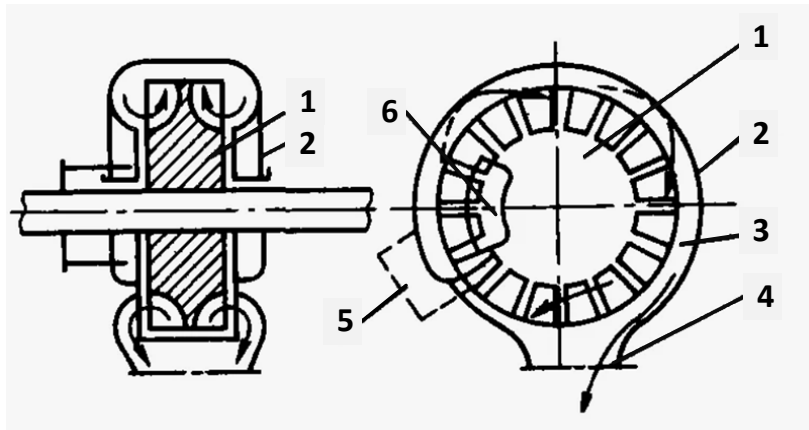


Рис. 5. Вихревой насос: 1 – колесо; 2 – корпус; 3 – полость; 4 – напорный патрубок; 5 – всасывающий патрубок; 6 – уплотняющий выступ

#### Осевые

При вращении рабочего колеса лопасти воздействуют на жидкость, в результате чего давление над лопастью повышается, а под ней снижается благодаря этому осуществляется перекачивание жидкости от линии всасывания в линию нагнетания. Так как при вращении рабочего колеса поток жидкости закручивается, то для компенсации данного процесса на выходе рабочего колеса устанавливается направляющий аппарат. Осевые насосы имеют широкое распространение на тепловых электростанциях и даже в шлюзовом оборудовании [5]. Упрощенная схема насоса представлена на рис. 6.

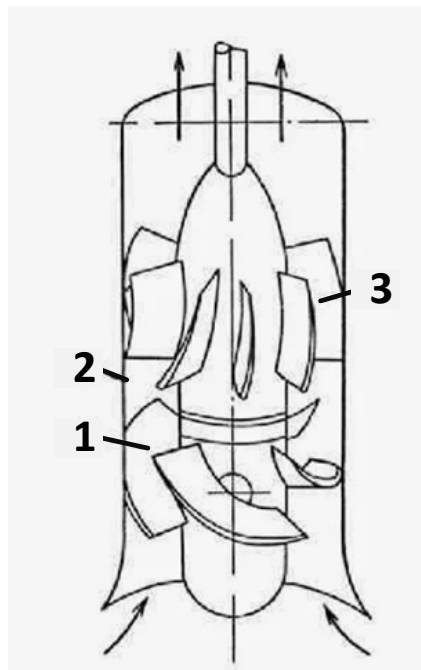


Рис. 6. Осевой насос: 1 – рабочее колесо; 2 – корпус; 3 – направляющий аппарат

#### Заключение

Промышленные насосы представляют собой важные компоненты многих промышленных систем, обеспечивая эффективную перекачку жидкостей и газов в различных отраслях. Понимание их принципов работы, технических характеристик и областей применения необходимо для успешного проектирования и эксплуатации промышленных систем.

#### Список источников

1. Чиняев И. А. Поршневые насосы. М.: Машиностроение, 1966. 188 с.

2. Локалов Г. А., Марковский В. М. Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций. Екатеринбург, 2016. 142 с.
3. Али М. С., Бегляров Д. С. Насосы и насосные установки: М., 2022. 133 с.
4. Васильев В. М. Гидравлические машины (насосы). Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 140 с.
5. Михайлов А. К., Малюшенко В. В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. М.: Машиностроение, 1977. 288 с.

УДК 62-531.3

**Н. А. Михаелян**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**О. Я. Солёная** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ОБЗОР СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСОСОВ

Насосы нашли широкое применение в различных отраслях промышленности по всему миру. Они обеспечивают перекачку жидкостей и газов с высокой эффективностью. Существует две основные гидравлические схемы, возможные для использования насосных установок. Первая схема – это так называемые проточные системы, в которых вода после насоса сразу же снимается из различных точек трубопроводной сети. Во второй схеме применяются циркуляционные системы, где водоразбор из трубопроводов либо не выполняется вовсе, либо является незначительным.

Эффективность работы насосов во многом зависит от грамотного подбора оборудования в соответствии с заданными параметрами и режимами работы системы. Промышленные насосы подвержены ряду проблем, включая износ, перегрузку, нестабильную работу и энергетические потери. Насосы зачастую работают в динамическом режиме, с постоянно колеблющейся нагрузкой. Для оптимизации их производительности и долговечности необходимо применение эффективных методов регулирования. От качества регулирования работы насоса зависит его энергоэффективность. При некорректном подборе способа регулирования возникает вероятность выхода насоса из рабочего диапазона, что влечет за собой повышение износа оборудования и значительно сокращает срок его работы. В данной работе мы рассмотрим основные способы регулирования промышленных насосов.

### Способы регулирования

При выборе насоса крайне важно, чтобы его рабочая точка находилась в зоне максимального КПД. В противном случае потребляемая мощность может быть чрезмерно высокой. Однако в некоторых системах требования постоянно меняются или со временем меняется характеристика самой системы, поэтому наилучшим вариантом может быть регулирование параметров насоса таким образом, чтобы они соответствовали эксплуатационным потребностям.

Известны следующие наиболее популярные способы регулирования параметров насоса: дроссельное; байпасом; изменением частоты вращения.

### Дроссельное регулирование (регулирование задвижкой)

*Дросселирование* – это один из способов регулирования расхода путем прямого регулирования потока или в байпасной линии. При использовании метода управления дроссельным клапаном (задвижкой) насос работает непрерывно, а клапан в линии нагнетания насоса открывается или закрывается для регулировки расхода до требуемого значения [1]. Диаграмма зависимости расхода от положения задвижки представлена на рис. 1. При полностью открытой задвижке насос работает при расходе в точке а. Когда задвижка находится в частично открытом положении, это приводит к дополнительным потерям на трение в системе, в результате чего образуется новая кривая системы, которая пересекает кривую насоса при расходе в точке б, что является новой рабочей точкой.

Разница в напоре между показанными рабочими точками двух кривых представляет собой перепад напора (давления) на задвижке.

Обычной практикой при регулировании дросселированием является частичное закрытие задвижки даже при максимальном расходе, рассчитанном на систему, для достижения управляемости. Таким образом, энергия тратится впустую на преодоление сопротивления клапана при любых условиях расхода.

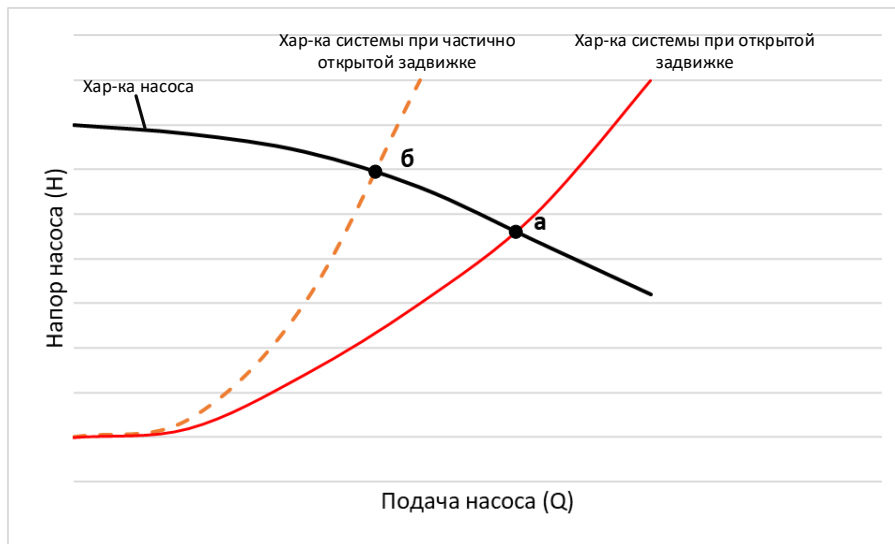


Рис. 1. Характеристика системы при дроссельном регулировании

Мощность насоса с радиальным потоком (центробежные насосы) снижается по мере уменьшения расхода, однако расход, умноженный на падение напора через клапан, является потраченной впустую энергией, которую можно было бы восстановить, если бы в качестве альтернативы использовали регулирование скорости. С другой стороны, использование дросселирования в насосах со смешанным или осевым потоком, где кривая мощности насоса обычно увеличивается с увеличением расхода, может привести к неприемлемому увеличению энергопотребления, что в дополнение к потере энергии приведет к перегрузке привода.

### Регулирование байпасом

*Байпасирование* – метод регулирования подачи насоса, который осуществляется путем перепуска части перекачиваемой насосом жидкости из напорного трубопровода во всасывающий через перепускной трубопровод. Байпас снабжен механизмом задвижки, который позволяет осуществлять контроль над потоком жидкости. Чем больше открыта задвижка, тем больше жидкости пропускается через байпас, в то время как количество жидкости, поступающей в напорный трубопровод, уменьшается. Энергия жидкости, проходящей по обводному трубопроводу, теряется, поэтому такое регулирование также неэкономично [2]. Характеристика системы при использовании данного способа регулирования представлена на рис. 3.

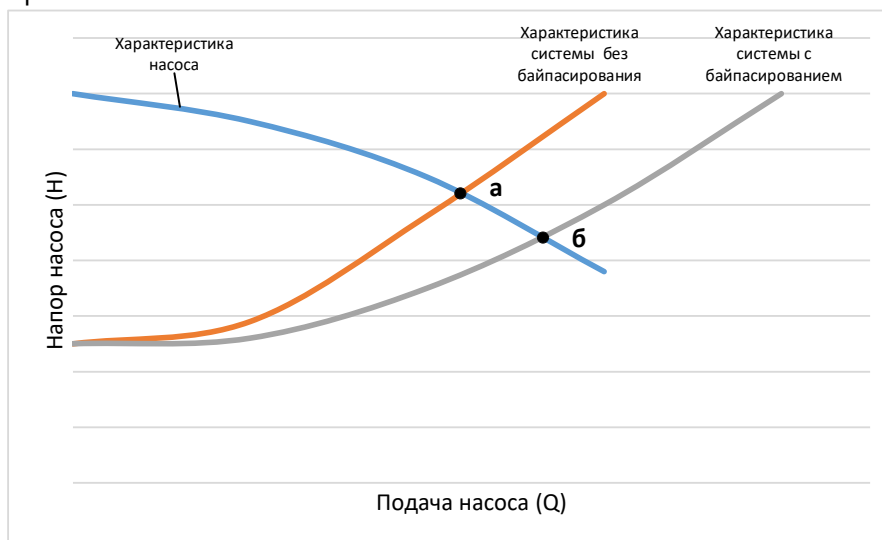


Рис. 2. Характеристика системы при байпасировании

### Регулирование изменением частоты вращения

Регулирование скорости вращения рабочего колеса с помощью преобразователя частоты является наиболее эффективным методом регулирования. Чаще всего реализуется он с помощью частотного преобразователя. При изменении скорости вращения насоса, меняются его характеристики и, соответственно, рабочая точка. Частотно-регулируемый привод насосного агрегата работает следующим образом: на основании сигнала уставки (от датчика давления или расхода) частотный преобразователь изменяет частоту питающего напряжения таким образом, чтобы регулируемый параметр компенсировался в заданном диапазоне.

Изменение напряжения в питающей сети происходит при помощи широтно-импульсной модуляции. На преобразователь подается напряжение исходной частоты, которое затем «нарезается на импульсы» в инверторе преобразователя. На выходе преобразователя эти импульсы собираются в напряжение необходимой частоты. Такой подход является наиболее оптимальным и экономичным. Использование частотного регулирования позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию, благодаря чему такое решение быстро окупается. Характеристика системы при использовании данного способа регулирования представлена на рис. 3.

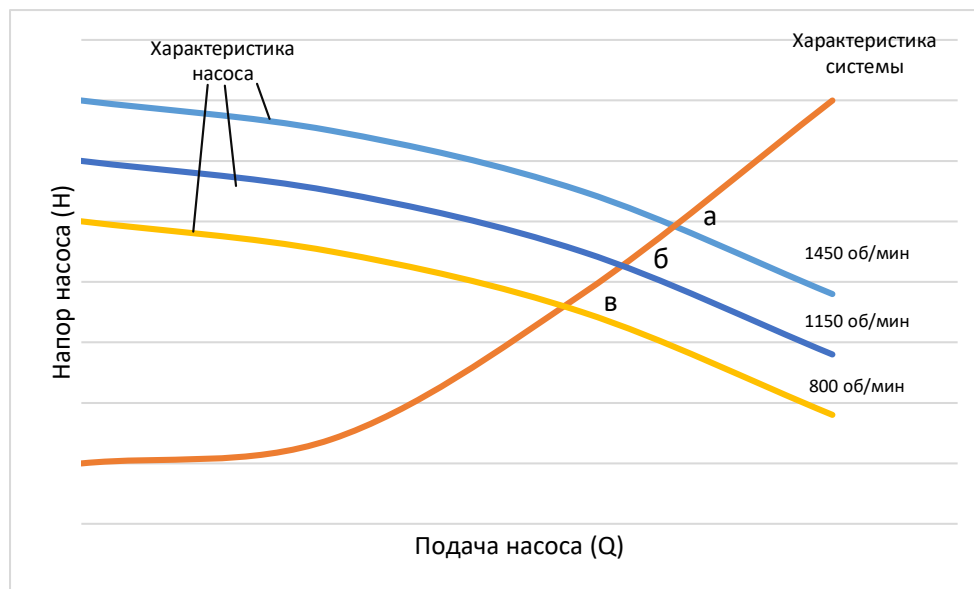


Рис. 3. Характеристика системы при частотном регулировании

При уменьшении частоты вращения характеристика насоса смещается ниже, также смещается рабочая точка,  $a > б > в$ .

Стоит отметить, что применение данного типа регулирования в системах с большой статической нагрузкой может привести к выходу из рабочего диапазона, что, в свою очередь, увеличивает износ оборудования и снижает энергоэффективность работы насоса. Поэтому использование частотного регулирования для насосов лучше подходит в системах с преимущественными потерями на трение [3].

### Заключение

Подбор и работа насосов производится в соответствии с гидравлическими характеристиками систем, для которых должен быть обеспечен требуемый расход теплоносителя или заданный уровень давлений. Это могут быть системы с постоянным или с переменным расходом перекачиваемой среды, связанным с изменением гидравлического сопротивления элементов. При этом за счет регулирования достигается требуемое соответствие, обеспечиваемое поддержанием необходимого перепада давлений на входе в систему или прямого поддержания заданного расхода. Метод регулирования выбирается исходя из параметров системы, величины начальных инвестиций в оборудование и прогнозируемых расходов на эксплуатацию.

**Список источников**

1. Байбаков С. А., Шакирова Е. А. Регулирование насосно-перекачивающих станций тепловых сетей и составление режимных карт // Энергетик. 2009. № 8.
2. Мрочек В. И., Мрочек Т. В., Бураков А. С. Исследование центробежных насосов и способов регулирования их подачи. Вестник Белорусско-Российского университета, 2012. № 2. С. 50–56.
3. Аверьянов А. О. Общие схемы и способы регулирования работы насосов при повышении напора // Молодой ученый. 2023. № 3 (450). С. 68–71.

УДК 621

**Я. И. Молодых**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**В. А. Семенова** – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

### МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Разработка проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики позволяет повысить их эффективность деятельности, оптимизировать ресурсы и автоматизировать бизнес-процессы.

За счет реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики формируют интегрированную информационную систему, которая является оптимизированной, направлена на снижение затрат и увеличение взаимосвязи между структурными подразделениями предприятия.

В то же время реинжиниринг позволяет усилить взаимодействие предприятия электроэнергетики с потребителями за счет систематизации информации, собираемой в критически значимых точках основных бизнес-процессов.

С помощью реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики создается возможность параллельного выполнения определенных видов деятельности, что способствует упрощению управления и повышает эффективность деятельности предприятия значительно быстрее.

Методы и инструменты разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики основаны на различных методологиях, позволяющих определить последовательность действий для построения модели, процедуры моделирования, а также язык моделирования или нотацию. В основе каждой методологии находится свой синтаксис, который представляется условными обозначениями различных элементов и семантика, представленная правилами анализа моделей и входящих в их состав элементов.

Для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики распространение получил функциональный подход, для реализации которого используется методология IDEF, которая была предложена для интеграции производственных и организационных систем. В основе методологии IDEF находится технология для проведения структурированного анализа SADT, предложенная компанией SoftTech.

В основе методологии IDEF находятся методы для:

- функционального моделирования IDEF0;
- моделирования информационных потоков IDEF1;
- моделирования данных и проектирования реляционных баз данных IDEFIX;
- проведения динамического моделирования IDEF2;
- получения описания функционирования системы IDEF3;
- объектно-ориентированного проектирования IDEF4;
- получения онтологического описания и исследования сложных систем IDEF5.

Среди перечисленных методов для моделирования бизнес-процессов используется метод IDEF0, который позволяет описывать функции различных систем с созданием графической модели. Разработка функциональных моделей производится с применением метода декомпозиции.

Также к методам разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики относятся нотации IDEF3 и DFD. Методология IDEF3 применяется для отражения логической последовательности выполняемых процедур.

В условиях цифровизации для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики для реализации методология IDEF используют программу «Бизнес-Инженер», которая относится к профессиональным средствам для моделирования, а также формирования регламентирующих документов.

В системе «Бизнес-Инженер» поддерживаются процессы разработчик стратегии, обеспечивается взаимосвязь между бизнес-процессами и ключевыми показателями. На основании разработанных

бизнес-моделей существует возможность создания аналитических отчетов, позволяющих регламентировать различные направления деятельности предприятия.

Дополнительные возможности создает интеграция системы «Бизнес-Инженер» с офисным пакетом MS Office, редактором MS Visio для создания шаблонов отчетов и моделей.

Для реализации объектно-ориентированного подхода при разработке проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики используется язык UML, представляющий собой графический язык для документирования и визуализации систем при разработке программного обеспечения.

Язык UML позволяет создать модель программной системы, отражающей не только функции системы и бизнес-процессы, но и определенные компоненты программного решения: классы, схемы баз данных.

При использовании языка UML можно получить девять типов диаграмм, позволяющие проанализировать статические и динамические аспекты предметной области. Для анализа статических аспектов применяются диаграммы классов, объектов, компонентов и развертывания.

Характеристика типов разрабатываемых диаграмм, получаемых с помощью унифицированного языка моделирования UML, приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика типов разрабатываемых диаграмм, получаемых с помощью унифицированного языка моделирования UML**

Типы диаграмм	Диаграммы, входящие в группировку
Структурные диаграммы	Диаграммы классов, компонентов, развертывания, объектов, пакетов и профилей
Диаграммы поведения	Диаграмма деятельности, диаграмма состояний, диаграмма прецедентов
Диаграммы взаимодействия	Диаграммы кооперации, диаграммы обзора взаимодействия, диаграммы последовательности и диаграммы синхронизации

Рассмотрим приведенные в табл. 1, диаграммы более детально. Диаграмма классов выступает статической структурной диаграммой, с помощью которой можно описать структуру системы, отразить классы системы и их атрибуты, а также методы и взаимосвязи.

Динамические аспекты основаны на диаграммах прецедентов, последовательности, кооперации, состояний, деятельности.

Основными механизмами языка UML при разработке проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики являются спецификация, дополнение, деление и механизмы расширения.

Спецификация представлена в виде неграфической формы, позволяющей привести полную характеристику анализируемого элемента, с использованием класса, объекта, операции. Следует отметить, что большинство параметров класса можно задать через имя, стереотип, операции, атрибуты, ограничения, множественность класса или объем памяти.

При разработке диаграммы классов при разработке проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики можно использовать:

- концептуальную точку зрения, когда диаграммой классов описывается предметная область, то есть в ней используются только классы;
- точку зрения спецификации для проектирования программных и информационных систем;
- точку зрения реализации, когда в диаграмме классов отражены классы, впоследствии используемые в программном коде объектно-ориентированных языков программирования.

Для отражения статической структуры данных и отражения связей применяется диаграмма компонентов. Основными физическими компонентами диаграммы компонентов выступают файлы, модули, библиотеки, пакет и исполняемые файлы.



Для отражения внутренней структуры данных применяется диаграмма композитной структуры, подвидом которой выступает диаграмма кооперации, отражающая роль и взаимодействие между классами. Наиболее часто диаграммы кооперации применяются для создания шаблонов проектирования.

Диаграмма развертывания при разработке проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики выступает средством моделирования работающих узлов. При этом между артефактом и логическим элементом, который можно реализовать и установить связь между манифестациями.

С помощью диаграммы объектов, при моделировании демонстрируется полная диаграмма или отдельная часть. На диаграмме классов можно отразить экземпляры классов системы, указать текущие значения, их атрибуты и связи.

Диаграмма пакетов выступает для отражения связей между пакетами данных. Ее основной задачей является упрощение структуры программной системы, а также организация работы с моделью системы.

Диаграмма деятельности применяется для отражения спецификации параллельного и последовательного выполнения элементов. Также в ее состав входят вложенные виды деятельности и отдельные действия, которые соединяются между собой через потоки. Наиболее часто диаграммы деятельности применяют для отражения технологических процессов.

Для отражения взаимодействия команды проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики используются диаграммы вариантов использования. Их основным назначением является создание единого пространства для показа функциональности.

Диаграммы коммуникаций позволяют отразить взаимодействие между отдельными частями проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики. В их состав входят диаграммы последовательности и сотрудничества. Диаграммы последовательности позволяют упорядочить во времени взаимодействие между объектами, а диаграммы сотрудничества – все принимаемые и передаваемые данные от определенного объекта.

Для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики также популярность получила методология ARIS, которая включает в свой состав нотации для построения диаграммы цепочки процесса, диаграммы управления событиями, получения организационной диаграммы, дерева функций и дерева продуктов.

Среди преимуществ методологии ARIS можно выделить то, что она позволяет представить проект реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики с различных точек зрения, при этом полученные модели можно связать между собой для получения комплексного представления о проекте.

Основными нотациями реализации методологии ARIS выступают нотация eEPC (модель для описания процессов) и методология ERM, представленная в виде модели «сущность-связь» для описания структуры данных. Следует отметить, что в рамках методологии ARIS также используются методологии функционального и объектно-ориентированного подходов.

Платформой ARIS Business PERFORMANCE Edition поддерживается комплексное управление бизнес-процессами. В ее состав входят модули для проведения моделирования, оптимизации и публикации бизнес-процессов.

В состав среды проектирования ARIS Business PERFORMANCE входят модули ARIS Strategy Platform для создания сбалансированной системы показателей и связывания ее с процессной структурой организации. Также в среду проектирования входит модуль ARIS Controlling Platform, позволяющий выполнять контроль бизнес-процессов, оценивать причины отклонений от запланированных параметров.

### Список источников

1. *Амелькина С. А.* Разработка энергоэффективных проектов // Инженерный журнал, 2021. № 4. С. 50–56.
2. *Варназов Л. А.* Разработка типологии проектов развития организации // Экономика и социум. 2020. № 6. С. 489–494.

3. *Кондрашова Н. Н.* Разработка проекта по внедрению инновационной продукции // Наука и бизнес. 2021. № 2. С. 127–130.
4. *Лаврищева Е. М.* Программная инженерия сложных систем: учебник. М.: Юрайт, 2019. 432 с.
5. *Тараскина Ю. В.* Планирование реинжиниринга бизнес-процессов как инструмент управления промышленными предприятиями // Вестник Астраханского государственного университета. 2020. № 1. С. 37–47.

УДК 621

**Я. И. Молодых**

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

**В. А. Семенова** – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

### ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики формируется отдельная команда, состав которой зависит от вида проекта, его масштабов и сроков выполнения.

Как правило, входящие в проект процессы разделяют на две группы:

- процессы, направленные на достижение поставленных целей и задач, включающие инициализацию, планирование, мониторинг, исполнение и закрытие проекта;
- процессы, ориентированные на выпуск новой технологии или услуги;
- процессы управления и создания новой технологии взаимосвязаны в системе управления между собой и направлены на достижение поставленной цели.

Для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики выделяют пять групп процессов, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

#### Характеристика процессов разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики

Название процесса	Описание
Процессы инициирования проекта	Принятие решения об авторизации проекта
Процессы планирования	Планирование действий, целей и задач
Процессы исполнения	Объединение трудовых и других ресурсов для выполнения плана
Процессы мониторинга и контроля	Регулярная оценка развития проекта, осуществление мониторинга для обнаружений отклонений от плана
Процессы завершения	Прием выполненных работ, доведение проекта к завершению

Процессы инициализации находятся в непосредственной зависимости от факторов внешней среды, представленных изменениями в нормативно-правовом законодательстве, технологиях, экономике, социальной среде. В результате инициализации проекта реинжиниринга формируется его устав и концепция, которые впоследствии используются для разработки плана управления проектом.

В разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики достаточно важными являются процессы исполнения, включающие обработку информации, внесение корректировок, выполнение фронта работ для достижения поставленной цели. После выполнения всех задач, входящих в проект реинжиниринга, реализуются процессы мониторинга и управления, связанные с подготовкой отчетов, обновление плана управления проектом, разработку прогнозов. На завершающем этапе анализируется выпущенная технология или услуга с последующей сдачей проекта руководству.

В систему разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики входят подсистемы, основными из которых являются:

- управление содержанием проекта реинжиниринга;
- контроль длительности выполнения работ и стоимости;
- оценка качества проекта реинжиниринга;
- формирование команды проекта реинжиниринга и ее материально-техническое обеспечение;

- организация коммуникативного обмена;
- система управления рисками.

При разработке проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики управление содержанием проекта связано с формированием структуры целей и их реализацию. Под содержанием проекта реинжиниринга рассматриваются цели и связанные с ними задачи. На этапе разработки проекта создается дерево целей, в котором определены модели, структура работ, стоимость, выбранные финансовые, человеческие, материальные и информационные ресурсы.

На этапе реализации проекта реинжиниринга осуществляются работы по координации и управлению работами в области использования ресурсов для достижения поставленных целей и задач. На этапе завершения осуществляется контроль выполненных работ по проекту, сравниваются достигнутые результаты с поставленными целями. В случае выявления отклонений проводятся предупреждающие и корректирующие мероприятия. При этом наиболее эффективными являются предупреждающие мероприятия, направленные на минимизацию и устранение отклонений от плановых показателей.

Подсистема управления длительностью работ направлена на выполнение целей проекта в отведенные сроки. Структура проекта реинжиниринга отображается на временной шкале в виде комплекса, связанных между собой работ. Основным компонентом для определения сроков проекта является работа, которая выступает отдельным видом деятельности и позволяет достичь поставленной цели в определенный период времени.

На этапе разработки проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики с целью установления ограничений по срокам формируется дерево работ, разрабатываются календарные графики или диаграммы Ганта, создаются сетевые модели. На этапе реализации производится разработка механизма управления работами с контролем сроков их выполнения.

Важной составляющей при разработке проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики является управление стоимостью проекта, которое связано с оценкой финансового результата. В зависимости от масштабов и специфики проекта финансовый результат может отражать границы выделенного бюджета.

Бюджет проекта представлен в виде структуры затрат, которые необходимы для реализации проекта и ожидаемых доходов от его реализации.

На этапе разработки проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики формируется структура затрат или дерево стоимости, а также определяется структура доходов, представленная в виде планов счетов. Количественная оценка статей расходов и доходов входит в состав бюджета проекта, выступающего частью финансового плана, плана денежных потоков и других отчетных документов.

Источниками для расчета стоимости проекта выступают трудовые, материальные, финансовые и другие виды ресурсов, от степени вовлечения, которых зависят сроки реализации проекта и его стоимость.

Управление качеством проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики направлено на достижение результатов в соответствии с ожиданиями и потребностями потребителей. В системе управления качеством проекта выделяются этапы оценки качества разработанной проектной документации, проводится входной контроль используемых ресурсов и времени.

В состав подсистемы управления материально-техническим обеспечением проекта цифровых технологий входит подсистема управления закупками и поставками. Управление закупками предусматривает поиск и выбор поставщиков необходимых ресурсов, установление с ними деловых отношений, согласование проектной документации.

На этапе разработки проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики устанавливаются потребности в материально-технических ресурсах, определяются их качественные характеристики в соответствии с требованиями и сроками поставки. В данном случае основой выступает дерево ресурсов.

Неотъемлемым средством управления коммуникациями в проекте реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики выступает программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать процессы приемки, обработки и формирования отчетной документации. Для оп-

тимизации негативных факторов внешней среды, минимизации отклонений проекта важной составляющей проектной деятельности является система управления рисками.

Для разработки проектов реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики в настоящее время применяются разные интеллектуальные информационные системы.

Работа интеллектуальных информационных систем основана на технологиях искусственного интеллекта, который включает нейронные сети, средства автоматической классификации, генетические алгоритмы.

Структурная схема интеллектуальной информационной системы, построенной на нейронных сетях приведена на рис. 1.

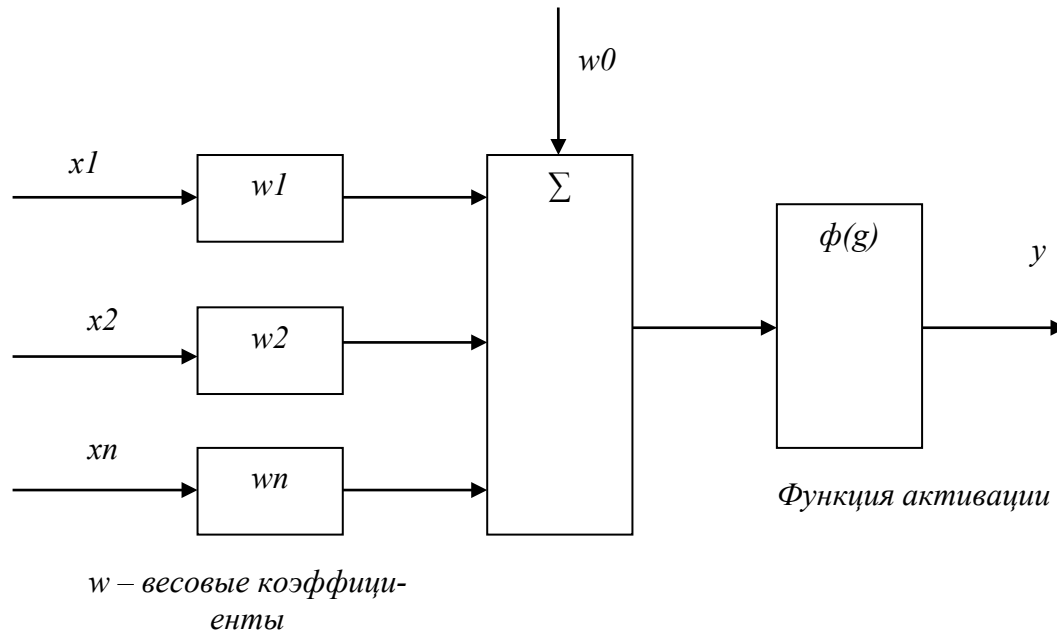


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной информационной системы, построенной на нейронных сетях

Интеллектуальные информационные системы, построенные на нейронных сетях для обработки данных, применяют нейроны с последующим созданием имитационной модели определенной предметной области. В состав каждого нейрона входит синапс, определяющий силу связи между нейронами и сумматор, выполняющий сложение сигналов, проходящих через синапсы.

Интеллектуальные информационные системы автоматической классификации применяют для группировки объектов по идентичным признакам, их функцией является разделение кластеров на основе гипотез компактности.

Интеллектуальные информационные системы, созданные с помощью генетических алгоритмов, позволяют оптимизировать задачи с помощью не дифференцируемых, нелинейных, стохастических функций.

Интеллектуальные информационные системы разделяют на системы поддержки принятия решений, экспертные системы и автоматизированные системы экспертной оценки.

Интеллектуальные информационные системы поддержки принятия решений производят обработку данных по моделям с последующим созданием альтернатив для принятия управленческого решения. Они решают задачи по выбору наилучшей альтернативы из существующего множества по определенным критериям с последующим ранжированием и упорядочиванием информации. В состав интеллектуальных систем поддержки принятия решений входят программные и инструментальные средства, позволяющие проводить когнитивное моделирование на основе прецедентов обработки данных нейронных сетей и результатов ситуационного анализа.

Наиболее часто интеллектуальные системы принятия решений применяют в решении слабоструктурированных задач. В данном случае экспертная система имитирует рассуждение определен-

ного узкоспециализированного специалиста и формирует рекомендации для принятия управленческих решений.

Таким образом, интеллектуальные информационные системы становятся неотъемлемым инструментом разработки проекта реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики.

### Список источников

1. *Белый Е. М., Романова И. Б.* Управление проектами: конспект лекций. Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2022. 79 с.
2. *Звягин Л. С.* Интеллектуальные системы измерения и развитие современной обработки измерительной информации // Мягкие измерения и вычисления. 2018. № 2. С. 4–9.
3. *Клаверов В. Б.* Управление проектами. Кейс практического обучения: учеб. пособие. Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. 142 с.
4. *Кузнецова Е. В.* Управление портфелем проектов как инструмент реализации корпоративной стратегии: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2019. 177 с.
5. *Комаристая К. О.* Анализ данных в интеллектуальных информационных системах // Прогрессивные технологии и процессы, 2019. С. 131–133.
6. *Самсонович О. О.* Искусственный интеллект – новые реалии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 257–263.

УДК 533.6.01

**И. П. Мыльников**

ученик 10-го класса школы № 693

**В. Р. Трофимова, Р. М. Маруняк** – магистранты – научные руководители

## УВЕЛИЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТО С ПОМОЩЬЮ АКТИВНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ О МАТЕМАТИКЕ, ИНФОРМАТИКЕ, ФИЗИКЕ

### Введение

Отсутствие доступного и простого метода для увеличения динамических характеристик автомобиля с минимальным увеличением веса является одним из основных вопросов аэродинамики. В связи с этим, было принято решение разработать собственную Remote Controle – модель (далее по тексту – гс). При разработке собственной гс – модели машины возникла проблема. Чтобы повысить мощность нужно менять мотор, но новый мотор требует повышение мощности аккумулятора, в следствие чего повышается вес модели, и мощность повышается на очень маленький процент, но при этом уменьшаются маневренные характеристики. В связи с этим возникла идея создания собственного аэродинамического обвеса. Проблема является актуальной и требует внимание, так как на основе модели есть возможность перехода к разработке и улучшению характеристик автомобилей.

*Аэродинамика* – раздел механики сплошных сред, в котором целью исследований является изучение закономерностей движения воздушных потоков и их взаимодействия с препятствиями и движущимися телами. Двумя основными силами являются подъемная сила и сила сопротивления. Упрощенно сопротивление – это скорость объекта в квадрате умноженное на его коэффициент сопротивления и фронтальную площадь. Коэффициент сопротивления зависит от общей формы объекта, шероховатости поверхности и скорости:

$$R = V^2 * C_d * A, \quad (1)$$

где  $R$  – сопротивление, Ом;  $V^2$  – скорость объекта, м/с;  $C_d$  – коэффициент сопротивления;  $A$  – фронтальная площадь, м<sup>2</sup>



Рис. 1. Обтекаемость кузовов на разных исторических моделях машин

В промышленности по производству транспортных средств широко используют специальные накладки на кузов, вместе они составляют – аэродинамический обвес. Аэродинамический обвес – один из предметов тюнинга для автомобиля. Его установка – шанс улучшить аэродинамические свойства транспортному средству при движении на больших и малых скоростях.

В аэродинамический обвес обычно входят:

- воздухозаборник. Воздухозаборники представляют собой своеобразные кармашки в капоте, которые обеспечивают свободную циркуляцию воздуха, а значит, активное охлаждение. Такая система снижает риск возгорания и выхода из строя элементов из-за перегрева;
- антикрыло. Антикрыло выглядит как пластина, выполненная в форме перевернутого крыла: выпуклая снизу и плоская сверху, которая обычно крепится на задней части кузова. Ее особенная форма позволяет создать разницу давлений, за счет разницы в скорости движения воздуха;
- передний и задний бамперы;
- накладки на пороги;
- решетка радиатора;
- дефлекторы на окнах;
- расширители колесных арок;
- спойлер (рис. 2).

Автомобиль отрывается из-за разницы давлений: между трассой и нижней частью автомобиля создается большое давление, в то время как над крышей давление низкое. Высокое давление под автомобилем возникает за счет скорости движения воздуха. Нижний спойлер не пропускает потоки воздуха под дно машины. Под автомобилем образуется область, где давление понижено, и транспорт как бы притягивается к земле за счет разницы в давлении. Для улучшения эффекта подобные элементы могут добавлять и по боковым сторонам корпуса. Таким образом, область под днищем, можно сказать, герметизируется от потоков ветра [1].



Рис. 2. Передний спойлер

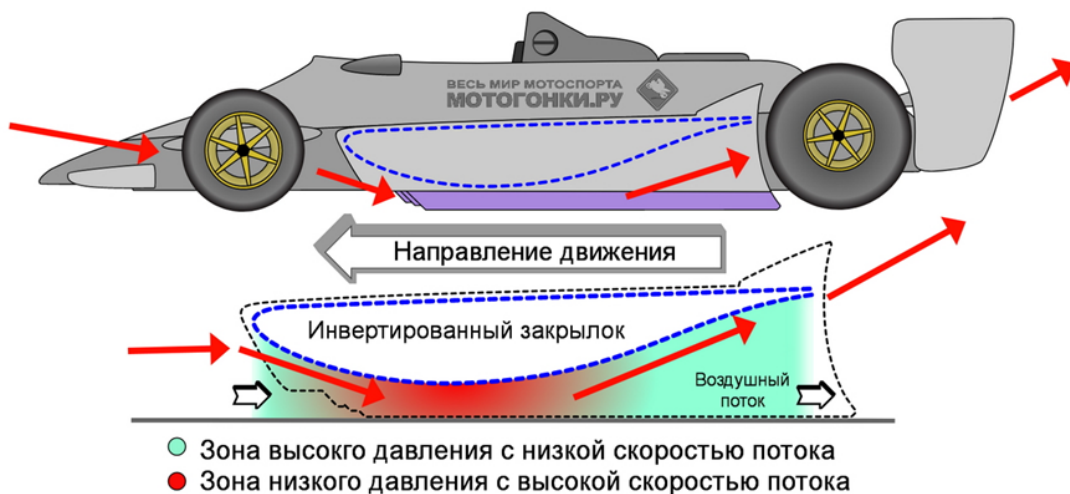


Рис. 3. Граунд эффект на примере Lotus F1

В противовес спойлерам был придуман этот вариант конструкции, который не ограничивает падение воздуха под днище автомобиля, но ускоряет его движение настолько, что давление снижает-



ся. Воздух как бы проходит по узкому коридору, образованному прогнутым дном и трассой. При этом спереди и сзади у автомобиля дно, наоборот, приподнято, чтобы беспрепятственно впускать и выпускать воздух. На задней части корпуса обычно расположены диффузоры – специальные пластинки, которые устанавливаются по направлению движения воздуха, и предназначены для разделения выходящего воздуха его ускорения.

### Аэродинамические панели. Решение задачи по улучшению аэродинамических характеристик

Изучая литературу и интернет-источники, я пришел к выводу, что чаще всего аэродинамические панели дают преимущество в аэродинамических характеристиках лишь на больших скоростях. На малых скоростях панели ухудшают движение ТС. В связи с этим я решил, что необходимы аэродинамические панели – трансформеры, способные изменять аэродинамические характеристики автомобиля с изменением скорости, при этом не ухудшая маневренность автомобиля и не препятствуя его разгону.

На рис. 4 представлен чертеж автомобиля с аэродинамическими обвесами, способными менять высоту подъема и становится вровень с кузовом, тем самым приближаясь к идеальной аэродинамической форме «капля», имея наименьший коэффициент сопротивления с воздухом, в зависимости от скорости.

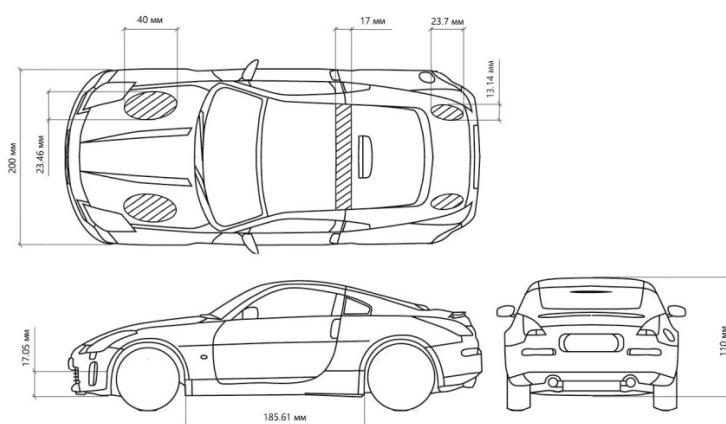


Рис. 4. Чертеж автомобиля с аэродинамическими обвесами

Обвесы устанавливаются с фронтальной, задней и боковых частей машины. С фронтальной части устанавливается аэродинамическая юбка (сплиттер).

За основу проекта была взята машина RS-модели Nissan 350 Z. В табл. 1 представлены ее аэродинамические характеристики до модернизации.

Таблица 1

Аэродинамические характеристики машины	Nissan 350z
Коэффициент лобового сопротивления	0,29

Обвесы планируется сделать при помощи печати на 3D-принтере. За основу элемента, который приводит в движение аэродинамические панели планируется взять сервопривод (рис. 5).



Рис. 5. Сервопривод

## МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Также была разработана 3D-модель автомобиля с обвесами, который представлен на рис. 6.



Рис. 6. 3D-модель автомобиля с обвесами

### Заключение

Таким образом, аэродинамические обвесы придают автомобилю более обтекаемую форму, что уменьшает сопротивление с воздухом и увеличивает маневренность и разгон машины. Сопротивление является очень важным фактором для достижения экономии топлива и максимальной скорости.

Уменьшение коэффициента сопротивления с десятых до сотых увеличивает пробег, а электромобилям позволяет проехать дальше на одном заряде, если он будет более аэродинамичен.

### Список источников

1. *Бернацкий В. В., Степанов И. С., Кондрашов В. Н.* Аэродинамика автомобиля. Методы испытаний: учеб. пособие. М.: Университет машиностроения (МАМИ), 2013. 153 с.
2. URL: <http://ru.autowp.ru/picture/g5xhe6> (дата обращения: 15.05.2023).
3. URL: <http://masterok.livejournal.com/l/778058> (дата обращения: 15.05.2023).
4. CES – The Most Powerful Tech Event in the World. URL: <https://www.ces.tech> (дата обращения: 15.05.2023).

УДК 004.056.53

**А. Э. Насибов**

студент кафедры информационной безопасности

**С. Г. Фомичева** – кандидат технических наук, процессор – научный руководитель

## РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ SOC НА OPEN-SOURCE КОМПОНЕНТАХ

Работа посвящена разработке архитектуры ситуационного центра информационной безопасности, ориентированного на обеспечение информационной безопасности с использованием open-source составляющих. В статье рассматриваются ключевые технологии оперативного центра безопасности, такие как SIEM, NTA, XDR, SOAR/IRP, UBA/UEBA, TIP и Sandbox, с акцентом на преимущества использования открытых решений. Работа детально описывает функциональность каждого компонента и обосновывает выбор open-source подхода.

### Введение

В современном мире кибербезопасность является одной из важнейших задач для любого предприятия или организации. Для обеспечения кибербезопасности необходимо иметь центр мониторинга и реагирования на инциденты (SOC) [1]. SOC отвечает за сбор, анализ и реагирование на киберинциденты.

Существует множество различных решений для построения SOC. Традиционно SOC строятся на основе дорогостоящего коммерческого программного обеспечения. Однако в последние годы растет популярность open-source решений для построения SOC.

Open-source решения для построения SOC имеют ряд преимуществ перед коммерческими решениями. Они более доступны по цене, гибкие и масштабируемые. Кроме того, open-source решения могут быть адаптированы под конкретные потребности организации.

### SOC: виды и особенности

SOC используется для сбора, анализа и реагирования на события безопасности. Существует два основных вида центров мониторинга и реагирования на инциденты:

- Внутренние SOC создаются и управляются внутри организации [2]. Они обладают полным доступом к информации об инфраструктуре и процессах организации, что позволяет им быстрее и эффективнее выявлять и устранять инциденты безопасности.
- Внешние SOC предоставляют свои услуги различным организациям. Они обладают большим опытом и знаниями в области информационной безопасности, что позволяет им оказывать более эффективное обслуживание.

SOC могут различаться по следующим признакам:

- размер: SOC [3] может быть от небольшого, состоящего из нескольких аналитиков, до крупного, насчитывающего сотни специалистов.
- спектр услуг: центры безопасности могут предоставлять различные услуги, от сбора и анализа событий безопасности до реагирования на инциденты.
- технологии: SOC использует различные технологии для сбора, анализа и реагирования на события безопасности.

В большинстве случаев технологии, которые используют при разработке SOC-центра являются коммерческими продуктами, которые требуют больших финансовых средств. Кроме того, продукты с открытым кодом масштабируемы и адаптируются под запросы определенных компаний.

### Основные компоненты разрабатываемого SOC

SOC = SIEM + NTA + XDR + SOAR/IRP + UBA/UEBA + TIP + Sandbox

Эта формула отражает основные компоненты архитектуры SOC, а также дополнительные компоненты, которые полезны для повышения эффективности и возможностей центра безопасности. Рассмотрим подробнее каждую технологию, используемую в архитектуре SOC:

- **SIEM** – ELK Stack (набор инструментов для сбора, хранения и анализа данных о событиях безопасности. Он включает в себя Elasticsearch для хранения данных, Logstash для сбора данных и Kibana для визуализации данных. ELK Stack обеспечивает широкий спектр возможностей, включая обнаружение вторжений, анализ аномалий и расследование инцидентов) [4];
- **NTA** – Malcom (платформа для сбора, анализа и реагирования на угрозы. Malcom работает, используя агенты, которые устанавливаются на конечных точках. Эти агенты собирают данные о сети, системах и приложениях. Malcom использует эти данные для выявления потенциальных угроз. Malcom используется для сбора информации об угрозах внутри сети, систем и приложений, а также анализа и реагирования на угрозы);
- **XDR** – Wazuh (комплексное решение для обеспечения информационной безопасности. Оно включает в себя функции SIEM, IPS, IDS и NTA. Wazuh может быть использован в качестве XDR, поскольку он обеспечивает расширенное обнаружение и реагирование на угрозы) [5];
- **SOAR/IRP** – Shuffle/TheHive. Shuffle – это система автоматизации реагирования на инциденты. Она обеспечивает автоматическое открытие инцидентов, назначение инцидентов специалистам и выполнение действий по реагированию на инциденты. Shuffle может быть интегрирована с ELK Stack, Wazuh и TheHive для автоматизации задач реагирования на инциденты. TheHive – это система управления инцидентами информационной безопасности. Она обеспечивает создание и управление инцидентами, расследование инцидентов и устранение последствий инцидентов. TheHive интегрирована с ELK Stack, и Wazuh для получения более полной картины инцидентов [6];
- **UBA/UEBA** – Open UBA (решение для выявления аномалий в поведении пользователей и устройств, которые могут указывать на инциденты информационной безопасности. Оно использует данные из SIEM для анализа поведения пользователей и устройств. Open UBA интегрирована с ELK Stack для выявления аномалий в поведении пользователей и устройств) [7];
- **TIP** – MISP (платформа для сбора, анализа и распространения информации о угрозах). Она используется для автоматизации реагирования на инциденты и выполняет следующие действия: автоматическое открытие инцидентов, назначение инцидентов специалистам, выполнение действий по реагированию на инциденты [8];
- **Sandbox** – Cuckoo Sandbox (платформа для динамического анализа вредоносного ПО. Cuckoo Sandbox используется для следующих целей: анализ ВПО, расследование инцидентов). Cuckoo Sandbox работает, запуская ВПО в изолированной среде (физической/виртуальной). В изолированной среде ВПО может взаимодействовать с операционной системой и приложениями, но не может нанести ущерб реальной системе [9].

### Архитектура SOC

Архитектура SOC (рис. 1), построенного на open source компонентах, выбрана по следующим причинам:

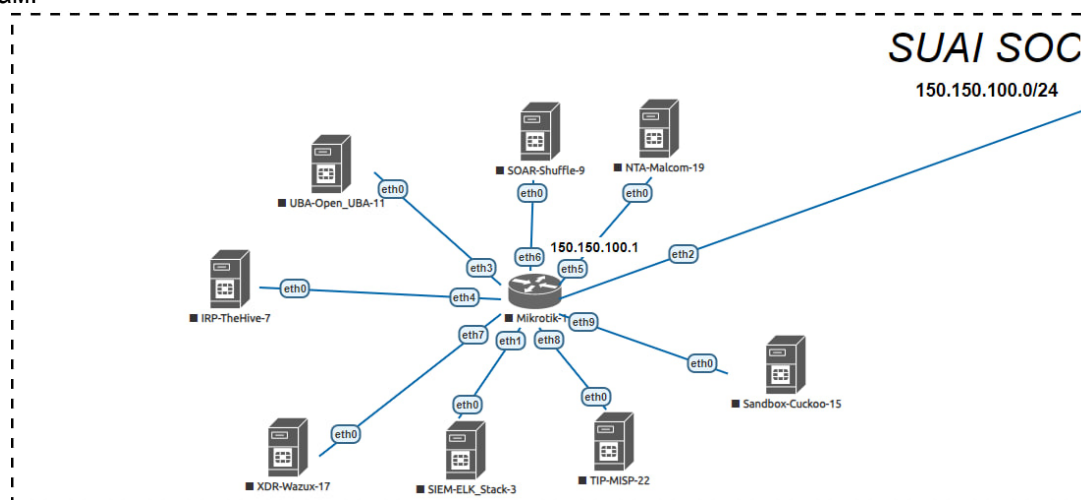


Рис. 1. Архитектура SOC на киберполигоне СПб ГУАП

- экономия средств: Open source продукты, как правило, имеют более низкую стоимость, чем коммерческие продукты. Это связано с тем, что они являются бесплатными или имеют более низкую лицензионную плату.
- гибкость: Open source продукты являются более гибкими, чем коммерческие продукты. Они позволяют организациям адаптировать их под свои конкретные потребности [10].
- открытость: Open source продукты являются открытыми, что позволяет организациям вносить свой вклад в их развитие. Это может привести к повышению функциональности и безопасности продуктов.

### Заключение

Выбор open-source решений обоснован несколькими ключевыми преимуществами. Экономия средств, гибкость и открытость позволяют организациям создавать киберзащитные системы, адаптированные к их уникальным потребностям, при этом соблюдая бюджетные ограничения.

Архитектура SOC-центра, представленная в статье, обладает рядом важных преимуществ. Централизация сбора и анализа событий обеспечивает более эффективное выявление аномалий, а автоматизация задач реагирования на инциденты снижает трудозатраты аналитиков и повышает общую эффективность SOC-центра. Кроме того, комплексный подход к обеспечению информационной безопасности охватывает все этапы жизненного цикла инцидента, что позволяет организациям оперативно реагировать на угрозы и минимизировать риски.

### Список источников

1. *Смирнов И. В., Козлов А. А., Петров В. С.* Архитектура и разработка Security Operation Center на основе open-source компонентов // Информационная Безопасность. 2023. Т. 15. № 2. С. 45–60.
2. *Джонсон М.* Open Source Solutions for Building Security Operation Centers // Journal of Cybersecurity Technology. 2022. Vol. 8. N. 4. P. 112–125.
3. *Гусев П. Н., Иванова Е. М.* Применение открытых решений в построении SOC-центров: опыт и перспективы // Конференция по Информационной Безопасности (IBConf). М., 2023. С. 78–85.
4. ELK Stack Documentation. URL: <https://www.elastic.co/guide/en/elastic-stack/current/index.html>. (дата обращения: 10.01.2023).
5. Wazuh User Manual. URL: <https://documentation.wazuh.com/current/index.html>. (дата обращения: 10.01.2023).
6. Shuffle Documentation. URL: <https://shuffler.io/docs/configuration#introduction> (дата обращения: 10.01.2023).
7. Cuckoo Sandbox Documentation. URL: <https://cuckoo.sh/docs/> (дата обращения: 10.01.2023).
8. Malcom Documentation. URL: <https://github.com/idaholab/Malcolm/blob/main/docs/README.md> (дата обращения: 10.01.2023).
9. MISP Documentation. URL: <https://www.misp-project.org/documentation/> (дата обращения: 10.01.2023).
10. Open UBA GitHub Repository. URL: <https://github.com/GACWR/OpenUBA> (дата обращения: 10.01.2023).

УДК 629.58

**О. С. Николаец**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель

### СОВРЕМЕННЫЕ АВТОНОМНЫЕ ПОДВОДНЫЕ РОБОТЫ

Современные автономные подводные роботы являются одной из самых инновационных и перспективных разработок, применяемых в Российской Федерации. Эти технологичные устройства способны выполнять разнообразные задачи в глубинах океана.

Одной из основных областей применения подводных роботов является морское исследование. Принцип действия всех этих устройств основан на возможности работы в автономном режиме без постоянного участия человека. Они оснащены системами навигации и управления, которые позволяют им выполнять задачи, заданные заранее, исследовать труднодоступные районы водоемов, обнаруживать ранее неизвестные природные ресурсы, выполнять задачи мониторинга и собирать информацию о морской среде. Такие роботы имеют большое значение в научных исследованиях, снижая риск для человеческой жизни и значительно увеличивая эффективность выполнения работ.

Один из самых популярных и широко используемых автономных подводных роботов в Российской Федерации – Комплекс «Витязь-Д», спроектированный Петербургским конструкторским бюро «Рубин». Этот комплекс предназначен для выполнения задач обзора, поиска и исследований в придонном слое и на грунте Мирового океана на любой глубине. Длина автономного обитаемого подводного аппарата (АНПА) составляет 5,7 метра, диаметр – 1,3 метра, масса – 5,7 тонны [1]. В состав комплекса входят сам аппарат для глубоководных погружений, система управления на корабле, донная гидроакустическая станция связи и навигации. «Витязь-Д» был первым морским беспилотным комплексом в мире, который смог спуститься на дно Марианской впадины на глубину более 10 тысяч метров. На дне этой впадины российский аппарат осуществил картографирование, фотографирование и видеосъемку, а также установил флаг, посвященный 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Внешний вид беспилотника «Витязь-Д» представлен на рис. 1.



Рис. 1. АНПА «Витязь-Д»

Подводный робот «Клавесин» (КБ «Рубин») предназначен непосредственно для исследования морского дна и зондирования грунта. Внешне аппарат напоминает торпеду и может быть установлен на любом военно-морском корабле. В настоящее время он успешно эксплуатируется на Тихоокеанском флоте и входит в состав оборудования для проекта «Арктика-2007» под названием «Клавесин-1Р». Вес данного аппарата достигает 2,5 тонны, его дальность хода – до 300 километров, а автономность работы – 120 часов. Также он способен действовать в режиме коррекции с корабля-носителя. Аппарат обо-

рудован четырьмя электродвигателями, расположенными в кормовой части корпуса. Каждый из них вращает свой гребной винт. Такое техническое оснащение свидетельствует о том, что для восполнения заряда аккумуляторной батареи (АБ) беспилотника, используется кинетическая энергия морских течений [2]. «Клавесин-1Р» способен проводить научные исследования на глубине до 6 тыс. метров [1]. Внешний вид аппарата представлен на рис. 2. Комплекс «Клавесин-2Р-ПМ» является следующим этапом развития данной технологии. В сентябре 2021 года АНПА проходил технические испытания на небольшой глубине в условиях ограничений видимости и маневра. Запускали аппарат на Дальнем Востоке с судна «Маршал Геловани» [3]. Также предполагается, что его смогут использовать специальные атомные подлодки проекта 09852 БС-139 «Белгород» и проекта 09787 БС-64 «Подмосковье» [4].



Рис. 2. АНПА «Клавесин-1Р»

Автономные подводные роботы малого класса незаменимы для проведения поисковых операций, обследования подводных пейзажей, научных исследований в мелководных районах и примером может служить подводный аппарат «Амулет» – это уникальное устройство, предназначенное для исследования подводного мира. Он оснащен специальными сенсорами и камерами, которые позволяют обнаруживать и изучать различные объекты и явления под водой. Кроме этого, аппарат имеет бортовую систему программного управления, измеритель параметров среды, системы технического зрения и заряда аккумуляторных батарей (АБ). Транспортный кейс «Амулет» составляет 17,5 килограмма, длина – 1,3 метра, диаметр – 0,16 метра. С автономностью в 4 часа, данный аппарат способен преодолеть до 10 километров и достичь рабочей глубины погружения вплоть до 50 метров. В материалах, представленных КБ, указано об отсутствии функциональной зависимости АНПА от судна обеспечения [5]. Конструкция аппарата рассчитана на восстановление автономности хода за счет энергии Мирового океана. Внешний вид АНПА «Амулет» показан на рис. 3.



Рис. 3. АНПА «Амулет»

Но наибольшее внимание уделяется применению автономных подводных роботов в военных целях. Российская Федерация активно разрабатывает и внедряет такие технологии для обеспечения безопасности своих границ и сохранения морского пространства. Подводные роботы могут выполнять задачи разведки, контроля и обнаружения подводных объектов, поиска и обезвреживания вражеских



мин и торпед, а также боевых действий на больших глубинах. Важнейшим преимуществом применения таких роботов является их малозаметность. Они способны оперировать в тихом режиме, что делает их идеальным инструментом для выполнения секретных операций. Более того, подводные роботы обычно оснащаются передовым сенсорным оборудованием, что позволяет им эффективно обнаруживать и анализировать сигналы из окружающей среды.

При проведении учений ВМФ, моряки выполняли поиск подводной лодки с помощью гидроакустического вооружения, слежение за ней, уклонение от ее торпедной атаки и ответное применение оружия. Военные столкнулись с неудобствами: приходилось отвлекать от службы атомные подводные лодки, что не всегда возможно, кроме этого, они не способны в точности имитировать субмарины НАТО. В КБ морской техники «Рубин» придумали оригинальное решение – использовать в учениях беспилотник, который с помощью специальной аппаратуры мог бы имитировать разные типы подводных лодок. Это гораздо дешевле и проще использования полноценного корабля. Проект получил название «Суррогат» и был в инициативном порядке выполнен к 2020 году. Изделие представляет собой безэкипажную подводную лодку длиной 17 метров и водоизмещением 40 тонн [1]. 3D-модель АНПА «Суррогат» представлена на рис. 4. Была создана полностью автономная система управления, обеспечивающая прохождение заданного маршрута, а также применение целевой нагрузки разного типа. Следует отметить, что этот РТК обладает продолжительностью автономной работы в течение 15–16 часов, которая обеспечивается зарядом обновленных литий-ионных аккумуляторных батарей и энергоустановкой на основе электрохимических генераторов, что позволяет существенно снизить расходы на проведение маневров и минимизирует риски, связанные с пребыванием экипажей в подводном пространстве [2]. Подзарядка АНПА «Суррогат» может осуществляться с борта лодки-носителя или от донных зарядных станций.



Рис. 4. АНПА «Суррогат»

Заслуживает внимания подводный беспилотный аппарат – «Сарма» – совместная разработка ЦКБ «Лазурит» и концерна «Алмаз-Антей». Он предназначен для обеспечения безопасности прохода судов по Северному морскому пути. Данный аппарат оснащен высокоточным навигационным оборудованием, которое позволяет осуществлять ориентирование с помощью рельефа дна и инерции, что обеспечивает полную скрытность. «Сарма» способен проплыть не менее 10 000 километров под водой, а автономность глубоководного плавания составляет 3 месяца. 3D-модель АНПА «Сарма» показана на рис. 5. Главная задача беспилотника – передача координат расположения кораблей и подводных лодок противника [1]. Для осуществления заряда АБ используется электромашинно-вентильная система, которая использует кинетическую энергию морских течений выработки электрической энергии. При режиме заряда подводного аппарата синхронная машина работает в генераторном режиме, обратимый полупроводниковый преобразователь – в режиме активного выпрямителя, корпус зафиксирован по отношению к морскому дну, а его продольная ось сонаправлена с встречным потоком воды [2].

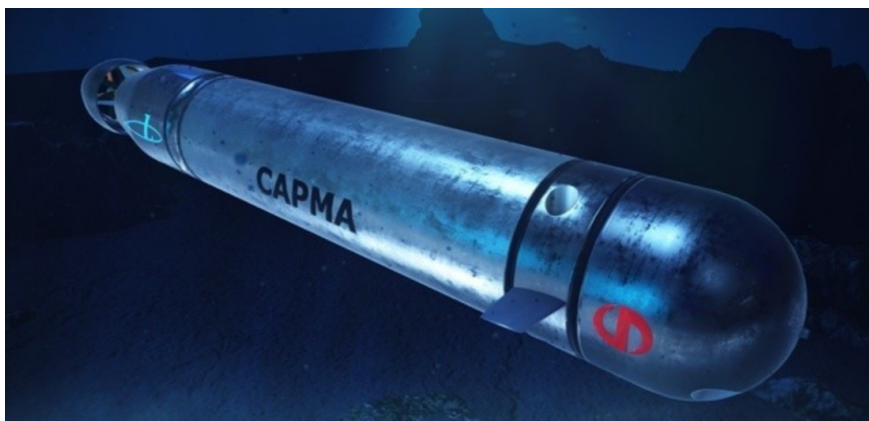


Рис. 5. АНПА «Сарма»

Особое место в линейке подводных комплексов занимает беспилотный аппарат «Посейдон». Он способен двигаться на большой глубине со скоростью до 185 км/ч, что кратно превышает скорость подводных лодок, самых современных торпед и всех видов подводных кораблей. «Посейдон» является самой большой торпедой в мире, она тяжелее стандартной в тридцать раз, имеет фактически неограниченную дальность действия, которую обеспечивает ядерный реактор с жидкометаллическим теплоносителем. Диаметр составляет 1,8 метра, длина – 20 метров, масса – около 100 тонн, а мощность ядерного заряда может достигать 100 Мт [1]. Эта уникальная разработка не имеет аналогов в мире. Фото транспортного контейнера автономного необитаемого подводного аппарата, которое опубликовало Министерство обороны РФ показано на рис. 6. АНПА способен эффективно уничтожать объекты инфраструктуры, корабельные группировки и другие крупные цели противника.



Рис. 6. Транспортный контейнер с АНПА «Посейдон»

Автономные подводные роботы представляют собой перспективную и востребованную технологию в современном мире. Используя современные технологии, Российская Федерация продолжает активно разрабатывать и совершенствовать свои устройства, делая их более multifunctional, что способствует обеспечению максимальной эффективности и безопасности во время их использования. Эти роботы играют важную роль в сфере национальной безопасности и развитии морской инфраструктуры, делая Россию одним из ведущих игроков в области подводных технологий.

### Список источников

1. *Заквасин А., Комарова Е.* Каких результатов добилась Россия в разработке подводных роботов. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/934790-rossiya-armiya-podvodnyi-bespilotnik-vmf?ysclid=lt8c937uyt869749821> (дата обращения: 13.03.2024).
2. *Мартынов А. А.* Электромеханические и полупроводниковые преобразователи для нетрадиционных и возобновляемых источников электрической энергии: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2021. С. 46–47.

3. *Алексушин Г.* 18 морских беспилотников России: есть чем гордиться! И есть, о чем беспокоиться. URL: <https://dzen.ru/a/YrwjQYqRhwjQQYf?via=zenkitx> (дата обращения: 13.03.2024).

4. *Бойко А.* Клавесин 2Р-ПМ. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/klavesin-2r-pm> (дата обращения: 14.03.2024).

5. ЦКБ МТ Рубин. АНПА «Амулет». URL: [https://ckb-rubin.ru/proekty/robototekhnika/anpa\\_amulet/](https://ckb-rubin.ru/proekty/robototekhnika/anpa_amulet/) (дата обращения: 14.03.2024).

УДК 621.311

**Е. Р. Нюнина**

студентка кафедры электромеханики и робототехники

**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель

### ЭНЕРГЕТИКА В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ГОРОД»

Энергетические проблемы в системе умного города являются одним из ключевых аспектов, которые нужно учитывать при разработке и внедрении инновационных технологий. В современных городах все больше используются различные смарт-технологии, такие как умные счетчики, системы управления освещением, транспортом и др. Однако все эти инновации требуют значительного количества энергии для своей работы.

Одной из основных проблем является неэффективное использование энергии в умных городах. Например, некоторые системы могут работать в режиме ожидания или потреблять энергию даже при низкой нагрузке. Это может привести к излишнему потреблению энергии и повышению нагрузки на энергетическую инфраструктуру.

Другой проблемой является нестабильность в подаче энергии. В умных городах, где множество устройств подключены к сети, возникают риски перегрузок и сбоев в энергосистеме. Это может привести к отключениям электропитания и нарушению работы всех подключенных систем.

Кроме этого, большинство малых и средних городов нашей страны в настоящий момент сталкиваются с такими трудностями как: снижение численности населения, рост затрат на муниципальные бюджеты, необходимость повышения прозрачности и эффективности управления, несоответствие обслуживающих структур и объектов современным требованиям, значительный износ городской коммунальной инфраструктуры и др. Применение новых технологий предоставит возможность решения этих проблем.

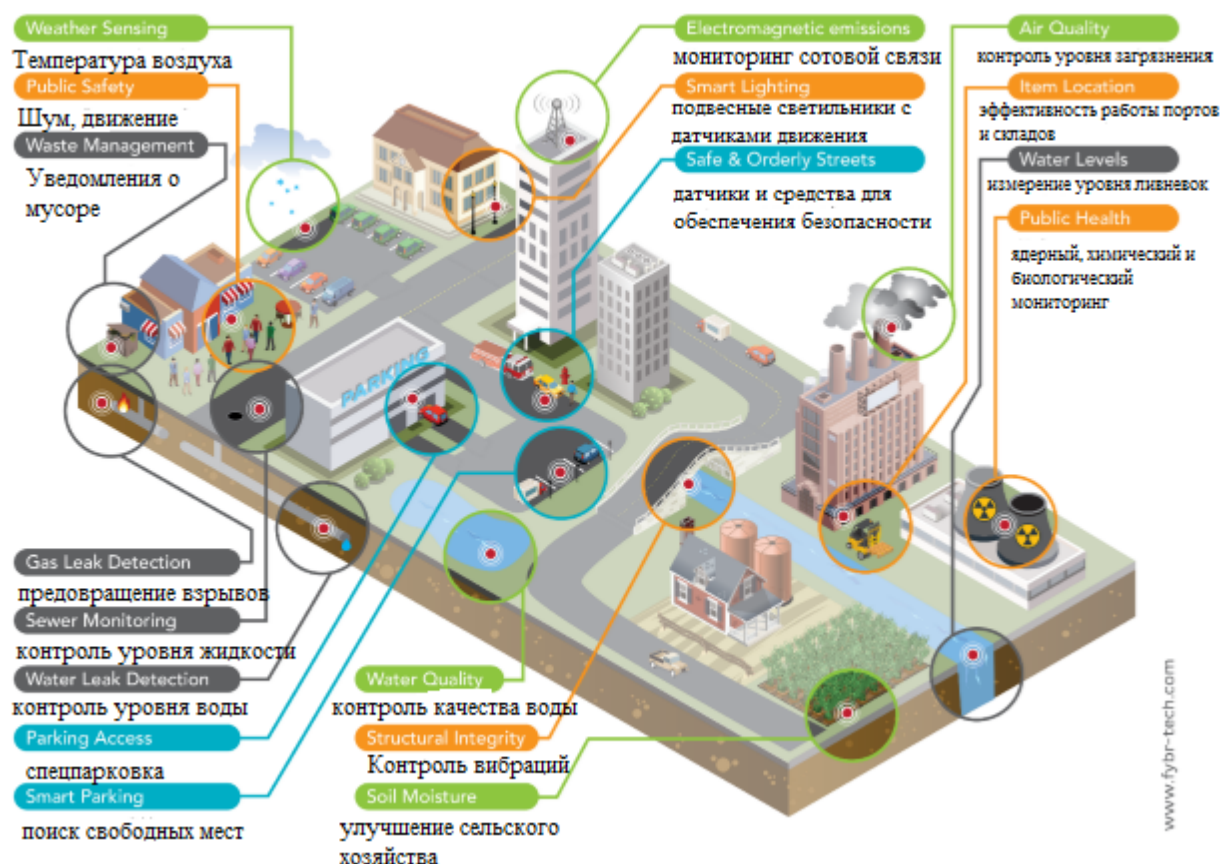


Рис. 1. Идея умного города

Умный город (smart city) – это интегрированная система, в которой используются передовые цифровые технологии для оптимизации управления городской инфраструктурой и улучшения качества жизни жителей (рис. 1). Основной технологией, используемой в системе, является интернет вещей, которая упрощает процессы управления внутренними городскими процессами и обеспечивает безопасность и комфорт для жителей города [1].

Умные города – это концепция развития городской инфраструктуры с использованием передовых технологий для повышения комфорта жизни горожан, эффективности ресурсов и улучшения экологической устойчивости. Умные города оснащены датчиками и устройствами для мониторинга состояния окружающей среды, транспортного потока, энергопотребления и других параметров. Эти данные используются для принятия решений в реальном времени и оптимизации работы городской инфраструктуры. Ключевые

На сегодняшний день утверждено 37 городов-пилотов, участвующих в проекте: Воронеж, Липецк, Самара, Великий Новгород, Челябинск, Томск и т. д. Для участия в проекте необходимо предоставить «дорожную карту» – проект, в котором прописана комплексная цифровизация городского хозяйства – от стандартных мероприятий до индивидуальных с учетом существующих недостатков региона. Ключевые объекты концепции «Умный город» показаны на рис. 2.



Рис. 2. Ключевые объекты концепции «Умный город»

Главной задачей умного города в сфере энергетики является максимальная электрификация городов, то есть обеспечение оптимизации затрат и потребления энергоресурсов жилищно-коммунальными и иными потребителями [2].

Оптимизация затрат предусматривает контроль за освещением, как уличным, так и внутри общественных помещений, контроль за расходом и подачей электричества ко всем потребителям.

Для сбора и обработки данных наиболее целесообразным является использование современных информационных технологий для сбора, анализа и обработки данных о городской инфраструктуре, таких как облачные вычисления и аналитика больших данных. Они позволяют анализировать нагрузки от использования и выработки электроэнергии, прогнозировать и предотвращать возможные сбои и аварии на предприятиях и в городских системах.

Кроме этого, необходимо создание и развитие центров мониторинга и поддержки принятия решений, в которых диспетчеры будут отслеживать данные и проводить их анализ, не только в сфере энергетики, но и в сопутствующих сферах.

Главным преимуществом системы «Умный город» в сфере энергетики будет снижение общего энергопотребления на десятки процентов.

Развитие энергетики в системе «Умный город» подразумевает развитие ВИЭ (возобновляемые источники энергии), то есть продвижение самостоятельной генерации и накопление электроэнергии за счет солнечных панелей, автономных топливных-энергетических элементов и переход от розеток к питанию через аккумуляторы. Все это поможет снизить пиковую нагрузку [3].

В умных городах активно развивается инфраструктура для электромобилей, включая зарядные станции и системы управления транспортным потоком. Также внедряются инновации в общественном транспорте, такие как беспилотные автобусы и системы оплаты через мобильные приложения.

Умные города предлагают жителям широкий спектр цифровых сервисов, таких как мобильные приложения для оплаты услуг, онлайн-карты города с актуальной информацией о событиях и достопримечательностях, системы онлайн-обращений в городскую администрацию и другие.

Неотъемлемой частью умного города является умный дом, в котором также используются передовые технологии для улучшения качества жизни и удобства людей. Умный дом представляет собой дом, в котором интегрированы различные устройства и системы, такие как освещение, климат-контроль, безопасность и развлечения, которые могут быть управляемыми с помощью смартфона или голосового помощника. С другой стороны, умный город использует технологии для оптимизации функционирования всех городских систем, включая транспорт, энергию, управление отходами, безопасность и общественные услуги (рис. 3).



Рис. 3. Объединение концепций «Умный дом» и «Умный город»

Связь между ними очевидна: умные дома могут быть интегрированы в общую систему «Умный город». Например, данные об энергопотреблении умных домов могут быть использованы для оптимизации энергетической эффективности всего города. Умные дома также могут быть связаны с другими системами «Умный город», такими как транспортные системы или системы управления безопасностью, чтобы обеспечить более интегрированный и эффективный городской опыт для жителей.

Кроме того, умные дома могут быть использованы для сбора данных о городской среде. Например, умные датчики в умных домах могут отслеживать качество воздуха или уровень шума и передавать эти данные в систему умного города, чтобы помочь в оптимизации городской среды и улучшении качества жизни горожан.

Таким образом, умные дома являются важной составляющей умного города, которая способствует более эффективному и интегрированному управлению городскими системами и повышению качества жизни жителей.

Умный дом может внести свой вклад в оптимизацию энергопотребления в системе «Умный город».

1. Оптимизация использования энергии: умный дом может использовать датчики и устройства автоматизации для оптимизации использования энергии внутри дома. Например, система умного дома может автоматически регулировать освещение и климат-контроль в зависимости от наличия людей в помещении или внешних погодных условий. Это позволяет снизить потребление энергии и повысить энергетическую эффективность дома.

2. Интеграция с общей системой энергоснабжения: умный дом может быть подключен к сети электроэнергии и сотрудничать с умным городом с целью оптимизации потребления энергии. Например, дом может использовать дешевую энергию в периоды низкой нагрузки и снижать потребление в периоды пиковой нагрузки, когда стоимость энергии выше. Такой подход, известный как «упреждающая оптимизация», помогает балансировать нагрузку на сети и увеличивать энергетическую эффективность.

3. Генерация собственной энергии: умный дом может быть оборудован системами для генерации собственной энергии, такими как солнечные панели или ветрогенераторы. Избыток энергии, произведенной домом, может быть передан в сеть умного города, а в периоды нехватки энергии, дом может получать энергию от общей системы.

4. Мониторинг энергопотребления: умный дом может систематически мониторить энергопотребление и предоставлять данные об использовании энергии системе «Умный город». Эти данные могут использоваться для анализа и оптимизации энергетической эффективности в рамках умного города.

Практическая реализация перечисленных методов будет способствовать повышению энергетической эффективности в системе «Умный город», экономии ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Для решения энергетических проблем в умных городах необходимо разработать интегрированные системы управления энергопотреблением, которые будут оптимизировать распределение и использование энергии в реальном времени. В целом, энергетические проблемы в системе умного города требуют комплексного подхода и совместных усилий со стороны государственных органов, частного сектора и общественности для создания устойчивой и эффективной энергетической инфраструктуры.

### Список источников

1. Центр 2М. URL: <https://center2m.ru/smart-city-about> (дата обращения: 08.02.2024).
2. Intelvision. URL: <https://www.intelvision.ru/services/smartcity> (дата обращения: 10.02.2024).
3. Гительман Л. Д. Кожевников М. В. Электрификация как драйвер развития «умных городов» // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 4. С. 1199–1210.

УДК 621.311.1

**Д. М. Огородников**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**О. Я. Солёная** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В 2017 году на Петербургском международном экономическом форуме президент России призвал сформировать принципиально новую, гибкую нормативную базу для внедрения цифровых технологий во все сферы жизни. Естественно, призыв президента распространился и на сферу электроэнергетики. Со стороны ПАО «Россети» была сформирована концепция «Цифровая трансформация 2030». Концепция определяет основные направления технологических и организационных изменений работы в компании для изыскания новых механизмов, способов, алгоритмов корпоративного и технологического управления процессами компании и их последующей трансформации для повышения эффективности и качества оказываемых услуг, их доступности. Совокупность указанных эффектов позволит обеспечить одновременный рост капитализации и качественное выполнение социальной функции компании в существующих экономических условиях и модели рынка.

Появились такие понятия как «Цифровая подстанция», «Цифровой питающий центр», «Цифровая электрическая сеть».

Цифровая подстанция (ЦПС) – это энергообъект нового поколения, выполненный с максимальным применением цифровых технологий сбора и обработки информации, в первую очередь основанных на стандарте МЭК 61850 [1]. В то же время ЦПС – это совокупность различных технологий, которые могут применяться комплексно или выборочно, в зависимости от специфики объекта и требований заказчика.

К преимуществам подобной технологии можно отнести следующее:

1. Относительно невысокая стоимость реализации;
2. Сокращение использования объема кабельной продукции (порядка 25–30 %);
3. Габариты подстанции с КРУЭ существенно меньше, чем с ОРУ аналогичного класса напряжения, что снижает экономический эффект от применения данного решения;
4. Полная «оцифровка» всех аналоговых цепей на ПС с сохранением возможности использования традиционного оборудования вторичных систем.
5. Повышение надежности ПС путем применения оптоволоконных кабелей.

Однако несмотря на многие достоинства ЦПС, данная технология не перешла в стадию промышленной реализации, что обусловлено рядом существующих трудностей по их внедрению в существующие сети.

Одной из основных проблем для компаний, эксплуатирующих подстанции, являются экономические риски, связанные с внедрением новых технических решений.

Кроме того, существует ряд вопросов, без решения которых внедрение инновационного оборудования в промышленных масштабах невозможно, а именно:

1. необходимость создания общеотраслевой нормативно-технической базы по разработке, проектированию и эксплуатации оборудования ЦПС;
2. необходимость в разработке инструментария и повышения квалификации персонала проектных организаций путем обучения проектированию ЦПС;
3. решение вопросов метрологической аттестации систем автоматизации, в том числе и систем АИИСКУЭ с поддержкой МЭК 61850-9-2;
4. накопление статистики и анализ надежности оборудования ЦПС.

Также нельзя не отметить и недостатки протокола МЭК 61850-9-2. К ним относятся повышенная сложность и новизна стандарта, и, как следствие, вероятность проникновения вирусного ПО, кибер и террористические атаки на ЦПС. Помимо этого, необходимо не только подобрать и установить оборудование, но и произвести его настройку таким образом, чтобы в полном объеме исключить вероятность возникновения проблем из-за направления и объема информационных объемов на mine процесса. Также стоит отметить, что может возникнуть сложность в присоединении новых ЦПС к уже существующим



щим. Постоянно увеличивающийся поток информации на подстанции требует новых решений с целью превращения этих данных в информацию для принятия решений и действий, а также для хранения и защиты данных. Высокие требования предъявляются и к обслуживающему персоналу на ЦПС.

Наиболее важным и актуальным вопросом является создание общепромышленной нормативно-правовой базы. Предложения от производителей оборудования базируются на гибком стандарте МЭК 61850, вследствие чего при реализации проектов ЦПС компания-исполнитель сталкивается с тем, что при соответствии стандарту МЭК 61850 оборудование от разных производителей зачастую друг с другом просто несовместимо. Исходя из вышеизложенного экономически и технически внедрение данной технологии становится сложно реализуемым.

Стоит также отметить, что в данном вопросе имеются продвижения. ГК «Россети» в рамках НИР и НИОКР был определен порядок выполнения фундаментальных исследований, приведенный в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты исследований НИОКР ГК «Россети»**

Этап	Что должно было быть сделано	Что есть сейчас	Что нужно сделать
1	Разработан профиль информационной модели МЭК 61850, учитывающий реалии российской энергетики, с целью обеспечения единства понимания и требований к передаваемой в рамках систем ЦПС информации. Полученный профиль МЭК 61850 должен включать в себя конечный и конкретный перечень LN, DO, DA, CDC без «опциональных полей», требования к коммуникационным сервисам и необходимые расширения SCL	Корпоративный профиль МЭК 61850 «Россети ФСК ЕЭС» содержит требования к LN и DO, отсутствуют требования к DA, CDC, содержит «опциональные поля»	Определить окончательный объем информации, для передачи которой будут использоваться положения стандарта МЭК 61850. Разработать и утвердить модель данных в соответствии с МЭК 61850. Определить соответствующие расширения SCL
2	По результатам выполнения п.1 должны были быть разработаны четкие требования по применению конкретных протоколов передачи данных, обеспечивающих фактическую передачу данных в соответствии с разработанной структурой, определенной в профиле	Корпоративный профиль МЭК 61850 «Россети ФСК ЕЭС» содержит требования к протоколам передачи данных	Детализировать и уточнить требования к протоколам передачи данных

В заключение можно сказать, что несмотря на сложности внедрения ЦПС, работа в данном направлении ведется постоянно. В России многие организации, например, ОАО «НИИПТ» активно проводит исследования в области цифровых подстанций. В 2008–2010 годы был создан испытательный стенд для проверки работы АСУ ТП с устройствами различных производителей по различным протоколам и интерфейсам. В ОАО «НИИПТ» активно ведутся работы по созданию автоматизированной системы проектирования для цифровых подстанций, которая позволит использовать преимущества МЭК 61850-6 (SCL) и CIM-моделирования в процессе проектирования подстанций.

Однако пока в этом вопросе отсутствует самый важный компонент – методология проектирования в полном объеме. Необходимо решать вопрос автоматизации этого процесса, пока не подготовлены кадры. Нельзя исключить и важность инвестирования в развитие ЦП. В противном случае это будет значительно тормозить процесс развития цифровых подстанций в России, что крайне нежелательно.

**Список источников**

- ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011.

2. Тимофеев А. С., Макарьев М. Д. Цифровые подстанции (ЦПС) класса напряжения 35–110 кВ, International Journal of Humanities and Natural Sciences. Vol. 1–2 (88), 2024.
3. Чернышова М. В. К вопросу о реализации стратегии внедрения цифровых подстанций // Материалы X Междунар. студенческой научной конф. «Студенческий научный форум».
4. Березин Д. С., Перепелкин В. С. Проблемы реализации цифровых подстанций, XII Всероссийская науч.-практ. конф. молодых ученых «Россия молодая».
5. Тесленок А. И. Современные проблемы в сфере цифровых подстанций // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. LXII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 2 (61).
6. Гладковский Г. К., Чайкин В. С. Научные исследования технологии цифровой подстанции в ПАО «Россети» и ПАО «Россети ФСК ЕЭС» // Энергия единой сети. 2022. № 1 (62).

УДК 621.3.082.73

**Л. А. Олифир**

ученик 10-го класса лицея № 410

**В. Е. Малеева** – студент магистратуры кафедры управления в технических системах – научный руководитель

## ПЬЕЗОПРИВОДЫ

Уровень развития преобразователей энергии во все времена определял производственные возможности различных отраслей промышленности, успешность реализации многих научных исследований, характеристики изделий. На сегодняшний день вопросы совершенствования элементарной базы электромеханических систем становятся особенно актуальными. Прогресс в области нанотехнологий обуславливает необходимость разработки инновационных методов и технологий для осуществления точного позиционирования объектов в масштабах нанометров. Традиционные механизмы и устройства демонстрируют недостаточную стабильность и точность в таких условиях в связи с проявлением различных негативных факторов, включая нелинейность кинематики передач и воздействие внешних агентов, что подчеркивает актуальность исследований новых технологических решений на основе применения пьезоэлектрических эффектов и механизмов.

Возникновение пьезоэлектричества уходит корнями в 1880 год, когда братьями Кюри во время экспериментов с кварцевыми кристаллами было открыто это удивительное явление. Они выяснили, что при сжатии пластины кварца на ее гранях возникают электрические заряды, и их поляризация прямо зависит от силы сжатия. Позже был обнаружен обратный эффект, при котором кварцевая пластина, находясь в электрическом поле, изгибалась в зависимости от изменения знаков электрических зарядов. Этот необычный феномен успешно обнаружен не только в кристаллических материалах, но также в некоторых полимерах и керамике.

Над темой пьезоэлектрического эффекта работали такие ученые как: Г. Липман, французский математик и физик П. Ланжевен, У. Кэди, Г. Пирс, Р. Дебай, Ф. Сирс, Р. Люка, П. Бикар, ученые физического института им. Лебедева А. Н. Гольдман И. П. и Б. М. Вул Работа над изучением и развитием пьезотехнологий привела к созданию различных устройств, таких как пьезоэлектрические преобразователи, пьезодатчики и пьезоприводы.

Вячеслав Васильевич Лавриенко является создателем первого пьезоэлектрического мотора вращения в 1964 году. В течение многих лет непрерывных исследований он разработал основные принципы построения пьезодвигателей.

*Пьезопривод* – это устройство, которое преобразует электрическую энергию в механическую при помощи пьезоэлектрической керамики, принцип действия которого основан на изменении формы пьезоматериала под воздействием электрического поля в результате обратного пьезоэлектрического эффекта. Он обладает очень высоким коэффициентом преобразования энергии, превышающим 90 % в некоторых конструкциях. Благодаря этому, пьезоприводы могут использоваться для создания уникальных устройств, в которых электрические колебания преобразуются непосредственно во вращательное движение ротора. Крутящий момент, создаваемый такими двигателями, настолько значителен, что нет необходимости дополнительного механического редуктора в конструкции, что делает их более компактными и эффективными.

Пьезоприводы включают в себя несколько основных компонентов.

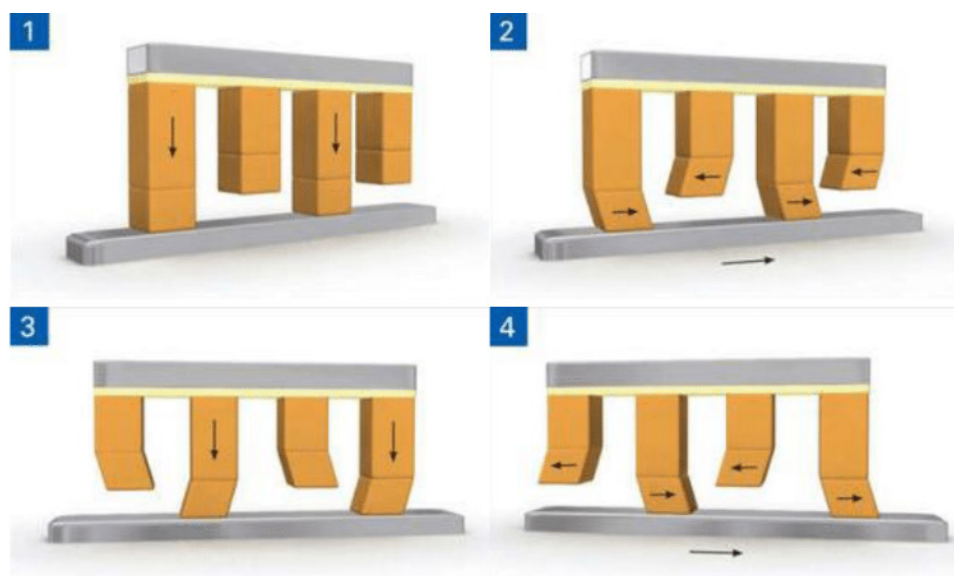
1. Пьезоэлементы: основной элемент, который преобразует электрический сигнал в механическое движение и наоборот.

2. Драйвер пьезопривода: устройство, которое управляет подачей электрического сигнала на пьезоэлементы, обеспечивая необходимое движение.

3. Механическая система: включает в себя механизмы передачи движения, реле и другие элементы, обеспечивающие конкретное применение пьезопривода.

Широко распространены пьезоэлектрические приводы с толкателями, работающие по принципу, представленному на рис. 1. В этих приводах применяется статор с закрепленными на нем ультратонкими биморфными пластинами, размеры которых определяют частоту резонанса и амплитуду коле-

баний. Подача переменного напряжения высокой частоты на статор приводит к генерации ультразвуковых колебаний, создающих механическую бегущую волну. Эта волна воздействует на прилегающий ротор, обеспечивая его движение. В зависимости от направления движения возникает заклинивание (вправо) или расклинивание (влево) толкателя. При такой конструкции пьезопривода пусковой момент зависит от числа толкателей и с их увеличением может достигать внушающих показателей.



*Рис. 1. Принцип движения толкателей при в пьезоприводе*

Существуют разные виды пьезоприводов.

- Моноблочные пьезоприводы: состоят из одного пьезоэлемента и могут обеспечивать точное позиционирование и управление малыми нагрузками.
- Стековые пьезоприводы: объединяют несколько пьезоэлементов в стек, что обеспечивает более высокую силу и ход.
- Линейные пьезоприводы: позволяют осуществлять линейное движение во всем диапазоне хода, обеспечивая высокую скорость и точность.

Пьезоприводы имеют целый ряд выгодных особенностей по сравнению с электромеханическими системами. В быстродействии пьезоэлектрическим двигателям нет равных, потому как в электромеханических двигателях от массы ротора зависит мощность, а у пьезодвигателей такой зависимости нет.

Основными достоинствами пьезоприводов являются высокая точность позиционирования, стабильность положения без питания и возможность изготовления очень маленьких размеров или необычных форм, таких как тонкие кольца. Распространенные области применения пьезоэлектрических двигателей включают системы фокусировки в объективах фотоаппаратов, а также прецизионное управление движением в специализированных приложениях, таких как микроскопия.

Пьезоэлектрические материалы и принципы их работы широко используются в микро- и наноэлектромеханических системах, наноактюаторах, нановесах, наносенсорах и кантилеверах атомно-силовых микроскопов, также для выполнения ряда задач, связанных с космической отраслью. Дело в том, что электромагнитные микроэлектродвигатели (коллекторные, шаговые, безколлекторные) на сегодняшний день достигли предела миниатюризации и именно здесь пьезодвигатели незаменимы.

Еще одной особенностью пьезоприводов является их уникальная способность работать в сильных магнитных полях, где традиционные электродвигатели не могут использоваться. Например, внутри антенн ядерного магнитного резонанса. Максимальная же рабочая температура пьезоприводов ограничена температурой Кюри и может превышать 250 °С.

Особенности конструкции и используемые материалы позволяют пьезодвигателям прекрасно и без каких-либо внутренних повреждений переносить, в отличие от их электромеханических собратьев, вибрацию и высокие ударные нагрузки, что позволяет использовать их в устройствах микросканирования низкоорбитальных систем.

Однако у пьезодвигателей имеются и недостатки. К существующим недостаткам пьезопроводов можно отнести следующие.

1. Значительную чувствительность к попаданию в пьезопровод твердых веществ (например, песка), легко приводящему к нарушению работы и поломкам.
2. Ограниченный ход пьезоэлементов, который не позволяет использовать их для больших перемещений.
3. Пьезопроводы часто более дорогие, чем электромеханические устройства, что может быть финансово ограничивающим фактором.

Пьезопроводы находят применение во множестве областей. Они используются в промышленном производстве для автоматизации процессов, позиционирования и контроля качества, применяются в обработке материалов, металлообработке, производстве электроники и других отраслях. Например, в микроэлектронике пьезопроводы используются для позиционирования кремниевых чипов, а также могут применяться в области 3D-печати для управления движением печатающей головки с максимальной точностью.

В медицинской отрасли пьезопроводы используются для создания точных медицинских устройств, таких как ультразвуковые сканеры, микродозаторы, медицинские роботы и другие. Они обеспечивают высокую точность, надежность и безопасность при проведении медицинских процедур.

В научных лабораториях пьезопроводы могут использоваться для проведения различных экспериментов и исследований. Например, в полях физики и химии они могут быть задействованы для создания специализированных микроскопов с высоким разрешением и точным позиционированием образцов. Это позволяет исследователям изучать мельчайшие структуры и явления с высокой степенью точности.

Пьезопроводы находят применение в аэрокосмической промышленности, энергетике, акустике, оборонной промышленности, архитектуре и даже развлекательной индустрии. Их преимущества в точности, скорости и низком энергопотреблении делают их эффективным выбором для самых разнообразных задач.

Таким образом, пьезодвигатели представляют собой инновационный элемент современных технологий, способный обеспечить высокую производительность и надежность в широком спектре применений в микромасштабе. Их использование может быть эффективным решением для различных задач, требующих точного управления и позиционирования.

### Список источников

1. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений / В. И. Бойков, С. В. Быстров, В. В. Григорьев, П. В. Карев. СПб.: ИТМО, 2017. 134 с.
2. Лавриненко В. В., Карташев И. А., Вишневецкий В. С. Пьезоэлектрические двигатели. М.: Энергия, 1980. 110 с.
3. *Кульметьева В. Б., Порозова С. Е., Сметкин А. А.* Перспективные композиционные и керамические материалы: учеб. пособие. Пермь: ПНИПУ, 2013. 276 с.

УДК 004

**Е. П. Петничук**

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

**В. М. Медунецкий** – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭВОЛЮЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ**

Современный этап развития искусственного интеллекта (ИИ) представляет собой захватывающую область научных и технологических исследований, оказывая глубокое влияние на различные отрасли человеческой деятельности.

Использование методов и систем искусственного интеллекта в энергетической сфере становится ключевым фактором оптимизации производственных процессов, повышения эффективности и устойчивости энергетических систем.

Настоящая научная статья предназначена для рассмотрения актуальных тенденций и перспектив развития искусственного интеллекта, а также подробного анализа его воздействия на энергетическую отрасль. Основная цель состоит в выявлении потенциала ИИ для оптимизации процессов в сфере энергетики и создания устойчивых, интеллектуальных систем, способных эффективно решать современные вызовы в области энергопотребления и производства.

Машинное обучение играет значимую роль в электроэнергетике, предоставляя возможность автоматизировать и оптимизировать различные процессы, а также прогнозировать и управлять нагрузкой, выявлять и предотвращать аварийные ситуации, и повышать энергоэффективность. Примерами применения машинного обучения может служить прогнозирование нагрузки, более быстрое и грамотное управление энергосистемами, обнаружение и предотвращение аварийных ситуаций, а также улучшение энергоэффективности. Рассмотрим данные примеры в основной части.

Рассмотрим подробнее примеры использования ИИ в энергетике.

*Прогнозирование нагрузки.* Методы машинного обучения могут применяться для прогнозирования нагрузки на электросети. Алгоритмы анализируют исторические данные о потреблении электроэнергии, погодных условиях, днях недели и прочих факторах для более точного предсказания будущей нагрузки. Это обеспечивает эффективное планирование производства и распределения электроэнергии, снижая риски перегрузок и экономя затраты. Например, российская компания ГК ЛАНИТ [1] успешно смогла использовать ИИ для прогнозирования с погрешностью в 3 % при предсказании на будущие 72 часа.

*Управление энергосистемами.* Технологии машинного обучения используются для управления энергосистемами, такими как сети передачи и распределительные сети. Алгоритмы анализируют данные о состоянии сети, нагрузке, потреблении и других параметрах для оптимизации работы системы, минимизации потерь энергии и обеспечения надежной поставки электроэнергии.

*Обнаружение и предотвращение аварий.* Машинное обучение применяется для обнаружения и предотвращения аварий в электроэнергетических системах. Алгоритмы анализируют данные о состоянии оборудования, параметрах работы системы и других факторах для выявления предвестников аварий и принятия мер по их предотвращению, снижая риски и обеспечивая безопасность энергетических систем. К примеру, российские и иностранные АЭС используют экспертные системы для помощи в обнаружении потенциальных проблем системы [2]. Пока что их используют, как помощника, однако это является очень перспективным направлением развития использования машинного обучения.

*Улучшение энергоэффективности.* Машинное обучение применяется для повышения энергоэффективности в электроэнергетике. Алгоритмы анализируют данные о потреблении электроэнергии, энергетической эффективности оборудования и других факторах, оптимизируя использование энергии, выявляя энергозатратные процессы и предлагая меры по их оптимизации. Это способствует снижению потребления электроэнергии и экономии затрат на энергию. На примере [1] затраты снизились не только из-за точного подбора подходящего оборудования, но и вследствие минимального количества купленной у других предприятий дорогой электроэнергии при повышенном спросе у потребителей.

В общем, использование машинного обучения в электроэнергетике позволяет энергетическим компаниям и организациям более эффективно расходовать ресурсы, обеспечивать стабильность и безопасность поставок электроэнергии.

### **Заключение**

В заключение подчеркнем значимость и перспективность использования методов машинного обучения в этой отрасли. Современные вызовы в области энергопотребления и производства требуют инновационных подходов, и искусственный интеллект становится ключевым фактором оптимизации процессов, повышения эффективности и обеспечения устойчивости энергетических систем. Представленные в статье примеры применения машинного обучения, такие как прогнозирование нагрузки, управление энергосистемами, обнаружение и предотвращение аварий, а также улучшение энергоэффективности, являются лишь вершиной айсберга в потенциале искусственного интеллекта для решения сложных задач в энергетической сфере. Данные примеры показывают не только теоретическую возможность, но и успешные практические реализации, что подчеркивает важность продолжения исследований и внедрения современных технологий в энергетический комплекс для обеспечения эффективности, надежности и безопасности энергоснабжения.

### **Список источников**

1. Машинное обучение в энергетике, или не только лишь все могут смотреть в завтрашний день. URL: <https://habr.com/ru/companies/lanit/articles/487944/> (дата обращения: 15.02.2023).
2. *Поваров В. П.* Автоматизированная система многопараметрического мониторинга параметров состояния энергетических установок АЭС: учебник для вузов. Воронеж: Научная книга, 2017. 244 с.

УДК 004

**О. С. Польских**

магистрант кафедры управления в технических системах

**О. С. Нуйя** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДЕКОДИРОВАНИИ**

Исследуется декодирование с помощью нейросетей с учетом бурного технологического развития и, как следствие, современных тенденций большего использования компьютерных ресурсов. Использование нейронных сетей распространяется во многих областях жизни людей от поиска нужных товаров в интернете до медицинской диагностики.

### **Использование нейронных сетей в декодировании**

В области нейробиологии и искусственного интеллекта использование нейронных сетей в декодировании нейронных сигналов стало революционным подходом с многогранными преимуществами. От решения сложных задач человеческим мозгом, такими как распознавание предметов и явлений, до развития связи мозга и интерфейсов компьютера для лечения неврологических заболеваний, а также медицинской диагностики. Применение нейронных сетей в декодировании представляет множество преимуществ, выходящих за рамки традиционных методологий [1].

### **Распутывание сложных нейронных моделей**

Одно из главных преимуществ использования нейронных сетей в декодировании заключается в их способности разгадывать сложные нейронные образцы и представления. В отличие от обычных методов декодирования, нейронные сети обладают способностью распознавать сложные отношения внутри нейронных данных, тем самым позволяя идентифицировать тонкие закономерности и сигналы, которые могут ускользать от традиционных аналитических подходов. Эта способность играет важную роль в декодировании нервной активности, связанной с сенсорным восприятием, когнитивными процессами и моторными функциями, способствуя более глубокому пониманию внутренней работы человеческого мозга [2].

### **Расширение возможностей интерфейсов мозга и компьютера**

Применение нейронных сетей в декодировании значительно продвинуло область мозго-компьютерных интерфейсов (МКИ), предлагая беспрецедентные возможности преобразования нейронной активности в действенные команды. Используя алгоритмы нейронных сетей, МКИ может декодировать нейронные сигналы с поразительной точностью, позволяя людям с нарушениями двигательных функций управлять внешними устройствами, общаться и восстанавливать потерянные функции. Этот прогресс не только повышает качество жизни людей с неврологическими заболеваниями, но и открывает перспективы для расширения человеческих возможностей посредством взаимодействий мозга и машины [3].

### **Ускоряющая неврологическая диагностика и лечение**

Нейронные сети играют ключевую роль в ускорении неврологической диагностики и лечения, расшифровывая нейронные сигналы, связанные с различными неврологическими расстройствами и болезнями. Благодаря применению передовых методов машинного обучения нейронные сети позволяют идентифицировать биомаркеры, нейронные паттерны и прогностические индикаторы, тем самым облегчая раннее обнаружение, и персонализированные стратегии лечения неврологических заболеваний. Этот ускоренный диагностический потенциал имеет огромное значение для улучшения состояния пациентов и продвижения нейротерапии [1].

### **Заключение**

Таким образом, использование нейронных сетей для расшифровки нейронных сигналов дает множество преимуществ, начиная от раскрытия сложных нейронных моделей и заканчивая расшире-



нием возможностей интерфейсов мозга и компьютера и ускорением неврологической диагностики. По мере того, как исследователи продолжают использовать потенциал нейронных сетей в декодировании, достижения в понимании человеческого мозга и его возможностей в здравоохранении, безопасной передаче информации и не только так же продолжают развиваться.

### Список источников

1. *Лебедев М. А.* Нейрокомпьютерные интерфейсы для расширения функций мозга. URL: [https://innoscience.ru/2500-1388/article/view/21528/ru\\_RU](https://innoscience.ru/2500-1388/article/view/21528/ru_RU) (дата обращения: 19.04.2024).
2. *Левецкая О. С., Лебедев М. А.* Интерфейс мозг – компьютер: будущее в настоящем. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interfeys-mozg-kompyuter-budushee-v-nastoyaschem> (дата обращения: 19.04.2024).
3. *Лившин Д.* Нейросети и машинное обучение в девелопменте: от «умных» камер до виртуальных дворцов. URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5875915-Nejroseti-i-mashinnoe-obuchenie-v.html> (дата обращения: 19.04.2024).

УДК 621.86

**П. А. Попов**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель**ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ**

Перемещение грузов, связанное с погрузочно-разгрузочными работами, во всех отраслях промышленности, строительстве и на различном транспорте осуществляется благодаря грузоподъемным механизмам. Большинство различных грузоподъемных машин, изготавливаемых на отечественных предприятиях, имеет электроприводное исполнение главных рабочих механизмов.

Система электропривода в грузоподъемных механизмах имеет свои особенности, которые определяют эффективность и надежность работы таких механизмов. Учитывая, что механизмы обычно работают с тяжелыми грузами, система электропривода должна быть достаточно мощной и надежной для обеспечения стабильной работы и безопасности, иметь возможность регулирования скорости подъема и опускания груза, контроля нагрузки на механизм, а для точного позиционирования груза необходимо использовать системы управления электроприводом с высокой точностью и устойчивостью к внешним воздействиям. Также необходимо обеспечить безопасность работы грузоподъемного механизма путем разработки систем аварийной остановки, защиты от перегрузок и других мер безопасности.

Грузоподъемные механизмы различной модификации достаточно широко используются в современной промышленности, в частности, в строительной отрасли. На рис. 1 показана востребованность различных типов кранов.

В зависимости от области применения, интенсивности и специфики работы режимы работы крановых механизмов регламентируются. И в каждом отдельном случае присутствует своя особенность системы электропривода грузоподъемных машин.



Рис. 1. Использование различных типов кранов за 2022 год

На практике для определения режима работы грузоподъемных механизмов действует нормативный документ ГОСТ 25835-83 [1], а для определения группы режима работы крана – ГОСТ 25546-82 [2]. Согласно документам определены шесть классов, различных по времени использования – от кратковременного режима работы (минимальные нагрузки, редкие пуски и торможения) до интенсивного режима, характерного для производств непрерывного типа. В данном режиме электропривод должен выдерживать максимальные нагрузки, частые пуски и торможения.

Существуют несколько видов электроприводов, используемых в грузоподъемных механизмах в зависимости от их конструкции, назначения и особенностей работы.

Наиболее распространенным видом являются электрические тали, которые используются для подъема и перемещения грузов на небольшие расстояния. Достоинством является обеспечение высокой скорости подъема и надежность работы.

Не менее востребованы электрические лебедки – как правило, они применяются для подъема и перемещения тяжелых грузов на большие расстояния. Характерной особенностью таких приводов являются мощные двигатели и механизмы редукции, что позволяет им работать с высокой нагрузкой и обеспечивать стабильное позиционирование груза.

В грузоподъемных механизмах широкое применение находят также и гидравлические электроприводы, особенностью которых является возможность работы с тяжелыми грузами или в условиях высоких нагрузок. Они обеспечивают высокую мощность и контроль скорости подъема груза.

Для создания перемещений машин и механизмов применяются также пневмоприводы, в основе которых лежит преобразование механической характеристики приводного двигателя за счет энергии сжатого воздуха.

При выборе конкретного типа грузоподъемного механизма необходимо учитывать требования к нагрузке, скорости перемещения и точности позиционирования.

Особое значение для электропривода имеет система управления, так как она играет ключевую роль в обеспечении безопасности, эффективности и точности работы подъемного оборудования. Наиболее часто применяются следующие виды.

Простое управление – это самый простой способ управления электроприводами, при котором оператор управляет подъемным механизмом с помощью кнопок на пульте или панели управления. Оператор может управлять скоростью подъема, направлением движения и остановкой грузоподъемного устройства.

Пульты дистанционного управления позволяют оператору управлять механизмом издалека, не находясь непосредственно рядом с оборудованием. Это особенно удобно при работе на больших высотах или в труднодоступных местах.

Автоматическое управление осуществляется при помощи специального программного обеспечения и датчиков, контролирующих основные параметры системы, такие как, нагрузка, точность позиционирования груза, что, несомненно, повышает безопасность работы.

Не зависимо от способа регулирования электропривода, важное значение имеют системы позиционирования, предназначенные для точного определения положения груза и его перемещения в пространстве. Особенно важно использование таких систем при работе с чувствительными грузами или в условиях ограниченного пространства.

В условиях цифровой трансформации практически во всех отраслях промышленности и широкое использование информационных технологий для автоматизации производственных процессов особое значение в системах управления электроприводом приобретает интеграция с другими системами, такими как системы мониторинга и диспетчерские системы. Она в первую очередь позволяет оптимизировать процессы работы, повышать производительность и эффективность использования подъемного оборудования.

Электропривод грузоподъемных механизмов может выполняться с двигателями постоянного и переменного тока [3], [4].

Особенностью управления электроприводом постоянного тока является возможность плавного и точного регулирования скорости вращения двигателя. Это достигается за счет использования специальных устройств, таких как частотные преобразователи или контроллеры скорости, которые позволяют изменять напряжение и ток, подаваемые на двигатель. Для более точного управления электроприводом часто используется отрицательная обратная связь по регулируемому параметру. Это означает, что система контролирует текущие параметры работы двигателя (например, скорость вращения) и корректирует управляющие сигналы для достижения заданных значений. Обратная связь может осуществляться с помощью энкодеров, датчиков или других устройств.

Управление электроприводом переменного тока также имеет свои особенности, которые определяются особенностями переменного тока и применяемых методов управления.

Возможность применения векторного управления – одна из основных особенностей управления электроприводом переменного тока. Этот метод позволяет контролировать не только скорость вращения двигателя, но и его направление и момент. В результате достигается более высокая точность и динамические характеристики работы привода. Также могут использоваться как сенсорные, так и безсенсорные методы. Сенсорное управление требует наличия датчиков обратной связи для контроля положения ротора двигателя, в то время как безсенсорное управление использует алгоритмы оценки положения ротора на основе измерения параметров фазового тока и напряжения.

Современные системы управления электроприводами переменного тока обладают многозадачностью, что позволяет им выполнять не только функции управления двигателем, но и другие задачи, такие как диагностика состояния системы, защита от перегрузок и короткого замыкания, а также выполнять коммуникацию с другими устройствами в системе автоматизации.

Перечисленные особенности делают управление электроприводом переменного тока эффективным и гибким инструментом для широкого спектра грузоподъемных механизмов.

Как отмечалось ранее, управление приводными электродвигателями грузоподъемных машин производится с помощью магнитных пускателей, контакторов или контроллеров.

Магнитные пускатели и отдельные контакторы применяют для управления АД электроталей, лебедок, однобалочных мостовых кранов и подъемников. Управление двигателями производится по стому управления, имеющим кнопки «вперед» (или «подъем»), «назад» (или «спуск») и «стоп».

При использовании контроллеров управление двигателями, а также разгон или электрическое торможение механизмов производится поворотом штурвала контроллера, в основном применяются кулачковые контроллеры.

В последнее время все большее применение находит тиристорное управление, которое может применяться как для машин постоянного тока, так и переменного тока. Это обусловлено, в первую очередь, надежностью их работы, высоким КПД, малыми габаритными размерами и небольшой мощностью управления. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя осуществляется включением тиристоров в цепь статора (рис. 2а) или ротора (рис. 2б). В первом случае с помощью полупроводников возможно изменение амплитуды или частоты напряжения переменного тока на обмотках статора и, как следствие, электромагнитного момента двигателя. При включении тиристоров в цепь ротора можно плавно, практически бесступенчато, изменять сопротивление цепи и, таким образом, регулировать его частоту вращения.

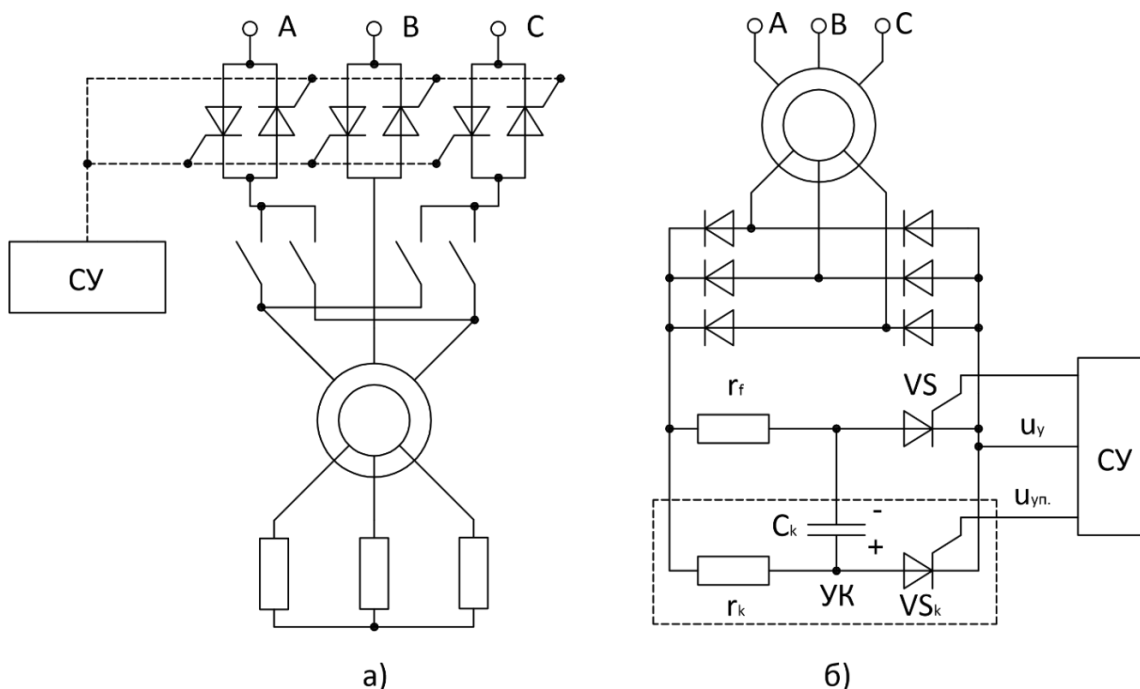


Рис. 2. Регулирование частоты вращения АД при включении тиристоров в цепь обмотки:  
а – статора; б – ротора

Использование тиристоров так же позволяет подключать двигатели постоянного тока непосредственно к сети переменного тока, а благодаря применению различных схем их включения можно добиться получения отличных механических характеристик.

Для управления приводными электродвигателями могут использоваться также и преобразователи частоты, которые подключены к электродвигателям и, получая информацию о фактической скорости вращения от фотоимпульсных датчиков, поддерживают вращение электродвигателей с заданной оператором скоростью. При частотном регулировании существенно снижаются потери энергии в пуско-тормозных режимах двигателя [5].

Согласно [6] для безопасной эксплуатации грузоподъемных машин должна быть обеспечена комплексная автоматическая защита, блокировка системы управления и другие специфичные блокировки грузоподъемных механизмов.

### Список источников

1. ГОСТ 25832-83. Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы. URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/gost-25835-83.pdf> (дата обращения: 26.02.2024).
2. ГОСТ 25546-82. Краны грузоподъемные. Режимы работы. URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/gost-25546-82.pdf> (дата обращения: 25.02.2024).
3. Грузоподъемные машины. URL: <http://www.bibliotekar.ru/7-gruzopodyyomnye-mashiny/8.htm> (дата обращения: 26.02.2024).
4. Маркетинговые исследования. URL: <https://маркетинговые-исследования.рф/news/rynok-kranovogo-oborudovaniya-2021-2022/> (дата обращения: 27.02.2024).
5. Проектирование электроприводов крановых механизмов. Техническая коллекция Schneider Electric. Вып.12. URL: <https://www.rza.by/upload/iblock/5ee/TECHCOL12RU.pdf> (дата обращения: 28.02.2024).
6. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ 10-382-00. URL: <https://www.vitekh.ru/upload/iblock/92f/92f6de3fa86f8d55005569b8c9ba8c90.pdf> (дата обращения: 28.02.2024).

**УДК 004**

**А. Д. Пылинина**

ученица 9-го класса школы № 93

**А. Р. Корниенко, Н. В. Хлопонин**

магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

**БАЗА ДАННЫХ**

База данных (БД) представляет собой организованное собрание данных, структурированное таким образом, чтобы обеспечить их эффективное хранение, управление, обновление и доступность. Системы управления базами данных (СУБД) используются для работы с данными и обеспечения их безопасности.

**Задачи для БД**

Современные крупные компании сталкиваются с трудностями в управлении и обработке больших объемов данных, которые требуют быстрых и точных ответов. Это создает вызовы для администраторов баз данных, которые вынуждены использовать различные методы для оптимизации работы системы. Вот некоторые из основных проблем, с которыми они сталкиваются.

- Большой поток запросов, на которые нужно отвечать быстро.
- Необходимость эффективного управления и организации растущих объемов информации.
- Возрастающая угроза утечек данных и кибератак.
- Необходимость оперативного доступа к данным для оперативного принятия решений.
- Постоянное обслуживание и контроль инфраструктуры баз данных.
- Важность учета возможности масштабирования баз данных для роста компании.
- Соблюдение требований по защите и размещению данных при выборе системы управления информацией.

**Виды баз данных**

*Реляционные базы данных:* это наиболее распространенный тип баз данных, основанный на реляционной модели. Данные организуются в виде таблиц с явными связями между ними. Примерами реляционных СУБД являются MySQL, PostgreSQL, Oracle и Microsoft SQL Server.

*Преимущества*

- Простота в использовании и понимании благодаря структурированному формату данных.
- Поддержка сложных запросов и агрегации данных.
- Масштабируемость и поддержка транзакций для обеспечения целостности данных.

*Недостатки*

- Могут быть медленными при больших объемах данных.
- Требуют тщательного проектирования схемы базы данных.
- Не всегда подходят для хранения слабоструктурированных данных.

*Нереляционные базы данных (NoSQL):* Это новое поколение баз данных, которые не используют реляционную модель. Они предназначены для хранения неструктурированных данных и обеспечивают гибкость и масштабируемость.

*Преимущества*

- Гибкость в хранении неструктурированных и полуструктурированных данных.
- Масштабируемость горизонтально на большое количество серверов.
- Высокая производительность при больших объемах данных.

*Недостатки*

- Ограниченные возможности для сложных запросов и аналитики.
- Не гарантируют транзакционную целостность во всех случаях.

*Базы данных временных рядов:* Они оптимизированы для хранения данных с отметками времени, таких как измерения или события. Это важно для приложений, требующих анализа временных данных, например, в финансах, медицине и интернете вещей.

*Графовые базы данных:* Это специализированный тип баз данных, который представляет данные в виде графа и его обобщений. Они подходят для работы с данными, имеющими сложные взаимосвязи, например, социальные сети или сети транспортных маршрутов.

### *Преимущества*

- Централизованное хранение данных обеспечивает их легкость доступа и управления.
- Улучшенная безопасность данных благодаря механизмам аутентификации и авторизации.
- Эффективное управление данными и обеспечение их целостности.
- Возможность выполнения сложных аналитических запросов для получения ценной информации.

### *Недостатки*

Сложность настройки и управления, что может потребовать высококвалифицированных специалистов.

- Значительные затраты на оборудование и обслуживание инфраструктуры баз данных.
- Возможные проблемы с производительностью при обработке больших объемов данных и сложных запросов.

## **Альтернативные методы хранения и обработки информации**

Хотя базы данных являются широко используемым инструментом для управления данными, существуют и альтернативные методы хранения и обработки информации. Например, использование файловой системы, кэширование в памяти или хранение данных в плоских файлах. Однако базы данных часто остаются более эффективным и удобным способом управления данными в больших и сложных системах.

## **Заключение**

Базы данных играют ключевую роль в современном информационном обществе, обеспечивая эффективное хранение, управление и анализ данных. Выбор подходящего типа базы данных зависит от требований конкретного проекта и его целей. Важно учитывать, как преимущества, так и недостатки баз данных при их использовании и разработке.

## **Список источников**

1. Что нужно знать о базах данных в it.2023. URL: <https://it-vacancies.ru/blog/cto-nuzno-znat-o-bazax-dannux-v-it/> (дата обращения: 20.01.2023).
2. Что такое база данных? URL: <https://www.oracle.com/cis/database/what-is-database/> (дата обращения: 20.01.2023).
3. *Дуго С. М.* Базы данных проектирование и использование.
4. *Хомоненко А. Д., Цыганков В. М., Мальцев М. Г.* Базы данных: учебник для высших учебных заведений. 6-е изд., 2009.

УДК 621.355

**В. П. Рождественский**

ученик 8-го класса школы № 693

**М. М. Кулумбеков, П. С. Мясников** – магистранты института киберфизических систем – научные руководители

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛЯТОРОВ

### Введение

Аккумуляторы являются ключевым элементом в современных технологиях, от мобильных устройств до электрических автомобилей. Существует постоянный спрос на новые и более эффективные аккумуляторы, способные обеспечить длительную работу без необходимости частой зарядки.

Основные принципы работы аккумулятора основываются на химических реакциях, которые происходят внутри него. Аккумулятор состоит из двух электродов – анода и катода, разделенных электролитом. В процессе разряда аккумулятора, химические вещества в электродах реагируют между собой, создавая потенциал разности напряжений. Затем при подключении аккумулятора к устройству энергия освобождается и используется для питания.

Преимущества новых технологий аккумуляторов заключаются в их более высокой емкости, более длительном времени работы и быстрой зарядке. Традиционные аккумуляторы, такие как литий-ионные, имеют ограниченную емкость и не всегда обеспечивают необходимую энергию для работы современных устройств. Однако новые технологии, такие как литий-серный или литий-воздушный аккумуляторы, предлагают значительно большую емкость, что позволяет использовать их в более требовательных приложениях.

### Актуальность

Сегодня аккумуляторы неотъемлемо влияют на нашу повседневную жизнь, находя применение во всем, от смартфонов и ноутбуков до электромобилей и систем хранения энергии, полученной из возобновляемых источников. Тем не менее текущие аккумуляторные технологии сталкиваются с рядом проблем, включая ограниченную емкость, долгое время зарядки и высокие затраты на производство.

Это обуславливает необходимость в разработке новых технологий батарей, что является ключевым и многообещающим направлением научных исследований. Исследователи и разработчики по всему миру стремятся создать батареи нового поколения, которые будут более эффективными и долговечными, а также способными хранить больше энергии.

Инновационные батарейные технологии, такие как литий-воздушные и графеновые батареи, обеспечивают более продуктивное накопление энергии. Литий-воздушные батареи могут стать ключом к энергоснабжению электромобилей на большие расстояния, в то время как графеновые батареи привлекают внимание своей высокой энергоемкостью и способностью быстро заряжаться.

Другим важным направлением исследований является увеличение срока службы аккумуляторов. Увеличение числа циклов зарядки/разрядки и уменьшение технических потерь становятся приоритетом для разработчиков. Внедрение новых материалов и обработка поверхности электродов помогает улучшить производительность аккумуляторов.

Кроме того, разрабатываются и другие технологии аккумуляторов, такие как суперконденсаторы и жидкометаллические аккумуляторы, которые обладают высокой энергетической плотностью и способностью быстро заряжаться.

### Разработка новых материалов для аккумуляторов

Одним из перспективных материалов для анодов является графен. Графен – это однослойный слой углерода, который обладает высокой электропроводимостью и механической прочностью. Исследования показали, что использование графена в анодах может существенно увеличить производительность аккумуляторов и увеличить их емкость.



Графеновые батареи превосходят существующие литий-ионные батареи по эффективности благодаря их уникальной способности отводить тепло. Графен, который на данный момент является одним из наиболее электропроводных материалов, обладает сравнительно низким сопротивлением. Это свойство позволяет ему поддерживать температуру на низком и безопасном уровне, предотвращая перегрев [1].

Для катодов аккумуляторов также проводятся исследования новых материалов. Одним из них является литиево-железофосфат (LiFePO<sub>4</sub>). Этот материал обладает высокой энергетической плотностью, долговечностью и безопасностью, что делает его привлекательным для использования в аккумуляторах. Исследования по разработке новых катодов также проводятся с использованием других материалов.

Распространенные литий-ионный аккумуляторы (ЛИА) предлагается улучшить за счет использования тонкопленочных кремниевых электродов. Кремний привлек внимание исследователей как один из самых выдающихся альтернативных материалов для анодов ЛИА следующего поколения. Он обладает очень высокой теоретической емкостью хранения по сравнению со всеми другими известными материалами. Использование анодов на основе кремния, обладающих высокой гравиметрической и объемной емкостью, может снизить фактическую стоимость ЛИА [2].

Работа над литий-серными аккумуляторами заслуживает особого внимания. Эти батареи могут хранить в два раза больше энергии, чем литий-ионные, и теоретически их потенциал еще выше. Они используют жидкий серный катод, отделенный от электролита специальной мембраной. Литий-серные аккумуляторы выделяются своей способностью выдерживать до 1500 циклов зарядки-разрядки без существенной потери емкости и их применимостью в широком температурном спектре [3].

Кроме того, существуют исследования по использованию новых электролитов в аккумуляторах. Вместо традиционных органических электролитов исследователи ищут альтернативные варианты, такие как полимерные электролиты. Полимерные электролиты обладают высокой электрической проводимостью и химической стабильностью, что делает их привлекательными для применения в аккумуляторах.

### Проблемы и вызовы

Одной из основных проблем является высокая стоимость новых аккумуляторов. Новые технологии требуют значительных инвестиций на стадии исследований и разработки, а также на стадии производства. Это делает новые аккумуляторы дорогими как для производителей, так и для потребителей.

Одной из главных проблем новых аккумуляторов также является их безопасность. Некоторые новые технологии, такие как литий-ионные аккумуляторы, могут подвергаться тепловому реагированию и потенциально вызывать пожары или даже взрывы в случае неправильного использования или несоответствующих условий эксплуатации.

### Заключение

Исследование новых технологий аккумуляторов является важной задачей, которая позволяет создать более эффективные и устойчивые источники энергии. Новые технологии, такие как литиевые батареи, графеновые аккумуляторы и суперконденсаторы, обладают улучшенными характеристиками, которые могут изменить наш подход к хранению энергии. Однако эти технологии также требуют дальнейшей разработки и исследования, чтобы стать коммерчески доступными и конкурентоспособными на рынке.

Однако внедрение новых технологий аккумуляторов сопровождается рядом проблем, включая высокую стоимость, проблемы безопасности и ограниченные ресурсы материалов. Несмотря на эти проблемы, инновации в области аккумуляторных технологий имеют огромный потенциал для различных отраслей экономики и экологии, и поэтому исследования и разработки в этой области имеют важное значение и должны продолжаться.

### Список источников

1. Графеновые батареи: что это такое и почему за ними будущее? URL: <https://rozetked.me/articles/15080-grafenovye-batarei-chto-eto-takoe-i-pochemu-za-nimi-buduschee> (дата обращения: 28.03.2024).

2. Михайлюкова М. Ю., Федорин Е. А., Меньшова И. И. Литий-ионные аккумуляторы нового поколения с использованием тонкопленочных кремниевых электродов // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 6 (229). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/litij-ionnye-akkumulyatory-novogo-pokoleniya-s-ispolzovaniem-tonkoplyonochnyh-kremnievyh-elektrodov> (дата обращения: 28.03.2024).

3. Абдуллин С. М., Алтынбаева Э. Р. Аккумуляторные батареи и их дальнейшее развитие // Научный альманах. 2019. № 1–3 (51). С.10–12.

УДК 620.92

**Д. Д. Савельев**

ученик 10-го класса школы № 693

**О. С. Лиджиев** – студент кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

## **О РАЗВИТИИ ГИБРИДНЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

### **Введение**

С каждым годом человечество сталкивается с необходимостью перехода к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии. В условиях исчерпаемости традиционных источников, а также угрозы изменения климата, развитие гибридных и альтернативных источников энергии становится неотъемлемой частью стратегии энергетической безопасности многих стран. Этот направленный курс требует совокупности технологических, экономических и политических усилий для успешного осуществления перехода к устойчивой энергетике.

В данной статье будут рассмотрены ключевые аспекты развития гибридных и альтернативных источников энергии, их преимущества, вызовы и перспективы в контексте современной энергетической политики и технологического прогресса.

### **Определение гибридных и альтернативных источников энергии**

Гибридные и альтернативные источники энергии представляют собой разнообразные источники энергии, которые отличаются от традиционных, таких как уголь, нефть и природный газ. Гибридные системы объединяют в себе два или более различных источника энергии, чтобы обеспечить более стабильное и надежное энергоснабжение.

Альтернативные источники энергии, в свою очередь, представляют собой возобновляемые источники, такие как солнечная, ветровая, гидроэнергия, биоэнергия, геотермальная и морская энергия, которые используются вместо традиционных источников с целью снижения вредных воздействий на окружающую среду и уменьшения зависимости от нестабильных ресурсов.

### **Основные типы гибридных и альтернативных источников энергии**

#### *Солнечная энергия*

Фотоэлектрические системы: преобразуют солнечный свет непосредственно в электричество с использованием солнечных панелей.

Термосолнечные системы: используют солнечную энергию для нагрева воды или других теплоносителей.

#### *Ветряная энергия*

Ветряные турбины: преобразуют кинетическую энергию ветра в механическую энергию, которая затем преобразуется в электричество.

#### *Гидроэнергия*

Гидроэлектростанции: используют энергию потока или падения воды для приведения в движение турбин, которые производят электричество.

#### *Биоэнергия*

Биомасса, такая как древесина, сжигаемая для производства тепла и электроэнергии.

Биогаз, получаемый из биологического разложения органических отходов, который может быть использован для производства электроэнергии или как топливо для автомобилей.

#### *Примеры успешного использования гибридных и альтернативных источников энергии*

Гибридные солнечно-ветряные системы: в регионах с высоким потенциалом как солнечной, так и ветровой энергии, такие системы успешно сочетают в себе оба источника. Например, в некоторых районах Индии и Африки развернуты гибридные солнечно-ветряные системы для обеспечения электроэнергией удаленных сельских областей.

Гидроэнергетические системы с использованием солнечной энергии: в некоторых регионах, где доступ к проточным водным ресурсам ограничен, солнечные панели используются для питания насосов и другого оборудования для создания искусственного потока воды, что повышает эффективность гидроэнергетических систем.



*Рис. 1. Использование солнечной энергии для генерации энергии в деревне в Африке*



*Рис. 2. Богучанская ГЭС в Красноярском крае*

Биомассовые когенерационные установки: в различных частях мира биомассовые когенерационные установки успешно используются для одновременного производства электроэнергии и тепла. Например, в скандинавских странах и в некоторых регионах Северной Америки множество заводов используют отходы лесопромышленности и сельского хозяйства для генерации энергии.

### **Технологический прогресс и инновации**

Технологический прогресс и инновации играют ключевую роль в развитии гибридных и альтернативных источников энергии, обеспечивая повышение эффективности, снижение стоимости и расширение возможностей использования этих источников.

*Некоторые из последних технологических достижений и инноваций в этой области*

Улучшенные солнечные технологии: в последние годы значительно продвинулись технологии солнечных батарей. Это включает в себя разработку более эффективных фотоэлементов, таких как перовскитовые солнечные элементы, а также инновационные подходы к сбору и хранению солнечной энергии, такие как концентрирующие системы и батареи на основе литий-ионных и других химических составов.

Развитие ветроэнергетики: новые концепции ветряных турбин, включая более крупные и эффективные модели, а также улучшенные системы управления и мониторинга, позволяют увеличить производство электроэнергии и снизить затраты на установку и обслуживание ветряных ферм.

Хранение энергии: разработка и внедрение инновационных систем хранения энергии, таких как различные виды аккумуляторов, теплоаккумуляторы, гидрогенераторы и системы управления энергопотреблением, играют важную роль в обеспечении стабильности и гибкости работы гибридных и альтернативных источников энергии.

Интеграция сетей и умные сети: развитие технологий умных сетей (Smart Grids) позволяет эффективно интегрировать различные источники энергии, управлять спросом и предложением энергии, а также повышать надежность и стабильность энергосистемы.

Биоэнергетика и биотопливо: новые технологии для производства биотоплива из различных биомассовых источников, включая микроорганизмы, водоросли и отходы сельского хозяйства, способствуют расширению возможностей использования биоэнергии как альтернативного источника.

Эти технологические инновации содействуют повышению конкурентоспособности гибридных и альтернативных источников энергии, делая их более доступными и привлекательными для широкого круга пользователей и инвесторов.

### Преимущества гибридных и альтернативных источников энергии

Экологические преимущества: снижение выбросов парниковых газов: Гибридные и альтернативные источники энергии, основанные на возобновляемых ресурсах, таких как солнечная, ветровая и гидроэнергия, позволяют сократить выбросы углекислого газа и других вредных веществ, снижая негативное воздействие на климат и окружающую среду.

Меньшее загрязнение воздуха: использование альтернативных источников энергии уменьшает загрязнение воздуха, поскольку они не производят токсичных выбросов, характерных для традиционных источников энергии, таких как уголь и нефть.

Экономические выгоды: снижение затрат на энергию: гибридные и альтернативные источники энергии обычно имеют более низкие операционные затраты по сравнению с традиционными источниками, так как они основаны на бесплатных или дешевых возобновляемых ресурсах.

Создание рабочих мест и стимулирование экономики: развитие отрасли возобновляемой энергетики способствует созданию новых рабочих мест в сфере производства, инжиниринга, инноваций и обслуживания, что способствует экономическому росту и развитию.

### Выводы

В заключение развитие гибридных и альтернативных источников энергии играет ключевую роль в формировании энергетического будущего планеты. Переход к устойчивой энергетике не только поможет бороться с изменением климата и сокращать выбросы парниковых газов, но и стимулирует инновации, экономический рост и создание рабочих мест.

### Список источников

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии. М.: Наука и техника, 2011.
2. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Кнорус, 2017.
3. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб. пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2015. 128 с.
4. Бернштейн Л. Б. Приливные электростанции в современной энергетике. М.: Энергия, 2003.
5. Григораш О. В., Кривошей А. А., Смык В. В. Автономные гибридные электростанции / Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Тубилина. Краснодар, 2016.
6. Розите В., Миллер Д. Почему искусственный интеллект и энергетика – новая властная пара. URL: <https://www.iea.org/commentaries/why-ai-and-energy-are-the-new-power-couple> (дата обращения: 02.11.2023).

УДК 62-523.2

**А. Д. Садыков**

ученик 9-го класса ГБОУ «Морская школа»

**А. М. Рулев** – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

## **ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ОБЗОР И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКЕ**

В настоящее время наблюдается тенденция к замещению традиционных гидравлических и пневматических приводов электроприводами. Так, к преимуществам авиационных электроприводов в сравнении с гидроприводами относят [1]:

- удобство в передачи электроэнергии к месту потребления;
- простоту управления и автоматизации процесса управления;
- простоту эксплуатации и, в частности, упрощение монтажно-ремонтных работ;
- использование одного вида энергии как для силового преобразователя, так и для систем управления;
- более высокий КПД.

В связи с данным обстоятельством разработки в области электроприводов становятся все более востребованными и распространенными. В особенности это относится к летательным аппаратам и космическим объектам, условия эксплуатации и принцип действия которых предъявляет высокие требования к массогабаритным показателям, энергоэффективности и простоте процесса управления.

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы выполнить обзор различных электроприводов, в настоящее время используемых в летательных аппаратах и космических объектах, а также определить степень актуальности электроприводов по сравнению с другими типами приводов.

### **Электроприводы в авиации**

Среди электроприводов, применяемых в летательных аппаратах (ЛА), прежде всего, следует отметить электрические рулевые приводы (РП) самолетов, как наиболее важный и необходимый элемент ЛА [2]. РП используется для управления различными аэродинамическими поверхностями самолета (рулями, стабилизаторами, механизацией крыла), обеспечивающими полет ЛА по требуемой траектории. Электрический РП имеет ряд преимуществ по сравнению с приводами других типов: отличные динамические характеристики, высокий КПД, простота монтажа, относительно низкая стоимость. РП относится к следящим электроприводам со слежением по углу поворота рабочего органа. Пример такого электропривода, рулевой привод ПР-172, изображен на рис. 1 [3].



*Рис. 1. Рулевой привод ПР-172*

Данный электропривод состоит из электродвигателя постоянного тока, редуктора, шариковинтовой передачи, а также потенциометра, который играет роль датчика угла. При подаче сигнала с си-

стемы управления электропривод ПР-172 перемещает рулевую поверхность на заданный угол, обеспечивая требуемое быстродействие и заданную точность, а также позволяет парировать внешние возмущения за счет обратной связи.

Пример применения электропривода со стабилизацией скорости вращения приведен в работе [4], где описан принцип работы электропривода насоса топливной системы газотурбинного двигателя ЛА. В составе системы используется вентильный электродвигатель с постоянными магнитами, что позволяет сократить массогабаритные показатели всей системы. Электропривод управляет скоростью подачи топлива путем изменения частоты вращения вала. Для получения информации о частоте вращения ротора используется датчик тока, сигнал с которого по обратной связи поступает на микроконтроллер, который управляет двигателем при помощи широтно-импульсной модуляции. Внешний вид рассматриваемого электропривода, ЭП-25, изображен на рис. 2.



Рис. 2. Электропривод ЭП-25 со стабилизацией скорости вращения

### Электроприводы в космонавтике

Одной из самых важных служебных систем современного космического аппарата (КА) является система управления движением [5]. Эта система отвечает за правильную ориентацию КА в заданном направлении. Еще одна немаловажная задача, которую решает данная система, заключается в том, чтобы обеспечить устойчивое движение аппарата при наличии различных возмущающих воздействий, которые стремятся отклонить КА от заданного положения. При этом управление движением КА должно происходить непрерывно и в течение нескольких лет.

В составе таких систем применяются два типа электромеханических исполнительных устройств: управляющие двигатели маховики и силовые гироскопы (гиродины) [6]. Главное преимущество гиродина по сравнению с маховиками заключается в высокой точности по сравнению с двигателями маховиками. При этом гиродин более сложен при проектировании. Однако несмотря на этот недостаток гиродина в настоящее время более широко используются для решения задач ориентации и стабилизации КА [7].

Пример гиродина с электроприводом, силовой гироскопический комплекс СКГ-100, изображен на рис. 3.

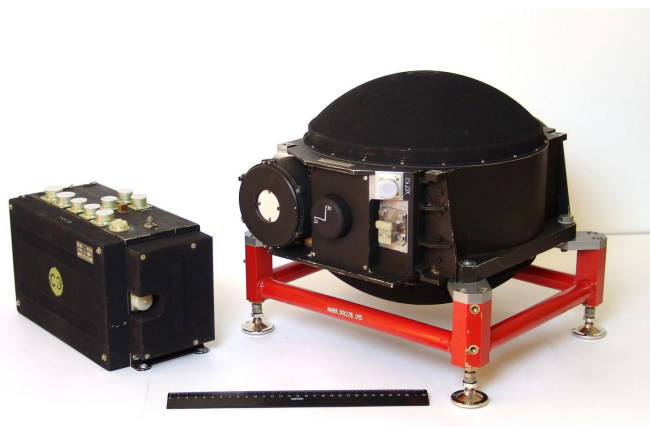


Рис. 3. Силовой гироскоп СКГ-100

В данной системе для обеспечения требуемой динамики гироскопа и точности угловой скорости вращения его подвеса используется электропривод с обратной связью по углу поворота оси гироскопа, что позволяет корректировать направление вектора его кинетического момента.

### Выводы

Таким образом, рассмотрены различные примеры использования электроприводов в авиации и космонавтике. Анализ источников показал, что электроприводы действительно имеют ряд преимуществ перед другими типами приводов (пневматические, гидравлические и т. п.), благодаря чему широко распространены и применяются в летательных аппаратах и космической технике для решения различных задач: от управления механизацией крыла до стабилизации массивных космических аппаратов в условиях невесомости.

### Список источников

1. Киселев М. А. Электроприводы управления аэродинамическими поверхностями летательных аппаратов // Вестник московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 2. С. 141–148.
2. Эльсессер Г. П. Анализ механических передач электрических рулевых приводов применительно к задаче проектирования малогабаритного летательного аппарата // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. Вып. 11. С. 412–416.
3. Привод рулевых поверхностей маневренных летательных аппаратов ПР-172. URL: [https://www.aeroem.ru/catalog/elektromexanizmyi-i-elektroprivodyi/elektromexanizmyi-\(elektroprivodyi\)-dlya-upravleniya-\(peremeshheniya\)-aerodinamicheskix-poverxnostej-la/privod-rulevyix-poverxnostej-manevrennyix-letatelnyix-apparatov-pr-172.html](https://www.aeroem.ru/catalog/elektromexanizmyi-i-elektroprivodyi/elektromexanizmyi-(elektroprivodyi)-dlya-upravleniya-(peremeshheniya)-aerodinamicheskix-poverxnostej-la/privod-rulevyix-poverxnostej-manevrennyix-letatelnyix-apparatov-pr-172.html) (дата обращения: 20.03.2024).
4. Гуревич О. С. Особенности построения электропривода с 5-кратной перегрузкой по току для топливного насоса газотурбинного двигателя // Материалы II Всероссийской конф. по электрическим машинам в рамках Междунар. научно-практ. конф. Уфа, 2023. Т. 2. С. 24–35.
5. Положенцев Д. С. Проектирование исполнительного электропривода силового гироскопического комплекса с повышенными требованиями по обеспечению заданных скоростей вращения // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2020. Т. 19. № 3. С. 31–38.
6. Епатов А. С. Обзор современных гиродинов // Решетневские чтения. 2021. С. 291–292.
7. Углова А. О. Оценка преимуществ использования гиродинов в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019. Т. 2. С. 601–603.



УДК 004.896

**М. М. Саидов**

ученик 9-го класса ГБОУ школы № 492

**М. В. Захарова, О. С. Киселев** – студенты кафедры управления в технических системах – научные руководители

### РАСТУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Робототехника (РТ) играет все более значительную роль в современном обществе и оказывает влияние на различные аспекты нашей жизни [1]. Раньше роботы встречались в примитивном виде, книгах, после в промышленности, теперь же их можно встретить в медицине, сфере обслуживания, при обучении и в быту. Давайте рассмотрим возрастание значения РТ в вышеупомянутых отраслях.

**Промышленная автоматизация:** роботизированные системы все чаще используются в производственных линиях для выполнения рутинных операций, увеличивая производительность, снижая затраты и улучшая качество продукции. Роботы становятся важным звеном в индустрии 4.0, обеспечивая эффективное функционирование современных заводов.

**Медицинская робототехника:** роботы уже успешно применяются в хирургии, помогая хирургам проводить сложные операции с высокой точностью и минимальным вмешательством. Такие технологии способствуют улучшению результатов лечения пациентов и снижению рисков.

**Сфера обслуживания:** в ресторанах, отелях и магазинах все чаще встречаются роботы-помощники, способные обслуживать клиентов, принимать заказы и выполнять другие задачи. Не обошли роботы и уборку улиц и домов, не говоря уже и об их участии в развлечениях. Это не только повышает эффективность обслуживания, но и добавляет интереса и инноваций в потребительскую сферу.

**Образование и наука:** РТ становится важной частью образовательных программ, помогая студентам развивать навыки через разные задачи и симуляторы [2]. Роботы также применяются в научных исследованиях, помогая ученым решать сложные задачи и делать новые открытия.

**Бытовая автоматизация:** умные дома со встроенными роботизированными системами становятся все более популярными, обеспечивая удобство, безопасность и энергоэффективность. Роботы-пылесосы, умные устройства для ухода за растениями и другие инновации упрощают повседневные задачи и делают жизнь людей комфортнее.

Цифры также говорят нам о повышении значения робототехники в жизни. Так, за 2017–2022 годы по Азии ежегодно устанавливалось все больше и больше промышленных роботов [3]. А на 9 августа 2023 года по оценкам самих российских предприятий высокий уровень автоматизации имеют 15,8 %, средний – 36,8 % и низкий – 47,4 % [4].

РТ продолжает эволюционировать и находить новые области применения в современном обществе. И если ранее роботы и системы выполняли только повторяющиеся рутинные задачи по программе, то сейчас их уровень достиг новых вершин, позволяя взаимодействовать с нами, общаясь на своем машинном языке, понимать наши жесты и эмоции. На сегодня ранее, считавшееся фантастикой и только мечтами, становится неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, повышая ее эффективность, удобство и комфорт.

### Заключение

Сейчас робототехника является неотъемлемой частью современного общества, и ее значение будет только расти. Она помогает изменять в лучшую сторону нашу жизнь, делая ее легче и безопасней. Важно развивать эту область, ведь с ростом развития будет расти и польза. Но не стоит забывать и о подводных камнях всякого прогресса, ведь уже сейчас современные технологии постепенно объединяют людей и умные машины в одну большую социально-аппаратную сеть. А это значит, что по мере того как наш мир будет наполняться роботами, навыки общения с ними могут стать не менее полезными чем навыки общения с людьми.

**Список источников**

1. *Никифоров П. В.* История развития и современное состояние робототехники // Вестник науки. 2019. № 1 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-i-sovremennoe-sostoyanie-robototekhniki> (дата обращения: 28.02.2024).
2. Керт. Краткий обзор российского рынка робототехники. 2023. 32 с.
3. Использование промышленных роботов: обзор рынка робототехники в России и мире // Delovoy profil 28.12.2020. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ispolzovanie-promyshlennykh-robotov-obzor-rynka-robototekhniki-v-rossii-i-mire> (дата обращения: 15.03.2024).
4. Промышленные роботы в России // TADVISER 26.10.2023. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B\\_%D0%B2\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8) (дата обращения: 10.03.2024).

УДК 621.313.5

**М. А. Санихина**

магистрант кафедры управление в технических системах

**Р. Ш. Еникеев** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО НАСОСА ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ

### Аббревиатуры

МГД-насос – магнитогиродинамический насос

АС – Alternating Current – переменный ток

DC – Direct Current – постоянный ток

### Введение

Магнитогиродинамические (МГД) насосы представляют собой инновационные устройства, применяемые для эффективной перекачки жидкостей под воздействием магнитного поля. В данной статье рассмотрим расчеты и проектирование МГД-насоса, специально предназначенного для перекачивания жидкого металла в реактивной установке.

### Принцип действия МГД-насосов

Магнитогиродинамические (МГД) насосы представляют собой устройства, использующие принцип взаимодействия магнитного поля и электрического тока с проводящей жидкостью. Они могут быть особенно полезны в условиях, где механические насосы неэффективны или неудобны.

Процесс начинается с создания магнитного поля вдоль направления, в котором предполагается перемещение жидкости. Затем проводящая жидкость, например, расплавленный металл, пропускается через это магнитное поле. Под действием внешнего электрического тока, проходящего через жидкость, возникает сила Лоренца. Эта сила направлена перпендикулярно и как бы крест-накрест магнитному полю и току.

Сила Лоренца вызывает движение проводящей жидкости в направлении, перпендикулярном как току, так и магнитному полю. Это движение, или поток, создает силу, переносящую жидкость вдоль предполагаемого направления. Таким образом, МГД-насосы не имеют движущихся частей, таких как лопасти или винты, что делает их менее подверженными износу и более надежными.

Этот принцип находит применение в различных областях, таких как металлургия, энергетика и даже в космических полетах, где требуется бесконтактная, эффективная перекачка жидкости.

### Классификация МГД-насосов

Магнитогиродинамические насосы могут быть классифицированы по нескольким основным критериям.

*По типу тока:*

- непрерывные (DC): используют постоянный электрический ток;
- переменные (AC): работают на переменном токе.

*По конфигурации магнитного поля:*

- прямая поляризация: магнитное поле направлено вдоль потока жидкости;
- поперечная поляризация: магнитное поле направлено поперек потока.

*По конструкции:*

- каналные (duct-type): жидкость прокачивается через каналы, где действует магнитное поле;
- цилиндрические (pipe-type): жидкость прокачивается по трубе, окруженной магнитным полем.

*По назначению:*

- промышленные МГД-насосы: применяются в промышленности для перекачки металлических расплавов и других проводящих жидкостей;
- космические МГД-насосы: используются в космических аппаратах для управления жидкостными потоками без механических двигателей.

Каждый тип МГД-насоса имеет свои преимущества и ограничения, что позволяет выбирать подходящий в зависимости от конкретных требований приложения.

### **Этапы создания МГД-насоса, специально предназначенного для перекачивания жидкого металла в реактивной установке**

Первоначальный этап в разработке МГД-насоса – определение технических параметров, таких как вязкость и электропроводность жидкого металла. Эти характеристики существенно влияют на эффективность и производительность насоса.

Магнитная система: определение оптимальной магнитной системы является ключевым шагом. Расчеты включают в себя выбор силы магнитного поля, ориентации магнитов и геометрии магнитной системы, чтобы обеспечить максимальную эффективность в условиях реактивной установки.

Гидродинамический расчет: учитывая особенности жидкого металла, гидродинамический расчет направлен на определение оптимальной формы насоса, включая диаметр и форму рабочего канала. Это также включает в себя анализ течения жидкости под воздействием магнитного поля.

Теплообмен и охлаждение: поскольку реактивная установка может сопровождаться высокими температурами, важно учесть теплообмен и разработать эффективную систему охлаждения для предотвращения перегрева насоса и обеспечения стабильной работы.

Электрическая часть: проектирование электрической системы включает в себя выбор подходящего источника питания, создание магнитного поля и обеспечение стабильного электрического соединения с насосом.

Тестирование и оптимизация: после завершения проектирования проводятся тесты прототипа для проверки эффективности и точности расчетов. В случае необходимости вносятся коррективы для оптимизации работы МГД-насоса.

Управление и мониторинг: разработка эффективной системы управления неотъемлемо для обеспечения стабильной работы МГД-насоса. Внедрение автоматизированных систем мониторинга, которые отслеживают ключевые параметры, такие как температура, давление и эффективность, позволяет операторам оперативно реагировать на изменения в работе установки.

Устойчивость и безопасность: важным аспектом является обеспечение устойчивости насоса в условиях переменных нагрузок и возможность предотвращения чрезвычайных ситуаций. Анализ безопасности включает в себя оценку рисков и разработку мер по предотвращению потенциальных аварий.

Экономическая оценка: проект должен включать в себя анализ экономической целесообразности внедрения МГД-насоса в реактивную установку. Это включает в себя расчет затрат на производство, эксплуатацию и обслуживание, а также оценку экономических выгод и сроков окупаемости проекта.

Перспективы и применение: обсуждение потенциальных областей применения МГД-насоса в других сферах промышленности или технологических процессах. Рассмотрение перспектив развития данной технологии и возможных улучшений для будущих модификаций.

### **Заключение**

Расчет и проектирование МГД-насоса представляют собой сложный инженерный процесс, требующий интеграции знаний из различных областей. Эффективная работа насоса в реактивной установке не только повышает производительность, но и открывает новые возможности в области передовых технологий. Постоянное совершенствование и инновации в этой области могут играть ключевую роль в развитии промышленности и науки.

### **Список источников**

1. *Кирко И. М., Кирко Г. Е.* Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем. М.; Ижевск, 2009. 632 с.
2. *Смолин Г. К., Федорова С. В.* МГД-насос-дозатор. Екатеринбург, 2003. 129 с.
3. *Тимофеев В. Н., Головенко Е. А., Кузнецова Е. В.* Применение МГД устройств в металлургии: учеб. пособие по самостоятельной работе. Красноярск, 2007.

УДК 621.313.13

**И. П. Северилов**

ученик 9-го класса ГБОУ «СОШ № 507»

**Д. Д. Смолянинов** – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель**А. А. Черпашков** – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

Электрический двигатель – электрическая машина, которая преобразует электрическую энергию в механическую. Его работа основана на явлении электромагнитной индукции. Когда напряжение подается на якорную обмотку, в ней возникает электрический ток, создающий магнитное поле ротора. Оно взаимодействует с основным магнитным полем статора, при этом возникает электромагнитный момент, который и приводит в движение ротор [1].

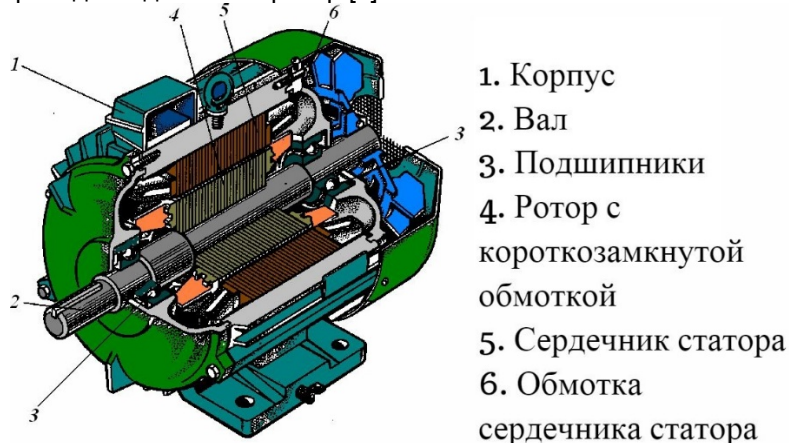
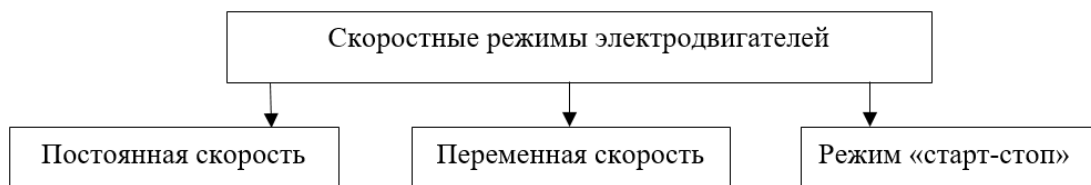


Рис. 1. Асинхронный электродвигатель в разрезе

Современные электрические двигатели широко распространены и находят применение в различных областях. Их популярность обусловлена несколькими факторами:

- удобство хранения, передачи и преобразования электрической энергии;
- высокий КПД преобразования;
- простота в управлении;
- относительная дешевизна производства и эксплуатации [2].

Последние тенденции развития систем позиционирования двигателей можно классифицировать по их скоростным режимам.



Для увеличения максимальной мощности электродвигателей инженеры прибегают к использованию электронных приводов, повышающих эффективность и обеспечивающих более широкий диапазон изменения скорости их вращения.

На сегодняшний день широко распространено использование индукционных электрических двигателей, электрических двигателей с переменным или переключаемым магнитным сопротивлением, а также бесщеточных синхронных электрических двигателей с постоянным магнитом. Иногда при создании нового двигателя задействуются все три технологии для достижения необходимых характеристик.

Бесщеточные синхронные электрические двигатели с постоянным магнитом (PMSM) представляют собой современные эффективные двигатели, используемые в широком спектре приложений. Их магниты размещаются на цилиндрической поверхности ротора. Новейшие тенденции в развитии систем позиционирования связаны с созданием IPM-конфигураций, в которых постоянные магниты размещаются во внутренних и скрытых цилиндрических перекаладинах. Данные конфигурации имеют ряд преимуществ для прецизионных систем позиционирования:

- увеличение крутящего момента;
- уменьшение габаритов;
- уменьшение массы.

Сервоприводы с IPM-конфигурацией находят применение в станках, манипуляторах и различных полупроводниковых устройствах.

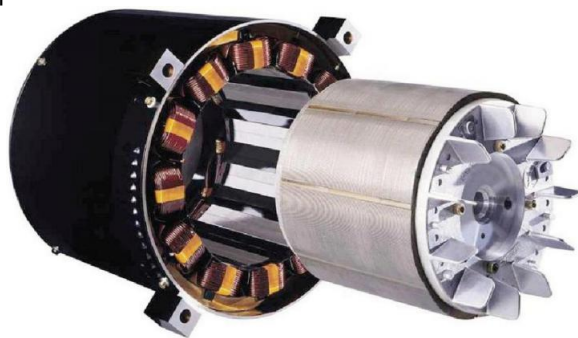


Рис. 2. Бесколлекторный синхронный электродвигатель

Технология PMSM находит применение среди электротранспорта. Примеры систем с новым расположением магнитов включают PMSM с аксиальным и поперечным потоками. Двигатель PMSM с аксиальным потоком, обладающий уникальной формой в виде диска, имеет преимущество перед традиционными PMSM цилиндрической формы с радиальным потоком, поскольку развивает больший крутящий момент на валу. Кроме того, электродвигатели с аксиальным потоком позволяют отказаться от применения в конструкции привода редукторов. Это достигается благодаря большому крутящему моменту и низкой осевой скорости на выходном валу, что также повышает надежность электропривода и снижает его конечную себестоимость. Повышенный интерес к гибриднему или электрическому транспорту способствует все более частому задействованию электрических двигателей именно с аксиальным потоком.

Из перспективных векторов разработок также стоит упомянуть электрические цилиндрические двигатели с радиальным потоком. Их особенность заключается в объединении технологии двигателей с постоянным магнитом (PM) и переменным магнитным сопротивлением (VR), а также индукционные двигатели переменного тока с постоянным магнитом (PM). В качестве одного из примеров подобного объединения технологий можно рассмотреть ParallelPath Magnetic Technology (PPMT) от компании QM Power. Данная инновационная технология позволяет увеличить магнитную силу на 300 %. Это приводит к росту плотности мощности на 30 %, а также повышает пиковую эффективность работы двигателя [3].

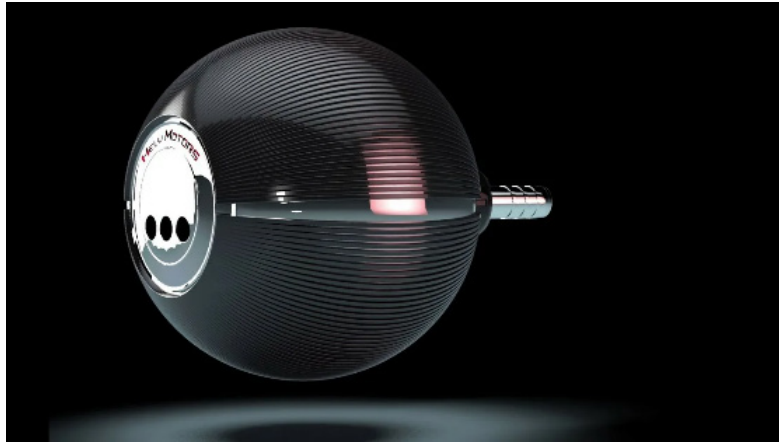


Рис. 3. Электродвигатель с радиальным потоком

Другой перспективный тип двигателей – двигатели с поперечным потоком, которые обладают высокими силовыми плотностями. Эти машины представляют собой существенное новшество в области прямых приводов, обеспечивая выполнение требований по малым размерам и массе при высокой плотности момента на низких скоростях. Сам принцип машин с поперечным потоком был разработан в начале XX века, однако практическое использование началось только несколько десятилетий назад. Наличие интеллектуальных преобразователей энергии в настоящее время позволяет расширить область применения этих машин для регулирования скорости и колебаний энергии.

Типичная особенность машин с поперечным потоком – наличие цепи магнитного потока, где поток поперечен плоскости вращения и обмотке в статоре, в которой направление тока аналогично движению ротора. Использование новых магнитных материалов и инновационный дизайн цепи потока приводит к очень высококачественным машинам с плотностью рассеиваемой мощности в 3–5 раз выше, чем у аналогичных машин постоянного тока, синхронных или индукционных [4].

В рамках мирового развития электромобилей усиливается спрос на электрические двигатели с высоким КПД и надежной конструкцией. В данной области запатентован высокопроизводительный электродвигатель компании Buddha Energy Inc. с уникальной формой в виде шара, обеспечивающей высокий крутящий момент при минимальных потерях магнитного поля.



*Рис. 4. Электродвигатель HELV*

На стендовых испытаниях установлено, что двигатель массой 2,8 кг и диаметром 119 мм способен развивать силу на валу до 80 Нм, несмотря на то, что контроллер для управления на данный момент рассчитан только на 6 кВт.

При подаче 60 вольт и тока 100 ампер электродвигатель демонстрирует статический крутящий момент в 80 Н·м при частоте вращения 3900 об/мин. Предполагается возможное значительное увеличение мощности двигателя, поскольку в настоящее время компания работает над разработкой контроллера мощностью 22 кВт.

Особым вниманием компании HELV Motors уделяется уменьшению воздействия токов Фуко на металлические структуры электродвигателя, что в свою очередь снижает тепловые потери. Эта цель достигается с помощью использования статоров синхронных и асинхронных электродвигателей, состоящих из изолированных друг от друга тонких пластин из железа. HELV Motors реализовала особую концепцию корпуса статора из композиционных материалов, что значительно снижает вес и тепловые потери от токов Фуко. В электродвигателях HELV Motors не применяются традиционные металлические сердечники, что позволяет значительно уменьшить вес без ущерба для мощности. Это особо актуально для применения в квадрокоптерах и вертолетах. Путем использования специального корпуса диамагнитного статора магнитные поля ротора и катушек максимально концентрируются внутри двигателя, что обеспечивает высокую мощность при минимальном энергопотреблении. В этом подходе композиционный статор легко формируется без использования дорогостоящего металлообрабатывающего оборудования, что дополнительно понижает цену готового электродвигателя.

Изготовленный таким образом статор позволяет устанавливать двигатель как вертикально, так и горизонтально. К другим преимуществам электродвигателей HELV следует отнести: компактные раз-

меры и низкий вес; высокий крутящий момент сразу же после запуска двигателя; возможность восстановления энергии; работа без вреда для экологии; минимальное количество подвижных деталей, подверженных частому выходу из строя; отсутствие необходимости присутствия в автомобильной коробке передач [5].

Таким образом, даже при многолетнем использовании электродвигателей, инженерам удастся находить новые пути усовершенствования технологии для повышения ее эффективности.

### Список источников

1. Электродвигатель. Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/elektrodvigatel-08d27c> (дата обращения: 28.03.2024).
2. Роль электродвигателей в современном обществе. URL: <https://v-tagile.ru/obschestvo-iyun-2023/rol-elektrodvigatelej-v-sovremennom-mire> (дата обращения: 29.03.2024).
3. Новые технологические разработки электродвигателей. URL: [http://elektrovar21.ru/news/novye\\_tekhnologicheskie\\_razrabotki\\_ehlektrodvigatelej/2020-09-07-201](http://elektrovar21.ru/news/novye_tekhnologicheskie_razrabotki_ehlektrodvigatelej/2020-09-07-201) (дата обращения: 27.03.2024).
4. Вернер У., Шуттлер Й., Орлик Б. Управление скоростью и моментом двигателей с поперечным потоком возбуждения от постоянных магнитов с прямой передачей в сервоприводах. URL: [https://masters.donntu.ru/2009/eltf/vasutinsky/library/Article\\_7.htm](https://masters.donntu.ru/2009/eltf/vasutinsky/library/Article_7.htm) (дата обращения: 27.03.2024).
5. Новый прорыв в создании двигателей для электромобилей. URL: <https://naukatehnika.com/novyij-dvigatelej-dlya-elektromobilej.html> (дата обращения: 28.03.2024).



УДК 004

**Д. Р. Семейко**

ученик 9-го класса школы № 693

**С. И. Котов, А. А. Афсахзод** – студенты кафедры управления в технических системах – научные руководители

## **ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT). УЯЗВИМОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ В IOT**

### **Введение**

В последние годы интернет вещей (IoT) стал неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. От умных домов и умных городов до промышленных систем и здравоохранения, IoT устройства играют важную роль в обеспечении связи и обмене данными между различными устройствами. С ростом числа подключенных устройств, возникают новые угрозы и уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками для несанкционированного доступа к данным или нарушения работы системы. Одной из ключевых составляющих безопасности IoT является защита каналов связи между устройствами. Протоколы безопасности играют важную роль в обеспечении конфиденциальности, целостности и аутентификации данных, передаваемых по сети IoT. Они также обеспечивают защиту от атак, таких как подслушивание, подмена данных или внедрение вредоносного кода. Существует несколько уязвимостей и угроз, которые могут быть использованы для нарушения безопасности каналов связи в IoT системах. В данной статье рассматриваются различные протоколы, используемые для защиты каналов связи в IoT системах, а также их основные характеристики, преимущества и недостатки, и способы устранения уязвимостей и обеспечения безопасности.

### **Принцип работы интернета вещей**

Интернет вещей (IoT) – это система взаимосвязанных вычислительных устройств, которые могут собирать и передавать данные по беспроводной сети без участия человека [1]. Эта концепция рассматривает организацию сетей, где физические объекты («вещи») обмениваются данными между собой или с внешней средой.

Интернет вещей может включать в себя разнообразные устройства: от автомобилей с встроенными датчиками до импланта для мониторинга здоровья. Это явление перестраивает экономические и общественные процессы, делая нашу жизнь более удобной и эффективной.

### **Риски интернета вещей (IoT)**

Интернет вещей (IoT) предоставляет множество возможностей, но также сопряжен с рисками безопасности. Устройства IoT могут быть подвержены взлому, особенно если они не обновляются или используют слабые пароли. Злоумышленники могут получить контроль над устройствами и использовать их для шантажа, вымогательства или шпионажа.

Некорректное управление устройствами IoT может повлечь за собой физические последствия. Например, взломанный умный дом может отключить системы безопасности или даже управлять электроникой в доме [2]. Устройства IoT могут стать точками входа для атак на сеть. Если злоумышленник получит доступ к устройству, он может использовать его для атак на другие устройства или сети (DDoS) [3].

Гейтвеи (шлюзы) играют важную роль в IoT-сетях [4]. Он защищает данные, полученные от датчиков, и обеспечивает безопасную передачу сообщений. Системы мониторинга и управления позволяют обнаруживать активность вирусов, атаки и несанкционированный доступ. После анализа данных можно принимать соответствующие меры, например, отключать подозрительные устройства от сети.

Для защиты устройств IoT от угроз могут использоваться следующие методы: регулярное обновление программного обеспечения на устройствах; установка надежных паролей для устройств и Wi-

Fi сети помогает предотвратить несанкционированный доступ; шифрование данных, передаваемых между устройствами и облачными сервисами, обеспечивает конфиденциальность и целостность информации [5]; разделение сети на сегменты помогает изолировать уязвимые устройства и предотвращает распространение вредоносных программ; включение многофакторной аутентификации повышает безопасность доступа к устройствам; защита физического доступа к устройствам помогает предотвратить несанкционированный доступ.

Важно понимать, что безопасность IoT – это сложная задача, объединяющая виртуальный и физический мир. Однако с правильными мерами предосторожности и обновлениями устройств можно минимизировать риски и использовать преимущества IoT.

Для защиты каналов связи между устройствами и серверами используется шифрование. Протоколы IPsec, VPN, SSL и TLS обеспечивают безопасную передачу данных [6].

### **Обзор протоколов безопасности и их уязвимости**

Протокол Secure Sockets Layer (SSL), представляет собой зашифрованный протокол и обеспечивает аутентификацию, конфиденциальность и целостность данных, достигая этого путем шифрования трафика между клиентом и сервером.

Тем не менее у SSL также есть некоторые недостатки. Некоторым пользователям может быть сложно настроить SSL на своих серверах из-за сложности процесса установки и конфигурации сертификатов. Кроме того, SSL может вызывать некоторый негативный эффект на производительность, так как шифрование и дешифрование данных требуют дополнительных вычислительных ресурсов.

Также существуют способы устранения уязвимостей и обеспечения безопасности протокола SSL. Например, использование сильных и безопасных алгоритмов шифрования и установление дополнительных защитных механизмов, такие как системы обнаружения вторжений и межсетевые экраны.

Протокол Transport Layer Security (TLS) обеспечивает шифрование данных и аутентификацию между клиентом и сервером, защищая информацию от несанкционированного доступа и подделки.

Одним из преимуществ TLS является его широкое распространение и поддержка веб-браузерами, почтовыми клиентами и другими сетевыми приложениями. Благодаря этому TLS может быть легко реализован и использован на большинстве платформ и операционных систем. Еще одним преимуществом TLS является возможность использования различных алгоритмов шифрования, что позволяет настраивать уровень безопасности в соответствии с требованиями конкретной системы. TLS также поддерживает обмен ключами для установки безопасного соединения, что делает его более надежным.

TLS имеет некоторые недостатки. Например, он может потреблять большое количество ресурсов, особенно при обработке большого количества запросов. Это может привести к увеличению нагрузки на сервер и снижению производительности. Кроме того, настройка и обслуживание TLS может быть сложным для непрофессионалов, поскольку требуется правильная конфигурация и обновление сертификатов.

Для устранения уязвимостей и обеспечения безопасности протокола TLS существуют некоторые рекомендации и методы, такие как периодическое обновление сертификатов и настройка TLS на использование сильных шифров.

Протокол Datagram Transport Layer Security (DTLS) представляет собой сетевой протокол, основанный на протоколе Transport Layer Security (TLS) и предназначенный для обеспечения безопасной передачи данных на уровне транспортного протокола UDP.

Одним из основных преимуществ DTLS является его способность обеспечивать безопасную передачу данных в режиме реального времени, например, в видеоконференциях. Благодаря использованию TLS, DTLS обеспечивает конфиденциальность, целостность и подлинность передаваемых данных.

Некоторым недостатком протокола DTLS может иметь проблемы с пропускной способностью и надежностью доставки данных при неблагоприятных сетевых условиях, таких как потери пакетов или высокая задержка.

Для устранения уязвимостей и обеспечения безопасности DTLS существуют несколько способов. Необходимо правильно конфигурировать и настраивать сервер и клиента для DTLS, включая ис-

пользование сильных шифров и закрытых ключей. Также рекомендуется использовать подпись и аутентификацию сертификатов для проверки подлинности сторон, фильтрацию трафика, мониторинг сетевой активности и использование систем обнаружения вторжений (IDS).

Протокол Internet Protocol Security (IPsec) предоставляет шифрование и аутентификацию для передачи данных через IP-сети, защищая их от несанкционированного доступа и повышая надежность коммуникаций.

Одним из основных преимуществ IPsec является его универсальность. Он независим от протоколов транспортного уровня и может быть использован с любыми видами IP-соединений, включая виртуальные частные сети (VPN), удаленные доступы и точки-точки соединения. Это делает IPsec идеальным решением для обеспечения безопасности коммуникаций в различных сетевых сценариях.

Но, как и любая технология, IPsec также имеет некоторые недостатки: настройка и управление IPsec может быть сложным процессом, требующим определенных знаний и навыков. Еще одним недостатком IPsec является потенциальная уязвимость к некоторым атакам. Например, атаки типа «человек посередине» (man-in-the-middle) или атаки на протоколы аутентификации могут нарушить безопасность соединения, если IPsec неправильно настроен или используется уязвимая версия протокола.

Для устранения уязвимостей IPsec необходимо использовать дополнительные средства безопасности, таких как сетевые экраны и системы обнаружения вторжений (IDS). Эти инструменты позволяют отслеживать и предотвращать атаки, которые могут обойти IPsec.

Протокол VIPNet VPN (Virtual Private Network) включает в себя высокий уровень шифрования данных, поддержку различных алгоритмов шифрования, аутентификацию и интеграцию с существующими системами безопасности. Это позволяет обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность передаваемой информации через общедоступные сети, такие как Интернет.

Тем не менее протокол VIPNet VPN также имеет некоторые недостатки. Во-первых, его требовательность к ресурсам может быть проблемой для небольших организаций с ограниченными вычислительными мощностями. Кроме того, настройка и управление протоколом может потребовать специализированных знаний и навыков, что может быть сложным для некоторых пользователей.

Для устранения уязвимостей и обеспечения безопасности протокола VIPNet VPN следует использовать сильные пароли и многофакторную аутентификацию для доступа к VPN. Также стоит размещать серверы VPN в безопасных сегментах сети, проводить регулярные аудиты безопасности и обеспечить физическую защиту оборудования.

### Заключение

Таким образом, интернет вещей (IoT) стал неотъемлемой частью нашей жизни. При разработке решений IoT следует уделять особое внимание выбору протоколов и реализации мер безопасности. Различные протоколы безопасности, такие как TLS, SSL, DTLS и IPsec, могут использоваться для защиты каналов связи, и они также имеют свои уязвимости. Для обеспечения надежной защиты необходимо учитывать эти уязвимости и принимать соответствующие меры безопасности, такие как использование сильных паролей, регулярные обновления ПО и физическая защита устройств IoT.

### Список источников

1. *Mikelsten D., Teigens V., Skalfist P.* Искусственный интеллект: четвертая промышленная революция. Cambridge Stanford Books.
2. *Лу П.* Архитектура интернета вещей. Litres, 2022.
3. *Суомалайнен А.* Интернет вещей: видео, аудио, коммутация. Litres, 2022.
4. *Mitton N.* Interoperability, safety and security in IoT // Second international conference, InterIoT 2016 and third international conference, SaSelIoT. 2016.
5. *Каженова Ж. С., Кенжебаева Ж. Е.* Безопасность в протоколах и технологиях IoT: обзор // International Journal of Open Information Technologies. 2022. Vol. 10. N 3. P. 10–16.
6. *Кранц М.* Интернет вещей. Новая технологическая революция. Litres, 2018.

УДК 628.953

**Н. В. Смотренко**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**А. А. Безгодов** – кандидат военных наук, доцент – научный руководитель

## ПРЕИМУЩЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДРЕСНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛЕНТ

В современной индустрии освещения адресные светодиодные ленты занимают центральное положение, представляя собой передовое и технически продвинутое решение для разнообразных задач. Эти ленты обладают уникальной способностью индивидуального управления каждым светодиодом, что позволяет точно регулировать интенсивность и цветовой спектр света. Такая технологическая характеристика открывает беспрецедентные возможности для кастомизации освещения в соответствии с конкретными требованиями и дизайнерскими концепциями.

Одним из ключевых технических преимуществ адресных светодиодных лент является их энергоэффективность. Благодаря прецизионному управлению каждым светодиодом и возможности изменения яркости, эти источники света способны минимизировать потребление электроэнергии, обеспечивая при этом высокую яркость и четкость излучаемого света.

В данном контексте также важно рассмотреть потенциал адресных светодиодных лент для интеграции в различные области, включая архитектурное и декоративное освещение, сценическое искусство, а также применение в промышленных и коммерческих секторах. Их способность создавать динамичные световые эффекты и адаптироваться к различным условиям делает их неотъемлемым инструментом для инновационного и современного освещения.

Адресная светодиодная лента имеет преимущества в сравнении с обычными светодиодными лентами, а также RGB-лентами. Благодаря возможности управлять каждым светодиодом по отдельности появляется огромная вариативность, как в настройке ленты, режима работы, так и в способах ее применения. С помощью управления адресной светодиодной лентой программой микроконтроллера можно получить любую желаемую вариацию цвета или настроить интенсивность свечения, а также добавить управление с помощью звука или жестов.

Адресная светодиодная лента представляет собой инновационное устройство, состоящее из адресных диодов, каждый из которых включает в себя RGB-светодиод и контроллер. Эта концепция обеспечивает уникальную возможность точного управления цветом (включая яркость каждого из трех каналов RGB) для каждого светодиода внутри ленты. Структура адресной ленты включает 3–4 контакта для подключения, из которых два постоянно используются для питания (например, 5V и GND), в то время как оставшиеся один или два предназначены для передачи логических сигналов управления.

Передача сигнала в адресной ленте осуществляется последовательно, начиная от предыдущего элемента и перемещаясь к последующему. Такая организация приводит к тому, что у ленты существуют четко определенные начало и конец, иногда обозначенные стрелочками для указания направления передачи данных. Интерфейс ленты часто помечается как DI (цифровой вход) для приема команд и DO (цифровой выход) для соединения с последующими отрезками ленты и объединения различных секций.

Одной из уникальных особенностей адресных светодиодных лент является механизм передачи цифрового сигнала. Для эффективной передачи требуется два провода, поэтому лишь один контакт, исходящий от контроллера, оказывается недостаточным. Дополнительным проводом является провод заземления, где контакт GND на ленте должен соединяться с соответствующим ему контактом на управляющем устройстве.

Каждый светодиод на ленте обладает двумя контактами питания, входным и выходным. Команда передается на входной контакт в виде последовательности из 24 бит, по 8 бит на каждый цвет RGB. Отсутствие синхроимпульса приводит к тому, что длительность «нуля» и «единицы» различна: 0,4 мкс для «нуля» и 0,85 мкс для «единицы». На один бит требуется 1,25 мкс, следовательно, на передачу команды для одного светодиода уходит 30 мкс. Эффективная скорость передачи составляет 800 кбит/с. Каждый чип сохраняет последние 24 бита перед завершением передачи в качестве адресованной ему команды, передавая остальные биты по цепочке. Завершением данных является пауза

на низком уровне длительностью 50 мкс, после чего каждый чип генерирует сигналы на своих светодиодных контактах согласно сохраненной информации. Этот механизм обеспечивает устойчивое сохранение установленного цвета до приема новой команды.

Управление адресной светодиодной лентой происходит посредством программы микроконтроллера. Для стандартной адресной светодиодной ленты не требуется какой-либо особый протокол управления. Для успешного взаимодействия микроконтроллера с адресной лентой необходимо учесть несколько ключевых шагов.

1. Подключение к питанию: первым шагом является соединение контактов питания микроконтроллера с соответствующими контактами ленты. Обычно это контакты 5V и GND. Это обеспечит энергоснабжение ленты и микроконтроллера.

2. Логическое соединение: логические контакты микроконтроллера, предназначенные для управления, соединяются с логическими контактами адресной ленты. Эти контакты обычно обозначаются как DI (цифровой вход) и DO (цифровой выход). DI принимает команды от микроконтроллера, а DO используется для соединения последующих отрезков ленты или объединения различных секций.

3. Подключение заземления: контакт GND на ленте соединяется с соответствующим контактом заземления на микроконтроллере. Это обеспечивает общий электрический потенциал для стабильной передачи данных.

4. Программирование микроконтроллера: микроконтроллер должен быть запрограммирован для генерации последовательности команд, соответствующих требуемым цветовым эффектам. Каждая команда представляет собой последовательность из 24 бит, отражающих яркость каждого из цветов RGB.

5. Передача данных: микроконтроллер передает цифровые сигналы данных на входной контакт DI ленты. Команда передается последовательно по всей длине ленты, начиная с первого элемента и заканчивая последним.

6. Синхронизация и завершение: на каждый светодиод требуется передача 24 бит данных, и после завершения передачи каждый чип сохраняет последние 24 бита в качестве своей команды. После паузы на низком уровне длительностью 50 мкс микроконтроллер может отправлять новые команды для изменения цвета или эффекта освещения.

Таким образом, через тщательное программирование микроконтроллера и адресной светодиодной ленты можно достичь уникального и кастомизированного освещения. Возможности программирования адресной светодиодной ленты позволяют управлять ей с помощью различных датчиков и создавать вариативные системы освещения для различных задач.

### Заключение

В настоящее время адресные светодиодные ленты предстают перед нами не просто как источники света, но как инновационные технологические решения, перекрывающие границы традиционного освещения. Это устройство имеет перспективы развития в сторону расширения возможностей монтажа самой ленты, путем уменьшения контроллера и контактов. Классические варианты светодиодных лент или RGB лент, из-за заранее имеющегося алгоритма работы, не могут обеспечить тех возможностей, которые позволяет адресная светодиодная лента.

### Список источников

1. *Мынбаев К. Д.* Технические применения светодиодных устройств. СПб.: ИТМО, 2016. 54 с.
2. Адресная светодиодная лента. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/adresnaya-svetodiodnaya-lenta/> (дата обращения: 27.01.2024).
3. Устройство ATmega328. URL: <https://www.ruselectronic.com/atmega328p/> (дата обращения: 27.01.2024).
4. *Сергиенко А. Б.* Цифровая обработка сигналов. М.: Питер, 2002. 606 с.

УДК 621.311

**Со Бон Ги**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**А. А. Безгодюв** – старший преподаватель – научный руководитель

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Мы сталкиваемся с неотъемлемой реальностью цифровизации нашего окружения. Иначе говоря, цифровая трансформация – процесс, который затрагивает отрасль энергетики. Цель этой работы заключается в исследовании и анализе цифровизации частей концентрации в электропитании, а также выявить вызовы и возможности для стабильного развития этой отрасли.

Цифровизация энергетики является актуальной и важной темой, привлекающей внимание исследователей и специалистов в области электротехники, электронной и информационных технологий. В современном мире, где цифровые технологии проникают во все сферы жизни, энергетическая отрасль также претерпевает цифровую трансформацию. В данной работе рассматриваются ключевые аспекты цифровизации в электроэнергетике, а также проблемы и перспективы с которыми сталкивается отрасль и общество в целом.

### Основные аспекты цифровизации энергетики

#### *Умная энергетика (Smart Energy)*

Сосредоточение на этом аспекте заключается в создании интеллектуальных систем управления энергетическими ресурсами. Поэтому цифровые технологии предоставляют возможность контролировать и оптимизировать процессы в режиме реального времени. Например, автоматического выравнивание нагрузки, прогнозирование спроса на энергию и управление распределением электроэнергии.

Рассмотрим технологии, которые используются в данном аспекте.

#### *Умные сети (Smart Grids)*

Использование объединенных сетей, которые могут приспосабливаться к динамике нагрузок для стабильной поставки электричества. Включает в себя умные счетчики, автоматизацию распределительных сетей и систем управления.

#### *Аналитика данных (Big Data Analytics)*

Обработка обширных массивов информации для разумных решений. Это помогает оптимизировать процессы и предсказать потребления питания.

#### *Цифровые двойники (Digital Twins)*

Модель объектов и системы для лучшего понимания и управления. В энергетике, например, моделирование энергетических систем и оборудования.

#### *Интернет вещей (IoT)*

Подключение приборов и сенсоров для сбора данных и автоматизацию процессов. Для мониторинга оборудования и оптимизации потребления IoT используется в электроэнергетике.

#### *Кибербезопасность (Cybersecurity)*

Защиту от угрозы и атак на цифровые системы энергии.

### Цифровая экономика (Digital Economy)

Данный аспект связан с использованием цифровых решений для повышения эффективности и снижения затрат в энергетике. Внедрение систем учета и анализа данных позволяет оптимизировать процессы, повысить качество услуг, а также минимизировать затраты.

#### *Технологии*

##### 1. Облачные вычисления (Cloud Computing)

Хранение и обработка данных в облаке для улучшения доступности и масштабируемости. Снижает затраты на инфраструктуру.

##### 2. Аналитика данных (Big Data Analytics)

Анализ больших объемов данных для оптимизации процессов и принятия решений.

### 3. Цифровые двойники (Digital Twins)

Моделирование реальных объектов и систем для оптимизации управления.

Помогает предсказать поведение системы.

### 4. Интернет вещей (IoT)

Используется для улучшения клиентского опыта и оптимизации бизнес-процессов путем подключения устройств для сбора данных и автоматизации процессов.

## Цифровая энергетика (Digital Energy)

Цифровая энергетика тесно связана с внедрением современных информационных систем и технологий в процессы генерации, передачи и распределения электроэнергии. Включает в себя использование сенсоров, автоматизацию, удаленное управление и мониторинг состояния оборудования.

### Технологии

#### 1. Цифровые подстанции

Говоря об мониторинге, именно эта технология предоставляет нам более точное управление и мониторинг над оборудованием.

#### 2. Аналитика данных (Big Data Analytics)

Оптимизация работы энергосистем и предсказания сбоев

#### 3. Цифровые двойники (Digital Twins)

Помогает предсказать поведение оборудования

#### 4. Умные сети (Smart Grids)

Создание интегрированных сетей, способных адаптироваться к изменениям нагрузки и обеспечивать стабильное энергоснабжение

## Вызовы и перспективы цифровизации энергетики

Вызов в контексте цифровизации энергетики представляет собой сложность или проблему, с которой сталкиваются при внедрении цифровых технологий. Это может быть техническое, организационное или экономическое препятствие, которое нужно решать. Итак, рассмотрим вызовы и перспективы наших аспектов по порядку.

### Умная энергетика

Вызовы:

- Кибербезопасность

Так как данный аспект основывается на сосредоточении интеллектуальных систем управления энергоресурсами, можно сделать вывод, что вызов заключается в кибербезопасности, а именно внедрение цифровых систем требует надежной информационной защиты. Такого рода уязвимости могут привести к нарушению энергоснабжению или даже кибератаку на инфраструктуру в целом.

- Интеграция с устаревшим оборудованием

Время идет вперед, а вместе с ним и технологии, что приводит к проблемам в плане обновлений и интеграций с новыми цифровыми решениями, так как многие энергетические системы были созданы десятилетиями назад.

- Импортное оборудование

Перспективы:

- Эффективность

Рассматриваемый аспект позволяет оптимизировать использование ресурсов, снижая затраты и повышая эффективность.

- Автоматизация

Автоматическое управление и мониторинг позволяет быстро реагировать на изменения и сбои.

- Инновации

Внедрение новых технологий способствует развитию инноваций в энергетике, что является несомненно большой перспективой.

### *Цифровая экономика*

Вызовы:

- Инвестиции

Внедрение цифровых решений требует огромного финансирования.

- Обучение персонала

Переход к нововведениям требует специализированного обучения.

Перспективы:

- Снижение издержек

Оптимизирование процессов и сокращение затрат.

- Новые бизнес-модели

Открывает новые возможности для создания новых стартапов.

- Улучшение качества обслуживания

Более точное распределение ресурсов и быстрое реагирование на запросы клиентов.

### *Цифровая энергетика*

Вызовы:

- Интеграция данных

Большой объем данных, которые нужно объединить из разных источников.

- Совместимость стандартов

У каждой системы есть свои стандарты и требования к работе, это может затруднить их взаимодействие.

Перспективы:

- Улучшение надежности

Быстрое обнаружение проблемы и ее решения.

- Энергоэффективность

Оптимизация процессов генерации и распределение энергии

Открывает новые возможности для создания новых стартапов.

- Управление нагрузкой

Цифровые системы позволяют более точно распределять нагрузку.

### **Заключение**

Цифровизация энергетики влияет на нашу реальность, а впоследствии на наш мир. Основные аспекты, которые рассмотрены в данной работе составляют будущее энергетической отрасли. Внедрение таких технологий является огромным плюсом и развитием в области энергетики, но также имеет и так называемые вызовы, которые требуют внимания и решения.

### **Список источников**

1. Энергетическая политика. URL: О цифровой трансформации энергетической отрасли – Энергетическая политика (energypolicy.ru) (дата обращения: 17.05.2023).
2. Analytics. URL: Цифровая трансформация электроэнергетики | Conomy (дата обращения: 17.05.2023).
3. Habr. URL: Цифровая электроэнергетика / Хабр (habr.com) (дата обращения: 17.05.2023).



УДК 004.85

**С. Г. Соболев**

студент кафедры информационной безопасности

**С. В. Беззатеев** – доктор технических наук, доцент – научный руководитель

### ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ХЕШИРОВАНИЯ ДЛЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ СХЕМ ZK-ПРИЛОЖЕНИЙ

В классических смарт-контрактах отсутствие конфиденциальности возникает из-за открытой и прозрачной природы блокчейн-технологий. Все транзакции являются общедоступными, что может привести к нежелательному раскрытию личной информации.

Для повышения конфиденциальности можно использовать протоколы доказательств с нулевым разглашением (Zero-knowledge proof, далее – ZKP), они позволяют скрыть информацию в смарт-контрактах, сохраняя анонимность пользователей, обеспечивая конфиденциальность их данных и защиту от нежелательного вмешательства.

В исследовании подробно рассматриваются и сравниваются различные алгоритмы хеширования и их применение в арифметических схемах zk-приложений. Сравнительный анализ ряда хеш-функций проводится с целью определения их эффективности, безопасности и пригодности для интеграции в zk-приложения. Особое внимание уделяется оценке требований к вычислительным ресурсам, связанных с ограничениями, налагаемыми алгебраической структурой протоколов.

Дополнительно в работе рассматривается концепция zk-дружественных, хеш-функций, под которыми понимаются хеш-функции, демонстрирующие высокую степень совместимости с требованиями zk-протоколов. Такие функции характеризуются низкой вычислительной сложностью при реализации в арифметических схемах, что делает их особенно ценными для использования в сфере конфиденциальных вычислений и блокчейн-технологий.

#### Доказательства с нулевым разглашением

Доказательства с нулевым разглашением (Zero-Knowledge Proofs, ZKP) являются криптографическими протоколами, которые позволяют доказывающей стороне убедить проверяющую в верности утверждения, не раскрывая при этом никакой другой информации, кроме факта его истинности [1]. Пример с Алисой и Бобом демонстрирует интерактивный вариант ZKP, где процесс верификации осуществляется в несколько раундов. Шаги такой схемы изображены на рис. 1.

Боб дальтоник. У Алисы есть два одинаковых мяча, но один красный, а другой зеленый. Боб не имеет возможности уловить эту разницу в цвете и не хочет доверять утверждениям Алисы, что они разные. У Боба отсутствует информация о цвете шаров, поэтому Алиса должна доказать Бобу, что эти два шара разного цвета. Эту конкретную задачу решает следующий метод ZKP;

1. Боб берет шары и передает их между своими руками за спиной;
2. Затем Боб показывает оба шара Алисе и просит его определить зеленый шар;
3. Поскольку Алиса видит цвет зеленого шара, она правильно определяет его;
4. Эти действия повторяются несколько раз. В конце концов вероятность того, что Алиса каждый раз будет правильно определять шар, станет настолько низкой, что не останется никаких сомнений в том, что Алиса говорит правду.

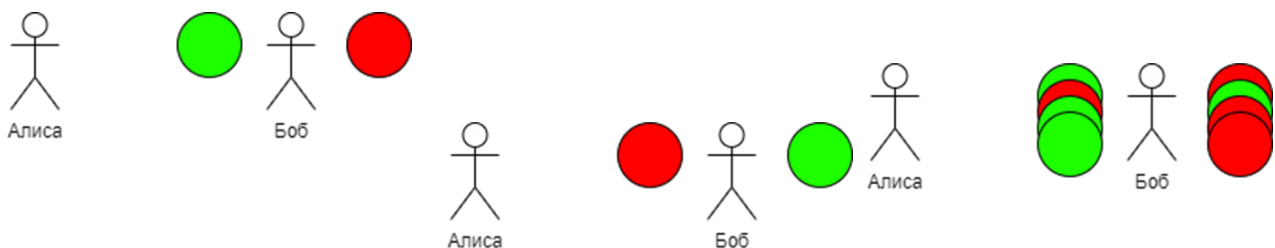


Рис. 1. Иллюстрация интерактивного протокола

Безопасность протоколов доказательства с нулевым разглашением повышается с увеличением количества раундов, достигая вероятности ошибочного принятия ложного утверждения за истинное вычисляемой по формуле 1:

$$\frac{1}{2^k}, \quad (1)$$

где  $k$  – количество раундов.

Это делает интерактивные протоколы теоретически надежными, однако на практике они могут сталкиваться с ограничениями при использовании в блокчейн-технологиях из-за необходимости многократного обмена сообщениями между участниками, что увеличивает риск атак и требует дополнительных ресурсов для хранения данных.

В ответ на эти ограничения были разработаны неинтерактивные протоколы доказательства с нулевым разглашением, такие как zk-SNARKs (Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Arguments of Knowledge), которые позволяют доказать истинность утверждения без необходимости в прямом взаимодействии между доказывающей и проверяющей сторонами после начальной настройки системы. Эти протоколы применимы в блокчейн-технологиях для обеспечения конфиденциальности транзакций и вычислений, о чем и пойдет речь в последующих разделах статьи.

### zkSNARK

zk-SNARK – это аббревиатура, которая расшифровывается как zero-knowledge succinct non-interactive argument of knowledge (краткий не интерактивный аргумент знания без разглашения) [2].

- Нулевое знание: верификатор не знает ничего, кроме того, что утверждение истинно;
- Краткость: размер доказательства и время работы верификатора не линейны;
- Не интерактивный: не требует взаимодействия между проверяющим и доказывающим;
- Аргумент знания: доказывается не только существование входных данных  $x$ , но и знание  $x$  проверяющим.

Логика проверки в таких системах будет работать одинаково, независимо от того, являются ли предоставленные параметры закрытыми или публичными. Мы получаем свойство «нулевого разглашения» бесплатно, создавая нашу схему таким образом, чтобы скрываемые данные невозможно было вычислить на основе публичных сигналов. Например, если мы доказываем, что знаем  $a$  и  $b$ , такие что  $c = a \cdot b$ , тогда если  $a$  и  $c$  публично доступны, любой сможет вычислить  $b$ . В этом случае наша схема не обеспечивает свойство нулевого разглашения. Однако если вычислять  $h = \text{hash}(a)$ , то  $a$  может оставаться секретным, обеспечивая тем самым нулевое разглашение.

zk-SNARK, методика криптографических доказательств с нулевым разглашением, требует преобразования вычислительных задач в арифметические схемы для их моделирования. Это преобразование позволяет представить вычислительные операции как последовательность арифметических действий над элементами конечного поля. Хотя процесс перевода может показаться сложным, на практике большинство задач успешно адаптируются под требования арифметических схем. Эффективное моделирование вычислений в такой форме является ключевым этапом для реализации доказательств zk-SNARK, позволяя доказывать знание определенных информации без их раскрытия.

Арифметическая схема принимает некоторые входные сигналы, которые являются значениями между  $0$  и  $p-1$ , и выполняет сложения и умножения между ними по модулю простого числа  $p$ . Выход каждого элемента сложения и умножения считается промежуточным сигналом, за исключением последнего элемента схемы, выход которого является выходным сигналом схемы.

Чтобы сгенерировать и проверить доказательства zk-SNARK в Ethereum, нам нужно работать с  $F_p$ -арифметическими схемами, взяв простое число:  $p = 21888242871839275222246405745257275088548364400416034343698204186575808495617$ . Это простое число является порядком скалярного поля кривой BN254 (также известной как кривая ALT BN 128), как определено в EIP 196 [3].

Чтобы использовать протокол zk-SNARK, нужно описать связь между сигналами как систему уравнений, связывающую переменные с вентилями. Уравнения, описывающие схему, будут называться ограничениями, это условия, которым должны удовлетворять сигналы этой схемы.

Большинство систем доказательств без разглашения (Groth16 [4], Aurora [5], Ligerо [6], Bulletproofs [7]) оценивают схему в форме системы ограничений ранга 1 (Rank-1 Constraint System, R1CS). Основная идея R1CS заключается в том, чтобы преобразовать набор алгебраических уравнений в систему ограничений, которая может быть эффективно проверена. Это позволяет доказать, что определенное вычисление было выполнено корректно, не раскрывая само вычисление или входные данные. R1CS представляет собой систему уравнений, где каждое уравнение определяется триплетом векторов  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и ограничивает их таким образом, чтобы для всех  $i$  выполнялось  $A_i \cdot B_i = C_i$ , где  $A_i$ ,  $B_i$  и  $C_i$  – это элементы векторов  $A$ ,  $B$  и  $C$  соответственно. Элементы этих векторов могут быть линейными комбинациями переменных, используемых в вычислениях.

В системе SNARK стоимость определяется количеством ограничений в R1CS. Например,  $x^a$  для константы  $a$  требуется  $\lceil \log_2(a) \rceil$  ограничений. Отсюда следует, что  $x^5$  и  $x^7$  имеют одинаковую стоимость в настройках SNARK.

Для разработки собственной арифметической схемы, подходящей для доказательств с нулевым разглашением, можно воспользоваться предметно-ориентированными языками программирования, такими как Circom, Noir или ZoKrates. Эти языки специально разработаны для описания вычислений в формате, который можно преобразовать в представление R1CS – систему линейных ограничений, необходимую для формирования доказательства. После компиляции, разработчик получает R1CS, что позволяет доказывающему стороне подтвердить, что она знает набор значений (свидетель), удовлетворяющих этой схеме. Таким образом, доказывающий может подтвердить наличие решения системы ограничений без раскрытия самого решения или каких-либо конкретных значений переменных, что и составляет суть доказательства с нулевым разглашением.

Свидетель (witness) представляет собой комплексный набор входных, промежуточных и выходных данных схемы. Эти данные служат доказательством того, что утверждение верно, позволяя продемонстрировать соответствие всем ограничениям, заданным в схеме, без раскрытия конфиденциальной информации. Приватность свидетеля обеспечивает, что никакие данные, кроме публичных входов и выходов схемы, не становятся известными в процессе верификации.

### Использование хеш-функций в zk-приложениях

Одним из известных примеров использования доказательств с нулевым разглашением является подтверждение существования листа в дереве Меркла (Zero Knowledge Set Membership, ZKSM). В таких доказательствах для корня дерева Меркла  $g$  доказывающий может утверждать знание свидетеля  $w_1, \dots, w_n$  удовлетворяющего условию  $H(H(H(w_1, w_2)w_3)) \dots w_n = g$ , для подтверждения своего знания элемента  $w_1$  как части дерева Меркла, не раскрывая при этом информацию о других листьях [8].

Традиционное применение хеш-функций также может найти свое место в zk-приложениях, например, для проверки целостности данных через стандартные хеш-вычисления, генерации псевдослучайных последовательностей из заданных коротких исходных данных (семян) и для цифровой подписи.

Стандартизированные хеш-функции, такие как SHA-2 и SHA-3, за долгие годы исследований зарекомендовали себя как высоконадежные, их безопасность широко признана в научном сообществе. Эти функции также известны своей эффективностью в широком спектре программных и аппаратных реализаций. В контексте zk-протоколов, где важны как безопасность, так и вычислительная эффективность, казалось бы, что выбор SHA-2 или SHA-3 является предпочтительным. Однако специфика zk-протоколов порой требует использования альтернативных хеш-функций, таких как MiMC [9] или Poseidon [10], которые были специально разработаны для оптимизации вычислений в арифметических схемах, используемых в этих протоколах. Основная причина этого заключается в том, что эффективность в zk-протоколах определяется совсем не так, как традиционные метрики, такие как время работы и потребляемая мощность. Эффективность схем в zk-протоколах зависит от их алгебраической структуры.

Как правило, если схема представлена в виде простых выражений в большом поле (например, 256-битными в Halo2 [11], 64-битными в Plonky2 [12] и 31-битными в Plonky3 [13]), то это позволяет эффективно доказать ее с точки зрения времени выполнения доказывающего и размера доказательства. К сожалению, традиционные хеш-функции для этого не подходят.

Использование стандартных хеш-функций, например, SHA-2 в контексте zk-SNARK оказывается значительно менее эффективным по сравнению с функциями, оптимизированными для zk-протоколов. Конкретно SHA-2 может быть примерно в 50–100 раз неэффективнее при вычислениях внутри zk-доказательств. Такая неэффективность связана с особенностями алгоритма SHA-2, оптимизированного для выполнения побитовых операций на обычных процессорах, где эти операции могут быть выполнены быстро и эффективно.

Однако в контексте zk-SNARKs, где необходимо моделировать вычисления в арифметических схемах, подобный подход становится крайне ресурсоемким. Длинная схема реализации SHA-2 заставляет верификатора проверять большое количество битовых операций, что существенно увеличивает вычислительные затраты. Каждый бит должен быть проверен на корректность, так как достоверность всего утверждения зависит от правильности каждого вычисленного бита (требуется доказать  $x \cdot (x - 1) = 0$  для каждого бита).

Дополнительно, двоичная арифметика SHA-2 требует моделирования в рамках простых полей, используемых в системах доказательств с нулевым разглашением. Это влечет за собой необходимость доказывать, что каждый вход является битом, и эффективно моделировать битовые операции, такие как AND и XOR, что приводит к большому количеству операций умножения и делает процесс верификации особенно трудоемким ( $x_1 \text{ and } x_2 = x_3 \Rightarrow x_1 \cdot x_2 = x_3$ , в то время как  $x_1 \text{ xor } x_2 = x_3 \Rightarrow x_1 + x_2 - 2 \cdot x_1 \cdot x_2 = x_3$ ). Таким образом, выбор хеш-функции с более простым алгебраическим представлением может значительно повысить эффективность арифметической схемы, делая ее оптимальным выбором для реализации в R1CS.

С развитием криптографии специалисты начали искать новые подходы к разработке шифров, которые были бы не только безопасны, но и алгебраически просты в реализации. Это привело к созданию арифметизации ориентированных шифров (АОС), которые оптимизированы для алгебраических операций и обеспечивают высокий уровень безопасности.

Для АОС большинство традиционных видов симметричного криптоанализа, таких как дифференциальный и линейный, в целом менее актуальны. Наиболее мощным типом атаки для АОС являются алгебраические атаки, такие как базис Гребнера, линеаризация и интерполяционная атака. Когда разработчик принимает решение о конструкции шифра, число раундов выбирается таким образом, чтобы обезопасить себя от этих атак.

С другой стороны, эта область является относительно новой, и уже были заявлены интересные атаки, которые часто приводят к взлому шифров или изменению параметров [14]–[17].

### Дизайн zk-дружественных хеш-функций

MiMC – первая zk-дружественная хеш-функция, представленная на ASIACRYPT 2016 [18]. Хотя после MiMC были предложены более эффективные хеш-функции, дружественные к ZK, MiMC по-прежнему широко используется во многих приложениях, поскольку она считается зрелой по сравнению с другими хеш-функциями, дружественными к ZK. Конструкция MiMC предельно проста: функция  $F(x) = x^3$  итерируется с добавлением подключей. Эта концепция уже была предложена Ньюбергом и Кнудсеном в 1990-х годах и называлась KN-Cipher [19].

Блочный шифр строится путем итерации  $r$  раундов, где каждая функция раунда описывается как  $F(x) = (x+k+c_i)^3$ .

В функции раунда  $c_i$  – константа раунда,  $k$  – ключ, а поле –  $F_q$ , где  $q$  – большое простое число или  $q = 2^n$ .

Число раундов определяется как  $r = \lceil \log_3 3q \rceil$ . Например, для поля  $F_{2^{127}}$  число раундов равно  $r = \lceil \log_3(2^{127}) \rceil = 81$ .

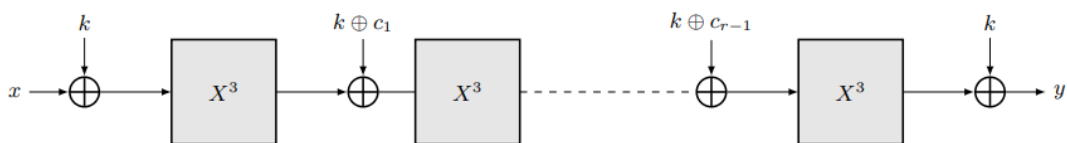


Рис. 2. Раунды в MiMC-n/n

Также можно построить блочный шифр с такой же нелинейной перестановкой в сети Фейстеля. Раундовая функция MiMC-2n/n описана на рис. 3 и может быть определена как  $x_L \parallel x_R \leftarrow x_R + (x_L + k + c_i)^3 \parallel x_L$  [20].

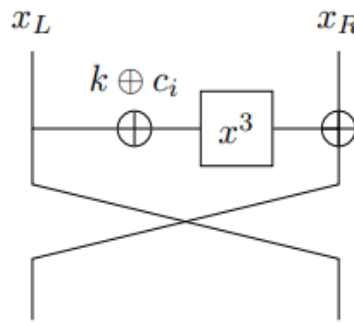


Рис. 3. Раунды в MiMC-2n/n

В каждом раунде изменяется только половина данных, поэтому количество раундов для версии Фейстеля составляет  $2 \cdot \lceil \log_3 q \rceil$ , что в два раза больше, чем для MiMC-n/n.

Когда ключ зафиксирован на 0, то блочный шифр становится перестановкой. При наличии перестановки существует хорошо известная конструкция, выводящая хеш-функции из перестановки, называемая «губчатый каркас», которая доказала свою безопасность и используется во многих других хеш-функциях, включая SHA-3.

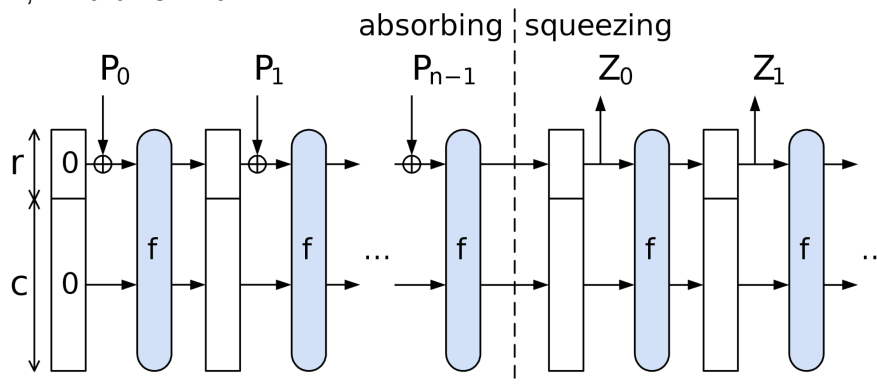


Рис. 4. Губчатая конструкция

$P_i$  – вход,  $Z_i$  – хешированный выход. Неиспользуемая емкость  $c$  должна быть в два раза больше, чем желаемые атаки на коллизии или прообразы. Конструкция губки состоит из двух фаз – поглощения и сжатия (absorb and squeeze). На этапе поглощения входные данные впитываются в губку. После этого из нее выдавливается результат.

Хеш-функция MiMC также основана на структуре губки. На этапе поглощения блоки сообщений добавляются к подмножеству состояния, а затем преобразуются в целое с помощью функции перестановки  $f$  (в данном случае – перестановки MiMC).

Поскольку одно ограничение может возвести значение в квадрат, в каждом раунде перестановки MiMC существует два ограничения R1CS.

$$x^2 = x \cdot x;$$

$$x^3 = x^2 \cdot x.$$

Чтобы сгенерировать 256-битный выходной хеш для 256-битного входного  $x$ , используется конструкция губки. То есть вычисляем MiMC-2n/n из  $(x, 0)$ , затем оставшиеся 256 бит являются хеш-значением. Номер раунда выбран как  $2 \cdot \lceil \log_3(2^{256}) \rceil = 324$ . Тогда количество ограничений равно  $324 \cdot 2 = 648$ . Заметим, что поле должно быть выбрано как  $\gcd(3, q-1) = 1$ , что означает, что  $GF_{2^{256}}$  выбирать не следует.

Poseidon – еще одна хеш-функция, дружественная к ZK, предложенная в USENIX 2021 [21]. Poseidon основана на стратегии проектирования HADES [22], которая является обобщением подстановочно-перестановочной сети (SPN).

SPN – это известный алгоритм блочного шифрования. Например, AES использует структуру SPN. Применяя достаточное количество чередующихся раундов блоков подстановки и блоков перестановки, злоумышленник не может восстановить ключ из пар открытый текст-шифротекст. HADES состоит из трех этапов: Add Round Key, SubWords и MixLayer. хеш-функция Poseidon имеет ту же конструкцию, что и HADES, с заменой Add Round Key на Add Round Constants. Poseidon учитывает только простое поле  $F_p$ .

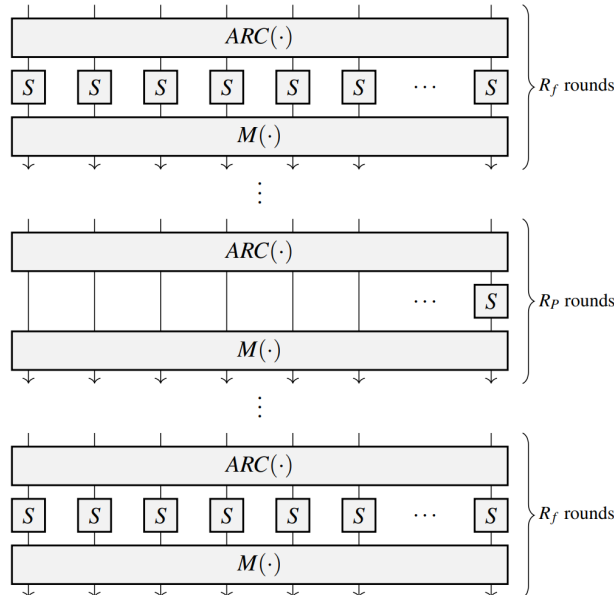


Рис. 5. Конструкция хеш-функции Poseidon

Пусть  $m$  – количество слов в каждом слое.  $R_F = 2 \cdot R_P$  – количество полных раундов S-box,  $R_P$  – количество частичных раундов S-box. S-box определяется  $S\text{-box}(x) = x^\alpha$ , где  $\alpha \geq 3$  – наименьшее целое положительное число, удовлетворяющее условию  $\gcd(\alpha, p-1) = 1$ . Структура хорошо поддается параметризации, и предлагаемые параметры для 256-битного хеша на выходе составляют  $m = 3$ ,  $R_F = 8$ ,  $R_P = 57$  для  $\alpha = 5$  над  $F_p$  с примерно 256-битным  $p$ .  $R_F = 8$  выбрано для предотвращения статистических атак, а  $R_P = 57$  – для предотвращения алгебраических атак.

Для  $\alpha = 5$  S-box  $x^\alpha$  представлен тремя ограничениями:

$$x^2 = x \cdot x;$$

$$x^4 = x^2 \cdot x^2;$$

$$x^5 = x^4 \cdot x.$$

А общее количество S-box равно  $m \cdot R_F + R_P$ . Таким образом, общее количество ограничений для  $\alpha = 5$  составляет  $3 \cdot (m \cdot R_F + R_P)$ . Для  $m = 3$ ,  $R_F = 8$ ,  $R_P = 57$  требуется 276 ограничений R1CS.

### Реализации хеш-функций в популярных инструментах

Для исследования были взяты три предметно-ориентированных языка программирования zk-приложений.

Noir – язык для систем доказательства SNARK, разработанный компанией Aztec Labs. Он позволяет генерировать сложные программы с нулевым разглашением, используя простой и гибкий синтаксис, не требующий предварительных знаний по математике или криптографии. Язык похож на Rust. Noir отличается от большинства языков ZK тем, что работает по двум направлениям. Во-первых, он компилирует программу в адаптируемый промежуточный язык, известный как ACIR. Затем в зависимо-

сти от потребностей конкретного проекта ACIR может быть скомпилирован в арифметическую схему для интеграции с бэкендом доказательства [23].

ZoKrates – это набор инструментов и язык программирования для zkSNARK на Ethereum. Он помогает вам использовать проверяемые вычисления в вашем DApp, начиная со спецификации вашей программы на языке высокого уровня, генерации доказательств вычислений и заканчивая проверкой этих доказательств в Solidity [24].

Компилятор Circom – это компилятор языка Circom, написанный на Rust, который может быть использован для генерации файла R1CS с набором связанных ограничений и программы (написанной на C++ или WebAssembly) для эффективного вычисления допустимого присваивания всем проводам схемы. Идея построения схем из небольших отдельных компонентов облегчает тестирование, проверку, аудит или формальную верификацию больших и сложных схем circom. В связи с этим пользователи circom могут создавать свои собственные шаблоны или инстанцировать шаблоны из circomLib, общедоступной библиотеки, содержащей сотни схем, таких как компараторы, хеш-функции, цифровые подписи, двоичные и десятичные преобразователи и многое другое [25].

Все три инструмента позволяют выводить количество ограничений скомпилированной схемы. В ходе исследования были написаны и скомпилированы арифметические схемы (circuits), содержащие основные хеш-функции: BLAKE2, SHA256, Кецсак, Pedersen, MiMC7, MiMCSponge, Poseidon. Инструменты показали общую тенденцию по резкому уменьшению количества ограничений арифметической схемы и зависимость хеш-функций от количества и длины входных аргументов. Результаты представлены в табл. 1, пустые ячейки означают то, что реализации функции на данном языке нет.

Таблица 1

Количество R1CS-ограничений в реализациях хеш-функций

Хеш-функция	Circom	ZoKrates	Noir
Кецсак	151 104	146 376	54 830
MiMC7	-	365	370
MiMCSponge	660	568	-
Pedersen	438	4958	28 742
Pedersen old	738	-	-
Poseidon	213	241	578
SHA_256	30 134	25 774–48 886	41 739
Blake2	-	46 912	21 444

### Заключение

В ходе исследования алгоритмов хеширования для арифметических схем zk-протоколов, был проведен анализ различных хеш-функций и их пригодности для использования в контексте доказательств с нулевым разглашением. Изучение охватило такие хеш-функции, как BLAKE2, SHA-256, Кецсак, Pedersen, MiMC7, MiMCSponge и Poseidon, каждая из которых была оценена с точки зрения числа ограничений, необходимых для их реализации в популярных инструментах создания zk-приложений, включая Circom, ZoKrates, и Noir.

Важным результатом исследования стало подтверждение утверждения о том, что zk-дружественные хеш-функции, такие как Poseidon и MiMC, показывают значительно меньшее количество ограничений при компиляции в R1SC по сравнению с традиционными хеш-функциями, например, SHA-256 и Кецсак. Это делает их особенно привлекательными для использования в схемах с нулевым разглашением, где эффективность вычислений и размер доказательства являются ключевыми факторами.

- Circom: zk-дружественные функции в среднем в 138,74 раза эффективнее стандартных;
- ZoKrates: zk-дружественные функции в среднем в 150,50 раза эффективнее стандартных;
- Noir: zk-дружественные функции в среднем в 77,40 раза эффективнее стандартных.

Результаты исследования подтверждают потенциал применения zk-дружественных хеш-функций в различных областях, требующих высокой степени конфиденциальности и безопасности данных. Будущие исследования и разработки в этой области открывают путь к созданию более надежных и эффективных систем защиты информации в блокчейн-приложениях и за их пределами.

Ознакомиться с результатами исследования можно в репозитории на GitHub [26].

#### Список источников

1. Ethereum. Zero-Knowledge Proofs. URL: <https://ethereum.org/ru/zero-knowledge-proofs/> (дата обращения: 02.02.2024).
2. Zcash. What Are zk-SNARKs? URL: <https://z.cash/learn/what-are-zk-snarks/> (дата обращения: 02.02.2024).
3. Ethereum Improvement Proposals. EIP-196: Precompiled contracts for addition and scalar multiplication on the elliptic curve alt\_bn128. URL: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-196> (дата обращения: 02.02.2024).
4. Gennaro R. Quadratic Span Programs and Succinct NIZKs without PCPs. URL: <https://eprint.iacr.org/2016/260> (дата обращения: 02.02.2024).
5. Bunz B. Bulletproofs: Short Proofs for Confidential Transactions and More. URL: <https://eprint.iacr.org/2018/828> (дата обращения: 02.02.2024).
6. Chiesa A. Fractal: Post-Quantum and Transparent Recursive Proofs from Holography. URL: <https://eprint.iacr.org/2022/1608> (дата обращения: 04.02.2024).
7. Ben-Sasson E. Scalable, transparent, and post-quantum secure computational integrity. URL: <https://eprint.iacr.org/2017/1066> (дата обращения: 05.02.2024).
8. Chiesa A. Marlin: Preprocessing zk-SNARKs with Universal and Updatable SRS. URL: <https://eprint.iacr.org/2019/1255> (дата обращения: 19.02.2024).
9. Maller M. Sonic: Zero-Knowledge SNARKs from Linear-Size Universal and Updatable Structured Reference Strings. URL: <https://eprint.iacr.org/2016/492> (дата обращения: 20.02.2024).
10. Bove S. Halo: Recursive Proof Composition without a Trusted Setup. URL: <https://eprint.iacr.org/2019/458> (дата обращения: 24.02.2024).
11. Zcash. Halo 2. URL: <https://zcash.github.io/halo2/> (дата обращения: 24.02.2024).
12. Polygon Technology. Introducing Plonky2. URL: <https://polygon.technology/blog/introducing-plonky2> (дата обращения: 24.02.2024).
13. GitHub. Plonky3. URL: <https://github.com/Plonky3/Plonky3> (дата обращения: 26.02.2024).
14. Gabizon A. PLONK: Permutations over Lagrange-bases for Oecumenical Noninteractive arguments of Knowledge. URL: <https://eprint.iacr.org/2023/537> (дата обращения: 28.02.2024).
15. Boneh D. Batching Techniques for Accumulators with Applications to IOPs and Stateless Blockchains. URL: <https://eprint.iacr.org/2020/182> (дата обращения: 02.03.2024).
16. Gennaro R. Square Span Program-Based Succinct Arguments of Knowledge. URL: <https://eprint.iacr.org/2021/1232> (дата обращения: 05.03.2024).
17. Ben-Sasson E. Aurora: Transparent Succinct Arguments for R1CS. URL: <https://eprint.iacr.org/2020/188> (дата обращения: 11.03.2024).
18. ASIACRYPT. Full Handbook PDF. URL: <https://www.iacr.org/conferences/asiacrypt2016/www.asiacrypt2016.org/wp-content/uploads/2015/08/full-handbook.pdf> (дата обращения: 14.03.2024).
19. ResearchGate. An Introduction to Block Cipher Cryptanalysis. URL: [https://www.researchgate.net/publication/2997961\\_An\\_introduction\\_to\\_Block\\_Cipher\\_Cryptanalysis](https://www.researchgate.net/publication/2997961_An_introduction_to_Block_Cipher_Cryptanalysis) (дата обращения: 12.03.2024).
20. Bove S. ZEXE: Enabling Decentralized Private Computation. URL: <https://eprint.iacr.org/2019/951.pdf> (дата обращения: 12.03.2024).
21. Grassi L. Poseidon: A New Hash Function for Zero-Knowledge Proof Systems. Presented at USENIX Security Symposium. URL: <https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity21/presentation/grassi> (дата обращения: 14.03.2024).



22. *Gabizon A.* AuroraLight: Improved prover efficiency and SRS size in a Sonic-like system. URL: <https://eprint.iacr.org/2019/1107> (дата обращения: 12.03.2024).
23. *Noir Language.* A zero-knowledge proof system. URL: <https://noir-lang.org/> (дата обращения: 14.03.2024).
24. *ZoKrates.* A toolbox for zkSNARKs on Ethereum. URL: <https://zokrates.github.io/> (дата обращения: 14.03.2024).
25. *Circom.* Circom Documentation. URL: <https://docs.circom.io/> (дата обращения: 14.03.2024).
26. *GitHub.* zk-hashes. URL: <https://github.com/mysteryon88/zk-hashes> (дата обращения: 14.03.2024).

УДК 691.175

**С. Д. Соломина**

ученица 10-го класса школы № 311

**Н. В. Иванов, А. К. Попов** – студенты кафедры 31 – научные руководители

### **ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛЫХ БПЛА**

Дрон – закрепившееся название беспилотных летательных аппаратов. У техники есть и альтернативные варианты наименований: беспилотник, коптер, БПЛА. Все они характеризуют устройства, которые способны перемещаться в воздухе самостоятельно [1]. Современные дроны различаются по способу полета и его дальности, весу полезной нагрузки и другим характеристикам. Сочетание практических свойств в одном аппарате делает его использование эффективным в разных видах деятельности. Беспилотники считаются чуть ли не чудом техники XXI века. Помимо военных, дронами стали активно пользоваться ученые, специалисты различных отраслей промышленности, пожарные, полиция, любители и профессионалы в области фото- и видеосъемки. FPV-дроны представляют собой беспилотные летательные аппараты, оснащенные камерой. FPV-технологии помогают пилоту полностью погрузиться в атмосферу полета, не отрываясь от земли [2].

В наше время композитные материалы, используются все чаще для создания самолетов/дронов небольшого размера. Композиционный материал (КМ) представляет собой материал, структура которого состоит из нескольких компонентов различных по своим физико-механическим свойствам. Композит из тонких стеклянных волокон, вплетенных в ткань, затем скрепленных вместе с синтетическим пластиком или смолой был разработан впервые в 1940 году.

Существует несколько способов получения композитов: твердофазными, жидкофазными, методами осаждения и насыпления, комбинированными методами.

Для твердофазных методов характерно использование матрицы в твердом состоянии, преимущественно в виде порошка, фольги или компактного металла.

Жидкофазные методы предусматривают получение металлических композитов путем совмещения армирующих волокон с расплавленной матрицей. К ним относят методы пропитки волокон жидкими матричными сплавами и метод направленной кристаллизации.

При получении металлических композитов методами осаждения – напыления матричный металл наносят на волокна из растворов солей или других химических соединений, из парогазовой фазы, с помощью плазмы и т. д.

Комбинированные методы представляют собой последовательное или параллельное применение первых трех методов. Волокна в большинстве случаев вводят в металлический композит в твердофазном состоянии за исключением эвтектических композиционных материалов, в которых армирующая фаза (волокна и пластины) образуется из расплава в процессе направленной кристаллизации эвтектик [3].

#### **Классификация композитов**

По структуре: слоистые (триплексные стекла), волокнистые (ДВП, МДФ, ЛДСП, кевлар), упрочненные частицами.

По матрице: с полимерной (стеклопластики, углепластики), керамической (неметаллические соединения) или металлической матрицей (бороалюминий, углеалюминий).

#### **Свойства композитных материалов**

1. *Стекловолокно.* Легкий и относительно недорогой материал с хорошей прочностью на растяжение. Широко используется в автомобильной и судостроительной промышленности [4].

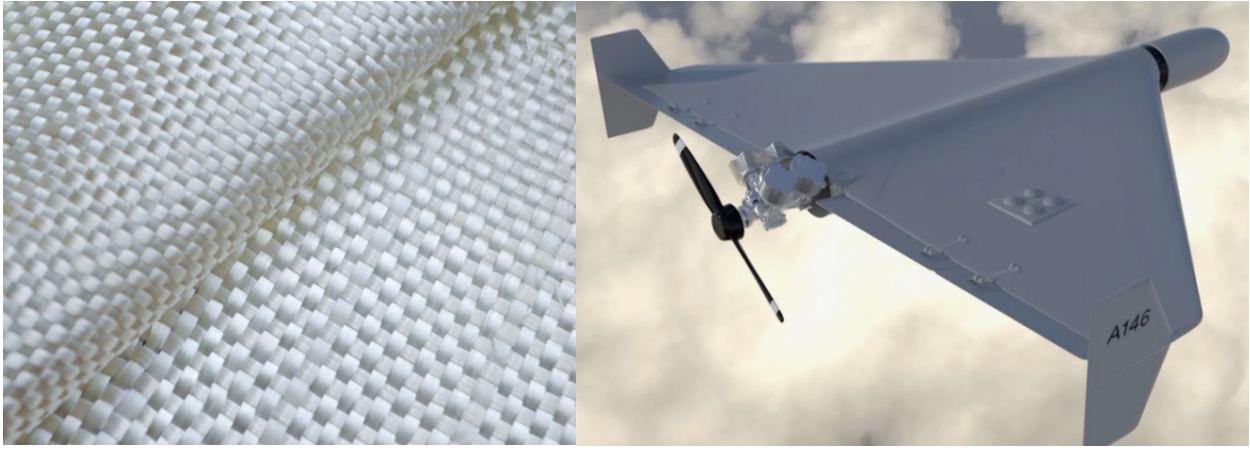


Рис. 1. Стекловолокно и дрон, изготовленный из стеклопластика

2. Углеволокно. Обладает высокой прочностью и жесткостью при небольшом весе. Используется в авиации, автомобильной индустрии и спортивном снаряжении [5].



Рис. 2. Карбоновое полотно и дрон, изготовленный из углепластика

3. Арамидные волокна (например, Kevlar). Имеют высокую прочность и стойкость к ударам. Часто применяются в бронировании и защитной одежде.

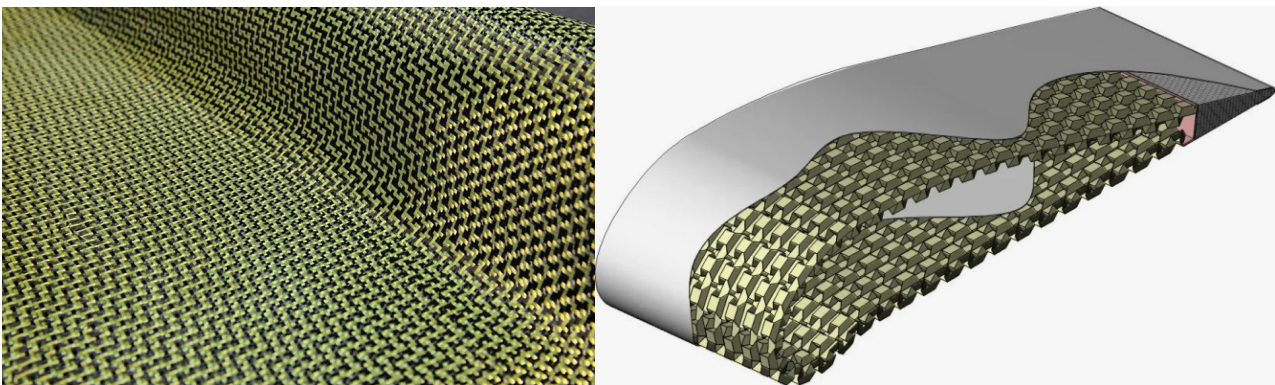


Рис. 3. Кевларовое полотно и модель композитного крыла с использованием арамидных волокон

4. *Натуральные волокна.* Включают такие материалы, как джут, хлопок, лен и т. д. Используются в экологически чистых композитах.



*Рис. 4. Натуральное волокно – асбест*

5. *Базальтоволокно*. Обладает хорошей химической стойкостью и высокой устойчивостью к термическим воздействиям.



*Рис. 5. Базальтоволокно*

6. *Алмазные волокна*. Имеют высокую термическую проводимость и применяются в высокотехнологичных областях, таких как аэрокосмическая индустрия.

Выбор усилителя зависит от конкретных требований к композитному материалу, таких как прочность, жесткость, устойчивость к химическим воздействиям и другим факторам.

### **Технология создания композитов**

1. Подготовка материалов, таких как смола, усилители (например, волокна) и другие компоненты.
2. Смешивание смолы и усилителя, например, с волокнами, для создания композитной матрицы с желаемыми свойствами.
3. Формовка полученной смеси, например, при помощи литья, прессования или наложения слоев.
4. Отверждение смолы или пропуск ее через процесс полимеризации для того, чтобы композитный материал приобрел свои конечные свойства.
5. Обработка поверхности композитного материала после отверждения, например, шлифовка, для достижения гладкости и точности формы.
6. Конечная обработка, например, покрытие или другие методы для доведения композитного изделия до должного качества.

Конкретные технологии создания композитных материалов могут различаться в зависимости от конкретных материалов и процессов производства.

### Композитные материалы в 3D-печати

Создание 3D-моделей для БПЛА также является довольно перспективным и сложным направлением [6]. В аддитивном производстве используется широкий спектр материалов и композитов. Углеклепластик – «король композитов». Он в несколько раз прочнее и легче алюминия, легче стали при сходных прочностных характеристиках. Особенность данного материала заключается в том, что его высокая прочность лежит вдоль волокон, вдоль направления армирования. В поперечных направлениях свойства гораздо ниже. 3D-печать – это наложение тонких слоев углеклепластика под разными углами. За счет такого метода достигаются наиболее удачные и крепкие сплетения. По свойствам однонаправленный углеклепластик схож с листовым алюминием и используется примерно в таких же конструкциях: фюзеляж, крылья, корпус летательного судна [7]. В 3D-печати композиты обычно представляют собой комбинацию термопластического основного материала (матрицы) и армирующего элемента, такого как углеволокно, стекловолокно, графен или кевлар. Смесь термопластов в свою очередь не является композитом [8].

### Виды композиционных волокон

1. *Тянутое волокно (Drawn Fiber)*. Процесс растяжения и охлаждения плавленного материала для создания длинных и тонких волокон.

2. *Намотанное волокно (Wound Fiber)*. Процесс намотки или обмотки волокон вокруг центрального сердечника для создания волокон специфической формы или профиля.

### Плетения волокон

1. *Простое плетение*. Самый распространенный вид плетения, при котором волокна переплетаются через и под другими в равномерном порядке.

2. *Кретч*. Плетение, при котором волокна плетутся таким образом, что материал приобретает мягкую, сборчивую поверхность.

3. *Саржевое плетение*. Плетение, при котором волокна проходят через несколько штанг под разными углами, создавая диагональный узор.

4. *Сплошной креп*. Плетение, в котором каждое волокно проходит над несколькими соседними волокнами перед переходом на следующий ряд, создавая гладкую поверхность.

Различные варианты плетения обеспечивают разные характеристики и свойства крепления для тканей и композитных материалов.

### Недостатки композитов

1. Изготовление композитов обычно требует специализированных процессов и материалов, что может сделать их дороже в производстве по сравнению с традиционными материалами.

2. При повреждении композитных материалов требуется специализированный навык и оборудование для проведения ремонта, что может быть сложным и дорогостоящим.

3. Некоторые композитные материалы могут быть менее устойчивы к ударам по сравнению с металлами или другими материалами, что может потребовать дополнительных мер безопасности при использовании.

4. Некоторые композиты могут изменять свои механические свойства при экстремальных температурах, что может потребовать особых мероприятий при проектировании.

5. При изготовлении композитных материалов могут появляться дефекты, такие как пузырьки воздуха или неравномерное распределение усилителей, что может снизить их качество и прочностные характеристики.

### Заключение

Применение различных композитных материалов в производстве малых БПЛА помогает значительно улучшить их характеристики. Композиты обладают превосходными механическими свойствами, такими как высокая прочность и жесткость при небольшом весе, что позволяет увеличить время полета и уменьшить энергопотребление. Также композиты обладают хорошей устойчивостью к различным

агрессивным средам и воздействию внешних факторов, что повышает надежность и долговечность БПЛА. Таким образом, использование композитных материалов в производстве малых БПЛА позволяет значительно улучшить их производительность и эффективность, что делает их более конкурентоспособными на рынке беспилотных летательных аппаратов. Информация по терминам и трактовкам представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Термины и трактовки**

Термин	Трактовка
БПЛА	Беспилотный летательный аппарат
3D	3 Dimensions, русск. 3 измерения
CNC (ЧПУ)	Сокр. от англ.computer Numerical Control – «Числовое программное управление»
Композитный материал, композиционный материал, композит, КМ	Неоднородный сплошной материал из двух или более компонентов с четкой границей между ними
FPV	First-Person View (Вид от первого лица)
Аддитивные технологии	Метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала

**Список источников**

1. Что такое дрон: какие виды бывают и зачем они? URL: alb. aero (дата обращения: 26.03.2024).
2. Устройство дрона. Из чего состоит квадрокоптер. URL: dji-blog.ru (дата обращения: 26.03.2024).
3. Основы получения композиционных материалов. URL: [https://sdo.ivanovo.ac.ru/pluginfile.php/15002/mod\\_resource/content/](https://sdo.ivanovo.ac.ru/pluginfile.php/15002/mod_resource/content/) (дата обращения: 28.03.2024).
4. Полимерные композиционные материалы для БПЛА. URL: compositeworld.ru (дата обращения: 26.03.2024).
5. Свойства углепластиков и области их применения. URL: viam.ru (дата обращения: 26.03.2024).
6. Дрон своими руками. URL: dronomania.ru (дата обращения: 25.03.2024).
7. Аддитивные технологии для композитных материалов. URL: <https://additiv-tech.ru/publications/additivnye-tehnologii-dlya-kompozitnyh-materialov.html> (дата обращения: 28.03.2024).
8. 3D-печать композитных материалов. URL: <https://www.stankoff.ru/blog/post/549> (дата обращения: 28.03.2024).

УДК 004.942

**А. А. Софронов**

студент кафедры электромеханики и робототехники

**А. А. Мартынов** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ SIMSCAPE**

Один из самых распространенных инструментов моделирования комплексных физических систем – Simscape – язык, разработанный на базе MATLAB Simulink, который позволяет создавать модели физических систем на основе взаимодействующих блоков. В данной статье рассматривается конкретно возможности языка, нежели применение стандартных блоков данной библиотеки для моделирования [1].

Объектно-ориентированный подход моделирования физических систем создан для моделирования взаимодействующих систем различной физической природы. Суть данного подхода заключается в разбиении системы на составные части, которые описываются независимо друг относительно друга [2]. Рассмотрим, как данный подход соотносится с традиционным методом моделирования на основе математических блоков.

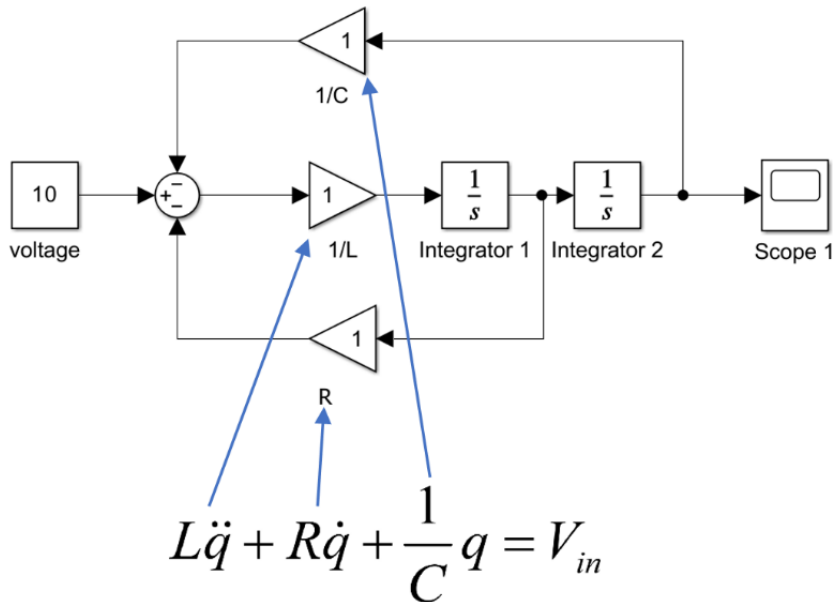


Рис. 1. RLC контур в Simulink

На рис. 1 показан RLC контур, построенный на базе блоков Simulink. Система уравнений описана с помощью блока интегратора и математических операций. На ней числовые значения передаются по направленным соединительным линиям (направление передачи показано стрелками).

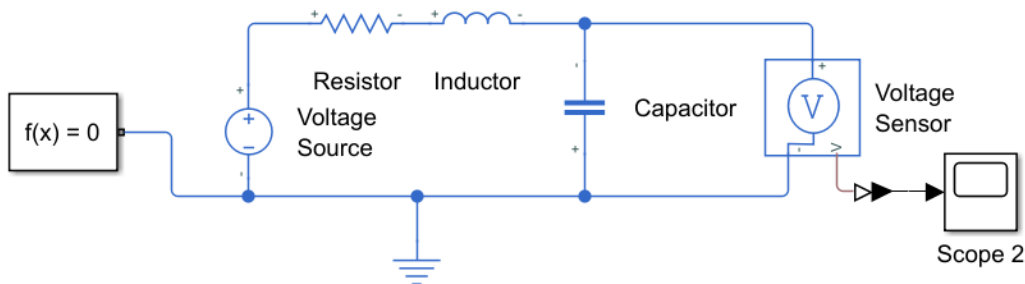


Рис. 2. RLC контур в Simscape

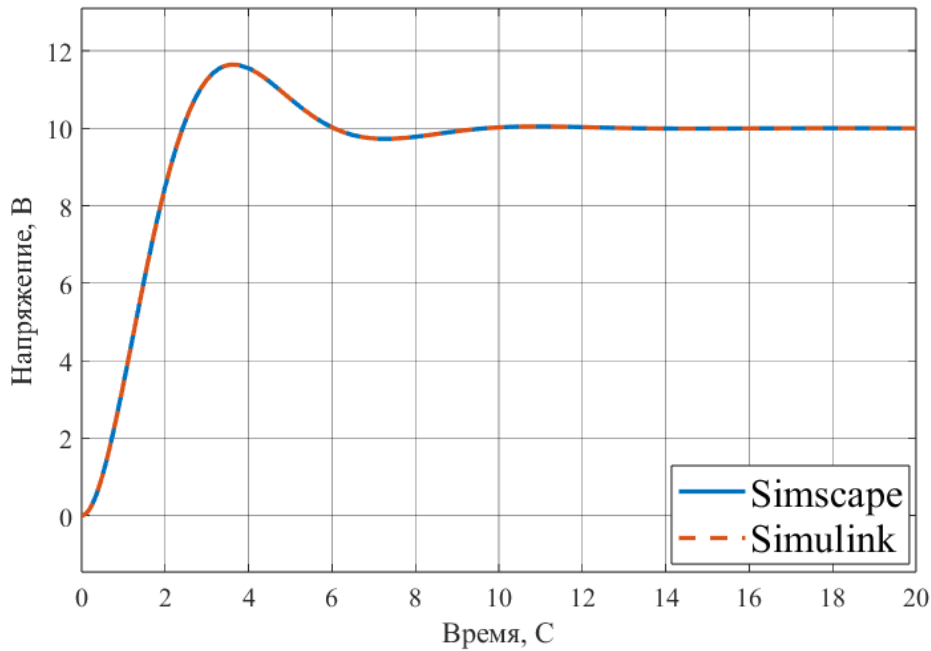


Рис. 3. Сравнение результатов моделирования

Модель, построенная на базе Simscape (рис. 2), состоит из элементов исходной схемы (конденсатор, резистор и индуктивность), при этом нет необходимости выражать уравнение, описывающее систему относительно одной переменной. В каждом блоке присутствуют уравнения, описывающие его поведение. Линии связи, соединяющие блоки, не имеют направлений и являются двунаправленными физическими соединениями, через которые протекает энергия. Совокупность таких соединений образует сеть физических взаимодействий. Моделирование показывает полное совпадение двух разных описаний одной задачи (рис. 3). Рассмотренный подход позволяет значительно ускорить описание сложных моделей, за счет повторного использования блоков, а также снизить трудоемкость поддержания и расширения моделей при дальнейшей работе над ними. В этом заключается основное преимущество модельно ориентированного подхода моделирования физических систем.

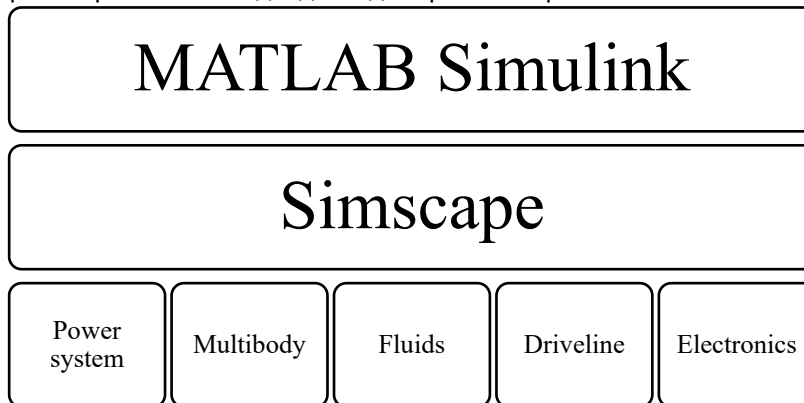


Рис. 4. Структура дополнений

Библиотека блоков в базовой версии содержит библиотеку основных блоков с открытым исходным кодом и язык моделирования Simscape. Существуют специализированные дополнения, которые включают узкоспециализированные наборы блоков для систем различных физических областей. На рис. 4 показаны дополнения от официального издателя программного обеспечения. В отличие от базовой библиотеки, их внутренняя структура закрыта для пользователей, а для редактирования доступен лишь ряд заранее определенных параметров. Для создания некоторых моделей требуется введение дополнительных параметров в блоки [3]. Так, например, при симуляции бросков пускового тока трансформатора необходимо задавать нелинейное магнитное сопротивление стержней трансформаторов. В



расширении Simscape Electrical присутствует такой блок, и он поддерживает несколько вариантов задания кривой намагничивания: по одной точке с насыщением, табличный метод и модель гистерезиса Джайлса – Атертона. Применение модели гистерезиса дает превосходную точность, но из-за ресурсоемкости вычислений приходится упрощать магнитную схему. Табличный метод описывает только основную кривую намагничивания и не позволяет задавать остаточный поток в стержнях. Таким образом, для данного случая требуется создание пользовательского блока, в который будет возможно ввести как кривую намагничивания, так и остаточную намагниченность.

Рассмотрим более подробно описание и генерацию библиотеки пользовательских блоков. Создание собственных компонентов начинается с файла описания, который затем компилируется в библиотеку Simulink. Далее будет дано краткое описание структуры файла с его основными разделами [3].

1. *Компонент (component)*. Объявление нового блока или создание на основе другого с наследованием всех параметров и признаков. Содержит текстовое описание, которое будет отображено в маске блока.

2. *Узлы (nodes)*. Создание двунаправленных интерфейсов с заданным физическим доменом.

3. *Входы и выходы (inputs, outputs)*. Входы и выходы физических сигналов, имеющих только одну передаваемую физическую величину и направление.

4. *Параметры блока (parameters)*. Параметры, редактируемые из маски блока и приватные параметры (parameters). Это значения, которые задаются один раз до начала симуляции.

5. *Переменные (variables)*. Значения физических величин, рассчитываемые на каждом шагу решения.

6. *Ветви (branches)*. Установление связи между внутренними переменными блока и продольными, и поперечными переменными физического домена.

7. *Уравнения (equations)*. Основной блок описания поведения блока. Все заданные уравнения решаются синхронно. Это могут быть как дифференциальные уравнения разных порядков, так и алгебраические уравнения.

При моделировании для каждого узла задается домен физической модели, описывающий продольные и поперечные переменные. Они описывают потоки энергии между блоками. Например, электрический домен имеет продольную переменную – ток, протекающий через элемент, а напряжение на выводах элемента является поперечной переменной. Произведение этих значений дает электрическую мощность. Аналогичным образом с некоторыми особенностями для каждого типа существуют пары продольных и поперечных переменных, они представлены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Стандартные типы физических систем

Домен	Поперечный параметр	Продольный параметр
Электрический	Напряжение	Ток
Гидравлический	Давление	Расход
Магнитный	МДС	Магнитный поток
Механический ротационный	Угловая скорость	Момент
Механический поступательный	Скорость	Сила
Пневматический	Давление и температура	Расход и тепловой поток
Тепловой	Температура	Тепловой поток

Блок нелинейного магнитного сопротивления будет создан на основе описания магнитной системы из базовой библиотеки. Как видно из табл. 1, продольный параметр будет магнитный поток  $\Phi$ , а поперечный – магнитодвижущая сила (МДС).

Магнитный поток может быть выражен через магнитную индукцию:

$$\Phi = B \cdot S,$$

где  $\Phi$  – магнитный поток через участок;  $B$  – индукция магнитного поля;  $S$  – эффективное сечение участка.

```

variables
    phi = { 0, 'Wb' }; % Flux
    mmf = { 0, 'A' }; % MMF
    H = {0, 'A/m'}; % Inductance H = mmf/leff
    B = {0, 'T'}; % Magnetic flux density B = Phi/Seff
end
parameters
    Hc = {[0, 200, 400, 600, 800, 1000], 'A/m'}; % Inductance
    Bc = {[0, 1.25, 1.35, 1.44, 1.48, 1.49], 'T'}; % Magnetic flux density
    leff = { 0.032, 'm' }; % Thickness or length of section
    Seff = { 1.6e-5, 'm*m' }; % Cross-sectional area
end
equations
    assert(leff>0)
    assert(Seff>0)
    mmf == N.mmf - S.mmf;
    H == mmf/leff;
    B == tablelookup(Hc, Bc, H, interpolation = linear, ...
                    extrapolation = linear);

    phi == B*Seff;
    Bo == B; % out B
    Ho == H; % out H
end
    
```

Рис. 5. Описание уравнений блока нелинейного магнитного сопротивления

На рис. 5 показано описание уравнений, используемых блоком для расчета переменных. В уравнениях используется два символа равенства, это означает не присваивание, а равенство обеих частей уравнения. Все выражения вычисляются одновременно, также значения переменных рассчитываются независимо от положения относительно знака равенства. Кривая намагничивания задана в виде таблицы значений для ряда точек, промежуточные значения определяются как линейная интерполяция двух соседних значений.  $B_o$  и  $H_o$  – это два физических сигнала выходящих из блока, которые показывают текущие значения параметров.

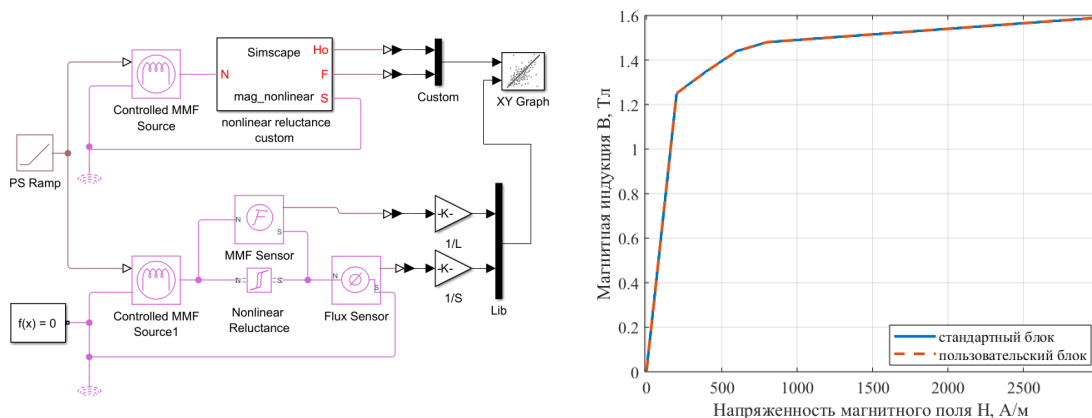


Рис. 6. Сравнение стандартного и пользовательского блока

Для проверки блока был использован блок из библиотеки с закрытым исходным кодом и созданный блок. Проверка происходила при линейно возрастающем значении МДС, подводимого к блоку магнитного сопротивления, при этом для каждого из них снята зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля. На рис. 6 показаны результаты симуляции, полученные графики совпали, следовательно, модели эквивалентные.

В данной статье был рассмотрен принцип построения пользовательских блоков в MATLAB Simscape. Данный способ позволяет гибко настраивать параметры и добавлять функционал, не представленный в базовой библиотеке. Так как он основан на языке MATLAB, возможно использование большинства функций, и тем самым возможно описывать блоки значительно проще и эффективнее, чем структурными блоками в Simulink. Это снижает затраты вычислительной мощности и повышает скорость моделирования. Созданный в ходе работы блок магнитного сопротивления станет основой для построения модели трансформатора с учетом нелинейных свойств магнитных материалов.

### Список источников

1. Борисов М. М., Колюбин А. А. Имитационное моделирование мехатронных систем: учеб.-метод. пособие. СПб.: ИТМО, 2020. 103 с.
2. Официальный сайт MathWorks. Typical Simscape Language Tasks. URL: <https://www.mathworks.com/help/simscape/lang/typical-simscape-language-tasks.html> (дата обращения: 10.03.2024).
3. Официальный сайт MathWorks, Simscape™ 23.2 Language Guide.2023. URL: [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/simscape/simscape\\_lang.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simscape/simscape_lang.pdf) (дата обращения: 10.03.2024).
4. Официальный сайт MathWorks, Simscape™ 23.2 User's Guide.2023. URL: [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/simscape/simscape\\_ug.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simscape/simscape_ug.pdf) (дата обращения: 11.03.2024).

УДК 681.5

**Д. И. Старощук**

студентка кафедры электромеханики и робототехники

**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В РОССИИ И ИНДИИ**

Развитие сети зарядных станций для электромобилей является важным аспектом перехода к более экологичному и устойчивому развитию транспортного сектора. В настоящее время многие страны и компании ведут активную инвестиционную деятельность в рамках создания комфортной инфраструктуры зарядных станций для обеспечения удобства и доступности для владельцев электромобилей.

С каждым годом количество электромобилей на дорогах увеличивается, что требует расширения сети зарядных станций. В свою очередь переход к электротранспорту необходим, так как он способствует снижению выбросов вредных веществ и уменьшению зависимости от нефтепродуктов, что особенно актуально в решении проблем изменения климата. Кроме этого, для увеличения пробега электромобиля в пределах одной зарядки требуются технологии, позволяющие увеличивать емкость аккумуляторных батарей и создавать станции быстрой зарядки.

Перечисленные аспекты, несомненно, требуют принципиально нового подхода к развитию сетей зарядных станций и основным вектором развития в этом направлении является цифровая трансформация как энергетической, так и транспортной отраслей.

Основная проблема, которую создают зарядные станции для энергосетей, состоит в случайном, неравномерном характере подключения к ним автовладельцев и, соответственно, энергокомпаниям достаточно сложно прогнозировать объем потребляемой энергии. Современные информационные технологии позволяют создавать умные станции, которые могут автоматически управлять процессом зарядки, оптимизировать использование энергии и учитывать пиковые нагрузки на сеть. Кроме этого, возможно создание единой цифровой платформы для управления и мониторинга сети зарядных станций, что способствует обеспечению более эффективного управления инфраструктурой таких станций. Применение технологий BIG-DATA и AI (искусственный интеллект) дают возможность собирать и анализировать большие объемы данных, прогнозировать спрос на зарядку, управлять энергопотреблением и перегрузками в сети. В последнее время все более востребованными становятся станции, работающие на возобновляемых источниках энергии и станции беспроводной зарядки электромобилей.

В данной статье проводится сравнительный анализ состояния и перспектив развития электротранспорта и зарядных станций двух стран: России и Индии. Выбор Индии обусловлен тем, что за последние 10 лет эта страна совершила большой скачок в технической сфере и продолжает стремительно развиваться. В феврале 2023 года были открыты новые запасы лития (основной компонент для производства аккумуляторных батарей) в штатах Джаркханд, Раджастан, Джамму и Кашмир, что привлекло внимание правительства страны и частных инвесторов. По данным Института Международной экономики Петерсона (PIIE), Индия станет шестым по величине держателем литиевых ресурсов в мире, опередив Китай, крупнейшего импортера необработанного лития и производителя литий-ионных батарей.

Большие территории России создают трудности для создания широкой сети зарядных станций. Однако именно этот фактор открывает огромные возможности для разработки инновационных решений, таких как станции быстрой зарядки вдоль ключевых транспортных маршрутов. Холдинг «Россети» в 2019 году запустил «Программу 30/30», согласно которой планировалось до 2024 года охватить зарядными станциями более 30 крупных городов на более чем 30 крупнейших магистралях. В рамках данного проекта планировалось создание сети из более 770 зарядных станций.

В России на конец 2023 года функционирует 4367 зарядных станций, 3679 из них являются точками медленной зарядки и 688 – быстрой. Данные станции обслуживают почти 20 тысяч пользователей. С 2020 года количество зарядных станций возросло более чем 8,5 раза. По итогам 2022 года объем рынка зарядной инфраструктуры оценивается в 1 млрд руб., демонстрируя при этом совокупные среднегодовые темпы роста в 30 %. По прогнозам экспертной оценки аналитического отчета 2023 года, к 2030 году он вырастет до 8 млрд руб. [1].

Согласно [2] в Российской Федерации установлены целевые показатели по развитию зарядной инфраструктуры до 2030 года. К этому году в России должно быть построено 14 288 зарядных станций: 8573 медленных и 5715 быстрых зарядных станций. Также утвержден перечень территорий и дорог федерального значения (первой и второй очереди) для создания зарядной инфраструктуры в 40 регионах страны [3]. В конце 2022 года в него внесены изменения и были присоединены дополнительные регионы [4]. В целях дальнейшего развития рынка электромобилей Правительством введены стимулирующие поощрения для покупателей электромобилей, такие как налоговые льготы, а также субсидирование расходов на закупку и установку зарядных станций для электротранспорта.

На рис. 1 представлены регионы-лидеры по станциям переменного тока или медленной зарядки, мощностью до 6 кВт. На рис. 2 – регионы-лидеры по станциям постоянного тока или быстрой зарядки, от 50 кВт до 100 кВт, позволяющие зарядить электромобиль до 80 % за 40–50 минут.

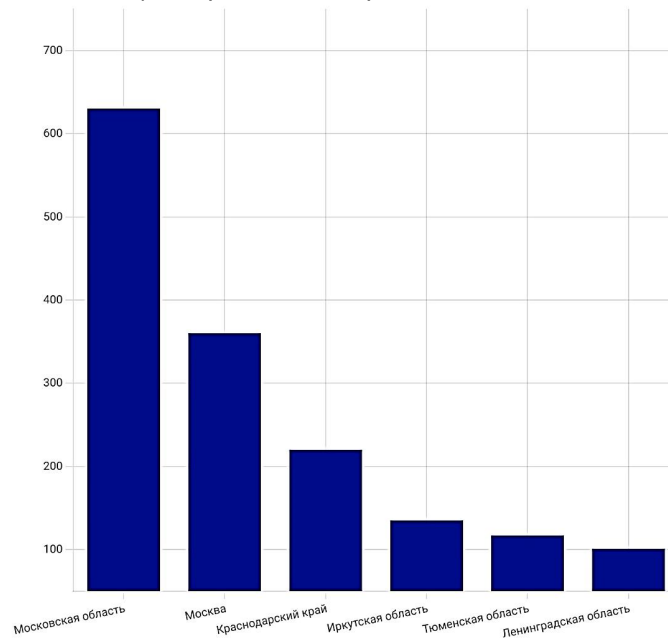


Рис. 1. Гистограмма регионов-лидеров по станциям переменного тока

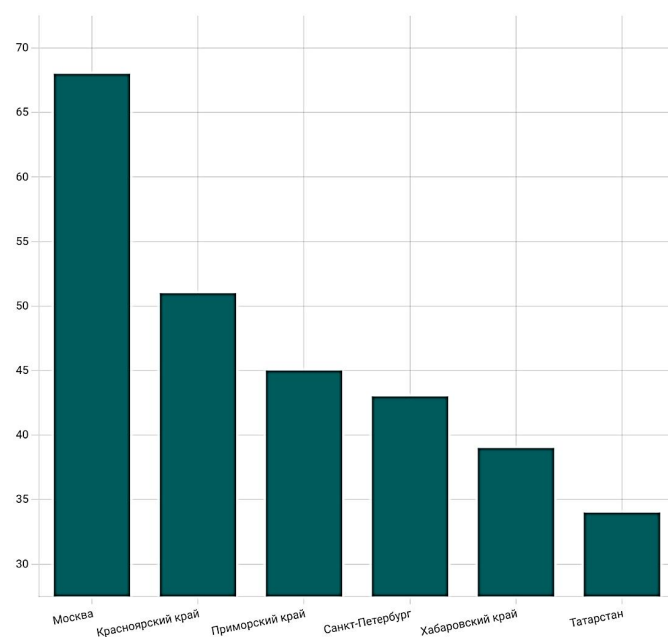


Рис. 2. Гистограмма регионов-лидеров по станциям постоянного тока

Согласно данным правительства Индии в стране существует около 6500 общественных зарядных станций, которые обслуживают более 2,8 млн электромобилей. В 2021 году продажи электротранспорта в Индии выросли на 163 %. Прогнозируется, что годовой объем продаж будет составлять более 19 млн электрических транспортных средств к 2030 году. Наиболее распространенными транспортными средствами являются мотоциклы и мотороллеры, общий объем продаж двухколесных электрических транспортных средств составляет 3 %. Далее по распространенности рикши – трехколесные транспортные средства, общий объем продаж электрических рикш превышает 50 %. Годовой объем продаж электромотоциклов ожидается более 80 % от общего объема продаж всех видов электротранспорта к 2030 году. По статистике, в среднем по миру одна зарядная станция может обслужить 10 электромобилей. В Индии это число равняется 321.

Индия запустила несколько инициатив по стимулированию внедрения электромобилей, включая программу ускоренного внедрения и производства гибридных и электрических транспортных средств (FAME – Faster Adoption of Hybrid and Electric Vehicles). Правительство намерено обеспечить значительную долю электромобилей на дорогах к 2030 году, стимулируя развитие инфраструктуры зарядных станций. Кроме того, чтобы использовать месторождения лития, правительство упростило процесс добычи, разрешив проведение аукционов по продаже литиевых рудников. Данное решение открыло доступ частным лицам к добыче лития, ранее этим занимались в основном государственные компании. Это очень важно для развития производства аккумуляторов для электротранспорта. Ожидается, что спрос на них вырастет до 260 ГВтч к 2030 году. Индия расширила программу стимулирования производства (Production Linked Incentive-PLI) на сумму 18 000 крор (2,16 млрд долл. США). Департамент науки и технологий также поддерживает 32 проекта по созданию аккумуляторных батарей [5].

Основные проблемы, с которыми сталкивается Индия, это высокие первоначальные затраты, недостаточная осведомленность населения и ограничения режима потребления электроэнергии. У электротранспорта есть риск взрывов, производители бензиновых автомобилей распространяют информацию о том, что они не безопасны. Это способствует тому, что не все население готово перейти на электрический транспорт. Но быстрый рост городского населения и улучшение его экологического сознания помогают расширению инфраструктуры зарядных станций.

Индийский рынок зарядной инфраструктуры включает следующие типы зарядных станций:

- общественные зарядные станции, обеспечивающие круглосуточный доступ для всех пользователей автомобилей (парковки, заправочные станции, автомагистрали);
- полуобщественные зарядные станции, предлагающие ограниченный доступ (зарядные станции жилых комплексов, торговых центров, больниц, университетов и правительственных зданий);
- частные зарядные станции (домашние зарядные станции для личного использования).

Около 19 из 28 штатов Индии уже внедрились свою политику по внедрению электротранспорта и еще несколько находятся на стадии проекта.

Штаты, ожидающие наибольший процент регистрации новых транспортных средств, которые будут электромобилями показаны на рис. 3, по данным отчета Climate Trends и JMK Research [6].

Некоторые штаты установили отдельные целевые показатели для каждой категории транспортных средств. Но пока наблюдается отставание в достижении желаемых результатов.

В заключение отметим, что и у России, и у Индии есть уникальные возможности для развития зарядных станций. В то время как Россия находится на ранних стадиях внедрения электромобилей, Индия делает значительные шаги на пути к устойчивой транспортной экосистеме.

Несмотря на то, что Россия является одним из крупнейших автомобильных рынков, пока внедрение электромобилей в России происходит медленно. Пока отсутствует всеобъемлющая национальная стратегия в отношении электромобилей и зарядных станций, что сдерживает рост данного сектора. Но страна уже начала проявлять интерес к электромобилям и правительство предпринимает действия, способствующие их внедрению. Однако инфраструктура зарядных станций еще недостаточно развита. Российский рынок электромобилей и зарядной инфраструктуры все еще находится на стадии становления, но обладает большим потенциалом. Международное со-

трудничество и инвестиции могли бы сыграть решающую роль в ускорении развития зарядных станций в стране.

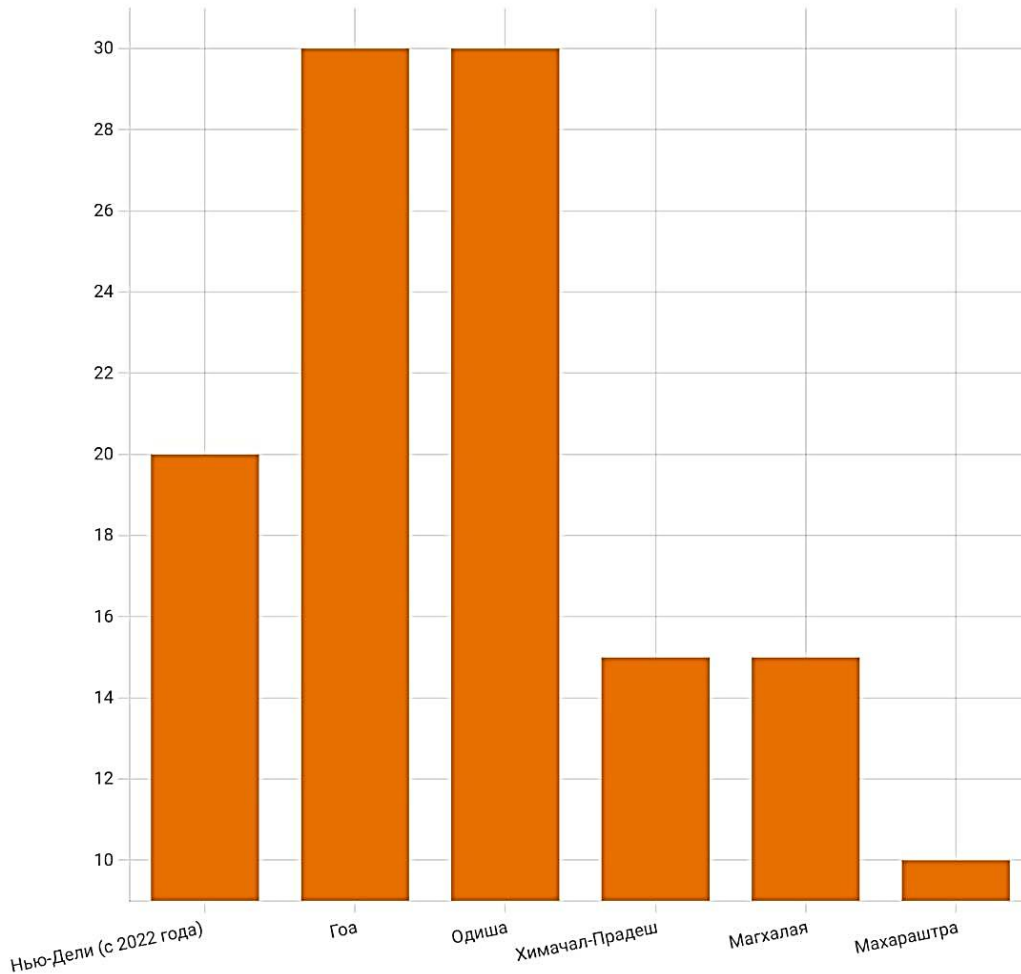


Рис. 3. Процентное соотношение регистрации нового электротранспорта в Индии к 2025 году

В Индии наблюдается растущий интерес к автомобилям, вызванный опасениями из-за загрязнения воздуха и энергетической безопасности. Правительство поставило амбициозные цели по внедрению электромобилей и активно содействует развитию инфраструктуры зарядных станций по всей стране. Рынок электромобилей готов к быстрому росту, что открывает выгодные возможности для инвесторов в сектор зарядной инфраструктуры. Растущий спрос на электротранспорт и государственная поддержка делает Индию привлекательным рынком для разработчиков зарядных станций.

Решая ключевые проблемы, используя государственную поддержку и частные инвестиции, а также сотрудничая друг с другом, обе страны могут полностью раскрыть потенциал данного сектора.

#### Список источников

1. Отчет-2023. Состояние и перспективы развития рынка зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России и мире.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.08.2021 № 2290-р «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года». URL: [bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf](https://www.government.ru/documents/2290) (government.ru) (дата обращения: 27.02.2024).
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2021 № 3835-р103. URL: [Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2021 г. № 3835-р Об утверждении перечня территорий и дорог федерального значения, определенных в качестве пилотных для создания зарядной инфра-](https://www.government.ru/documents/3835)

структуры для электротранспортных средств до 2024 г. | ГАРАНТ (garant.ru) (дата обращения: 28.02.2024).

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 № 4307-п104. URL: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 № 4307-р. Официальное опубликование правовых актов (pravo.gov.ru) (дата обращения: 28.02.2024).

5. India's long road to lithium, Abhishek Sharma. URL: <https://eastasiaforum.org/2024/01/27/indias-long-road-to-lithium/> (дата обращения: 01.03.2024).

6. Accelerating transport electrification in India by 2030. URL: <https://jmkresearch.com/electric-vehicles-published-reports/accelerating-transport-electrification-in-india-by-2030> (дата обращения: 01.03.2024).



УДК 62-503.55

**В. А. Субботин, Г. А. Фурсов**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЖИМЕ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

Статья посвящена моделированию системы автоматического управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) для обеспечения эффективности и безопасности в режиме взлета и посадки. В работе рассматривается реальная система управления БПЛА и разработана ее математическая модель, которая учитывает внешние условия и воздействия на аппарат. Проведены имитационные эксперименты и проанализированы результаты, что позволило оценить эффективность и безопасность системы управления БПЛА.

Актуальность работы: улучшение характеристик и повышение эффективности использования беспилотных летательных аппаратов в различных сферах человеческой деятельности.

В настоящее время с постоянным развитием технологий беспилотные летательные аппараты (БПЛА) все чаще используются в различных сферах человеческой деятельности. Это обуславливает необходимость изучения их работы в реальных условиях для повышения эффективности и безопасности их применения.

Исследование функционирования БПЛА в реальных экспериментальных условиях является актуальной задачей, так как позволяет получить достоверные данные о возможностях и ограничениях их использования. Это в свою очередь способствует совершенствованию конструкции и программного обеспечения БПЛА, а также разработке эффективных стратегий их применения.

Цель исследования: разработка и тестирование стенда для отработки надежной и эффективной системы автоматического управления БПЛА, обеспечивающей безопасный взлет и посадку в условиях реального эксперимента.

#### Описание испытательного стенда

Разработанный стенд (рис. 1) позволит проводить надежные и точные измерения параметров работы БПЛА в режиме взлета и посадки, а также обеспечит безопасность проведения экспериментов.

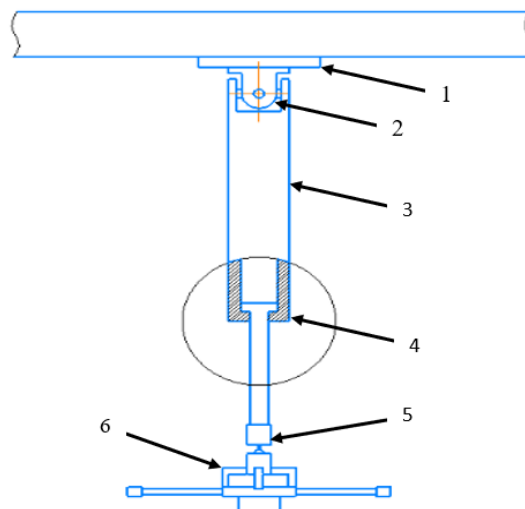


Рис. 1. Схема испытательного стенда

Стенд оснащен необходимым оборудованием для фиксации БПЛА, а также системами для предотвращения аварийных ситуаций: 1 – элемент крепежный, 2, 5 – шарнир трехкоординатный, 3 – телескопическая труба, 4 – стопорное кольцо, 6 – крестовина, для крепления БПЛА.

**Описание схемы объекта управления**

На рис. 2 представлена структурная схема системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом (САУ БПЛА).

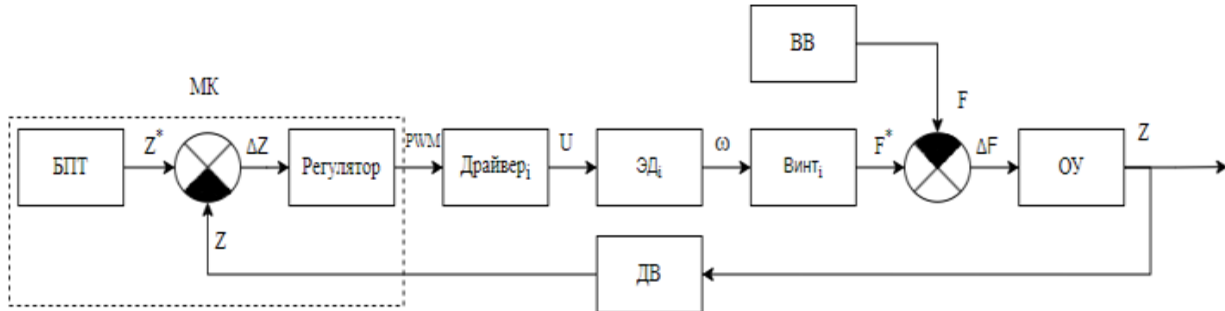


Рис. 2. Структурная схема САУ БПЛА

САУ БПЛА, обеспечивающая управление полетом БПЛА, состоит из следующих основных компонентов: блок «МК» – главный модуль, включающий в себя блок БПТ и блок регулятора; блок «БПТ» отвечает за планирование траектории, он генерирует траекторию полета БПЛА на основе заданных параметров; блок «Регулятор» контролирует систему и выдает управляющий сигнал для управления движением БПЛА; блок «Драйвер» преобразует PWM-сигнал в управляющее напряжение для питания электродвигателя; блок «ЭД» отвечает за преобразование управляющего напряжения в угловую скорость электродвигателя; блок «Винт» отвечает за преобразование угловой скорости электродвигателя в тягу, необходимую для движения БПЛА; блок «ВВ» содержит информацию о возмущающих воздействиях, которые должны быть учтены при разработке САУ БПЛА для обеспечения его эффективной работы в различных условиях.

**Исследование поведения системы при движении по заданному закону**

**Этап подъема**

Математическая модель БПЛА описана с помощью набора математических функций

Общее движение летательного аппарата складывается из трех взаимовлияющих движений: продольного, бокового и вертикального. При моделировании пространственного движения БПЛА использованы две системы координат: OXYZ мировая и O<sub>1</sub>X<sub>1</sub>Y<sub>1</sub>Z<sub>1</sub>. Силы, действующие на БПЛА обозначены как *mg, N*. Точка старта аппарата O<sub>1</sub>.

Дифференциальное уравнение второго порядка, описывающее движение БПЛА по вертикальной оси:

$$m\ddot{z} = \sum F_i - mg - R, \tag{1}$$

где *m* – масса БПЛА;  $\ddot{z}$  – угловое ускорение по оси Z;  $\sum F_i$  – суммарная тяга винтов; *g* – ускорение свободного падения; *R* – возмущающее воздействие.

Возмущающее воздействие распишем, как:

$$R = R_c + R_\theta, \tag{2}$$

где *R* – внешнее возмущение; *R<sub>c</sub>* – сухое трение, возникающее в телескопической трубе; *R<sub>θ</sub>* – вязкое сопротивление.

Сухое трение возникает в области контакта трущихся поверхностей телескопической трубы. Тогда:

$$R_c = -\mu \text{sign}(V), \quad (3)$$

где  $R_c$  – сухое трение, возникающее в телескопической трубе;  $\mu$  – коэффициент сухого трения, возникающий в телескопической трубе.

Формула вязкого сопротивления:

$$R_v = K_c S \rho V |V|, \quad (4)$$

где  $R_v$  – вязкое сопротивление;  $K_c$  – коэффициент лобового сопротивления;  $S$  – площадь поверхности, на которую действует вязкое сопротивление;  $\rho$  – плотность воздуха;  $V$  – линейная скорость;

Закон движения описывающий взлет, можно записать, как полином 5-го порядка:

$$z^* = \sum_{i=0}^5 a_i t^i, \quad (5)$$

где  $z^*$  – значение желаемой высоты от времени,  $a_i$  – коэффициенты полинома.

Вектор-столбец начальных условий в среде MATLAB:

$$C = [z_0 \quad v_0 \quad a_0 \quad z_k \quad v_k \quad a_k]^T \quad (6)$$

Нахождение векторов коэффициентов полинома 5-го порядка:

$$A = B^{-1}C, \quad (7)$$

Этап посадки беспилотного летательного аппарата (БПЛА) имеет схожие функциональные характеристики с этапом подъема.

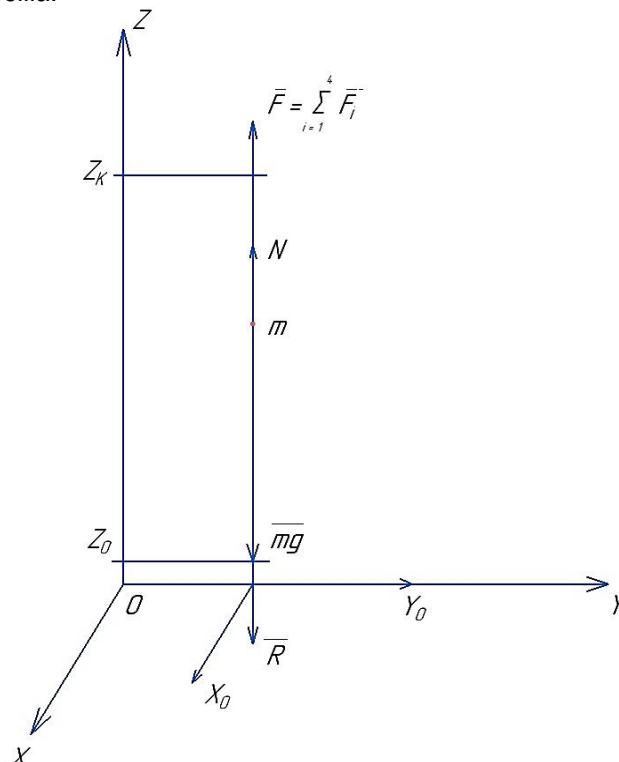


Рис. 3. Расчетная схема движения БПЛА

### Этап отрыва от земли

На этом этапе двигатели БПЛА разгоняются до необходимой мощности, чтобы создать достаточную тягу для поднятия аппарата в воздух. При этом БПЛА должен преодолеть силу тяжести.

Закон движения описывающий этап отрыва БПЛА от земли, можно записать, как полином 3-го порядка:

$$F = \sum_{i=0}^3 b_i t^i, \quad (8)$$

Вектор-столбец начальных условий в среде MATLAB:

$$C = [F_0 \quad F_k \quad v_0 \quad v_k]^T \quad (9)$$

Нахождение векторов коэффициентов Полинома 3-го порядка:

$$B = A^{-1}C, \quad (10)$$

Из рис. 3 видно, что на БПЛА действует сила  $N$  (нормальная реакция) и сила  $mg$ .

Нормальная реакция действует на дрон при условии:

$$0 < N < mg$$

Сила тяжести, когда дрон стоит на земле:

$$F + N = mg, \quad (11)$$

где  $F$  – сила тяги;  $N$  – сила нормальной реакции;  $mg$  – сила тяжести.

Выразим  $N$ :

$$mg - F = N, \quad (12)$$

При взлете сила тяги  $F = 0$ , следовательно, во время старта  $N = mg$ .

Формула тяги коптера примет вид:

$$\Sigma F_i = F(t), \quad (13)$$

где  $\Sigma F_i$  – тяга винта;  $F(t)$  – тяга, компенсирующая  $mg$ .

Пропорциональный регулятор (П-регулятор) – это регулятор, в котором управляющее воздействие пропорционально отклонению.

Отклонение – величина, характеризующая насколько сильно отличается текущее значение положения от желаемого положения.

Управляющее воздействие – сила, с которой объект корректирует отклонение.

Для реализации П-регулятора нужно знать отклонение:

$$\Delta z = z^* - z, \quad (14)$$

где  $\Delta z$  – величина отклонения;  $z^*$  – желаемое значение положения;  $z$  – реальное значение положения.

Для устранения перерегулирования в верхней критической точке реализуем ПД-регулятор (пропорционально-дифференциальный регулятор). Д-составляющая нужна для препятствования перерегулированию, особенно сильно это проявляется на больших скоростях, ведь для быстрой скорости необходимо интенсивнее реагировать на повороты, повышая коэффициент усиления П-регулятора, что неизбежно приводит к перерегулированию.

Принцип работы дифференциального регулятора заключается в определении скорости изменения ошибки и создания управляющего воздействия пропорционально этой скорости.

Д-составляющую посчитаем по формуле:

$$\Delta \dot{z}_i = \frac{(\dot{z}_i - \dot{z}_{i-1})}{\Delta t}, \quad (15)$$

где  $\Delta \dot{z}_i$  – D-составляющая;  $\dot{z}_i$  – отклонение от требуемого положения;  $\dot{z}_{i-1}$  – предыдущее отклонение;  $\Delta t$  – период регулирования.

Зная ПД-составляющую, формула тяги коптера примет вид:

$$\Sigma F_i = F(t) + K_p \Delta z + K_d \Delta \dot{z}, \quad (16)$$

где  $\Sigma F_i$  – тяга винта;  $F(t)$  – тяга, компенсирующая  $mg$ ,  $K_p$  – усиливающий коэффициент П-регулятора;  $\Delta z$  – величина отклонения;  $K_d$  – демпфирующий коэффициент;  $\Delta \dot{z}$  – скорость изменения ошибки.

#### **Результат исследования с учтенными внешними факторами**

При использовании PID-регулятора на контроллере с плавающим циклом возникает проблема с точным расчетом D-компоненты, используемой для компенсации запаздывания системы. Подобное происходит из-за неравномерного времени выполнения цикла контроллером. Для улучшения точности расчета D-компоненты необходимо использовать контроллер с фиксированным циклом или применять другие методы компенсации запаздывания системы, например, фильтры или предсказатели.

В работе используются контроллер ArduinoMega 2560 работающий по плавающему циклу, что приводит к переменному времени выполнения каждого цикла, а также датчик высоты с частотой работы 50 Гц. Результат математического моделирования, учитывающий вышеперечисленные факторы, приведен на рис. 4.

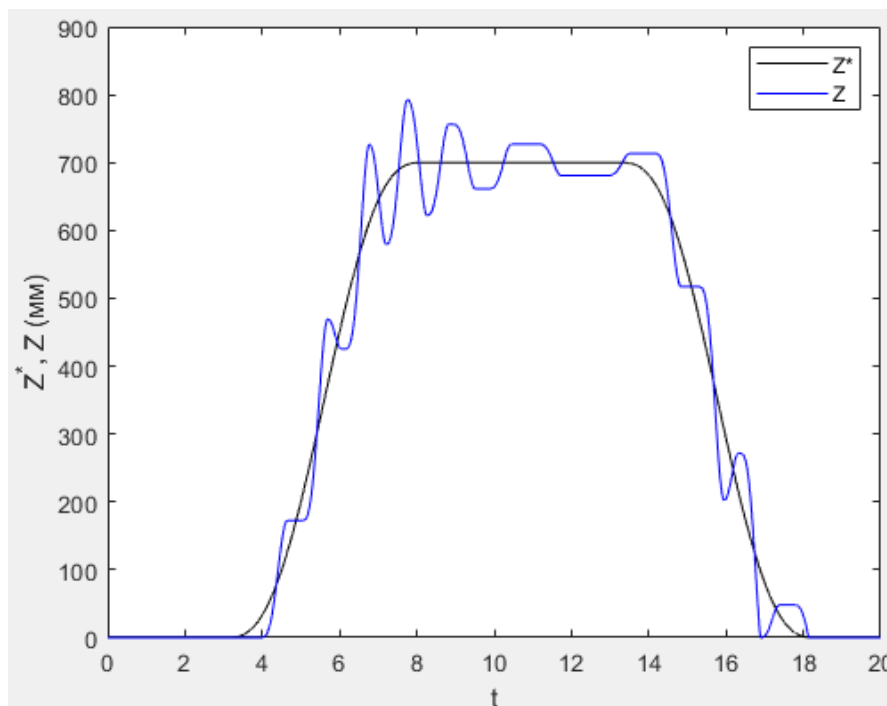


Рис. 4. Траектория перемещения БПЛА вдоль оси Z

#### **Анализ результатов**

В результате настройки системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом (САУ БПЛА) выявлено, что из-за низкой частоты работы датчика высоты система демонстрирует задержку реакции и перерегулирование.

На графике изменения траектории перемещения БПЛА, что при воздействии входного сигнала система не сразу достигает заданного значения, а имеет место задержка срабатывания САУ. Это проявляется в виде временного сдвига графика относительно идеальной траектории перемещения БПЛА.

Кроме того, наблюдается явление перерегулирования, выражающееся в том, что система преодолевает заданное значение и продолжает движение за ним, прежде чем вернуться к нему. Это приводит к колебаниям вокруг заданного значения, что свидетельствует о неустойчивости работы САУ БПЛА.

Для устранения этих недостатков необходимо увеличить частоту работы датчика и перенастроить регуляторы системы автоматического управления, чтобы обеспечить более быструю и стабильную реакцию на изменения входного сигнала.

### Список источников

1. Моделирование движения беспилотных летательных аппаратов квадроскопического типа. URL: <http://www.ai-uv.ru/images/aiuv2014/proc/12-Yatsun.pdf> (дата обращения: 26.11.2023).
2. Моделирование динамики полета квадрокоптера // Пожарная техника. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-dinamiki-poleta-kvadrokoptera/viewer> (дата обращения: 26.11.2023).

УДК 62-503.55

**В. А. Субботин, Г. А. Фурсов**

студенты кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета, г. Курск

**П. А. Безмен** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета – научный руководитель, г. Курск

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЕМ АКТИВНОЙ СПИНЫ МЕДИЦИНСКОГО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЭКЗОСКЕЛЕТНОГО КОМПЛЕКСА**

Статья посвящена моделированию системы автоматического управления модулем активной спины медицинского реабилитационного экзоскелетного комплекса для вовлечения данного модуля в программу реабилитации, проводимой при помощи медицинского реабилитационного экзоскелетного комплекса.

Актуальность работы: Внедрение возможности реабилитации спины и таза человека в комплекс упражнений медицинского реабилитационного экзоскелетного комплекса.

Бурное развитие технологий позволяет открывать новые горизонты в самых разных областях. Одной из таких является медицина. Травмы нижних конечностей, нарушения в работе опорно-двигательного аппарата издавна являются недугами, значительно усложняющими жизнь человека, поэтому вопросы, касающиеся реабилитации пациентов от таких повреждений, особенно актуальны.

С целью помочь пострадавшему в повседневной жизни, а также пройти курс реабилитации, создаются экзоскелеты и экзоскелетные комплексы разных типов.

Во время ходьбы человек подстраивается под изменяющийся центр тяжести, приводя себя в состояние равновесия. Достигается это за счет скручиваний и перемещений спины, плечей и таза, из чего можно сделать вывод о важности вовлечения спины человека в процедуру реабилитации, поскольку та играет важную роль в процессе ходьбы. Помимо этого, при травмах нижних конечностей и повреждений опорно-двигательного аппарата, корпус человека теряет подвижность, что приводит, например, к атрофированию мышц. Использование модуля спины во время процедуры реабилитации позволяет укрепить корпус человека и подготовить его к реальной ходьбе.

Цель работы: разработка системы автоматического управления модулем активной спины медицинского реабилитационного экзоскелетного комплекса для вовлечения данного модуля в программу реабилитации, проводимой при помощи медицинского реабилитационного экзоскелетного комплекса.

#### **Схема устройства. Описание работы**

На рис. 1 представлена упрощенная схема устройства при виде «со спины».

Стоит упомянуть, что были сделаны допущения с конструктивной точки зрения: часть позиций показана схематично, без детальной отрисовки, а позиция 2 не имеет креплений к остальной части механизма, чего в реальности, конечно же, быть не может.

Позицией 1 обозначена подушка модуля спины. Данный элемент предназначен для обеспечения плотного и комфортного закрепления человека в устройстве.

На подушке модуля спины закреплены каретки, обозначенные позицией 3 – они необходимы для обеспечения движения подушки с пациентом «по дуге». Реализовывается описанное движение при помощи направляющих, обозначенных позицией 2. Данные направляющие имеют форму дуги, что позволяет модулю спины вращаться около центра воображаемой окружности.

Механизм приводится в движение при помощи привода (позиция 6). Данный привод вращает вал, с закрепленным на нем зубчатым колесом (позиция 5). Зубчатое колесо участвует в реечной передаче.

Позицией 4 обозначена рейка, имеющая, также, искривленную по дуге форму. Данная рейка закрепляется к подушке модуля спины.

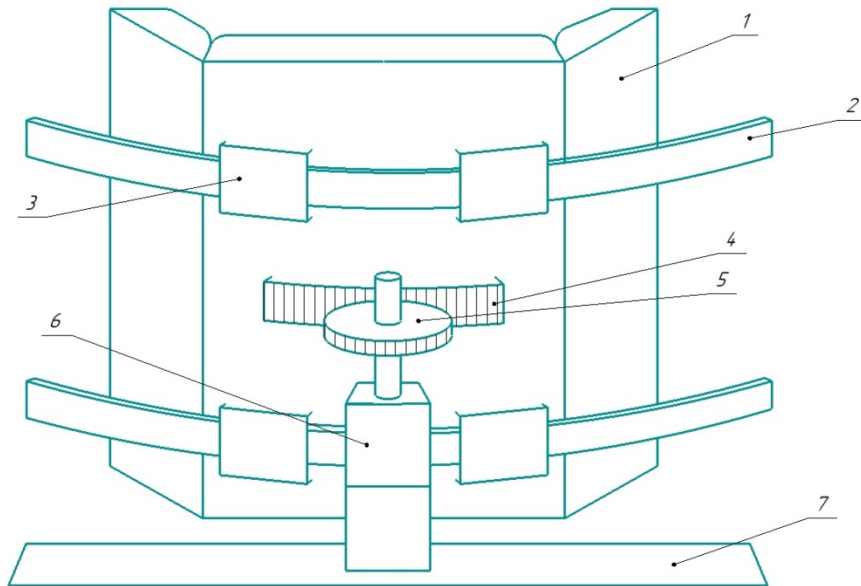


Рис. 1. Схема устройства

Таким образом, привод (6) при помощи реечной передачи «заставляет» совершать подушку спины (1) движения каретками (3) вдоль направляющих (2).

Описанный модуль спины закрепляется на единой каретке, которая движется по линейной направляющей, обозначенной позицией 7, влево-вправо. Данный линейный модуль может быть представлен в виде шарико-винтовой передачи, где в роли гайки выступает каретка.

Совместное движение данных звеньев позволяют симулировать скручивание тела человека вокруг своей оси, а также перемещения влево-вправо.

Поступательное движение, также, компенсирует самостоятельные отклонения вращательного звена, поскольку оно совершает движение по окружности, а не вокруг своей оси.

### Структурная схема САУ

Составим структурную схему многоканальной САУ, опишем ее работу и оформим алгоритм. На рис. 2 представлена структурная схема многоканальной САУ разбираемого механизма.

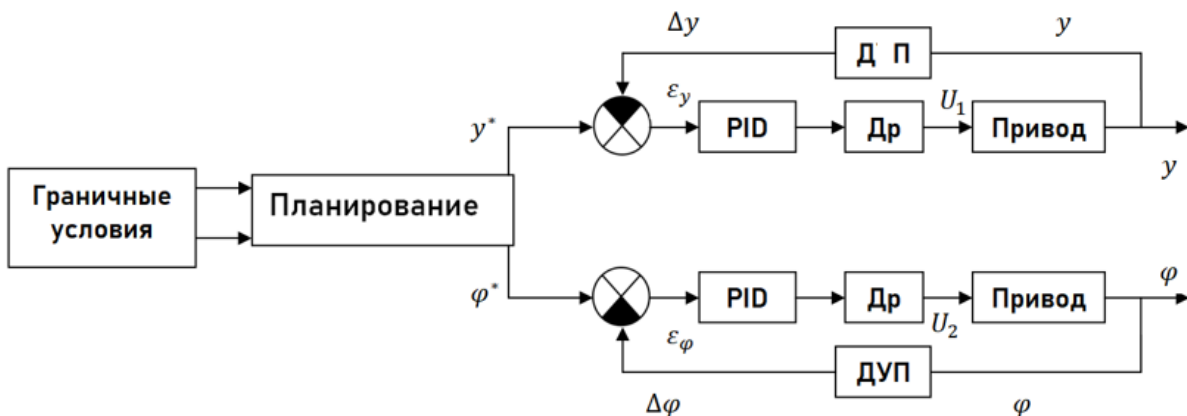


Рис. 2. Структурная схема многоканальной САУ

Разберем составленную структурную схему.



В блоке «Граничные условия» задаются параметры перемещения звена 1 и вращения звена 2, скорости этих движений.

В блоке «Планирование» на основе заданных условий формируются законы движения звеньев. На выходе блок выдает желаемые значения угла поворота звена 2 и перемещения звена 1.

Сформированные желаемые значения поступают на компаратор, сравниваются с сигналом обратной связи, формируя ошибку. Значение ошибки поступает на PID-регулятор. После регулировки, сигнал поступает на драйвер двигателя, преобразовываясь в управляющее напряжение. Значение напряжения подается на двигатель, который и реализует движение.

Выходными значениями системы являются реальные углы поворота и перемещения звеньев. Эти данные подаются считываются датчиками и подаются на компаратор в качестве обратной связи.

### Математическое моделирование САУ модуля спины

В данном пункте опишем блок планирования (рис. 2). Здесь стоит отметить, что мы изначально знаем скорости и амплитуды движения звеньев. Эти данные получены из анализа походки человека, в том числе и на собственном примере. Речь идет о значении перемещения поступательного звена (5 сантиметров относительно начального положения, в обе стороны), угла поворота вращательного звена (5 градусов относительно начального положения, в обе стороны), а также скорости (примем 1 полное колебание системы в 2 секунды).

Поскольку мы знаем движения, которые должны совершать звенья, а также амплитуду этих движений и скорость, можем сформировать два закона движения, оба из них будут представлять собой уравнения гармонических колебаний, так как подобный тип движения подходит для наших задач:

Для звена 1, совершающего поступательное движение:

$$y(t) = l + \Delta y \times \sin(\omega t), \quad (1)$$

где  $l = 0,1$  м;  $\Delta y$  – амплитуда отклонений звена от начального положения, равна 0,05 м.  $\omega = 2\pi n$ , где  $n$  – частота колебаний, равна 0,5.

Следуя записанному закону, звено будет совершать колебания на 5 см от начального положения. Период колебаний будет составлять 2 секунды.

Для звена 2, совершающего вращательное движение:

$$\varphi(t) = 10 \times \frac{\pi}{180} \times r \times \sin(\omega t), \quad (2)$$

где  $10 \times \frac{\pi}{180}$  – изменение угла в радианах;  $r$  – радиус окружности, по которой движется спина,  $\omega = 2\pi n$ ,

где  $n$  – частота колебаний, равна 0,5.

Следуя записанному закону, звено будет совершать колебания на 5 градусов от начального положения. Период колебаний будет составлять 2 секунды.

Подытожим вышесказанное: в блоке планирования формируются два закона, по которым совершается движение механизма. Выходными значениями блока являются желаемые величины угла поворота звена 2 и перемещения звена 1 –  $\varphi(t)^*$  и  $y(t)^*$  соответственно. Начальные и конечные условия мы узнали путем анализа походки человека.

Обратимся к MATLAB. Проведя симуляцию работы механизма, удалось получить график траектории точки А. В рамках моделирования была добавлена анимированная линия, являющейся траекторией движения точки А. Эта линия помечена красным цветом.

Результатом работы симуляции является следующая анимация (рис. 3).

На данном графике мы можем увидеть траекторию движения точки А. Синей линией обозначен радиус окружности, вокруг которой совершает вращение вращательное звено. Это было сделано для демонстрации того, что центр данной окружности совершает движение вдоль оси У.

Таким образом, на графике видно, что точка совершает как поступательное, так и вращательное движение, с заданной частотой и на заданную амплитуду, чего мы и добивались.

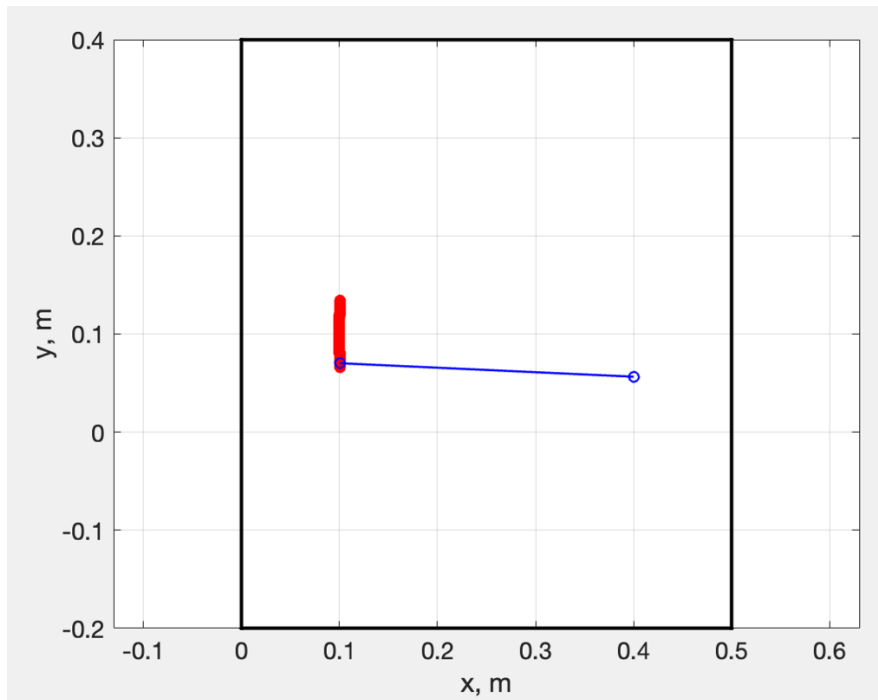


Рис. 3. Траектория движения точки А (красная линия)

**Список источников**

1. Лекция «Биомеханика ходьбы человека». URL: [https://www.youtube.com/watch?v = HGr5QK1A6yI&t = 4975s](https://www.youtube.com/watch?v=HGr5QK1A6yI&t=4975s) (дата обращения: 19.04.2023).
2. Экзоскелеты: моделирование движения экзоскелета нижних конечностей с учетом физиологических особенностей пациента / С. Ф. Яцун, А. С. Яцун, П. А. Безмен и др. // Университетская книга. 2017. 198 с.

УДК 621.039.526

**И. Д. Суфтин**

ученик 10-го класса школы № 379

**К. Р. Закирова, Ю. П. Кузьменко** – магистранты института киберфизических систем – научные руководители

## СТРУКТУРА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РЕАКТОРОМ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ И ПРИНЦИП ЕЕ РАБОТЫ

### Введение

В современном мире для деятельности человека нужна электроэнергия. И если в повседневной жизни мы используем приборы, которые потребляют небольшое количество электричества, то есть и те приборы, на которые затрачивается электроэнергия в большом количестве. Для обеспечения людей электричеством строятся различные виды электростанций со своими преимуществами и недостатками. Атомные электростанции (АЭС) являются перспективным направлением в энергетике. Они не загрязняют окружающую среду и обладают высокой эффективностью. При этом привычно используемые АЭС на тепловых нейтронах обладают недостатками. Во-первых, остро стоит вопрос утилизации отработавшего топлива. Во-вторых, количество изотопа урана-235, который обычно используется в реакторах на тепловых нейтронах, постоянно падает, при растущих потребностях потребителей. Попыткой решения данной проблемы может стать использование реакторов на быстрых нейтронах.

В атомной энергетике получение электричества идет таким же образом, как и в других тепловых способах генерации, отличие в том, что рабочее тело нагревается теплом контролируемой ядерной реакции. Эти реакции проводятся в специальных устройствах – ядерных реакторах. Реакторы можно разделить на два типа по методу проведения реакции: реакторы на быстрых нейтронах (БН-реакторы) и реакторы на медленных (тепловых) нейтронах. Традиционно используются реакторы на медленных нейтронах, так как они обладают меньшей стоимостью и более простой конструкцией. В настоящее время направление разработки и эксплуатации БН-реакторов является перспективным, поскольку их применение позволяет решить ряд проблем, связанных с решением проблем ядерных отходов [1], [2].

АЭС с БН-реактором представляет собой высокотехнологичную систему, включающую в себя разнообразные сооружения, системы управления, оборудование необходимое для осуществления контролируемых ядерных реакций и производства электроэнергии. Схема АЭС на БН-реакторах изображена на рис. 1.

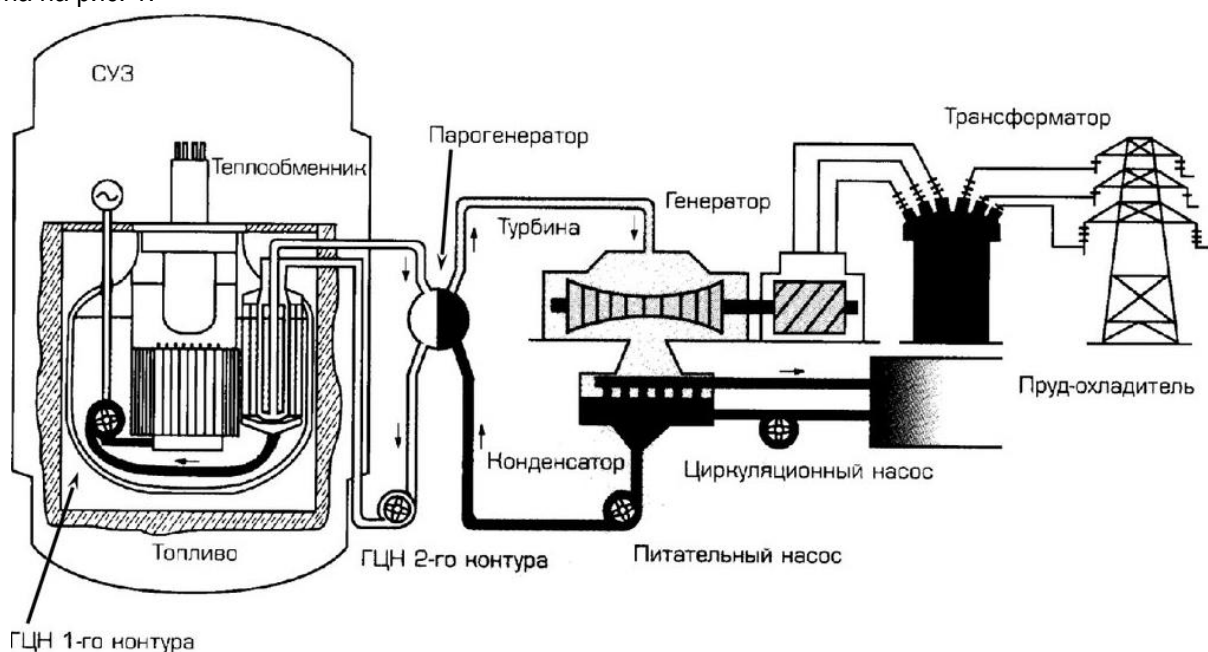


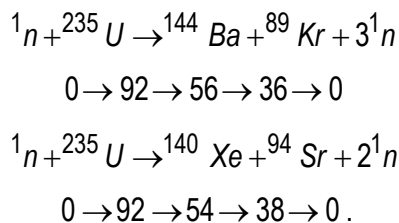
Рис. 1. Схема АЭС на БН-реакторе

С точки зрения процесса производства электроэнергии АЭС с реактором на быстрых нейтронах можно разделить на три основные составляющие части или контура. Каждый контур оснащен главным центральным насосом (ГЦН), который обеспечивает циркуляцию теплоносителя. Первый контур включает в себя БН-реактор, теплоноситель с ГЦН и оборудование для проведения безопасной контролируемой ядерной реакции. Теплоноситель первого контура, получая тепло от реактора, передает свое тепло теплоносителю второго контура. Теплообменник во втором контуре выполняет ключевую функцию передачи тепла. Этот процесс происходит через стенки теплообменника без прямого контакта между двумя теплоносителями. В третьем контуре теплоноситель приводит в движение турбину электрогенератора, который преобразует тепловую энергию в электроэнергию. После теплоноситель попадает в градирню, где он охлаждается за счет испарения. Далее охлажденный теплоноситель возвращается в теплообменник и весь процесс повторяется [1], [2].

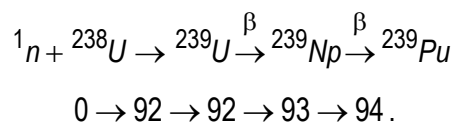
В реакторах на тепловых нейтронах обычно в качестве теплоносителя используется обычная или тяжелая вода. Однако для работы БН-реакторов вода не подходит из-за своего свойства замедлять нейтроны. Поэтому в первом и во втором контуре стали применять чаще всего натрий, в третьем контуре в качестве теплоносителя используется вода [1], [2].

Натрий является эффективным теплоносителем, но при взаимодействии с водой может вызвать взрыв. Более того, натрий становится радиоактивным при работе в первом контуре. Для предотвращения печальных последствий такого взаимодействия и упрощения контроля за безопасностью на АЭС применяется промежуточный натриевый контур, в котором натрий не становится радиоактивным. Это также позволяет учитывать различия в давлении между первым контуром и водой, направляющей к турбине, что предотвращает попадание воды в натриевый контур при разгерметизации.

Ядерные реакторы на быстрых нейтронах имеют две зоны: активная и зона воспроизводства. В активной зоне находятся: топливо (уран-235), теплоноситель (жидкость, которая переносит тепло из реактора к второму контуру). В ней происходят процессы деления урана-235. Таким образом, высвобождается энергия и образуются новые нейтроны, которые сталкиваются с другими ядрами урана, тем самым продолжая ядерную реакцию [1], [2]. Примеры ядерных реакций с делением урана-235, происходящих в активной зоне, приведены ниже:

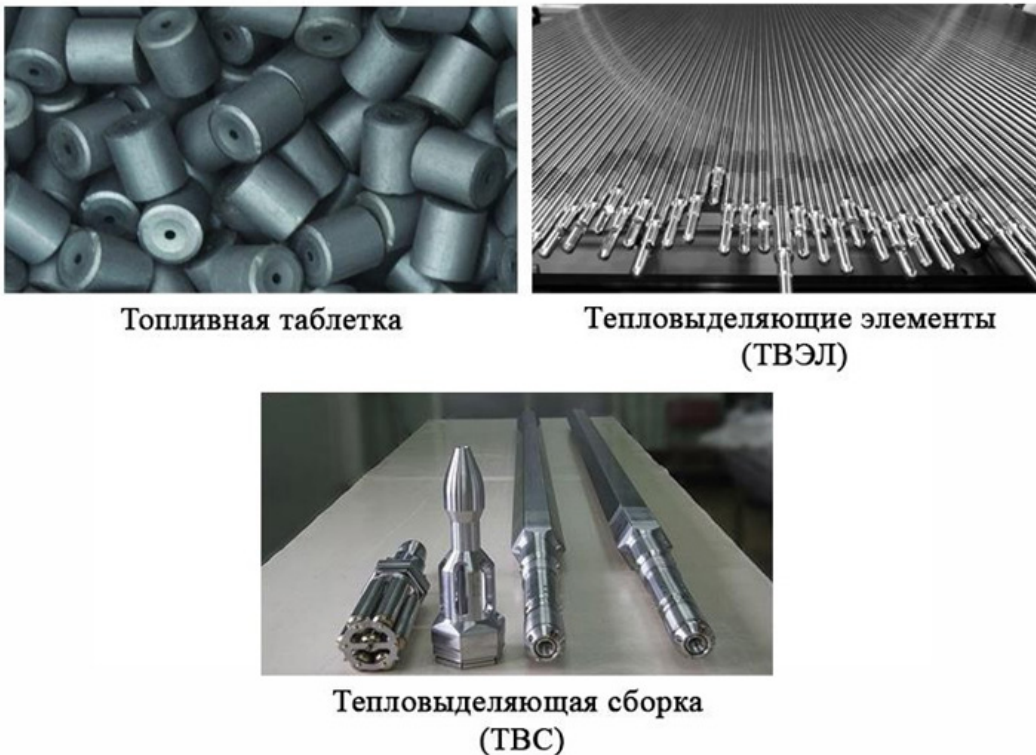


Если активная зона является ядром БН-реактора, то зона воспроизводства является областью, которая обволакивает собой это ядро. В зону воспроизводства помещают уран-238, ядра которого «захватывают» испускающиеся из активной зоны быстрые нейтроны. Начинается деление его ядер с высвобождением огромного количества энергии, в процессе которого из урана-238 образуется плутоний-239. Далее получившийся плутоний-239 можно ввести активную зону реактора на быстрых нейтронах как топливо, либо смешивая с ураном-235 (смесь диоксидов урана-235 и плутония-239 называется МОХ-топливо) вводить в активные зоны тепловых реакторов. Создание МОХ-топлива происходит с помощью радиохимической обработки [1]. Формула ядерной реакции урана-238:



Изотопы урана для использования в реакторе должны пройти этап «упаковывания» в тепловыделяющие сборки (ТВС). Сперва из диоксида урана делают топливную таблетку. Далее эти урановые таблетки помещают в тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ). ТВЭЛ – это герметичная металлическая трубка из циркониевого сплава, в которой находятся цилиндрические таблетки из диоксида урана, уже прошедшие процедуру спекания при температуре 1200 градусов. Затем ТВЭЛ собирают в шестигран-

ные кассеты – тепловыделяющие сборки (ТВС). Таблетки из диоксида урана, ТВЭЛ и ТВС изображены на рис. 2.



Топливная таблетка

Тепловыделяющие элементы  
(ТВЭЛ)

Тепловыделяющая сборка  
(ТВС)

Рис. 2. Изображение ТВЭЛ, ТВС и таблетки урана-238

### Примеры реакторов на быстрых нейтронах

Всего в мире только два действующих БН-реактора, которые находятся в России на Белоярской АЭС (Свердловская область, вблизи г. Заречный). Разберемся в названии реакторов. БН – это обозначение типа реактора (т. е. на быстрых нейтронах); 600 или 800 – это электрическая мощность реактора (в МВт) [4]–[6].

Одной из важнейших установок, которая показывает работоспособность БН-реакторов и возможности развития этой технологии, является БН-600 (блок № 3 Белоярской АЭС). На текущий момент этот реактор обеспечивает потребителей электроэнергией более 40 лет. Строительство реактора начали в 1969 году и реактор был запущен в 1980 году. В 2010 году госкорпорация «Росатом» продлила срок службы до 2025 года. Геометрически реактор представляет собой стакан корпус которого имеет высоту 12,8 м и высоту 12,5 м. Активная зона имеет диаметр 2,05 м и высоту 0,75 м [4], [5].

Следующим шагом является реактор БН-800, в настоящее время это самый мощный реактор на быстрых нейтронах. Строительство было закончено в декабре 2015 года. В этом реакторе развиваются принципы, заложенные в БН-600. Цель проекта БН-800 является отработка технологии замкнутого топливного цикла [4], [6].

В будущем планируется запустить реактор БН-1200, который должен стать дополнением к уже существующим реакторам на тепловых нейтронах ВВЭР-1200 и полностью реализовать концепцию замкнутого топливного цикла.

### Заключение

В наши дни реакторы на быстрых нейтронах – это передовая технология в мире АЭС. Применение таких реакторов позволяет реализовать весь потенциал, заложенный в ядерную энергетику и решить проблемы, которые не поддаются тривиальным решениям.

Проекты реакторов БН-600 и БН-800 позволили подтвердить многие гипотезы, созданные в период бурного развития атомной энергетики. Применение таких реакторов имеет огромные перспективы

для коммерческой генерации электроэнергии. Это позволит использовать чистую для окружающей среды электроэнергию в течение десятилетий.

Резюмируя, можно сделать вывод о том, что БН реакторы – это состоятельная и перспективная технология, имеющая как научную, так и техническую новизну. Их главным преимуществом будет высокий коэффициент «дожига» топлива, что позволяет при тех же затратах вырабатывать больше энергии, при существенном снижении отходов. Необходимо продолжать исследования в области реакторов на быстрых нейтронах для достижения все больших высот технологичности и чистоты генерации энергии.

### Список источников

1. Мусский С. А. Сто великих чудес техники. М.: Вече, 2005. 427 с.
2. Волков И. Реакторы на быстрых нейтронах. URL: [http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/nphm/05\\_tt.htm](http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/nphm/05_tt.htm) (дата обращения: 01.03.2024).
3. Секреты ядерного топлива // ТВЭЛ. ТАСС. URL: <https://tvel.tass.ru> (дата обращения: 08.03.2024).
4. Быстрое семейство. Гид по реакторным установкам БН с натриевым теплоносителем // Росатом история. URL: <https://atomvestnik.ru/2022/08/03/bystroe-semejstvo/> (дата обращения: 27.03.2024).
5. Баканов М. В. Решение научно-технических задач эксплуатации быстрых реакторов – от БН-600 к БН-800. URL: [http://www.reamntk.ru/mediafiles/u/files/2014/Plenar/Nosov\\_YU.V.pdf](http://www.reamntk.ru/mediafiles/u/files/2014/Plenar/Nosov_YU.V.pdf) (дата обращения: 21.03.2024).
6. БН-800. Реактор-великомученик // Росатом история. URL: <https://www.biblioatom.ru/core-systems/nuclear-reactors/bn-800/> (дата обращения: 27.03.2024).

УДК 629.7.064

**И. В. Сухоруков**

ученик 10-го класса ГБОУ лицея № 144

**А. Д. Горюнов, М. И. Козулин** – магистры кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. АНАЛИЗ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ГЕНЕРАЦИЮ ЭНЕРГИИ НА БОРТУ САМОЛЕТОВ**

Бортовая система электроснабжения летательного аппарата – это комплекс оборудования, предназначенного для обеспечения электроснабжения всех электрических и электронных систем, агрегатов и приборов на борту летательного аппарата. Она отвечает за выработку, передачу и регулирование подачи электроэнергии необходимой мощности и напряжения на всех этапах полета, включая взлет, крейсерский полет и посадку.

Основными функциями бортовой системы электроснабжения являются: обеспечение электропитания всех систем и агрегатов на борту, таких как двигатели, навигационное оборудование, системы связи и управления, освещение и другие вспомогательные системы, а также обеспечение надежной и стабильной работы всех компонентов системы электроснабжения, включая генераторы, аккумуляторы, инверторы, преобразователи напряжения, системы защиты от перегрузок и коротких замыканий, возможность быстрой замены или ремонта любого компонента системы без остановки работы всего летательного аппарата и без нарушения работоспособности других систем.

Бортовая система электроснабжения должна обеспечивать автоматический переход между источниками питания (например, от основных генераторов к резервным) в случае отказа одного из них, а также обеспечение возможности регулирования напряжения и частоты тока в соответствии с требованиями различных систем и устройств на борту.

**Свойства систем электроэнергии на борту самолетов**

Системы генерации электроэнергии на борту самолетов являются важными аспектами авиационной отрасли по следующим причинам:

1) генерация электроэнергии на борту самолета необходима для обеспечения работы всех бортовых систем, таких как системы управления самолетом, навигационное оборудование, системы связи и так далее. Неисправная, непостоянная работа столь важных систем летательного аппарата может привести к крайне последствиям;

2) генераторы электроэнергии могут работать на том же топливе, что и двигатели самолета, это позволяет экономить авиационное топливо. Это особенно важно для дальних перелетов, где экономия топлива может значительно снизить стоимость полета;

3) генерация электричества на борту позволяет самолетам быть независимыми от наземных электростанций и других источников питания. Это актуально для аэропортов, где нет возможности подключения к электросети, или в случае чрезвычайных ситуаций, когда наземные источники могут быть недоступны;

4) наличие электроэнергии на борту позволяет использовать различные устройства, такие как персональные компьютеры, смартфоны и планшеты, что повышает комфорт пассажиров во время полета;

5) эффективная генерация и использование электроэнергии на борту снижает затраты на эксплуатацию самолетов, что, в свою очередь, улучшает общую эффективность работы авиакомпаний.

В целом, системы генерации электроэнергии на борту воздушных судов являются критически важными компонентами, обеспечивающими безопасность, комфорт и эффективность авиаперевозок.

Существует несколько методов генерации электроэнергии на борту самолетов. Основные источники энергии включают в себя генераторы переменного тока (AC) и генераторы постоянного тока (DC). Генераторы переменного тока обычно используются для питания бортовых систем, в то время как генераторы постоянного тока используются для зарядки аккумуляторов и питания некоторых систем [1].

## Системы генерации электроэнергии на борту самолетов

### **Вспомогательные силовые установки ВСУ**

Вспомогательные силовые установки (ВСУ) на некоторых самолетах могут использоваться для генерации энергии. ВСУ представлен на рис. 1.

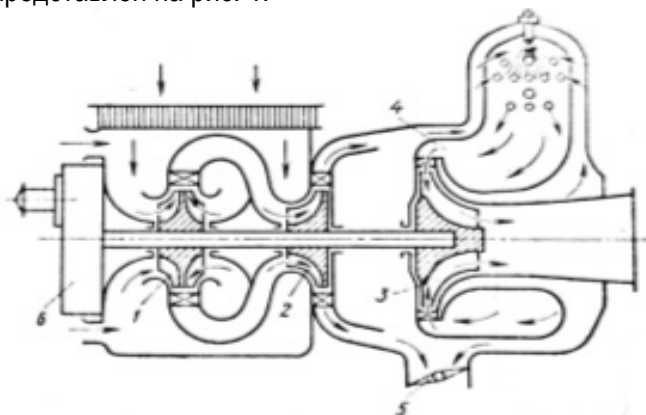


Рис. 1. Вспомогательная силовая установка

ВСУ представляют собой небольшие газовые турбины, которые могут обеспечивать самолет энергией на земле, когда основные двигатели отключены. Этот источник энергии может быть полезен на длительных стоянках или при техническом обслуживании самолета.

Принцип работы системы генерации электроэнергии ВСУ в общем виде выглядит следующим образом:

- 1) ВСУ оснащен собственным двигателем, который обычно является газотурбинным. При запуске двигатель начинает работу, используя топливо для создания механической энергии;
- 2) механическая энергия, созданная работающим двигателем, передается на генератор, который преобразует ее в электрическую энергию переменного тока;
- 3) сгенерированный электрический ток направляется на питание вспомогательных систем и устройств на борту, таких как освещение, системы коммуникации, отопление, кондиционирование воздуха, системы навигации и другие;
- 4) система управления ВСУ следит за потребностью в электроэнергии и регулирует работу двигателя и генератора в соответствии с текущей загрузкой на системы питания.

### **Характеристики вспомогательной силовой установки**

ВСУ является автономной системой, способной работать независимо от основных источников энергии, таких как двигатели транспортного средства. Она предназначена для обеспечения электрического питания вспомогательным устройствам в случае отключения основных двигателей или при стоянке в аэропорту.

Система генерации электроэнергии вспомогательных силовых установок обладает высокой надежностью и стабильностью работы. Ее конструкция и компоненты проектируются с целью обеспечить бесперебойное электропитание вспомогательным устройствам на борту транспортного средства.

ВСУ обеспечивает эффективную генерацию электроэнергии, минимальный расход топлива и оптимальную работу системы генерации для обеспечения нужного уровня электропитания.

Система управления ВСУ обычно оснащена механизмами для мониторинга и регулирования нагрузки, что позволяет оптимизировать работу двигателя и генератора в зависимости от потребности в электроэнергии.

Система генерации электроэнергии вспомогательных силовых установок имеет определенные технические характеристики, такие как мощность генератора, тип используемого топлива, эффективность системы охлаждения и другие [2].

### **Генераторы переменного тока и постоянного тока**

Генераторы переменного тока и постоянного тока, используемые в качестве источников энергии на борту самолетов, являются ключевыми компонентами электрической системы самолета. Они обес-



печивают питание для всех бортовых систем, включая навигационные приборы, системы управления полетом, шасси и внутреннее освещение.

Генераторы переменного тока обычно используются в больших коммерческих самолетах и представляют собой трехфазные генераторы, способные производить переменный ток с частотой 400 Гц и напряжением 115 В. Они приводятся в действие авиационными двигателями через редукторы и обеспечивают питание основной электрической системы самолета, которая включает в себя питание всех основных систем и оборудования. Генератор переменного тока представлен на рис. 2.

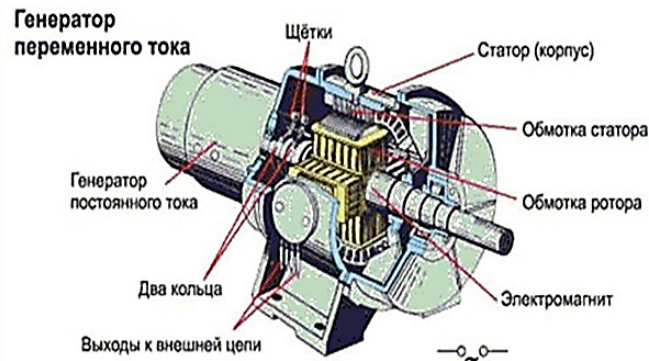


Рис. 2. Генератор переменного тока

Генераторы постоянного тока используются для питания критически важных систем, таких как система управления двигателем, система антиблокировки тормозов, система противообледенения и система управления закрылками. Эти генераторы работают с напряжением 28 В и приводятся в действие через приводные ремни от двигателей самолета или с помощью электродвигателей. Генератор переменного тока представлен на рис. 3.

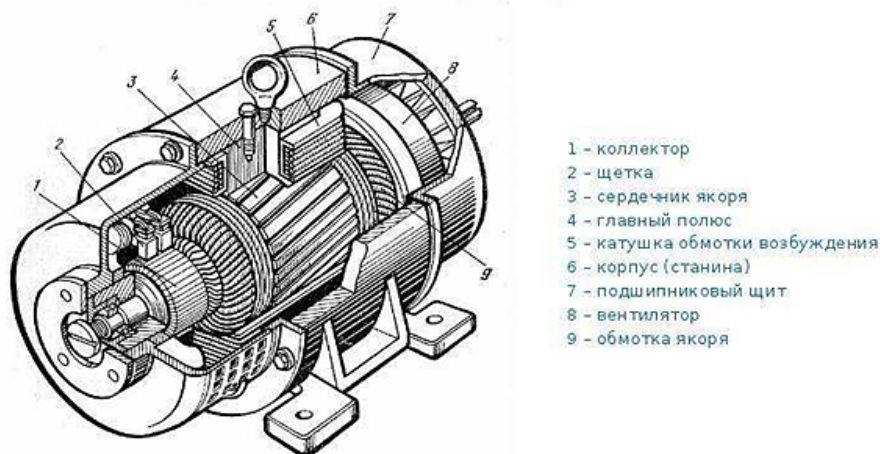


Рис. 3. Генератор постоянного тока

Оба типа генераторов работают на основе принципа электромагнитной индукции, где магнитное поле, создаваемое электромагнитами, взаимодействует с проводником, движущимся в этом поле, чтобы создать электродвижущую силу (ЭДС).

Вращающиеся магнитные поля создаются электромагнитами для создания переменного магнитного поля, которое взаимодействует с обмотками генератора для генерации напряжения и тока.

В целом, генераторы переменного и постоянного тока играют ключевую роль в обеспечении энергией различных систем самолета и являются важными компонентами его электрической системы.

### Характеристики генераторов переменного тока

Основные характеристики генераторов переменного тока включают:

- 1) генераторы переменного тока способны вырабатывать мощность от нескольких десятков до нескольких сотен киловатт, что достаточно для обеспечения питания всех систем самолета;
- 2) благодаря своей простой конструкции и отсутствию подвижных частей генераторы переменного тока обладают высокой надежностью и продолжительным сроком службы;
- 3) генераторы переменного тока хорошо приспособлены для работы на больших высотах, где плотность воздуха значительно ниже, и способны обеспечивать высокую эффективность преобразования механической энергии в электрическую.

### Характеристики генераторов постоянного тока

В некоторых случаях на борту самолета могут использоваться генераторы постоянного тока, особенно на небольших воздушных судах или военной авиации. Они обеспечивают прямой источник постоянного тока для определенных систем, например, систем авионики.

Отличительные особенности генераторов постоянного тока:

- 1) генераторы постоянного тока обычно меньше и легче, чем их аналоги переменного тока, что делает их идеальными для использования на небольших самолетах;
- 2) генераторы постоянного тока обеспечивают более стабильное напряжение по сравнению с генераторами переменного тока;
- 3) генераторы постоянного тока позволяют обеспечивать питание конкретных систем без необходимости преобразования энергии в переменный ток. Однако генераторы постоянного тока имеют и ряд недостатков, таких как более высокая стоимость и сложность обслуживания, а также ограниченная мощность по сравнению с генераторами переменного тока [3].

### Альтернативные источники электроэнергии

В качестве альтернативы традиционным генераторам в некоторых самолетах используются топливные элементы. Топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива, такого как водород, и кислорода из воздуха в электричество. Эта технология обеспечивает чистое и тихое производство энергии, без шума и вибрации, которые характерны для традиционных генераторов.

Кроме того, некоторые самолеты также используют солнечные батареи для генерации энергии, принцип работы которых заключается в следующем. Пример самолета с солнечными батареями представлен на рис. 4.

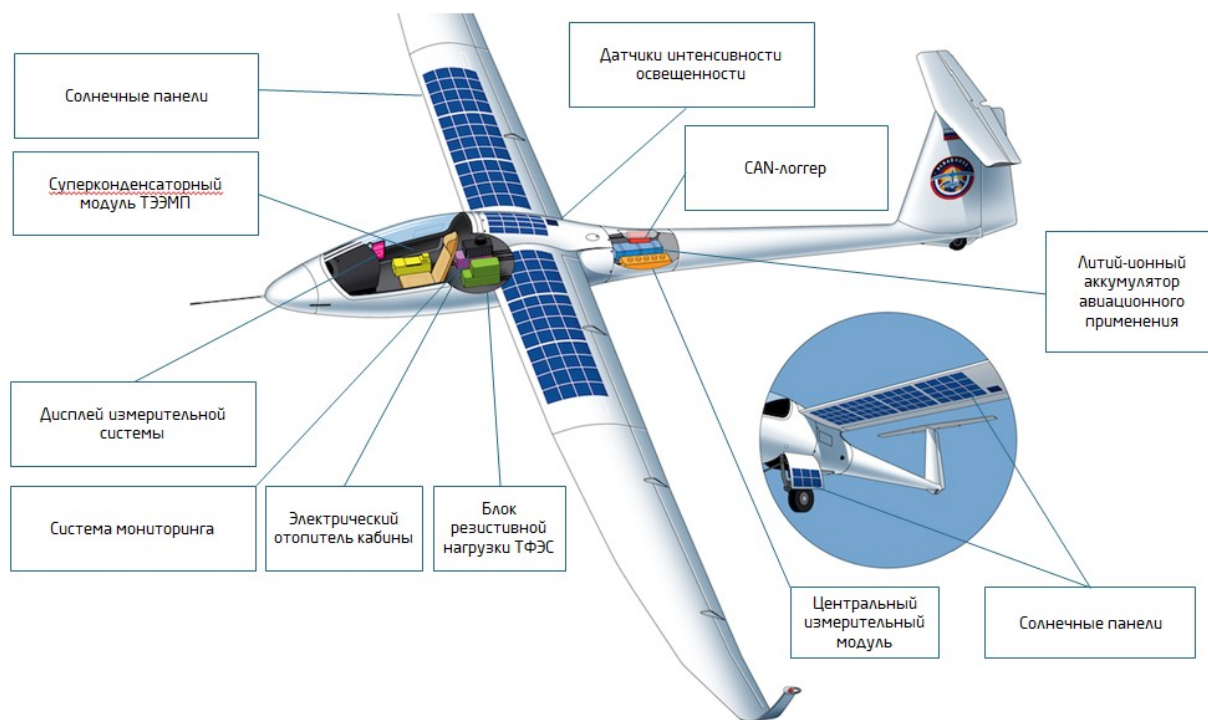


Рис. 4. Самолет, использующий солнечные панели

Солнечные батареи используют фотоэлектрический эффект для преобразования солнечной энергии в электричество. Этот эффект заключается в том, что при попадании солнечных фотонов на полупроводниковый материал преобразовывает световую энергию в электрический ток.

Хотя их эффективность может быть ограничена из-за ограниченного количества солнечного света на большой высоте, они могут быть полезны для обеспечения дополнительной энергии в течение коротких периодов времени. Несмотря на эти альтернативные источники энергии, традиционные генераторы переменного и постоянного тока по-прежнему играют ключевую роль в питании большинства систем самолета [4].

### Приборы для анализа, распределительные сети, защита

#### Распределительные сети

Распределительные сети на борту самолета служат для обеспечения электроэнергией всех систем и оборудования на борту воздушного судна. Они имеют сложную структуру, их задача – обеспечить надежное распределение электроэнергии от генераторов к различным системам самолета. Пример распределительной сети представлен на рис. 5.

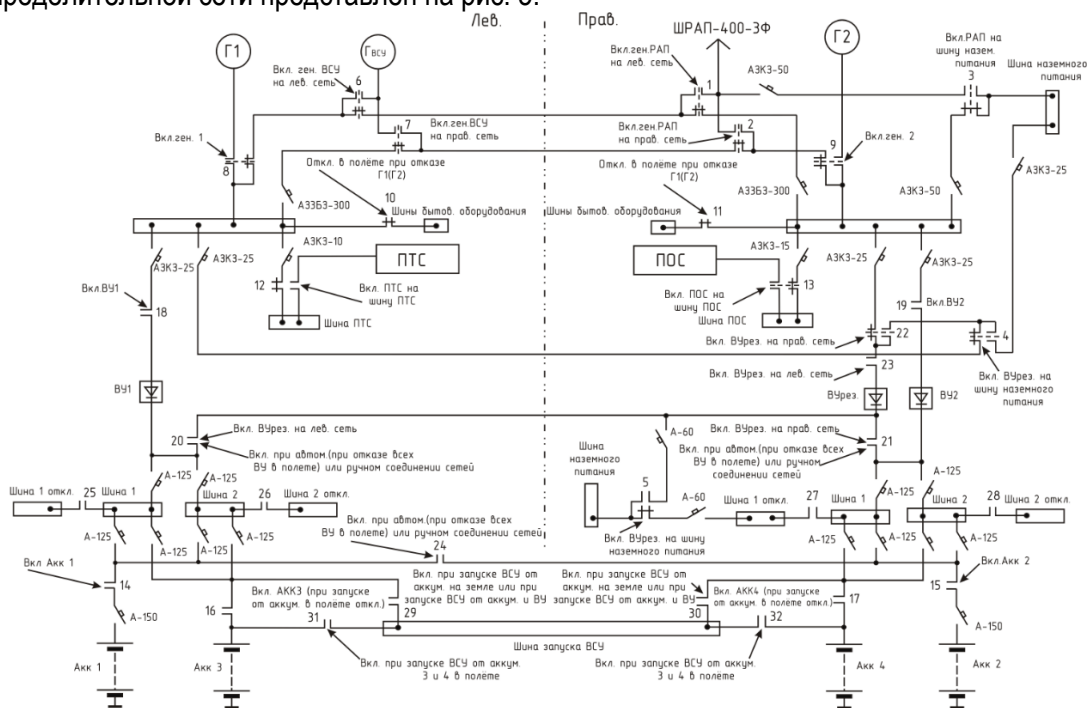


Рис. 5. Распределительная схема питания самолета

Основные элементы распределительных сетей на борту самолета включают:

- главные распределительные панели: центральные пункты, где осуществляется распределение и контроль электроэнергии. Здесь происходит подключение генераторов, питание основных систем, резервных и аварийных источников питания;
- электропроводка: сеть электрических проводов, кабелей и соединений, которые переносят энергию от генераторов к различным потребителям на борту самолета;
- распределительные щиты: устройства для защиты и контроля электрических цепей, а также для управления энергией, напряжением и частотой;
- трансформаторы: устройства для изменения напряжения для соответствия потребностям различных систем на борту самолета;
- регуляторы напряжения и частоты: устройства, обеспечивающие стабильное напряжение и частоту электроэнергии, необходимые для безопасной и надежной работы систем самолета.

Распределительные сети на борту самолета строго контролируются и подвергаются регулярным проверкам и обслуживанию, чтобы обеспечить безопасную и эффективную работу самолета. В

случае помех или аварийных ситуаций в сетях предусмотрены резервные и аварийные источники питания для обеспечения работоспособности систем самолета.

### **Аппараты защиты**

Для защиты систем генерации на борту самолета применяются различные аппараты, такие как предохранители, тепловые автоматы и дифференциально-минимальные реле.

Предохранители используются для защиты от перегрузок и короткого замыкания. Тепловые автоматы обеспечивают защиту сети и источников питания от перегрузок и аварийных ситуаций.

Дифференциально-минимальные реле, аппараты защиты и управления, служат для защиты источников постоянного тока от обратного тока и коротких замыканий. Эти аппараты защиты обеспечивают безопасную и надежную работу систем генерации на борту самолета, предотвращая повреждения оборудования и обеспечивая бесперебойную работу самолета во время полета.

В дифференциальной защите переменного тока и в дифференциально-минимальных реле (ДМР) используются специальные обмотки, намотанные на общий сердечник. Подача плюса на контрольную обмотку ДМР вызывает отключение поляризованного контакта, а подача плюса на возвратную обмотку включает этот контакт.

Блоки трансформаторов тока в защите генераторов переменного тока действуют аналогично ДМР. Они объединены в корпусе и установлены как в генераторе, так и в распределительном устройстве. Если ток, потребляемый устройством, равен току, вырабатываемому генератором, результирующий ток трансформаторов равен нулю, что срабатывает блок защиты.

Такие методы обеспечивают надежную и эффективную защиту генераторов и электрических систем от короткого замыкания и перегрузок.

### **Заключение**

Энергетические системы на борту самолета обеспечивают постоянную и исправную работу жизненно необходимых систем, ВСУ и бортового оборудования, которые различаются по принципу действия и потребления различного топлива. Для комфортного пребывания человека на борту энергия необходима в виде тепла и света.

Сейчас у самолетов появилось и наружное освещение в виде специальных фар, которые могут служить для самых разных целей. Все самолеты оборудованы бортовыми габаритными, аэронавигационными и импульсивными огнями, что спасает жизни людей от воздушных столкновений, которые особенно опасны вблизи аэропортов. Все эти элементы устанавливаются на летательный аппарат в соответствии с определенными международными стандартами. Они должны быть видимы из любой точки сферы, центром которой является самолет. При этом на пассажирских самолетах импульсивные огни размещаются так, чтобы уменьшить отражение от вспышек света на крыльях, создающее у пассажиров впечатление пожара [8].

В результате проведенного анализа систем генерирования электроэнергии летательных аппаратов очевидно, что безопасность, эффективность и надежность данных систем имеют первостепенное значение для успешного функционирования воздушных судов. От современных требований к авиационной безопасности до постоянного стремления к снижению эксплуатационных расходов, системы генерирования электроэнергии продолжают играть важную роль в развитии авиационной промышленности.

Важно также отметить, что постоянное внедрение новых технологий и разработок в области энергетики на борту самолетов способствует улучшению производительности и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Это открывает новые перспективы для авиационной индустрии и подчеркивает необходимость постоянного совершенствования систем генерации электроэнергии в летательных аппаратах.

Данный анализ подчеркивает важность дальнейшего исследования и развития систем генерирования электроэнергии в авиации, с учетом современных тенденций и требований к авиационной безопасности. Расширение знаний в этой области и внедрение новых технологий будут способствовать созданию более эффективных, безопасных и экологически чистых систем генерации электроэнергии, отвечающих потребностям современной авиации.

**Список источников**

1. Чекашов Е. О. Выработка электроэнергии на гражданских воздушных судах. 2023. № 10 (457). С. 28–30. URL: <https://moluch.ru/archive/457/100631/> (дата обращения: 13.03.2024).
2. ГАОУ ВО ЛО Бокситогорский институт. Бортовые энергетические системы летательных аппаратов. URL: <https://studfile.net/preview/6711193/page:83/> (дата обращения: 16.03.2024).
3. Ассоциация «Открытая наука». Авиационные генераторы. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aviatsionnye-generatory/viewer> (дата обращения: 19.03.2024).
4. Ассоциация «Открытая наука». Применение солнечных батарей в авиации. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-solnechnyh-batarey-v-aviatsii/viewer> (дата обращения: 19.03.2024).
5. Измерительный центр «Мератест». Применение амперметров. URL: [https://www.meratest.ru/articles/shto\\_takoe\\_ampmetr](https://www.meratest.ru/articles/shto_takoe_ampmetr) (дата обращения: 20.03.2024).
6. Измерительный центр «Мератест». Назначение и принцип работы вольтметров. URL: [https://www.meratest.ru/articles/printsip\\_raboti\\_voltmetrov/](https://www.meratest.ru/articles/printsip_raboti_voltmetrov/) (дата обращения: 20.03.2024).
7. ГАОУ ВО ЛО Бокситогорский институт. Измерение частоты переменного тока. URL: <https://studfile.net/preview/7091466/page:93/> (дата обращения: 20.03.2024).
8. Ассоциация «Открытая наука». Бортовая система электроснабжения летательных аппаратов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bortovaya-sistema-elektrosnabzheniya-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 25.03.2024).

УДК 004.588:004.056

**Д. В. Тюшев**

студент кафедры информационной безопасности

**С. Г. Фомичева** – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель

## АНАЛИЗ ЭКОСИСТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ УГРОЗ

Рассмотрены киберполигоны, разработанные как в Российской Федерации, так и в зарубежных компаниях. Также проведено аналитическое сравнение функциональности киберполигонов, указаны их достоинства и недостатки.

### Введение

Информационная безопасность является важной частью современной жизни. Это касается не только уровня отдельно взятых людей, но и уровня государств. Ведь в стране при низком уровне развития средств защиты информации и информационной безопасности в целом может возникнуть много инцидентов, связанных с утечкой секретных данных разведке недружеских стран. Эти утечки могут не только подрвать обороноспособность страны, но и парализовать всю информационную инфраструктуру.

Для повышения уровня защищенности страны необходимо, чтобы выпускники, чьи специальности связаны с информационной безопасностью, покидали университет, имея не только теоретические, но и практические навыки атаки и защиты уязвимостей. Получение таких навыков можно реализовать, используя виртуальные лаборатории, – киберполигоны, собрав на их платформе разные сетевые инфраструктуры с соответствующими типичными уязвимостями.

Однако использование таких киберполигонов финансово и ресурсно высоко затратно и не всегда удобно. В частности, типичной является ситуация, когда для использования ресурсов киберполигона от обучающегося требуется чрезвычайно высокая «порог вхождения». Для облегчения создания тренировок рамках киберполигона можно использовать интуитивно понятный web-интерфейс. Он ускорит и сделает комфортнее процесс создания и подключения студентов. Также его можно использовать, не вникая глубоко в схему виртуальной лаборатории, что снижает входной порог знаний и навыков, и увеличивает количество обучающихся, которые смогут пройти тренировки.

Приведем результаты сравнения существующих киберполигонов в контексте их основной функциональности [1]–[5].

### Мировой рынок киберполигонов

Первые зарубежные киберполигоны были предназначены для обучения военных защите от кибератак. Платформа, на которой Агентство национальной безопасности США с 2001 года проводит учения, считается первым киберполигоном в истории. В 2014 году была представлена система «The National Cyber Range», разработанная в США, которая является одним из самых популярных зарубежных киберполигонов. Ее развитие – результат слаженной работы университета Джонса Хопкинса и корпорации «Lockheed Martin». С 2010 года НАТО регулярно проводит киберучения «Locked Shields», на которых в 2023 году было более 3000 участников из 38 стран.

### Российский рынок киберполигонов

В России рынок полигонов не такой насыщенный, хотя постоянно развивается. Основные причины – национальные программы, направленные на развитие информационных технологий и кибербезопасности, а также цифровизацию экономики РФ. Также развиваются и сами процессы киберучений. Так, например, это могут быть продукты для обучения, такие как «Ampire», или крупные мероприятия – «The Standoff», который проходит ежегодно или «Cyber Polygon» от компании «BI. ZONE».

Рассмотрим подробнее некоторые из них:

- «Ampire» от компании «Перспективный мониторинг»)

Киберполигон «Аmpire» представляет комплекс, способный эмулировать стандартные структуры организаций, такие как банки, промышленные предприятия, офисы и др., и моделировать потенциальные векторы атак на них. Этот инновационный комплекс включает в себя разнообразные типовые модели сетей организаций (шаблоны), с возможностью индивидуальной разработки новых шаблонов в соответствии с запросами клиентов.

Сценарии атак регулярно обновляются и усовершенствуются на основе практического опыта компании «Перспективный мониторинг», полученного в ходе анализа защищенности клиентов. Модель «Security Operations Center» (SOC), представленная на этой платформе, также разработана на основе многолетнего опыта сотрудничества компании с заказчиками.

В 2020 году платформа «Аmpire» была дополнена новой функциональностью, позволяющей проводить разнообразные формы обучения, охватывающие как групповые тренировки, так и индивидуальное обучение. Среди них анализ безопасности и аудит IT-инфраструктуры виртуальных организаций, концепция «Red Team» и «Blue Team» для противодействия реальным нарушителям, а также лабораторные работы по настройке средств безопасности и прикладных сервисов.

«Аmpire» представляет собой инновационный комплекс, предоставляемый в форме программно-аппаратного комплекса и облачной платформы. Кроме того, специально разработана мобильная версия киберполигона, предназначенная для проведения выездных тренингов

- Национальный киберполигон и платформа «Кибермир» от компании «Ростелеком»

Национальный киберполигон и платформа «Кибермир» были разработаны ведущей компанией «Ростелеком» на основе уникальных знаний и опыта ее дочерней структуры, «Ростелеком-Солар», в рамках программы «Цифровая экономика». Эта передовая инициатива предназначена для самой разнообразной аудитории: от специалистов по информационной безопасности из различных отраслей промышленности до представителей государственных ведомств, а также студентов и преподавателей образовательных учреждений.

«Кибермир» – не просто платформа, это высокотехнологичное решение, обладающее цифровыми копиями информационно-технологических инфраструктур ключевых секторов российской экономики. Эта платформа позволяет безопасно разрабатывать и усовершенствовать навыки по защите от киберугроз. Национальный киберполигон предоставляет доступ в течение всего года, благодаря встроенным шаблонам типовых предприятий, избавляя пользователей от необходимости настраивать инфраструктуру полигонов «с нуля».

Киберполигон разделен на четыре сегмента: корпоративный офис, электроэнергетический сегмент, нефтегазовый сектор и банковский сектор. Каждый из них эмулирует типовые структуры и инфраструктуры соответствующих отраслей, создавая реалистичное окружение для практического обучения. Не останавливаясь на достигнутом, к 2024 году планируется расширить киберполигон более чем 10 новыми сегментами, подчеркивая постоянное стремление к развитию и инновациям.

В рамках Национального киберполигона и платформы «Кибермир» действует лаборатория по тестированию, предоставляющая возможность проверки программного обеспечения и устройств, включая промышленные, на предмет выявления потенциальных уязвимостей. Это дополнительное обеспечение безопасности, подчеркивающее всесторонний и проактивный подход к обеспечению цифровой безопасности (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение киберполигонов «Аmpire» и «Кибермир»**

Критерий	«Аmpire»	«Кибермир»
Условия приобретения	Возможность аренды и приобретения программно-аппаратного комплекса, а также возможность использования мобильной версии платформы. «Аmpire» также легко интегрируется с облачной инфраструктурой, предоставляя максимальную гибкость в выборе условий обслуживания	Минимальный срок действия лицензии от 1 года, также возможны варианты покупки бессрочных лицензий.

## МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Критерий	«Аmpire»	«Кибермир»
Инфраструктура	Способен эмулировать стандартные структуры организаций, такие как банки, промышленные предприятия, офисы и др.	Разделен на четыре сегмента: корпоративный офис, электроэнергетический сегмент, нефтегазовый сектор и банковский сектор. Каждый из них эмулирует типовые структуры и инфраструктуры соответствующих отраслей
Формирование перечня угроз	Продукт основан на практических работах компании в области пентестов и построения «Security Operations Center» (SOC)	Сценарии атак создаются на основе последних методик злоумышленников, активно обнаруживаемых выдающимся Центром Реагирования на Кибератаки – «Solar JSOC»
Отслеживание прогресса обучения	ПК «Аmpire» позволяет проводить как индивидуальную оценку обучаемых, так и групповую. Оценку выставляет преподаватель	По завершению тренировок формируется уникальная матрица навыков, выступающая в качестве основы для разработки индивидуального плана развития каждого специалиста

### Заключение

В связи с развитием информационных технологий все большему числу компаний, особенно крупных, потребуется обучение специалистов по безопасности. Это сильно увеличит спрос на экосистемы исследования внешних и внутренних угроз. Следовательно, на рынке появится все большее количество киберполигонов, вебинтерфейсы которых будут отличаться в зависимости от взгляда компании на процесс обучения и типа проведения тренировок. Но не стоит забывать, что учения имеют смысл только при комплексном подходе. Для этого специалисты должны изучить как теорию о используемых инструментах, так и общие знания об атаках и защите от них.

### Список источников

1. Что такое Киберполигон. URL: <https://habr.com/ru/articles/80586/> (дата обращения: 10.03.2024).
2. Обзор киберполигонов и испытательных стендов: текущие и будущие тенденции. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33322224/> (дата обращения: 10.03.2024).
3. Киберполигон Ampire. URL: <https://amonitoring.ru/product/ampire/> (дата обращения: 10.03.2024).
4. КИБЕРМИР – Национальный киберполигон. URL: <https://cybermir.ru/> (дата обращения: 10.03.2024).
5. US National Cyber Range Complex. URL: <https://cyberwarzone.com/us-national-cyber-range-complex/> (дата обращения: 10.03.2024).



УДК 004.056.53

**Е. И. Фетисова**

студентка кафедры информационной безопасности

**В. А. Мильников** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ «НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ, НЕПРЕРЫВНОЙ ДОСТАВКИ» НА ТОРГОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ**

Современные тенденции автоматизации бизнес-процессов не обходят ни одну сферу деятельности. Особенно остро вопрос автоматизации стоит в сфере торговли, так как в данной сфере большая конкуренция и много сложных бизнес-процессов, которые должны работать слаженно и нуждаются в постоянном контроле: работа с поставщиками, товарами, покупателями, координация доставки товаров и т. д. Так, торговые предприятия разрабатывают и внедряют информационные системы в свой рабочий процесс, чтобы минимизировать ошибки, вызванные человеческим фактором, а также существенно сократить временные затраты на многие бизнес-процессы. Однако любая информационная система требует технической поддержки, чтобы оставаться работоспособной и полезной для бизнеса, а также соответствовать требованиям, которые в современном мире меняются стремительно. Для предприятия из сферы торговли техническая поддержка особенно важна, так как в случае недоступности информационной системы, вызванной техническим сбоем, некорректным обновлением информационной системы или другими факторами, предприятие не может осуществлять свой главный бизнес-процесс – продажу товаров и, как следствие, несет финансовые, репутационные и другие риски.

Ключевым фактором успеха в создании и поддержке информационной системы является скорость и качество конечного продукта, так как он должен быть доступен и удобен для пользователя. Также немаловажным фактором является скорость обновлений информационной системы, так как в случае обнаружения каких-либо технических неполадок, они должны устраняться как можно скорее, чтобы у бизнеса не возникало финансовых и репутационных рисков [1].

Существует множество подходов к созданию и поддержке информационных систем. Традиционный подход, когда пакет обновлений интегрировался в один большой пакет перед развертыванием обновленной версии, затруднен, занимает много времени и подвержен ошибкам [2]. Более современным и гибким подходом является применение методологии «Непрерывной интеграции, непрерывной доставки» (CI/CD – Continuous Integration/ Continuous Delivery). Данная методология позволяет быстро реагировать на тенденции активно развивающегося конкурентного рынка и на новые потребности, возникающие у пользователей, за счет возможности непрерывного внесения небольших по объему изменений. С ее помощью можно быстрее внедрить новый функционал в действующую информационную систему, а чем быстрее мы можем внедрить новый функционал в свой продукт и понять имеет ли он перспективы роста и найдет ли он отклик у аудитории, тем меньше бизнес потратит денег, так как быстро станет ясно будет ли этот функционал полезен и востребован для бизнеса и потребителя.

Предлагаемая методология «Непрерывной интеграции, непрерывной доставки» позволяет минимизировать ошибки, вызванные человеческим фактором [3], ускорить процесс разработки, что существенно повышает качество разрабатываемого продукта. Также данная методология позволяет автоматизировать рутинные бизнес-процессы сборки, тестирования и развертывания обновленной информационной системы, что высвобождает у работников предприятия время, которое они могут применить для улучшения действующей информационной системы.

Некоторые механизмы внедрения данной методологии на торговом предприятии:

1. определение целей и приоритетов: необходимо разработать стратегию внедрения методологии, определить цели и приоритеты, которые будут ориентиром для всей команды;
2. автоматизация процессов: использование инструментов методологии «непрерывной интеграции, непрерывной доставки» для ускорения процесса разработки, тестирования и доставки продуктов путем автоматизации данных процессов [4];
3. управление версиями и контроль изменений: внедрение системы управления версиями, которая будет отслеживать изменения в продуктах и позволит быстро откатиться к предыдущей версии в случае обнаружения неполадок;

4. непрерывное тестирование: организация непрерывного процесса тестирования, который будет включать все этапы разработки и внедрения продукта;

5. обучение и образование: провести тренинги и семинары для сотрудников предприятия, чтобы они понимали основные принципы и преимущества методологии и могли использовать предложенные инструменты в своей работе;

6. мониторинг и аналитика: использование системы мониторинга и аналитики, чтобы отслеживать производительность процессов и принимать решения на основе данных.

Стоит отметить, что немаловажным фактором, кроме создания и поддержки информационной системы, является обеспечение безопасности информационной системы и ее объектов, так как злоумышленники могут внедрить вредоносный код в используемое программное обеспечение, украсть конфиденциальную информацию или вывести систему из строя. С точки зрения информационной безопасности (ИБ) методология «Непрерывной интеграции, непрерывной доставки» имеет ряд преимуществ:

1. снижает вероятность неправильного администрирования и ошибок, которые могут привести к сбоям информационной системы и ее простоям или сделать систему уязвимой для атак;

2. освобождает специалистов по информационной безопасности от необходимости настраивать консоли вручную;

3. программно активирует все функции безопасности, работу межсетевых экранов и сканирование на предмет уязвимостей.

Однако внедрение данной методологии влечет за собой возникновение новых объектов, подлежащих защите. Так, с точки зрения ИБ важно контролировать персональный компьютер (ПК) разработчика, локальный репозиторий кода на ПК разработчика, центральный репозиторий на выделенном сервере, сервер управления инфраструктурой, сервер CI/CD.

Основные угрозы безопасности для поддержки информационной системы с использованием методологии «Непрерывной интеграции, непрерывной доставки»:

1. неавторизованный доступ к коду;

2. небезопасный код;

3. ненадлежащее управление данными аутентификации.

Чтобы гарантировать безопасность при разработке и поддержки информационной системы необходимо выполнять следующие действия:

1. реализовать контроль доступа. Разграничить права для каждого пользователя системы и предоставлять ему доступ только к тем компонентам системы, которые ему нужны для работы;

2. использовать средства защиты данных аутентификации, например, защищенный менеджер паролей, в котором данные аутентификации хранятся в зашифрованном виде, а также своевременно обновляются;

3. использовать распределенную систему контроля версий с многофакторной аутентификацией для пользователей. Сама по себе распределенная система контроля версий позволит в случае некорректной работы системы откатиться до последней рабочей версии, что поможет избежать недоступности информационной системы, а доступ к ней с помощью многофакторной аутентификации не даст злоумышленникам доступа к исходным файлам проекта;

4. автоматически тестировать каждое внесение изменений: функциональное, интеграционное, нагрузочное тестирование, а также тестирование кода на безопасность перед тем, как интегрировать его в основной код. В случае серьезных проблем сборка прерывается, а результаты тестирования сохраняются и при необходимости можно провести их ревизию, чтобы убедиться, что тесты проходят корректно;

5. регулярно сканировать код и инфраструктуру на наличие уязвимостей, фиксировать сведения об обнаруженных уязвимостях и устранять их;

6. проверять все изменения кода и конфигураций сначала в тестовой среде, а после успешной проверки, перенаправлять их в производственную среду с фиксацией, когда и в какую среду поступило каждое изменение;

7. регулярно очищать неиспользуемые ресурсы и утилиты (контейнеры, службы, виртуальные машины), чтобы не дать злоумышленнику возможность получить доступ к системе;

8. настроить невозможность отправки изменений на тестирование без ревизии кода от уполномоченного сотрудника. Регулярно проводить аудит ревизий кода, чтобы удостовериться, что ревизия кода проходит должным образом;

9. внедрить постоянный аудит и мониторинг событий безопасности, чтобы выявлять угрозы и улучшать состояние безопасности системы;

10. использовать инструменты управления проектом или трекеры историй, которые хранят сведения о каждой функции и каждом изменении (кто утвердил, кто запросил и критерии согласования работы);

11. записывать все рабочие материалы: код приложения, конфигурационные файлы и шаблоны, тесты, политики, документацию (за исключением секретной и/или конфиденциальной), в систему управления версиями с отсылкой к конкретному требованию, запросу изменения или извещению об ошибке (по идентификатору истории или номеру заявки, который можно указать в комментарии при записи в репозиторий). В результате формируется подробная история всех изменений всех файлов, подлежащих защите.

Если выполнять все описанные выше действия, можно будет в любой момент времени сказать, когда и кем были внесены изменения, исправлены ли уязвимости. Если случилось так, что информационная система по каким-то причинам перестала корректно работать, то можно точно проследить, что именно было изменено и быстро исправить ошибку за счет использования распределенной системы контроля версий. Также в любой момент времени можно проконтролировать, кто и как вносит изменения.

Таким образом, разработка механизмов внедрения методологии «Непрерывной интеграции, непрерывной доставки» на торговое предприятие является актуальной задачей, решение которой может привести к значительным изменениям в работе предприятий и повышению их конкурентоспособности на рынке за счет увеличения скорости и качества внедрения нового функционала в действующую информационную систему и его тестирования. Внедрение данной методологии на торговом предприятии может помочь в повышении автоматизации бизнес-процессов, ускорении процесса разработки и улучшения разрабатываемого продукта, сокращении затрат и улучшении качества обслуживания клиентов.

### Список источников

1. Скворцова Н. А., Лебедева О. А., Сотникова Е. А. Влияние информационных технологий на развитие бизнеса // <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-informatsionnyh-tehnologiy-na-razvitiye-biznesa/viewer> (дата обращения: 09.03.2024).

2. Невский А. А. Непрерывная интеграция и непрерывная доставка программного обеспечения // <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-integratsiya-i-nepreryvnaya-dostavka-programmnogo-obespecheniya/viewer> (дата обращения: 09.03.2024).

3. Клепманн М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка. СПб.: Питер, 2018. 640 с.

4. Белодед Н. И., Лизура А. В. Разработка программного обеспечения с использованием DevOps и непрерывной интеграции // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id = 55311967> (дата обращения: 09.03.2024).

УДК 372.862

**А. Л. Чугунов**

ученик 10-го класса школы № 524

**В. С. Ярушевич** – магистрант кафедры 31 – научный руководитель

**М. С. Комаров** – магистрант кафедры 32 – научный руководитель

## **РОБОТОТЕХНИКА И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

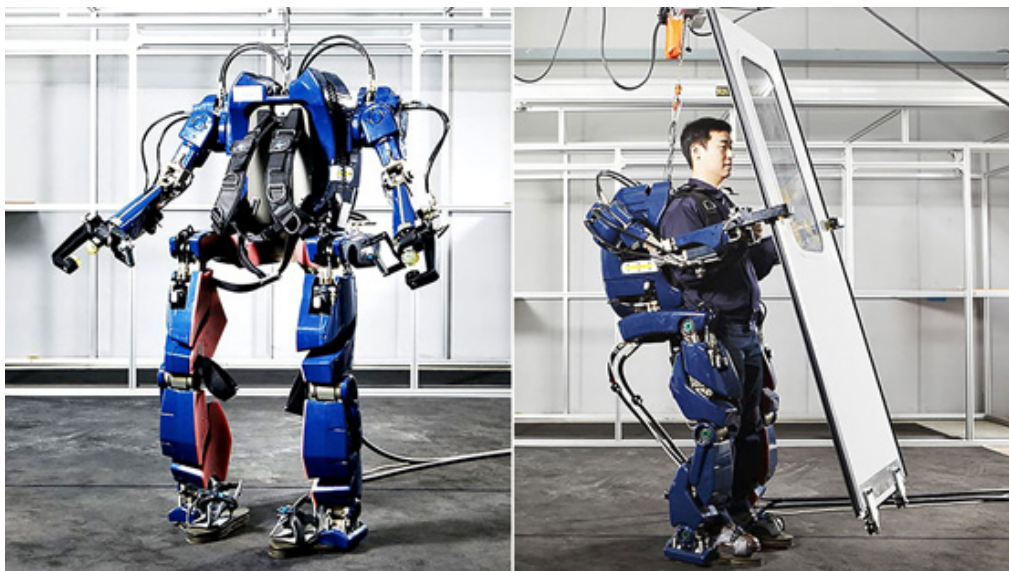
Робототехника олицетворяет собой широкий спектр научных и технических знаний, объединяющих в себе различные области. Это область, где рождаются, разрабатываются и применяются роботы – механические или программируемые устройства, способные автономно или при минимальном участии человека выполнять разнообразные задачи. Разнообразие функциональных возможностей роботов простирается от простых рутинных операций до выполнения сложных автономных миссий.

Робототехника насыщена различными знаниями и методами из механики, электроники, информатики, искусственного интеллекта, биомиметики и других смежных областей. Это разнообразие позволяет создавать множество типов роботов, каждый из которых способен адаптироваться к различным функциональным задачам в различных областях жизни [1].

Современная робототехника представляет собой высокотехнологичное направление, которое в настоящее время находится на пике своего развития. Изделия робототехники отличаются высоким качеством, надежностью и широким кругом возможностей. Этот тренд привел к увеличению популярности роботов среди населения. Сегодня образы роботов часто встречаются на телевидении и в рекламных материалах, а также они интегрированы в нашу повседневную жизнь: роботизированные устройства используются в быту, взаимодействие с ними происходит на развлекательных и торговых площадках, а производства оснащаются роботами для повышения производительности и качества продукции [2].

### **Виды роботов**

Экзоскелетный комплекс так называемых костюмов-роботов – новые технологии позволяют им копировать действия оператора и воспроизводить их, включая сложные производственные процессы.



*Рис. 1. Пример экзоскелета*

Среди типичных представителей робототехники можно выделить робот-манипуляторы, экзоскелеты для человека и человекоподобные роботы. Передовые разработки включают в себя внедрение искусственного интеллекта, компьютерного зрения и сложных датчиков, которые придают роботам практически полную свободу действий.

### Робот-манипулятор

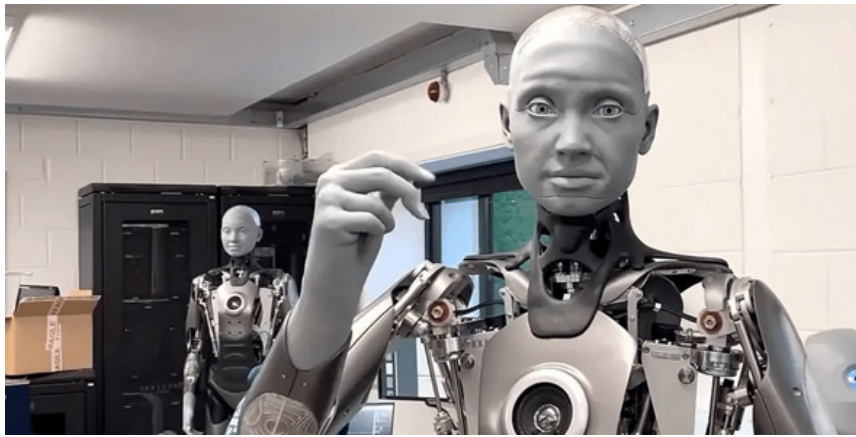
Применение роботов-манипуляторов в различных сферах стало неотъемлемой частью современной индустрии. Они эффективно справляются с разнообразными задачами, облегчая процессы производства, сборки и обработки. Благодаря постоянному совершенствованию технологий современные роботы-манипуляторы не только точны и быстры, но и адаптивны к изменяющимся условиям.

### Экзоскелеты

Прогресс в области робототехники также проявляется в создании экзоскелетов для человека. Эти носимые роботизированные устройства играют важную роль в реабилитации пациентов после тяжелых болезней и операций. Они также применяются на промышленных предприятиях для снижения физической нагрузки на работников.

### Человекоподобные роботы

Современная робототехника также способствует разработке человекоподобных роботов, которые копируют внешность и функции человека. Эти андройды обладают искусственным интеллектом и могут взаимодействовать с окружающей средой, воспринимая визуальную информацию и распознавая жесты и речь.



*Рис. 2. Человекоподобный робот Ameca*

Применение роботов охватывает широкий спектр сфер, включая промышленность, медицину, образование, космос, оборону, бытовые услуги и развлечения. В промышленности они используются для автоматизации производственных процессов, повышения производительности и качества продукции, а также выполнения опасных и трудоемких операций.

В промышленности роботы-манипуляторы значительно повышают эффективность производственных процессов, снижают затраты на рабочую силу и улучшают качество продукции, способствуя увеличению конкурентоспособности компаний на мировом рынке. Отличным примером являются Kuka, Fanuc, ABB [3], которые используются в легкой и тяжелой промышленности, а также в автомобильной промышленности.

В медицине роботы помогают хирургам в проведении операций с высокой точностью и манипуляциях внутри организма, что снижает риск для пациентов и повышает результаты лечения. Как пример можно привести систему хирургического робота Da Vinci [3], разработанная компанией Intuitive Surgical Inc., представляет собой высокотехнологичное устройство, способное проводить операции на различных органах человеческого тела. Состоящая из двух блоков, эта инновационная система обеспечивает оператору контроль и точность, а второй блок, представленный четырехугольным автоматом, выполняет роль виртуозного хирурга, способного выполнить самые сложные манипуляции с высочайшей точностью и эффективностью.

В образовании они служат инструментом для обучения студентов основам программирования, механики и электроники. Например, в Университете Санкт-Галлена в Швейцарии есть робот Лекси созданный для помощи студентов решать различные задачи [4].

Робототехника также находит применение в научных исследованиях и развлекательных целях, например, в изучении космоса или создании игровых устройств. К примеру, можно привести ConvAI – специализированную нейросеть для создания виртуальных ассистентов и персонажей в играх [5].

### **Преимущества робототехники**

Робототехника, безусловно, приносит с собой множество преимуществ и положительных изменений в различные сферы нашей жизни. Эти преимущества оказывают значительное воздействие как на производственные процессы, так и на качество жизни людей. Вот некоторые из них:

- повышение производительности. Роботы способны работать непрерывно и без утомления, обеспечивая высокую скорость выполнения задач;
- увеличение точности. Благодаря точной программной настройке и использованию современных технологий роботы выполняют задачи с высокой степенью точности;
- снижение риска травматизма. Роботы могут работать в опасных и тяжелых условиях, минимизируя риск для человеческого здоровья;
- экономия времени и ресурсов. Автоматизация процессов с помощью роботов позволяет сократить время на выполнение задач и оптимизировать использование ресурсов.
- улучшение качества продукции. Благодаря своей точности и повторяемости роботы способны производить продукцию высокого качества с минимальным количеством брака.
- расширение возможностей. Робототехника открывает новые возможности для исследования и разработки в различных областях, таких как медицина, космос, исследования подводного мира и другие.

### **Недостатки робототехники**

Но робототехника также несет в себе и отрицательные стороны, которые важно учитывать при разработке и использовании роботов в различных сферах общества.

Одним из негативных аспектов внедрения робототехники является потенциальная угроза для рабочих мест. Автоматизация процессов может привести к сокращению числа рабочих мест и увеличению безработицы, особенно среди неквалифицированных работников. Это может вызвать социальные и экономические проблемы, такие как рост неравенства, ухудшение условий труда и увеличение социальной напряженности. Также к минусам можно отнести цены на комплектующие, и вероятность того, что в самый неподходящий момент робот может сломаться [6].

Социокультурные аспекты использования роботов также необходимо учитывать. Например, роботы могут влиять на общество, изменяя наши представления о труде, отдыхе и общении. Они могут привести к утрате традиционных профессий и изменению социальных структур.

Финансовые вложения в робототехнику растут, открывая новые возможности для создания более сложных и технически совершенных конструкций, проведения длительных исследований и испытаний. Ключевые тенденции в развитии робототехники включают в себя внедрение и совершенствование систем компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Эти новые разработки позволяют роботам адаптироваться под изменения внешней среды и расширяют их спектр действий.

Таким образом, интеграция робототехники в повседневную жизнь уже принесла заметные преимущества и продолжает развиваться, открывая новые перспективы для прогресса и благополучия общества.

### **Перспективы развития**

Развитие робототехники представляет собой одно из самых захватывающих направлений в современной науке и технике, и перспективы этой области столь же впечатляющи, как и ее достижения. В настоящее время можно выделить несколько ключевых тенденций и направлений, определяющих будущее развитие робототехники.

Одним из основных направлений является разработка и внедрение более гибких и адаптивных роботов. Это включает в себя создание роботов, способных оперативно адаптироваться к изменяющейся среде, а также обучаться и самостоятельно улучшать свои навыки и алгоритмы.

Другим важным направлением является расширение области применения роботов в различных сферах жизни. Ожидается, что в будущем робототехника будет играть все более значимую роль не только в промышленности и медицине, но и в сферах, таких как образование, бытовые услуги, транспорт и даже искусство.

Влияние роботов на будущее общество может быть значительным и многоаспектным. С одной стороны, автоматизация и роботизация могут привести к сокращению рабочих мест и изменению структуры занятости, что потребует обновления системы образования и подготовки кадров. С другой стороны, роботы могут стать надежными помощниками в выполнении рутинных задач, освобождая людей от монотонной и опасной работы и позволяя им сосредоточиться на более творческих и интеллектуальных задачах.

Прогнозы по влиянию роботов на будущее общество также включают в себя возможность улучшения качества жизни, увеличения производительности и эффективности, а также создание новых возможностей для инноваций и развития. Однако важно учитывать и потенциальные риски, такие как потеря рабочих мест, социальные неравенства и этические вопросы, связанные с использованием роботов в различных сферах жизни [7].

Таким образом, перспективы развития робототехники представляют собой сложный и многогранный вопрос, требующий внимательного анализа и обсуждения со стороны как специалистов в области науки и техники, так и широкой общественности.

### Заключение

В заключение робототехника является важным фактором в современном мире, играя ключевую роль в различных сферах, включая медицину, промышленность и бытовую жизнь. Роботы становятся неотъемлемой частью современного образа жизни, помогая нам справляться с повседневными задачами и улучшая качество жизни.

Таким образом, робототехника продолжает демонстрировать свою значимость и потенциал в современном обществе. Ее влияние на медицину и бытовую сферу является лишь началом, и с развитием технологий можно ожидать еще более удивительных и инновационных применений в будущем. Внедрение робототехники открывает новые горизонты возможностей и способствует прогрессу человечества, делая наш мир более безопасным, удобным и продуктивным. В будущем можно ожидать еще более активного развития и внедрения робототехники, что приведет к значительным изменениям в жизни людей и общества в целом.

### Список источников

1. URL: <https://medium.com/eggheado-science/68570b9c864a> (дата обращения: 16.03.2024).
2. URL: <https://r-ed.world/news/tpost/gf72k38ca1-primenenie-robotov-v-sovremennom-mire> (дата обращения: 17.03.2024).
3. URL: <https://dzen.ru/a/ZDdTLBUfcHalDt7v> (дата обращения: 20.03.2024).
4. URL: <https://skillbox.ru/media/education/robotyuchitelya/> (дата обращения: 21.03.2024).
5. URL: <https://vc.ru/u/2899317-ai-adepts/1061058-neyroseti-dlya-sozdaniya-igr> (дата обращения: 22.03.2024).
6. URL: <https://vektor.us.ru/blog/bytovo-robot.html> (дата обращения: 24.03.2024).
7. URL: <https://vc.ru/tech/122507-perspektivy-razvitiya-robototehniki-v-rossii> (дата обращения: 25.03.2024).

УДК 681.5.011

**Д. С. Швецов, И. А. Шишков**

студенты кафедры управления в технических системах

**М. С. Брунов** – старший преподаватель – научный руководитель**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА****Введение**

Управление выходными характеристиками любого объекта управления происходит за счет регулировки управляющего воздействия. К наиболее распространенному типу регуляторов относится ПИД-регулятор. В состав такого регулятора входят пропорциональное, интегральное и дифференциальное звенья. Так, в нем каждое звено выполняет свою роль. Например, пропорциональное звено отвечает за быстрое действие, интегральное – за устранение статической ошибки, дифференциальное – за устранение перерегулирования [1].

Причинами высокой популярности являются относительная простота построения и промышленного использования, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость.

С появлением дешевых микропроцессоров и аналого-цифровых преобразователей в промышленных ПИД-регуляторах стали использовать автоматическую настройку параметров, адаптивные алгоритмы, нейронные сети, генетические алгоритмы и т. д.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что задача эффективного управления технологическими процессами производства остается по сей день актуальной задачей для различных отраслей промышленности. Одной из основных проблем задачи управления является автоматическое поддержание технологических параметров на заданном уровне. Для решения которой как раз используют ПИД-регуляторы.

Объектом исследования является метод подбора наилучших коэффициентов ПИД-регулятора из случайных чисел.

Цели исследования:

- Реализация программы работы с ПИД-регулятором;
- Выборка наилучших коэффициентов регулятора.

Задачи исследования:

- Изучение алгоритма случайного поиска;
- Получение переходного процесса системы близкого к желаемому.

**Основная часть**

Использование MatLab Simulink позволяет смоделировать систему, представленную на рис. 1 используя специальный блок «PID Controller» и оптимизировать параметры регулятора [2]. Однако это возможно сделать и не прибегая к пакету Simulink.

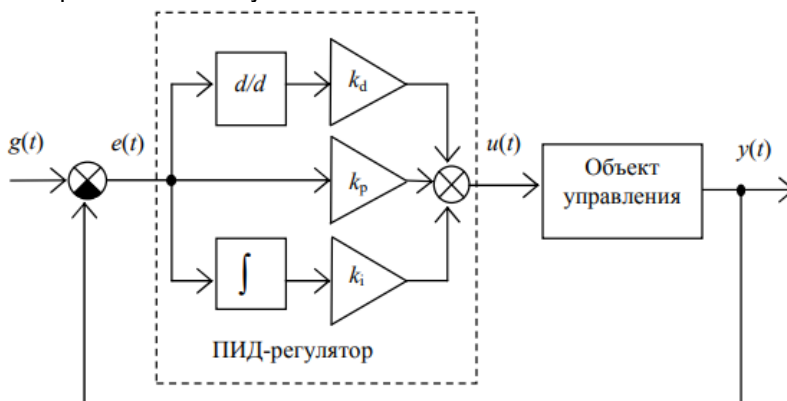


Рис. 1. Структура ПИД-регулятора



В основу случайного поиска положен метод проб и ошибок, в соответствии с которым удачно найденное решение принимается, а неудачное – отклоняется. Метод проб и ошибок базируется на предположении о том, что случайный выбор содержит все возможные решения, в числе которых есть и искомое.

Исходя из метода рандомизации будет проведен анализ системы при генерируемых независимых случайных значениях. Метод предполагает выборку наилучших значений из случайной последовательности [3].

В работе будем задавать случайные значения в диапазоне от 0 до 1 для каждой составляющей регулятора пока необходимое условие схожести систем не выполняется. Задача состоит в том, чтобы выбрать те значения, которые удовлетворяют заданному параметру допустимой величине ошибки.

Программа будет осуществлять поиск оптимального решения (подбор оптимальных коэффициентов) для ПИД-регулятора, который используется, чтобы привести реакцию исходной системы к желаемому виду. Перейдем к написанию программы на языке MatLab, листинг кода приведен ниже:

```

W0 = tf([1],[5 1]); %ПФ желаемой системы
Wz0 = c2d(W0,0.1);
[y0,t0] = step(Wz0,30);
W = tf([2],[1 2. 9 2 1]); %ПФ заданной системы
delta = 1;
i = 1;
otklonenie = 10; %Допустимое отклонение
%Цикл поиска лучших параметров ПИД-регулятора
while delta*100>otklonenie
kp = rand(1);
kd = rand(1);
ki = rand(1);
PID = tf([kd kp ki],[1 0]);
W1 = (W*PID)/(1+W*PID); %ПФ замкнутой системы
Wz1 = c2d(W1,0.1);
[y1,t1] = step(Wz1,30);
delta = sum(abs(y0-y1))/length(y0);
%Создание массива значений
Mas(i,1) = delta;
Mas(i,2) = kp;
Mas(i,3) = kd;
Mas(i,4) = ki;
i = i+1;
end
%Выведем в командную строку найденные оптимальные значения
disp('Оптимальные значения: ')
delta
kp
ki
kd
%Вывод графика исходной системы и системы с оптимальным регулятором
step(W1,'k--',W0,'r');
%Внешнее оформление графика
title(['Kp = ',num2str(kp),', Kd = ',num2str(kd),', Ki = ',num2str(ki)]);
legend('Система с ПИД регулятором','Желаемая система');
xlim([0 40]);
ylim([0 1.2]);
grid on

```

Проведем несколько экспериментов (тестов) написанной программы. Пусть желаемая система имеет передаточную функцию  $W = 1/5s+1$ , а функция объекта управления  $W = 2/(s^3+2.9s^2+2s+1)$ . Зададим допустимую ошибку расхождения систем в 5 % и запустим программу несколько раз, чтобы получить несколько результатов (рис. 2–4). При каждом запуске программы результат будет отличаться, так как коэффициенты задаются случайными числами.

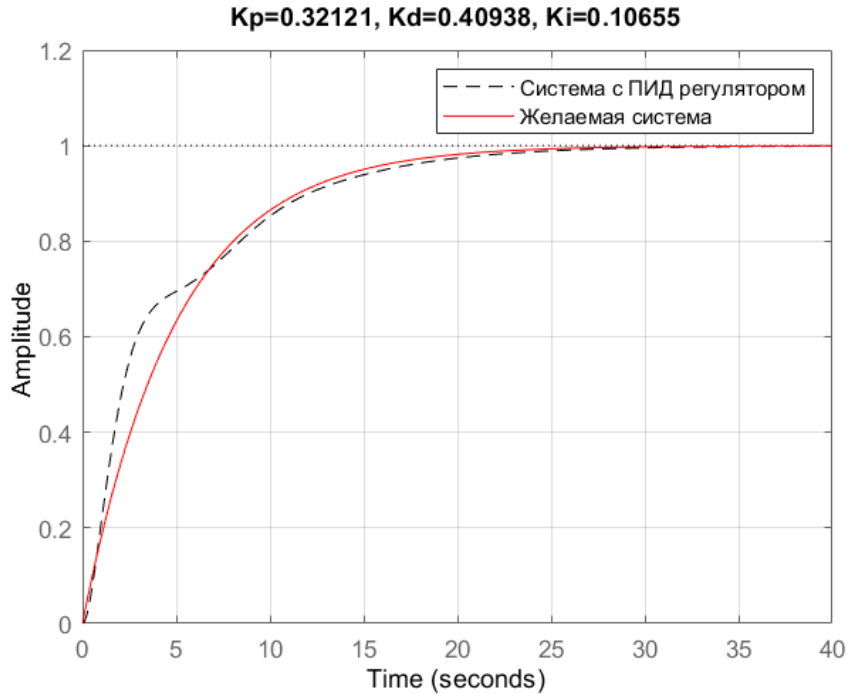


Рис. 2. Сравнение выхода желаемой системы и системы с ПИД-регулятором

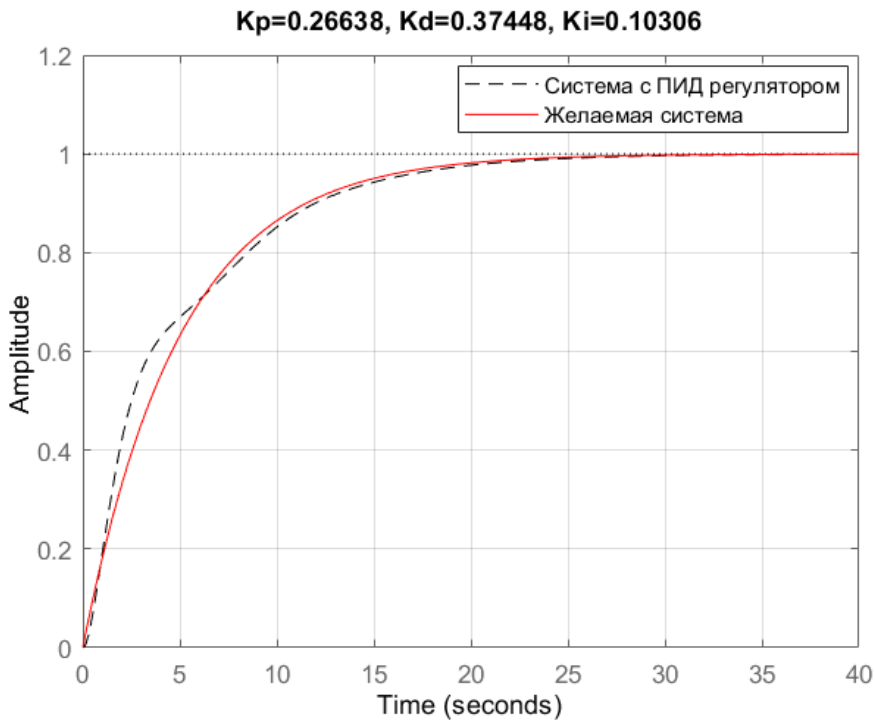


Рис. 3. Сравнение выхода желаемой системы и системы с ПИД-регулятором

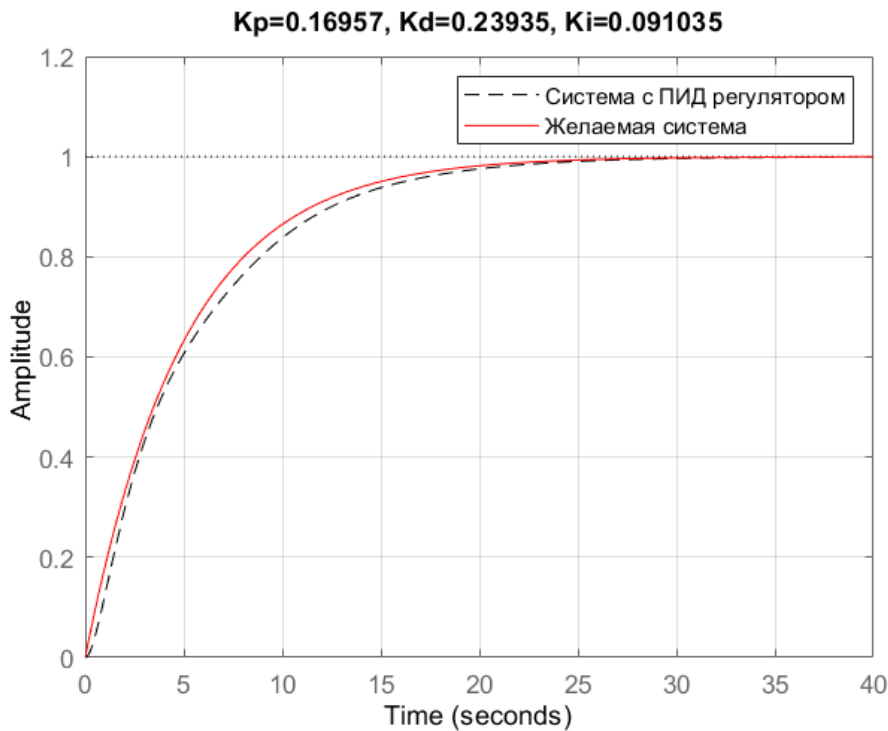


Рис. 4. Сравнение выхода желаемой системы и системы с ПИД-регулятором

Исходя из полученных графиков (переходных процессов) можно сделать заключение, что написанный код довольно хорошо справляется с поставленной задачей. Графики отличаются в зависимости от вариаций коэффициентов.

### Заключение

Из результатов исследования видно, что выход системы с регулятором почти полностью повторяет выход желаемой системы, а это и есть то, к чему мы стремились. Чем меньше будет задано допустимое значение ошибки, тем более схожи будут заданная и желаемая системы, однако это будет требовать больше времени и ресурсов для выполнения программы. Поэтому важно соблюдать баланс, между точностью и затрачиваемыми ресурсами.

ПИД-регулятор – зачастую самый оптимальный способ регулирования. При грамотной настройке можно добиться нужных показателей переходного процесса системы.

### Список источников

1. Бураков М. В. Теория автоматического управления: учеб. пособие. Ч. 1. СПб.: ГУАП, 2013. 258 с.
2. Шишков И. А. Синтез пид-регулятора в среде matlab simulink // Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. CLXXIX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 24 (178). URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/24\(178\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/24(178).pdf) (дата обращения: 19.02.2024).
3. Растригин Л. А. Случайный поиск. М.: Знание, 1979. 64 с.

УДК 681.51:007.52

**Д. Д. Яковлев**

аспирант института проблем точной механики и управления РАН (ИПТМУ РАН)

**Д. Ю. Петров** – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

## АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУР РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

### Введение

Современные робототехнические сборочные комплексы (РСК) представляют собой передовые системы, интегрирующие робототехнику и автоматизацию для выполнения сложных задач в различных отраслях промышленности. Эти комплексы включают в себя автоматизированные линии производства, системы управления и контроля, а также инновационные технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение. Использование РСК в машиностроении способствует увеличению производственной эффективности, сокращению времени обработки изделий и минимизации цикловых заделов.

В [1]–[3] рассмотрение вопросов автоматизации сборки носит поверхностный характер, при этом отсутствуют формализованные методы расчета архитектур РСК. Отсюда можно сделать вывод, что в основном существующие работы посвящены отдельным аспектам оптимизации архитектур РСК и не предлагают решения проблемы в целом.

### Формализация задачи

Одной из главных подсистем современного машиностроительного производства, для которых нецелесообразно использовать жесткие системы автоматизации [4], являются РСК. Поэтому для таких производств предъявляются более высокие требования к методологии построения и оценки архитектур РСК с целью повышения эффективности их функционирования. РСК, выполняющие разные технологические операции (ТО), нередко разрабатываются на основе типовых элементов, что дает возможность агрегирования оборудования и выполняемых функций [5]. Некоторое снижение надежности РСК позволяет существенно сократить затраты на разработку и эксплуатацию РСК.

Для оптимизации архитектур РСК требуются следующие данные, которые лежат в основе предлагаемого комплексного алгоритма:

- 1) определение множества основных параметров сборочных изделий используемых при оптимизации архитектур РСК и оценка технологичности роботизированного изготовления;
- 2) определение множества роботизированных технологических операций  $O = \{O_1, \dots, O_I\}$  для автоматической сборки изделия, где  $I$  – количество технологических операций необходимых для роботизированной сборки изделия;
- 3) анализ состава и характеристик задач, решаемых для каждой технологической операции;
- 4) определение множества допустимых архитектур роботизированных систем  $A_i = \{A_1, \dots, A_J\}$ , где  $J$  – количество допустимых роботизированных архитектур для каждой роботизированной технологической операции  $O_i$  и формирование их признаков;
- 5) определение базовых типов подсистем  $S_{ij} = \{S_1, \dots, S_K\}$  для каждой допустимой архитектуры  $A_{ij}$  для выполнения роботизированной технологической операции;
- 6) определение технических характеристик и особенностей множества элементов  $E_{ijk} = \{E_1, \dots, E_N\}$  для каждой подсистемы  $S_{ijk}$ ;
- 7) определение критериев оптимизации  $C = \{C_1, \dots, C_l\}$  и конкретных численных значений ограничений  $L = \{L_1, \dots, L_u\}$ , на основе которых выполняется оценка и выбор оптимальных архитектур  $A_{ij}$ , обеспечивающих функционирование РСК в заданном режиме;

8) разработка алгоритма проектирования оптимальных архитектур РСК с учетом возможности агрегирования подсистем и элементов, реализующих их функции.

В качестве примера рассмотрим производство приборов противопожарной системы компании RUBEZH (типа ИП 212-45 V1.04, ИП 212-50М или ИП 212-50М2) [6]. Для изготовления таких приборов множество роботизированных технологических операций  $O = \{O_1, \dots, O_I\}$  включает: 1) подача печатной платы; 2) подача детали «дымовая камера»; 3) позиционирование и установка детали «крышка»; 4) сборка деталей «розетка и датчик»; 5) сборка и контроль установки «дымовой камеры» на печатную плату; 6) ТО ультразвуковой сварки и электрического теста; 7) перемещение готового изделия.

Множество допустимых архитектур роботизированных систем  $A_j = \{A_1, \dots, A_J\}$ , включает: 1) линейная; 2) линейно-параллельная; 3) цилиндрическая; 4) круговая; 5) сферическая.

Множество базовых типов подсистем  $S_{ij} = \{S_1, \dots, S_K\}$  включает: 1) подсистемы загрузки и разгрузки РСК; 2) подсистема перемещения инструмента; 3) подсистема перемещения и крепления изделия; 4) подсистема увеличение рабочей зоны; 5) подсистема сборочного процесса; 6) подсистема ультразвуковой сварки; 7) подсистема магазина / накопителя изделий; 8) подсистемы обеспечения безопасности и машинного (технического) зрения; 9) подсистема управления; 10) подсистема электрического тестирования и контроля качества.

Множество элементов  $E_{ijk} = \{E_1, \dots, E_N\}$  для подсистемы  $S_{ijk}$  «робот манипулятор» например, включает оборудование: 1) ABB IRB-2400; 2) ABB CRB-1300; 3) Fanuc M-10iA/10MS; 4) Fanuc R-2000 iB / 200T; 5) KUKA KR-FORTEC; 6) KUKA KR-AGILUS; 7) Kawasaki RS005N; 8) Kawasaki ZT165U.

На рис. 1 показана графическая взаимосвязь множеств, составляющих РСК.

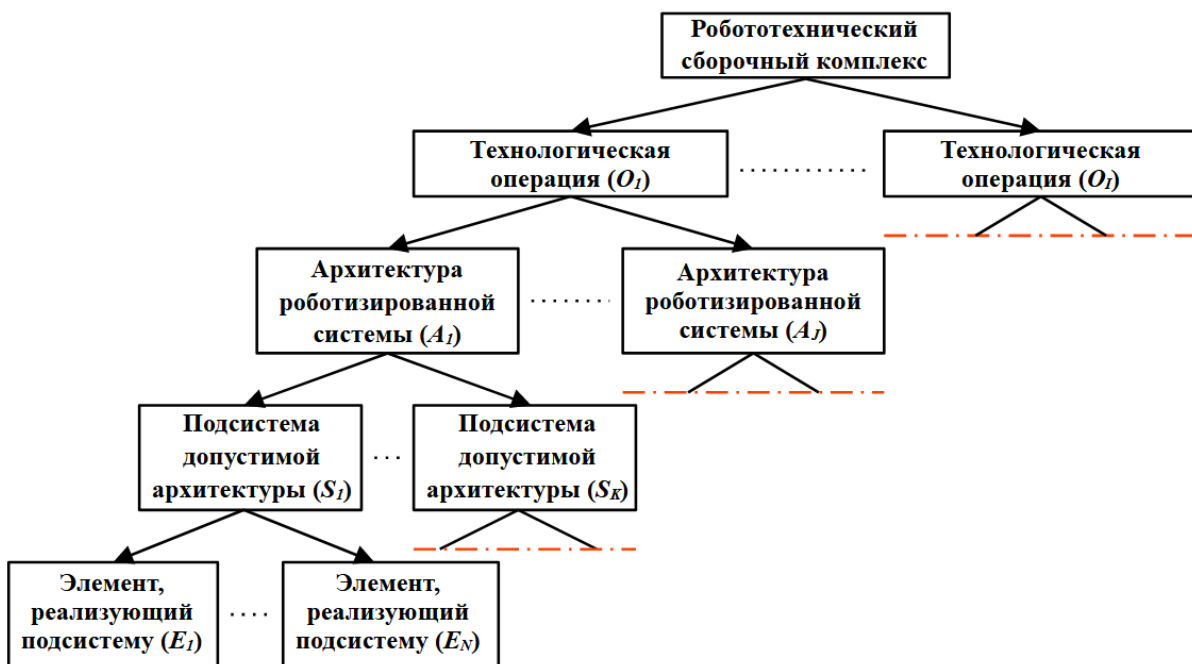


Рис. 1. Графическая взаимосвязь множеств составляющих РСК

Алгоритм проектирования оптимальных архитектур РСК с учетом возможности агрегирования подсистем и элементов, реализующих их функции, основан на следующих этапах:

Этап 1. Проанализировать номенклатуру, параметры деталей (изделий) и технологии обработки с целью выбора допустимого варианта базовой компоновки архитектуры РСК  $A_{ij} \in A$ .

Этап 2. Определение типов базовых подсистем  $S_{ij}$ , используемых для построения выбранной архитектуры РСК  $A_{ij}$ .

Этап 3. Формирование критериев оптимизации  $C$  и ограничений  $L$ , в наибольшей степени характеризующих соответствие архитектуры РСК его целевому назначению.

Этап 4. Поиск по заданным критериям оптимизации  $C$  и ограничениям  $L$  множества квази-оптимальных архитектур РСК  $A_{ij}$ .

Этап 5. Агрегирование подсистем и элементов, реализующих их функции.

Этап 6. Построение имитационной модели и исследование процесса работы РСК с архитектурами  $A_{ij}$ .

Этап 7. Выбор оптимальной архитектуры РСК  $A_{ij}$  по результатам моделирования.

### Заключение

Предложенный алгоритм может быть использован в общем виде для оптимизации РСК различного назначения. Специфика назначения и возможностей оптимизируемого РСК отражается в наборе технологических операций  $O$ , допустимых базовых архитектур  $A$ , базовых подсистем  $S$ , элементов  $E$ , а также в наборе критериев оптимизации и оценки конструкций  $C$  и ограничений  $L$ , обеспечивающих выполнение возложенных на РСК функций.

### Благодарность

Работа выполнена в ИПТМУ РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FFNM-2022-0010 «Разработка интеллектуальных моделей и методов управления сложными человеко-машинными системами в критических ситуациях»).

### Список источников

1. Галас В. П. Автоматизация проектирования систем и средств управления. Владимир: Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2015. 255 с.
2. Чижов М. И., Бредихин А. В., Ветохин В. В. Подготовка производства: автоматизированное проектирование и средства поддержки жизненного цикла изделия. Воронеж, 2022. 167 с.
3. Ласуков А. А. Автоматизация сборки в машиностроении. Томск, 2010. 176 с.
4. Резчиков А. Ф., Иващенко В. А., Петров Д. Ю. Оптимизация структур роботизированных комплексов дуговой сварки // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1998. № 6. С. 60–65.
5. Багрецов С. А., Голубев М. А., Коновальчик М. С. Агрегирование взаимосвязанных нечетко определенных диагностических параметров сложно структурируемых объектов // Эргодизайн. 2023. № 3. С. 199–211.
6. Сайт компании RUBEZH. URL: <https://products.rubezh.ru/> (дата обращения: 25.01.2024).

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Александров Н. В.</b> ПРЕИМУЩЕСТВА ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СРАВНЕНИИ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ .....	3
<b>Задорожный В. К., Лизько В. Н., Александров С. Е., Лебедев В. Р.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ .....	7
<b>Задорожный В. К., Лизько В. Н., Александров С. Е., Лебедев В. Р.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ЦВЕТОВ МОНИТОРОВ.....	11
<b>Алексаненко К. В.</b> БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ: ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ.....	15
<b>Алексеев Р. А.</b> БУДУЩЕЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ .....	18
<b>Алхименков Г. А.</b> ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОСЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ.....	23
<b>Арыков Л. Д.</b> СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ», ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ДОМОВ .....	27
<b>Афанасьев И. С.</b> ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА РОБОТОМ.....	31
<b>Берсенева А. Д.</b> ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	36
<b>Бикмаева Э. И.</b> АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИИ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ.....	39
<b>Билаш Д. И.</b> СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ПОЛЫМ НЕМАГНИТНЫМ РОТОРОМ.....	42
<b>Булавин Н. Д.</b> ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОВРЕМЕННУЮ ЭНЕРГЕТИКУ .....	46
<b>Веселкова Е. В., Ульрих А. А., Лацоев Т. З.</b> ВНЕДРЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ .....	49
<b>Владимиров М. А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛАНСА КОМАНД В КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РТС.....	52
<b>Гаврилова П. В.</b> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УЧЕТА ВНЕУЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	56
<b>Галимуллин Д. Г., Гусев И. Е., Новиков М. С., Руденко Ю. Д., Симоненко Н. А.</b> АЛГОРИТМИЧЕ- СКИЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕЧЕТКОГО СРАВНЕНИЯ СТРОК .....	58
<b>Гилячетдинов Г. А.</b> СИСТЕМЫ АНАЛИЗА, УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МЕЖДУ ДВИГАТЕЛЯМИ В ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЯХ С ЦЕЛЬЮ ДОСТИЖЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ .....	63
<b>Греченюк В. А., Поляков В. А., Лямин В. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ТАЗА ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ХОДЬБЫ.....	67
<b>Греченюк В. А., Поляков В. А., Лямин В. С.</b> РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И АЛГОРИТМА РАБОТЫ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ, ИМИТИРУЮЩЕГО СКАНДИНАВСКУЮ ХОДЬБУ .....	71
<b>Греченюк В. А., Поляков В. А., Лямин В. С.</b> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ .....	75
<b>Греченюк В. А., Поляков В. А., Лямин В. С.</b> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО СТЕНДА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ .....	78

<b>Дедов Д. О.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИТЫ CHAMELEON ДЛЯ ИМИТАЦИИ УЯЗВИМОСТЕЙ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ.....	81
<b>Дмитриев Н. О.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ УЧАСТНИКОВ МОЛОДЕЖНЫХ ФЕСТИВАЛЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РФ .....	87
<b>Дорофеев А. Д., Сарынина Е. В., Синдецкая В. А., Слабогорская А. А., Тюрин Н. В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ: ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ, УСПЕШНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫЗОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ .....	91
<b>Захаров Г. М., Котов С. И., Суцыгин А. В.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	94
<b>Зубарев М. А.</b> АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ. ПЕРСПЕКТИВЫ КОМБИНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ .....	97
<b>Иванов В. О.</b> НЕКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ИЗОЛЯТОРОВ ЛЭП.....	103
<b>Иванов В. С.</b> СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКЕ .....	107
<b>Ильина Д. А.</b> СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ.....	110
<b>Ильин Е. В.</b> РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ.....	113
<b>Кабаченко А. А.</b> ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕХОДА РФ С СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ДРУГИЕ ВИДЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	116
<b>Казбулатов А. Р.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКОНТРОЛЛЕРА LGT8F328P И РАДИО-МОДУЛЯ HC-12 НА БАЗЕ SI4463 ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	122
<b>Киселев Д. Н.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....	127
<b>Ковыршин Л. А.</b> ОБЗОР МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: ИСТОРИЯ, ТИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	129
<b>Левченко У. В., Колесова А. Д.</b> КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТОРОИДАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТОКАМАКА С РЕАКТОРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ.....	136
<b>Левченко У. В., Колесова А. Д.</b> РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ ОБМОТОК ПОЛОИДАЛЬНОГО ПОЛЯ И ЦЕНТРАЛЬНОГО СОЛЕНОИДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ТРТ .....	143
<b>Копыльцов Д. А.</b> ЗАЩИТА КАНАЛОВ СВЯЗИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (ИУТ) .....	150
<b>Копытов К. С.</b> МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БИЗНЕС-АНАЛИТИКЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ.....	154
<b>Коркунов А. В., Кротов К. А., Попков Д. Е.</b> МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОВЕРКИ МЕТЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С ГИБКИМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ.....	162
<b>Коркунов А. В., Кротов К. А.</b> РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ТОКА (ДТ) ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АНОДНОГО ТОКА ТИРАТРОНА СТЕНДА ЕМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ (ЕНЭ) .....	165
<b>Корычев Р. А., Садофьева А. Ю.</b> СТЕГОАНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ СО ВСТРОЕННОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ ПО АЛГОРИТМУ КОХА-ЖАО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДОБУЧЕННОЙ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	171
<b>Крылов Д. М.</b> О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	175
<b>Кузьменко Ю. П.</b> ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ СВЕТОДИОДНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ .....	182



<b>Кулаченко И. А.</b> ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТЕГАНОАНАЛИЗА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	186
<b>Кулумбегов М. М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ .....	189
<b>Лисицына Н. В.</b> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТАВКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ .....	191
<b>Лызлова Д. П.</b> ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	193
<b>Михаелян Н. А.</b> ОБЗОР ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСОСОВ .....	198
<b>Михаелян Н. А.</b> ОБЗОР СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСОСОВ.....	203
<b>Молодых Я. И.</b> МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....	207
<b>Молодых Я. И.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	211
<b>Мыльников И. П.</b> УВЕЛИЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТО С ПОМОЩЬЮ АКТИВНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ О МАТЕМАТИКЕ, ИНФОРМАТИКЕ, ФИЗИКЕ .....	215
<b>Насибов А. Э.</b> РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ SOC НА OPEN-SOURCE КОМПОНЕНТАХ.....	220
<b>Николаец О. С.</b> СОВРЕМЕННЫЕ АВТОНОМНЫЕ ПОДВОДНЫЕ РОБОТЫ.....	223
<b>Нюнина Е. Р.</b> ЭНЕРГЕТИКА В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ГОРОД».....	228
<b>Огородников Д. М.</b> ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....	232
<b>Олифир Л. А.</b> ПЬЕЗОПРИВОДЫ.....	235
<b>Петничук Е. П.</b> ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭВОЛЮЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.....	238
<b>Польских О. С.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДЕКОДИРОВАНИИ .....	240
<b>Попов П. А.</b> ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ.....	242
<b>Пылинина А. Д., Корниенко А. Р., Хлопонин Н. В.</b> БАЗА ДАННЫХ .....	246
<b>Рождественский В. П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛЯТОРОВ.....	248
<b>Савельев Д. Д.</b> О РАЗВИТИИ ГИБРИДНЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	251
<b>Садьков А. Д.</b> ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ОБЗОР И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКЕ .....	254
<b>Саидов М. М.</b> РАСТУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ.....	257
<b>Саняхина М. А.</b> УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО НАСОСА ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ.....	259
<b>Северилов И. П.</b> Достижения в области технологии электродвигателей.....	261
<b>Семейко Д. Р.</b> ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (ИОТ). УЯЗВИМОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ В ИОТ .....	265
<b>Смотренко Н. В.</b> ПРЕИМУЩЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДРЕСНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛЕНТ.....	268
<b>Со Бон Ги</b> ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ .....	270
<b>Соболев С. Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ХЕШИРОВАНИЯ ДЛЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ СХЕМ ZK-ПРИЛОЖЕНИЙ.....	273

<b>Соломина С. Д.</b> ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛЫХ БПЛА.....	282
<b>Софронов А. А.</b> ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ SIMSCAPE .....	287
<b>Старощук Д. И.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ В РОССИИ И ИНДИИ.....	292
<b>Субботин В. А., Фурсов Г. А.</b> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЖИМЕ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ.....	297
<b>Субботин В. А., Фурсов Г. А.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЕМ АКТИВНОЙ СПИНЫ МЕДИЦИНСКОГО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЭКЗОСКЕЛЕТНОГО КОМПЛЕКСА .....	303
<b>Суфтин И. Д.</b> СТРУКТУРА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РЕАКТОРОМ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ И ПРИНЦИП ЕЕ РАБОТЫ.....	307
<b>Сухоруков И. В.</b> СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. АНАЛИЗ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ГЕНЕРАЦИЮ ЭНЕРГИИ НА БОРТУ САМОЛЕТОВ.....	311
<b>Тюшев Д. В.</b> АНАЛИЗ ЭКОСИСТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ УГРОЗ.....	318
<b>Фетисова Е. И.</b> РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ «НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ, НЕПРЕРЫВНОЙ ДОСТАВКИ» НА ТОРГОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ.....	321
<b>Чугунов А. Л.</b> РОБОТОТЕХНИКА И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	324
<b>Швецов Д. С., Шишков И. А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА.....	328
<b>Яковлев Д. Д.</b> АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУР РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ .....	332

Научное издание

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'24  
XIX Международная конференция  
по электромеханике и робототехнике  
16–17 апреля 2024 г.

Молодежная секция

Сборник докладов

ISBN: 978-5-8088-1960-3



9 785808 819603

Ответственный за выпуск  
доктор технических наук, профессор *В. Ф. Шишляков*  
Редакторская подготовка *Е. В. Тороповой*  
Компьютерная верстка *А. Н. Колешко*

---

Подписано к печати ????.09.2024. Дата выхода в свет: ????.09.2024. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 19,8. Уч.-изд. л. 14,5. Тираж 150 экз. Заказ № 264.

---

Редакционно-издательский центр ГУАП  
190000, г. Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67, лит. А

Распространяется бесплатно