

ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «МОСКОВСКАЯ
ОБЛАСТНАЯ ЭНЕРГОСЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ»

КОДИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ
ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ
ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

Текстовый документ выпускной квалификационной работы

Выполнил слушатель программы профессиональной
переподготовки «Школа начальника
производственного отделения»

Черников А. А.

Руководитель работы

Карпушкин А.А.

Виза: _____
(доработать, к защите и т.д.)

Голицыно – 2019 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 53 страницы текстового документа формата А4, включающего 7 иллюстраций, 1 таблицу, 28 использованных источников.

QR-КОД, КОДИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, GIS,
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ, RFID, БЕСПРОВОДНЫЕ
ДАТЧИКИ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ

Объект исследования – Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала Коломенского филиала АО «Мособлэнерго».

Целью работы явился поиск и опытное внедрение новых решений в Коломенском филиале АО «Мособлэнерго» для участия в масштабной программе цифровизации электросетевого комплекса в соответствии с политикой инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В процессе работы на основе анализа технической литературы, нормативно правовых актов и опыта энергокомпаний по решению задач управления развитием и эксплуатацией электросетевых объектов, проводился анализ современных практических и перспективных методов решений поставленных задач исследования в разрезе имеющихся и уже внедренных программных комплексов и геоинформационных систем.

Проанализированы характеристики электросетевого хозяйства производственного отделения, рассмотрены и изучены проблемы с учетом отраслевых особенностей электроэнергетического предприятия. На

основе анализа технической литературы проводилась сравнительная оценка эффективности и сложностей в реализации разных типов кодирования и позиционирования.

С помощью реализованного пилотного проекта по кодированию оборудования была доказана правильность выбора способа и подхода к его реализации. Была показана простота внедрения и раскрыта возможность дальнейшего расширения и модернизации системы кодирования.

Результаты исследования будут предложены автором для внедрения в АО «Мособлэнерго» с целью повышение эффективности работы компании за счет внедрения кодирования оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки выездных бригад. Дальнейшее расширение предложенной системы кодирования и предлагаемые в ходе исследования инструменты и решения могут стать фундаментальной частью общей системной архитектуры управления информацией для нужд АО «Мособлэнерго» и значительным вкладом в в программу цифровизации электросетевого комплекса.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Характеристика электросетевого хозяйства и исходных инженерных информационных данных Воскресенского производственного отделения Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»	10
1.1. Характеристика электросетевого хозяйства Воскресенского ПО Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»	10
1.2. Геоинформационные и графические системы Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»	11
1.3. Требования к объему и формату транслируемой информации	15
2. Структура модели системы распознавания контекстно-зависимых форм и обмена данных	20
2.1. Позиционирование объектов с применением кодирования	20
2.2. Анализ и выбор систем кодирования	22
2.3. Алгоритм и схема работы модели	28
2.4. Разработка среды обработки и визуализации данных	31
3. Реализация метода на примере оборудования ЦРП-1 Воскресенского производственного отделения	32
3.1. Разработка среды верификации и серверной части модели	32
3.2. Размещение двухмерных маркеров на оборудовании	33
3.3. Оценка применения и возможности масштабирования системы в энергосистеме Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»	33
Заключение	40
Список использованных источников	43
Приложения	47

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования:

После укрупнения и консолидации электрических сетей в рамках реформирования электроэнергетики российские электросетевые компании сталкиваются с проблемами, связанными с ростом и динамикой изменения электросетевого хозяйства, а также с территориальной удаленностью новых объектов. Компании сталкиваются с необходимостью сбора и поддержания в актуальном состоянии данных по обслуживаемой инфраструктуре, предоставления этих данных оперативным выездным бригадам на месте проведения работ, обеспечения точного позиционирования бригад относительно обслуживаемого оборудования. Сюда же включается необходимость получения технической информации по конкретному оборудованию и оборудованию, топологически с ним связанному.

В настоящее время процесс предоставления данной информации персоналу, работающему «в поле» не реализован. В ряде случаев бригадам доступны только бумажные планшеты со схематикой времен проектирования, что, как правило, очень сильно разнится по сравнению с текущим состоянием.

В январе 2019 года в АО «Мособлэнерго» введена в действие политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Одним из приоритетов АО «Мособлэнерго» в области инновационного развития стала цифровизация технологических процессов [19]. Проводимое исследование опирается на данную концепцию и предусматривает поиск многозадачного и унифицированного решения.

Базовыми для нашего исследования явились публикации Устинова Н.А., Намиота Д. Е. и Ковалёва А. И., посвященные исследованию вопросов применения технологий геоинформатики и двумерного кодирования [1, 6].

Вопросы создания эффективной инфраструктуры среды освещены в работах авторов: Волкова А.А., Шнепс-Шнеппе М.А., Абдрахмановой А.М, Liu. Н., Darabi. Н., Banerjee. Р. и Liu. J. [2, 3, 4].

Взаимодействие маркетинговых, логистических и информационных технологий изучают Камозин Д.Ю., Колодин В.С., Кожемякин Н., Архипова З.В., Арманд В.А., Финкенцеллер К. [5]

В настоящее время, в целях снижения времени ликвидации технологических нарушений в электрических сетях, АО «Мособлэнерго» реализует программу по применению планшетных компьютеров, оснащенных справочной информацией, памятками, схемами, картами и так далее. Однако, данное решение недостаточно эффективно, так как не имеет возможности оперативного обмена информацией с сервером данных филиала и не исключает ошибок при идентификации оборудования. В тоже время, без специализированного программного обеспечения процесс практического и оперативного поиска материала из загруженного массива данных является малопродуктивным, также запрашиваемая информация может отсутствовать на локальном устройстве из-за ошибки персонала, нечитаемости формата документа или недостаточности объема памяти.

Проблема:

Необходимость сбора и поддержание актуальных данных по обслуживаемой инфраструктуре, предоставление этих данных оперативным выездным бригадам на месте проведения работ,

обеспечение точного позиционирования бригад относительно обслуживаемого оборудования и его идентификация.

Тема исследования:

«Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала».

Цель исследования:

Поиск решения по оперативной и достоверной информационной поддержке обслуживающего персонала и его практическое применение в сетях Воскресенского производственного отделения Коломенского филиала АО «Мособлэнерго».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи исследования:

1) Автоматизировать процессы сбора и ведения информации по всем объектам электросетевого хозяйства (ЭСХ). Обеспечить средства представления этой информации в формате, упрощающем восприятие больших объемов данных и принятие решений.

2) Обеспечить доступ к актуальной информации ремонтным выездным бригадам на месте проведения работ. Обеспечить максимально простой процесс и интерфейс получения этой информации, не требующий профессиональных знаний и навыков в информационных технологиях (ИТ) и легкое восприятие запрашиваемой информации.

3) Обеспечить позиционирования ремонтных выездных бригад относительно обслуживаемых объектов ЭСХ с соблюдением требований Российского законодательства в области пространственных данных.

4) Максимально задействовать общедоступные технологии и средства связи, а также имеющиеся на предприятиях информационные системы, избежав при этом масштабных капиталовложений в развитие

коммуникационной и информационной инфраструктуры, также в дорогостоящее оборудование.

5) Предусмотреть дальнейшее расширение системы в рамках цифровизации электрических сетей с учетом энергетической безопасности.

Объект исследования:

Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала.

Предмет исследования:

Применение кодирования оборудования электросетевых объектов в Воскресенском ПО Коломенского филиала АО «Мособлэнерго».

Основные результаты ВКР:

Основные результаты ВКР связаны с определением понятий позиционирования и кодирования объектов; с исследованием пространственных и непространственных атрибутов геоинформационных систем; с разработкой модели системы распознавания контекстно-зависимых форм и обмена данных; с предложением по реализации проекта кодирования оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала.

Методологическая и теоретическая основы исследования:

Исходными данными для исследования выступают результаты работы Лаборатории Открытых Информационных технологий факультета ВМК МГУ им. М.В.Ломоносова; труды отечественных и зарубежных ученых; материалы периодической технической печати; аналитические доклады; нормативные правовые акты; материалы, полученные автором в ходе работы в АО «Мособлэнерго».

Практическая значимость работы:

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты могут использоваться в дальнейшем исследовании проблемы; предложенный подход может быть легко обобщен и применен к любым системам, связанным с обслуживанием географически разнесенных объектов. Выводы и фактический материал исследования могут оказать помощь специалистам АО «Мособлэнерго». Определяющим моментом для применения является наличие уникального контента, привязанного к точке установки.

Апробация результатов:

Апробация результатов исследования осуществлялась в рамках реализации пилотного проекта по кодированию оборудования РУ-6кВ ЦРП-1 при параллельном запуске тестового вебпортала на удаленном сервере в сети интернет.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА И ИСХОДНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ ВОСКРЕСЕНСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОТДЕЛЕНИЯ КОЛОМЕНСКОГО ФИЛИАЛА АО «МОСОБЛЭНЕРГО»

1.1. Характеристика и динамика ЭСХ Воскресенского ПО Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»

Для оценки актуальности исследования необходимо обратиться к характеристике электросетевого хозяйства (ЭСХ) производственного отделения. В оперативном управлении и ведении Воскресенского ПО находится 515 трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, 174 из них – объекты потребителей. Численность присоединенных трансформаторов – 737, при общей присоединенной трансформаторной мощности около 200 мВА. Протяженность воздушных и кабельных линий электропередачи – более тысячи километров. Объем транспорта электрической энергии в 2018 году, учтенный 63 804 приборами учета, составил 350 миллионов кВт*ч. Объекты ЭСХ расположены на территориях Коломенского, Воскресенского и Раменского городских округов. При этом в данных муниципалитетах кроме подразделений АО «Мособлэнерго» присутствуют смежные сетевые организации – Россети, РЖД, Газпромэнерго, КЭК, Энергопромсети, Оборонэнерго, Магнитэнерго и другие.

Анализируя ежегодный прирост ЭСХ, связанный с ростом выполняемых технологических присоединений, следует отметить и продолжающуюся консолидацию. В 2018 году Правительством Московской области закончена консолидация муниципальных электрических сетей под эгидой АО «Мособлэнерго». В 2019 году АО

«Мособлэнерго» продолжает укрупняться за счет упрощения требований к процессу передачи электрических сетей объединений садоводов и коттеджных поселков на баланс компании. В тоже время, АО «Мособлэнерго» проводит модернизацию (ретрофит) оборудования и строительство новых объектов и элементов сети. Таким образом, значительная динамика развития и обновления ЭСХ диктует необходимость решения проблемы оперативного обновления схем и технической документации, а также задачи быстрого изучения сотрудниками особенностей эксплуатации нового оборудования и задачи быстрого позиционирования при оптимальной логистике.

Для более глубокого понимания особенностей методов и инструментов, позволяющих управлять необходимой в работе электросетевой компании информацией, рассмотрим основные графические и геоинформационные системы, используемые в Коломенском филиале АО «Мособлэнерго».

1.2. Геоинформационные и графические системы Коломенского филиала АО «Мособлэнерго»

Применение технологии геоинформационных систем (ГИС) в энергетике имеет долгую успешную историю, большой потенциал и богатые перспективы. Большинство аспектов деятельности АО «Мособлэнерго» имеет значимую пространственную составляющую и привязку к определенной территории или конкретному местоположению. Связанные с географическим положением данные пронизывают все стадии процесса: от полевых изыскательских и проектных работ, создания и развертывания инфраструктуры ЭСХ, транспорта электроэнергии, хранения и передачи информации. Это в полной мере

также относится и к таким направлениям деятельности как маркетинг и логистика, соблюдение экологических требований, вопросы обеспечения безопасности и реагирования на чрезвычайные ситуации, энергосбережения и увеличения энергоэффективности, распределения капиталовложений с оценкой их возвратности. Таким образом, все сетевые компании осознают и активно применяют преимущества географического подхода и пространственного анализа, предоставляемые технологией геоинформационных систем. ГИС, как универсальная интеграционная платформа, может помочь повысить эффективность бизнеса за счет полноценного управления практически всеми видами данных [14].

В Воскресенском производственном отделении еще до присоединения муниципальных сетей к АО «Мособлэнерго» была развернута универсальная геоинформационная система IndorGIS (разработчик – ГК Индор). IndorGIS поддерживает большое количество векторных и растровых форматов пространственных данных и отличается высокой скоростью работы и широким набором инструментов редактирования и анализа. Пример фрагмента участка сети разного масштаба в интерфейсе APM IndorGIS изображен на рисунках 1 и 2. В дальнейшем, с целью унификации применяемого филиалами АО «Мособлэнерго» программного обеспечения, данные были экспортированы в QGIS – свободную кроссплатформенную геоинформационную систему.

Выделим некоторые моменты, отражающие важность применения ГИС в АО «Мособлэнерго»:

- 1) Эффективное использование данных.

Компания ведет бизнес на обширных территориях и должна управлять большими объемами данных с пространственным

компонентом. Современные ГИС предоставляют полномасштабную программную среду для управления данными с ее интеграцией с другими платформами и СУБД. Информация о земле, такая как зонирование, получение и выдача разрешений, землевладение и геодезия, а также данные, связанные с геологией, гидрологией и другими физическими характеристиками ландшафта, – это очевидные примеры и варианты для их включения в состав ГИС. Данные по распределительным сетям управляются и отображаются с позиций их пространственного размещения.

2) Интегрирование баз данных

С возможностями по интеграции баз данных разной тематики и принадлежности, ГИС служит в качестве инструмента по консолидации и координации данных и информации из многих источников, например при поиске перспективных мест для развития своей деятельности. Для реализации этой функциональности создаются корпоративные ГИС-порталы, объединяющие информационные ресурсы АО «Мособлэнерго». Для их развертывания в среде Интернет и/или локальной сети используются специальные серверные решения. Масса интересных разработок и внедрений, в том числе описываемых в данной работе, могут быть применены в интеграции с ГИС.

3) Управление пространственной инфраструктурой и инженерными сетями.

ГИС является мощным инструментом для поддержки управления всеми типами объектов и общей распределенной в пространстве инфраструктурой АО «Мособлэнерго». Вся информация хранится в базах геоданных и отображается в пространственных представлениях и во временной динамике. Здесь также имеются возможности и практические наработки по реализации взаимодействия между ГИС и другими

системами и пакетами, которые используются в энергетике. Предоставляемые ГИС возможности далеко выходят за рамки простого картирования электросетей. ГИС помогает в создании дизайна и в координации проектов строительства новых объектов или в обновлении и реконструкции имеющихся.

Опираясь на собственные наработки и обращаясь к опыту коллег из других сетевых компаний мы можем резюмировать:

1) что уже накоплен положительный опыт применения ГИС для оценки надежности и контроля состояния систем транспортировки, отслеживания потерь, планирования мер по ликвидации разномасштабных аварий, оперативному реагированию на них и сглаживанию последствий, выявлению потерь за счет незаконного отъема энергоресурсов, пиратства и дефектной измерительной аппаратуры, общей оценки рисков;

2) основанные на ГИС приложения для контроля энергоснабжения помогают компаниям быстро реагировать на перебои в обслуживании клиентов и их своевременном предупреждении. Эти приложения обеспечивают сбор данных от системы датчиков интеллектуальных электрических сетей (Smart Grids), определяют местоположение отключения или утечки, помогают точнее выявить его причину, направить на место происшествия специалистов, отслеживать статус проводимых работ по обслуживанию или ремонту;

3) создание разнообразных сценариев с использованием ГИС позволяет компаниям выбирать наилучшие решения с учетом множества воздействующих факторов. В этой деятельности многим компаниям уже помогают оперативно-ситуационные центры, основой которых является централизованная ГИС, позволяющая отображать всю информацию об объектах и текущей обстановке на интерактивной карте.

Еще одной важной функциональной особенностью инженерной ГИС является множественность представлений одних и тех же информационных объектов. Отображение объектов на электронных картах не всегда удобно для решения специфических прикладных задач. Для нас большое значение имеет отображение компонентов модели ЭСХ также на технологических схемах. Рисунки 1, 2 и 3.2. иллюстрируют различные варианты представления оборудования электроподстанции.

Таким образом, можно отметить, что комплексное управление распределенной инфраструктурой на основе паспортизации и учета оборудования, с помощью ГИС помогает повысить надежность и экономическую эффективность деятельности и степень удовлетворенности клиентов.

Оценивая возможности ГИС в проекции целей нашего исследования можно сделать вывод, что ГИС максимально подходит в качестве *решения первой задачи* - автоматизировать процессы сбора и ведения информации по всем объектам электросетевого хозяйства и обеспечить средства представления этой информации в формате, упрощающем восприятие больших объемов данных и принятие решений.

В следующем параграфе мы рассмотрим перечень основных блоков информации, которые необходимо транслировать в точку запроса.

1.3. Требования к объему и формату транслируемой информации

ГИС является эффективным средством для паспортизации объектов электрических сетей, что является важнейшей задачей переходного периода от регулируемого к конкурентному рынку электроэнергии, от централизованного управления объектами электрических сетей к реформированной их структуре [15]. В планах на

ближайшую, уже реализуемую, и более отдаленную перспективу развития ГИС предусмотрено решение следующего ряда задач:

- Автоматизация работы технических служб.
- Автоматизация работы диспетчерской службы (контроль электроэнергии, контроль переключений для профилактики или реконструкции).
- Автоматизация работы технической службы (ведение истории профилактики или реконструкции объектов, планирование мероприятий по обслуживанию объектов, расчет маршрутов).
- Автоматизация работы аварийных бригад (оперативное выявление аварийных участков, расчет ресурсов для локализации аварии, выдача рекомендаций по локализации аварийных участков).
- Сбор и отображение информации: сбор и отображение оперативных технических данных с действующих АСУ, отображение данных распределения нагрузки/перегрузки сети и ее участков, сбор технико-технологических, экономических, производственных и прочих данных.
- Анализ оперативных технических данных (текущее техническое состояние электротехнических объектов, расчет зоны покрытия).
- Анализ производственных показателей (соответствие производственных показателей требованиям и нормам (планируемые/фактические), расчет потребления по регионам (планируемые/фактические), расчет нагрузки по объектам, зонам, линиям).
- Ситуационное моделирование (моделирование нагрузки при работе в различных режимах, моделирование увеличения/уменьшения производственных мощностей, моделирование процессов профилактики и

реконструкции, моделирование аварийных ситуаций, выявление зон обесточивания при аварийных ситуациях, моделирование новых электросетевых объектов).

- Прогнозирование (прогнозирование нагрузки при работе в различных режимах, прогнозирование работы в зависимости от внешних факторов (времени года, метеоусловий и др.), прогнозирование ресурсов (времени, материалов, трудовых ресурсов) при профилактике и реконструкции, прогнозирование аварийных ситуаций, выявление «узких» мест (участков, подверженных риску аварий), прогнозирование ресурсов для локализации аварий, расчет времени реагирования, расчет маршрутов, прогнозирование ресурсов при создании новых электросетевых объектов).

- Планирование мероприятий (по профилактике/реконструкции, по обеспечению надежности системы, планирование системы обеспечения безопасности, планирование оперативного резерва (резерв мощности, имеющийся в наличии для замены первичного и вторичного регулирования частоты после аварии), планирование резерва замещения (резерв мощности для замены краткосрочного выхода из строя генерирующей установки или длительного отсутствия генерации, которая не может быть восстановлена из первичного источника).

В Коломенском филиале, с помощью настольных продуктов ГИС создаются атласы карт, которые печатаются и раздаются выездным бригадам. Такой процесс затрудняет координацию действий. Приходится периодически заменять эти атласы для обновления данных. А выездные бригады не имеют возможности вносить актуальную информацию в базу данных ГИС, при работе в поле, из-за отсутствия цифровой связи с офисом и общей базой данных ГИС. Функциональные возможности технологии геоинформационных систем в части сбора данных на

местности в последние годы значительно расширились за счёт активного внедрения мобильных приложений для полевых географических исследований [16]. В нашем исследовании пока не стоит задача двустороннего взаимодействия с сервером, а вот *вторая задача исследования* - обеспечить доступ к актуальной информации ремонтным выездным бригадам на месте проведения работ. Обеспечить максимально простой процесс и интерфейс получения этой информации, не требующий профессиональных знаний и навыков в информационных технологиях (ИТ) и легкое восприятие запрашиваемой информации.

Выделим два основных блока информации, которые необходимо транслировать в точку запроса:

- 1) Оперативные однолинейные схемы, содержащие актуальную информацию о нормальных разрывах, текущих присоединениях, марках и типах оборудования и так далее.

Данная информация должна выгружаться из базы данных непосредственно по оперативному запросу бригады. В идеале – отображение текущей обстановки в режиме онлайн. При отсутствии специальных мобильных приложений, позволяющих просматривать интерфейсы программ, допускается экспортирование данных на лету. Предпочитаемый формат – SVG (от англ. Scalable Vector Graphics — масштабируемая векторная графика). Формат – SVG входит в подмножество расширяемого языка разметки XML, предназначен для описания двумерной векторной и смешанной векторно/растровой графики в формате XML. SVG поддерживает как неподвижную, так и анимированную интерактивную графику — или, в иных терминах, декларативную и скриптовую [17].

Выбранный формат поддерживается существующими ГИС (QGIS) и графическими редакторами (МОДУС) и в тоже время отлично

распознается обычными браузерами не теряя подключенные гиперссылки.

2) Техническая документация, регламенты, инструкции по эксплуатации оборудования, паспорта объектов, справочная информация, карты оперативного реагирования и так далее.

Данная информации может быть размещена в отдельных библиотеках, не требующих частого обновления. В связи с большим объемом текстовые файлы могут быть представлены в формате PDF, а графические в формате JPG. Данные форматы могут быть выгружены и в виде отдельных модальных окон браузера, и в виде части HTML и PHP кода страницы, так и в виде ссылки для скачивания документа или архива с пакетом документов. Любое мобильное устройство способно прочесть данные форматы как встроенными, так и сторонними приложениями.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что сложностей в обеспечении максимально простого процесса получения информации, не возникнет. Потребуется стандартные знания и навыки пользователей ГИС для настройки процесса экспорта, и навыки инженеров производственно-технической службы для подготовки и загрузки в библиотеку технической документации. Дополнительно потребуется настройка прав доступа силами ИТ специалистов. Для сотрудника, на устройстве которого будет просматриваться запрашиваемая информация – специальных навыков не потребуется. Легкое восприятие запрашиваемой информации будет обеспечено автоматически.

В следующей главе мы более детально проанализируем сложившуюся практику и технические методы, с помощью которых мы должны решить *третью задачу исследования*. Обеспечить позиционирования ремонтных выездных бригад относительно

обслуживаемых объектов ЭСХ с соблюдением требований Российского законодательства в области пространственных данных.

2. СТРУКТУРА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ КОНТЕКСТНО-ЗАВИСИМЫХ ФОРМ И ОБМЕНА ДАННЫХ

2.1. Позиционирование объектов с применением кодирования

Позиционирование здесь рассматривается с точки зрения применения для решения задач ремонтных выездных бригад АО «Мособлэнерго» относительно обслуживаемых объектов ЭСХ. Эту задачу можно разделить на 2 подзадачи:

1) Позиционирование относительно объектов ЭСХ, расположенных в открытой местности, например, воздушных или кабельных линий, отдельных конкретных опор, подстанций, точки на линии, удаленной от подстанции на конкретное расстояние. По сути, это классическое использование привычных навигационных сервисов, только вместо поиска обычного адреса или точки интереса (POI – Point of Interest) на карте [20], объектом поиска является элемент распределительной сети. Для решения этой задачи, подойдут технологии, обеспечивающие точность позиционирования 5-10 и даже 20 метров.

2) Позиционирование внутри помещений (так называемое indoor позиционирование [3]). Прежде всего, это позиционирование внутри подстанций относительно отдельных элементов оборудования, например, трансформатора, размыкателя, секционного выключателя, батареи конденсаторов и т.п. Эта задача сводится к тому, чтобы дать возможность мастеру ремонтной бригады однозначно определить перед каким элементом оборудования он находится, а затем отобразить его на

графическом представлении. В данном случае карта не совсем уместна, а больше подойдет технологическая мнемосхема.

Говоря о гео-информационных технологиях, следует также рассмотреть вопросы правового регулирования картографической деятельности и деятельности компаний, применяющих промышленные инженерные ГИС системы. В России присутствует своя специфика, которая вносит ряд ограничений на использование ГИС для управления электрическими сетями. Например, нельзя публиковать точные координаты электрических подстанций и местоположение высоковольтных линий электропередач. Но, как было замечено ранее, для решения задач управления ЭСХ вовсе необязательно знание истинных координат объектов. Принципиальным является знание о взаимном расположении объектов и расположении относительно элементов гражданской инфраструктуры и природных комплексов.

Поскольку работа с координатами объектов ЭСХ ограничена, а присутствующая необходимость организации позиционирования в помещениях требует других методов, чем просто GPS определение с помощью мобильного телефона, нами было принято решение полностью отказаться от традиционного позиционирования. Позиционирование было заменено кодированием объектов ЭСХ. Идея состояла в том, чтобы с помощью имеющегося мобильного телефона (смартфона) работник ремонтной бригады мог распознать визуальный код и автоматически получить на этот телефон (планшет и т.д.) всю необходимую эксплуатационную информацию в нужных форматах. Такая схема полностью исключает координатную информацию из системы хранения, чем обеспечивается соблюдение требований о запрете открытого опубликования ряда данных, а также решает проблему точности при позиционировании в помещениях. Последнее верно потому, что при

визуальном кодировании мы сами выбираем степень детализации, и, следовательно, кодироваться могут и достаточно мелкие компоненты ЭСХ.

На протяжении длительного периода времени в энергетике наблюдается тенденция к упорядочиванию и унификации технологических решений и представления информации о состоянии энергооборудования и протекающих в нем процессов. Разработаны стандарты и методические указания по применению кодирования [21]. Упомянутые документы рекомендуют использовать на электростанциях систему кодирования KKS. Так как KKS де-факто является стандартом в России и в мире, то, по желанию заказчиков, эта рекомендация становится требованием.

Мы изучили доступные способы кодирования и оценили их на совместимость с целями исследования.

2.2. Анализ и выбор систем кодирования

2.2.1. Упомянутая система кодирования KKS (Kraftwerk Kennzeichen System) поддерживается и развивается с 70-х годов прошлого века специальной комиссией VGB. Идеальной системы кодирования создать невозможно, поскольку любая система кодирования является компромиссом весьма противоречивых требований, и KKS является достаточно удачным воплощением такого компромисса для технических и программных средств АСУТП. Система KKS обеспечивает однозначную идентификацию и стандартизированное описание технических систем и является стандартом при проектировании оборудования и систем управления в области энергетики большинства развитых стран. Она применялась при строительстве более 1300 энергоблоков по всему миру.

Российские инжиниринговые компании использовали KKS в таких крупных проектах, как ГРЭС «Нассирия» (Ирак), Тюменская ТЭЦ-1, Талимарджанская ТЭС (Узбекистан) и др. [K1]

В 2008 году в Германии были опубликованы сведения о новой системе RDS-PP (от англ. Reference Designation System for Power Plants — справочная система обозначений для электростанций), которая является развитием KKS. Наряду с маркировкой технологического оборудования, исполнительных органов (запорно-регулирующей, предохранительной, отсечной и т.п. арматуры, механизмов собственных нужд), точек измерения, монтажных единиц, устройств автоматизации, зданий и сооружений система KKS позволяет маркировать алгоритмы и программы различного вида и назначения (алгоритмы обработки измеряемых технологических параметров, сигнализации, автоматического регулирования, технологических защит, логического управления: блокировок, АВР, пошаговых программ, — расчета технико-экономических показателей и диагностики состояния технологического оборудования), входные, выходные и промежуточные сигналы этих алгоритмов и программ, видеограммы всех уровней, отображаемые на видеотерминалах, кабели и пр.

Однако, данные системы не подходят для нашего решения. Все пользователи при первом знакомстве с KKS отмечают громоздкость системы: очень длинный код, который трудно воспринимается и запоминается; система содержит множество различных правил. Таким образом, можно отметить, что принятые в российской энергетике рекомендации по применению унифицированной системы кодирования на базе KKS обладают рядом недостатков. Недавно появившаяся система кодирования RDS-PP не способствует оптимизации кода и не улучшает удобство его использования. Трудоёмкость использования существующей

системы кодирования высока [22]. Разработчики KKS при создании системы исходили из принципа: чем больше информации об объекте в коде, тем лучше. Этот принцип не всегда оправдан и целесообразен, так как неизбежно приводит к усложнению правил кодирования и к удлинению кода. Стремиться к выполнению данного принципа совсем не обязательно, потому что пользователь и программа САПР получают информацию об объекте не только из его кода. Обычно разработчики АСУТП формируют так называемую информационную базу данных (ИнфБД), в которой содержится масса дополнительной информации, необходимой для создания и эксплуатации АСУТП.

Основной задачей кодирования, подходящим для нашего решения, является автоматическая идентификация, то есть возможность удобно и быстро считывать эту информацию с помощью специальных и при этом доступных сканеров. В кодировании подробной информации об объекте в модуле кода у нас нет необходимости.

В настоящее время наиболее доступными и распространенными являются следующие способы автоматической идентификации объектов:

2.2.2. RFID (Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в транспондерах, или RFID-метках. Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер или интеррогатор) и транспондера (он же RFID-метка, иногда также применяется термин RFID-тег). RFID-метки делятся на две основные категории, активные и пассивные, в зависимости от источника электроэнергии. Активные метки RFID содержат собственный источник питания, обычно встроенный аккумулятор. Пассивные метки получают питание от сигнала внешнего считывателя. Считыватели RFID также

бывают активных и пассивных разновидностей, в зависимости от типа метки, которую они читают. Большинство транспондеров состоит из интегральной схемы, служащей для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного (RF) сигнала и антенны для приема и передачи сигнала. [7]

2.2.3. NFC (Near Field Communication, «коммуникация ближнего поля», «ближняя бесконтактная связь») — технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 сантиметров. NFC является широко распространенной ветвью RFID с одноранговой связью. Устройство NFC может действовать как читатель, так и как тег. Эта уникальная способность сделала NFC популярным выбором для бесконтактных платежей и систем доступа. [7]

2.2.4. Штриховое кодирование — графическая информация, наносимая на поверхность, маркировку или упаковку изделий, предоставляющая возможность считывания её техническими средствами — последовательность чёрных и белых полос, либо других геометрических фигур.

В зависимости от типов конечных графических представлений все коды делятся на 3 категории линейные (или одномерные), двумерные и трехмерные.

Линейный штриховой код (штрихкод) — это последовательность чёрных и белых полос, представляющая некоторую информацию в удобном для считывания техническими средствами виде (рисунок 4).

Наиболее распространённые линейные символики: EAN (EAN-8 состоит из 8 цифр, EAN-13 — используются 13 цифр), UPC (UPC-A, UPC-

E), Code56, Code128 (UPC/EAN-128), Codabar. Линейные символы позволяют кодировать небольшой объем информации. [8, 9]

Двумерными называются символы, разработанные для кодирования большого объема информации. Расшифровка такого кода проводится в двух измерениях (по горизонтали и по вертикали). Двухмерные коды подразделяются на многоуровневые (stacked) и матричные (matrix).

В настоящее время разработано множество двумерных баркодов, применяемых с той или иной широтой распространения. Вот некоторые коды: Aztec Code, Data Matrix, MaxiCode, PDF417, QR код, Microsoft Tag

Особо следует отметить QR-код. QR - (от англ. quick response-быстрый отклик) – это двумерный штрихкод, разработанный японской фирмой Denso-Wave в 1994 году. В этом штрихкоде кодируется разнообразная информация, состоящая из символов (включая кириллицу, цифры и спецсимволы). Чаще всего на сегодняшний день QR-коды применяются для кодирования адресов сайтов (гиперссылок) и номеров телефонов. Один QR-код может содержать 7089 цифр или 4296 букв, или 2953 байта. Особенность QR-кода в том, что его легко распознать даже фотокамерой в мобильном телефоне (Рисунок 5).

RFID, штрих-коды и QR-коды схожи в том, что они являются технологиями сбора данных, то есть они автоматизируют процесс сбора данных. Однако они также значительно различаются во многих областях. Хотя это сравнение в основном сфокусировано на преимуществах RFID по сравнению со штрихкодами и штрих-кодами QR-кодов, также предлагает некоторые преимущества по сравнению с RFID, такие как их низкая стоимость. QR-код и штрих-код должны быть на линии прямой видимости, чтобы быть прочитанными сканером; но это совсем не

требуется в случае RFID [26]. Сравнение технологий кодирования приведено в Таблице 1.

Обобщая основные преимущества и недостатки рассматриваемых технологий кодирования для решения задач автоматической идентификации, можно сформулировать следующие требования:

- При выборе технологии кодирования наиболее важными критериями, которые необходимо учитывать, являются ограничение объема кодируемой информации и требования к устройствам создания символик кода и их считывания.
- Также важным является возможность технологии обеспечивать коррекцию ошибок при считывании меток и распознавание информации с частично поврежденных меток.
- Низкая стоимость и простота размещения.
- Для решения задач кодирования большого количества объектов (как например, единицы электросетевого оборудования) наиболее подходящими представляются технологии двухмерного черно-белого кодирования, обеспечивающие считывание и распознавание символик кода с помощью камер, встраиваемых в мобильные телефоны или смартфоны.

Не смотря на то, что RFID оказывается перспективной технологией по сравнению с другими в использовании - наиболее полно задачам кодирования огромного количества элементов ЭСХ соответствует технология с использованием QR-кодов, так как она позволяет закодировать в одном коде максимальное количество символов, дешифровать частично поврежденную QR метку и не требует специального оборудования (как например сложные линейные коды или трехмерные коды) для считывания метки. QR-код крайне удобен как «быстрый линк», ведущий на подробное описание оборудования [27].

Система RFID-кодирования может быть рассмотрена в рамках перспективного развития нашего решения при интеграции с другими решениями, которые мы рассмотрим в третьей главе.

Итак, мы выяснили, что для печати QR-метки достаточно чёрно-белого принтера, а распознавание метки осуществляется при помощи цифровой камеры, встроенной в мобильный смартфон. Иными словами, элементы ЭСХ в системе снабжаются визуальными метками (QR-кодами). Эти метки служат ключом для получения доступа к технической документации о данном элементе. По сути, географическая навигация заменяется навигацией по маркированным (по факту – обслуживаемым) элементам.

Схема решения изображена на рисунке 7. Рассмотрим изображенный на ней алгоритм подробнее.

2.3. Алгоритм и схема работы модели.

Идея состоит в присвоении объектам ЭСХ уникальных кодов, которые будут являться поисковыми ключами для корпоративной системы управления техническими объектами. С помощью такого кода (ключа) в базе данных системы можно будет подобрать всю информацию, необходимую ремонтной бригаде, находящейся непосредственно на объекте (рядом с объектом ЭСХ).

Такого рода код может быть размещен непосредственно на объекте ЭСХ. Для этого и нужен QR-код. QR-код, представленный на объекте, по сути, содержит закодированный URL для доступа к корпоративной базе данных. В параметрах этого URL (в параметрах запроса) и передается уникальный код объекта.

Соответственно, ремонтная бригада, находясь непосредственно на объекте, может получить доступ к нужному разделу корпоративной базы данных – сканировав QR-код, открыв соответствующую вебстраницу и авторизовавшись на ней.

При этом подготовка (печать) кодов для размещения на объектах ЭСХ в такой системе должна проводиться централизованно. Отметим также, что в такой модели не требуется хранить в центральной базе данных точные координаты объектов (что ограничено регламентами безопасности). Достаточно просто иметь уникальный идентификатор объекта.

Основные элементы оборудования подстанций, хранимые в базе данных ГИС, кодируются уникальными QR-кодами. Т.е. каждому элементу соответствует уникальная QR-метка. Далее эти метки прикрепляются к оборудованию так, чтобы они могли быть легко считаны. Бригада, прибыв на место выполнения работ для технического обслуживания или ремонта конкретной единицы оборудования, считывает соответствующую метку при помощи камеры, встроенной в мобильный телефон. Далее эта метка дешифрируется и отправляется запрос на сервер с параметрами, позволяющими точно идентифицировать данный объект. На сервере эта информация обрабатывается и на смартфон бригады возвращается электронная схема или карта, на которой представлен данный объект. Например, если QR-метка присвоена трансформаторной подстанции низкого напряжения, то бригаде отправляется фрагмент карты, на которой видно ее окружения, питающий ее центр, подключенные потребители. Если отсканированная QR-метка, присвоена отдельному трансформатору на распределительной подстанции, то на смартфон передается технологическая мнемосхема, которая панорамируется в браузере на объекте, метка которого отсканирована.

Полученная схема или карта представляется в интернет браузере мобильного смартфона мастера бригады. Также можно получить и любую другую информацию об объекте из БД инженерной ГИС системы. Данный вариант достаточно прост и не требует от мастера ввода какой-либо информации при помощи малоудобной клавиатуры мобильного смартфона.

Говоря о схожих проектах, мы можем отметить, например, работу[3], где аналогичные QR-коды используются для навигации в помещении. В качестве результата при распознавании штрих-кода получается схема перемещения в районе сканированной метки. Физические постеры, как ключ к получению контекстозависимых сервисов описаны в работе [4].

Контекстно-зависимые формы для представления QR-кодов описаны в работе [6]. Речь идет о специальном распознавателе QR-кодов, который в случае декодирования некоторого внешнего URL автоматически добавляет к нему параметры, описывающие контекст. В качестве такой контекстной информации использовались, в первую очередь, данные о сетевой близости [7,8].

Применение QR-кодирования объектов ЭСХ и ранее применялись в некоторых электрических сетях и не является инновацией в широком смысле. Один из последних пилотных проектов был реализован в Белгородэнерго в сентябре 2019 года [23]. Решение коллег очень схоже с нашим проектом, реализованным в июле 2019 года, что еще раз подтверждает актуальность нашего исследования.

2.4. Разработка среды обработки и визуализации данных

Публикацию карт и схем целесообразно реализовать на основе международных стандартов и протоколов, разработанных специально для обмена пространственными данными в сети Интернет консорциумом OGC (Open GIS Consortium) [24]. В предлагаемом решении необходимо использовать два основополагающих протокола OGC WMS (Web Map Service) и WFS (Web Feature Service), работающих поверх HTTP. Протокол WMS определяет параметры запроса и предоставления картографической (пространственной) информации в среде Интернет в виде графического растрового изображения.

В отличие от WMS протокол WFS определяет условия получения и обновления пространственных объектов с использованием Geography Markup Language (GML) [1]. Веб-сервис, реализованный по стандарту WMS, при получении определенного запроса от клиента способен обратиться к БД инженерной ГИС и на основании полученных параметров сгенерировать и отправить на клиента фрагмент электронной карты или схемы в виде растрового или векторного изображения. Веб-сервис WFS, в свою очередь, на запросы клиентов генерирует XML документ, содержащий координатные и атрибутивные данные по запрашиваемым объектам.

Для отображения публикуемых в таком виде электронных карт и схем на портативных устройствах мобильных бригад и взаимодействия с приведенными веб-сервисами в соответствии запросами пользователей предлагается создать веб-сайт, содержащий клиентскую часть, реализованную с использованием встраиваемых в HTML страницы сценариев на языке JavaScript. В качестве основы такого сервиса наиболее доступной представляется часто используемая для подобных задач

библиотека OpenLayers [25]. Эта библиотека содержит готовый инструментарий, позволяющий создать сценарий, который в соответствии с действиями пользователя в окне веб-браузера генерирует запросы к веб-сервисам OGC WMS и WFS и визуализирует получаемые от них результирующие фрагменты карт и технологические схемы.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА НА ПРИМЕРЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЦРП-1 ВОСКРЕСЕНСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОТДЕЛЕНИЯ

3.1. Разработка среды верификации и серверной части модели

Для доступа к информации был разработан тестовый веб-интерфейс в полной версии для автоматизированного рабочего места (АРМ) и в мобильной версии для выездных бригад.

Фронтенд сайта реализован на HTML шаблоне с интеграцией JAVA скриптов. Бэкенд выполнен с помощью PHP кода с подключением базы данных MYSQL. Система управления базами данных MySQL является наиболее популярной в мире базой данных. Связанно это прежде всего с простотой использования и абсолютной бесплатностью данной СУБД.

В базу были загружены схемы, карты, паспорта и руководства по эксплуатации оборудования объекта. Массив информации представлен в табличном формате. В дальнейшем планируется реализация возможности перехода по ссылкам непосредственно после клика по элементу схемы.

Дополнительно подключен модуль авторизации по логину и паролю с возможностью дальнейшей реализации аутентификации через IMEI (International Mobile Equipment Identity) мобильного устройства сотрудника.

Кроме штатного браузера смартфона возможна реализация клиентской части с использованием сценариев на языке JavaScript, что обеспечит независимость от платформы, используемой в портативных устройствах мобильных бригад.

3.2. Размещение двухмерных маркеров на оборудовании

В июле 2019 года на базе Воскресенского ПО были проведены работы по QR-кодированию оборудования РУ-6кВ ЦПП-1. Для изготовления QR-меток применялся термопринтер этикеток Gprinter GP-58T. Всего было размещено 24 метки.

Уникальные QR метки, содержат параметры запроса к веб-сервисам, в ответ на который формируется фрагмент технологической схемы, отображающей необходимый элемент и его окружение. На рисунках 3.1. и 6 приведены результирующие схемы, получаемые после сканирования и распознавания QR-меток на распределительной электрической подстанции. После проверки соответствия положений коммутационных аппаратов значениям оперативной схемы и идентификации оборудования выбранной ячейки предоставляется доступ к технической документации в режиме просмотра или загрузки.

3.3. Оценка применения и возможности масштабирования системы в энергосистеме АО «Мособлэнерго»

3.3.1. Практический подход к использованию QR-кодов на примере реализации пилотного проекта позволил подтвердить правильность выбора за счет простоты интеграции и масштабирования модели.

Предложенное решение для поддержки работы оперативных выездных бригад электросетевых компаний не требует масштабных капиталовложений в навигационное оборудование и информационно-коммуникационную инфраструктуру и может быть реализовано на общедоступных каналах связи, таких как GPRS EDGE 3G и 4G. Описанный подход для получения необходимой информации по оборудованию электросетевого хозяйства ориентирован на мастеров и электромонтеров мобильных бригад и не требует профессиональных знаний в ИТ.

Также следует отметить, что данный подход не использует навигационное оборудование и, следовательно, не требует определения реальных географических координат объектов электроэнергетики. Благодаря этому снимается необходимость в проведении сложных процедур, регламентированных российским законодательством в сфере картографии и охраны государственной тайны. Данные предоставляются в соответствии с географией запросов. В то же самое время, подобный подход позволяет избежать прямого хранения координат места установки оборудования. Достаточно знать уникальный код, что и обеспечивается с помощью QR-кодов.

Предложенный подход может быть легко обобщен и применен к любым системам, связанным с обслуживанием географически разнесенных объектов. Определяющим моментом для применения является наличие уникального контента, привязанного к точке установки.

Решение может быть дополнено, расширено и развито на более интеллектуальном уровне. Возможности дальнейших инноваций в рамках программы цифровизации электросетевого комплекса можно реализовать в следующих проектах:

3.3.2. Управление ремонтами и жизненным циклом оборудования [10].

Из предложенного проекта по кодированию оборудования при помощи бесконтактной идентификации – QR и RFID (NFC) меток логично вытекает сервис электронной паспортизации и контроля жизненного цикла оборудования. Информация о всей номенклатуре оборудования с момента установки или модернизации хранится централизованно с поддержкой функционала гибкой классификации и необходимых справочников. Создается электронный паспорт, который «привязан» к конкретному экземпляру оборудования. Синхронизация с сервером происходит Online. Информация доступна в режиме реального времени локально с сохранением в выбранной учетной системе. Данные могут быть интегрированы с Oracle, SAP или другими ERP системами (ERP - англ. Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия — организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности [18]) на основе web-технологий с развитым функционалом разграничения прав. За каждой единицей оборудования закрепляется информация по проводимым ремонтам и обслуживанию, трудозатратам на ремонт, дате выпуска и срокам эксплуатации или межповерочного интервала, наличии запасных частей и др. В e-passport загружаются сертификаты, инструкции, контрольные записи, сводки, фотографии и т.д.

3.3.3. Корпоративная Блокчейн база данных и отраслевая библиотека [13].

Проект электронной паспортизации может быть существенно расширен на основе технологии Блокчейн. Мы предлагаем использовать блокчейн для отслеживания информации об оборудовании на различных производствах и у пользователей, подключенных к системе. Цифровые и визуальные маркеры регистрируются в закрытой системе, а вся техническая информация всех производителей загружается в публичную базу данных.

Блокчейн гарантирует подлинность и целостность данных, поступающих по ссылке с маркеров, и неизменность внесенной пользователями информации. Если оборудование снято с производства, производитель ушёл с рынка, изменились технические регламенты и т.д., то публичный раздел с технической информацией будет доступен всегда. Используя формат децентрализованной p2p библиотеки система не может быть закрыта или заблокирована. Закрытый раздел системы может содержать статистику отказов, объемов применения и бухгалтерские данные.

Промаркировать можно не только оборудование, но и товарно-материальные ценности. Приложение на основе блокчейна позволит хранить контракты, все действия с активом, включая те, которые происходят за пределами компании (аренда оборудования), отслеживать логистику и списание ТМЦ в структурных подразделениях АО «Мособлэнерго». Данные будут шифроваться и храниться в распределенной сети.

Это решение с одной стороны позволяет получать необходимую информацию в любом месте при считывании метки на оборудовании или материалах и восполнять недостающие знания, обучаться на месте, а с

другой - кратно сокращает время процесса инвентаризации, увеличивает эффективность и экономичность процессов, исключает возможности для проявления коррупционных схем.

3.3.4. Цифровой наряд-допуск [11].

Работы повышенной опасности сопряжены с высокими рисками и требуют непрерывного контроля со стороны ответственных лиц. Внедрение системы цифровой нарядно-допускной системы позволит обеспечить объективный контроль и автоматизацию (и как следствие ускорение) процессов. Среди особенностей системы можно отметить:

Проведение всех этапов работ — от создания до закрытия — в электронном формате;

Обеспечение непрерывного объективного контроля за организацией и проведением работ;

Получение ответственными лицами автоматических уведомлений об активных задачах и статусах цифрового наряд-допуска;

Фиксация всех организационных мероприятий в электронном журнале в автоматическом режиме (дата создания, время согласования, причины отмены наряд-допуска, автор задачи, исполнитель задачи и пр.);

Фиксация всех технических мероприятий в электронном журнале в автоматическом режиме. Контрольная проверка места работ и времени производства работ осуществляется по сигналу, полученном при считывании бригадой RFID или QR меток на объекте и непосредственно на оборудовании, а также при отправке отчета о завершении этапа, подписанного электронной подписью;

Возможность создания цифрового наряд-допуска на любом мобильном устройстве непосредственно с места производства работ;

Отображение всех текущих и плановых работ на электронной карте объекта, в электронном паспорте оборудования и в GIS предприятия с динамическими статусами, что позволяет существенно повысить уровень безопасности и качество планирования на рабочей площадке;

Автоматическое формирование мер обеспечения безопасности на основании места, вида и содержания работ с применением машинного обучения по выявлению и оценке рисков;

Автоматическая блокировка конфликтных работ на участке и предложение вариантов их последовательного проведения;

Фиксация всех мероприятий по организации, подготовке и проведению работ с записью ко времени и GPS-координатам;

Возможность обмена фото, аудио- и видеоматериалами непосредственно с места производства работ.

3.3.5. Системы контроля и управления доступом (СКУД) и блокировками оборудования на объектах ЭСХ [12].

Функция - ограничение доступа на объект ЭСХ посторонних лиц, а также контроль за перемещениями сотрудников компании по территории объекта, анализ их поведения. Запрет доступа к оборудованию, не отраженному в наряде-допуске.

В существующих решениях по организации «мобильного доступа» номер идентификатора закрепляется за пользователем аналогично, как это происходит и в СКУД. Номер идентификатора может быть сгенерирован непосредственно в системе и передан в смартфон посредством настольного считывателя. Многие производители также поддерживают и облачные сервисы, когда выдача виртуальной карты доступа происходит удаленно.

Для организации защиты виртуального идентификатора от копирования производителями предпринимаются меры по дополнительной защите обмена данными между телефоном и считывателем. Считыватель распознает только тот идентификатор, который был создан в системе клиента. Доступ к памяти чипа также может быть защищен дополнительно современными методами шифрования.

Предлагаемое решение предполагает, что после регистрации наряда или распоряжения электромонтер получает от дежурного диспетчера цифровой код для обмена данными с конкретной RFID (NFC) меткой конкретной ячейки конкретного объекта. Бригада не сможет попасть на другой объект или ошибочно открыть соседнюю ячейку. Система, ранее ориентированная на сохранность имущества и информации, с предложенным решением позволяет многократно повысить уровень электробезопасности на объектах ЭСХ.

Подводя итог, можно отметить, что комплексное управление распределенной инфраструктурой на основе электронной паспортизации и учета всех активов, в том числе и оборудования, с помощью интеграции в единый комплекс систем электронного документооборота, цифрового кодирования и позиционирования, СКУД и GIS помогает энергетическим компаниям и службам повысить надежность и экономическую эффективность их деятельности, и степень удовлетворенности клиентов. Предлагаемые инструменты и решения могут стать фундаментальной частью общей системной архитектуры управления информацией для нужд АО «Мособлэнерго».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью исследования «Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала» стал поиск решения по оперативной и достоверной информационной поддержке обслуживающего персонала и его практическое применение в сетях Воскресенского производственного отделения Коломенского филиала АО «Мособлэнерго». Проведенное исследование позволило нам приблизиться к решению двух основных задач, определенных Планом деятельности Министерства энергетики Российской Федерации на период 2019-2024 годов, а именно:

1) преобразование энергетической инфраструктуры Российской Федерации посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений (реализация ведомственного проекта «Цифровая энергетика»[13]);

2) обеспечение технологической и информационной независимости в сфере топливно-энергетического комплекса.

Задачи выпускной квалификационной работы тесно пересекаются с данными задачами. На основе анализа научно-технической литературы и нормативно правовых актов, а также опираясь на собственные наработки и опыт коллег из других сетевых компаний, мы решили *первую задачу* ВКР и исследовали теоретические аспекты, которые позволили выбрать способ автоматизации процессов сбора и ведения информации по всем объектам электросетевого хозяйства (ЭСХ). Изучив доступные и недорогие современные решения мы на практике реализовали средства представления этой информации в формате, упрощающем восприятие больших объемов данных и принятие решений, решив, таким образом, и *вторую задачу* исследования.

В соответствии с целью исследования нами была решена *третья задача* исследования: обеспечить позиционирование ремонтных выездных бригад относительно обслуживаемых объектов ЭСХ. Установлено, что существующие стандарты инженерного кодирования не соответствуют требованиям нашего исследования из-за громоздкости кода и трудоемкости маркировки. Мы взяли за основу систему позиционирования и навигации для помещений, основанную на применении двумерных штрихкодов (QR-кодов). Достоинствами предложенного подхода является простота развертывания и легкость сопровождения. В отличие от большинства систем позиционирования в помещениях, предложенный подход не требует предварительной разметки помещений. Доступность клиентских приложений для считывания QR-кодов позволяет применять систему на всех моделях современных мобильных телефонов.

В соответствии с *четвертой задачей* мы максимально применили общедоступные технологии и средства связи, а также имеющиеся на предприятиях информационные системы. Опытное внедрение показало, что запуск системы не требует масштабных капиталовложений в развитие коммуникационной и информационной инфраструктуры, не требуется дорогостоящее оборудование. Используемые каналы связи имеют наибольшее покрытие территорий ЭСХ, доступность и соответствующую пропускную способность.

Подводя итог решения *пятой и заключительной задачи*, можно отметить, что внедрение и дальнейшее расширение системы кодирования оборудования будет являться перспективным направлением в цифровизации электрических сетей. Как результат был предложен ряд современных и пока мало изученных решений. Мы показали, что комплексное управление распределенной инфраструктурой на основе

электронной паспортизации и учета всех активов, в том числе и оборудования, с помощью интеграции в единый комплекс систем электронного документооборота, цифрового кодирования и позиционирования, СКУД и GIS помогает энергетическим компаниям и службам повысить надежность и экономическую эффективность их деятельности, и степень удовлетворенности клиентов. Предлагаемые инструменты и решения могут стать фундаментальной частью общей системной архитектуры управления информацией для нужд АО «Мособлэнерго».

Итак, по нашему мнению - цель исследования достигнута, поставленные задачи решены. Обобщая выше сказанное, отметим, что проведенное исследование в целом не исчерпывает многогранности изучаемой нами проблемы. Это обусловлено, прежде всего, ограниченным объемом работы, а также целью и задачами. Заданное направление исследования требует серьезных теоретических и практических разработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Законодательные материалы

1. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р
2. Об утверждении и введении в действие перечня объектов местности, запрещенных для открытого опубликования / Приказ Федеральной службы геодезии и картографии России от 14 декабря 2000 г. № 181-пр.
3. Об утверждении Перечня сведений, подлежащих засекречиванию / Приказ Минэкономразвития России от 25 июля 2014 г. N 456-дсп.
4. Об утверждении плана деятельности Министерства энергетики Российской Федерации на период 2019 - 2024 годов / Приказ Минэнерго России от 28.01.2019 N 45

Книги

[K1] Осика Л.К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление / МЭИ – 2014 - ISBN:978-5-383-00869-0

Статьи

- [1] Устинов Н.А., Намиот Д.Е. О практическом использовании QR-кодов в гео-информационной системе. // International Journal of Open Information Technologies. - Vol 1, No 9 (2013) ISSN: 2307-8162
- [2] Liu. H., Darabi. H., Banerjee. P., & Liu. J. (2007). Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 37(6), 1067-1080

- [3] Абдрахманова А.М, Намиот Д.Е Использование двумерных штрихкодов для создания системы позиционирования и навигации в помещении //Прикладная информатика, 2013, № 1, С.31—39.
- [4] А.А. Волков, Д.Е. Намиот, М.А. Шнепс-Шнеппе. О задачах создания эффективной инфраструктуры среды обитания //International Journal of Open Information Technologies. – 2013. – Т. 1. –No. 7. –С. 1-10.
- [5] Камозин Д.Ю. Сравнение эффективности применения технологии штрихового кодирования и технологии RFID в логистических процессах / Журнал: Известия Иркутской государственной экономической академии // Байкальский государственный университет (Иркутск). ISSN: 1993-3541 - 2013, С. 71-75
- [6] Ковалёв А. И. QR-коды, их свойства и применение // Молодой ученый. — 2016. — №10. — С. 56-59. — URL <https://moluch.ru/archive/114/29398/>
- [7] James Thrasher. RFID vs. NFC: What's the Difference?// RFIDinsider — October 11, 2013. — URL <https://blog.atlasrfidstore.com/rfid-vs-nfc>
- [8] Alan Haberman. Who Ushered In the Bar Code, Dies at 81. // The New York Times, 15.06.2011 — URL <https://www.nytimes.com/2011/06/16/business/16haberman.html>

Электронные ресурсы

- [9] TEC-IT Datenverarbeitung GmbH. Overview of linear bar code. — URL <https://www.tec-it.com/en/support/knowledge/barcode-overview/linear>
- [10] Горизонты Роста / Сервис контроля над активами предприятия Go-Base / URL <https://go-rfid.ru/novosti-i-statii/novosti-sistemi/markirovka-go-base>
- [11] ООО "Визитек" / Программный комплекс по автоматизации наряд-допускной системы предприятия / URL http://visitech.ru/module/el_admission

- [12] ООО PERCo / Мобильный доступ в СКУД/ URL <https://www.perco.ru/novosti/articles/mobilnyy-dostup-v-skud/>
- [13] Министерство энергетики Российской Федерации / Ведомственный проект «Цифровая энергетика» / URL <https://minenergo.gov.ru/node/14559>
- [14] Гохман В.В. GIS for Energy Industries // ArcReview — 2014. — №3. — URL <https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/about/>
- [15] Хомич О.В. GIS for the management of power supply networks infrastructure in Kazakhstan // ArcReview — 2014. — №3. — URL https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=18698&SECTION_ID=1064
- [16] Мидоренко Д.А. Where do geographic data come from? // ArcReview — 2019. — №1. — URL https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=26948&SECTION_ID=1115
- [17] SVG Материал из Википедии — свободной энциклопедии// URL <https://ru.wikipedia.org/wiki/SVG>
- [18] Кинзябулатов Р. Что такое ERP система // URL <https://www.trinion.org/blog/chto-takoe-erp-sistema>
- [19] В «Мособлэнерго» принята политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности / официальный сайт АО «Мособлэнерго» / 18.01.2019 // URL https://mosoblenergo.ru/press-center/news.php?ELEMENT_ID=24235
- [20] POI Материал из Википедии — свободной энциклопедии// URL <https://ru.wikipedia.org/wiki/POI>
- [21] РД 153-34.1-35.144-2002 Рекомендации по применению современной универсальной системы кодирования оборудования ИАСУТП ТЭС // URL https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/251044/

- [22] О кодировании на электростанциях. Институт автоматики и электрометрии СО РАН/ 04.04.2010 // URL https://tornado.nsk.ru/smi/magazines/o_kodirovanii_na_elektrostantsiyakh/
- [23] "Белгородэнерго" приступило к QR-кодированию информации об энергооборудовании/ ComNews 23.09.2019 // URL <http://www.comnews.ru/content/122172/2019-09-23/belgorodenergo-pristupilo-k-qr-kodirovaniyu-informacii-ob-energooborudovaniu>
- [24] The Open Geospatial Consortium // URL <https://www.opengeospatial.org>
- [25] The OpenLayers// URL <https://openlayers.org>
- [26] Нурмухаметов Д.Р. Сравнительное исследование штрих-кода, QR-кода и системы RFID // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические Науки: сб. ст. по мат. LXXIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(72) - 2019. // URL: [https://sibac.info/archive/technic/1\(72\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/1(72).pdf)
- [27] Top 14 Things Marketers Need to Know About QR Codes / Search Engine Watch // URL: searchenginewatch.com/sew/how-to/2066777/top-14-things-marketers-need-know-about-qr-codes

ПРИЛОЖЕНИЯ

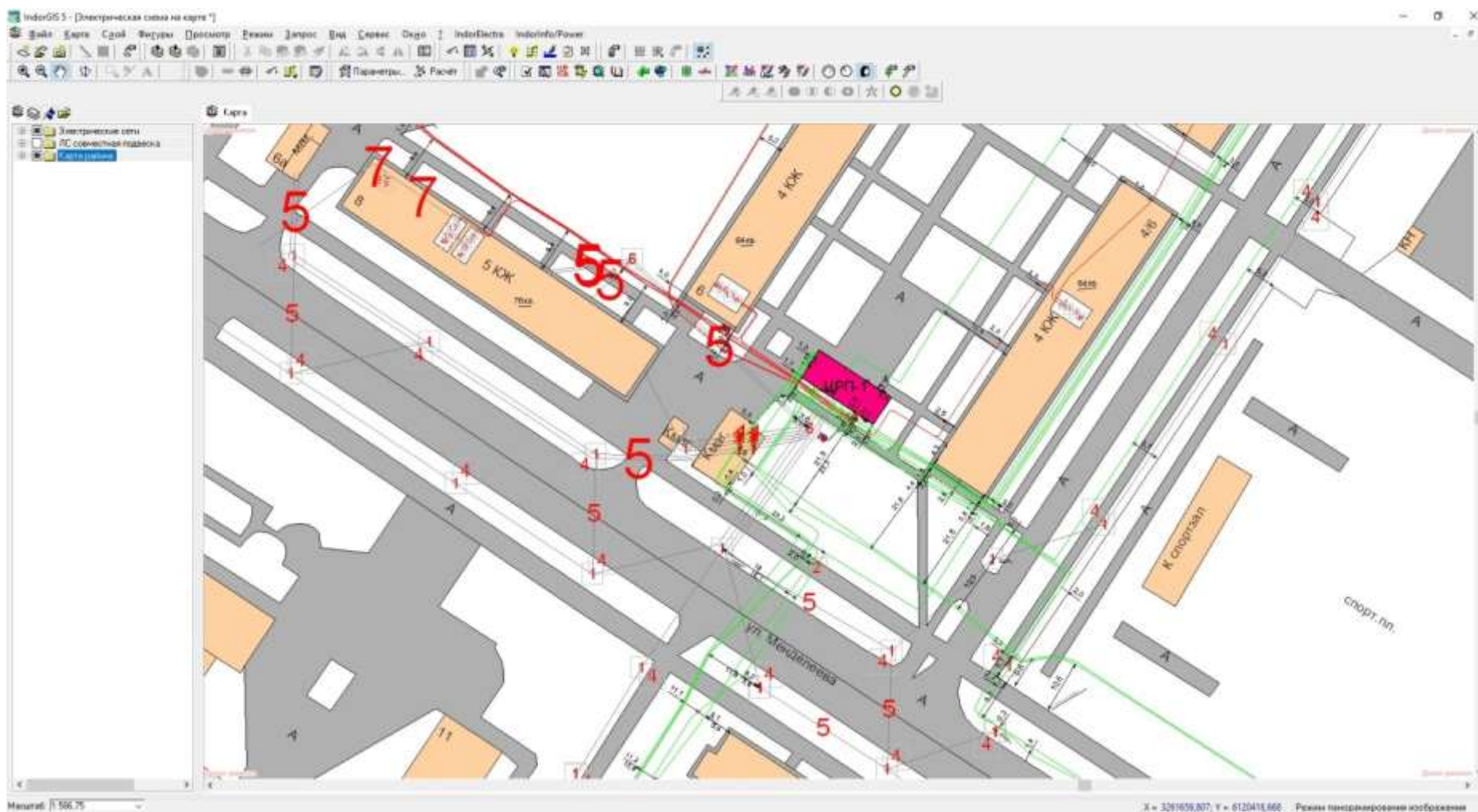


Рисунок 1. Пример фрагмента участка сети в интерфейсе АРМ IndorGIS

Рисунок 2. Увеличенный фрагмент участка сети в интерфейсе APM IndorGIS

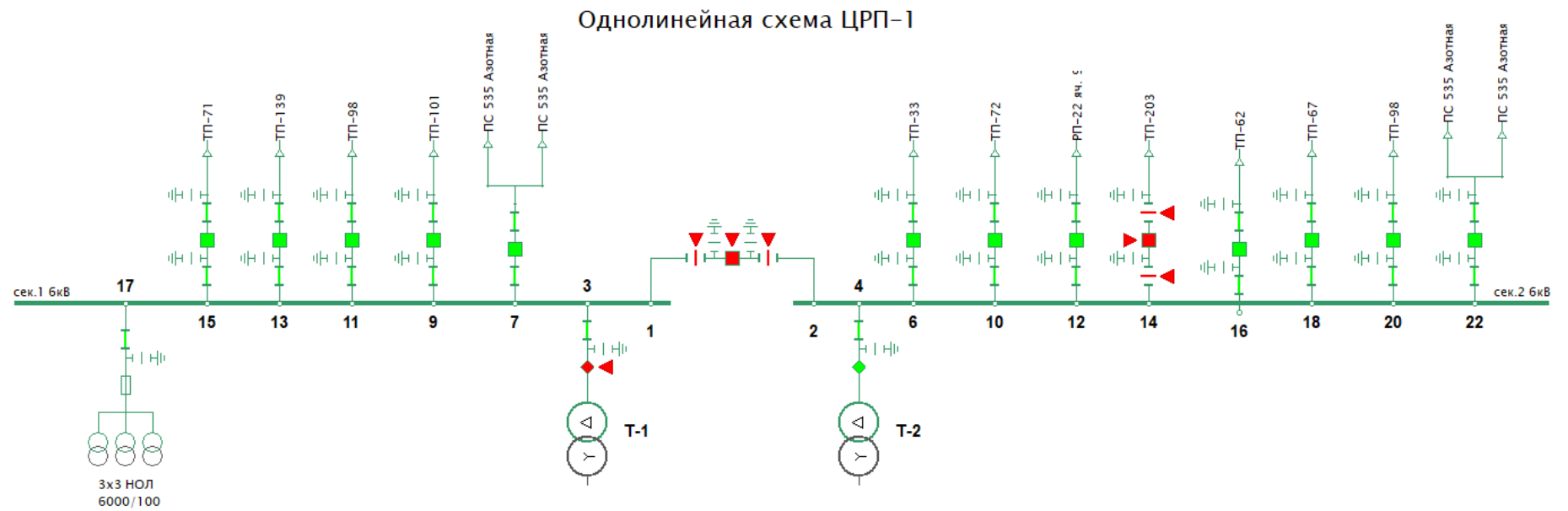


Рисунок 3.1. Однолинейная схема в интерфейсе графического редактора МОДУС

Рисунок 3.2. Оперативная схема в интерфейсе графического редактора МОДУС



Рисунок 4. Линейный код - стандарт Code 128



Рисунок 5. Двухмерный код - стандарт QR

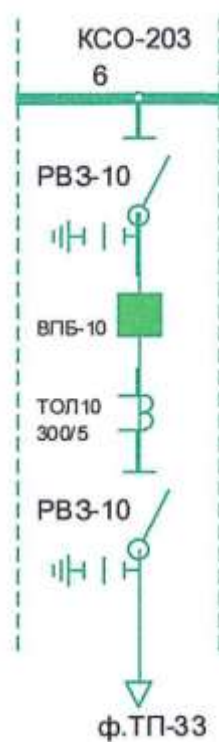


Рисунок 6. Результирующая схема



Рисунок 7. Схема решения – модель системы

Таблица 1

Признак сравнения	Штрих-код	QR-код	RFID
Прямая видимость	Требуется	Требуется	Не требуется (в большинстве случаев)
Расстояние для считывания	Несколько сантиметров	Несколько сантиметров	Пассивный RFID -До 10 метров Активный RFID До 30 метров
Тип идентификации	Большинство штрих-кодов могут только идентифицировать тип предмета (не однозначно)	QR код может идентифицировать каждый элемент уникально (Ограничено до определенного значения)	Он может однозначно идентифицировать каждый предмет
Чтение\Запись	Только читать	Только читать	Читать и записывать
Технология, которая используется	Оптическая (Лазер)	Оптическая (Лазер)	Радио частота
Возможность автоматизации	Большинство сканеров штрих-кодов нуждаются в людях для работы	QR-сканерам нужны люди для работы	Фиксированным сканерам не нужен человеческий труд
Возможность обновления информации	Не может быть обновлена	Не может быть обновлена	Можно записать новую информацию
Хранимый объем данных	Менее 20 символов	До 7,089 символов	От 100 до 1000 символов
Зависимость от ориентации	Да	Нет	Нет
Предельная стоимость	10-50 копеек	10-90 копеек	13 - 20 рублей

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «МОСКОВСКАЯ
ОБЛАСТНАЯ ЭНЕРГОСЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ»**

Программа профессиональной переподготовки «Школа начальника производственного
отделения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Ректор ЧУДПО «Энергетический
институт повышения квалификации АО
«Мособлэнерго»

С.А. Кропачев

_____ 20__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки
обслуживающего персонала

Слушатель

подпись

Черников А.А.

Руководитель работы

дата

Карпушкин А.А.

Нормоконтролёр

подпись

дата

подпись

дата

дата

ФИО

Голицыно – 2019 г.

ОТЗЫВ

О работе выпускника ЧУДПО «Энергетический институт повышения квалификации АО «Мособлэнерго» Черникова Анатолия Анатольевича.

Программа профессиональной переподготовки: «Школа начальника производственного отделения»

Тема: Кодирование оборудования электросетевых объектов для информационной поддержки обслуживающего персонала

Объем ВКР

Количество листов текстового документа 53, рисунков 7
таблиц 1, приложений -.

Количество листов графической части 6.

Количество листов раздаточного материала -.

Плановость и дисциплинированность в работе. Индивидуальные особенности слушателя:

Выпускная квалификационная работа представляет собой самостоятельное законченное исследование. Состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. План работы отражает содержание заявленной темы, автором грамотно выделены объект и предмет, цели и задачи исследования. В первой главе автор раскрывает актуальность исследования и определяет цели и пути решения задач, поставленных в исследовании. Вторая глава посвящена анализу, выбору конкретного решения и теоретическому построению модели. В третьей главе описывается практическая реализация результатов исследования, и формируются прогнозы перспективного развития предложенной автором модели для решения других проблем.

Положительные стороны работы

Стиль изложения выпускной квалификационной работы носит научный характер.

Автор раскрывает значимость и актуальность исследования. При этом бесспорным достоинством работы выступает составленный автором перечень проектов по расширению и инновационному развитию полученного в ходе исследования решения и предложенный подход по комплексному управлению распределенной инфраструктурой в рамках цифровизации электросетевого комплекса.

.

Сведения об апробации.

В практической части автор представляет систему методов и приёмов, направленных на решение задач исследования. Практический подход к использованию кодирования оборудования на примере реализации пилотного проекта позволил подтвердить правильность выбора за счет простоты интеграции и масштабирования модели.

Практическая значимость работы:

От внедрения результатов работы ожидается повышение эффективности работы компании за счет позиционирования ремонтных выездных бригад относительно обслуживаемых объектов и автоматизации процессов сбора и ведения информации по всем объектам ЭСХ. Внедрение и дальнейшее расширение системы кодирования оборудования является перспективным направлением в цифровизации электрических сетей, а предлагаемые инструменты и решения могут стать фундаментальной частью общей системной архитектуры управления информацией для нужд АО «Мособлэнерго»

Недостатки ВКР _____

Оценка ВКР руководителем:

Выпускная квалификационная работа Черникова А.А. выполнена в соответствии с требованиями к оформлению подобного вида научных работ, может быть допущена к защите и заслуживает положительной отметки.

Руководитель работы Карпушкин А.А.

Дата «_____» _____ 2019г.