

*С. В. Серебряков¹**

Опыт применения технологий ДДЗ для мониторинга технического состояния объектов электросетевого комплекса

¹АО «ОПДС», Москва, Российская Федерация
*e-mail: serebryakovsv@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос перевода технологических процессов Субъектов энергетики на новый уровень цифровой зрелости за счет внедрения технологии информационного обеспечения, основанной на методологии концептуального моделирования. Технология призвана обеспечить возможность работы специалистов не с самим физическим объектом, а с информацией, описывающей объект в качестве информационной модели, пригодной для процессов деятельности. Для получения первичных данных автор предлагает использовать методы ДДЗ, в том числе – с применением беспилотных авиационных систем (БАС), и разработать Информационно-аналитическую систему для перевода первичных данных в систему показателей оценки технического состояния. Внедрение технологии повысит эффективность мониторинга линий электропередачи и сократит аварийность и сроки восстановительного ремонта.

Ключевые слова: цифровая экономика, большие данные, управление надежностью, электроэнергетика, ДДЗ, БАС

*S. V. Serebryakov¹**

Experience in using remote sensing technologies for for monitoring the technical status of power grid equipment

¹JSC OPDS, Moscow, Russian Federation
*e-mail: serebryakovsv@mail.ru

Abstract. The article deals with the problem of transferring the technological processes of power industry companies to a new level of digital maturity through the introduction of information and conceptual modeling. The technology is designed to provide the ability for specialists to work not with the physical object itself, but with information describing the object as an information model suitable for activity processes. To obtain primary data, the author proposes to use unmanned aerial systems (UAS) and introduce an Information and Analytical System to improve the efficiency of monitoring power lines and reduce the accident rate and repair time.

Keywords: digital economy, big data, safety management, electric power industry, UAV, UAS

Введение

Автор уже не в первый раз обращается к теме технологий ДДЗ, включающих использование беспилотных авиационных систем (БАС) для информационного обеспечения задач управления, мониторинга и информационного моделирования. В журнале «Геопрофи» в № 1 (22) за 2022 год была опубликована статья

«Управление данными в условиях цифровой трансформации». В своей новой статье автор продолжает информировать о результатах деятельности коллектива в данном направлении. Вектор действий не изменился и направлен на реализацию стратегической линии, заложенной Национальной системой управления данными и учитывающий возможности и ограничения ФЗ № 431.

Среди государственных мероприятий, нацеленных на цифровизацию, необходимо отдельно выделить два.

1. Создание цифрового правительства. Согласно рекомендациям Организации экономического сотрудничества и развития, оно подразумевает «использование цифровых технологий как неотъемлемой части стратегий по модернизации государственного управления с целью улучшения предоставления общественных благ». Цифровое правительство при таком подходе выступает частью экосистемы вместе с органами государственного управления, негосударственными организациями, бизнесом, ассоциациями граждан и гражданами как участниками такой экосистемы. Несмотря на различие подходов к содержанию ЦТ в разных странах и роли в ней государственного правления, прорисовывается общее понимание того, что общезначимым смыслом здесь выступает создание дополнительной общественной ценности в результате реализации государственных инициатив по цифровизации. Таким образом, речь идет о ценностном смысловом значении как самой ЦТ, так и участия в этом широком и масштабном процессе органов государственного управления.

2. Принятие Государственной программы РФ «Национальная система пространственных данных». Это документ стратегического планирования, отражающий комплексный подход при формировании и реализации мероприятий в сфере земельных и имущественных отношений, развития инфраструктуры пространственных данных, определяющий на федеральном уровне основные принципы, взаимосвязанные цели и задачи реализации государственной политики в этой сфере на среднесрочную и долгосрочную перспективы. Документ обеспечивает важнейшую для цифровой трансформации государственного управления задачу — вовлечение граждан в онлайн взаимодействие с государственными организациями и институтами, что позволяет учитывать мнения граждан о предоставляемых им государственных услугах. Условия, создаваемые со стороны государства в части подготовки изменений нормативной базы, методик по работе с пространственными данными, развитие культуры в системе подготовки кадров, обеспечат новые эффекты от использования пространственных данных, включающих в себя данные об объектах недвижимости, сведений о зарегистрированных правах на недвижимое имущество и государственной кадастровой оценке.

Важно понимать, что мероприятий по цифровизации должна идти не снизу вверх, а сверху вниз – от стратегии применения получаемого результата. Начинать работу нужно с создания концептуальной модели, построенной абстрагировано от оценки предметной миссии и пространства моделирования, и завершаться в устойчивых, коммуникабельных формах документа по концептуальному моделированию «Процесса деятельности» и концептуальной модели «Продукт».

Информационное и концептуальное моделирование

Целью работы является создание и внедрение в производственную деятельность технологии мониторинга показателей, характеризующих техническое состояние объектов энергетики. Технология включает использование космической съемки и беспилотных авиационных систем (БАС) для получения исходных данных и информационно-аналитическую систему для преобразования получаемых данных в систему показателей. Технология призвана обеспечить:

- оптимизацию затрат на ТОиР ВЛ;
- снижение времени на проведение оценки технического состояния ВЛ относительно стандартных визуальных и инструментальных методов;
- снижение экономического ущерба за счет заблаговременного выявления дефектов и технических нарушений потенциально аварийного характера.

С учетом требований к формированию диагностической модели появляется новая задача – разработка концептуальной модели информационного взаимодействия между субъектами по их процессам деятельности. Интеграция систем является одной из конкретных областей, представляющих интерес для применения СИМ-онтологии, которая стандартизирована Техническим комитетом 57 Международной электротехнической Комиссия (МЭК ТС57).

Технология дает возможность описывать физический объект как информационную модель фактического состояния объекта на момент осмотра. На Рис. 1 представлен упрощенный обзор общей информационной модели (СИМ), ключевых взаимосвязей и связанных информационных потоков.

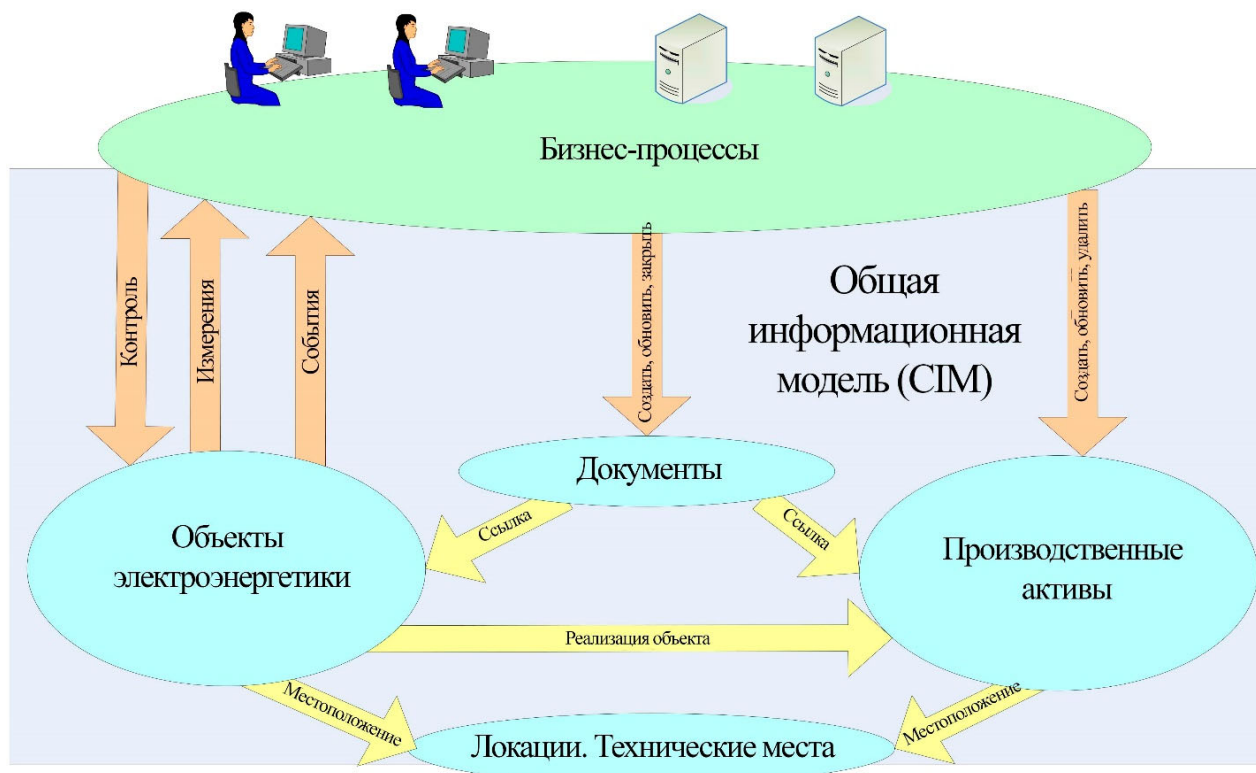


Рис. 1. Модель информационного взаимодействия

Самыми распространенными способами использования CIM являются приложения для моделирования, обмена и управления информацией и системной интеграции. В рамках своей деятельности мы будем учитывать принятые решения по внедрению CIM и сложившееся понимание информационного взаимодействия между процессами. Рис. 2 показывает общие отношения между онтологиями, основанными на стандартах, и онтологиями, предоставляемыми проприетарными продуктами.

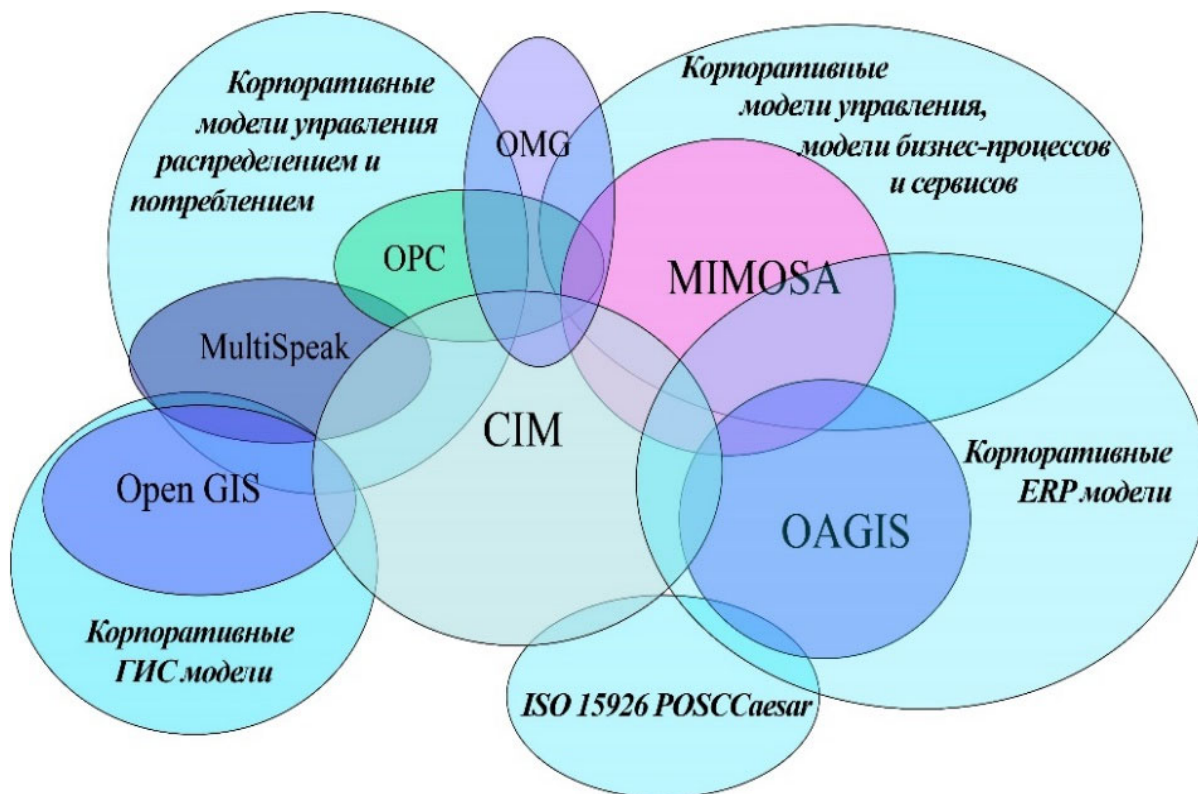


Рис. 2. Место CIM среди прочих отраслевых стандартов и онтологий

Концептуальное моделирование – общая задача проектирования баз данных (БД) и программной инженерии. Выделим концептуальное моделирование предметной области – моделирование понятий (концепт концептов). В реализации концептуального моделирования выявляются, анализируются и описываются релевантные его целям понятия предметных областей и связи между ними, ограничения, которым они должны удовлетворять. Цель концептуальной модели – объединение нескольких концептуальной модели предметных областей, где такие модели выполняют две функции:

- функцию модели предметной области, синтезированной в результате ее системного анализа;
- функцию посредника между пользовательскими представлениями БД и хранимой БД, описывающего контент базы данных.

Концептуальная модель должна выполнять обе эти функции, иметь машиночитаемую форму и быть представленной на хорошо определенном и потенци-

ально стандартизируемом языке. Для представления концептуальной модели должна быть создана модель данных, позволяющая удерживать семантику предметной области. Для работы с информационной моделью предметной области необходимо спроектировать и разработать программную модель со следующими функциональными блоками – см. Рис. 3.

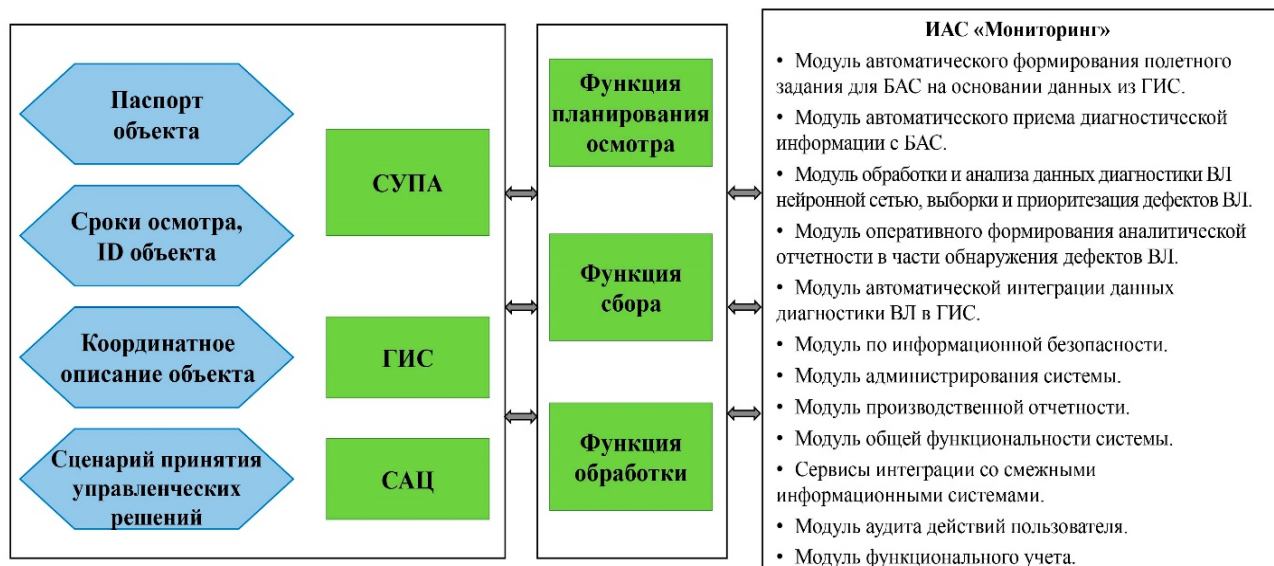


Рис. 3. Функциональные блоки и модули проектируемого программно-аппаратного комплекса

В концептуальных моделях объекты представляются не в количественном (метрическом), а в качественном виде, в совокупности их существенных отличительных признаков. В этом смысле концептуальные модели как модели отношений являются условиями построения количественных математических моделей, предназначенных для организации вычислений.

Уместно здесь привести примеры задач концептуального анализа и синтеза, не ограничивая их одной отраслью:

- построение структуры системы организационного управления (например, развитием градостроительства, поддержанием безопасности, инновационными процессами и др.) в соответствии с ее назначением;
- построение концепций (чего-либо) для последующего анализа альтернативных стратегий поведения и воплощения;
- разработка логической структуры баз данных о сложной предметной области;
- выделение предмета исследования в неопределенной ситуации, характеризующейся нечеткой, некорректной постановкой задачи исследования;
- формирование онтологического представления о малопонятном и сложном феноменологическом процессе;
- упорядочивание, структурирование предметной области;

- формирование многообразия вариантов развития процесса для формирования прогнозов;
- подготовка проекта (например, САПР, технической системы, СОУ и др.), пригодного к воплощению;
- выстраивание структуры связей, позволяющих что-то сказать о предмете.

Функции концептуальных моделей в основном обусловлены богатыми возможностями, возникающими при тщательной работе с понятиями. При проектировании концептуальной модели планируется ориентироваться на перечисленные ниже функции.

Системообразующая. Она содержится в предназначении концептуальных моделей и заключается в ориентации логического и математического аппарата моделирования на качественное сопоставление и взаимное увязывание сущностей рассматриваемых предметных областей. Эта функция обеспечивается естественной для используемого аппарата взаимосвязью элементов моделей – концептов.

Ограничивающая. Построение концептуальных моделей сводится к построению определений объектов, то есть выделению одних объектов среди других, выделению одних аспектов объектов среди других. При этом происходит ограничение сущности объектов в той мере, в какой это имеет значение для решаемой задачи. Ограничивающая функция концептуальных моделей заключается в выделении и обособлении предметной области из бесконечного с познавательной точки зрения мира.

Гносеологическая. Концептуальные модели являются инструментом познания объектов, поскольку аккумулируют в себе содержание выделенных, зафиксированных моделей объектов. Взаимосвязанная совокупность концептуальных моделей одного и того же объекта раскрывает его сущность многогранно, часто представляя те онтологические «срезы» объектов, которые при традиционных исследованиях упускаются. Применение одних и тех же конструктов по отношению к различным предметным областям позволяет обнаружить взаимосвязь явлений и сущностей опосредованно, в одних областях через другие.

В каждой концептуальной модели фиксируется некоторый гносеологический уровень, обусловленный современным и, добавим, принадлежащим исследователю знанием об объекте. По мере углубления знаний может изменяться вид концептуальной модели. В ней появляются новые понятия, изменяются некоторые отношения. В этом смысле модели могут ярко отражать историческое движение познания объектов.

Прогностическая. Прогнозирование как выявление следствий и получение данных за пределами опыта наблюдения обеспечиваются в концептуальных моделях порождающим характером их аппарата. Построение родовых отношений между базисными понятиями предметной области и основными ограничениями опирается на выявление конкретных свойств исследуемых объектов и на

известных данных о них. Однако эти конкретные свойства, будучи отраженными в родовых отношениях, сразу же приобретают статус видовых, частных, наряду с которыми возникают другие. Их выявление обеспечивается формальными средствами. Часто оказывается, что эти свойства являются новыми. Этот результат моделирования рассматривается как прогноз.

Конституирующая. Любая концептуальная модель как когнитивный акт вводит в исследовательский мир особенную предметную область, чаще всего новую, уникальную, обусловленную факторами, значащими для исследовательской задачи. Сразу же после построения концептуальной модели эта предметная область приобретает статус норматива, своего рода закона для последующих рассуждений о предмете. Это происходит потому, что основной когнитивной процедурой построения концептуальных моделей является процедура постулирования содержания предмета.

Информационная база вместе с концептуальной схемой определяют некоторое пространство сущностей. Пространство сущностей состоит в точности из тех конкретных и абстрактных объектов, сущностей, на которые можно сослаться с помощью термов в предложениях, содержащихся в информационной базе и концептуальной схеме.

Возможно описание одной проблемной области или одного определенного пространства сущностей в более чем одной концептуальной схеме и информационной базе.

При работе над проектом формируются требования к базовым функциям информационно-аналитической системы передела информации, обеспечивая процессы получения, хранения, предоставления. В настоящее время иницируется разработка информационно-аналитической системы для преобразования первичных данных, получаемых с использованием БАС, в систему показателей, характеризующих техническое состояние узлов ВЛ. Полученные показатели должны обеспечивать возможность выполнять расчеты индекса технического состояния (ИТС) каждого узла и объекта в целом, вырабатывать варианты сценариев управляющего воздействия. Принципиально оценка технического состояния сводится к сравнению показателей нормативной модели объекта с показателями фактического значения показателей. Планируется систематизация и классификация функциональных узлов ВЛ, построение диагностической модели, построение технологии обеспечивающего построение информационной модели фактического состояния объекта наблюдения и блок сравнительного анализа нормативного и фактического значений с классификацией в качестве дефектов. Блоки по сущностям информационных моделей приведены в Таблице 1.

Для формализованного описания информационных моделей объектов наблюдения и средств наблюдения сформированы требования и проектируемые задачи по их построению, представленные в Таблице 2.

Таблица 1

Блоки по существенным информационным моделям

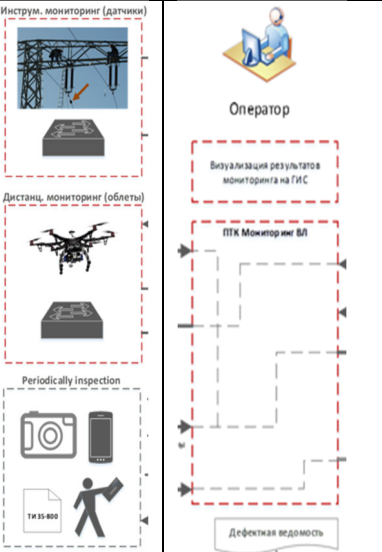
Физический объект	Узлы физического объекта	Диагностическая модель физического объекта (узлов)	Фактическая модель полученная методами неразрушающего контроля + бас	Сравнительный анализ моделей в разрезе функциональных узлов	Дефекты в разрезе функциональных узлов
	1 – про- вода				
	2 изоля- торы				
	3 –грозо- защитные тросы				
	4 – тросо- стойка				
	5 – тра- версы опоры				
	6 – опоры				
	7 – фун- даменты				

Таблица 2

Требования к предметным областям и задачи

Предметные области	Задачи
<ul style="list-style-type: none"> – Базовые платформы БАС (таксономия), – Подвесное оборудование, – Методы неразрушающего контроля и диагностики, – ВЛ, – Функциональные узлы, – Оборудование, – Диагностические параметры, – Нормативные значения показателей, – Фактические значения показателей, – Дефекты, – Алгоритмы 	<ul style="list-style-type: none"> – Формирование требований к информационным моделям, – Сбор и анализ нормативно-справочной и нормативно-технической документации, – Формирование тезауруса, – Разработка таксономий, – Формирование моделей технологических процессов, – Формирование правил логического вывода и алгоритмов расчета косвенных и интегрированных показателей, – Верификация и валидация моделей

Анализ нормативно-технических документов позволил систематизировать требования к нормативному состоянию каждого функционального узла и сформировать требования к периодичности наблюдений. На Рис. 4 в качестве примера приведены некоторые характеристики функциональных узлов и нормативных требований к ним, формирующие диагностическую модель и требования к периодичности наблюдения.

Неисправность	Ед. изм.	Допуски		Периодичность проверок	Периодичность проверок, года						Способы получения информации			Осмотры ВЛ ¹	НТД	
		Способ выявления	Норматив		1	2	3	4	5	6	АФС и лазерное сканирование	Ультразвуковая и инфракрасная съемка	Тепловизионная съемка			Визуальное обследование на местности
Неисправности на трассах ВЛ																
наличие в охранной зоне ВЛ легко воспламеняемых предметов и веществ	–	визуально фиксируется состояние трассы ВЛ в пределах охранной зоны	не допускается размещение в охранной зоне ВЛ легко воспламеняемых предметов и веществ	Не реже 1 раза в год. Осмотр по сообщению третьих лиц целесообразно проводить персоналом служб.	X	X	X	X	X	X					Тип 1 Тип 2 Тип 4	Л.3, п. 3.2.1
производство в пределах и вблизи охраняемых зон всякого рода действий, нарушающих нормальную работу ВЛ или могущих привести к их повреждению или к несчастным случаям с людьми, а именно: устройство спортивных площадок, стадионов, площадок для игр, детских учреждений, рынков и других мест с большим скоплением людей, остановок транспорта, размещение автозаправочных станций и пунктов, автомобильного транспорта, машин и механизмов, устройство причалов для стоянки судов, барж и плавучих хранилищ	–	визуально фиксируется выполнение на трассе в охраняемых зонах различных работ без письменного согласования с предприятием, эксплуатирующим ВЛ	не допускается выполнение на трассе в охраняемых зонах различных работ без письменного согласования с предприятием, эксплуатирующим ВЛ	Не реже 1 раза в год. Осмотр по сообщению третьих лиц целесообразно проводить персоналом служб.	X	X	X	X	X	X					Тип 1 Тип 2 Тип 4	Л.3, п. 3.2.1
производство в пределах и вблизи охраняемых зон всякого рода действий, нарушающих нормальную работу ВЛ или могущих привести к их повреждению или		визуально фиксируется производство в пределах и вблизи														

Рис. 4. Пример результатов аналитической обработки данных

Вся проектная деятельность сводится к системной и последовательной работе в рамках согласованного плана реализации проекта. Проектные решения проходят апробацию, а результаты рассматриваются функциональным заказчиком, после чего принимаются решения по корректировке или уточнению планов реализации проекта.

Использование БАС для получения первичных данных

В конце 2022 года профессиональными командами были выполнены работы по обследованию опытного участка. Аэросъемочные работы по сбору первичных данных осуществлялись на основании разрешительных документов на использование БАС самолетного и вертолетного (коптер) типа.

Разрешительные документы на выполнение аэрофотосъемочных работ:

- Разрешение Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации на выполнение аэросъемочных работ;
- Уведомление Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) о постановке на учет БВС самолетного типа «Диам-20»;
- Уведомление Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) о постановке на учет БВС самолетного типа «Геоскан 201»;
- Уведомление Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) о постановке на учет БВС вертолетного типа (коптер) DJI MATRICE 300 RTK;

– Свидетельства о поверке спутниковых геодезических приемников.

Перед началом работы была разработана и согласована программа выполнения съемки. Затем были проведены работы по мониторингу показателей технического состояния ВЛ с использованием БАС на выбранном пилоте. В качестве результата представлены отчетные материалы, содержащие фотобанк и журналы дефектов в виде каталога. Кроме того, на время работы была предоставлена возможность, используя программное обеспечение исполнителя, просматривать фотоматериалы, фиксирующие дефекты.

Данные, полученные на тестовом участке, перевели в систему показателей, характеризующих техническое состояние обследуемой ВЛ и представили функциональному заказчику для оценки. На специально созванном техническом совещании были обсуждены возможности применения технологии БАС и качество получаемых первичных данных. Фрагмент отчетных материалов представлен на Рис. 5.



Рис. 5. Фрагмент послеполетных отчетных материалов

Полученные результаты обсуждались на техническом совещании между функциональным заказчиком и специалистами.

Заключение

В заключение отметим, что технология развивается и применима в качестве обеспечивающей, но не заменяет линейных специалистов. Требуется ее значительная доработка.

Кроме того, обсуждалась возможность применения технологии в других технологических процессах (например, при сопровождении строительства, получении нетарифной выручки за оказание услуг сторонним организациям). В целом, принято решение развивать технологию информационного обеспечения процессов деятельности, последовательно инвестировать в развитие технологии

с применением БАС и вести подготовку персонала для использования этих новых технологий.

В настоящее время, намечены организационные, финансовые планы и определены возможности развития проекта и области его расширения. Поставлен ряд задач для развития проекта, в частности:

– Разработка организационной модели по эксплуатации технологий БАС, направленной на оптимизацию процессов технического обслуживания ВЛ и логической модели информационного взаимодействия между специалистами в бизнес-процессах компании.

– Разработка проекта стандарта организации (СТО) по эксплуатации беспилотных летательных аппаратов на технологических процессах «Осмотры» и «Освидетельствование технического состояния» воздушных линий электропередачи и энергетических объектов.

Выводы

1. Направление развития и применения технологий информационного обеспечения с использованием БАС нужно считать перспективным, но требующим совершенствования.

2. Внимание, уделяемое проекту, подтверждает заинтересованность во внедрении инновационных технологий, направленных на повышение эксплуатационной надежности электросетевого оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Landefeld S. Uses of Big Data for Official Statistics: Privacy, Incentives, Statistical Challenges, and Other Issues. 2014.

2. С. П. Никаноров, Н. К. Никитина, А. Г. Теслинов. Введение в концептуальное проектирование АСУ: анализ и синтез структур. Москва, 1995.

3. ГОСТ 34.320-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы информационной базы.

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22.10.2021 г. № 2998-р об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления.

© С. В. Серебряков, 2023