

Апробация системы автоматизированной настройки показала полное соответствие поставленным требованиям. За период тестирования, продолжавшийся два месяца, не была обнаружена ни одна ошибка при настройке параметров, тогда как при ручной настройке ошибки возникали.

Ошибка в калибровке RF-тракта составляет не более 5% от целевого показателя по частоте и не более 7% по мощности излучения на заданной частоте. Снижение времени подготовки к измерению с 4–5 минут до 8–12 секунд.

Автоматизация процесса настройки анализатора спектра при тестировании RFID-считывателей представляет собой эффективное решение, обеспечивающее значительное ускорение процесса настройки. Внедрение программного управления исключает ошибки оператора, сокращает время подготовки оборудования, повышает воспроизводимость результатов.

### **Список использованных источников**

1. Корогодский В. Л., Сахаров С. В. Основы спектрального анализа в радиотехнике. М.: Горячая линия–Телеком, 2019. 287 с.
2. Гукин А. И. Автоматизация измерительных комплексов и испытательных стендов. СПб.: Политехника, 2020. 304 с.
3. Давыдов А. В., Петров И. С. Системы программного управления радиомерительными приборами. М.: Техносфера, 2021. 256 с.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАНДАРТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ СТРУКТУРЫ БЕЛЭНЕРГО: РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЗРЕЛОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**Воюш Н.В., Гвоздовский Е.Д., Леонович И.А.,  
Жевнеров Я.В., Широчин А.А.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

***Аннотация.** Для успешного внедрения стандарта управления СИМ энергосистеме «Белэнерго» требуется предварительная оценка готовности. В работе представлена методика диагностики уровня зрелости инфраструктуры на основе адаптированной модели SIM3. Результатом применения методики является план действий, позволяющий минимизировать риски и целесообразно подготовиться к масштабной трансформации.*

***Ключевые слова:** Энергосистема Беларуси, цифровая трансформация, модель зрелости SIM3, управление на основе данных.*

Существующая структура энергосистемы Беларуси имеет высокую степень централизации и зависимость от импорта ископаемых видов топлива, в первую очередь от природного газа. Доля ввезённых из-за границы ресурсов в совокупном энергообеспечении занимает 84.8%, что устанавливает энергобезопасность государства в непосредственную зависимость от наружных поставок. Формирование системы “Белэнерго” исторически

затачивалась под специфику этой модели, делая упор на большие генерирующие мощности, а также разветвлённость сети распределения. Однако увеличение роста повсеместной интеграции возобновляемых источников энергии, на 2019 год около 7.1%, требует адаптации. Проекты в 2025 году по развитию немасштабной солнечной энергетики и ремонт ветряных станций, позволяют сделать вывод, что был взят курс децентрализацию, которая создаёт новые трудности в технологическом и управленческом плане для существующей инфраструктуры.

Развитие происходит в условиях воздействия ограничительных мер, всячески препятствующие доступ к прогрессивным технологиям и оснащению, выдвигая на первые места вопрос не о простом импортозамещении, а о стратегической цифровизации и оптимизации существующих активов. Установленные традиционные подходы по управлению, базирующиеся на рутинных операциях и оперативном реагировании на неполадки, становятся не удовлетворяющими. Поэтому необходим переход к интеллектуальному, основанному на данных, управлению, которое невозможно осуществить без внедрения единого стандарта обмена информацией.

Модель CIM разработана в середине 90-х годов в США институтом Electric Power Research Institute (EPRI) в рамках проекта Control Center Application Program Interface (CCAPI). Затем она была стандартизована Международной электротехнической комиссией (МЭК) в виде стандарта МЭК 61970 – Energy Management System Application Programming Interface (EMS-API). Целью стандарта IEC 61970 является создание общей модели обмена информацией между электроэнергетическими приложениями, разработанными разными производителями [3].

Выбор CIM в качестве основы определен несколькими важными факторами – возможность обеспечения целостного представления об энергосистеме в виде единого объекта управления и реализация как традиционных компонентов, так и новых видов активов, а именно зарядной инфраструктуры для электромобилей, систем накопления энергии, интеллектуальных потребителей. Также стандарт показал свою эффективность в энергосистемах европейских стран и пространстве СНГ.

Проблематика внедрения CIM заключается в создании технического проекта по обновлению программного обеспечения и в глубокой организационной трансформации. Внедрение без предварительного оценивания и подготовки базовой структуры, в случае провала ведёт к неоправданно высоким рискам и нецелесообразным затратам. Следовательно, сопоставив положительное влияние эффективного внедрения, с возможным негативным последствием в случае провала, выявляется необходимость в использовании предварительного этапа диагностики текущего уровня зрелости инфраструктуры к такой значительной трансформации.

Целью является создание практического инструмента для оценки готовности инфраструктуры «Белэнерго» к внедрению продвинутых

стандартов управления. В основу предлагается положить логику моделей зрелости, успешно применяемых в ИТ и кибербезопасности, в частности, SIM3 (Security Incident Management Maturity Model). Данная модель хороша своей целостностью, оценивая не только технологии, но и организационные аспекты.

Концептуальной основой предлагаемой модели является классическая структура SIM3, оценивающая организацию по четырём ключевым областям с переходом от начального к оптимизированному уровню. Для энергетического контекста эти области были адаптированы. Первая область — это «Данные и Технологии», охватывающая состояние систем сбора данных, качество и структурированность информации об активах сети, а также наличие и интеграцию инструментов цифрового моделирования и устойчивость ИТ-инфраструктуры. Вторая область — «Процессы и Стандарты», включающая формализацию и документирование ключевых процессов управления активами, планирования развития и эксплуатации, степень их автоматизации, а также наличие внутренних стандартов, совместимых с Common Information Model. Третья область — «Организация и Компетенции», оценивающая чёткость распределения ролей и ответственности в контексте цифровизации, наличие стратегической дорожной карты, уровень цифровых компетенций персонала и программы обучения. Четвёртая адаптированная область — «Управление и Безопасность», рассматривающая механизмы принятия решений на основе данных, политики кибербезопасности для новых цифровых активов и системы управления рисками.

Практическая методика оценки предполагает последовательное выполнение трёх ключевых этапов. Первый этап — самооценка, в рамках которой представители ключевых подразделений «Белэнерго», таких как диспетчерское управление, служба главного инженера и ИТ-департамент, заполняют структурированные опросники на основе адаптированной версии онлайн-инструмента SIM3. Второй этап — верификация и углублённый анализ, включающий проведение интервью и аудита выборочных процессов и систем силами экспертной группы, возможно, с привлечением внешних консультантов, для подтверждения объективности полученных данных. Третий, заключительный этап — визуализация и отчётность, результатом которого становится формирование сводной диаграммы зрелости по четырём адаптированным областям и подготовка детализированного аналитического отчёта.

Разработка плана подготовки является ключевым результатом оценки, представляя собой конкретную дорожную карту модернизации инфраструктуры, а не абстрактный отчёт. Для каждого выявленного разрыва между текущим и целевым уровнем зрелости в данном плане будут чётко определены конкретные действия и необходимые ресурсы. В том числе будут сформулированы краткосрочные действия, такие как инициирование проекта по созданию единого каталога активов или обучение сотрудников основам СИМ, а также среднесрочные проекты, например, пилотное внедрение

платформы для цифрового моделирования участка сети. План также будет включать детальную оценку необходимых ресурсов — финансовых, временных и человеческих — и установит измеримые критерии успеха для перехода на следующий уровень зрелости. В итоге, этот структурированный план позволит «Белэнерго» целенаправленно и с минимальными рисками инвестировать в модернизацию, создавая реальную основу для последующего успешного внедрения Common Information Model.

Основной вывод проведённого анализа заключается в том, что для энергосистемы Беларуси, находящейся в процессе стратегической диверсификации и цифровой трансформации, критически важным является этап фундаментальной диагностики и подготовки, а не немедленное начало масштабных проектов по внедрению сложных стандартов. Актуальность такой подготовки определяется необходимостью адаптации централизованной инфраструктуры «Белэнерго» к интеграции возобновляемых источников энергии и повышению устойчивости в условиях внешних технологических ограничений. Предлагаемая адаптация модели зрелости SIM3 предоставляет для этого системный и структурированный инструмент, позволяющий перевести абстрактные задачи цифровизации в конкретные измеримые цели по ключевым направлениям: данные и технологии, процессы и стандарты, организация и компетенции, управление и безопасность. Практическая ценность работы заключается в создании не теоретической концепции, а чёткого плана подготовки инфраструктуры, который позволит ГПО «Белэнерго» последовательно, с опорой на собственные возможности, повышать эффективность управления, снижать операционные риски и создавать технологический фундамент для интеллектуальной энергетики. Таким образом, разработанная методика оценки зрелости является необходимым и достаточным научно-практическим основанием для построения реалистичной дорожной карты, минимизирующей риски будущей глубокой цифровой трансформации.

### **Список использованных источников**

1. Irena. International Renewable Energy Agency. “Renewables Readiness Assessment: Belarus”. – Текст: электронный – URL: <https://www.irena.org/Publications/2021/Jul/Renewables-Readiness-Assessment-Belarus> (дата обращения: 16.11.2025).
2. PVknowhow. “Belarus renewable energy: Essential solar push in 2025”. – Текст: электронный. – URL: <https://www.pvknowhow.com/news/belarus-renewable-energy-essential-solar-push-in-2025/> (дата обращения: 20.10.2025).
3. Журнал “ИСУП”. Интеграция информационных систем предприятий электроэнергетики на базе CIM-модели. – Текст: электронный – URL: <https://isup.ru/articles/18/535/> (дата обращения: 27.11.2025).
4. SOCCER – Cybersecurity for Academic Sector. “Understanding and Using Maturity Models in SOCs: A Look at Chapter 2 of the Toolbox”. – Текст: электронный – URL: <https://soccer.agh.edu.pl/en/detail/understanding-and-using-maturity-models-in-socs-a-look-at-chapter-2-of-the-toolbox> (дата обращения: 20.11.2025).

5. ScienceDirect. “Reliability evaluation of integrated energy systems based on smart agent communication”. – Текст: электронный – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191501483X> (дата обращения: 10.11.2025).
6. Government of Canada. “Special Economic Measures (Belarus) Regulations (SOR/2020-214)”. – Текст: электронный – URL: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2020-214/section-3.6.html> (дата обращения: 01.12.2025).

## СБОР ДАННЫХ С ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

**Воюш Н.В., Широчин А.А., Жевнеров Я.В.,  
Гвоздовский Е.Д., Леонович И.А.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

**Аннотация.** Научная работа посвящена анализу процессов и технологий сбора данных с цифровой подстанции (ЦПС) для их последующей интеграции в SCADA-систему. Рассмотрена архитектура цифровой подстанции, основанная на международном стандарте МЭК 61850, который обеспечивает унификацию коммуникаций между интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ), такими как защитные терминалы, устройства РЗА, измерительные преобразователи и контроллеры.

**Ключевые слова:** данные, релейная защита и автоматизация, контроллеры, датчики, АСУ ТП, электрооборудование.

Энергетическая отрасль проходит масштабную трансформацию. На смену классическим трансформаторным подстанциям и системам с аналоговыми сигналами, которые не позволяют обеспечить точность измерений и скорость взаимодействия с IT-средой, приходит цифровая подстанция (ЦПС).

Цифровая подстанция (ЦПС) – автоматизированная подстанция, оснащенная взаимодействующими в режиме единого времени цифровыми информационными и управляющими системами и функционирующая без присутствия постоянного дежурного персонала [1].

Структура цифровой подстанции определяется стандартом МЭК 61850 как система из трех архитектурных уровней. Каждый уровень отвечает за определенные функции, типы данных и принципы взаимодействия оборудования [2].

Архитектура первого уровня – это процесс который отвечает за сбор данных и передачу их в цифровом виде по шине Process Bus. Первый уровень содержит в себе: трансформаторы тока и напряжения, устройства ввода-вывода (IED), датчики и источники Sampled Values (SV), передающие оцифрованные аналоговые сигналы.

Архитектура второго уровня – размещает в себе IED с поддержкой протоколов GOOSE и SV, которые принимают цифровые измерения с первого уровня и выполняют функции: релейной защиты, визуализации (HMI), автоматики и дистанционного управления.