

ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЯГОВОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ

Якубов Мирджалил Сагатович

профессор, кандидат технических наук

Ташкентский государственный транспортный университет

Ташкент, Узбекистан.

Якубова Умида Шухратуллаевна

старший преподаватель

Ташкентский государственный экономический университет

Ташкент, Узбекистан.

Морозов Сергей Александрович

Кандидат технических наук, доцент.

Московский государственный технический университет имени Н. Э.

Баумана

Аннотация: В статье изучен процесс изменения структуры тягового электроснабжения в условиях цифровизации, исследован потенциал и перспективы внедрения информационных технологий в тяговом электроснабжении. Рассматриваются и систематизируются факторы и условия, способствующие масштабному внедрению цифровых технологий в сферу тягового электроснабжения. Сделан вывод о критической значимости комплексного развития масштабной цифровой трансформации в тяговом электроснабжении железных дорог с целью увеличения эффективности функционирования энергетической системы и расширения области взаимодействия с сопутствующими внешними факторами, которые содействуют общему росту национальной экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика, экономическая эффективность, электроэнергетика, тяговое электроснабжение

INNOVATIVE ASPECTS OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TRACTION ELECTRICITY SUPPLY

Mirjalil Sagatovich Yakubov

Professor, PhD in Engineering

Tashkent State Transport University

Umida Shukhratullaevna Yakubova

Senior Lecturer

Tashkent State University of Economics

Morozov Sergey Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Bauman Moscow State Technical University

Abstract: The article studies the process of changing the structure of traction power supply in the context of digitalization, and explores the potential and prospects of introducing information technologies in traction power supply. The article examines and systematizes the factors and conditions that contribute to the large-scale introduction of digital technologies in the field of traction power supply. The article concludes that it is crucial to develop a comprehensive digital transformation in the traction power supply of railways in order to increase the efficiency of the energy system and expand the scope of interaction with external factors that contribute to the overall growth of the national economy.

Keywords: digital economy, economic efficiency, electric power industry, traction power supply

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в условиях развития мировой экономики электроэнергетическая отрасль претерпевает существенные трансформационные изменения, обусловленные необходимостью повышения эффективности функционирования энергетической системы стран. Актуальность внедрения цифровых технологий в тяговом электроснабжении железных дорог определяется совокупностью финансово-технических, инновационных и общественных факторов, формирующих предпосылки для масштабной модернизации тягового электроснабжения железных дорог.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сложившаяся структура тягового электроснабжения железных дорог обуславливается значительной степенью физического и морального износа основных производственных установок, что существенно ограничивает возможности повышения эффективности генерации, передачи и распределения электроэнергии традиционными методами. Согласно статистическим данным, средний уровень износа оборудования в тяговом электроснабжении железных дорог достигает почти 70%, что приводит к повышенным эксплуатационным затратам, снижению надежности тягового энергоснабжения и увеличению технологических потерь при передаче и технологической выработке установленных норм потребления электроэнергии на единицу оборудования [1].

Экономические предпосылки цифровизации тягового электроснабжения подвижного состава в первую очередь связаны с необходимостью оптимизации эксплуатационных затрат энергетических компаний [2]. Внедрение цифровых технологий позволяет существенно снизить издержки на техническое обслуживание и ремонт оборудования за счет перехода к предиктивной модели обслуживания, основанной на анализе больших данных и прогнозировании технического состояния активов [3]. По оценкам

экспертов, потенциал снижения операционных затрат при внедрении цифровых решений может достигать 20-30% [4].

Другим важным экономическим фактором является необходимость повышения энергоэффективности подвижных составов. Цифровая трансформация является одной из основных предпосылок для формирования новых бизнес-моделей и источников доходов, что особенно актуально в условиях ограниченных возможностей роста тарифов на электроэнергию. Внедрение интеллектуальных систем учета и управления спросом позволяет реализовать потенциал гибкого ценообразования и оптимизации режимов потребления электроэнергии [5].

Макроэкономические факторы также играют существенную роль в формировании предпосылок цифровизации электроэнергетики. В условиях глобальной конкуренции и необходимости обеспечения технологического суверенитета стран, рационализация электроэнергетической отрасли становится критически важным элементом обеспечения конкурентоспособности национальной экономики стран, что обосновывает актуальность данной работы [6]. Цифровые технологии позволяют существенно повысить эффективность использования энергетических ресурсов и снизить углеродоемкость экономики [7].

Развитие распределенной генерации и возобновляемых источников энергии создает дополнительные предпосылки для цифровизации отрасли. Интеграция множества небольших генерирующих объектов в единую энергосистему требует внедрения современных систем управления и координации, способных обеспечить надежное и эффективное функционирование усложняющейся инфраструктуры [8]. Цифровые технологии становятся необходимым инструментом для управления децентрализованными энергетическими системами.

Особое значение имеют технологические предпосылки цифровизации, связанные с развитием информационно-коммуникационных технологий

и появлением новых возможностей для сбора, обработки и анализа данных. Развитие промышленного интернета вещей, облачных вычислений и технологий искусственного интеллекта создает технологический базис для построения интеллектуальных энергетических систем нового поколения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На современном этапе основным фактором является растущая доступность цифровых технологий и необходимость снижения стоимости их внедрения. Развитие местного программного обеспечения и аппаратных решений создает возможности для масштабной цифровой трансформации тягового электроснабжения железных дорог с использованием инновационных разработок, что особенно важно в условиях необходимости обеспечения информационной безопасности критической инфраструктуры железных дорог (Табл. 1).

Таблица 1

Применение цифровых технологий в тяговом электроснабжении

Финансово-технические	Высокий износ и старение основных фондов (до 70%), необходимость уменьшения энергетических затрат
Инновационные	Модернизация информационных технологий
Общественные	Необходимость повышения квалификации и совершенствование современных способов и средств связи
Природно-климатические	Снижение углеводородных выбросов
Спросовые	Развитие децентрализованной энергетики, инноваций в бизнесе
Управленческие	Формирование государственных

	концепций развития, госстандартов
Аппаратные составляющие	Необходимость рационализации сетей, когнитивного учета
Международные	Необходимость обеспечения технической автономии, отечественного производства

Экономическая эффективность цифровых технологий подтверждается успешным опытом их внедрения в тяговом электроснабжении железных дорог развитых стран. Анализ международного опыта показывает, что цифровизация позволяет достичь существенной экономии электроэнергии, повышения качественных и количественных параметров надежности и энергоэффективности энергоснабжения и улучшения использования генерирующих мощностей. При этом важно учитывать специфику электроэнергетики развитых стран и необходимость применения лучших мировых технологий к условиям отдельно взятой страны с учетом ее природно-климатических условий.

Формирование нормативно-правовой базы цифровой трансформации тягового электроснабжения также создает необходимые предпосылки для масштабного внедрения новых цифровых технологий. Принятие ряда законодательных актов и программных документов, определяющих стратегические направления и механизмы цифровизации отрасли, формирует управленческую среду, способствующую реализации цифровых проектов.

Экономические эффекты от цифровизации тягового электроснабжения проявляются не только на уровне отдельных компаний, но и в масштабах всей национальной экономики страны. Повышение энергоэффективности тягового электроснабжения железных дорог создает множественный эффект, способствующий снижению энергоемкости ВВП и повышению конкурентоспособности местных производственных предприятий на

международных рынках. По оценкам экспертов, потенциальный экономический эффект от цифровой трансформации тягового электроснабжения железных дорог может составить до 0,5% ВВП страны.

Существенной предпосылкой цифровизации является необходимость повышения контроля качества обслуживания потребителей расходуемой электроэнергии тягового электроснабжения. Современные цифровые технологии позволяют реализовать клиентоориентированный подход в электроэнергетике с учетом существующих тарифов на потребление электроэнергии, предоставляя потребителям новые сервисы и возможности управления энергопотреблением. Развитие интеллектуальных систем учета создает основу для формирования активного потребителя, способного оптимизировать свое энергопотребление и участвовать в программах управления спросом.

Экологические аспекты также формируют значимые предпосылки для цифровизации тягового электроснабжения. Необходимость снижения негативного воздействия на окружающую среду и выполнения международных обязательств по сокращению выбросов газовых отходов органического топлива требует внедрения технологий, обеспечивающих оптимизацию режимов работы генерирующего оборудования и снижение потерь при передаче электроэнергии. Цифровые технологии создают технологическую основу для реализации концепции «зеленой» энергетики.

Важным фактором, определяющим необходимость цифровой трансформации, является растущая сложность управления электроэнергетическими системами. Увеличение числа участников энергетического рынка, развитие распределенной генерации и усложнение режимов работы тягового электроэнергетического снабжения требуют внедрения современных цифровых инструментов управления. Традиционные методы диспетчерского управления становятся недостаточными для

обеспечения надежного и эффективного функционирования усложняющейся на современном этапе энергетической инфраструктуры (Рис. 1).

Применение цифровых технологий в тяговом электроснабжении	
Финансово-технические	Выход из строя оборудования
	Эксплуатационные издержки
	Привлечение инвестиций
Инновационные	Нейросеть
	Интернет
	Защита от хакеров
Общественные	Сохранение способности
	Рыночная востребованность
	Цифровая компетентность
Природно-климатические	Декарбонизация
	Низкозатратность
	Возобновляемость электроэнергии
Спросовые	Децентрализованная энергетика
	Инновации в бизнесе
	Рыночное соперничество
Управленческие	Госстандарты
	Государственные концепции развития
	Унификация
	Нормализация
Аппаратные составляющие	Рационализация сетей
	Когнитивный учет
	Компьютеризация управления
	Безотказность

Международные	электроснабжения
	Техническая автономия
	Отечественное производство
	Международная кооперация
	Энергозащищенность

Рисунок 1- Применение цифровых технологий в тяговом электроснабжении. Составлено авторами

Демографические и социальные факторы также способствуют ускорению цифровой трансформации отрасли. Старение персонала электроэнергетических предприятий и необходимость сохранения критически важных компетенций создают предпосылки для внедрения цифровых систем управления знаниями и автоматизации производственных процессов, отчетность технико-производственной деятельности. Цифровые технологии позволяют частично компенсировать дефицит квалифицированных кадров и обеспечить передачу опыта новому поколению специалистов.

Геополитические факторы также оказывают существенное влияние на формирование предпосылок цифровизации тягового электроснабжения. В условиях повышенного спроса и необходимости обеспечения энерготехнологического суверенитета страны, развитие региональных цифровых решений для потребления электроэнергии для подвижных составов железных дорог становится стратегической задачей. Создание собственных технологических компетенций в области цифровой энергетики является важным элементом обеспечения национальной безопасности каждой страны.

Развитие региональных энергетических связей и необходимость интеграции энергосистем создают дополнительные предпосылки для цифровизации отрасли. Участие развитых стран в международных энергетических проектах требует обеспечения технологической

совместимости и соответствия международным стандартам цифровизации энергетических систем.

Инвестиционные аспекты также играют важную роль в формировании предпосылок цифровой трансформации. Несмотря на значительные начальные затраты, внедрение цифровых технологий позволяет оптимизировать инвестиционные программы энергетических компаний за счет более точного планирования и приоритизации проектов модернизации инфраструктуры. Использование цифровых двойников и систем предиктивной аналитики позволяет существенно повысить эффективность инвестиционных решений [8].

Формирование цифровых экосистем в различных отраслях экономики создает дополнительные стимулы для цифровизации тягового электроснабжения. Интеграция энергетической инфраструктуры с цифровыми платформами «умных» городов, промышленных предприятий и транспортных систем требует внедрения современных информационно-коммуникационных технологий в тяговом электроснабжении [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из вышеперечисленного можно заключить, что совокупность экономических, технологических, социальных и экологических предпосылок формирует объективную необходимость масштабной цифровой трансформации электроэнергетической отрасли, в частности, тягового электроснабжения железных дорог. Успешная реализация программ цифровизации позволит не только повысить эффективность функционирования энергетической системы, но и создать основу для инновационного развития всех региональных экономик.

Библиографический список

1. Горбенко А. В. Информационное обеспечение оценки инновационного потенциала предприятий. //Москва: Изд-во РУСАЙНС –

2. Горбенко А. О., Горбенко А. В. Безопасность электронного бизнеса. – 2024.-255с.
3. Горбенко А. В., Горбенко А.О. Ресурсная составляющая в системе оценки эффективности деятельности предприятий энергетики. // Экономика: вчера, сегодня, завтра, № 11, 2021 –с. 228-235.
4. Бурый А.С. Цифровые двойники как основа парадигмы развития прикладных информационных систем / Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования, 6/2022(70) С.24-32.
5. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 54–63.
6. Прохоров А.Н., Лысачев М.Н. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. / А.Н. Прохоров, М.Н. Лысачев/ [Текст] // – М.: ООО «Альянс Принт», 2020. – 401 с.
7. Ширин С.В., Горбенко А.В. Стоимость владения активами предприятия в дискурсе экономической эффективности/ Финансовые рынки и банки, № 9 (сентябрь), 2024, с – 200-203
8. Якубова У.Ш., Парпиева Н.Т., Мирходжаева Н.Ш. Некоторые применения финансовой математики при решении экономических задач. Бюллетень науки и практики, Т.9, №2, 2023, 312-320
9. Elena L. Ryzhova. Application of intelligent technologies for the implementation of the digital traction substation project, 2023, Modern Transportation Systems and Technologies 9(3):15-31