

- дарственный и муниципальных нужд: федеральный закон от 5 апреля 2019 №44 (последняя редакция) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс»: Законодательство: Версия Проф. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.06.2019).
2. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: федеральный закон от 18 июля 2011 №223 (последняя редакция) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс»: Законодательство: Версия Проф. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.06.2019).
 3. Виноградова С.В. ФАС России в условиях цифровой экономики и борьбы с картелями Юрисконсульт в строительстве. 2018. № 7. С. 29-34.
 4. Городов О.А., Егорова М.А. Нормативное регулирование на цифровых рынках как средство защиты национальных интересов. / Право и цифровая экономика. 2019. № 1 (03). С. 5-11.
 5. Кабанов А.А., Крячек М.О. Информационные аспекты противодействия коррупции при организации государственных закупок. / Правовое поле современной экономики. 2013. № 10. С. 116-131.
 6. Мамедова Г.Х. Правовые способы выявления и пресечения картелей в условиях цифровой экономики. / Приложение к журналу Предпринимательское право. 2019. № 2. С. 50-60.
 7. Острицова В.А., Косников С.Н. Поиск оптимальной стратегии и оценка опасности картельных сговоров в системе электронных торгов. / Государственно-частное партнерство. 2016. Т. 3. № 4. С. 303-314.
 8. Петров Д.А. "Роботизация" на торгах в эпоху цифровой экономики: бизнес-процесс или способ обхода закона? / Гражданское право. 2018. № 5. С. 12-15.
 9. Хамуков М.А. Электронные доказательства картелей на торгах. / Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. 2017. № 9 (37). С. 57-61.
 10. Тенишев А.П. Антикартельные расследования: основные итоги и планы работы ФАС России на 2019 год. [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс»: Правовые ресурсы: Версия Проф. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.06.2019).

УДК 338.364.4

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕТЕВЫМИ И СБЫТОВЫМИ ЭНЕРГОКОМПАНИЯМИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Волтов Илья Павлович (ivoltovp@gmail.com)

Окороков Роман Васильевич

Тимофеева Анна Анатольевна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

В статье рассматривается текущее состояние и перспективы реализации технологий анализа больших данных для ситуационного управления сетевыми и сбытовыми энергокомпаниями. Обосновывается необходимость ускоренного создания цифрового района электрических сетей на основе концепции цифровизации и интеллектуализации. Разработана модель прогнозирования вероятности аварийных отключений электросетевых объектов, базирующаяся на интеллектуальном анализе больших данных и демонстрирующая ряд преимуществ по сравнению с традиционными моделями.

Ключевые слова: цифровая экономика, интеллектуальная энергетическая система, цифровой район электрических сетей, анализ больших данных, модель прогнозирования вероятности аварийных отключений.

В формирующейся сегодня цифровой экономике интеллектуализация средств производства является одним из главных направлений в достижении высокого уровня экономического развития стран, устойчивых конкурентных преимуществ их производственных систем и повышения качества жизни [1].

По интегральному уровню технологического развития, характеризующего способность экономик адаптировать существующие на рынке технологии для повышения эффективности производственных систем, Россия занимает сегодня 43-е место из 141-й страны, что свидетельствует о том, что российская экономика в

настоящее время имеет недостаточно высокий инновационно-технологический потенциал для повышения своей конкурентоспособности на мировых рынках товаров и услуг [2].

Для преодоления технологического отставания России от ведущих стран мира в последние годы реализуется Национальная технологическая инициатива (НТИ) как государственная программа мер по поддержке развития в РФ перспективных отраслей промышленности. Цель НТИ заключается в создании национальных компаний и организации их деятельности на принципиально новых формирующихся отраслевых рынках, объем каждого из которых

через 10-20 лет должен превышать 100 млрд долл. [3].

Основным механизмом продвижения передовых решений в электроэнергетическую отрасль становится сегодня дорожная карта НТИ «Энерджинет», нацеленная на формирование перспективных технологических рынков, основанных на принципах цифровизации, и развитие отечественных комплексных систем и сервисов интеллектуальной энергетики для обеспечения лидерства российских компаний на высокотехнологичных рынках мировой «энергетики будущего» [4].

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) содержат множество пространственно распределенных и взаимосвязанных элементов, осуществляющих непрерывный процесс производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии при реализации общей цели – обеспечения надежного и безопасного электроснабжения потребителей. Управление ЭЭС является сложной технологической задачей в условиях быстро меняющихся процессов и неопределенности воздействующих факторов.

Новым подходом к управлению ЭЭС становится широкое использование интеллектуальных технологий сбора, обработки и представ-

ления информации, что превращает ЭЭС в интеллектуальные энергетические системы (ИЭС). Создание ИЭС существенно улучшает технико-экономические характеристики ЭЭС и обеспечивает высокую экономическую эффективность их производственных процессов [5].

Внедрение технологий ИЭС и интеллектуализация управления производственными процессами энергопредприятий создаст новые функциональные возможности и потенциальные эффекты по всей электроэнергетической цепочке, что демонстрирует таблица 1.

Представленные виды потенциальных эффектов внедрения ИЭС могут быть конкретизированы в реальные виды применительно к конкретным промышленным объектам. Так, для энергопредприятий применение интеллектуальных технологий позволит оптимизировать производственный процесс в соответствии с технологическими особенностями оборудования, проводить в широких масштабах ресурсо- и энергосберегающую политику, находить оптимальные режимы загрузки оборудования, снижать текущие расходы экономических и финансовых ресурсов, оперативно решать проблемы в случае наступления аварийных и других неблагоприятных условий и др.

Таблица 1

Новые функциональные возможности и потенциальные эффекты применения ИЭС [5]

№ п/п	Новые возможности	Эффекты
1	Осуществление полной автоматизации управления технологическими процессами ЭЭС	Снижение отказов энергооборудования, потерь энергии и других экономических ресурсов, рост интеллектуального капитала
2	Системная интеграция разных видов генерирующих источников при функционировании ЭЭС	Увеличение доли «чистых» генерирующих мощностей, сокращение использования невозобновляемых энергоресурсов и выбросов загрязняющих отходов
3	Обеспечение надежной, устойчивой и безопасной работы энергетического оборудования	Снижение экономических и социальных потерь, повышение доверия потребителей к деятельности ЭЭС
4	Реализация клиентоориентированного подхода	Снижение экономических потерь потребителей и повышение степени их удовлетворенности
5	Оптимизация режимов работы элементов ЭЭС	Повышение экономической, экологической и социальной эффективности ЭЭС
6	Оптимальное управление обслуживанием и использованием активов ЭЭС	Снижение капиталовложений и эксплуатационных затрат ЭЭС
7	Получение информации в режиме реального времени о последствиях принятых решений	Принятие оптимальных (рациональных) решений

Концепция цифровой трансформации в российской электроэнергетике предусматривает постепенный переход на новый принцип работы электросетевой инфраструктуры. Реализация проектов концепции в соответствии с дорожной картой НТИ «Энерджинет» позволит снизить затраты на техническое обслуживание, ремонт и эксплуатацию объектов, уменьшить потери в сетях, значительно сокра-

тить количество и время ликвидации технологических нарушений и, следовательно, улучшить качество и надежность электроснабжения потребителей по всей стране. В таблице 2 представлен фрагмент дорожной карты НТИ «Энерджинет» применительно к созданию цифровой распределительной электрической сети нового поколения.

Таблица 2

Дорожная карта НТИ «Энерджинет» (фрагмент) [6]

Проект	2017-2020 гг.	2020-2025 гг.
Цифровой район сети	Целевая архитектура «Цифровой РЭС» Интеллектуальные коммутационные аппараты Интеллектуальные распределительные устройства Адаптивные алгоритмы релейной защиты и автоматики Интеллектуальная система энергомониторинга Программное обеспечение для цифрового управления РЭС (СППР) Программное обеспечение для цифрового проектирования РЭС (СППР)	Масштабируемая бизнес-модель сетевой компании, обеспечивающая потребительские свойства сети на уровне США при себестоимости на уровне ~75% от текущего уровня дочерних сетевых компаний ПАО «Россети»

Цифровой РЭС - это район электрических сетей, обладающий высоким уровнем автоматизации, обеспечивающей наблюдаемость в режиме реального времени и позволяющей реализовать функции самодиагностики и самовосстановления, а также интеллектуальный учёт электроэнергии [7].

Создание цифрового района электрических сетей на основе концепции цифровизации и интеллектуализации обеспечит повышение «интеллекта» энергоактивов сетей среднего и низкого напряжения посредством согласованных изменений:

- в технологиях (совокупности модернизированного электросетевого оборудования, технологий диспетчерского управления и локальных устройств защиты);
- в процессах (изменений организационной структуры эксплуатации и нормативно-технической документации);
- в человеческих ресурсах (развитие новых компетенций и рост культуры управления и производства).

В результате создания цифрового РЭС планируется достижение максимальной наблюдаемости и управляемости сети в режиме реального времени, контроль параметров и режимов работы, самодиагностика и самовосстановление сети, то есть, интеллектуальная система будет автоматически выделять поврежденный участок сети и самостоятельно восстанавливать питание потребителей по резервным схемам, производя все необходимые переключения.

Отечественный электросетевой комплекс на сегодняшний день обладает весьма существенным (не менее 30%) потенциалом для повышения эффективности за счёт внедрения современных технологических решений наряду с необходимостью изменения (корректировкой) организационных моделей деятельности при принципиально иных потребительских свой-

ствах сети в ориентации на достижение оптимальных решений по критерию эффективности инвестиционных вложений на изменение целевых показателей деятельности (надёжность, качество, доступность электрической энергии) [8].

В таблице 3 приведены примеры разрабатываемых в настоящее время интеллектуальных моделей и систем, определяющие основные направления внедрения новых механизмов, способов и алгоритмов технологического управления процессами цифровой трансформации сетевых и сбытовых энергокомпаний для повышения эффективности и качества оказываемых услуг. Поэтапная реализация данных интеллектуальных моделей и систем в формирующейся ИЭС позволит организовать эффективное взаимодействие всех хозяйствующих субъектов в любом пространственном масштабе и обеспечить решение ключевых проблем повышения надёжности и безопасности электроснабжения потребителей.

В последние годы участились случаи аварийного отключения оборудования распределительных электросетевых и сбытовых компаний, вызванных преднамеренными действиями людей или организаций, техническими неполадками, а также воздействиями природных факторов. В среднем за год российские потребители аварийно отключаются от электроснабжения примерно 10 раз, а среднее время простоя достигает 600 минут. В странах ЕС, например, данные показатели в 10 и более раз ниже [5].

Основными причинами аварийных отключений элементов ЭЭС являются: несоблюдение требований технологического обслуживания оборудования (28%); стихийные бедствия (30%); воздействие сторонних лиц (12%); прочие причины, включая «человеческий фактор» (30%) [5].

Таблица 3

Примеры разрабатываемых интеллектуальных систем [9]

№ п/п	Модели и системы	Области применения
1	Программные интеллектуальные агенты и многоагентные системы в сетевых информационно-управляющих системах	Автоматическое решение комплекса задач управления нормальными, ситуационными и аварийными режимами электростанций, электрических сетей; системы управления
2	Интеллектуальные нечеткие системы с виртуальными моделями ассоциативного поиска	Обнаружение и локализация предаварийных режимов; оценка динамики участия генерирующих объектов глобальной энергосистемы
3	Системы управления с распределенными прогнозирующими моделями	Управление нормальными, ситуационными и аварийными режимами электростанций, электрических сетей; системы управления
4	Нейросетевые интеллектуальные системы распознавания аварийных режимов и прогнозирования предстоящего режима	Обнаружение и локализация предаварийных режимов; прогнозирование параметров предстоящего режима работы
5	Обучающие экспертные системы	Обучение операторов-диспетчеров управлению ЭЭС в ситуационных режимах
6	Экспертные системы-помощники диспетчера	Мониторинг степени статической устойчивости ЭЭС

Предупреждение аварийных отключений элементов ЭЭС вследствие указанных причин может быть обеспечено соответствующей профессиональной подготовкой и непрерывным обучением персонала энергокомпаний, использованием мер защиты объектов электроэнергетики от умышленных действий, а также цифровизацией технологических и управленческих процессов [8, 10].

Новые функциональные возможности интеллектуальных технологий (Интернет вещей, Распределенный реестр (Блокчейн), анализ больших данных, технологии искусственного интеллекта и др.) весьма применимы для планирования и управления современными ЭЭС, что является логическим следствием цифровой трансформации электроэнергетической отрасли [8].

Сегодня менеджмент энергокомпаний все больше понимает как ценность накопленной информации, так и сложности работы с неструктурированными данными. В результате цифровизации технологических цепочек и оборудования энергопредприятий их внутренние информационные системы накапливают огромные массивы цифровых данных, характеризующих как состояние отдельных устройств, так и системы в целом. Для эффективного выполнения целей стратегического планирования и системного управления необходимо использовать передовые технологии интеллектуального анализа больших данных, чтобы получить из большого объема разнообразной (почти всегда неструктурированной) информации тот необходимый объем, на основании которого специалисты смогут принимать качественные и оперативные решения [11].

В настоящее время во многих энергокомпаниях созданы специализированные структурные подразделения – ситуационные аналитические центры (САЦ), которые занимаются интеллектуальным анализом текущего состояния объектов управления и прогнозированием развития проблемных условий [12].

Когда речь идет о ситуационном управлении сетевыми и сбытовыми компаниями, прежде всего подразумевается прогнозирование вероятности аварийных событий на электросетевых объектах за определенный период времени по заданным параметрам. Первые сложности, возникающие на этом пути, заключаются в обосновании методологии прогнозирования – выборе эвристических методов или формальных, опирающихся на точные математические модели. Сторонники эвристической методологии разрабатывают программное обеспечение с механизмом «машинного обучения», то есть, изменения модели прогнозирования в зависимости от накопленной информации. Но при создании подобной модели машинного обучения возникает ряд проблем: аварийные отключения могут быть вызваны факторами, отсутствующими в обучающей выборке; возможна «некорrekтность» исходных данных и др. [12].

Следующий шаг состоит в обосновании математической модели прогнозирования, учитывающей влияние внешних и внутренних факторов и оптимизированной для эксплуатации. Здесь важен выбор алгоритма поиска закономерностей в статистической информации и прогнозирования временных рядов, что требует знания начального состояния объектов и законов его изменения. Следовательно, для синтеза прогноза для каждого внешнего и внутреннего фактора необходимо составить гипотезу о

временной развертке событий, исходя из сведений о состоянии электросетевого объекта.

В таблице 4 представлена сравнительная характеристика трех методов анализа массивов больших данных, использованных при создании

модели прогнозирования, исходя из разнородности исходной статистической информации и заданного шага временных рядов для выбора параметров системы.

Таблица 4

Сравнительная характеристика методов анализа массивов больших данных [12]

Метод	Точность	Масштабируемость	Пригодность к использованию	Трудоемкость	Быстрота
Линейная регрессия	нейтральная	высокая	высокая (легко адаптируемая)	низкая (нейтральная)	высокая
Нейронные сети	высокая	низкая	низкая	нейтральная (высокая)	низкая
Полиномиальные нейронные сети	высокая	высокая	высокая	низкая (нейтральная)	низкая (нейтральная)

После агрегирования массивов исходных данных была выявлена интересная закономерность, заключающаяся в существенной зависимости количества аварийных отключений от ряда погодных факторов, наиболее значимыми из которых оказались: скорость и направление ветра; температура воздуха; относительная влажность воздуха; точка росы; относительное атмосферное давление; погодные явления (дождь, гроза, снег, туман и др.) [12].

В результате проведенных исследований была получена модель прогноза вероятности аварийных отключений в электрических сетях на базе статистической отчетности об аварийных событиях на объектах электросетевого комплекса ПАО «Ленэнерго» в 2014-2018 гг. Верификация модели прогнозирования аварийных событий на объектах электросетевого хозяйства показала, что значения прогнозных аварийных отключений и реальные аварии почти всегда совпадали, что свидетельствует о пригодности модели к использованию [12].

Разработанная модель прогнозирования вероятности аварийных событий на электросетевых объектах, базирующаяся на интеллектуальном анализе больших данных, имеет значительную вычислительную мощность, отвечает на все поставленные вопросы и обладает следующими характерными свойствами:

- *автоматизация* - модель обрабатывает большие объемы исходных данных, легко интегрируется с СУБД;
- *точность* - при вводе дополнительных параметров коэффициент детерминации модели прогнозирования превысил 70%; увеличение точности прогноза также было достигнуто методом сглаживания динамических рядов;
- *адаптируемость* - в зависимости от целей и задач прогнозирования модель может применяться на разных географических и вре-

менных уровнях, что потребует только коррекции отдельных параметров;

- *гибкость* - построение модели прогнозирования на основе начальных параметров дает возможность экспериментировать с ними при ее реализации и в процессе эксплуатации.

Стоит отметить, что текущая модель прогнозирования вероятности аварийных отключений позволяет строить прогнозы общего количества аварийных событий за период времени от одной до восьми недель, что необходимо учитывать при совершенствовании механизма прогнозирования вероятности аварийных отключений объектов сетевого хозяйства для ситуационного управления электроэнергетической компанией.

Дальнейшая работа будет направлена на определение взаимосвязей совокупности других внешних, а также внутренних факторов (индекс состояния оборудования, графики ТО и др.), что позволит дополнить разработанную модель прогнозирования вероятности аварийных отключений.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Технологические сдвиги в электроэнергетике приводят к формированию национальных программ и концептуальных документов нового промышленного развития, отвечающих вызовам цифровой экономики;

2) Создание цифрового района электрической сети на основе концепции цифровизации и интеллектуализации позволит снизить затраты на техническое обслуживание, ремонт и эксплуатацию объектов сетевого комплекса, уменьшить потери в сетях, значительно сократить количество и время ликвидации технологических нарушений;

3) Разработана модель прогнозирования вероятности аварийных отключений на объектах электросетевого хозяйства, базирующаяся

на интеллектуальном анализе больших данных, для анализа состояния и прогнозирования развития проблемных ситуаций при оперативном и стратегическом управлении энергокомпаниями.

Литература

1. Огороков Р.В., Тимофеева А.А., Капралов В.Д. Эффективность применения интеллектуальных технологий управления современными производственными системами // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2016. №1(27). – С. 109-115.
2. The Global Competitiveness Report 2019 / World Economic Forum. Geneva, Switzerland, 2019. – 648 p.
3. Национальная технологическая инициатива // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.asi.ru/nti> (дата обращения 03.09.2019).
4. Дорожная карта «Энерджинет» Национальной технологической инициативы // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/8916> (дата обращения 10.10.2019).
5. Огороков Р.В., Задорожний А.В. Эффективность применения интеллектуальных технологий в отечественной энергетике. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 230 с.
6. Цифровая подстанция // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/04/8.-EnergyNET.pdf> (дата обращения 25.09.2019).
7. Новости компании ПАО «МРСК Центра» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mrsk-1.ru/press-center/news/company/69324> (дата обращения 23.10.2019).
8. Концепция «Цифровая трансформация 2030» ПАО «Россети» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения 26.10.2019).
9. Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью: структура, методические принципы, система управления // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isem.irk.ru/upload/iblock/971/9717c27cb-bb447cc35217be7071ced93.pdf> (дата обращения 26.10.2019).
10. Летагин А., Назарычев А., Горюнова Л. Обеспечение надежности энергетических предприятий на основе стратегии непрерывного обучения персонала // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. №2(35). – С. 120-123.
11. Королев О.Л., Апатова Н.В., Круликовский А.П. «Большие данные» как фактор изменения процессов принятия решений в экономике // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2017. Т. 10, № 4. – С. 31-38.
12. Бурдуков Н.И., Галеев М.Т., Волтов И.П. Прогнозирование вероятности аварийных отключений на объектах электросетевого комплекса // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. №2(41). – С. 16-18.

УДК 338.984

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Дадалко Василий Александрович (antikrizis1@bk.ru)

Коровин Дмитрий Игоревич

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

Подольский Александр Геннадьевич

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России

Топчий Павел Павлович

ООО «Центр оценки собственности «МОРФ»

Достижения в области цифровых технологий вступают в новую эпоху, поскольку соответствуют или превосходят производительность персонала в большей части производственных процессов, в том числе требующих познавательной деятельности.

В статье проведен анализ влияния цифровых технологий и автоматизации на повышение производственно-технологического потенциала (ПТП) предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и экономического эффекта за счет роста производительности труда и конкурентоспособности продукции.

Ключевые слова: цифровые технологии, нормирование труда, оптимизация затрат, образец, относительное отклонение, составная часть, трудовых ресурсов, трудоемкость, трудозатраты.

Статья подготовлена в рамках проекта РФФИ №19-010-00027