

Научная статья
УДК 621.31:004.8

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АПК

Владимир Анатольевич Погonyшев, Дина Алексеевна Погonyшева, Юрий Игоревич Филин
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Показана роль России в мировой энергетике, как крупнейшего производителя и потребителя энергетических ресурсов. Отмечены достижения в развитии отечественных интеллектуальных электрических систем на основе использования цифровых инноваций в контексте Энергопереход 4.0. Установлена высокая энергоемкость отечественной продукции, негативно влияющая на ее конкурентоспособность, снижающая уровень энергетической и экологической безопасности, препятствующая наращиванию технологического лидерства страны. Проанализирована динамика энергопотребления субъектами аграрного бизнеса. Исследовано состояние энергосистемы Брянской области. Показано, что в потреблении ТЭР по отраслям экономики региона выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%). Энергоемкость валового регионального продукта Брянской области превышает энергоемкость валового внутреннего продукта страны почти на 4%, при этом электроемкость - почти на 8%. Выявлено, что одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии, так как напряжение в сетях подвержено высокой колеблемости, отмечаются его перепады. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные комплексы. В структуре затрат на производство овощей защищенного грунта доля электроэнергии составляет более 30%. Установлен высокий аграрный потенциал региона, естественным образом поддерживающий развитие биоэнергетики и локальных источников энергии. Показано, что внедрение в АПК энергоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для роста инвестиционной привлекательности региона. Обосновано положение, что решение задачи повышения энергоэффективности аграрного сектора и других отраслей экономики связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии, дальнейшим развитием инновационной энергетики на основе использования сквозных технологий.

Ключевые слова: АПК, электроэнергетика, энергоэффективность, цифровые технологии, искусственный интеллект

Для цитирования: Погonyшев В.А., Погonyшева Д.А., Филин Ю.И. Цифровые технологии как инструмент повышения энергоэффективности АПК // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 60-66.

Original article

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Vladimir A. Pogonyshchev, Dina A. Pogonyshcheva, Yuri I. Filin
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The role of Russia in the global energy sector as the largest producer and consumer of energy resources is shown. The achievements in the development of domestic intelligent power systems based on digital innovations in the context of Energy Transition 4.0 are noted. The high energy intensity of domestic products has been identified as having a negative impact on their competitiveness, reducing the level of energy and environmental security, and hindering the country's efforts to strengthen its technological leadership. The dynamics of energy consumption by agribusiness entities have been analysed. The state of the power system in the Bryansk Region has been examined. It has been demonstrated that, in terms of fuel and energy resource (FER) consumption across the region's economic sectors, the main contributors are industry (47%), housing and utilities (39%), and transport and agriculture (8%). The energy intensity of the Bryansk Region's gross regional product exceeds that of the country's gross domestic product by almost 4%, while its electricity intensity is higher by nearly 8%. It has been revealed that one of the main problems of energy consumption by agricultural enterprises is the low quality of the supplied electricity, as the voltage in the networks is highly variable and there are frequent fluctuations. Greenhouse complexes are the most dependent on the electricity they consume. The share of electricity in the cost of producing protected vegetables exceeds 30%. The high agricultural potential of the region has been established, which naturally supports the development of bioenergy and local energy sources. It has been shown that the introduction of energy-

efficient technologies, smart metering devices, and dispatching in the agricultural sector is the basis for increasing the investment attractiveness of the region. It has been substantiated that the solution to the problem of improving the energy efficiency of the agricultural sector and other sectors of the economy is related to the creation of a modern base of electricity consumers and the further development of innovative energy based on the use of end-to-end technologies.

Keywords: Agro-Industrial Complex, electric power industry, energy efficiency, digital technologies, artificial intelligence.

For citation. Pogonyshev V.A., Pogonysheva D.A., Filin Yu.I. Digital Technologies as a Tool for Improving Energy Efficiency in the Agro-Industrial Complex // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 60-66.

Введение. Решение задач достижения технологического лидерства и высокой конкурентоспособности агропродовольствия страны обусловлено уровнем эффективности используемых ресурсов. В настоящее время Россия продолжает выполнять роль общепризнанного мирового лидера по запасам и добыче минерально-сырьевой базы энергетического сырья. В современных условиях освоение отечественного ресурсного потенциала и наращивание производства электроэнергии происходит при сильной турбулентности мировой энергетической системы. В последние годы структура мирового энергетического баланса существенно изменилась: в общем объеме выработки электроэнергии доля угля составляет около 36 %, потребление ВИЭ возросло до 2,5 %, снизились доли ГЭС и АЭС. В мировой энергетике отмечаются разрыв устоявшихся логистических цепей поставок энергетических ресурсов, ускоренное развитие электротранспорта, высокий приоритет энергетической безопасности государств и др. Россия, как крупный производитель и потребитель энергетических ресурсов, по-прежнему входит в число лидеров по объемам экспорта данных ресурсов. В 2023 г. доходы бюджета РФ от отраслей ТЭК составили почти 10 трлн. рублей, но при этом уже в 2025 г. снизились до уровня 8,4 трлн. Динамичное развитие цифровой экономики России инициирует значительное повышение потребления электроэнергии к 2050 г. до уровня 1,5 трлн кВт-ч. В течение 2021-2035 гг. до 60% прироста производства электроэнергии обеспечат ВИЭ, а к середине текущего столетия весь прирост. Несмотря на сложные внешнеэкономические условия и вызовы отрасль продолжает демонстрировать высокую эффективность работы. Еще в 2018 г. компания «Россети» разработала концепцию «Цифровая трансформация 2030», оцениваемую в 1,3 трлн руб. и предназначенную для динамичного и последовательного перехода к цифровым электрическим системам на основе использования цифровых инноваций: больших данных, предиктивной аналитики, цифровых двойников, интернета вещей, иммерсивных технологий, систем распределенного реестра, роботов, нейросетей и др. Ожидается рост мощности объектов генерации не менее 287 гигаватт в 2036 г. и не менее 331,2 гигаватта в 2050 г., увеличение доли приборов интеллектуального учета до 70 % в 2036 г. и не менее чем 95 % в 2050 г., снижение уровня потерь электроэнергии в электрических сетях до 8,8 % в 2036 г. и не более чем 7,3 % в 2050 г. Несмотря на ощутимые достижения отрасли, аналитики отмечают сохраняющуюся высокую энергоемкость ВВП страны, превышающую среднемировой уровень почти в 2 раза. По-прежнему актуальной задачей является повышение энергоэффективности субъектов аграрной индустрии и других отраслей российской экономики. Цель исследования заключается в обосновании направлений повышения энергоэффективности АПК.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на основании литературных и статистических данных энергоэффективности сельского хозяйства.

Результаты и обсуждение. Сетевое хозяйство ЕЭС России насчитывает более 14 тыс. линий электропередачи класса напряжения 110-750 кВ общей протяженностью более 506 тыс. км, включает почти 11 тыс. электрических подстанций 110-750 кВ. Основными источниками генерации в 2025 г. оставались ТЭК (57,5%), АЭС (18,7%), ГЭС (16,7%). Электростанции промышленных предприятий обеспечили около 6,2% выработки, генерация на основе ВИЭ (солнце и ветер) составила почти 0,9%. По оценке «Системного оператора», совокупный объем инвестиций в отрасль до 2042 г. ожидается на уровне 43 трлн руб., при этом более 40 трлн руб. средств придутся на объекты генерации, около 2,5 трлн руб. - на объекты электросети. Согласно планов, установленная мощность электростанций в России в 2042 г. достигнет почти 300 ГВт, в том числе за счет введения в эксплуатацию около 88 ГВт генерирующих мощностей АЭС, СЭС и ВЭС. [1]

Традиционно отрасли отечественной экономики работают над повышением своей энергоэффективности, под которой понимают рациональное использование энергоресурсов при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении экологических требований к охране окружающей среды. Если энергосбережение ориентировано на уменьшение энергопотребления, то энергоэффективность предполагает оптимальное потребление электроэнергии и тем самым позволяет ры-

ночным субъектам значительно снизить себестоимость продукции. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) на 2023 г. по показателю энергоэффективности Россия занимала 136 место из 146 стран мира, что свидетельствует о высокой энергоемкости экономики страны и продолжающейся ее низкой энергоэффективности. С целью устранения негативной тенденции Минэкономразвития России ежегодно оценивает уровень энергоэффективности в регионах. Показатели энергоэффективности регионов включают оценку эффективности стратегического планирования, организационного и методического обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, а также параметры энергоэффективности отдельных категорий объектов (дорожная и уличная инфраструктура, многоквартирные дома, государственные и муниципальные учреждения и др.). Так, в 2024 г. почти 70 регионов получили умеренный класс энергоэффективности и выше, лидерами стали Санкт-Петербург, ХМАО и Вологодская область.

К ключевым потребителям электроэнергии традиционно относятся агроформирования. В сельском хозяйстве основные объекты потребления электроэнергии связаны с растениеводством, животноводством, вспомогательными производствами (теплицы, зернохранилища, коровники, ремонтные мастерские и др.). В динамике наблюдается высокая колеблемость потребления энергоресурсов субъектами аграрного бизнеса (рисунок 1).

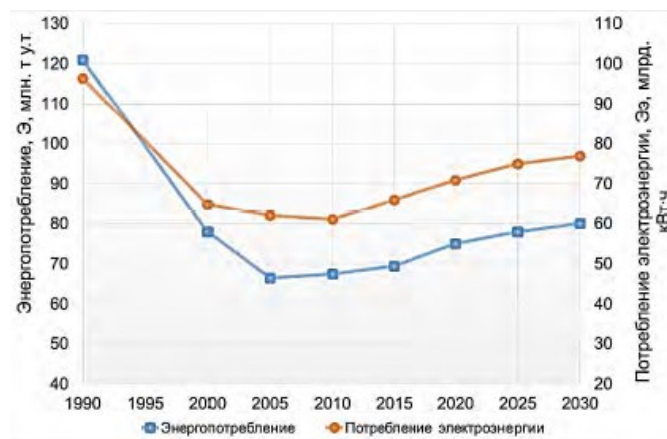


Рисунок 1 - Показатели энергопотребления и прогнозная оценка потребностей сельского хозяйства в ТЭР до 2030 г. [2]

Аналитики прогнозируют, что к 2030 г. темп роста производства продукции сельского хозяйства будет существенно опережать темп повышения затрат энергетических ресурсов благодаря прежде всего внедрению энергосберегающих технологий (рисунок 2).

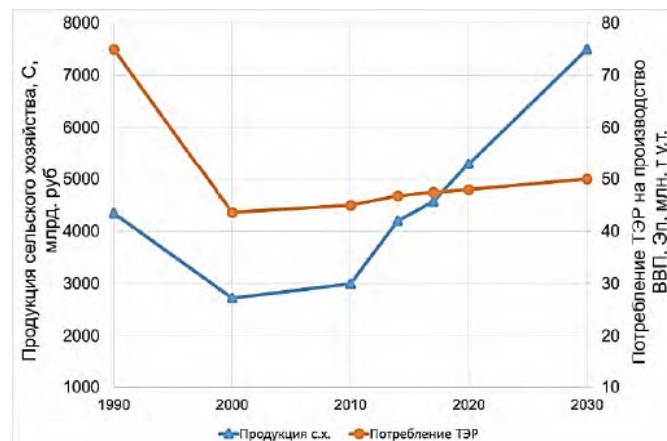


Рисунок 2 - Показатели производства продукции сельского хозяйства и затрат энергии на производство [2]

Согласно существующей практике, агроформирования платят почти в 2 раза больше за получаемую электроэнергию, чем промышленные предприятия, так как аграрии относятся к категории «прочие потребители» и электроэнергия продается им по нерегулируемым ценам, при этом тарифы устанавливаются в зависимости от уровня напряжения. Чем ниже уровень напряжения электросетей, тем дороже киловатт. Подобная тарифная нагрузка негативно влияет на инвестиционную привлекательность аграрного сектора, вносит весомый вклад в рост себестоимости единицы продукции, существенно влияет на конечную цену агропродовольствия, снижая его конкурентоспособность. Так, за

период 2022-2023гг. доля потребления электроэнергии аграриями в общей структуре потребления страны возросла до 1,7%. При этом аналитики отмечают одновременно ежегодный рост цен на электроэнергию до 10%. Очевидно, повышение конкурентоспособности отечественной агропродукции на региональных и глобальных рынках тесно связано с оптимизацией расходов агроформирований на потребление электроэнергии, с повышением энергоэффективности отрасли. Вследствие этого к числу первоочередных мер энергосбережения и роста энергоэффективности производства агропродовольствия и сырья относятся обязательное установление строгого контроля за расходом электроэнергии, внедрение в производственных процессах энергоэффективных технологий и оборудования, использование альтернативных источников электроэнергии и др. Следует отметить, что эти мероприятия связаны с высокими затратами на их реализацию. [3]

Согласно политики Минэнерго, энергосистема Брянской области входит в объединенную энергосистему Центра (ОЭС Центра). Преобладающая часть электроэнергии (70-90% потребности) поступает в область от внешних источников по линиям единой национальной электрической сети. На территории Брянской области выработка электроэнергии осуществляется ООО «Клинцовская ТЭЦ», ставшей опорным объектом локальной генерации и теплоснабжения. Функции гарантирующего поставщика на территории региона выполняет филиал «Брянскэнергосбыт» ООО «Газпромэнергосбыт Брянск». На территории области проложена сеть высоковольтных линий (750-220-110 кВ), что предоставляет возможности для гибкого подключения распределенной генерации и интеграции муниципальных микрогенерирующих мощностей без радикальных переделок сетевой структуры. Правительством Брянской области в конце декабря 2024г. принята региональная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Брянской области», в соответствии с которой районами области приняты аналогичные программы по повышению энергоэффективности. В число целей программы включены повышение эффективности использования в регионе ТЭР, рост внедрения энергосберегающих технологий, материалов и (или) оборудования высокого класса энергетической эффективности и др. Совокупные средства областного бюджета (3,44 млн. руб.) и внебюджетных источников финансирования (534,3 млн. руб.) запланировано освоить за 2025-2027гг.[4]

В Брянской области, как в одном из наиболее развитых в экономическом отношении субъектов РФ, функционируют крупные и средние предприятия металлургической, машиностроительной, ТЭК, АПК и др. В потреблении ТЭР по отраслям экономики региона выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%) и др. Энергоемкость ВРП области превышает энергоемкость ВВП РФ почти на 4%, электроемкость - почти на 8%. На производство 1 тыс. руб. валовой добавленной стоимости в 2022 г. область израсходовала почти 34 кг у.т. и около 33 кВт/ч электроэнергии, а в целом по РФ эти показатели составили соответственно около 32 кг у.т. и 31 кВт/ч. Высокая энергоемкость и электроемкость ВРП, в котором доля АПК составляет около 25%, обусловлены высокой долей региональных энергоемких отраслей, что снижает энергетическую и экологическую безопасность региона. Вследствие этого повышение энергетической и экологической эффективности агроформирований выступают важнейшими факторами развития на период до 2030 г. В сложившихся условиях необходимо прежде всего выполнить обследование сетевого хозяйства для получения объективной информации об объемах используемых энергоресурсов и показателях энергоэффективности, использовать в деятельности аграриев энергосберегающее оборудование, оснастить объекты АПК приборами учета потребляемых энергоресурсов, разработать направления энергосбережения и повышения энергоэффективности технологических процессов и др.

Одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии, так как напряжение в сетях подвержено высокой колеблемости, отмечаются его перепады. В качестве решения проблемы рекомендуется для устранения негативного влияния скачков напряжения использовать стабилизаторы. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные хозяйства. Доля электроэнергии в структуре затрат на производство овощей защищенного грунта составляет более 30%. Для поддержания рентабельности овощеводства рекомендуется строить теплицы с энергосберегающими экранами, с системами распределения тепла по нескольким контурам отопления и автоматическим контролем микроклимата. В настоящее время значительный объем электроэнергии в тепличных комплексах производится самостоятельно на газопоршневых генерирующих установках, при этом общая мощность генерации такой энергии в России составляет более 2 000 МВт.

По оценкам аналитиков, потребление электрической энергии в области к 2029г.прогнозируется на уровне 4567 млн кВт·ч при среднегодовом темпе прироста 0,73% (таблица 1). Согласно данным Брянскстата, объёмы собственной генерации в регионе также последовательно растут. Если в 2020 г. в области было произведено около 88 млн кВт·ч электроэнергии, то к 2024 г. этот показатель достиг уровня почти 141 млн кВт·ч. Рост генерации более чем в полтора раза свидетельствует об укреплении

локальной энергетической базы и расширении возможности по обеспечению собственных потребностей в аграрном секторе.

Таблица 1 – Прогноз потребления электроэнергии в Брянской области [4]

Показатели	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.
Потребление электрической энергии, млн Вт·ч	4436	4499	4520	4555	4567
Абсолютный прирост потребления электрической энергии, млн кВт·ч	-	63	21	35	12
Годовой темп прироста, %	-	1,42	0,47	0,77	0,26

Регион активно участвует в межрегиональном обмене электроэнергией, что повышает надёжность снабжения и позволяет сглаживать сезонные и суточные колебания спроса. В 2024 г. регион получил из-за своих пределов более 5,4 млрд кВт·ч и одновременно отпустил за пределы области свыше 1,7 млрд кВт·ч. Это говорит о высокой степени интеграции и способности энергосистемы работать в гибком режиме, подстраиваясь под общую нагрузку сетевого хозяйства страны. [5] Подобная бизнес-модель позволяет энергосистеме оставаться гибкой и предсказуемой для населения и аграрного бизнеса. В связи с тем, что ключевыми потребителями электроэнергии в регионе выступают агроформирования, то аграрный потенциал Брянщины естественным образом поддерживает развитие биоэнергетики и локальных источников энергии. Распространение энергоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для будущих программ и интеграции накопителей тепла и электроэнергии, тем самым повышая инвестиционную привлекательность.

В АПК России примером рационального энергопотребления выступает ГК «АГРОЭКО», последовательно реализующее оптимальные решения по снижению расходов на электроэнергию и внедряющее энергоэффективные технологии. Компания тщательно выбирает поставщиков электроэнергии с минимальными наценками. На предприятии работает современная система автоматического контроля электроэнергии, установлены специальные системы и оборудование, позволяющие специалистам отслеживать параметры энергопотребления по мощности и расходу, своевременно принимать обоснованные решения.

Решение проблемы повышения энергоэффективности АПК и других отраслей экономики связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии (высокотехнологичные производства в ИКТ-индустрии, сельское хозяйство, производственная сфера). Современное сетевое хозяйство опирается на цифровизацию и автоматизации деятельности. По экспертным оценкам, около половины рыночных субъектов ТЭК применяют цифровые решения, инструменты ИИ. Однако становление инновационной энергетики происходит под влиянием внутренних вызовов, включающих высокую потребность в инвестициях в модернизацию и обеспечение надёжности энергетической инфраструктуры, не отвечающий в полной мере современным требованиям уровень технического состояния объектов производства электроэнергии, необходимость ускорения внедрения сквозных технологий, включая ИИ-решения, дальнейшая цифровизация бизнес-моделей и др. Для повышения уровня энергоэффективности отраслей и качества обслуживания потребителей электроэнергии, включая агроформирования, внедряются пользовательские цифровые сервисы и платформы, построенные на принципе клиентоцентричности. С целью нивелирования влияния негативных факторов в электроэнергетике реализуются крупные инфраструктурные проекты. Ожидается, что цифровая трансформация отрасли позволит увеличить долю автоматизации бизнес-процессов до 80 %, совокупного уровня промышленной роботизации - до 70 %, использование цифровых двойников (ЦД) активов предприятий позволит нарастить долю инженерных изысканий, выполняемых ИИ, до 40 %, что приведет к росту качества и оперативности принятия решений. В целом совокупное применение всех проектов позволит в 1,5 - 2 раза повысить отраслевую производительность труда, приведет к сокращению уровня потерь в электросетях до 7,3 % [6-8]. Преодоление глобальных вызовов в сетевом хозяйстве опирается на совершенствование интеллектуальной системы оперативно-диспетчерского и оперативно-технологического управления, внедрение сквозных технологий в процессы производства, передачи и потребления электроэнергии: использование предиктивной аналитики и больших данных при мониторинге и самодиагностике первичного и вторичного оборудования подстанций, приборов учета электроэнергии; применение иммерсивных технологий при проведении технического обслуживания и ремонта оборудования, в работе диспетчеров и производственного персонала; роботизированные комплексы для проведения осмотров оборудования подстанций и линий электропередачи; интеллектуальный анализ данных и методы их визуального представления с применением решений ИИ; рекомендательные системы и экспертные системы; распознавание и синтез речи; технологии распреде-

ленного реестра для обеспечения безопасного информационного обмена и хранения данных; технологии ЦД и системы моделирования для строительства, эксплуатации и ремонта энергетических объектов; промышленный интернет вещей и межмашинные коммуникации, в том числе трекингные устройства, датчики и сенсоры; квантовые технологии.

Машинное зрение выступает базовой технологией для электроэнергетики, так как в отрасли крайне высока цена ошибки. По оценкам отраслевых аналитиков, объем российского рынка машинного зрения в 2024 г. достиг 38 млрд рублей. Сокращение незапланированных простоев оборудования на основе использования машинного зрения достигает 30%, оптимизируются сроки плановых ремонтов за счет перехода от календарного обслуживания к обслуживанию по состоянию. ЦД как интегрированная модель производства, используется для оптимизации режимов работы энергосистемы, предупреждения аварий и обучения персонала, формируя единое цифровое пространство технологических данных (рисунок 3). Применение инструментов ИИ в энергетике способно до 20% сократить аварийность оборудования.

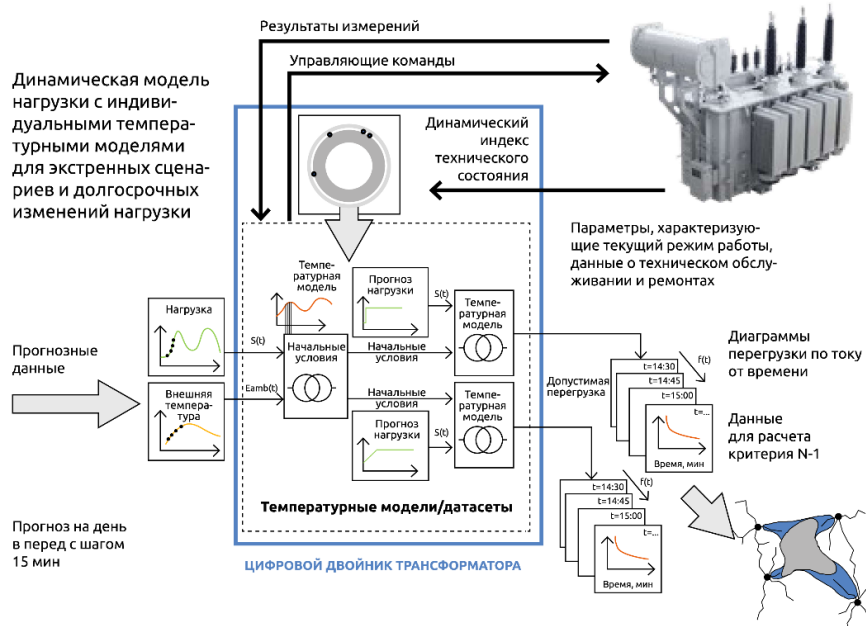


Рисунок 3 – Цифровой двойник трансформатора [1]

Применение инструментов ИИ в электроэнергетике охватывает широкий спектр задач: прогнозирование (методы машинного обучения, такие, как рекуррентные нейронные сети типа LSTM, градиентный бустинг и ансамблевые модели показывают высокую точность, одновременно учитывая метеорологические данные, время суток и др.), обнаружение и диагностика неисправностей на основе методов глубокого машинного обучения и анализа временных рядов данных телеметрии, показаний датчиков вибрации, температуры и других параметров (предиктивное техническое обслуживание), оптимизация режимов работы электросети (оптимальное распределение энергопотоков, минимизация потерь при передаче электроэнергии и др.), вопросы кибербезопасности сетевого хозяйства. По оценкам экспертов, в электроэнергетике РФ нейросети используются для прогнозирования нагрузки (25%), оценки динамической устойчивости (14%), контроля и идентификации (9%), диагностики аварий (18%), планирования (7%), оценки надежности (17%), предупреждения аварий (10%). Будущая цифровая энергетика благодаря инвестициям и цифровым инновациям станет устойчивой и эффективной энергосистемой, обеспечивающей рост энергоэффективности АПК и других отраслей России.

Выводы. Россия в мировой энергетической системе выполняет роль крупнейшего производителя, потребителя и поставщика энергетических ресурсов. Отмечается высокая энергоемкость отечественной продукции, негативно влияющая на ее конкурентоспособность, снижающая уровень энергетической и экологической безопасности, препятствующая наращиванию технологического лидерства. Исследование состояния энергосистемы Брянской области показало, что в потреблении ТЭР в регионе выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%). Энергоемкость ВРП Брянской области превышает энергоемкость ВВП страны почти на 4%, электроемкость - почти на 8%. Выявлено, что одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные комплексы. В структуре затрат на производство овощей защищенного грунта доля электроэнергии составляет более 30%. Показано, что внедрение в АПК энер-

гоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для роста инвестиционной привлекательности региона. Обосновано положение, что решение задачи повышения энергоэффективности аграрного сектора связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии, развитием инновационной энергетики на основе сквозных технологий.

Список источников

1. Альманах ассоциации «Цифровая энергетика». [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2024/10/Альманах_web.pdf (дата обращения: 05.02.2026).
2. Стребков Д.С., Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоемкости сельхозпроизводства, их прогноз на период до 2030 года // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 4 (32). С. 4-12
3. Энергоэффективность в России в 2024 году: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://marketelectro.ru/energoeffektivnost-v-rossii-v-2024-godu-problemy-i-perspektivy> (дата обращения: 05.02.2026).
4. Распоряжение Правительства Брянской области от 27.12.2024 № 438-рп "Об утверждении региональной программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Брянской области" [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/> (дата обращения: 05.02.2026).
5. Филин Ю.И., Никитин А.М. Параметрическая оценка надёжности асинхронных электродвигателей по данным эксплуатационного мониторинга // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 76-79.
6. Погonyшев В.А., Погonyшева Д.А. Вопросы использования цифровых двойников в электро-энергетике // Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологий: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2025. С. 242-246.
7. Моравель В.И., Борисов В.А. Возможности использования цифровых двойников в задачах электроэнергетики // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 6. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98404> (дата обращения: 5.02.2026).
8. 25 лет под напряжением [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://expert.ru/promishlennost/gigavatty-budushchego/> (дата обращения: 05.02.2026).

Информация об авторах:

В.А. Погonyшев – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, pog@bgsha.com.

Д.А. Погonyшева – доктор педагогических наук, кандидат экономических наук, профессор кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Ю.И. Филин – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.A. Pogonyshchev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, pog@bgsha.com.

D.A. Pogonyshcheva – Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Informatics, Information Systems and Technologies, Bryansk State Agrarian University.

Yu.I. Filin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.05.2026, одобрена после рецензирования 24.05.2026, принята к публикации 10.06.2026.

The article was submitted 10.05.2026, approved after reviewing 24.05.2026, accepted for publication 10.06.2026.

© Погonyшев В.А., Филин Ю.И., Погonyшева Д.А.