

УДК 621.311

И.Н. Малиновская, В.И. Галигузов, Е.Ю. Киришман

Юго-Западный государственный университет, Курск, email: M.Inna19@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ В УСЛОВИЯХ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ключевые слова: электроэнергетика, потребление электроэнергии, генерация электроэнергии, дефицит электроэнергии, модернизация электросетей, Единая энергетическая система.

В статье рассматриваются проблемы и перспективы развития электроэнергетики России в условиях роста потребления электроэнергии. Эффективная электроэнергетика является одним из ключевых факторов, обеспечивающих поддержку и стимулирование экономического роста. Понимание текущих и будущих тенденций в потреблении электроэнергии позволяет оценить, насколько эффективно энергетическая система страны может справляться с растущими потребностями. В связи с этим, в статье приведен обзор структуры общей выработки электроэнергии, изучена динамика соотношения выработки и потребления электроэнергии, а также изменения установленной мощности электростанций России. Рассмотрены основные проблемы и вызовы отечественной электроэнергетики и перспективные направления ее развития.

I.N. Malinovskaya, V.I. Galiguzov, E.Y. Kirshenman

Southwest State University, Kursk, email: M.Inna19@yandex.ru

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ENERGY COMPLEX IN THE CONTEXT OF INCREASING ELECTRICITY CONSUMPTION

Keywords: electric power industry, electricity consumption, electricity generation, electricity shortage, modernization of power grids, Unified energy system.

The article discusses the problems and prospects of the development of the Russian electric power industry in the context of increasing electricity consumption. An efficient electric power industry is one of the key factors supporting and stimulating economic growth. Understanding current and future trends in electricity consumption makes it possible to assess how effectively the country's energy system can cope with growing demands. In this regard, the article provides an overview of the structure of total electricity generation, examines the dynamics of the ratio of electricity generation and consumption, as well as changes in the installed capacity of Russian power plants. The main problems and challenges of the domestic electric power industry and promising areas of its development are considered.

В последние годы в мировой энергетике наблюдаются рекордные значения потребления электроэнергии относительно допандемийных показателей, что говорит о расширении мирового промышленного производства. Однако произошедшие изменения в мировой структуре потребления крайне неоднородны. Китай бьет рекорды в потреблении электроэнергии, сжигает огромное количество ископаемого топлива, увеличивая собственную выработку электроэнергии и развивая промышленное производство продукции различного назначения. Энергопотребление в странах Европы, которые пошли по сомнительному пути зеленой энергетике, в результате произошедших геополитических событий отказались от дешевых энергоресурс-

сов из России в пользу дорогостоящего импорта из США, поставив под удар собственные предприятия, и тем самым практически полностью уничтожили свой промышленный потенциал. В свою очередь, не смотря на возрастающее санкционное давление, политическая воля России остается несгибаемой, и продолжает свой путь развития. В условиях сложившихся за несколько десятилетий зависимости экономики России от экспорта сырьевых ресурсов, переход промышленности к производству продукции с высокой добавочной стоимостью сопряжен с необходимостью глубокого стратегического планирования во всех сферах экономической деятельности и, в первую очередь, в энергетике. Именно стабильное и бесперебойное

обеспечение электроэнергией в необходимом количестве промышленных предприятий и домашних хозяйств является залогом экономического роста и экономической безопасности страны. В связи с этим, особую актуальность приобретает исследование потребления и выработки электроэнергии, а также структуры генерирующих мощностей. Поэтому, обращение к проблемам и перспективам электроэнергетики России, в условиях растущего потребления электроэнергии, является важным аспектом стратегического планирования развития народного хозяйства, способным обеспечить энергетическую независимость государства и стать основой для устойчивой и конкурентоспособной экономики.

Цель исследования

Цель исследования состоит в активной оценке проблем и перспектив развития энергетического комплекса России в условиях роста потребления электроэнергии.

Методы исследования

Исследование основано на общенаучных методах сравнительного и логического анализа, функциональном и системном подходах, а также статистических, графических и экономических методах.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях динамичного развития отечественной экономики, вопреки санкционному давлению, электроэнергетика приобретает статус важнейшей инфраструктурной отрасли народного хозяйства. Именно по этой причине сегодня перед системой государственного управления стоит задача по формированию и развитию в стране энергетической системы, которая выступит не только энергоресурсной базой для текущей стадии развития экономики, обеспечивая при этом весь объем производственных процессов, но и драйвером для дальнейшего экономического роста и повышения устойчивости страны [1].

В свою очередь энергетический сектор России имеет ряд специфических черт, сложившихся в результате влияния многих факторов, к которым в первую очередь относятся природно-географи-

ческое положение страны и историко-культурные особенности становления и развития промышленности. Россия обладает огромными запасами угля, нефти, газа, урана, а также гидроэнергетическими ресурсами, что позволяет развивать различные виды энергии: тепло-, гидро- и атомную энергетику. Такие реки как Волга, Енисей и Амур создают возможности для строительства гидроэлектростанций, что особенно актуально для развития таких регионов, как Сибирь и Дальний Восток, однако эти гидроэлектростанции расположены далеко от крупных потребителей энергии, что в свою очередь приводит к высоким затратам на передачу энергии. Неравномерность расселения населения и распределение природных ресурсов, как следствие, концентрации производств в определенных районах, в сочетании с фактором высокой географической протяженности страны, обуславливается необходимостью создания сложной и дорогостоящей сети электропередач, что требует значительных инвестиций и стратегического подхода к проектированию и эксплуатации энергетической инфраструктуры, износ которой по оценкам экспертов составляет порядка 50% [5].

Переходя к конкретным количественным показателям, характеризующим энергосистему России, следует обратить внимание на мировые показатели выработки электроэнергии. По данным независимой коммерческой организации World Population Review, занимающейся сбором, анализом и предоставлением актуальных демографических данных по странам мира, в том числе на основе данных, публикуемых Организацией Объединенных Наций и ее специализированными подразделениями, на долю России ежегодно приходится около 4% мирового производства электроэнергии, что поднимает ее на 4 место в мировом рейтинге стран по производству электроэнергии, опережая при этом такую промышленно развитую страну, как Япония. При этом на первые 3 места рейтинга приходится суммарно более половины всей электроэнергии, вырабатываемой на планете: Индия (более 6%), Соединенный Штаты Америки (15%) и Китай (более 31%). Вме-

сте с тем издание дает характеристику российской системе электроэнергетики. World Population Review констатирует факт, что большая часть электроэнергии производится за счет ископаемых видов топлива, таких как нефть, природный газ и уголь, однако вместе с тем отмечает использование возобновляемых источников энергии: в большей степени это гидроэлектростанции на крупных реках и в меньшей – геотермальные, ветряные и солнечные электростанции. Отдельное внимание уделяется самодостаточности российской электроэнергетики: при широком использовании электроэнергии для обеспечения потребностей промышленности, предприятий и домашних хозяйств, Россия не прибегает к импорту электроэнергии, используя исключительно собственные ресурсы [6].

В целях дальнейшего исследования структуры производства электроэнергии в России необходимо обратиться к официальным данным, публикуемым системным оператором Единой энергетической системы России. На ежегодном брифинге акционерного общества «Системный оператор Единой энергетической системы» для федеральных средств массовой информации и журналистов, проводимом по итогам финансового года, Председателем Правления Федором Опадчим был сделан ряд заявлений, относительно выработки электроэнергии в ЕЭС России в 2024 году. Так, основная нагрузка по обеспечению спроса на электроэнергию в 2024 году в очередной раз легла на плечи тепловых электростанций, о чем говорит структура общей выработки электроэнергии по типам электростанций в ЕЭС России в 2024 году (рис. 1) [7].

Выработка электроэнергии в РФ в 2024 году выросла на 2,9%, до 1,18 трлн кВт·ч. Электростанции ЕЭС России в 2024 году выработали 1 180,6 млрд кВт·ч, что на 2,9% больше фактической выработки 2023 года. В свою очередь, на долю тепловых электростанций в 2024 году приходится 57,3% общей выработки электроэнергии. Также следует отметить, что выработка ТЭС по сравнению с 2023 годом увеличилась на 3,6%. Второе место по объему выработанной электроэнергии заняли атомные электростанции, самый устойчивый

и прогнозируемый вид энергетики – их доля составила 18,2%. Менее чем с процентным отставанием следуют гидроэнергетические электростанции – 17,3%. Выработка ГЭС на 4,9% больше показателя 2023 года. В свою очередь электростанциями промышленных предприятий произведено 6,1% от общей выработки электроэнергии. На долю же таких слабо распространенных в России возобновляемых источников электроэнергии как ветряные и солнечные электростанции, в суммарном значении, приходится около 1% выработки. Однако следует принять во внимание тот факт, что выработка ВЭС в 2024 году увеличилась более чем на четверть (27,3%), а СЭС – на 9,6%, по сравнению с показателем 2023 года. Существующая в настоящий момент структура выработки электроэнергии позволяет России обеспечивать энергетическую безопасность страны и справляться с растущими потребностями в электроэнергии промышленности, предприятий и домашних хозяйств.

На протяжении последних лет наблюдается постоянный рост потребления электроэнергии в Единой энергетической системе практически по всей стране. В данном контексте особое внимание следует уделить такому важному аспекту как соотношение выработки и потребления электроэнергии, который отражает существующий в энергетической системе баланс. Соотношение данных показателей является критически важным для обеспечения надежности и устойчивости функционирования энергетической системы России. Фиксация увеличения потребления электроэнергии является сигналом для энергетических компаний к осуществлению постоянного мониторинга показателей и адаптации собственных производственных мощностей к новым требованиям, поскольку в условиях нарастающего потребления существенно возрастает риск перегрузки и, как следствие, отключение электроэнергии. В рамках исследования данного вопроса необходимо обратиться к статистическим данным выработки и потребления электроэнергии, содержащихся в отчетах Системного оператора о функционировании Единой энергетической системы России за период с 2020 по 2024 годы (рис. 2) [7, 8].



Рис. 1. Структура общей выработки электроэнергии по типам электростанций в ЕЭС России в 2024 г. (в %)

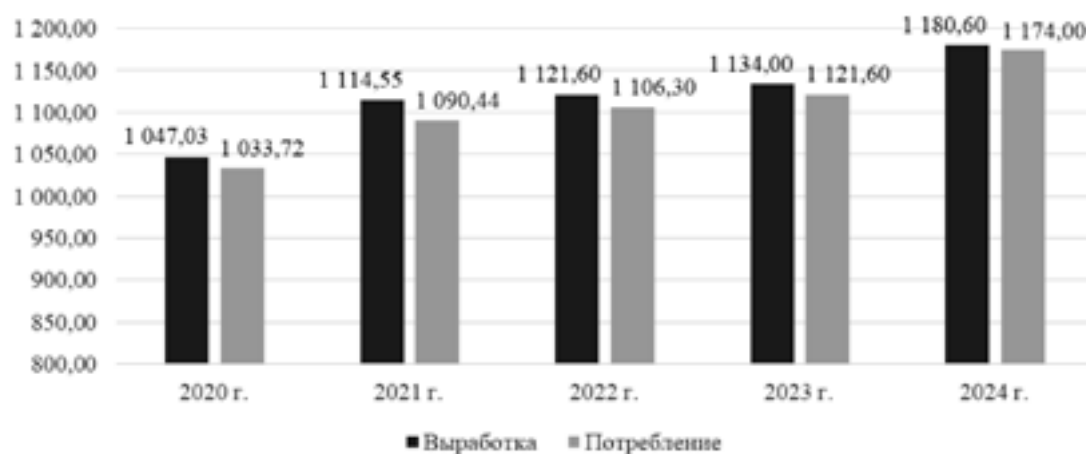


Рис. 2. Динамика соотношения выработки и потребления электроэнергии в ЕЭС России за период 2020-2024 гг. (в млрд кВт·ч)



Рис. 3. Динамика изменения установленной мощности электростанций в ЕЭС России за период 2020-2024 гг. (в МВт)

Исходя из приведенной динамики видно, что как выработка, так и потребление электроэнергии имеют устойчивую тенденцию к росту на протяжении всего периода 2020-2024 годов, что, в свою очередь, свидетельствует о растущем спросе на электроэнергию в стране. В базовом 2020 году выработка электроэнергии составила 1 047,03 млрд кВт·ч при общем уровне потребления 1 033,72 млрд кВт·ч, при этом объем нераспределенной электроэнергии составил 13,31 млрд кВт·ч, что равно примерно 1,27% от общей выработки. В следующем 2021 году потребление электроэнергии возросло на 5,59% и составило 1 090,44 млрд кВт·ч, а выработка – 1 114,55 млрд кВт·ч, что на 6,45% больше значения предыдущего года, доля нераспределенной электроэнергии составила 2,16%. 2022 год характеризовался не таким значительным, но все-таки ростом потребления и, как следствие, увеличением выработки электроэнергии: выработка возросла до 1 121,6 млрд кВт·ч (на 0,63%), потребление – до 1 106,30 млрд кВт·ч (на 1,45%), не распределено было, в свою очередь, около 1,36% (15,3 млрд кВт·ч) от выработанной электроэнергии. В 2023 году производство электроэнергии возросло на 1,11% по сравнению с предыдущим периодом 2022 года и составило 1 134 млрд кВт·ч, а потребление – на 1,38% и достигло значения 1 121,6 млрд кВт·ч, доля нераспределенной электроэнергии сократилась при этом до 1,09%. По итогам 2024 года вновь были зафиксированы рекордные значения выработки и потребления электроэнергии: потребление достигло 1 174 млрд кВт·ч (рост на 4,67% по сравнению со значением периода 2023 года) при общей выработке 1 180,6 млрд кВт·ч (рост на 4,11%). Объемы нераспределенной энергии от общей выработки при этом достигли рекордно низких показателей и составили 0,56%. Таким образом, за 5 лет производство электроэнергии в Единой энергетической системе России возросло на 12,76%, а потребление – на 13,57% [10].

Эксперты объясняют устойчивую тенденцию увеличения потребления

электроэнергии с открытием новых крупнопромышленных производств. Так за последние годы были введены в эксплуатацию новые крупные промышленные потребители электроэнергии: Тайшетская анодная фабрика и алюминиевый завод, 12-я коксовая батарея «Магнитогорского металлургического завода», новый цех бесшовных труб на Выксунском металлургическом заводе «Объединённой металлургической компании». Вместе с тем, к росту потребления приводит строительство жилья, увеличение объема перевозок ОАО «РЖД», а также развитие майнинга цифровых валют. Так, председателем правления АО «Системный оператор ЕЭС» Федором Опадчим отмечается, что неконтролируемый рост нагрузки на энергетическую систему, вызванный майнингом криптовалют, а особенно незарегистрированным, в отдельных частях энергосистемы не представляется возможным обеспечить за счет традиционных способов развития, что в свою очередь должно повлечь за собой принятие соответствующих регулирующих мер [9,11].

Немаловажным фактом, объясняющим рост потребления электроэнергии, является СВО. Российский оборонно-промышленный комплекс вынужден работать круглосуточно. Оборонная промышленность включает в себя широкий спектр предприятий, занимающихся разработкой, производством и обслуживанием вооружения и военной техники, и электроэнергия здесь играет важную роль, поскольку производственные мощности ОПК требуют значительного объема электроэнергии для работы станков, автоматизированных линий и другого оборудования.

Сложившаяся на рынке электроэнергии ситуация показывает, что не смотря на беспрецедентный объем санкций, введенных странами «Коллективного запада», российская электроэнергетика продолжает функционировать и обеспечивать экономическое развитие страны, однако уже сейчас вырисовываются контуры будущих проблем, нависающих перед отечественной электроэнергетикой, из которых наибольший риск представляет дефицит электроэнергии в определенных районах.

Перспективы развития Единой энергетической системы России

Говоря о перспективах развития отечественной энергетической системы, следует отметить, что необходимость ежегодного увеличения выработки электроэнергии требует от энергетических компаний не только наращивания мощности существующих электростанций, но и строительство новых объектов, а также оптимизации процессов, внедрения передовых технологий и диверсификации источников энергии. Системным оператором Единой энергетической системы России были опубликованы следующие сведения об изменении установленной мощности электростанций, входящих в состав ЕЭС России за период с 2020 по 2024 годы (рис. 3) [7, 8].

Взглянув на кривую изменения установленной мощности электростанций энергосистемы России за последние 5 лет, можно увидеть плавный рост установленных мощностей с 2020 по 2023 годы и резкий скачок вверх в 2024 году. С 2020 по 2021 год мощность увеличилась с 245 313,25 МВт до 246 590,90 МВт (на 0,52%), в 2022 году значение показателя возросло еще на 0,41% и составило 247 601,8 МВт, а в 2023 году рост составил и вовсе 0,23%, таким образом, на протяжении 4 лет ежегодный прирост установленной мощности электростанций в России сокращался, колеблясь от четверти до половины процента. Однако в 2024 общая установленная мощность электростанций ЕЭС России существенно возросла на 6,27% (15 552,17 МВт). Таким образом, по состоянию на 1 января 2025 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 263 717,05 МВт, что в сумме с мощностью технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем Камчатского края, Чукотского автономного округа, Магаданской и Сахалинской областей, а также Норильско-Таймырской энергосистемы в Красноярском крае определяет значение установленной мощности электростанций России в 269 892,50 МВт [3, 4].

Системным оператором отмечается введение в эксплуатацию в 2024 году новых генерирующих мощностей на 1743,48 МВт, из которых в ЕЭС России – на 1693,48 МВт, в ТИ-

ТЭС – на 50 МВт. Также, изменение показателей установленных мощностей было связано с проведением перемаркировки генерирующего оборудования, в результате которой увеличение составило 287,24 МВт, а сокращение – 10,8 МВт. Вместе с тем было выведено из эксплуатации устаревшее и неэффективное генерирующее оборудование на 1351,53 МВт. Также, в качестве одного из значимых достижений следует рассмотреть полноценную отработку полного комплекса механизмов обновленной системы планирования и перспективного планирования развития электроэнергетики, разработка которой осуществляется Системным оператором с начала 2023 года [7, 12].

Несмотря на достаточное количество резервных мощностей, необходимость прогнозирования изменений в энергосистеме является важнейшей составляющей ее развития. Ввиду большой протяженности и сложности отечественной энергетической системы, связанные с конфигурацией сетей и неравномерностью распределения мощности, несмотря на, казалось бы, общий избыток мощности в системе, в отдельных районах, таких как Юго-Восток и Сибирь, уже наблюдается дефицит. Потребление этих регионов развивается существенно быстрее, чем центральных. Поэтому в ближайшее десятилетие российской энергетике помимо импортозамещения оборудования и интеграции в оптовый рынок энергетических систем Дальнего Востока предстоит решить непростую задачу по недопущению намечающегося энергодефицита в Сибири и на Юго-Востоке.

В соответствии со схемой и программой развития электроэнергетических систем России на 2025-2030 годы в 2025 году ожидается ввод в эксплуатацию 3 972,5 МВт генерирующих мощностей, из которых 1 555,2 МВт отводится ветряным и солнечным электростанциям. В число основных планируемых к вводу объектов вошли Курская АЭС-2 (1 200 МВт), а также Ольховская (307,8 МВт) и Красноармейская (189,9 МВт) ветряные электростанции. В свою очередь, по прогнозам долгосрочного спроса в 2025-2030 годах темп прироста потребления электрической

энергии ожидается в районе отметки 2,1%, а в 2031-2042 года – 1,3%. Согласно данному прогнозу, ежегодное потребление электроэнергии к 2042 году возрастет до 1450 млрд кВт·ч [7].

Исходя из прогнозируемых значений потребления электроэнергии и обусловленных ими вызовах, несущих угрозу для отечественной энергетической системы, ЕЭС России была разработана Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 года, которая призвана стать ключевым документом новой системы планирования энергетического хозяйства. Данный документ закрепляет в себе основные приоритетные направления государственной политики в сфере энергетики и является ключевой составляющей в реализации Энергетической стратегии России до 2050 года, которая в настоящий момент проходит согласование в Правительстве Российской Федерации. Немаловажным является факт того, что ГСРОЭ была разработана в соответствии с принятой стратегией низкоуглеродного развития [2].

Генеральная схема ориентирована на учет показателей экономической эффективности проектов на всех стадиях его жизненного цикла, а также принимает во внимание технологические решения и особенности территориального размещения крупномасштабных энергообъектов при формировании наиболее рациональной структуры генерирующих мощностей, что позволит наиболее точно прогнозировать предстоящие потребности в энергетическом оборудовании и определять объемы затрат на будущие периоды. Вместе с тем в Генеральной схеме особое внимание уделено сбалансированному развитию всех типов выработки электроэнергии, в том числе, основанных на возобновляемых источниках энергии, и связанным с ними технологическими особенностями производства электроэнергии электростанциями различных типов при обеспечении надежной и бесперебойной работы энергосистемы и сокращении до минимума совокупных затрат.

Говоря о перспективах развития энергетической системы России, следует привести значения плановых показателей увеличения установленной мощности электростанций. К 2042 году

общая установленная мощность электростанций России возрастет на 18% и составит около 299,3 ГВт, что, в свою очередь, должно покрыть прогнозируемый рост потребления электроэнергии и не допустить нависшего над энергетической системой дефицита энергоресурсов. Генеральная схема при этом должна обеспечить рациональное размещение новых генерирующих мощностей относительно потенциальных центров потребления электрической энергии и мощности. В структуре генерирующих мощностей, планируемых к введению, из 88,5 ГВт не возобновляемым источникам энергии отводится 72,5%: к вводу запланировано 35,4 ГВт генерации тепловых электростанций и 28,8 ГВт атомной генерации. При этом планируется к введению 7,8 ГВт генерации гидроэлектростанциями за счет освоения потенциала рек Сибири и Дальнего востока и 16,6 ГВт генерации ветряными и солнечными электростанциями. Следует отметить, что в рамках обращения к источникам возобновляемой энергии запланирован ряд отдельных проектов по строительству и введению в эксплуатацию гидроаккумулирующих электростанций. Данное решение обусловлено необходимостью балансирования энергосистемы, поскольку ГАЭС обеспечивают выравнивание режима работы энергосистемы, компенсируя перебои в поставках электроэнергии, возможные при увеличении доли генерации ветряными и солнечными электростанциями, выработка электроэнергии которыми подвержена сильной зависимости от погодных условий.

Таким образом, к 2042 году предполагаются серьезные изменения в структуре установленной мощности энергосистемы России. Общая доля установленной мощности СЭС и ВЭС возрастет до 7,3%, АЭС – до 15,7% (доля АЭС в общей выработке электроэнергии при этом увеличится до 24%). Однако доля ТЭС в общей установленной мощности останется преобладающей и к 2042 году составит 56,6% от общей генерации [7].

Выводы

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению потребления электроэнергии, что связано

с развитием промышленности, развертыванием оборонно-промышленного комплекса, строительством нового жилья, майнингом криптовалюты и увеличением числа бытовых электроприборов. Увеличение генерации электроэнергии связано с необходимостью удовлетворения растущего спроса, диверсификацией источников энергии и модернизацией существующих мощностей. В энергетической системе России активно развиваются как традиционные, так и возобновляемые источники энергии, что способствует укреплению энергетической безопасности и снижению зависимости от импорта. Кроме того, инвестиции в передовые технологии и инфраструктуру, открывают новые горизонты для устойчивого роста объемов выработки электроэнергии. На первый взгляд, уста-

новленная мощность электростанций России может показаться избыточной, однако детальная оценка, учитывающая экономические и географические особенности отечественной энергосистемы, указывает на назревающую проблему дефицита электроэнергии в отдельных районах. Поэтому Системным оператором Единой энергетической системы России принят ряд мер стратегического планирования, направленных на недопущение энергетического коллапса, который способен поставить под сомнение экономическое развитие некоторых районов РФ.

Таким образом, перспективы развития электроэнергетики России, в условиях текущей конъюнктуры рынка электроэнергии, с осторожностью можно оценить как умеренно оптимистичные.

Библиографический список

1. Катыхин А.И., Нехороших И.Н. Разработка метода управления спросом на электроэнергию // Естественные и технические науки. 2019. № 4 (130). С. 190-193.
2. Катыхин А.И., Нехороших И.Н. Модель участия потребителей розничного рынка в управлении спросом на электроэнергию // Естественные и технические науки. 2019. № 5 (131). С. 237-239.
3. Пучков Н.М., Нехороших И.Н. Оптимизация потерь электрической энергии в распределительных комплексах // В сборнике: Будущее науки – 2021: сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции: в 6 т. Курск, 2021. С. 135-138.
4. Пучков Н.М., Нехороших И.Н. Причины и способы сокращения электроэнергетических потерь в распределительных сетях // В сборнике: Будущее науки -2021: сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции: в 6 т. Курск, 2021. С. 139-142.
5. Московский комсомолец. Оценен износ российской энергосистемы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mk.ru/social/2024/09/16/oceneni-iznos-rossiyskoy-energosisistemy.html/> (дата обращения 3.02.2025).
6. World Population Review. Electricity Production by Country 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/electricity-production-by-country/> (дата обращения 3.02.2025).
7. Системный оператор Единой энергетической системы. Пресс-релизы. Федор Опадчий: Энергопотребление в России в 2024 году увеличилось на 3,1%. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/26552/> (дата обращения 3.02.2025).
8. Системный оператор Единой энергетической системы. Деятельность. Раскрытие информации субъектам рынка. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc2024/> (дата обращения 3.02.2025).
9. Системный оператор Единой энергетической системы. СМИ и СО. Мы уже вынуждены ограничивать выработку ВИЭ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/news/press/press-view/news/22187/> (дата обращения 3.02.2025).
10. Интернет-портал СНГ. Крупнейшие промышленные объекты России, введенные в строй в 2024 году. Обрабатывающие производства. [Электронный ресурс]. URL: <https://e-cis.info/news/567/124151/> (дата обращения 3.02.2025).
11. Системный оператор Единой энергетической системы. Пресс-релизы. Федор Опадчий: Дальнейший неконтролируемый рост связанной с майнингом нагрузки в отдельных частях ЕЭС невозможно обеспечить традиционными способами развития энергосистемы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/24642/> (дата обращения 3.02.2025).
12. Системный оператор Единой энергетической системы. Деятельность. Электроэнергетические системы России. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ups/ups2025/> (дата обращения 3.02.2025).