



оригинальная статья

<https://elibrary.ru/pmqkrl>

История форм и методов цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.)

Соловенко Игорь Сергеевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, Томск

eLibrary Author SPIN: 2555-8652

<https://orcid.org/0000-0003-4771-2235>

Scopus Author ID: 56497115200

solovenko71@mail.ru

Пинжин Кирилл Александрович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, Томск

eLibrary Author SPIN: 1403-0673

<https://orcid.org/0009-0006-6604-2977>

Жолбин Андрей Павлович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, Томск

eLibrary Author SPIN: 5727-1490

<https://orcid.org/0009-0008-3386-2949>

Рожков Анатолий Алексеевич

Российское энергетическое агентство Министерства энергетики Российской Федерации, Россия, Москва

eLibrary Author SPIN: 8890-5820

<https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>

Scopus Author ID: 7006655899

Аннотация: Рубеж XX–XXI вв. в истории России является малоизученным. Наиболее актуальна эта проблема для исследований, имеющих научно-технический и технологический характер. Новизна темы определяется междисциплинарным подходом в изучении цифровизации одного из самых инертных сегментов отечественной экономики. Цель – определить особенности развития форм и методов цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса в контексте инновационной политики России рубежа XX–XXI вв. Методологической основой осмысления темы стала теория модернизации. На основе сравнительного анализа она позволяет выявить особенности формирования экономической и научно-технической модели развития, в том числе в отдельных сегментах и отраслях. В статье показаны причины и факторы, определившие динамику автоматизации, информатизации и компьютеризации предприятий топливно-энергетического комплекса, в том числе и в межотраслевом разрезе. Выделены место и роль государства и бизнеса в этом процессе. Сделан вывод, что более интенсивно цифровизация реализовывалась в таких формах, как информатизация и компьютеризация. В межотраслевом разрезе научно-технологическое лидерство перешло от газовой промышленности к нефтяной. Угледобыча и энергетика динамично сокращали отставание от них, но к 2010 г. так и не достигли технологического паритета. Если в 1990-е – начале 2000-х гг. на предприятиях топливно-энергетического комплекса преобладали экстенсивные методы внедрения цифровых решений, то в конце рассматриваемого периода – интенсивные. В целом в течение 20 лет данные предприятия прошли путь от отдельных фактов автоматизации, информатизации и компьютеризации к началу комплексной цифровой трансформации. Она стала катализатором создания инновационных продуктов в смежных видах товаров и отраслях производства. Заметно укрепилась энергетическая безопасность России, однако в части ее цифрового обеспечения усиливала свое влияние технико-технологическая зависимость от зарубежных программно-аппаратных комплексов и оборудования.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, инновации, формы цифровизации, методы цифровизации, Российская Федерация

Цитирование: Соловенко И. С., Рожков А. А., Пинжин К. А., Жолбин А. П. История форм и методов цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.). *СибСкрипт*. 2024. Т. 26. № 6. С. 978–989. <https://doi.org/10.21603/sibscript-2024-26-6-978-989>

Поступила в редакцию 08.08.2024. Принята после рецензирования 04.09.2024. Принята в печать 09.09.2024.

full article

Forms and Methods of Digitalization in Russia's Fuel and Energy Sector between XX and XXI Centuries

Igor S. Solovenko

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

eLibrary Author SPIN: 2555-8652

<https://orcid.org/0000-0003-4771-2235>

Scopus Author ID: 56497115200

solovenko71@mail.ru

Anatoly A. Rozhkov

Russian Energy Agency by the Ministry of Energy of the Russian Federation, Russia, Moscow

eLibrary Author SPIN: 8890-5820

<https://orcid.org/0000-0002-4541-0922>

Scopus Author ID: 7006655899

Kirill A. Pinzhin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

eLibrary Author SPIN: 1403-0673

<https://orcid.org/0009-0006-6604-2977>

Andrey P. Zholbin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

eLibrary Author SPIN: 5727-1490

<https://orcid.org/0009-0008-3386-2949>

Abstract: The article offers an interdisciplinary approach to the study of digitalization in the sphere of fossil fuel business between XX and XXI centuries. This economic sector has always resisted changes, which makes the research relevant both scientifically and technologically. The authors applied the theory of modernization to analyze the key forms and methods of digitalization as part of the innovative movement in the Russian economy that took place in the early 2000s. The comparative analysis made it possible to identify the patterns behind the economic, scientific, and technical development model, including individual segments and industries. The research revealed the causes and factors that guided the processes of automation, informatization, and computerization in the domestic fuel and energy complex, also in the intersectoral context. The analysis made it possible to describe the role of the state and the business in this process. The digitalization was more active in informatization and computerization. As the scientific and technological leadership passed on from the gas industry to the oil industry, the coal mining failed to achieve technological parity by 2010. The extensive methods of implementing digital solutions, which prevailed in the 1990s and early 2000s, gave way to intensive ones. It took fuel and energy enterprises 20 years to shift from occasional automation, informatization, and computerization to a comprehensive digital transformation. The latter resulted in innovative products in other industries. As Russia's energy security strengthened, the digital support grew more and more dependent on foreign software and hardware.

Keywords: fuel and energy complex, innovations, forms of digitalization, methods of digitalization, Russian Federation

Citation: Solovenko I. S., Rozhkov A. A., Pinzhin K. A., Zholbin A. P. Forms and Methods of Digitalization in Russia's Fuel and Energy Sector between XX and XXI Centuries. *SibScript*, 2024, 26(6): 978–989. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/sibscript-2024-26-6-978-989>

Received 8 Aug 2024. Accepted after peer review 4 Sep 2024. Accepted for publication 9 Sep 2024.

Введение

Цифровизация стала одним из ключевых трендов модернизации отечественной экономики в рассматриваемое время. Наиболее заметно данный процесс осуществлялся на предприятиях топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Анализ форм и методов цифровизации позволяет не только расширить наше представление о путях успешного выхода нефтегазовой, угольной и энергетической отраслей из кризиса 1990-х гг., выявить степень

их вовлеченности в формирование нового экономического курса, но и выявить особенности организации инновационного типа российской экономики в начале 2000-х гг. Актуальность темы во многом обусловлена низким научным интересом к технологической тематике среди историков. Более того, даже среди ученых технических и экономических специальностей исследовательский интерес к данному вопросу достаточно четко обозначился

только с 2020 г. [Власюк и др. 2020; Лукичёв, Наговицын 2020; Хитрых 2021].

Цель – определить особенности развития форм и методов цифровизации предприятий ТЭК в контексте инновационной политики России рубежа XX–XXI вв. Задачи исследования: раскрыть особенности формирования инновационного типа российской экономики в начале 2000-х гг.; выявить причины и факторы, определившие динамику автоматизации, информатизации и компьютеризации предприятий ТЭК, в том числе в межотраслевом разрезе; определить и охарактеризовать этапы цифровизации; выделить место и роль государства и бизнеса в этом процессе. Объектом исследования является цифровизация как научно-техническая и инновационная политика предприятий ТЭК во время перехода к рыночным отношениям. Предмет исследования – формы и методы цифровизации, способствовавшие интенсификации производственно-управленческой деятельности предприятий ТЭК.

Методы и материалы

Теория модернизации стала основой научного мировоззрения авторов, т. к. ее использование позволяет выявить функциональные особенности формирования экономической и научно-технической модели развития как на макроуровне, так и в отдельных отраслях народного хозяйства [Побережников 2006]. Несмотря на «свежий» характер избранной темы, авторы привлекли значительный корпус источников, прежде всего документы федеральных и региональных архивохранилищ. Использование документальной базы федеральных архивов (Государственного архива Российской Федерации, Российского государственного архива экономики) позволило сформировать представление о процессах модернизации, инновационной деятельности, а также формах и методах цифровизации отечественной экономики. Благодаря неформальному методу интервью-беседы и сравнительно-историческому методу авторы определили место и роль предприятий ТЭК в процессе цифровизации на макроуровне и в межотраслевом разрезе. Малоизвестные страницы истории цифровизации раскрываются в содержании документов государственных архивохранилищ наиболее значимых для отечественного ТЭК регионов – Тюменской, Томской и Иркутской областей, а также Кемеровской области – Кузбасса. Использование документов

данных архивов, воспоминаний участников событий и историко-типологического метода позволило воспроизвести поэтапное выявление наиболее важных технико-технологических изменений в инновационной деятельности предприятий ТЭК страны, позволивших вступить им в фазу цифровой трансформации.

Результаты

Вопрос использовавшихся форм и методов цифровизации предприятий отечественного ТЭК, особенно в начале рассматриваемого периода, имеет тесную связь с послевоенным этапом развития данного сегмента народного хозяйства СССР. Во второй половине XX в. нефтяная, газовая, угольная и энергетическая промышленность нашей страны выделялись своей технической вооруженностью, объективно задавали высокий ритм научно-технологического развития смежным отраслям производства. К сильным сторонам научно-технического прогресса в отраслях ТЭК следует отнести автоматизацию (применение автономных экономических и технических средств управления) и информатизацию (повсеместное использование информационных технологий), которые в советское время имели высокие количественные и качественные показатели. Сформировавшийся в 1990-е гг. научно-популярный тренд на серьезное отставание нашей страны в этой сфере сегодня активно критикуется. Действительно, в советское время имелись некоторые проблемы в развитии информационных технологий, однако были и очевидные преимущества [Малашевич 2013]. Советские ученые интенсивно работали над перспективными проектами в данной области, что подтверждается сведениями современных экспертов отечественного ТЭК¹. Последнее десятилетие существования СССР стало временем дальнейшего распространения в нашей стране электронных вычислительных машин (ЭВМ) – компьютеров, т. е. укрепления технической базы информатизации. Компьютеризация стала одной из центральных форм цифровизации отечественной экономики уже в 1990-е гг.

Надо признать, что основные достижения в области информатизации и компьютеризации в конце 1980-х гг. носили военно-прикладной характер (цифровые вычислительные системы [Норенков 2005: 13], организация глобальной системы спутниковой навигации «ГЛОНАСС» [Земцов и др. 2021: 211] и др.). Отдельные наработки в военной сфере в дальнейшем активно

¹ Воспоминания В. М. Бабанина. Стенограмма беседы от 15.05.2024.

использовались в производственно-экономической деятельности предприятий ТЭК. Вместе с тем во всех отраслях ТЭК велась самостоятельная работа по совершенствованию форм и методов управления технологическими процессами, создавались базы данных и другие продукты в области информатизации и компьютеризации. Особенно это затронуло такую область, как оперативно-диспетчерское управление на основе применения ЭВМ. Положительные результаты внедрения программ ЭВМ и в других сферах деятельности предприятий ТЭК СССР подтверждаются сведениями архивных документов².

Таким образом, к началу анализируемого периода четко сформировались три основные формы цифровизации, которые сохраняют свою актуальность и в начале XXI в.: автоматизация (роботизация процессов как ее высшая форма), информатизация и компьютеризация. Практическим подтверждением реализации данных форм цифровизации являются сформировавшиеся уже в 1990-е гг. три отдела в структуре управления на предприятиях ТЭК: компьютерных и сетевых технологий, информационных технологий, автоматизированных систем управления³. Несмотря на тесное взаимодействие, они сохраняли определенную самостоятельность и уникальность в процессе своей эволюции.

В советское время данные формы цифровизации использовались на предприятиях ТЭК как экстенсивно (централизованно распространяясь по всему периметру), так и интенсивно (посредством внедрения новых достижений). При этом важно то, что на использование этих методов особо не влияли какие-либо критерии (география, размеры предприятия, отраслевая принадлежность), т. е. цифровизация происходила весьма равномерно и в большей степени зависела от актуальности тех или иных задач, которые ставило руководство коммунистической партии СССР перед хозяйствующими субъектами. Это позволяет утверждать о почти равных стартовых возможностях предприятий различных отраслей ТЭК – нефтяной, газовой, угольной и энергетической – в начале рыночных реформ.

В условиях экономической свободы ситуация в этом вопросе стала заметно меняться, в целом не в лучшую

сторону. Уменьшение объемов капиталовложений крайне негативно отразилось на темпах технического перевооружения российского ТЭК. Сокращение господдержки компенсировалось другими возможностями роста конкурентоспособности, в том числе и посредством усиления международного сотрудничества. Российские предприятия активно заимствовали зарубежный опыт производственно-управленческой деятельности. Ключевым трендом в их экономической политике стал курс на комплексную цифровизацию бизнес-процессов, который обеспечивал системную безопасность: производственную, инфраструктурную, экологическую, энергетическую и пр.

В наибольшей степени цифровые решения затронули нефтегазовый сектор, продукция которого была наиболее востребованной и конкурентоспособной на мировом рынке. Здесь раньше обозначился и интерес к инновациям в сравнении с другими отраслями ТЭК [Анисовец и др. 1996], в то время как степень вовлеченности угольной промышленности в инновационные процессы тогда была ограничена низкими технико-экономическими показателями, а энергетической – исторической ориентированностью на внутренний рынок. Однако энергетика заметно лучше выглядела в вопросе использования цифровых решений (особенно в области автоматизации⁴), нежели угольная отрасль, которая находилась на начальных этапах своего реформирования. Ситуацию несколько выравнивало проникновение зарубежных технологий в управленческую и производственную деятельность, что становилось неизбежным явлением в условиях открытого типа экономики.

Активное заимствование иностранных продуктов и технологий стало следствием многих деструктивных процессов в научно-технологическом комплексе постсоветской России, таких как экономический спад, существенное сокращение финансирования, ошибки реформирования, отставание от развитых стран мира в развитии перспективных научно-технологических направлений и т. д. На этом негативном фоне многие российские организации и учреждения, имевшие серьезный потенциал в сфере автоматизации, информатизации и компьютеризации, стали сокращать, а где-то и сворачивать свою деятельность.

² Пакет прикладных программ по автоматизации проектирования виброзащитных систем. 1986 г. *Государственный архив Иркутской области*. Ф. Р-3463. Оп. 1. Д. 365. Л. 1 и др.

³ Годовой отчет о производственно-хозяйственной деятельности общества «ТюменНИИгипрогаз». 2006 г. *Государственный архив Тюменской области (ГАТюМО)*. Ф. Р2373. Оп. 1. Д. 203. Л. 8.

⁴ Отчет о работе электростанции по основной деятельности за 1996 год. *Государственный архив Кузбасса*. Ф. Р-787. Оп. 1. Д. 807. Л. 22.

Задача максимального снижения импорта оборудования, поставленная Правительством РФ в начале 1990-х гг.⁵, в большей мере носила декларативный характер, что объективно способствовало ликвидации некоторых перспективных проектов. Например, в 1995 г. в России окончательно прекратилось создание Единой Системы ЭВМ, которая прорабатывалась с советских времен [Норенков 2005: 15]. Были приостановлены работы по производству суперкомпьютеров и процессоров «Эльбрус», долгое время не имевших аналогов в мире⁶, и т.д. Такая ситуация стала следствием отказа государства и бизнеса от поддержки многих перспективных проектов отечественных НИИ. Прикрываясь лозунгом «невидимой руки» рынка, они в реальности придерживались конъюнктурных соображений и реализовывали политику оптимизации расходов. В целом проблемы энергетической безопасности в начале либерального пути в основном решались за счет накопленных в советское время резервов.

Однако нельзя утверждать о полном отказе государства от каких-либо попыток научно-технологического прорыва. Со стороны Правительства РФ интерес к поддержке различных форм цифровизации ТЭК, безусловно, присутствовал в силу значительного экспортного потенциала данных отраслей, а также высокой степени энергоемкости народного хозяйства. Данные факторы во многом обуславливали энергетическую безопасность страны [Пляскина 2003], и без их учета был невозможен экономический суверенитет в динамично усложнявшейся международной обстановке. Серьезную обеспокоенность у экспертов вызывали угрозы внутреннего характера. По такому параметру, как энергетическая безопасность, некоторые регионы России в 1990-е гг. находились в «критической стадии кризиса» [Влияние энергетического фактора... 1998: 97, 106], а проблемы с обеспечением электроэнергией имели общегосударственный масштаб.

При этом среди основных индикаторов угроз для предприятий ТЭК в течение всего рассматриваемого времени выделялись информационные: низкое качество информации о состоянии объектов энергетики, недостаточный уровень автоматизации процессов принятия решений по управлению объектами и др. [Баитов и др. 2012: 21, 85].

В течение рассматриваемого времени на государственном уровне тогда было принято немало нормативно-правовых документов, способствовавших формированию как цифровых основ энергобезопасности⁷, так и в целом информационного общества в России⁸ [Золоева, Койбаев 2017]. С этой целью Правительством РФ все более активно привлекался научно-технологический потенциал НИИ и конструкторских бюро, началось предоставление грантов с целью поддержки ценных идей и проектов в области цифровизации и т.д. Все это благоприятно отразилось как на теории, так и на практике цифровизации отраслей ТЭК. Появилось немало новых продуктов инновационного типа, особенно заметными были результаты в области цифрового моделирования⁹. Это позволило значительно расширить возможности разработки новых месторождений, а также решать другие сложные задачи комплексного производственно-экономического характера.

Важно отметить, что среди приоритетных направлений, обозначенных Правительством РФ в середине 1990-х гг., в области фундаментальных исследований был искусственный интеллект¹⁰. Некоторые отечественные разработки в этой области имели тогда не только значительный теоретический, но и практический потенциал. Так, Российский институт искусственного интеллекта к началу XXI в. создал большой перечень прототипов прикладных систем и интеллектуальных продуктов инновационного типа: системы принятия решений, экономическое моделирование, автоматизированные системы

⁵ Письмо Председателю совета Министров – Правительства Российской Федерации В. С. Черномырдину. 09.09.1993. *Государственный архив Российской Федерации* (ГА РФ). Ф. 10200. Оп. 4. Д. 5767. Л. 38.

⁶ История советских ЭВМ. Часть 4 – Эльбрус. *Trashbox.ru*. 28.11.2018. URL: <https://trashbox.ru/topics/120630/istoriya-sovetskih-evm.-chast-4-elbrus> (дата обращения: 12.05.2024).

⁷ Об Энергетической стратегии России. Постановление Правительства РФ № 1006 от 13.10.1995. *ИППП Гарант*; Федеральная целевая программа «Развитие вычислительной техники и компьютерных технологий». 1999 г. *Российский государственный архив экономики* (РГАЭ). Ф. 10069. Оп. 1. Д. 3812. Л. 29 об.

⁸ Федеральная целевая программа «Электронная Россия» (2002–2010 годы). *ГА РФ*. Ф. 10255. Оп. 1. Д. 19. Л. 19.

⁹ Переписка с Государственной Думой, министерствами и ведомствами Российской Федерации, Российской академией наук и научно-исследовательскими институтами о развитии международного научно-технического сотрудничества и о государственной поддержке проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в научных и инженерных центрах Российской Федерации. Т. 1. 1993–1994 гг. *ГА РФ*. Ф. 10200. Оп. 4. Д. 10068. Л. 20, 23.

¹⁰ Приоритетные направления фундаментальных исследований. 1996 г. *ГА РФ*. Ф. 10200. Оп. 5. Д. 5567. Л. 16 об.

управления (АСУ) и системы автоматизированного проектирования (САПР), технологии двойного применения и др. [Нариньяни 2001: 52]. Еще более важной для нас информацией является то, что в конце рассматриваемого периода нашими учеными была создана информационная модель ТЭК с целью анализа энергетической безопасности региона [Ратманова и др. 2009]. Это был очень серьезный результат внедрения цифровых решений в деле укрепления энергетической безопасности нашего государства.

Международная экономическая интеграция объективно способствовала более интенсивному импорту зарубежных компьютеров и программных продуктов. Здесь наблюдалось заметное отставание отечественных аналогов по причине слабости российских компьютерных компаний [Штрик 1998: 5]. Соответственно, довольно скоро ведущие позиции в деле цифровизации предприятий ТЭК заняли такие формы, как компьютеризация и информатизация. Зарубежные средства автоматизации первое время внедрялись медленно в силу недостаточной технико-технологической совместимости, дороговизны и сравнительной конкурентоспособности отечественных аналогов. Еще одной важной причиной динамичного распространения в начале 1990-х гг. информационных и компьютерных технологий являлось то, что они прежде всего внедрялись в сфере управления, которая выделялась сложностью задач. В данную сферу деятельности внедрялись такие новшества, как, например, модуль взаимодействия для системы автоматизированного учета договоров и первичных документов «Визирь», планшеты, проекты геоинформационной системы¹¹ и др. В крупных компаниях и организациях создавалась полностью автоматизированная система управления, что способствовало формированию основ цифровой трансформации [Жилкина, Воденников 2020: 114].

С первых лет рыночных преобразований лидером в области автоматизации производственно-

управленческих процессов являлась газовая промышленность. В данной отрасли велись работы по созданию комплексных автоматизированных систем управления, которые охватывали все уровни производственно-экономической деятельности. Значительную роль в реализации научно-технических и технологических идей играли совместные предприятия (СП). Так, в начале рассматриваемого периода СП «Совтекс-автоматика» занималась разработкой, изготовлением и внедрением конкурентоспособных отечественных комплексов учета газа «Суперфлоу», обладавших высокой точностью измерений¹².

Передовыми технологиями в области автоматизации выделялись и предприятия нефтяной промышленности. Здесь даже в начале 1990-х гг. наблюдался рост расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, расширялся спектр программ научно-технологического развития¹³. Например, на предприятиях Восточной нефтяной компании объем финансирования НИОКР увеличился с 8911,5 тыс. руб. в 1996 г. до 26500 тыс. руб. в 1998 г., т. е. за два года – в три раза¹⁴. Ключевые позиции в нефтяной отрасли занимали такие направления производственной деятельности, как бурение и строительство скважин: применялись базовые комплексы автоматизированной системы управления технологическими процессами углубления, поддержания параметров бурового раствора, смазки и цементирования обсадных колонн и др. Уже в начале рассматриваемого периода нефтяники добились высокого уровня контроля в функционировании скважин, что позволяло значительно снизить издержки добычи¹⁵.

Цифровые технологии все активнее ориентировались на производственные запросы по созданию новой техники и технологий. В начале анализируемого периода изменения в основном носили количественный характер, например, увеличивалось количество датчиков для отслеживания большего числа параметров. Однако даже самому опытному

¹¹ Пояснительная записка к годовому отчету о финансово-хозяйственной деятельности ЦДО (целевое дочернее общество) «ТНК-Уват» (перспективы развития общества, результаты работы общества по основной и вспомогательной деятельности за год, сравнение с предыдущими). 2011 г. ГАТюмО. Ф. Р2403. Оп. 1. Д. 129. Л. 48.

¹² Опыт создания и внедрения систем сертификации, средств измерений и устройств автоматизации, разработанных и поставляемых для газовой промышленности. 07.12.1993. РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 206. Л. 5.

¹³ О ходе выполнения программы научно-технического перевооружения ВНК. 08.06.1998. Государственный архив Томской области (ГАТО). Ф. Р-2023. Оп. 1. Д. 318. Л. 5.

¹⁴ Справка о выполнении программы научно-технического перевооружения Восточной нефтяной компании. 08.06.1998. ГАТО. Ф. Р-2023. Оп. 1. Д. 318. Л. 1.

¹⁵ Справка «Развитие средств и систем связи и автоматизированных технологических процессов в нефтегазодобывающем производстве». 1992 г. РГАЭ. Ф. 1077. Оп. 1. Д. 12. Л. 68–69.

оператору становилось все труднее реагировать на тысячи изменяющихся параметров, адекватно осознавать их. Данную проблему решало программное обеспечение, которое позволяло справляться с большими объемами информационного потока. Это объективно усиливало проникновение в производственную деятельность информационных технологий, программного обеспечения и компьютеров. На предприятиях ТЭК, так же как и в других отраслях, применялись только импортные компьютеры. Между тем в общей массе информационных и программных продуктов встречалось немало российских¹⁶.

По информации Минтопэнерго, в 1994 г. почти на всех предприятиях ТЭК России использовались такие инновационные формы и средства решения экономических задач, как Интернет, новые средства автоматизации, компьютерные технологии, мобильная связь, базы данных¹⁷. С этого времени ТЭК в целом становится основным «двигателем» экономики нашей страны, занимает лидирующие позиции в производстве инновационной продукции на макроуровне¹⁸. Очень успешные результаты тогда показывал «Газпром», где динамично внедрялся широкий перечень технических средств, использовавших цифровые технологии¹⁹. При этом, если в середине 1990-х гг. на предприятиях «Газпрома» в области добычи газа преобладала автоматизация как форма цифровизации²⁰, то в конце XX в. здесь широко использовались достижения компьютеризации²¹, создавалась единая киберфизическая система.

Кроме прямых производственно-экономических задач серьезную обеспокоенность у руководства предприятий и компаний отечественного ТЭК тогда вызывали проблемы физической безопасности работников, условий сохранности ценностей материально-технического обеспечения, а также хищение самой электроэнергии. Еще более серьезную угрозу представлял терроризм. Здесь цифровизация

имела очень высокий потенциал применения, который стали широко использовать с середины 1990-х гг.: от специализированных видеокамер до датчиков износа оборудования, загазованности и других важных параметров. В конце рассматриваемого периода четко обозначились и киберугрозы [Васенин 2009: 8], потенциально опасные для всей цифровой системы предприятий и компаний. Они требовали консолидации сил на международной арене. Здесь лидерские позиции стали занимать крупные промышленные компании и предприятия, обладавшие хорошими финансовыми возможностями – «Газпром», «Лукойл», шахта «Распадская», «СУЭК» и др. Они создали условия для развития такой формы привлечения цифровых технологий, как международное сотрудничество.

Данное сотрудничество носило разновекторный характер, но цель была одна – модернизация российского ТЭК [Жизнин 2012: 22]. В свою очередь иностранные энергетические гиганты – ExxonMobil, ConocoPhillips (США), Shell, BP (Великобритания), Total Energies (Франция) и другие – активно инвестировали в развитие цифровых технологий тех секторов российской экономики, где они имели свою долю собственности. Такое сотрудничество позволило во многом преодолеть в середине 2000 гг. инвестиционный дефицит в отраслях российского ТЭК [Бодрова и др. 2013: 928]. Другим важным результатом совместной деятельности стала реализация крупных совместных проектов, которые рождали инновационные формы продуктивной деятельности, например «интеллектуальные скважины». Данная инновация позволяла осуществлять сбор и анализ информации о самом месте добычи и внешней среде, регулировать работу в режиме онлайн, существенно уменьшить издержки на эксплуатацию месторождений [Кузнецова 2021: 145]. Важное значение имело сотрудничество российских предприятий ТЭК с известными иностранными сервисными компаниями,

¹⁶ Развитие автоматизированного картопостроения и оснащение камеральных групп ПЭВМ, ДАООТ «Тюменнефтегеофизика». 1994 г. ГАТюмО. Ф. Р2338. Оп. 1. Д. 18. Л. 29, 54.

¹⁷ Сборник Минтопэнерго России «Результаты важнейших работ Минтопэнерго России по межотраслевым научно-техническим программам в 1994 г.». ГА РФ. Ф. 10240. Оп. 1. Д. 966. Л. 25 об.

¹⁸ О первоочередных мерах по развитию и господдержке инновационной деятельности в Российской Федерации. Постановление Правительства РФ. 1995 г. ГА РФ. Ф. 10200. Оп. 5. Д. 3650. Л. 40.

¹⁹ Решение заседания Научно-технического совета РАО «Газпром» секции «Информатизация и технологическая связь». 1996 г. РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 975. Л. 5, 6, 25.

²⁰ О состоянии дел по разработке и перспективе применения новых методов и средств измерения расходов газа. 23–26 мая 1995 г. РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 582. Л. 69–70.

²¹ Сводный план повышения квалификации руководителей и специалистов на 1998 г. (по видам деятельности). РГАЭ. Ф. 977. Оп. 1. Д. 1580.

например Halliburton²², без которого невозможно было поддерживать необходимый уровень использования зарубежных цифровых продуктов.

В начале 2000-х гг. впервые с начала экономических реформ наблюдалось постепенное оживление инновационной активности в промышленности [Бодрова и др. 2013: 946], которая в 2002 г. приобрела статус государственной политики. Масштабно внедряются компьютеры и информационные технологии (в том числе высокоскоростной выход в Интернет) во все сферы жизни российского общества. Появляются новые формы инновационной активности, например корпоративные научно-производственные комплексы, технопарки и др. Заметно увеличиваются расходы предприятий ТЭК на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в том числе и в области цифровизации [Седых 2008: 238]. Особое значение отводилось использованию мобильных информационно-коммуникационных технологий (телефония и широкополосный Интернет). Расширялись возможности применения Интернета, который сочетал в себе последние достижения информатизации и компьютеризации, а также стал инструментом повышения эффективности и в автоматизации. Если в конце 1990-х гг. Всемирная паутина в основном использовалась в маркетинговых целях, то в 2000-х гг. к этому прибавились такие формы и методы ее использования, как проведение видеоконференций, послепродажное обслуживание, участие в электронных торгах, борьба с киберугрозами и др. Использование Интернета являлось и средством повышения позитивного имиджа предприятий²³, без которого невозможно было выстраивать стратегию успешного развития. Быстрое увеличение практической значимости информационных услуг стимулировало организацию отечественных специализированных ИТ-компаний и структур, которые занимались обслуживанием все возраставших потребностей предприятий ТЭК [Шраер 2011: 134]. В целом это позволяло сделать цифровую трансформацию стратегией развития всех топливно-энергетических компаний и предприятий России.

В начале 2000-гг. благодаря завершению основного этапа реструктуризации, улучшению мировой конъюнктуры цен на уголь и другим положительным изменениям заметно интенсифицировались процессы цифровизации на предприятиях угольной промышленности. Серьезные достижения в этом вопросе стала показывать и энергетика. Доминировала в данных отраслях такая форма цифровизации, как автоматизация, во многом ориентированная на изделия отечественного производства (в том числе уникального характера). Важным показателем научно-технологического прогресса в угольной промышленности стало появление в начале 2000-х гг. «интеллектуальных» постов управления в лаге [Семешов 2005: 22, 24], в энергетической отрасли – цифровых подстанций [Ерохин, Куликов 2019: 30] и др. Внедрялись элементы отечественных продуктов, которые имели характер импортозамещения. Так, в энергетической отрасли с 2005 г. стала создаваться Система мониторинга переходных режимов (СМПР), которая являлась аналогом WAMS (Wide-Area Measurement Systems) [Колосок, Коркина 2021: 190]. Однако это были отдельные решения, не носившие системного характера.

Угольная и энергетическая отрасли промышленности заметно уступали в то время нефтегазовой отрасли, где наблюдалась более тесная интеграция автоматизации с информатизацией и компьютеризацией. На предприятиях нефтяной и газовой промышленности тогда использовались такие инновации, как трехмерные цифровые геологические, эколого-геокриологические и гидродинамические модели эксплуатационных объектов, газодинамический источник сейсмических колебаний (ГИСК), устройство дистанционного розжига факельных установок²⁴ и др. Таким образом, в нефтегазовой отрасли раньше проявились результаты внедрения научно-технологических продуктов, связанных с созданием искусственного интеллекта. Это предопределило ее дальнейшее технико-технологическое лидерство на межотраслевом уровне.

Наивысшего воплощения интеграция автоматизации, информатизации и компьютеризации в ТЭК

²² Протоколы № 1–7 заседания Научно-технического совета общества и его секций (экономики; геологии, геофизики и разработки месторождений, бурения скважин; проектирования обустройства месторождений), документы к ним («ТюменНИИгипрогаз»). 2007 г. ГАТюМО. Ф. Р2373. Оп. 1. Д. 213. Л. 35.

²³ Годовые статистические сведения о деятельности организации; об использовании информационных и коммуникационных технологий в производстве и вычислительной техники, программного обеспечения и оказания услуг в этих сферах («Западно-Сибирский инновационный центр»). 2009–2010 гг. ГАТюМО. Ф. Р2429. Оп. 1. Д. 11. Л. 6, 7, 10.

²⁴ Годовые отчеты общества «ТюменНИИгипрогаз» о выполнении НИР, об инвестиционной деятельности. 2005 г. ГАТюМО. Ф. Р2373. Оп. 1. Д. 194. Л. 7–8; Матрицы научно-технических проектов, имеющих потенциал коммерциализации; на стадии опытно-промышленного внедрения («Западно-Сибирский инновационный центр»). 2010 г. ГАТюМО. Ф. Р2429. Оп. 1. Д. 21. Л. 3.

нашла свое отражение в таком важном процессе, как формирование интеллектуальных управленческих систем – создание «умных» скважин, шахт, разрезов и т.п. Раньше других отраслей «умные» инфраструктурные объекты появились в нефтяной промышленности. Этому способствовали определенные предпосылки: во-первых, повышение точности моделирования гидродинамики и геологии, а также появление инновационных IT-продуктов; во-вторых, динамичная эволюция технологий удаленного доступа. Впервые отечественная «умная» скважина стала функционировать в 2008 г. на Салымской группе месторождений [Соколова 2021: 71]. Автоматизация происходила посредством использования технологий программных роботов, включала применение усовершенствованных способов сейсморазведки, активное использование методов 3D-моделирования, внедрение современных регистрирующих станций²⁵ [Богйдаев, Афанасьев 2014: 30].

Однако результаты цифровой трансформации в экономике объективно зависели от интенсивности перехода к информационному обществу всего государства. На уровне Правительства РФ тогда были приняты ключевые решения, которые положительно отразились на динамике формирования информационного общества в России, в том числе и в экономической сфере. Например, внедрение с 2008 г. во всех регионах широкополосного Интернета²⁶. Появились новые цифровые технологии, позволявшие заметно сократить издержки производственно-экономической деятельности, а также повысить степень ее надежности и эффективности. Стали внедряться «революционные» инновационные продукты, основанные на цифровых технологиях: искусственный интеллект, цифровые двойники, облачный сервис, блокчейн, продвинутая аналитика и др. [Харас 2018; Хитрых 2021]. Эти технологии определили переход к стратегии Индустрия 4.0, т.е. новому научно-технологическому этапу развития всех сфер жизни общества. В то время появилась важная инновационная разработка – цифровой нефтяной промысел. Здесь IT-технологии применялись в режиме реального времени. Благодаря сбору, систематизации и анализу информации по всем операциям достигался существенный рост производства при снижении затрат. Можно утверждать о начале тогда

перехода к цифровой трансформации предприятий ТЭК, где лидерские позиции в данном процессе уже занимала нефтяная промышленность.

В конце рассматриваемого периода заметно возросла степень информатизации и компьютеризации предприятий ТЭК России. Несмотря на меньшую интенсивность в деле цифровизации такой формы, как автоматизация (роботизация), ее значение по-прежнему оставалось значимым, а в некоторых сегментах производственно-экономической деятельности даже усиливалось. Это добыча полезных ископаемых и управление, но еще более важно – система безопасности. Вместе с тем высокая динамика привлечения иностранных информационных услуг и компьютерных программ привела к масштабной экспансии западных, прежде всего американских, компаний, которые усиливали контроль над информационными потоками в производственно-экономической деятельности российских предприятий [Баитов и др. 2012: 90].

Заключение

В течение рассматриваемого времени процесс цифровизации предприятий ТЭК динамично развивался в различных формах и направлениях, значительная часть которых имела инновационный характер. Более интенсивно данный процесс наблюдался в сферах информатизации и компьютеризации, т.к. они имели больше возможностей использования в производственно-управленческой деятельности. Однако данные формы усиливали иностранное присутствие в научно-технологической политике предприятий и компаний российского ТЭК. Сфера автоматизации сохраняла более высокую долю отечественных разработок, укрепляя и приумножая технологический суверенитет. В межотраслевом разрезе также произошли заметные изменения: научно-технологическое лидерство перешло от газовой промышленности к нефтяной, которая была меньше подвержена протекционизму, что положительно отражалось на стимулировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Угледобыча и энергетика динамично сокращали отставание от них, но к 2010 г. так и не достигли технологического паритета. Если в 1990-е – начале 2000-х гг. на предприятиях

²⁵ Грибова О. Умные месторождения. *Коммерсантъ*. 07.12.2023. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6367446> (дата обращения: 03.06.2024).

²⁶ Переписка с Министерством информационных технологий и связи Российской Федерации по вопросам подготовки проекта плана реализации Концепции развития профессиональной подвижной радиосвязи и стратегии развития информационного общества в Российской Федерации за 2008 год, 19 марта 2008 – 24 марта 2008 г. *ГА РФ*. Ф. 10216. Оп. 1. Д. 527. Л. 27.

ТЭК преобладали экстенсивные методы внедрения цифровых решений, то в конце рассматриваемого периода – интенсивные. В целом в течение 20 лет данные предприятия прошли путь от отдельных фактов автоматизации, информатизации и компьютеризации (1992–2005 гг.) к началу комплексной цифровой трансформации (2006–2010 гг.). Она стала катализатором создания инновационных продуктов в смежных видах товаров и отраслях производства. Заметно укрепилась энергетическая безопасность России, однако в части ее цифрового обеспечения усиливала свое влияние технико-технологическая зависимость от зарубежных программно-аппаратных комплексов и оборудования и, соответственно, обострялась проблема кибербезопасности.

Конфликт интересов: Авторы заявили об отсутствии потенциальных конфликтов интересов в отношении исследования, авторства и / или публикации данной статьи.

Conflict of interests: The authors declared no potential conflict of interests regarding the research, authorship, and / or publication of this article.

Критерии авторства: И. С. Соловенко – концептуализация, сбор материала, администрирование, написание. А. А. Рожков – концептуализация, сбор

материала, экономический анализ, написание (просмотр и редактирование). К. А. Пинжин – сбор материала, технический анализ, написание (просмотр и редактирование). А. П. Жолбин – сбор материала, технический анализ, написание (просмотр и редактирование).

Contribution: I. S. Solovenko collected the research material, developed the research concept, supervised the research, and wrote the manuscript. A. A. Rozhkov collected the research material, developed the research concept, provided the economic analysis, wrote the review, and proofread the manuscript. K. A. Pinzhin collected the research material, provided the technical analysis, and proofread the manuscript. A. P. Zholbin collected the research material, provided the technical analysis, and proofread the manuscript.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00987 «Цифровизация как фактор энергетической безопасности России (рубеж XX–XXI вв.)», <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>

Funding: The research was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-28-00987: Digitalization as a factor of Russia's energy security between the XX and XXI centuries, <https://rscf.ru/en/project/23-28-00987/>

Литература / References

- Анисовец Л. К., Дебердиева Е. М., Зарипова Е. С. Эффективность инновационных процессов в нефтегазодобывающем производстве. *Проблемы развития топливно-энергетического комплекса в условиях формирования рыночных отношений*, отв. ред. Р. Я. Кучумов. Тюмень: ТюмГНГУ, 1996. С. 58–61. [Anisovets L. K., Deberdieva E. M., Zaripova E. S. Efficiency of process development in oil and gas production. *Problems of development of the fuel and energy complex in the conditions of the formation of market relations*, ed. Kuchumov R. Ya. Tyumen: TyumSOGU, 1996, 58–61. (In Russ.)]
- Баитов А. В., Великороссов В. В., Карякин А. М. Энергетическая безопасность России в условиях рыночных отношений в электроэнергетике. М.: Книжный Мир, 2012. 224 с. [Baitov A. V., Velikorossov V. V., Karyakin A. M. *Energy security of Russia in the conditions of market relations in the electric power industry*. Moscow: Knizhnyi Mir, 2012, 224. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/qvitfp>
- Богидаев С. А., Афанасьев С. А. Инновации в нефтегазовом комплексе. *Технико-экономические проблемы развития регионов*: науч.-практ. конф. с Междунар. уч. (Иркутск, 24–25 ноября 2014 г.) Иркутск: ИрГТУ, 2014. Вып. 13. С. 28–31. [Bogidaev S. A., Afanasyev S. A. Innovations in the oil and gas complex. *Technical and economic problems of regional development*: Proc. Sci.-Prac. Conf. with Intern. participation, Irkutsk, 24–25 Nov 2014. Irkutsk: IrSTU, 2014, iss. 13, 28–31. (In Russ.)]
- Бодрова Е. В., Гусарова М. Н., Калинов В. В., Филатова М. Н. Нефтегазовый комплекс в контексте реализации государственной научно-технической политики СССР и Российской Федерации (1945–2013 гг.). М.: Восход-А, 2013. 984 с. [Bodrova E. V., Gusarova M. N., Kalinov V. V., Filatova M. N. *Oil and gas complex in the context of the state scientific and technical policy in the USSR and the Russian Federation (1945–2013)*. Moscow: Voskhod-A, 2013, 984. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/yqhoip>

- Васенин В. А. Критическая энергетическая инфраструктура: кибертеррористическая угроза. *Информационные технологии*. 2009. № 9. С. 2–8. [Vasenin V. A. Critical energetic infrastructure: Cyberterrorist threat. *Informatsionnye tekhnologii*, 2009, (9): 2–8. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/kvmhcr>
- Власюк Л. И., Сиземов Д. Н., Дмитриева О. В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса. *Экономика в промышленности*. 2020. Т. 13. № 3. С. 328–338. [Vlasyuk L. I., Sizemov D. N., Dmitrieva O. V. Strategic priorities of digital transformation of coal industry of Kuzbass. *Russian Journal of Industrial Economics*, 2020, 13(3): 328–338. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-328-338>
- Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации, отв. ред. А. И. Татаркин. Екатеринбург: Урал. ун-т, 1998. 288 с. [*The influence of the energy factor on the economic security of the regions of the Russian Federation*, ed. Tatarkin A. I. Ekaterinburg: Ural University, 1998, 288. (In Russ.)]
- Ерохин П. М., Куликов Ю. А. Цифровая платформа электроэнергетики России. *Электроэнергетика глазами молодежи-2019*: X Междунар. науч.-техн. конф. (Иркутск, 16–20 сентября 2019 г.) Иркутск: ИРНИТУ, 2019. Т. 1. С. 26–31. [Erokhin P. M., Kulikov Yu. A. Digital platform of electric power industry of Russia. *Electric power industry through the eyes of young people*: Proc. X Intern. Sci.-Techn. Conf., Irkutsk, 16–20 Sep 2019. Irkutsk: IRNITU, 2019, vol. 1, 26–31. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/astrlz>
- Жизнин С. З. Энергетическая дипломатия и модернизация ТЭК России. *Международная жизнь*. 2012. № 4. С. 15–32. [Zhiznin S. Z. Energy diplomacy and modernization of the Russian fuel and energy complex. *International Affairs*, 2012, (4): 15–32. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/tlhcpf>
- Жилкина Ю. В., Воденников Д. А. Влияние цифровой экономики на цифровизацию энергетики. *Электроэнергетика в национальных проектах*, ред. Н. Д. Рогалев. М.: МЭИ, 2020. М. С. 110–122. [Zhilkina Yu. V., Vodennikov D. A. The impact of the digital economy on the digitalization of energy. *Electric power industry in national projects*, ed. Rogalev N. D. Moscow: MPEI, 2020, 110–122. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/yykcne>
- Земцов Б. Н., Быковская Г. А., Будрейко Е. Н., Гвоздецкий В. Л., Крылов А. О., Лобач Д. В., Отрокова О. Ю., Суздалева Т. Р., Федоров К. В. История науки и техники России. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. 231 с. [Zemtsov B. N., Bykovskaya G. A., Budreyko E. N., Gvozdetsky V. L., Krylov A. O., Lobach D. V., Otrokova O. Yu., Suzdaleva T. R., Fedorov K. V. *History of science and technology in Russia*. Moscow: Bauman MSTU, 2021, 231. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/xwasge>
- Золоева З. Т., Койбаев Б. Г. История государственной политики Российской Федерации в сфере информатизации и развития информационного общества (1993–2010 гг.). *Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова*. 2017. № 2. С. 28–32. [Zoloeva Z. T., Koybaev B. G. The history of the state policy of the Russian Federation in the sphere of informatization and development of information society (1993–2010). *Bulletin of the North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov*, 2017, (2): 28–32. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/zaxwnb>
- Колосок И. Н., Коркина Е. С. Информационное обеспечение задачи создания цифрового двойника ЭЭС и ее объектов. *Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири*: Всерос. науч.-практ. конф. с Междунар. уч. (Иркутск, 20–24 апреля 2021 г.) Иркутск: ИРНИТУ, 2021. Т. 1. С. 187–194. [Kolosok I. N., Korkina E. S. Information support for creating a digital twin of the electrical power system and its objects. *Increasing the efficiency of energy production and use in Siberian conditions*: Proc. All-Russian Sci.-Prac. conf. with Intern. participation, Irkutsk, 20–24 Apr 2021. Irkutsk: IRNITU, 2021, vol. 1, 187–194. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/dyeodq>
- Кузнецова Д. Ю. Цифровизация газовой отрасли РФ. *Цифровая трансформация промышленности: тренд или необходимость*: Всерос. науч.-практ. конф. (Москва, 11 ноября 2020 г.) М.: КноРус, 2021. С. 144–148. [Kuznetsova D. Yu. Digitalization of the Russian gas industry. *Digital transformation of industry: Trend or necessity*: Proc. All-Russian Sci.-Prac. Conf., Moscow, 11 Nov 2020. Moscow: KnoRus, 2021, 144–148. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/emgghg>
- Лукичев С. В., Наговицын О. В. Цифровая трансформация горнодобывающей промышленности: прошлое, настоящее, будущее. *Горный журнал*. 2020. № 9. С. 13–18. [Lukichev S. V., Nagovitsin O. V. Digital transformation of mining industry: Past, present, future. *Gornyi Zhurnal*, 2020, (9): 13–18. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.09.01>

- Малашевич Б. М. Очерки истории российской электроники. М.: Техносфера, 2013. 800 с. [Malashevich B. M. *Essays on the history of Russian electronics*. Moscow: Tekhnosfera, 2013, 800. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/nhwfjs>
- Нариньяни А. С. Национальная идея и российский путь в информационные технологии XXI века. *Проблемы информатизации*. 2001. № 2. С. 50–52. [Narinyani A. S. The national idea and the Russian path to information technologies of the XXI century. *Problemy informatizatsii*, 2001, (2): 50–52. (In Russ.)]
- Норенков И. П. Краткая история вычислительной техники и информационных технологий. *Приложение к журналу «Информационные технологии»*. 2005. № 9. 32 с. [Norenkov I. P. The short history of computers and information technologies. *Supplement to the magazine "Informatsionnye tekhnologii"*, 2005, (9): 32. (In Russ.)]
- Пляскина Н. И. Развитие топливно-энергетического комплекса России и энергетическая безопасность. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки*. 2003. Т. 3. № 2. С. 24–47. [Plyaskina N. I. Development of the Russian fuel and energy complex and energy security. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sotsialno-ekonomicheskie nauki*, 2003, 3(2): 24–47. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/ykmsxr>
- Побережников И. В. Переход от традиционного к индустриальному обществу: теоретико-методологические проблемы модернизации. М.: РОССПЭН, 2006. 240 с. [Poberezhnikov I. V. *The transition from traditional to industrial society: Theoretical and methodological problems of modernization*. Moscow: ROSSPEN, 2006, 240. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/rxgbbp>
- Ратманова И. Д., Коровкин С. Д., Железняк Н. В. Информационная модель топливно-энергетического комплекса как основа анализа энергетической безопасности региона. *Информационные технологии*. 2009. № 9. С. 9–15. [Ratmanova I. D., Korovkin S. D., Zheleznyak N. V. Information model of fuel and energy complex as a basis of energy security analysis. *Informatsionnye tekhnologii*, 2009, (9): 9–15. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/kvmhdb>
- Седых А. Д. История развития газовой промышленности. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Газпром, 2008. 347 с. [Sedykh A. D. *History of the development of the gas industry*. 2nd ed. Moscow: Gazprom, 2008, 347. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/qtjajv>
- Семешов А. П. Система автоматизированного управления механизированной крепью САУК 138М. *ТЭК и ресурсы Кузбасса*. 2005. № 1. С. 22–25. [Semeshov A. P. Automated control system for powered roof support SAUK 138M. *TEK i resursy Kuzbassa*, 2005, (1): 22–25. (In Russ.)]
- Соколова Ю. Д. Процесс цифровой трансформации нефтегазовой отрасли Российской Федерации: состояние, барьеры, перспективы. *Administrative Consulting*. 2021. Т. 7. № 3. С. 66–77. [Sokolova Yu. D. The process of digital transformation of the oil and gas industry of the Russian Federation: State, barriers, prospects. *Administrative Consulting*, 2021, 7(3): 66–77. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/tpghzr>
- Харас Б. З. Цифровизация и проблемы импортонезависимости ТЭК. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2018. Т. 210. № 2. С. 105–114. [Kharas B. Z. Digitalization and some issues of reliance of the fuel and energy sector on imports. *Nauchnye trudy Volnogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*, 2018, 210(2): 105–114. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/xplxch>
- Хитрых Д. П. О цифровой трансформации энергетической отрасли. *Энергетическая политика*. 2021. № 10. С. 76–89. [Khitrykh D. P. The digital transformation of the energy industry. *Energeticheskaya politika*, 2021, (10): 76–89. (In Russ.)] https://doi.org/10.46920/2409-5516_2021_10164_76
- Шраер А. В. Высокотехнологичные услуги: инновационный фактор развития топливно-энергетического комплекса. СПб.: СПбГУЭФ, 2011. 191 с. [Shraer A. V. *High-tech services: An innovative factor in the development of the fuel and energy complex*. St. Petersburg: SPbSUEF, 2011, 191. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/qvbbhpj>
- Штрик А. А. Тенденции развития компьютерной и коммуникационной отраслей мировой экономики. Часть II. *Информационные технологии*. 1998. № 10. С. 2–8. [Shtrik A. A. Development trends in the computer and communications industries of the world economy. Part II. *Informatsionnye tekhnologii*, 1998, (10): 2–8. (In Russ.)]