

Основные этапы цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России (рубеж XX-XXI вв.)*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-72-78>

СОЛОВЕНКО И.С.

Доктор ист. наук, доцент
Юргинского технологического института,
(филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, г. Юрга, Кемеровская обл., Россия
e-mail: solovenko71@mail.ru

РОЖКОВ А.А.

Доктор экон. наук, профессор,
начальник отдела
аналитических исследований
и краткосрочного прогнозирования
развития угольной промышленности
ФГБУ «РЭА» Минэнерго России,
129085, г. Москва, Россия,
e-mail: Rozhkov@rosenergo.gov.ru

Рассматривается динамика процессов цифровизации в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) России в конце XX – начале XXI вв. Обосновываются и выделяются основные этапы, их особенности, результаты и значение. Первый этап (1990–2005 гг.) – переход к масштабной цифровизации отраслей ТЭК, внедрение цифровых технологий в бизнес-процессы. Второй этап (2006–2010 гг.) – начало цифровой трансформации отраслей ТЭК, благодаря которой были созданы условия для перехода к «Индустрии 4.0». Отличительной особенностью второго этапа стало пилотное промышленное и частично серийное внедрение производственно-управленческих «интеллектуальных систем». Делается вывод, что процессы цифровизации заметно усилили конкурентоспособность российского ТЭК, нивелировали проблемы обеспечения энергетической безопасности на региональном уровне, укрепили значение России в международной энергетической безопасности.

Ключевые слова: Россия, ТЭК, цифровизация, цифровая трансформация, динамика, этапы, особенности.

Для цитирования: Соловенко И.С., Рожков А.А. Основные этапы цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России (рубеж XX-XXI вв.) // Уголь. 2023. № 10. С. 72–78. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-72-78>.

ВВЕДЕНИЕ

Рубеж XX-XXI вв. является временем формирования новых глобальных вызовов, а также технологических, организационных и институциональных сдвигов, которые способствовали формированию многих инновационных идей и концепций, в том числе и парадигмы цифровой экономики. В ее основе коренилась идея цифрового перехода во всех сферах хозяйственной деятельности. Процесс масштабной цифровизации позволял существенно повысить эффективность различных видов производства и реализации товаров и услуг. Российская Федерация на рубеже веков активно включилась в эти перемены, хотя в большей мере ее действия имели догоняющий характер. Лидером экономического роста в российской промышленности тогда выступил топливно-энергетический комплекс, прежде всего электроэнергетика и нефтегазодобывающая отрасль. Сравнительно высокий уровень капиталоемкости и инвестиционных возможностей позволял предприятиям ТЭК быстрее других перестраиваться на инновационные рельсы развития, в том

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00987, <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>.

числе и в области цифровизации. Объективной причиной необходимости внедрения новых цифровых технологий являлась высокая доля ответственности предприятий ТЭК за энергетическую, экономическую и национальную безопасность страны.

Актуальной задачей, в контексте рассматриваемой проблемы, является выявление позиций ученых, внесших существенный вклад в освещение вопросов цифровизации топливно-энергетического комплекса России на рубеже XX-XXI вв. Научный взгляд на данный вопрос только формируется, но уже сегодня наиболее четко просматривается политико-экономический подход к классификации этого содержательного периода, что нашло отражение как в официальных документах, так и в большинстве исследовательских работах. С позиций такого подхода рубеж XX-XXI вв. имеет два основных этапа: первый – с 1992 по 1999 г.; второй – с 2000 г. по 2010–2012 гг. В пользу этой классификации используется тезис об усилении государственной активности в решении проблем цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса в 2000-е годы. Однако содержание доступных исторических документов данных предприятий, которые сегодня имеются в Государственном архиве РФ (фонды: Ф. 10200. Правительство Российской Федерации, Ф. 10342. ФГБУ «Аналитический центр при Правительстве РФ» и др.), а также в Российском государственном архиве экономики (фонды: Ф. 799. Государственный газовый концерн «Газпром», Ф. 898. Министерство топлива и энергетики РФ и др.), четко указывают на то, что в реальности такие меры стали предприниматься позднее 2000 г. Соответственно, данный подход не обладает высокой степенью объективности в освещении технико-технологических изменений, связанных с цифровизацией предприятий ТЭК. В рамках этого подхода сложно понять и степень воздействия анализируемого процесса на энергетическую безопасность страны, ключевую составляющую рассматриваемой проблемы.

Поэтому важнейшей исследовательской задачей является формирование нового взгляда на природу исследуемого феномена, в том числе и потому, что на рубеже XX-XXI вв. переплелись очень важные, по сути прорывные, научно-технологические изменения, которые привлекают внимание все большего количества исследователей. Действительно, это время активной фазы реализации в мире пятого технологического уклада, а также третьей промышленной революции, для которых было характерно широкое внедрение цифровых сетей и информационных технологий. Помимо общемировых тенденций усиления места и роли цифровизации в экономической жизни были еще и внутренние.

Так, по мнению отечественных ученых, именно в 1990 г. начинается новая волна компьютеризации и цифровизации отраслей ТЭК нашей страны, которая заканчивается в 2010 г. [1]. Также это время перехода к четвертому – постиндустриальному социальному и историческому типу общества, основанному на новом технологическом фундаменте [2, 3]. В целом, российские эксперты считают рубеж XX-XXI вв. в топливно-энергетическом комплексе России как переходный от разнородной цифровизации к эпохе цифровой трансформации [4]. Вместе с тем

в рамках данного подхода учеными не указываются как четкие границы этапов, так и их критерий (критерии). Это и определило цель статьи – выявить основные этапы цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России на рубеже XX-XXI вв., показать их отличительные особенности.

В первую очередь обратим внимание на то, что термины «цифровизация» и «цифровая трансформация» часто используют как синонимы, в том числе и в научной литературе [5, 6]. Однако некоторые эксперты их все-таки разделяют [4, 7], указывая на то, что существенным отличием этих двух понятий является эволюция от «использования цифры» [8] к «управлению цифрой» [4, 9]. При этом, если для первого термина характерно время 1990-х годов, то для второго – 2000-е годы. Определение более точного времени перехода предприятий ТЭК от «использования цифры» к «управлению цифрой» является ключевой исследовательской задачей.

ПЕРВЫЙ ЭТАП

В конце 1980-х гг. советская экономика накопила немалый опыт в области автоматизации, информатизации и компьютеризации топливно-энергетического комплекса. К тому времени, например, цифровые технологии широко применялись в электроэнергетике для повышения эффективности управления сетями. Нефтегазовые компании использовали цифровые технологии для принятия решений относительно разведки месторождений и управления нефте- и газопроводами. В угольной промышленности внедряли отраслевые автоматизированные системы управления и т.д. Однако в советское время научно-производственная деятельность по цифровизации была связана в основном с комплексной механизацией и автоматизацией, а также информатизацией (компьютеризацией) отдельных сегментов системы управления.

С начала 1990-х годов начинается комплексное освоение современных информационных технологий в целях оптимизации внутренних процессов, улучшения производства товаров и услуг, что эксперты, в общем, и считают масштабной цифровизацией [10]. В то время для предприятий топливно-энергетического комплекса объективно возросла необходимость оперативного использования цифровых продуктов. Во многом это было связано с проникновением в хозяйственную деятельность компьютеров, Интернета и мобильной связи. Благодаря этим глобальным изменениям у предприятий и компаний российского ТЭК многократно расширились возможности снижения издержек и повышения собственной конкурентоспособности, в том числе на мировых рынках. Все бизнес-процессы стали переводить на новые цифровые медиа-модели. Их основополагающими элементами стали развитие Интернета, мобильные коммуникации, электронные технологии, оцифровка ресурсов, слияние онлайн- и офлайн-сфер [11]. В силу слабой, только формирующейся институциональной и инфраструктурной среды рыночных отношений данный процесс шел медленнее, чем в развитых странах, но он набирал обороты и становился все более значимым в производственно-экономической деятельности.

Государство постепенно создавало необходимые условия включения российских компаний и предприятий в глобальные экономические процессы, где цифровые технологии становились существенным фактором повышения конкурентоспособности. При этом важность включения промышленных предприятий в мировые процессы освоения цифровых технологий всегда осознавало Правительство РФ. В отличие от стран-лидеров инновационного развития [9, 12] проблема активной поддержки со стороны российского государства научных идей и их претворения в жизнь долгое время сдерживалась низкими финансовыми возможностями. Тем не менее с каждым годом такая деятельность набирала обороты. Посредством федеральных научно-технических программ, а также грантов государство в середине 1990-х годов стало поддерживать ключевые идеи и проекты в области цифровизации топливно-энергетического комплекса. На таких стратегически важных предприятиях ТЭК, как, например электростанции, уже был высокий уровень автоматизации производственно-управленческих процессов. Главной проблемой оставался временной разрыв между разработкой продукта и его реализацией, что не позволяло отечественным технологиям занять доминирующее место в общем арсенале использовавшихся цифровых технологий.

Таким образом, начало промышленного использования Интернета в совокупности с реальными мерами господдержки научно-технических программ, ориентированных на внедрение цифровых технологий, считаем пиком первого этапа цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России на рубеже XX-XXI вв. Одним из результатов развития цифровизации отраслей ТЭК в середине 1990-х годов можно считать рост производительности труда, даже в такой технологически консервативной отрасли, как угольная промышленность. Однако надо признать, что роль цифровизации в данном результате тогда была еще не столь существенна. Объемы внедрения таких новых технологий, как цифровые, во многом зависели от информационно-коммуникационных и инвестиционных возможностей компании или предприятия. Даже использование Интернета на предприятиях ТЭК имело разнородный характер. Серьезной проблемой для отечественных предприятий стал значительный спад в изобретательском и рационализаторском движении, который, в общем, так не был восстановлен даже к концу рассматриваемого времени.

В дальнейшем взаимодействие информатизации, компьютеризации, автоматизации, Интернета и мобильной связи только усиливалось. Особое значение приобрело интернет-пространство, без которого любая производственно-экономическая деятельность была уже немислима. Особую ценность представляла информация о состоянии мировой энергетики и новейших энергетических технологиях, важных компонентах национальной энергетической безопасности. Данная тенденция определила новую важную проблему – это обеспечение кибербезопасности предприятий и компаний. Российские предприятия ТЭК вынуждены были реагировать на данную угрозу еще большим усилением места и роли цифровой деятельности в управленческой и производственно-

экономической сферах. Таким образом, в конце 1990-х – начале 2000-х годов все субъекты хозяйственной деятельности, в том числе и топливно-энергетического комплекса оказались в ситуации глобальной взаимозависимости. При этом кибербезопасность стала неотъемлемым элементом общей энергетической, безопасности.

Несмотря на сложности переходного периода, благодаря применению цифровых технологий в последнее десятилетие XX в. в арсенале российских предприятий ТЭК появляются такие важные продукты как, ГИС-технологии, позволявшие строить трехмерную модель месторождения полезных ископаемых, систему геологического моделирования и планирования горных работ; дистанционное управление оборудованием; высокоточная спутниковая навигация применяемой техники; планирование распределения ресурсов; эффективные средства диагностики машин и оборудования, платформа «1С: предприятие», сбор и цифровая обработка исходной информации и др. [13]. Особые успехи тогда показывала энергетическая отрасль, на ее предприятиях была внедрена новая технология цифро-аналогового моделирования. Активно разрабатывались цифровые защиты и регуляторы режимных параметров ЕЭС России, цифровые измерительные трансформаторы, обеспечивавшие новое качество измерений, цифровые автоматические регуляторы возбуждения и системные стабилизаторы (АРВ-М) [14]. Не менее важно и то, что появились миниатюрные производственные устройства (в том числе микропроцессоры), искусственный интеллект и машинное обучение [12]. Благодаря данным продуктам и технологиям произошло снижение трудоемкости производственных процессов, повысилась производительность труда, сократились сроки разработок новых продуктов и др. Данные факты опровергают доминирующее в исторической литературе мнение о «полном развале» в 1990-е годы научно-технологической базы как в отраслях ТЭК, так и в целом в российской промышленности.

Однако системного использования всех этих достижений еще не наблюдалось. Поэтому в последние годы XX в. главной задачей в области технико-технологической модернизации предприятий ТЭК являлось создание «интеллектуальных» («умных») производственно-управленческих систем, которые позволяли оптимизировать все цифровые (и не только) технологии в единый комплекс централизованного управления. Поэтому в начале 2000-х годов велась активная работа по внедрению информационно-коммуникационных технологий по всей цепочке производственного цикла. Развернулась работа по созданию компьютерных программ и моделей, а также условий моделирования конкретных ситуаций или процессов. Создавались конкурентоспособные автоматизированные системы и отдельные «интеллектуальные» инфраструктурные объекты, например, в угольной промышленности это «интеллектуальные» посты управления в лаве [15], в энергетической отрасли – цифровые подстанции [13] и др.

В первые годы XXI в. активно разрабатывались методы искусственного интеллекта, формировались основы интеллектуальных систем, которые и стали фундаментом цифровой трансформации в последующие годы: искусственные нейронные сети, эволюционные вычисления

и системы логического вывода и др. [16]. Определенным образом на повышение темпов цифровизации на предприятиях ТЭК России повлияла интенсификация внедрения информационных технологий в развитых странах. В 2000 г. было введено понятие «цифровая трансформация», сформулирована ее концепция, а в некоторых странах наблюдались ее реальные примеры [17]. Российским предприятиям необходимо было, по крайней мере, не отстать в этой деятельности от мировых лидеров, сохранить свои конкурентные преимущества.

Таким образом, комплекс реформ по реструктуризации отраслей в совокупности с фактами реальной цифровизации в конце XX в. – первые годы XXI в. создали условия вступления топливно-энергетического комплекса России в полосу цифровой трансформации. Вместе с тем сохранялась высокая степень импортозависимости в сфере программного обеспечения и других цифровых продуктов. Российский ТЭК отставал от стран Запада в создании «интеллектуальных» инфраструктурных объектов на 7-9 лет [18]. Если в целом энергетическая безопасность нашего государства в первые годы XXI в. не вызывала особой обеспокоенности, то с энергетической безопасностью многих регионов России тогда имелись серьезные проблемы [19]. Все это объективно усиливало внимание бизнеса и государства к таким инновационным процессам, как цифровизация.

ВТОРОЙ ЭТАП

В начале XXI в. фактически все отрасли российского ТЭК завершили структурные преобразования и стали в своей деятельности соответствовать рыночным принципам хозяйствования. От «борьбы за выживание» предприятия и компании перешли к политике экономического роста. Во многом это способствовало новому научно-технологическому рывку, в том числе и в деле цифровизации, которая стала главным трендом инновационного развития российского общества. Именно тогда, на наш взгляд, произошел фактический переход предприятий и компаний топливно-энергетического комплекса России от «использования цифры» к «управлению цифрой», то есть началась реальная цифровая трансформация – постоянно растущее взаимодействие между цифровыми технологиями, бизнесом и обществом, которое имеет трансформационные эффекты и увеличивает скорость, масштабы и влияние процесса изменений [7]. Считаем важнейшим критерием (доказательством) данного феномена создание «умных», «интеллектуальных» систем (крупных и значимых инфраструктурных объектов).

Интеллектуализация мировой добычи энергоресурсов началась с конца XX в., когда истощение «легких» месторождений вынудило компании активнее осваивать труднодоступные территории и нетрадиционные запасы. Это привело к созданию в мировой добыче энергоресурсов «интеллектуальных» («умных») шахт, разрезов, скважин и т.д. Концепция «интеллектуализации» предполагала: приоритет безопасности людей и охраны окружающей среды; сокращение потерь ресурсов, сокращение количества ремонтов оборудования и объектов; снижение влияния «человеческого фактора»; автоматизацию основных тех-

нологических процессов; анализ данных и интерпретацию в режиме реального времени; условия для совместной работы сотрудников; оптимизацию производства и др.

Реализация «интеллектуальных» проектов стала возможна благодаря использованию таких цифровых достижений, как: скоростных, в том числе беспроводных, каналов связи, специализированного программного обеспечения; безопасных открытых протоколов передачи данных, обеспечивавших легкую интеграцию оборудования разных типов от разных производителей и др. Одной из первых в мире процессы цифровой трансформации затронули нефтегазовую отрасль. «Пионерами» в этом направлении стали компании BP и Shell, осваивавшие ее с начала 2000-х годов [20]. В России, по нашему мнению, данный этап начинается не позднее 2006 г., и он напрямую связан с успехами отраслевого лидера ТЭК – нефтегазовой промышленностью. В том году компанией «Салым Петролеум Девелопмент» (совместное предприятие Газпром нефти и Shell) была запущена «интеллектуальная» скважина. На основании внедренных технологий эта компания создала интегрированную модель добычи нефти [16, 21]. В дальнейшем фактически ежегодно на предприятиях нефтегазовой промышленности России появлялись новые, «умные» системы, объекты и техника [22]. Нарастивались масштабы интеллектуализации технологических процессов и в других отраслях ТЭК, особенно в энергетической.

Возрастало и качество интеллектуальных систем. Усиливалась роль отечественных цифровых продуктов в содержании производственной и управленческой деятельности. Если до 2006 г. о необходимости инновационного пути развития топливно-энергетического комплекса России больше говорили на государственном уровне, то с 2006 г. – и на научном [23]. Важной особенностью начала цифровой трансформации считаем усиление (возрождение) взаимодействия профессорско-преподавательского корпуса технических вузов с предприятиями ТЭК России, которое также стало наиболее очевидно с 2006 г. Вузовские инженеры предлагали широкий перечень принципиально новых моделей и программ для планирования, оперативного контроля и вмешательства в производственную деятельность. Это, например, компьютерная модель полевой многофункциональной системы [24], электронная модель предприятия сотовой угледобычи [25], цифровое осциллографирование для оперативного контроля состояния высоковольтного выключателя [26] и др.

В крупных аналитических центрах (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (г. Иркутск), АО «Росинформуголь», Институт промышленной политики (г. Москва), Институт геологии СО РАН, ВНИИ прикладной математики и механики (г. Томск) и др.) на основе цифровых продуктов и моделей активно разрабатывались комплексные аналитические программы по прогнозированию производственных процессов, формированию приоритетов технического и технологического развития, укреплению энергетической и экономической безопасности.

Успехи цифровой трансформации в промышленности во многом зависели от темпов и масштабов перехода к информационному обществу в России. С 2008 г. такая стратегия стала реализовываться на уровне Правительства РФ.

Государство стало активно продвигать широкополосный Интернет в регионы нашей страны. Данный процесс стал одним из ключевых драйверов инновационного развития предприятий и компаний ТЭК, так как стирал лишние барьеры между производителями и потребителями, а государство получило возможность более эффективного мониторинга процессов цифрового перехода. Дополнительным фактором принуждения к цифровизации бизнес-процессов со стороны государства стал принятый в 2009 г. закон об энергоэффективности.

Цифровизация отраслей ТЭК во второй половине первого десятилетия XXI в. привела к широкому использованию новейших информационных продуктов: роботизированное или дистанционно управляемое оборудование, удаленные централизованные диспетчерские пункты, высокоточное позиционирование буровых установок и экскаваторов, портативные устройства мониторинга работоспособности, предиктивные методы анализа геологических данных, системы виртуального мониторинга и прогностики состояния генерирующего оборудования и др. Это позволило повысить эффективность добычи и использования энергоресурсов, снизить эксплуатационные расходы, оптимизировать другие показатели отрасли, а также создать условия для построения «умных» инфраструктурных объектов по добыче и генерированию энергии [27]. Тогда произошел качественный переход в области автоматизации всех ключевых процессов энергообеспечения. Цифровизация стала эффективным инструментом управления такой сложной системой, как децентрализованная распределенная энергосистема.

В конце рассматриваемого периода цифровая трансформация уже выходила на новый качественный уровень. С 2010 г. конкурентоспособность отечественных предприятий и компаний топливно-энергетического комплекса все больше ориентировалась на такие прорывные технологии в энергетике, как: искусственный интеллект, продвинутая аналитика, блокчейн, цифровые двойники и др. Цифровая трансформация ускорила внедрение других инноваций, дала новый импульс для масштабных технологических прорывов в смежных отраслях народного хозяйства. Аналогичные процессы в других отраслях промышленности прямо воздействовали на увеличение их энергоемкости, а также энергопотребления, что объективно повышало роль ТЭК в экономике страны. Важно и то, что Россия не стала заложником идей о скором переходе к доминированию альтернативных источников энергии в топливно-энергетическом комплексе, которые «обещала» цифровизация. Дальнейшее развитие мирового топливно-энергетического комплекса показало правильность позиции России и отсутствие в то же время ожидаемого эффекта в освоении нетрадиционных энергоресурсов странами Запада. Таким образом, значимость России в международной системе энергобезопасности объективна возросла.

Успехи цифровизации имели заметное финансово-экономическое отражение в результатах производственной деятельности. К 2012 г. за счет «умного» управления добыча Салым Петролеум Девелопмента превысила плановые показатели на 2–2,5% [18]. С 2009 по 2011 г. только в компании «Роснефть», благодаря «умной» скважине,

дополнительная добыча нефти превысила 500 тыс. тонн. Это позволило нашим компаниям и предприятиям заметно повысить объемы добычи энергоресурсов, увеличить их экспорт. Благодаря цифровизации решались важные социально-экономические проблемы, например, происходило сдерживание роста цен на электроэнергию, увеличивались нетарифные доходы, предоставлялись новые услуги на энергетическом рынке, ушли в прошлое серьезные проблемы с энергетической безопасностью отдельных регионов. Под воздействием масштабного воздействия цифровых технологий трансформировалась и социальная сфера страны. Особо важно то, что профессиональное образование стало ориентироваться на соответствующие запросы работодателей: появлялись новые специальности и компетенции, связанные с цифровизацией производства. Считаем это конкретными фактами выстраивания новой, цифровой экономики России. При этом следует отметить, что на федеральном уровне основные цели и задачи цифровой трансформации отраслей ТЭК на перспективу впервые были сформулированы только в 2020 г. в ведомственном проекте Минэнерго России «Цифровая энергетика» и в проекте «Концепции цифровой трансформации ТЭК Российской Федерации на период до 2024 г. и с перспективой до 2035 г.».

Между тем в конце рассматриваемого времени сохранялось немало трудностей, которые сдерживали цифровую трансформацию топливно-энергетического комплекса, ослабляли цифровую, энергетическую и экономическую безопасность России. Ключевая проблема состояла в том, что реальных примеров цифровизации отраслей ТЭК было не так много, а большая часть цифровых продуктов закупалась за рубежом. Наблюдался дефицит высококвалифицированных кадров, способных создавать прорывные технологии [28]. Так как данный процесс требовал больших инвестиций, позволить себе быть в тренде последних научно-технологических разработок могли только крупные, богатые компании и предприятия. В результате по уровню цифровизации ТЭК России значительно отставал от развитых стран мира. Процессы цифровизации рассматриваемых отраслей носили эпизодический характер, мало влияли на логистический и транспортный секторы, а также на снижение издержек компаний. Сохранялась актуальность угрозы энергобезопасности страны, даже в краткосрочной перспективе, в силу высокой степени вовлеченности России в процессы глобализации, высокой зависимости от импорта оборудования для отраслей ТЭК, а также недостаточного внимания к данной проблеме со стороны государства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, выделяются два основных этапа цифрового перехода в топливно-энергетическом комплексе России на рубеже XX–XXI вв. Первый (1990–2005 гг.) – переход к масштабной цифровизации отраслей ТЭК, внедрение цифровых технологий в бизнес-процессы. Динамичное развитие IT-технологий, появление Интернета и мобильной связи позволили создать условия для перехода от «использования цифры» к «управлению цифрой», то есть к цифровой трансформации. Второй этап (2006–2010 гг.) – начало циф-

ровой трансформации отраслей ТЭК, благодаря которой были созданы условия для перехода к Четвертой промышленной революции – «Индустрия 4.0». Отличительной особенностью второго этапа стало пилотное промышленное и частично серийное внедрение производственно-управленческих «интеллектуальных систем».

В целом, несмотря на все трудности внутреннего и внешнего характера (в том числе общемировую тенденцию перехода к низкоуглеродному развитию экономики), благодаря процессам цифровизации отечественный ТЭК заметно усилил свою конкурентоспособность, нивелировал проблемы энергетической безопасности на региональном уровне, заметно укрепил значение Российской Федерации в мировой энергетической безопасности.

Список литературы

- Макаров В.Л., Лугачев М.И. По волнам цифровизации // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2019. № 6. С. 3-8.
- Плакиркин Ю.А. Технологические ступени XXI в. и их влияние на развитие мировой энергетики // Энергетика. 2010. № 4. С. 13-25.
- Гуреева М.А. Современные тенденции развития топливно-энергетического комплекса и экономическая безопасность России // Сибирская финансовая школа. 2015. № 4. С. 6-9.
- Сулоева С.Б., Мартынатов В.С. Особенности цифровой трансформации предприятий нефтегазового комплекса // Организатор производства. 2019. Т. 27. № 2. С. 27-36.
- Массель Л.В. Современный этап развития искусственного интеллекта (ИИ) и применение методов и систем ИИ в энергетике // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4. С. 5-20.
- Литвинов П.В., Нестеров С.А. Современные технологии обработки данных как фактор цифровой трансформации в энергетике. В кн.: Функционирование и развитие электроэнергетики в эпоху цифровизации. М.: Издательство МЭИ, 2021. 272 с.
- Nazari Z., Musilek P. Impact of Digital Transformation on the Energy Sector: A Review. *Algorithms* 2023, 16, 211. URL: <https://doi.org/10.3390/a16040211> (дата обращения: 15.09.2023).
- Ярлова Т.В., Новиков Д.А. Цифровизация в компаниях топливно-энергетического комплекса в современных реалиях // Вестник Академии знаний. 2022. № 53. С. 309-312.
- Maksimtsev I.A., Kostin K.B., Berezovskaya A.A. Modern Trends in Global Energy and Assessment of the Ever-Increasing Role of Digitalization // *Energies* 2022, 15, 8767. URL: <https://doi.org/10.3390/en15228767> (дата обращения: 15.09.2023).
- Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности / А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
- Шрайберг Я.Л. Информационно-документное пространство образования, науки и культуры в современных условиях цифровизации общества / Ежегодный доклад Пятого Международного профессионального форума «Крым-2019». М.: ГПНТБ России, 2019. С. 3-55.
- Кириченко И., Онищенко И. Инновационные приоритеты в энергетике Китая и Японии // Мировая экономика и международные отношения. 2013. № 11. С. 13-20.
- Маркова В.Д. Цифровизация управления: от АСУ к микросервисам // ЭКО. 2022. № 9. С. 113-129.
- Ерохин П.М., Куликов Ю.А. Цифровая платформа электроэнергетики России / Электроэнергетика глазами молодежи. Материалы юбилейной X Международной научно-технической конференции. Том 1. Издательство: Иркутский национальный исследовательский технический университет. 2019. С. 26-31.
- Семешов А.П. Система автоматизированного управления механизированной крепью САУК 138М // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2005. № 1. С. 22-25.
- Марголин И.Д. Основные этапы развития искусственного интеллекта // Молодой ученый. 2018. № 20. С. 23-26.
- Ziboud Van Veldhoven, Jan Vanthiene. Digital transformation as an interaction-driven perspective between business, society, and technology. Institute of Applied Informatics at University of Leipzig 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00464-5> (дата обращения: 15.09.2023).
- Герасимова И. Интеллектуальная добыча // *Neftegaz.RU*. 2019. № 3. URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/> (дата обращения: 15.09.2023).
- Рясин В.И. Энергетическая безопасность региона в условиях реформирования электроэнергетики. Иваново: Ивановский гос. ун-т, 2005. 216 с.
- Козлова Д.В., Пигарев Д.Ю. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли: барьеры и пути их преодоления // Газовая промышленность. 2020. № 7. С. 34-38.
- Цифровизация и интеллектуализация нефтегазовых месторождений / А.Н. Дмитриевский, В.Г. Мартынов, Л.А. Абукова и др. // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2016. № 2. С. 13-19.
- Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли: состояние и тренды / Л.А. Абукова, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин и др. // Датчики и системы. 2019. № 1. С. 13-19.
- Селецкий Я.Ю. Развитие ТЭК России в условиях глобализации: новые тенденции, проблемы и перспективы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Москва, 2008. 24 с.
- Жуков Ю.Н. Компьютерная модель полевой многофункциональной системы // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2006. № 4. С. 70-74.
- Жуков Ю.Н. Электронная модель предприятия сотовой угледобычи (в порядке обсуждения) // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2007. № 4. С. 66-69.
- Цифровое осциллографирование для оперативного контроля состояния высоковольтного выключателя / Г.М. Михеев, В.М. Шевцов, Ю.А. Федоров и др. // Промышленная энергетика. 2007. № 2. С. 18-22.
- Текслер А.Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли // Цифровая энергетика. 2018. Вып. 5. С. 3-6.
- Оценка влияния инновационно-цифровой трансформации угольной отрасли России на рынки труда горнопромышленных территорий / А.А. Рожков, И.С. Соловенко, С.В. Бесфамильная и др. // Горная промышленность. 2021. № 2. С. 67-76.

Original Paper

UDC 621.31:658.562:622.013.3«313» © I.S. Solovenko, A.A. Rozhkov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 10, pp. 72-78
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-72-78>

Title**MAIN STAGES OF DIGITAL TRANSITION IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX OF RUSSIA (LATE 20TH – EARLY 21ST CENTURIES).****Authors**Solovenko I.S.¹, Rozhkov A.A.²¹ Yurga Institute of Technology, branch of the Tomsk National Research Polytechnic University, Yurga, 652055, Russian Federation² Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, 129085, Russian Federation**Authors Information****Solovenko I.S.**, Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, e-mail: solovenko71@mail.ru**Rozhkov A.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department for Analytical Research and Short-Term Forecasting of Coal Industry Development, e-mail: Rozhkov@rosenergo.gov.ru**Abstract**

The paper discusses the dynamics of the digitalization processes in the fuel and energy complex of Russia in the late 20th – early 21st Centuries. The main stages as well as their features, results and significance are emphasized and explained. The first stage (1990-2005) was the transition to large-scale digitalization of the fuel and energy complex sectors, introduction of digital technologies into the business processes. The second stage (2006-2010) marked the beginning of the digital transformation of the fuel and energy complex sectors, which created the conditions for the transition to Industry 4.0. A distinctive feature of the second stage was the pilot industrial and partially mass introduction of production and management 'intelligent systems'. A conclusion is made that the digitalization processes have noticeably enhanced the competitiveness of the Russian fuel and energy complex, mitigated the challenges of energy security at the regional level, and reinforced Russia's importance as part of the international energy security.

Keywords

Russia, Fuel and energy complex, Digitalization, Digital transformation, Dynamics, Stages, Features.

References

- Makarov V.L. & Lugachev M.I. Along the digitalization waves. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 6. Ekonomika*, 2019, (6), pp. 3-8. (In Russ.).
- Plakitkin Yu.A. Technological stages in the 21st Century and their impact on the development of the world energy industry. *Energetika*, 2010, (4), pp. 13-25. (In Russ.).
- Gureeva M.A. Current trends in the development of fuel and energy complex and economic security of Russia // *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2015, (4), pp. 6-9. (In Russ.).
- Suloyeva S.B. & Martynatov V.S. The features of the digital transformation of oil and gas enterprises // *Organizator proizvodstva*, 2019, Vol. 27, (2), pp. 27-36. (In Russ.).
- Massel L.V. Modern stage of Artificial Intelligence (AI) development and application of AI methods and systems in the power engineering. *Informatsionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii*, 2021, (4), pp. 5-20. (In Russ.).
- Litvinov P.V., Nesterov S.A. Modern data processing technologies as a factor of digital transformation in the energy sector. In: *Functioning and development of the electric power industry in the era of digitalization*. Moscow, Publishing House of MEI, 2021, 272 p.
- Nazari Z. & Musilek P. Impact of Digital Transformation on the Energy Sector: A Review. *Algorithms* 2023, 16, 211. Available at: <https://doi.org/10.3390/a16040211> (accessed 15.09.2023).
- Yarovova T.V. & Novikov D.A. Digitalization in companies of the fuel and energy complex in modern realities. *Vestnik Akademii znaniy*, 2022, (53), pp. 309-312. (In Russ.).
- Maksimov I.A., Kostin K.B. & Berezovskaya A.A. Modern Trends in Global Energy and Assessment of the Ever-Increasing Role of Digitalization // *Energies* 2022, 15, 8767. Available at: <https://doi.org/10.3390/en15228767> (accessed 15.09.2023).
- Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V. & Mezina T.V. The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.

- Shrayberg Ya.L. Information and document space of education, science and culture in the current state of the society digitalization. Annual Report of the Fifth International Professional Forum "Crimea-2019", Moscow, Russian National Public Library for Science and Technology, 2019, pp. 3-55. (In Russ.).
- Kirichenko I., Onishchenko I. Innovation priorities in energy sector of China and Japan. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2013, (11), pp. 13-20. (In Russ.).
- Markova V.D. Digitalization of management: from automated control systems to microservices. *Eko*, 2022, (9), pp. 113-129. (In Russ.).
- Erokhin P.M. & Kulikov Yu.A. Digital platform of electric power industry of Russia. Electric power engineering through the eyes of youth. Proceedings of the Anniversary X International Scientific and Technical Conference. Vol. 1. Published by: Irkutsk National Research Technical University, 2019, pp. 26-31. (In Russ.).
- Semeshov A.P. Automated control system of SAUK 138M powered support. *TEK i resursy Kuzbassa*, 2005, (1), pp. 22-25. (In Russ.).
- Margolin I.D. The main stages in the development of Artificial Intelligence. *Molodoj uchenyj*, 2018, (20), pp. 23-26. (In Russ.).
- Ziboud Van Veldhoven, Jan Vanthiene. Digital transformation as an interaction-driven perspective between business, society, and technology. Institute of Applied Informatics at University of Leipzig 2021. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00464-5> (accessed 15.09.2023).
- Gerasimova I. Intelligent recovery. *Neftegaz.RU*, 2019, (3). Available at: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha/> (accessed 15.09.2023).
- Ryasin V.I. Energy security of the region in conditions of reforming the electric power industry, Ivanovo, Ivanovo State University Publ., 2005, 216 p. (In Russ.).
- Kozlova D.V. & Pigarev D.Yu. Digital transformation of oil and gas industry: barriers and ways to overcome them. *Gazovaya promyshlennost'*, 2020, (7), pp. 34-38. (In Russ.).
- Dmitrievsky A.N., Martynov V.G., Abukova L.A. & Eremin N.A. Digitalization and intellectualization of oil and gas fields. *Avtomatizatsiya i IT v neftegazovoj oblasti*, 2016, (2), pp. 13-19. (In Russ.).
- Abukova L.A., Dmitrievsky A.N., Eremin N.A., Chernikov A.D. Digital modernization of oil and gas industry: status and trends. *Datchiki i sistemy*, 2019, (1), pp. 13-19. (In Russ.).
- Seletskiy Ya.Yu. Development of the Fuel and Energy Complex of Russia in conditions of globalization: new trends, challenges and prospects, abstract of the dissertation for PhD in Economics, Moscow, 2008, 24 p. (In Russ.).
- Zhukov Yu.N. Computer model of field multifunctional system. *TEK i resursy Kuzbassa*, 2006, (4), pp. 70-74. (In Russ.).
- Zhukov Yu.N. Electronic model of a honeycomb coal mining enterprise (in order of discussion). *TEK i resursy Kuzbassa*, 2007, (4), pp. 66-69. (In Russ.).
- Mikheyev G.M., Shevtsov V.M., Fedorov Yu.A. & Batalygin S.N. Digital oscillography for operative control of the high-voltage circuit breaker condition. *Promyshlennaya energetika*, 2007, (2), pp. 18-22. (In Russ.).
- Teksler A.L. Power industry digitalization: from process automation to the digital transformation of the industry. *Tsifrovaya energetika*, 2018, (5), pp. 3-6. (In Russ.).
- Rozhkov A.A., Solovenko I.S., Besfamilnaya S.V. & Karpenko S.M. Assessment of the impact of the innovative digital transformation of the Russian coal industry on the labor markets of mining territories. *Gornaya promyshlennost'*, 2021, (2), pp. 67-76.

Acknowledgements

The research was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-28-00987, <https://rscf.ru/project/23-28-00987/>.

For citation

Solovenko I.S. & Rozhkov A.A. Main stages of digital transition in the fuel and energy complex of Russia (late 20th – early 21st Centuries). *Ugol'*, 2023, (10), pp. 72-78. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-10-72-78.

Paper info

Received September 4, 2023

Reviewed September 14, 2023

Accepted September 26, 2023