

УДК 338.2

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Лазарев А.Ю.

Студент

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(Московский инженерно-физический институт)

Москва, Россия

Копкова Е.С.

Инженер ФБИУКС

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(Московский инженерно-физический институт)

Москва, Россия

Аннотация

Статья посвящена анализу основных тенденций цифровой трансформации энергетической отрасли Российской Федерации. Актуальность исследования на выбранную проблематику обусловлена трансформационными процессами в энергетике государства, формирующимся под влиянием создания цифровой экономики и развития различных инновационных технологий. В рамках статьи рассмотрены теоретические аспекты понятия «цифровизация». Перечислены основные проблемы развития цифровой трансформации в энергетике Российской Федерации. Проанализирована роль энергосбережения и управления энергоэффективностью цифровизации в энергетике. Рассмотрены тенденции развития рынка возобновляемых источников энергии, выступающие одним из направлений цифровизации энергетики Российской Федерации. Перечислены стимулирующие факторы развития сектора возобновляемых источников электроэнергии, которые вынуждают государство применять механизмы и инструменты развития отрасли. Рассмотрены отдельные примеры цифровых

технологий и инноваций, применение которых снижает энергоемкость производства электрической энергии и тепловой энергии с целью поставки жилищно-коммунальных услуг. В заключении научной работы, автором установлено, что процесс цифровизации в энергетике, в первую очередь, обусловлен развитием системы управления энергоэффективностью, которая является одним из ключевых направлений совершенствования производственной деятельности предприятий энергетической отрасли Российской Федерации.

Ключевые слова: энергетика; энергетическая отрасль; электрическая энергия; тепловая энергия; возобновляемые источники; энергии; альтернативные источники энергии; цифровая экономика; цифровизация; цифровая трансформация; цифровые технологии; инновации; инновационные технологии; информационные технологии.

DIGITALIZATION IN ENERGY

Lazarev A. Yu.

Student

National Research Nuclear University "MEPhI" (Moscow Engineering Physics Institute)

Moscow, Russia

Kopkova E. S.

FBIUKS engineer

National Research Nuclear University "MEPhI" (Moscow Engineering Physics Institute)

Moscow, Russia

Annotation

The article is devoted to a research analysis of the main trends in the digital transformation of the energy industry in the Russian Federation. The relevance of the study on the selected issues is due to the transformation processes in the energy sector of the state, which are formed under the influence of the creation of a digital economy and the development of various innovative technologies. The article examines the theoretical aspects of the concept of "digitalization". The main problems of the development of digital transformation in the energy sector of the Russian Federation are listed. The role of energy conservation and energy efficiency management in digitalization in the energy sector is analyzed. The trends in the development of the market for renewable energy sources, which are one of the areas of digitalization of the energy sector in the Russian Federation, are considered. The stimulating factors for the development of the renewable energy sources sector are listed, which force the state to adopt mechanisms and instruments for the development of the industry. Some examples of digital technologies and innovations are considered, the use of which reduces the energy intensity of electricity and heat production for the purpose of supplying housing and communal services. In the conclusion of the scientific work, the author found that the digitalization process in the energy sector is primarily due to the development of an energy efficiency management system, which is one of the key areas for improving the production activities of enterprises in the energy industry of the Russian Federation.

Key words: energy; energy industry; Electric Energy; thermal energy; renewable energy sources; alternative energy sources; digital economy; digitalization; digital transformation; digital technologies; innovation; innovative technologies; Information Technology.

Современный мир и экономическое развитие стран все в большей мере зависят от уровня доступности информации, развития науки, внедрения ее достижений в экономику. Изменения, коснувшиеся на сегодняшний день всех

сфер жизни: экономики, технологии производства, образа жизни, потребностей человека и много другого.

По этой причине, современным предприятиям российской экономики необходимо развивать интеллектуальный капитал в рамках своего производства. Это позволяет разработать новые технологии и инновации, применение которых совершенствует операционную деятельность и систему управления. Одним из направлений интеллектуализации является цифровизация энергетической отрасли, от качества функционирования которой зависит не только финансовых успех энергетических компаний, но и управление энергоэффективностью в других отраслях и сферах жизнедеятельности, включая жилищно-коммунальное хозяйство Российской Федерации.

Актуальность исследования на тематику «цифровизация в энергетике» обусловлена трансформационными процессами в энергетике государства, формирующимися под влиянием создания цифровой экономики и развития различных инновационных технологий.

По этой причине, целью статьи выступает анализ основных тенденций цифровой трансформации энергетической отрасли Российской Федерации.

Для этого, в рамках исследования, необходимо решение следующих поставленных задач:

- рассмотреть теоретические аспекты понятия «цифровизация»;
- перечислить основные проблемы развития цифровой трансформации в энергетике Российской Федерации;
- проанализировать роль энергосбережения и управления энергоэффективностью при цифровизации в энергетике;
- рассмотреть тенденции развития рынка возобновляемых источников энергии, выступающих одним из направлений цифровизации энергетики Российской Федерации;

- перечислить стимулирующие факторы развития сектора возобновляемых источников электроэнергии, которые вынуждают государству принимать механизмы и инструменты развития отрасли;

- рассмотреть отдельные примеры цифровых технологий и инноваций, применение которых снижает энергоемкость производства электрической энергии и тепловой энергии с целью поставки жилищно-коммунальных услуг.

Цифровизация, это, в первую очередь, информатизация и автоматизация бизнес-процессов предприятия, которые переходят в физическую форму цифровых данных, анализ и систематизация которых позволяют ускорить и повысить эффективность разработки и принятия управленческих решений [2].

Актуальность процесса применения цифровых технологий в российских компаниях поддерживает как само сообщество предпринимателей, так и государство, которое разработала программу «Цифровая экономика».

Общая структура национальных проектов и бюджета их государственного финансирования при реализации программы «Цифровая экономика» изображены на рисунке 1.



Рис. 1 – Федеральные проекты, входящие в реализацию государственной программы «Цифровая экономика» и размер их финансового бюджета [1].

Общий размер финансирования государственной программы РФ «Цифровая экономика» составляет 1,634 трлн рублей, из которых примерно 1,1 трлн рублей будет заимствовано из бюджетных средств консолидированного федерального бюджета страны.

Современные тенденции развития международного сообщества отражают высокую практическую роль цифровой трансформации в формировании предприятий. Поэтому реализация государственной программы «Цифровая экономика» необходима для обеспечения условий социально-экономического прогресса государства [14].

Одними из основных проблем развития цифровой трансформации в энергетике Российской Федерации выступают следующие факторы:

- дефицит бюджетных средств и недостаточный уровень финансирования национальных и региональных проектов, обеспечивающих формирование инновационной активности в экономике страны;
- отсутствие обеспечения необходимого уровня нормативно-правового поля;
- низкий уровень инновационной активности предприятий, что видно по показателю числа действующих патентов, выданных патентов на изобретения и поданных в целом патентных заявок на изобретения;
- отсутствие необходимых инструментов, позволяющих обеспечивать защиту интеллектуальной собственности;
- отсутствие эффективного механизма поддержки развития малого и среднего бизнеса, как мейкера инновационной активности внутри экономики;
- низкая степень доступа инновационных предприятий к базе финансовых ресурсов и высокая стоимость заемных средств;
- отток интеллектуальных и человеческих ресурсов высокой профессиональной квалификации, что создает дефицит кадров для инновационно-ориентированных предприятий (*тоже б статистику*).

Процесс цифровизации в энергетике, в первую очередь, обусловлен развитием системы управления энергоэффективностью, которая является одним из ключевых направлений совершенствования производственной деятельности предприятий энергетической отрасли Российской Федерации.

Архитектура цифровизации отечественной энергетики формируется исходя из следующих мировых тенденций [10; 11]:

- создание информационных платформ для потребителей;
- сокращение издержек на производство и управление путем мониторинга;
- повышение эффективности производственной деятельности;
- сокращение размера себестоимости производства энергии;
- использование широкого спектра внешних данных вместе с данными энергопотребления для повышения энергоэффективности.

Процедура цифровизации энергетики связана с тенденцией принятия решения об использовании методов и механизмов энергосбережения, путем применения инновационных технологий и моделей. Среди наиболее актуальных механизмов – использование альтернативных источников энергии для обеспечения производственных объектов электроэнергией [13].

Энергосбережение на предприятиях энергетической промышленности является одной из самых актуальных проблем зеленой экономики России, с которой те, в свою очередь, активно сталкиваются. Рост стоимости энергообеспечения производственной деятельности энергетических компаний привел к тому, что доля затрат на энергетические ресурсы возросла (в первую очередь, электроэнергию), что снизило общий уровень рентабельности и прибыльности бизнеса [12].

В связи с процессом применения энергосберегающих мер, российским предприятиям энергетической отрасли удастся в значительном объеме сокращать размер своих финансовых затрат на энергоносители и тем самым положительно влиять на финансово-экономические показатели своей

хозяйственной деятельности, повышая уровень рентабельности и прибыльности [4].

Электроэнергетика на основе возобновляемых источников энергии в России на текущий момент не играет существенной роли в энергетической системе страны, обеспечивая менее 1% совокупного объема выработки электроэнергии. Тем не менее, Правительством РФ определены основные направления государственной политики, в рамках которых предусмотрено расширение использования объектов ВИЭ в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики [5].

В качестве стимулирующих факторов развития сектора возобновляемых источников электроэнергии, государством приняты следующие механизмы и инструменты, среди которых [6]:

- устранение барьеров, которые формируются при попытке подключения объектов возобновляемых источников энергии к общей сети электропитания;
- возмещение государством финансовых затрат компаний, которые осуществляют процесс подключения к источникам возобновляемой электроэнергии для потребления в целях своих нужд;
- субсидирование производителей возобновляемой электроэнергии по их кредитным линиям, в частности, компенсация процентных ставок, которые уплачены за заемные денежные средства, направленные на капитальные вложения в новые инвестиционные проекты;
- создание системы контроля и мониторинга за достижением плановых показателей, относительно объема производства электроэнергии альтернативными источниками;
- финансирование научно-исследовательских работ, проектов, направленных на изучение максимизации и оптимизации деятельности электростанций возобновляемых источников энергии;
- стандартизация и контроль качества за производственным оборудованием объектов возобновляемых источников энергии.

Таким образом, исходя из перечня данных инструментов государственного стимулирования развития сектора альтернативных источников энергии, можно предвидеть, что данное направление развития электроэнергетики в регионах нашей страны будет становиться все более популярным и актуальным.

Исходя из данных, представленных на диаграмме (см. рисунок 2), можно проанализировать тенденцию развития рынка альтернативных источников энергии по динамике объема выработки самой электроэнергии.

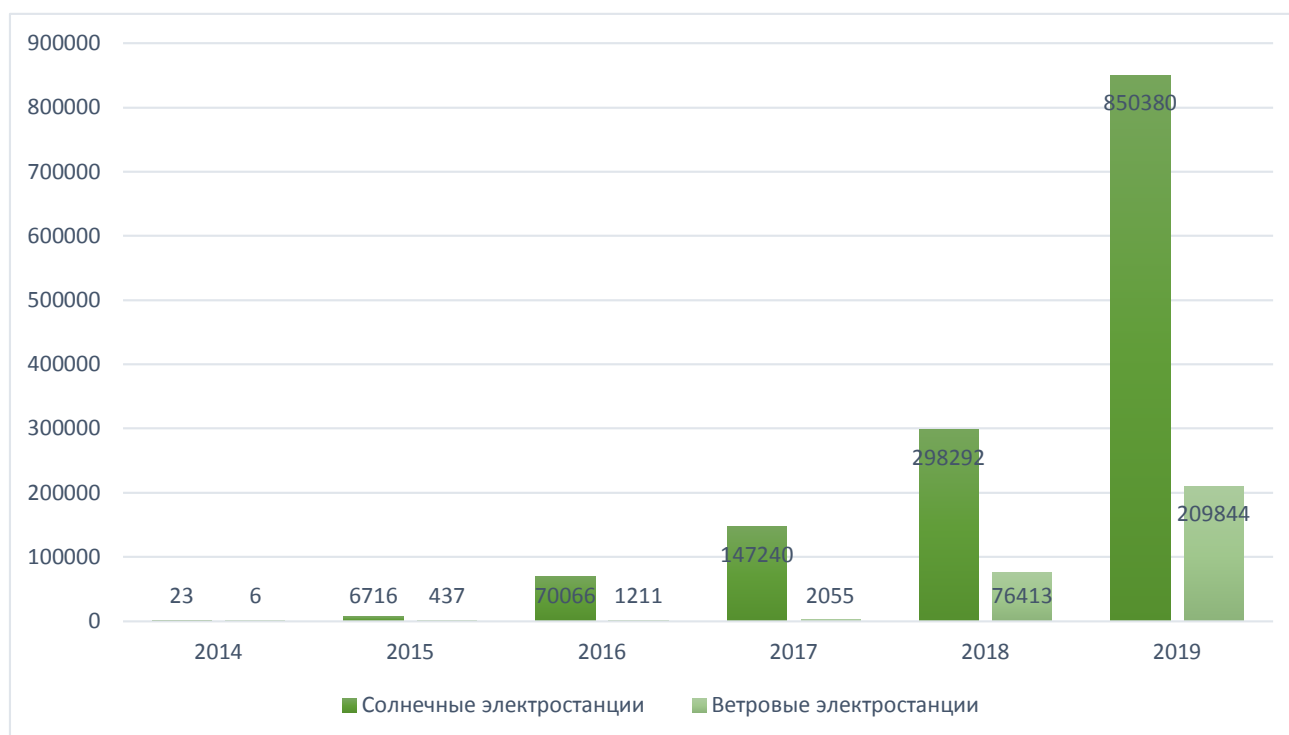


Рис. 2 – Динамика объема выработки электроэнергии при помощи возобновляемых источников энергии (солнечные и ветровые электростанции) в России в период 2014 -2019 гг., тысяч кВтч [7].

Исходя из диаграммы, стоит выделить следующие тенденции [8]:

- всплеск производства электроэнергии на солнечных электростанциях начался в период 2016 года;
- всплеск производства электроэнергии на ветровых электростанциях начался в период 2018 года;

- в 2019 году был зафиксирован рекордный рост производства электроэнергии благодаря возобновляемым источникам энергии.

Одним из главных направлений цифровизации в энергетике Российской Федерации выступает модернизация производственных мощностей, внедрение информационных и цифровых технологий, совершенствующих операционный цикл производства при управлении энергоэффективностью объектов жилой и нежилой недвижимости жилищно-коммунального комплекса, что может снизить объемы потребления тепловой энергии и электрической энергии населением в различных регионах нашей страны.

Так, управление энергоэффективностью при обеспечении теплоснабжения домов возможно при помощи технологии теплового насоса LogathermWPS 22, который потребляет до 13 кВт электрической энергии и позволяет выдавать 75 кВт тепловой энергии [9].

Таким образом, 1 кВт потраченной электрической энергии позволяет выдавать около 3 кВт тепловой энергии. Если взять за пример 9-этажный многоквартирный дом с двумя подъездами и 72 квартирами, то средняя его возможность траты электрической энергии на данном тепловом насосе составляет примерно 7000 кВт.

В результате, его функционирование позволит поставлять дому дополнительные 21000 кВт тепловой энергии, что обеспечит комфортную температуру в квартирах в порядке 19-22 градусов в зависимости от теплоизоляции их наружных стен.

Для того, чтобы рассчитать экономическую эффективность данного мероприятия, обратимся к следующей формуле 1 норматива коммунальной услуги отопления:

$$N_o = Q_o / (S_{об} * \rho_{от}) \quad (1)$$

Q_o – количество тепловой энергии, потребляемой за один отопительный период многоквартирными домами;

Sob – общая площадь всех жилых и нежилых помещений в многоквартирных домах или общая площадь жилых домов (кв.м);

Not – период, равный продолжительности отопительного периода (количество календарных месяцев, в том числе неполных, в отопительном периоде).

Для отопления за период отопительного сезона МКД потребляет 2 Гкал тепловой энергии в среднем периоде 120 дней на средние 5000 квадратных метров 9-этажного жилого дома с двумя подъездами.

В результате получается следующий расчет норматива коммунальной услуги отопления = $2/(5000*120) = 0,003$ Гкал.

Теплоснабжение домов при помощи технологии теплового насоса LogathermWPS 22 позволяет вырабатывать в сутки 0,003 Гкал путем использования 7000 кВт электроэнергии, стоимость в регионе которой составляет 1,96 руб. за 1 Кват.

Из этого следует что суточными затратами на теплоснабжение домов при помощи технологии теплового насоса LogathermWPS 22 будут 13720 руб. или 1,646 млн. руб. за весь отопительный сезон для 72-квартирного МКД с жилой площадью 5000 квадратных метров.

При этом, средние затраты такого МКД за отопительный сезон на тепло составляют примерно 2,2 млн руб.

Выходит экономия за 1 год отопительного сезона составит уже: $2,2 - 1,646 = 556$ тыс. руб.

Средняя стоимость теплового насоса LogathermWPS 22 на российском рынке составляет 500 000 руб. Таким образом, срок окупаемости вложения составит буквально 1 отопительный сезон.

При этом, преимуществом тепловых насосов является значительная их экономия в сравнении с аналогичными электронасосами. В таблице 1 проведем сравнительный анализ их эффективности.

Таким образом, применение тепловых насосов в разы экономически эффективнее, чем их электрические аналоги, потребляют энергетические затраты в 4-5 раз выше.

Таблица 1 – Сравнительный расчет затрат теплового и электронасосов с мощностью 10 кВт/час.

Наименование	Тепловой насос	Электронасос
Расход электроэнергии	2,2	10
Продолжительность работы в год/час	3000	3000
Расход электроэнергии в год	6600	30000
Энергозатраты на отопление в год/руб.	20460	93000

Другая технология, повышающая эффективность управления энергетическими затратами при предоставлении услуг теплоснабжения домов выступает применение технологии газотурбинной электростанции (ГТЭС). Данное оборудование позволяет повысить энергетическую эффективность теплоснабжения и электроснабжения муниципальных образований на 25-30%. Кроме того, высокая маневренность ПГТЭС позволит облегчить проблему покрытия переменной части графика электрической нагрузки.

Оценка экономической эффективности использования технологии газотурбинной электростанции (ГТЭС) в системах теплоснабжения выполнена с использованием критерия чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса доходности, срока окупаемости и внутренней нормы доходности.

Формула для расчета ЧДД имеет вид:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \alpha_t - \sum_{t=0}^T K_t \alpha_t, \quad (2)$$

где: R_t – приток денежных средств на шаге t ;

Z_t – отток денежных средств на шаге t ;

Kt – капитальные вложения в проект на шаге t ;

αt – коэффициент дисконтирования на шаге t .

Для расчета экономических показателей приняты следующие исходные данные, изображенные в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные оценки экономических показателей эффективности применения технологии газотурбинной электростанции.

Наименование показателя	Чистое значение
Удельные капиталовложения	42000 рублей/кВт
Тариф на электроэнергию	1,96 рублей/(кВт ч)
Тариф на тепловую энергию	3600 рублей/Гкал
Стоимость природного газа	4950 рублей/кг у.т.
T	15 лет
Внутренняя норма доходности E	11,5%

Срок окупаемости инвестиций в сооружение составил 3,2 года. Анализ результатов показывает, что применение технологии газотурбинной электростанции (ГТЭС) в системах теплоснабжения экономически эффективная (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Экономические показатели эффективности применения технологии газотурбинной электростанции.

Наименование показателя	Чистое значение
Реализация электроэнергии, млн. руб.	136,27
Реализация тепловой энергии, млн. руб.	186,75
Валовая прибыль, млн. руб.	183,42
Затраты по проекту, млн. руб.	161,71
ЧПДС, млн. руб.	161,31
Коэффициент дисконтирования	0,15715
Накопленный ЧДД, млн руб. на 15 лет	553,73

Еще одной цифровой технологией совершенствования энергетики в Российской Федерации выступает использование нечетких нейронных сетей. Данный тип технологии нейронных сетей может гибко настраиваться и

регулироваться человеком, не требует большого количества времени для самообучения.

Чтобы более четко понимать сущность данной технологии, рассмотрим пример того, как нечеткие нейронные сети могут повысить уровень надежности предоставления ЖКХ услуг населению по подаче электроснабжения.

В органы регулирования поступает информация о том, что в регионе ожидается штормовое предупреждение. Это может привести к обрыву участков электропередачи сетей, которые наименее надежные. Необходимы профилактические работы, которые требуют больших трудовых и временных затрат рабочего персонала.

Нечеткие нейронные сети проводят анализ всей инфраструктуры электроснабжения. Проводится оценка наиболее уязвимых мест, которые могут быть повреждены. В следствии, система дает рекомендации техническим службам. Ответственные службы проведут контроль опасного участка и сделают отчет по работе. Вся отчетность вносится в базу данных для ее актуализации и дальнейшей обработки. Таким образом, система исключает перебои электроэнергии из-за погодных условий.

Подводя итоги исследования, можно прийти к следующим заключениям:

1. Процесс цифровизации в энергетике, в первую очередь, обусловлен развитием системы управления энергоэффективностью, которая является одним из ключевых направлений совершенствования производственной деятельности предприятий энергетической отрасли Российской Федерации.

2. Цифровизации энергетики связана с тенденцией принятия решения об использовании методов и механизмов энергосбережения, путем применения инновационных технологий и моделей. Среди наиболее актуальных механизмов – использование альтернативных источников энергии для обеспечения производственных объектов электроэнергией.

3. Одним из главных направлений цифровизации в энергетике Российской Федерации выступает модернизация производственных мощностей, внедрение

информационных и цифровых технологий, совершенствующих операционный цикл производства при управлении энергоэффективностью объектов жилой и нежилой недвижимости жилищно-коммунального комплекса. Это может снизить объемы потребления тепловой энергии и электрической энергии населением в различных регионах нашей страны.

Библиографический список:

1. Национальный проект «Цифровая экономика». URL: <http://static.government.ru/media/files/3b1AsVA1v3VziZip5VzAY8RTcLEbdCst.pdf> (дата обращения: 14.12.2020).
2. Кешелава А.В. Цифровая трансформация предприятия. URL: http://spkurdyumov.ru/digital_economy/cifrovaya-transformaciya-predpriyatiya/ (дата обращения: 14.12.2020).
3. Авдеева И.Л. Анализ перспектив развития цифровой экономики в России и за рубежом // Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы. Труды научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 19-25.
4. Мещерякова, Т. С. Организация управления энергозатратами на предприятии / Т. С. Мещерякова // Энергосбережение. – 2015. – №6. – С. 64-67.
5. Развитие альтернативной энергетики в России. URL: http://www.rational.ru/sites/default/files/analitic_article/Развитие%20альтернативной%20энергетики%20в%20России%201.pdf (дата обращения: 14.12.2020).
6. Маликова, О. И. Государственная политика в области развития возобновляемой энергетики / О. И. Маликова, М. А. Златникова // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. №72.
7. Рынок электроэнергии и мощности. URL: <https://www.npsr.ru/ru/market/vie/index.htm> (дата обращения: 14.12.2020).

8. Сайфутдинова, Г. Б. Применение возобновляемых источников энергии в ресурсосбережении российской энергетики / Г. Б. Сайфутдинова, Д. Л. Палуку // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. №4-3.
9. Огай В.А., Довбыш В.О., Медведев Е.В. Инновации в ЖКХ как средство увеличения энергоэффективности и способ повышения качества услуг // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2015. №1 (11).
10. Мозохин А.Е., Шведенко В.Н. Анализ направлений развития цифровизации отечественных и зарубежных энергетических систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. №4.
11. Ахметшин Э.Р. Цифровые технологии в энергетике // Проблемы науки. 2019. №3 (39).
12. Конспект и презентации лекций В.В. Харитонова на портале каф.72. URL: <http://portelai.mephi.ru/kaf2/072/>.
13. Абрамов В.И., Акулова Н.Л., Анисов Е.В., Головин Н.В., Головин О.Л., Жерноклева Н.С., Иванов И.А., Матягина А.Н., Морозова М.А., Разепова Н.И., Сверчков Д.Ю., Фахрутдинов А.Р. Цифровая трансформация экономики: учебное пособие / под общ. ред. В.И. Абрамова, О.Л. Головина. М: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". 2020. 142с.
14. Борисов В.Н., Буданов И.А., Вальтух К.К., Гаврилов С.Л. и др. Инновационно-технологическое развитие экономики России: проблемы, факторы, стратегии, прогнозы / под общ. ред. В.В. Ивантера. М: МАКС Пресс, 2005. 592с.

Оригинальность 90%