

11. Asaul V. V., Koshcheev V. A., Tsvetkov Yu. A. Assessment of the competitiveness of organizations in the digital economy. *Issues of innovative economics*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 533—548. (In Russ.) DOI: 10.18334/vinec.10.1.100025.
12. Koshcheev V. A., Tsvetkov Yu. A., Vishnivetskaya A. I. Elements of the digital economy in housing and communal services. *Bulletin of civil engineers*, 2019, no. 2(73), pp. 173—179. (In Russ.)
13. Pesotskaya E. V., Petrov I. S., Ablyazov T. Kh. Application of the method of engineering forecasting in the management of the competitiveness of a construction organization. *Economy and entrepreneurship*, 2017, no. 12-4(89), pp. 889—893. (In Russ.)
14. Koneva M. V. Control of mutual settlements with counterparties using ICT in the accounting of construction organizations. *Natural humanities research journal*, 2020, no. 31(5), p. 335. (In Russ.)
15. Vasilyeva N. K., Shol V. V., Shol Yu. N., Strizhakova O. M. Features of the analysis of balance sheet liquidity, solvency and financial stability of the agricultural consumer cooperative Anastasievsky. *Economy and Entrepreneurship*, 2018, no. 3(92), pp. 720—722. (In Russ.)

**Как цитировать статью:** Конева М. В. Применение информационных и коммуникационных технологий в оценке конкурентоспособности субъектов строительного бизнеса // Бизнес. Образование. Право. 2021. № 2 (55). С. 116—122. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.225.

**For citation:** Koneva M. V. Application of information and communication technologies in assessing the competitiveness of construction business entities. *Business. Education. Law*, 2021, no. 2, pp. 116—122. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.225.

УДК 330  
ББК 65.9

DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.214

**Surzhaninov Aleksey Georgievich**,  
Instrumentation and Control Engineer,  
Interregional Service Company (MSK+),  
Russian Federation, Saint Petersburg,  
e-mail: surschaninov@yandex.ru

**Суржанинов Алексей Георгиевич**,  
инженер КИПиА,  
Межрегиональная сервисная компания (МСК+),  
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,  
e-mail: surschaninov@yandex.ru

## АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

### ANALYSIS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE REGIONAL THERMAL ENERGY COMPLEX

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством  
08.00.05 — Economics and management of national economy

Статья посвящена проблеме инновационного развития теплоэнергетического сектора на региональном уровне, который в настоящее время переживает очень глубокие преобразования, связанные с переходом от традиционной энергетики к новым технологиям и возобновляемым источникам энергии, от централизованной генерации к распределенным технологиям и от предложения только теплоэнергии к объединению инновационных продуктов и услуг, связанных с ней. Новые технологии играют в этом ключевую роль, поскольку они определяют динамику изменений. Инновационный подход позволяет изменить текущую бизнес-модель и воспользоваться возможностями, которые появляются на энергетическом рынке. Анализ современного состояния инновационного развития регионального теплоэнергетического комплекса г. Санкт-Петербурга позволил выявить серьезные ограничения данных процессов: рост доли тепловых сетей, требующих замены, увеличение аварийных объектов в теплоэнергетическом секторе региона, недостаточное финансирование для внедрения новых технологий. Цель статьи — описать инновации, широко внедренные в последние годы в теплоэнергетическом секторе в мире в области производства, хранения, транспортировки, защиты окружающей среды, и указать основные препятствия, которые неизбежно возникают в этом виде

деятельности в г. Санкт-Петербурге. Сформулированы наиболее перспективные направления инновационного развития теплоэнергетического регионального комплекса: системы связи для обеспечения различных операций, участвующих в процессах принятия решений, высокоэффективные ветряные генераторы, поршневые двигатели, новые защитные устройства и аппаратное обеспечение, которые помогают прогнозировать нагрузки теплоэнергетических систем и автоматизировать распределение теплоэнергии и производительность систем, распределенные реестры и блокчейн, инструменты анализа больших данных.

The article is devoted to the problem of innovative development of the thermal power sector at the regional level, which is currently undergoing very profound transformations associated with the transition from traditional energy to new technologies and renewable energy sources, from centralized generation to distributed technologies and from supplying only heat energy to combining innovative products and services related to it. New technologies play a key role in this process, as they determine the dynamics of change. An innovative approach is changing the current business model and taking advantage of the opportunities that are emerging in the energy market. Analysis of the current state of innovative development of the regional heat and

*power complex in St. Petersburg revealed serious limitations of these processes: an increase in the share of heating networks that need renovating, an increase in emergency facilities in the heat and power sector of the region, insufficient funding of the introduction of new technologies. The purpose of the article is to describe the innovations widely introduced in recent years in the thermal power sector in the world in the field of production, storage, transportation, and environmental protection, and to indicate the main obstacles that inevitably arise in this type of activity in St. Petersburg. The most promising directions of innovative development of the heat and power regional complex are the following: communication systems to ensure various operations involved in decision-making processes, highly efficient wind generators, piston engines, new protective devices and hardware that help predict the loads of heat and power systems and automate the distribution of heat and system performance, distributed ledgers and block chain, and big data analysis tools.*

*Ключевые слова: энергетическая система, технологии, инновации, г. Санкт-Петербург, энергетический рынок, традиционная энергетика, теплоэнергетика, износ основных средств, тепловые сети, баланс между спросом и предложением.*

*Keywords: energy system, technologies, innovations, St. Petersburg, energy market, traditional energy, heat power engineering, depreciation of fixed assets, heat networks, balance between supply and demand.*

### Введение

**Актуальность** статьи обусловлена тем, что трансформация глобальной энергетической системы идет полным ходом, что обусловлено необходимостью решения проблемы изменения климата и расширения доступа к безопасным источникам энергии, а также за счет конкурентоспособных по стоимости возобновляемых источников энергии и новых инновационных технических, политических и рыночных решений. Технологические инновации были и будут оставаться решающим фактором прогресса, но необходимо обновить приоритеты инноваций, чтобы решить новые проблемы интеграции высокой доли возобновляемых источников энергии и электрификации секторов конечного использования транспорта, промышленности и зданий. Теплоэнергетический комплекс (ТЭК) требует активизации инновационных процессов, а также обосновывает **целесообразность разработки** данной темы, так как в Российской Федерации, особенно на региональном уровне, можно наблюдать серьезные проблемы инновационного развития ТЭК.

Многие проблемы связаны с тем, что инновации должны быть шире, чем просто технологические исследования и разработки. Улучшенные технологии должны сопровождаться инновациями в бизнес-моделях, политиках, процессах и дизайне рынка и интегрироваться с ними. Государственная поддержка инноваций играет важную стимулирующую роль на всех этапах инновационного пути, и национальные программы поддержки должны быть тщательно расставлены по приоритетам.

Все вышеизложенное актуализирует **цель** настоящего исследования, которая состоит в описании инноваций, широко внедренных в последние годы в теплоэнергетическом секторе в мире в области производства, хранения, транспортировки, защиты окружающей среды, и указания основных препятствий, которые неизбежно возникают в этом

виде деятельности ТЭК в г. Санкт-Петербурге. Для достижения данной цели были решены следующие **задачи**: проведен анализ современного состояния ТЭК г. Санкт-Петербурга для выявления проблем инновационного развития; определены основные технологии и инновации, используемые в энергетических системах развитых стран мира; установлены перспективы их использования в региональных ТЭК регионов России.

Проблемы развития российской энергетики и теплоэнергетического комплекса на протяжении последних лет являются предметом научных дискуссий. Ряд вопросов, связанных с формированием приоритетов к технологиям теплоэнергетики, которые отличаются наличием сложных взаимосвязей, уточнением составляющих устойчивого развития энергетической отрасли, конкретизации отдельных признаков, инновационных средств, отражен в статьях таких исследователей, как: Карабекова А. А. [1], Кашпер Г. А., Харчилава Х. П. [2], Кучеров Ю. Н., Бушуев В. В., Иванов А. В., Корев Д. А., Утц С. А., Шихина А. В. [3], Никулин Н. Ю., Кушев Л. А., Темников Д. О. [4]. Работы Стенникова В. А., Пеньковского А. В., Постникова И. В., Еделевой П. А., Медниковой Е. Е., Добровольской Т. В., Соколова П. А. [5], Суходаевой С. Е., Айзенберга И. И. [6] служат основой для дальнейшего определения экономического эффекта инновационных технологий в рамках эффективного взаимодействия субъектов ТЭК. Новые подходы к взаимодействию субъектов теплоэнергетического сектора в процессе финансирования, оценки экономической эффективности инновационных энергетических технологий отражены в исследованиях Березниковой Л. А., Дли С. М. [7], Лившица С. А. [8].

Однако количество публикаций, в которых отражены адекватные возможности инновационного развития ТЭК, учитывающих особенности территорий, для выработки реальной стратегии обеспечения регионов России теплоэнергией недостаточно. Быстрые изменения во внешней среде требуют должного внимания исследованию современной ситуации в сфере теплоэнергетики регионов, инновационной составляющей данных процессов.

В качестве **новизны** исследования можно отметить выделение наиболее перспективных направлений инновационного развития теплоэнергетического регионального комплекса: систем связи для обеспечения различных операций, участвующих в процессах принятия решений, новых защитных устройств и аппаратного обеспечения, которые помогают прогнозировать нагрузки теплоэнергетических систем и автоматизировать распределение теплоэнергии и производительность систем.

**Теоретическая значимость** заключается в обосновании ключевой роли новых технологий в функционировании современных ТЭК, поскольку они определяют динамику изменений, что позволяет выделить инновационный подход для изменения текущей бизнес-модели энергетических систем и использования возможностей, которые появляются на энергетическом рынке.

**Практическая значимость** результатов статьи связана с тем, что использование в практической деятельности ТЭК современных технологий позволит точно решать проблемы отрасли и более эффективно использовать ограниченные финансовые ресурсы. Кроме того, внедрение инноваций и технологий позволит увеличить энергоэффективность ТЭК, снизить потери теплоэнергии, повысить рентабельность данного вида деятельности.

### Основная часть

**Методология исследования.** При подготовке статьи использовались методы экономико-статистического, ситуационного анализа, графическая интерпретация статистической информации.

**Результаты исследования.** В течение нескольких лет в энергетическом секторе России происходили глубокие преобразования, при этом достаточно длительное время декларирование инновационных приоритетов не вызывало надлежащей обратной реакции со стороны субъектов реальной экономики, что в конечном итоге приводило к недейственности соответствующей государственной политики. В этом контексте следует отметить, что даже самые совершенные средства государственной поддержки инновационной деятельности демонстрируют свою неэффективность при сохранении в стране макроэкономической среды, неблагоприятной для развития и распространения инноваций.

Причиной указанных негативных тенденций является то, что подавляющее большинство субъектов хозяйствования в России не склонно рассматривать инновационную деятельность как основное средство получения конкурентных преимуществ в современной конкурентной экономике.

Рассмотрим современные тенденции развития ТЭК г. Санкт-Петербурга. Следует отметить, что уровень инновационного развития недостаточно высокий. Это связано в том числе с высоким уровнем износа основных средств в отрасли (рис. 1).

Данные рисунка показывают не только высокий уровень износа в секторе производства, передачи и распределения пара и горячей воды, но и значительное отставание данного показателя в исследуемой сфере. Кроме того, возрастает удельный вес объектов инфраструктуры ТЭК, требующих капитального ремонта либо замены, в общей протяженности сетевых коммуникаций (рис. 2).

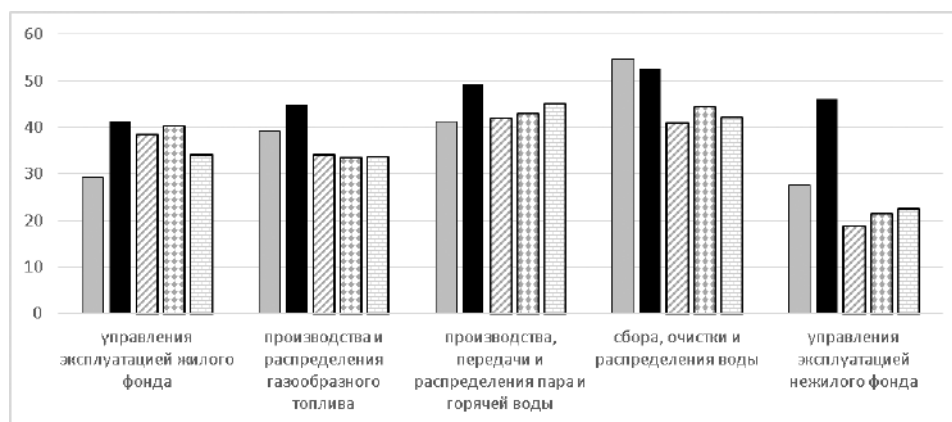


Рис. 1. Уровень износа основных фондов в жилищно-коммунальной сфере, % [9]

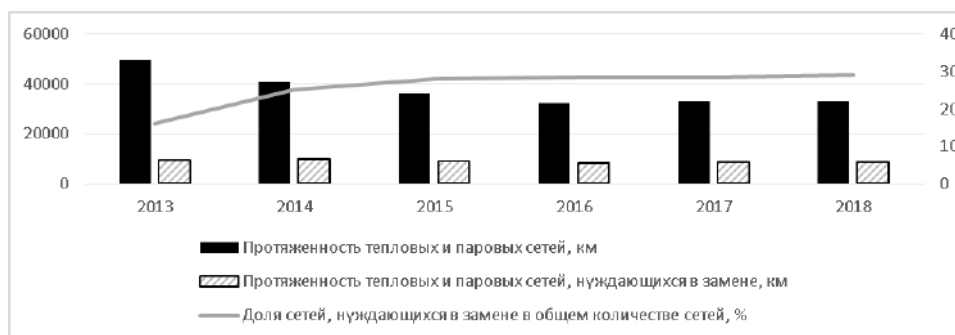


Рис. 2. Динамика тепловых и паровых сетей [9]

Как мы видим, удельный вес сетей, которые нуждаются в замене, растет, коммуникации устаревают. Еще одной негативной тенденцией является сокращение протяженности тепловых и паровых сетей в г. Санкт-Петербурге, что не соответствует темпам роста нового строительства. Данное сокращение может негативно отразиться на уровне жизни населения города, а также является основным фактором аварийности при оказании данной коммунальной услуги. Таким образом, можно сказать, что объекты коммунальной инфраструктуры в г. Санкт-Петербурге находятся в плачевном состоянии. Помимо того, что их износ превышает 50 % [9], еще и ежегодно снижается количество и протяженность ввода новых объектов, увеличивается аварийность, растет время, на протяжении которого потребители остаются без получения необходимых коммунальных услуг.

Все это позволяет говорить о необходимости активизации инновационных процессов в энергетической системе. В последнее время энергетические системы также включают систему связи для обеспечения различных операций, участвующих в процессах принятия решений. Как и в энергетической системе, в наши дни для разработки метода спроса и предложения теплоэлектроэнергии используются инновационные технологии. Это способствует повышению энергоэффективности, дает возможность бизнесу улучшить работу, снизить потери, связанные с традиционными технологиями [10].

Распределение теплоэлектроэнергии требует правильного управления, планирования и инноваций различными способами, чтобы противостоять изменяющемуся характеру электроэнергетической системы, возможностей и ресурсов. У распределительной теплоэнергетики есть будущее,

чтобы характеризовать меняющиеся потребности и парадигмы в инновациях и планировании через распределительные технологии.

Меняющаяся парадигма предполагает локальный балансирующий контроль над ресурсами дистрибьютора. Изменения в характере клиентов и ресурсов имеют разные бизнес-модели. Самобалансировка обычно происходит на географическом уровне, имеющем систему распределения для сети передачи, позволяя балансировать и интегрировать переменные распределенные контролируемые и гибкие нагрузки [11].

Развитие новых технологий и инвестиции в новую инфраструктуру модернизируют энергетические системы. Новые системы распределения энергии, которые включают высокоэффективные ветряные генераторы, поршневые двигатели, фотоэлектрические системы, топливные элементы, системы хранения энергии, микротурбины и дополнительные электрические транспортные средства, способствуют повышению надежности и безопасности распределения энергетических ресурсов. Эти передовые технологии помогают рассматривать и решать проблемы, существующие в традиционных энергетических системах, которые касаются качества электроэнергии, режима работы и ограничений потерь. Эти новые технологии гарантируют надежность и безопасность энергетических систем и высокую степень защиты [12].

Развитие технологий также приводит к инновациям в новых защитных устройствах и аппаратном обеспечении, которые обеспечивают постоянную надежность, защиту и эффективность работы энергетических систем, а также гарантируют, что подача теплоэнергии останется в установленных пределах в течение дня. Другие передовые технологии, такие как локальные датчики, статический интеллект и электромеханические устройства, помогают инженерам теплоэнергетических систем прогнозировать нагрузки. Это улучшает автоматизацию распределения теплоэнергии и производительность систем. Такие технологии, как предохранители, реле и автоматические выключатели, также обеспечивают защиту энергетических систем [12, 13]. Таким образом, это показывает, что интеллектуальные технологии оказывают значительное положительное влияние на эффективность теплоэнергетического комплекса региона.

Распределенные реестры и блокчейн — новые технологии, которые вызывают большой интерес у сетевых компаний, национального правительства, финансовых учреждений и разработчиков технологий. Многочисленные исследования показывают, что блокчейн приносит значительные преимущества для теплоэнергетического комплекса региона. Использование технологии блочной цепи улучшает развитие, защиту и работу ТЭК. С помощью блокчейна достигается прозрачность и безопасность. Исследования показывают, что с технологическим прогрессом энергетические системы стремительно развиваются в области коммуникации и информации [14, 15]. В теплоэнергосистему устанавливаются многочисленные инновационные измерительные устройства, которые образуют распределенную систему мониторинга энергоресурсов, усовершенствованную измерительную инфраструктуру и высокочастотные синхронизированные системы информирования на обширной территории. Эти системы с большой скоростью гарантируют создание огромного объема данных о расходе теплоэнергии, которые помогают улучшить характеристики теплоэнергетического комплекса региона для лучшей работы. Инструменты

анализа больших данных поддерживают проектирование инновационных теплоэнергетических систем. С помощью инструментов анализа больших данных выявляются проблемы и потребности теплоэнергетического комплекса региона и возможные направления улучшения работы теплоэнергетической системы и, как следствие, достигается развитие, высокая прибыль и рост.

### Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что инновации и технологии необходимы для изобретения высокоэффективной, устойчивой и доступной теплоэнергетической системы. В настоящее время потребность в теплоэнергии увеличивается. Усовершенствования открывают доступ к теплоэнергии, что ведет к повышению уровня жизни людей, а также приводит к увеличению спроса на теплоэнергию со временем. Быстро растущие потребности в повышении энергоэффективности и потребность в более инновационной теплоэнергетической системе, которая была бы эффективной и способной удовлетворить растущие потребности, сопровождаются рассмотрением проблем изменения климата, поскольку новые энергетические системы должны быть эффективными с точки зрения сокращения выбросов углерода. Технологический прогресс помогает энергетическим компаниям создавать эффективные теплоэнергетические системы, отвечающие растущему производству и спросу на энергоресурсы, а также обеспечивающие экологически безопасную деятельность.

Передовые технологии, такие как сенсорные системы, интеллектуальные счетчики, эффективные электрические сети, устройства хранения, системы контроля, передатчики, системы осведомленности, инструменты анализа больших данных и т. д., считаются инновациями в технологиях, которые лучшим способом поддерживают работу энергетических систем. Технический прогресс приводит к изменению операций, развития бизнеса и защиты теплоэнергетических систем, обеспечивает высокую энергоэффективность. Он помогает сформировать эффективную систему распределения, которая позволяет поддерживать баланс между спросом и предложением. Благодаря технологиям скорость производства, поставки, распределения и обслуживания улучшается, тем самым поддерживая эффективность энергосистем.

Таким образом, в целом обзор многочисленных исследований показывает, что развитие технологий меняет производство, операции, защиту, бизнес и развитие в теплоэнергетическом секторе. Оно обеспечивает развитие инновационных теплоэнергетических систем, которые обеспечивают баланс между спросом и предложением энергии в регионе, а также обеспечивает будущее развитие за счет увеличения производственных мощностей и прогнозирования спроса на теплоэнергию на рынке. Благодаря внедрению инновационных технологий в теплоэнергетические системы предприятия понимают, как они достигают высокой производственной эффективности, и получают возможность прогнозировать растущий спрос на теплоэнергию. При этом использование технологий не только улучшает работу и производство регионального ТЭК, но и снижает стоимость и выбросы углерода, что касается этической и социальной ответственности бизнеса перед заинтересованными сторонами, экономической и общей окружающей средой.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карабекова А. А. Развитие тепловой энергетики: анализ, проблемы, перспективы // Известия СПбГЭУ. 2017. № 3(105). С. 123—127.
2. Кашпер Г. А., Харчилава Х. П. Развитие электро- и теплоэнергетики России: проблемы и перспективы // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. № 3. С. 392—409.
3. Комплексное развитие новых технологий энергожизнеобеспечения Smart cities / Ю. Н. Кучеров, В. В. Бушуев, А. В. Иванов, Д. А. Корев, С. А. Утц, А. В. Шихина // Окружающая среда и энерговедение. 2019. № 3. С. 49—69.
4. Никулин Н. Ю., Кушев Л. А., Темников Д. О. Современные технологические аспекты развития систем теплоснабжения // Современное строительство и архитектура. 2016. № 4(04). С. 29—33.
5. Научно-методическое обеспечение оптимального развития теплоснабжения и его практическая реализация на территории Иркутской области / В. А. Стенников, А. В. Пеньковский, И. В. Постников, П. А. Еделева, Е. Е. Медникова, Т. В. Добровольская, П. А. Соколов // Вестник ИрГТУ. 2019. № 4(147). С. 751—763.
6. Суходаева С. Е., Айзенберг И. И. Реконструкция локальной системы теплоснабжения на основе анализа технического состояния тепловых сетей и теплоисточников // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. № 3(26). С. 130—141.
7. Березникова Л. А., Дли С. М. Схема финансирования инновационных процессов в теплоэнергетике // ТДР. 2015. № 6. С. 34—35.
8. Лившиц С. А. Возможности энергосберегающих технологий в современной российской энергетической отрасли // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 3-1. С. 75—77.
9. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru>.
10. IRENA's 2018 report, Global energy transformation: a roadmap to 2050. URL: <https://www.irena.org/publications/2018>.
11. Stokes L. C. Renewable energy policy design and framing influence public support in the United States // Nature Energy. 2017. No. 2.
12. Kutschke A., Rese A., Baier D. The effects of locational factors on the performance of innovation networks in the German energy sector // Sustainability. 2016. No. 8(12). P. 1281. DOI: 10.3390/su8121281.
13. Малкова Т. Б. Инновационные возможности хозяйствующих субъектов при формировании интегрированной структуры теплоэнергетики в регионе // Вестник Института экономики РАН. 2014. № 3. С. 90—101.
14. Akhavan-Hejazi H., Mohsenian-Rad H. Power systems big data analytics: an assessment of paradigm shift barriers and prospects // Energy Reports. 2018. No. 4. Pp. 91—100.
15. Lockwood M. Creating protective space for innovation in electricity distribution networks in Great Britain: the politics of institutional change // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2016. No. 18. Pp. 111—127.

## REFERENCES

1. Karabekova A. A. Development of thermal power engineering: analysis, problems, prospects. *Izvestia SPbGEU*, 2017, no. 3(105), pp. 123—127. (In Russ.)
2. Kashper G. A., Kharchilava Kh. P. Development of electric and heat power engineering in Russia: problems and prospects. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*, 2019, no. 3, pp. 392—409. (In Russ.)
3. Kucherov Yu. N., Bushuev V. V., Ivanov A. V., Korev D. A., Utts S. A., Shikhina A. V. Complex development of new technologies for energy supply of Smart cities. *Environment and energy science*, 2019, no. 3, pp. 49—69. (In Russ.)
4. Nikulin N. Yu., Kushchev L. A., Temnikov D. O. Modern technological aspects of the development of heat supply systems. *Modern construction and architecture*, 2016, no. 4(04), pp. 29—33. (In Russ.)
5. Stennikov V. A., Penkovsky A. V., Postnikov I. V., Edeleva P. A., Mednikova E. E., Dobrovolskaya T. V., Sokolov P. A. Scientific and methodological support for the optimal development of heat supply and its practical implementation in the Irkutsk region. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*, 2019, no. 4(147), pp. 751—763. (In Russ.)
6. Sukhodaeva S. E., Aizenberg I. I. Reconstruction of the local heat supply system based on the analysis of the technical condition of heating networks and heat sources. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*, 2018, no. 3(26), pp. 130—141. (In Russ.)
7. Bereznikova L. A., Dli S. M. The scheme of financing of innovative processes in heat power engineering. *Transport business of Russia*, 2015, no. 6, pp. 34—35. (In Russ.)
8. Livshits S. A. Possibilities of energy saving technologies in the modern Russian energy industry. *Actual problems of the humanities and natural sciences*, 2017, no. 3-1, pp. 75—77. (In Russ.)
9. *Official site of the Federal State Statistics Service*. (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru>.
10. *IRENA's 2018 report, Global energy transformation: a roadmap to 2050*. URL: <https://www.irena.org/publications/2018>.
11. Stokes L. C. Renewable energy policy design and framing influence public support in the United States. *Nature Energy*, 2017, no. 2.
12. Kutschke A., Rese A., Baier D. The effects of locational factors on the performance of innovation networks in the German energy sector. *Sustainability*, 2016, no. 8(12), p. 1281. DOI: 10.3390/su8121281.
13. Malkova T. B. Innovative opportunities of business entities in the formation of an integrated structure of heat and power in the region. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 2014, no. 3, pp. 90—101. (In Russ.)
14. Akhavan-Hejazi H., Mohsenian-Rad H. Power systems big data analytics: an assessment of paradigm shift barriers and prospects. *Energy Reports*, 2018, no. 4, pp. 91—100.

15. Lockwood M. Creating protective space for innovation in electricity distribution networks in Great Britain: the politics of institutional change. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2016, no. 18, pp. 111—127.

**Как цитировать статью:** Суржанинов А. Г. Анализ инновационного развития регионального теплоэнергетического комплекса // Бизнес. Образование. Право. 2021. № 2 (55). С. 122—127. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.214.

**For citation:** Surzhaninov A. G. Analysis of innovative development of the regional thermal energy complex. *Business. Education. Law*, 2021, no. 2, pp. 122—127. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.214.

**УДК 330.11.4:330.3**  
**ББК 65.050**

**DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.228**

**Kuznetsov Sergey Borisovich**,  
Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department  
of Computer Science and Mathematics,  
Siberian Institute of Management —  
Branch of RANEPА,  
Russian Federation, Novosibirsk,  
e-mail: sbk@ngs.ru

**Кузнецов Сергей Борисович**,  
канд. физ.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедры информатики и математики,  
Сибирский институт управления —  
филиал Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы,  
Российская Федерация, г. Новосибирск,  
e-mail: sbk@ngs.ru

**Kuligin Evgeny Vyacheslavovich**,  
Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department  
of Computer Science and Mathematics,  
Siberian Institute of Management —  
Branch of RANEPА,  
Russian Federation, Novosibirsk,  
e-mail: kev49@mail.ru

**Кулигин Евгений Вячеславович**,  
канд. физ.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедры информатики и математики,  
Сибирский институт управления —  
филиал Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы,  
Российская Федерация, г. Новосибирск,  
e-mail: kev49@mail.ru

## ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЛОВОГО ПРОДУКТА

### INTEGRO-DIFFERENTIAL MODELING OF GROSS PRODUCT

08.00.13 — Математические и инструментальные методы экономики

08.00.13 — Mathematical and instrumental controls of economics

Целью работы является получение аналитической зависимости валового внутреннего продукта от изменения основных факторов производства: трудовых ресурсов, физического капитала и природных ресурсов. Основываясь на аппарате векторного анализа, получено интегро-дифференциальное уравнение изменения валового продукта. Рассмотрены частные случаи уравнения, описывающего стабильный рост валового продукта. Полученное в этом случае уравнение является обобщением теоремы Лагранжа о конечных приращениях.

Инвестирование, ввод в строй оборудования, освоение природных ресурсов, создание человеческого капитала — это явления, которые не происходят мгновенно, а имеют протяженность во времени. Поэтому вывод интегро-дифференциального уравнения основывался на понятии динамической дивергенции и ее свойствах. Динамическая дивергенция позволяет учитывать процессы запаздывания, которые возникают в развитии экономики.

Приводится конечно-разностная модель интегро-дифференциального уравнения. Для получения прогнозного значения валового продукта используются значения валового продукта и основных факторов производства двух предыдущих лет.

Проведено численное моделирование изменения валового внутреннего продукта и валовой добавленной стоимости

в период с 2001 по 2018 г. Полученные результаты дают очень хорошую модель в период стабильного роста экономики, но в кризис и посткризисный период удается только уловить общую динамику развития. Это явление связано с тем, что за временной шаг брался один год, а, согласно теории разностных схем, хороший результат следует ждать только на ежемесячных данных.

Эконометрический аналог уравнения может быть одним из инструментов при прогнозировании валового продукта в краткосрочной перспективе.

The aim of the work is to obtain the analytical dependence of the gross domestic product on changes in the main factors of production: labor resources, physical capital and natural resources. The integro-differential equation of the gross product change was obtained based on the apparatus of vector analysis. Cases of the equation describing the stable growth of the gross product are considered. The equation obtained in this case is a generalization of Lagrange's theorem on finite increments.

Investment, commissioning of equipment, development of natural resources, and creation of human capital — these are phenomena that do not happen instantly, but take a length of time. Therefore, the derivation of the integro-differential equation was based on the concept of dynamic divergence and its