

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кузьма И.Е. Целостный инфраструктурный комплекс крупного города как фактор устойчивости региональной экономики // Human Progress. 2026. Том 12, Вып. 4. URL: http://progress-human.com/images/2026/Tom12_4/Kuzma.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2026-4a-11.

ЦЕЛОСТНЫЙ ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ КОМПЛЕКС КРУПНОГО ГОРОДА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Кузьма Ирина Евгеньевна

первый заместитель руководителя,
ГБУ г. Москвы «Московский аналитический центр в сфере городского хозяйства»,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена формированию целостного инфраструктурного комплекса крупного города (на примере г. Москвы). Автором обосновывается необходимость перехода от отраслевого к системному рассмотрению инфраструктуры города, включающей транспортную, энергетическую, коммунальную, социальную и цифровую составляющие. Выявлены и охарактеризованы четыре типа связей (технологические, пространственные, институциональные, временные), обеспечивающих свойство целостности, а также три группы барьеров, препятствующих формированию этих связей (институциональные, финансовые, информационные). Предложена методика количественной оценки синергетического эффекта от интеграции отраслевых инфраструктурных подсистем.

Ключевые слова: региональная экономика, городское хозяйство, цифровая трансформация, мегаполис, инфраструктурный комплекс, Москва.

Введение

Современное состояние инфраструктурных отраслей г. Москвы характеризуется следующим противоречием: несмотря на высокие технологические достижения и значительные объемы инвестиций, устойчивость региональной экономической системы города остается уязвимой. Одной из главных причин этого является отраслевая разобщенность управления. Она проявляется в раздельном планировании и финансировании транспортной, энергетической, коммунальной и цифровой инфраструктуры, отсутствии механизмов компенсации сбоев в одной отрасли за счет резервов другой, а также несогласованности критериев оценки эффективности проектов раз ведомств. Это приводит к тому, что город

сталкивается с высоким износом теплосетей, хроническими пробками и отставанием в переработке отходов. Сумма технологически продвинутых отраслей не образует устойчивой системы именно из-за отсутствия их функционального единства. Для преодоления данного противоречия необходимо перейти от анализа отдельных инфраструктурных отраслей к исследованию их целостности.

Основная часть

В связи с этим предлагается ввести понятие «целостный инфраструктурный комплекс» (ЦИК) крупного города. Под ЦИК понимается совокупность взаимосвязанных инфраструктурных отраслей (транспортной, энергетической, коммунальной, цифровой и социальной), функциональное и институциональное единство которых обеспечивает устойчивое функционирование региональной экономической системы города. Особенность данного определения заключается в том, что свойство целостности не возникает автоматически с наличием всех перечисленных отраслей, а требует формирования особых связей - технологических, пространственных, временных и институциональных. Только при наличии таких связей инфраструктурный комплекс приобретает способность к взаимной компенсации сбоев и синергетическому усилению положительных эффектов от инвестиций.

Состав ЦИК определяется исходя из его целевой функции - обеспечения устойчивости региональной экономической системы города. Каждая из включенных отраслей выполняет незаменимую функцию, и выпадение любой из них делает комплекс нецелостным.

Транспортная инфраструктура формирует базу мобильности, определяя доступность рынков труда и услуг, транзакционные издержки, а также пространственную структуру города. Без развитой транспортной инфраструктуры невозможно эффективное функционирование ни одной другой отрасли: работники не смогут добраться до мест приложения труда, грузы - до складов и магазинов, а аварийные службы - до мест происшествий.

Энергетическая инфраструктура обеспечивает функционирование всех остальных отраслей и является важнейшей с точки зрения надежности. Отключение электроэнергии парализует транспорт (светофоры, метро), связь (вышки сотовой связи, дата-центры), водоснабжение (насосные станции) и социальные объекты. Именно поэтому энергетическая инфраструктура требует наивысших стандартов надежности и резервирования.

Коммунальная инфраструктура (водоснабжение, водоотведение, системы отопления, управление твердыми коммунальными отходами, ливневая канализация) поддерживает жизнеобеспечение города и санитарно-эпидемиологическую безопасность. В отличие от

энергетики, где сбои ощущаются мгновенно, проблемы в коммунальной инфраструктуре могут накапливаться годами (износ сетей, утечки, загрязнение воды), что делает ее особенно уязвимой в условиях недофинансирования и отсутствия синхронизации ремонтов с другими отраслями.

Цифровая инфраструктура (сети связи - оптоволокно, сотовая связь, Wi-Fi; дата-центры; городские платформы данных; системы видеонаблюдения и мониторинга) выступает как сквозная система, обеспечивающая сбор данных, мониторинг в реальном времени, диспетчеризацию и координацию всех остальных отраслей. Именно цифровая инфраструктура создает технологическую возможность для управления целостностью: без единой платформы данных невозможно отслеживать состояние сетей разных ведомств, прогнозировать аварии и синхронизировать ремонтные циклы.

Социальная инфраструктура (образование, здравоохранение, культура, спорт, социальное обслуживание) обслуживает человеческий капитал, без которого экономическая активность теряет смысл. Хотя социальная инфраструктура традиционно не относится к инфраструктурным отраслям в узком смысле, ее включение в ЦИК необходимо, так как: она предъявляет спрос на услуги всех остальных отраслей (транспорт - подвоз пациентов и учеников; энергетика и ЖКХ - обеспечение работы больниц и школ; цифра - телемедицина и дистанционное образование); ее размещение влияет на пространственную структуру города и нагрузки на инженерные сети; в концепции устойчивого развития социальное измерение является равноправным с экономическим и экологическим.

Отсутствие или слабое развитие любой из перечисленных отраслей делает комплекс нецелостным, а региональную экономическую систему города - уязвимой. На основе анализа московской практики можно выделить три группы барьеров, препятствующих возникновению целостной системы.

Во-первых, институциональные барьеры: разные инфраструктурные отрасли подведомственны разным департаментам и ведомствам. У каждого ведомства имеется собственный бюджет, нормативы, горизонты планирования (от годовых до пятилетних) и критерии эффективности (например, для транспорта пассажиропоток, для ЖКХ - снижение аварийности). Согласование между ведомствами происходит ситуативно, по инициативе «сверху», а не является встроенной процедурой.

Во-вторых, финансовые барьеры: бюджетные средства выделяются на отраслевые государственные программы. Межотраслевой эффект проекта (например, строительство дороги, под которой одновременно перекаладывают теплотрассу) не является основанием для дополнительного финансирования; ведомства вынуждены «выбивать» средства каждое под

свою часть, что приводит либо к отказу от синхронизации (дешевле сделать по отдельности, но потом перекапывать дорогу через год), либо к затягиванию проекта.

В-третьих, информационные барьеры: данные о состоянии сетей, планах ремонтов и инвестиционных программах ведутся в разных информационных системах, часто несовместимых друг с другом. У дорожников нет в онлайн-режиме данных о сроках эксплуатации проложенных под дорогой труб, у теплосетей - данных о плановых ремонтах дорог. Как следствие, возможность синхронизации упускается на этапе планирования.

Важнейшим свойством ЦИК является наличие разнообразных связей между его элементами. Можно выделить четыре типа таких связей.

Технологические связи проявляются в том, что цифровая инфраструктура управляет транспортными потоками (интеллектуальные транспортные системы - адаптивные светофоры, динамическое изменение скоростного режима, приоритет общественному транспорту) и энергосетями («умные» сети - автоматическое регулирование напряжения, локализация аварий, балансировка нагрузки). Также транспортная инфраструктура создает физические коридоры для прокладки коммуникаций: оптоволокно прокладывается вдоль железных дорог и в тоннелях метро, что значительно дешевле, чем строительство отдельных траншей; вдоль автомобильных дорог размещаются кабельные коллекторы, объединяющие электрические, коммуникационные и сигнальные кабели. Технологические связи наиболее очевидны и уже частично реализованы в развитых городах, однако их потенциал используется далеко не полностью из-за ведомственной разобщенности: например, данные о состоянии теплосетей могли бы использоваться для оптимизации маршрутов дорожных ремонтов, но эти системы не интегрированы.

Пространственные связи означают, что объекты разных отраслей локализованы на одной территории, и их развитие должно быть синхронизировано. Наиболее наглядный пример транспортно-пересадочный узел (ТПУ). В ТПУ пересекаются разные виды транспорта (метро, МЦД, автобусы, такси, каршеринг, велосипеды), размещаются объекты торговли и услуг (кафе, магазины, отделения банков), а часто и жилье, офисы, социальные объекты (поликлиники, МФЦ). Пространственные связи требуют координации не только на этапе эксплуатации, но и на этапе планирования: выделение земельного участка под ТПУ, проектирование, строительство, подключение к сетям - все это должно быть синхронизировано во времени и в пространстве. В г. Москве, например, программа развития ТПУ реализуется с 2011 года, и к 2024 году построено более 90 ТПУ, но потенциал пространственной интеграции используется не полностью.

Институциональные связи предполагают единое планирование, бюджетирование и ответственность, преодолевая «эффект силоса». Это наиболее сложный и дефицитный тип связей. Институциональные связи не возникают сами собой - их нужно создавать через организационные структуры (межведомственные комитеты), процедуры (межотраслевая экспертиза проектов), финансовые механизмы (межотраслевое бюджетирование, компенсаторные трансферты) и цифровые платформы, обеспечивающие обмен данными.

Временные связи требуют синхронизации жизненных циклов объектов разных отраслей. При этом существует типичная проблема: теплосети эксплуатируются 20-25 лет, дорожное покрытие - 7-10 лет; если замена теплосетей и ремонт дороги не синхронизированы, то через 2-3 года после укладки нового асфальта его приходится вскрывать для ремонта труб, что увеличивает совокупные затраты в 1,5-2 раза и создает неудобства для жителей. Временные связи предполагают: ведение единого реестра инфраструктурных объектов с указанием сроков ввода в эксплуатацию и межремонтных интервалов; планирование ремонтов с опережением - замена теплосети должна предшествовать капитальному ремонту дороги, а не следовать за ним; учет при проектировании новых объектов перспективных планов развития смежных отраслей (например, при прокладке нового водовода должно быть предусмотрено место для оптоволоконного кабеля).

В настоящее время временные связи в Москве развиты слабо. Именно этот тип связей дает наибольший экономический эффект от развития целостности и одновременно является наиболее сложным в реализации.

Наличие описанных связей порождает синергетические эффекты, которые недостижимы при отраслевом подходе. В работе выделяются три основных эффекта.

Первый эффект - эффект компенсации (замещения): сбой в одной отрасли может быть частично «поглощен» другой. Эффект компенсации тем выше, чем лучше развиты цифровая интеграция (для оповещения) и резервирование (для замещения). Приведем примеры реализации данного эффекта являются:

а) при отключении электричества мобильная связь и порталы оповещения (цифровая инфраструктура) становятся каналом координации действий граждан и аварийных служб, частично компенсируя отсутствие энергоснабжения;

б) резервное питание социально значимых объектов (больниц, школ, узлов связи) от дизель-генераторов или аккумуляторов (энергетическая инфраструктура) позволяет им функционировать при сбоях в основной сети;

в) при перекрытии дорог из-за аварии альтернативные маршруты общественного транспорта (транспортная инфраструктура) и сервисы каршеринга могут частично заместить личный автомобиль, снижая транспортный коллапс.

Второй эффект - эффект усиления (мультипликации): инвестиции в одну отрасль повышают отдачу от другой. Классический пример из московской практики: строительство новых линий метро и МЦД значительно увеличивает стоимость недвижимости в прилегающих районах - по оценкам, на 20-30% для жилой и на 30-40% для коммерческой недвижимости [1-4]. При наличии актуальной кадастровой оценки и цифрового учета это ведет к росту налога на имущество, пополняя городской бюджет. Полученные дополнительные доходы могут быть реинвестированы в развитие социальной инфраструктуры (школы, поликлиники, парки) вдоль тех же транспортных линий, что еще больше повышает привлекательность районов и усиливает положительную обратную связь. Цифровизация управления теплосетями и водопроводом (интеллектуальные счетчики, системы диспетчеризации) сокращает потери ресурсов на 15-25%, что снижает затраты на генерацию и забор воды (энергетическая и коммунальная инфраструктура) и уменьшает нагрузку на бюджеты домохозяйств и города. Согласно данным АО «Русатом Инфраструктурные решения» (предприятие госкорпорации «Росатом») внедрение систем «Цифровое теплоснабжение» и «Цифровой водоканал» позволяет снизить потери ресурсов (воды и тепла) в сетях в среднем на 11%, а по отдельным проектам, например, в сфере горячего водоснабжения, эффект может достигать и 35% [5].

Практика внедрения интеллектуальных систем учета и диспетчеризации подтверждает их высокую эффективность. Например, пилотный проект по установке «умных» счетчиков горячей воды в г. Благовещенске привел к сокращению потерь на 35%, а цифровизация тепловых пунктов в г. Новосибирске – к снижению расхода воды – на 10-20% [6-7].

Эффект усиления особенно важен для обоснования межотраслевых инвестиционных проектов: критерием эффективности должен быть не отраслевой эффект, а совокупный по всем затронутым отраслям.

Третий эффект - эффект экономии на масштабе (совместного использования): совместное использование инфраструктурных коридоров, объектов и ресурсов снижает удельные затраты. Прокладка оптоволокну в тоннелях метро или вдоль железнодорожных путей обходится в 3-5 раз дешевле, чем строительство отдельной траншеи [8]. Размещение нескольких видов коммуникаций (электрические кабели, связь, сигнализация) в общих кабельных коллекторах, построенных под дорожным полотном, снижает затраты на строительство и обслуживание по сравнению с раздельным размещением. Совместное

использование диспетчерских центров для управления транспортными потоками и энергосетями позволяет сократить операционные расходы. Этот эффект хорошо известен и используется в практике, но его потенциал ограничен ведомственными барьерами: строительство дорог и прокладка коллекторов часто финансируются из разных источников и не синхронизируются.

На рис. 1 представлена концептуальная схема целостного инфраструктурного комплекса (ЦИК) крупного города.

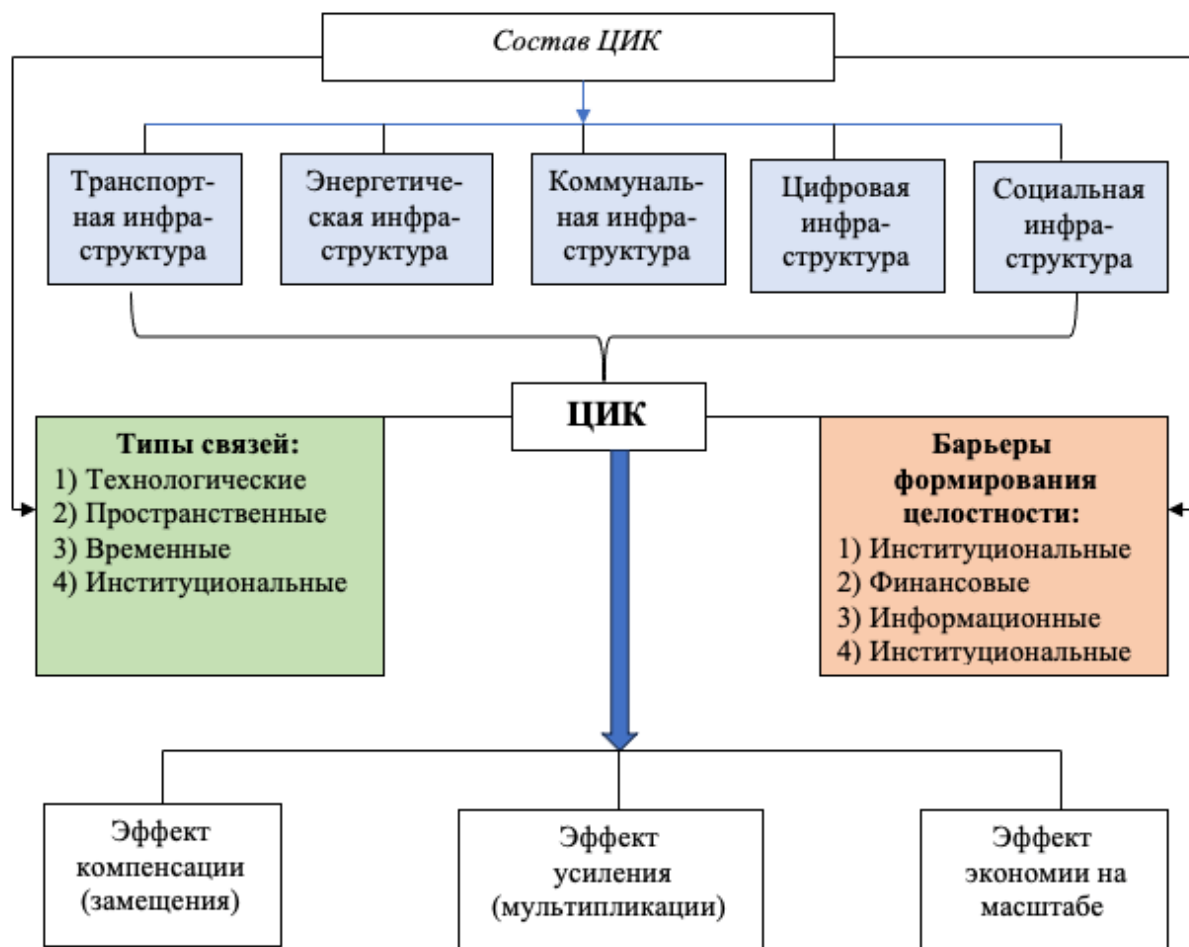


Рисунок 1 – Концептуальная схема целостного инфраструктурного комплекса (ЦИК) крупного города

Источник: составлено автором

В центре схемы расположен ЦИК как интегрирующее понятие; верхний блок демонстрирует состав ЦИК – пять инфраструктурных отраслей (транспортная, энергетическая, коммунальная, цифровая, социальная). Эти отрасли опосредованы четырьмя типами связей (технологические, пространственные, временные институциональные), обеспечивающими свойство целостности. Нижний блок отображает три синергетических

эффекта, возникающих при наличии связей – компенсации, усиления, экономии на масштабе. С левой стороны схемы вынесен блок барьеров, препятствующих формированию целостности (институциональные, финансовые, информационные), которые необходимо преодолеть для достижения синергетических эффектов.

Для перехода от качественного описания синергетических эффектов к формализованному анализу предлагаем матричную модель комплементарности отраслей целостного инфраструктурного комплекса. Пусть $I = \{i_1, i_2, i_3, i_4, i_5\}$ – множество отраслей ЦИК, где i_1 – транспортная инфраструктура, i_2 – энергетическая инфраструктура, i_3 – коммунальная инфраструктура, i_4 – цифровая инфраструктура, i_5 – социальная инфраструктура.

Определим коэффициент потенциальной компенсации $K_{ij} \in [0,1]$ как меру способности отрасли i частично заместить функционал отрасли j при ее сбое (значение 0 означает отсутствие компенсации. 1 – полное замещение).

На основе экспертного анализа и данных о технологической совместимости отраслей предлагаем следующую матрицу комплементарности (таблица 1).

Приведенные в таблице 1 численные значения коэффициентов K_{ij} получены в результате синтеза трех источников:

1) Анализ технологической совместимости отраслей. На основе данных о технической возможности замещения функций одной отрасли другой (например, способность цифровой инфраструктуры управлять транспортными потоками через интеллектуальные транспортные системы, или возможность энергетической инфраструктуры обеспечить резервное питание социальных объектов). Присвоение базовых значений производилось по следующей шкале:

Таблица 1

Матрица коэффициентов компенсации K_{ij} между отраслями ЦИК

Отрасль-донор (i) ↓	Инфраструктура:				
Отрасль-реципиент (j) →	транспортная	энергетическая	коммунальная	цифровая	социальная
транспортная	1,00	0,00	0,10	0,20	0,40
энергетическая	0,15	1,00	0,30	0,50	0,60
коммунальная	0,05	0,00	1,00	0,10	0,30
цифровая	0,40	0,30	0,20	1,00	0,50
социальная	0,10	0,05	0,05	0,10	1,00

Источник: составлено автором.

Примечание: $K_{4,1}=0,40$ – цифровая инфраструктура компенсирует сбой в транспорте через переключение светофоров на резервные алгоритмы, оповещение пассажиров, перенаправление потоков каршеринга и такси;

$K_{2,4}=0,05$ – энергетическая инфраструктура компенсирует сбой цифрой инфраструктуры через резервное питание дата-центров и узлов связи от дизель-генераторов и источников бесперебойного питания;

$K_{2,5}=0,60$ – энергетическая инфраструктура обеспечивает резервное питание социально значимых объектов (больниц, школ), что является высшей степенью компенсации;

$K_{4,2}=0,30$ – цифровая инфраструктура (системы предиктивной аналитики, «умные» сети) может частично компенсировать сбои в энергосетях через быстрое перераспределение нагрузки и локализацию аварий.

- $K=0,00$ – замещение технологически невозможно (например, транспорт не может компенсировать выработку электроэнергии);

- $K=0,10-0,20$ – замещение возможно в крайне ограниченном объеме (например, коммунальная инфраструктура может незначительно компенсировать сбой в транспортной инфраструктуре за счет предоставления техники);

- $K=0,30-0,50$ – замещение возможно по отдельным функциям (например, цифровая инфраструктура управляет светофорами при сбое транспорта);

- $K=0,60$ и более – высокая степень компенсации (например, энергетика обеспечивает резервное питание больниц при сбое в основной сети).

2) Экспертная верификация. Для уточнения и валидации полученных значений был проведен опрос 7 экспертов – руководителей и специалистов профильных департаментов г. Москвы; экспертам предлагалось оценить степень компенсации по шкале от 0 до 1 с шагом 0,1. Итоговые значения K_{ij} рассчитаны как медианные оценки после двух туров согласования (метод Дельфи). Коэффициент конкордации (согласованности мнений экспертов) составил 0,78, что говорит о высокой степени единства мнений.

3) Кейс-анализ московской практики. Отдельные коэффициенты были скорректированы на основе анализа реальных аварий и инцидентов в г. Москве в 2020-2024 гг.:

- $K_{4,1}=0,40$ – обоснован документально зафиксированной эффективностью интеллектуальной транспортной системы г. Москвы (рост пропускной способности на 15% даже при ручном управлении (данные ГКУ «ЦОДД»));

- $K_{2,5}=0,6$ – подтверждён наличием резервных источников питания на 98% социально значимых объектов столицы (по данным департамента ЖКХ);

- $K_{4,2}=0,30$ – обоснован внедрение системы «умных» сетей ПАО «Россети Московский регион», позволяющей перераспределять нагрузку без участия диспетчера;

- $k_{1,2}=0,00$ – транспорт не компенсирует энергетику – при полном отключении электроэнергии работа транспорта (метро, светофоры) полностью парализуется.

Интегральный индекс компенсационной способности ЦИК рассчитывается по формуле (1):

$$K_{\text{цик}} = 1 / (n(n-1)) \sum K_{ij} \quad (1)$$

где n – число отраслей, входящих в ЦИК ($n=5$);

$n(n-1)$ – общее число возможных пар «отрасль-донор - отрасль-реципиент» (исключая диагональ где $i=j$, то есть компенсация отрасли самой себе);

Для $n=5$: $n(n-1)=20$ пар; $\sum K_{ij}$ – сумма всех 20 коэффициентов компенсации из матрицы (где $i \neq j$).

$K_{\text{цик}}$ показывает среднюю способность отраслей к взаимной компенсации. Для предложенной матрицы $K_{\text{цик}}=0,24$ (это означает, что в среднем одна отрасль может компенсировать сбой в другой отрасли лишь на 24% от максимально возможного уровня; чем ближе значение к 1, тем выше целостность ЦИК); это говорит о низкой способности отраслей ко взаимной компенсации, то есть количественно подтверждаются вывод о том, что ЦИК г. Москвы не обладает свойством целостности.

Целевой ориентир для городов типа А (мегаполисы-лидеры): $K_{\text{цик}} \geq 0,50$; это предполагает целенаправленное развитие технологической и институциональной основы для взаимозаменяемости отраслей.

Заключение

Таким образом, в состав целостного инфраструктурного комплекса (ЦИК) входит (транспортная, энергетическая, коммунальная, цифровая, социальная инфраструктура). Можно выделить четыре типа связей (технологические, пространственные, институциональные, временные), обеспечивающих свойство целостности инфраструктурного комплекса, а также три группы барьеров, препятствующих формированию этих связей (институциональные, финансовые, информационные). Наличие связей порождает три синергетических эффекта (компенсации, усиления, экономии на масштабе), которые недостижимы при отраслевом подходе. Переход от суммы отраслей к целостному комплексу является необходимым условием повышения устойчивости региональной экономической системы города.

Список литературы

1. Бобров А.В. Влияние строительства новых станций метро на градостроительный потенциал района и инвестиционную привлекательность / А.В. Бобров // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2021. № 4. URL: <https://e-integral.ru/ru/storage/view/164510?ysclid=mov4uzxym1823194444>.
2. Жилье рядом со станциями МЦД дорожает. URL: <https://vsenovostroyki.ru/news/16258>.
3. Основная причина ценовой разницы - различия в доступе к МЦД и метро. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8568473>.
4. Как метро и МЦД меняют цены на жилье в Москве и Подмосковье. URL: <https://companies.rbc.ru/news/DXd8ujIuFK/kak-metro-i-mtsd-menyayut-tsenyi-na-zhile-v-moskve-i-podmoskove/>
5. Росатом. Эксперт сообщила, что цифровизация ЖКХ и энергетики снижает потери и затраты на ремонт. URL: https://portal1.asdg.ru/sections/gkh/novosti.php?ELEMENT_ID=383766&SECTION_ID=4158.
6. В Благовещенске «умные» счетчики снизили потери горячей воды на 35%. URL: <https://www.bashinform.ru/news/economy/2018-04-09/v-blagoveschenske-umnye-schetchiki-snizili-poteri-goryachey-vody-na-35-2168323>.
7. Приборы Взлет контролируют центральные тепловые пункты Новосибирска в онлайн-режиме. URL: <https://vzljet.moscow/kompaniya/novosti/pribory-vzlet-kontroliruyut-tsentralnye-teplovye-punkty-novosibirska-v-onlayn-rezhime/>
8. Comparative analysis and optimization of high-speed deployment methods for fiber-optic communications. URL: <https://www.ijecs.in/index.php/ijecs/article/view/531>.

AN INTEGRATED INFRASTRUCTURE COMPLEX A LARGE CITY AS A FACTOR IN THE SUSTAINABILITY OF THE REGIONAL ECONOMY

Kuzma Irina Evgenievna

First Deputy Director,
State Budgetary Institution of Moscow
"Moscow Analytical Center for Urban Development,"
Moscow, Russian Federation

Annotation. The article is devoted to the formation of an integral infrastructure complex of a large city (using the example of Moscow). The author substantiates the need to move from an industry-specific to a systematic consideration of the city's infrastructure, including transport, energy, utilities, social and digital components. Four types of connections (technological, spatial, institutional, and temporal) providing the property of integrity, as well as three groups of barriers preventing the formation of these connections (institutional, financial, and informational), are identified and characterized. A method for quantifying the synergetic effect of integrating industry-specific infrastructure subsystems is proposed.

Keywords: regional economy, urban economy, digital transformation, megapolis, infrastructure complex, Moscow.

References

1. Bobrov A.V. The impact of the construction of new metro stations on the urban development potential of the area and investment attractiveness / A.V. Bobrov // International Journal of Applied Sciences and Technologies «Integral». 2021. No. 4. URL: <https://e-integral.ru/ru/storage/view/164510?ysclid=mov4uzxym1823194444>.
2. Housing near the IDC stations is becoming more expensive. URL: <https://vsenovostroyki.ru/news/16258>.
3. The main reason for the price difference is the differences in access to the MDC and metro. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8568473>.
4. How the metro and the MDC are changing housing prices in Moscow and the Moscow region. URL: <https://companies.rbc.ru/news/DXd8ujIuFK/kak-metro-i-mtsd-menyayut-tsenyi-na-zhile-v-moskve-i-podmoskove/>
5. Rosatom. The expert said that digitalization of housing and communal services and energy reduces losses and repair costs. URL: https://portal1.asdg.ru/sections/gkh/novosti.php?ELEMENT_ID=383766&SECTION_ID=4158.
6. In Blagoveshchensk, smart meters have reduced hot water losses by 35%. URL: <https://www.bashinform.ru/news/economy/2018-04-09/v-blagoveschenske-umnye-schetchiki-snizili-poteri-goryachey-vody-na-35-2168323>.
7. The take-off devices monitor the central heating points of Novosibirsk online. URL: <https://vzljot.moscow/kompaniya/novosti/pribory-vzlet-kontroliruyut-tsentralnye-teplovye-punkty-novosibirska-v-onlayn-rezhime/>
8. Comparative analysis and optimization of methods of high-speed deployment of fiber-optic communications. URL: <https://www.ijecs.in/index.php/ijecs/article/view/531>.