© А. О. Березин, д-р экон. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: berezingasu@yandex.ru

© A. O. Berezin, Dr. Sci. Ec., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: berezingasu@yandex.ru

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КРУПНОГО ГОРОДА: КОНЦЕПЦИЯ ИЗДЕРЖЕК ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND ENERGY INFRASTRUCTURE OF A LARGE CITY: THE CONCEPT OF LIFE CYCLE COSTS

Рассмотрены направления развития инженерно-энергетической инфраструктуры крупного города, включая цифровую трансформацию. Выявлены сдерживающие факторы развития, предложен подход к оценке цифровых решений в сфере ЖКХ крупного города с позиций анализа издержек жизненного цикла объектов инженерно-энергетической инфраструктуры, а также оценено влияние цифровой трансформации на различные статьи затрат при создании/содержании объектов инженерно-энергетической инфраструктуры.

Ключевые слова: инженерно-энергетическая инфраструктура, крупный город, цифровая трансформация, концепция издержек жизненного цикла.

The article discusses the development directions of the engineering and energy infrastructure of a large city, including digital transformation. The author has identified the constraining factors of development. An approach to assessing digital solutions in the housing and communal services sector of a large city from the standpoint of analyzing the life cycle costs of engineering and energy infrastructure facilities is proposed. There has been evaluated the impact of digital transformation on various cost items when creating / maintaining facilities of engineering and energy infrastructure.

Keywords: engineering and energy infrastructure, large city, digital transformation, concept of life cycle costs.

Общие положения

В современном мире крупные города являются центром социально-экономического развития в большинстве стран мира. В них проживает значительная часть населения, сосредоточены многие центры научно-технического развития, передовые предприятия и организации, ведущие вузы, важнейшие социально-культурные объекты. Так, в городах России проживает почти 75 % населения, а в крупных — почти половина жителей страны. Но устойчивое развитие городов невозможно без наличия адекватной инфраструктуры и, в первую очередь, инженерно-энергетического комплекса. Данный комплекс

включает множество жизненно важных систем, среди которых водо- и энергоснабжение, обеспечение транспортных потоков и сооружений, обращение с твердыми и жидкими отходами. Глубокое рассмотрение различных аспектов жизнедеятельности данного комплекса представляется крайне важным в современных условиях, включая вопросы внедрения технологий «умного города» и процессы цифровой трансформации инфраструктуры городского хозяйства [1–3].

Актуальность перехода в цифровой формат сферы ЖКХ подтверждается разрабатываемыми ведомственными программными документами, в частности принятыми на уровне Министер-

ства строительства и ЖКХ¹, а также программы и проектами федерального и регионального уровней (например «Цифровая экономика»²).

Цифровая трансформация (*digital transformation*) в ЖКХ выгодна практически всем участникам этой сферы, а именно [4, 6]:

- *государственные органы* заинтересованы в повышении эффективности за счет внедрения элементов (*digital transformation*): увеличивается точность и достоверность получаемой информации в сфере ЖКХ, в свою очередь, использование систематизированных и структурированных по различным критериям срезах информации существенно ускоряет оперативность принимаемых управленческих решений на всех уровнях;

- для *ТСЖ и УК* применение инструментария *digital transformation* значительно упрощает ведение управленческой отчетности, снижая количество обязательной отчетности за счет автоматизации бизнес-процессов (учитывая какое количество населения обслуживают УК, — цифровизация сокращает время обслуживания каждого потребителя ЖКУ). Есть еще один аспект: для УК внедрение процессов *digital transformation* существенно увеличивает конкурентное преимущество этих компаний. В настоящее время на рынке жилищно-коммунальных услуг наблюдается тенденция к консолидации управления многоквартирными домами. Мелкие и негибкие управляющие компании уходят с рынка, все большую долю занимают динамичные организации, имеющие единый зарекомендовавший себя бренд — клиентоориентированные, которые имеют хорошую репутацию. Как правило, такие компании не только занимаются агрегацией и транзакционным сбором коммунальных платежей, но и готовы предложить различные дополнительные услуги для своих клиентов;

- для *ресурсоснабжающих организаций* в процессе цифровой трансформации повышается оперативность принятия решений, прозрачность и контроль за потреблением ресурсов. С помощью *digital transformation* производители ЖКХ услуг могут точно знать, что нужно потребителю, появляется большая клиентоориентированность;

- для *потребителей услуг* выгода главным образом заключается в удобстве предоставления и получения информации. Это происходит за счет цифровизации управленческих и технологических решений. Организации, внедряющие *digital transformation* процессов в виде личных кабинетов, автоматического сбора информации, электронных форм обращений, он-лайн голосований и т. д., повышают эффективность операционной деятельности и рентабельность. Тем самым растет степень участия жильцов в вопросах улучшения качества ЖКУ и создается основа для дальнейшей оптимизации процессов.

Инженерно-энергетический комплекс — важнейший элемент ЖКХ, поскольку он обеспечивает жизненно необходимые потребности города в целом, включая его градообразующую и градообслуживающую сферы. Следует отметить, что инженерная инфраструктура современных городов не в полной мере соответствует требованиям развивающейся инновационной отечественной экономики, новым социальным, экологическим и иным запросам современной жизни. Современные российские города и муниципальные образования характеризуются неравномерным инфраструктурным развитием, что обусловлено следующими сдерживающими факторами³:

- неудовлетворительным состоянием инженерных систем во многих крупных городах страны: значительный износ и высокая аварийность в системах водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения и др.;

- недостаточной эффективностью организации дорожно-транспортных коммуникаций и их высоким износом;

- неэффективным использованием подземного и надземного пространства города (отсутствие необходимых подземных и надземных переходов, многоуровневых парковок и паркингов);

- недостаточной экологической безопасностью деятельности инфраструктурных систем;

- неразвитостью технологий энергосбережения и повышения энергетической эффективности городской инфраструктуры.

Кроме того, острой проблемой в рассматриваемой области выступает недостаточ-

¹ Проект цифровизации городского хозяйства «Умный город». URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnyy-gorod/>

² Проект «Цифровая экономика». URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/>

³ Проект цифровизации городского хозяйства «Умный город». URL: <https://www.minstroyrf.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnyy-gorod/>

ное ресурсное обеспечение, включая необходимое финансирование проектной и научно-исследовательской деятельности в данной сфере [4, 5]. Сегодня крайне важно привлекать частные инвестиции в сферу разработки и внедрения инновационной инфраструктуры. При этом очевиден ряд трудностей при инвестировании в подобные проекты. Так, венчурные компании охотно поддерживают и помогают привлекать инвестиции только в том случае, когда проект находится уже в стадии реализации. Финансирование проектов на региональном и местном уровнях весьма ограничено, что не позволяет довести разработку до конца. Частные инвесторы ориентированы на вложения в такие проекты, срок окупаемости которых минимален, соответственно проекты с горизонтом окупаемости в 5–10 лет становятся не интересны при меняющейся конъюнктуре или неочевидных перспективах. Если говорим о государственном участии в таких проектах, то нужно отметить, что государство в основном финансирует крупные проекты, мелкие и средние проекты госструктурам, как правило, не интересны.

Учитывая вышесказанное, при определении вариантов развития нами предлагается использовать инструмент *концепции издержек жизненного цикла (ИЖЦ)*. Первоначально концепция ИЖЦ применялась при решении задач повышения эффективности технической эксплуатации различного оборудования. Затем идея о том, что решения по проектированию и приобретению активов с длительным сроком службы должны принимать во внимание долгосрочные финансовые последствия и не должны основываться только на первоначальных расходах, стала распространяться и на эксплуатацию зданий в целом и их элементов. Учитывая развитие элементов цифровизации инженерно-энергетической инфраструктуры, нам представляется актуальным и своевременным такой подход при выборе варианта цифровой трансформации.

Использование концепции ИЖЦ в рамках цифровой трансформации направлено на изменение сложившихся подходов на ведение бизнеса в сфере ЖКХ. При использовании положений концепции ИЖЦ делается особый упор на улучшение экономической конкурентоспособности за счет

работы в направлении наименьшей долговременной стоимости владения активом. Как правило, узкие взгляды на вещи приводят к неэффективным действиям, которые лучше всего можно охарактеризовать как кратковременные преимущества в области затрат, при этом такие решения не эффективны в долгосрочной перспективе.

Анализируя работу различных служб управляющих и обслуживающих компаний, которые занимаются инженерно-энергетической инфраструктурой, можно отметить следующие тенденции [6, 7]:

- инженерные службы избегают эффективных по стоимости решений относительно резервного оборудования, необходимого для того, чтобы компенсировать ожидаемые (и влекущие большие затраты) отказы в работе основного оборудования — такая тенденция объясняется желанием уложиться в текущий бюджет;
- службы снабжения покупают оборудование с более низкими эксплуатационными характеристиками для получения наибольших скидок;
- службы эксплуатации откладывают коррективные/предупредительные мероприятия для того, чтобы сократить бюджеты, и, таким образом, долговременные расходы возрастают из-за запущенности проблем; все это для того, чтобы удовлетворить кратковременные бюджетные потребности по сокращению расходов;
- службам обеспечения надежности ставят задачи по усовершенствованию, но никаких бюджетных средств не предусматривается для достижения целей и решения этих задач; предполагается, что проблемы будут решаться за счет поиска внутренних резервов.

При выборе варианта цифровой трансформации необходимо учитывать, как эти решения повлияют на жизненный цикл объектов инфраструктуры (рисунок).

Анализ ИЖЦ объектов инженерно-энергетической инфраструктуры предполагает прежде всего детальный учет всех издержек, которые уместно отнести к обсуждаемому объекту. Эффективным является факт индивидуальности каждого конкретного случая ассоциирования активов и издержек. В общем случае схема анализа ИЖЦ представлена на рисунке.

Следует отметить, что для объектов инженерно-энергетической инфраструктуры не ред-

Схема анализа издержек жизненного цикла объектов инженерно-энергетической инфраструктуры*

* Составлено на основании ISO 15686-5:2017 «Здания и построенные активы — Планирование срока службы». Ч. 5 «Расчет стоимости жизненного цикла».

кой является ситуация, когда стоимость поддержания жизнеспособности оборудования (в течение всего срока службы) от 2 до 10 раз больше стоимости приобретения. Начальная очевидная стоимость приобретения оборудования обычно является наименьшей суммой, которая будет потрачена в течение срока службы приобретенного оборудования, при этом большинство расходов на содержание оборудования не так уж и очевидны. В этой связи цифровизация может значительно повлиять на ИЖЦ.

Классически при ИЖЦ фактически любого актива выделяют 2 вида издержек: издержки приобретения; издержки потребления.

Издержки приобретения и издержки поддержания жизнеспособности актива взаимно

обусловленные. Например, при создании (приобретении) объектов инженерной инфраструктуры всегда требуются какие-то дополнительные расходы, чтобы поддерживать функциональность этих объектов. Даже на этом этапе переход на «цифру» позволит создать базу исходных данных для оценки ИЖЦ объектов инженерно-энергетической инфраструктуры и проведения анализа чувствительности для определения «ведущих» центров затрат.

В таблице отмечены статьи затрат, на которые, по нашему мнению, окажет наиболее значимое влияние цифровая трансформация инженерно-энергетических объектов инфраструктуры.

Следует отметить, что анализ ИЖЦ предполагает рассмотрение издержек с системной точ-

Влияние цифровой трансформации на различные статьи затрат при создании/содержании объектов инженерно-энергетической инфраструктуры**

Издержки создания/приобретения					
Издержки исследований и разработок		Нерегулярные издержки		Регулярные издержки	
☐	Управление проектом исследований		Запчасти и логистика		Обновление элементов и частей
☐	Исследования и разработка решений		Производство (создание), приобретение	☐	Диагностика оборудования
☐	Инженерное проектирование		Инфраструктура строительство	☐	Системная интеграция улучшений
	Выбор и тестирование оборудования		Начальное обучение персонала	☐	Улучшение полезности
☐	Получение инженерных данных	☐	Получение технических данных		Соблюдение экологии и уборка
Издержки эксплуатации					
Издержки плановой и неплановой технической эксплуатации		Издержки использования инфраструктуры		Издержки отчуждения	
☐	Труд, материалы, накладные расходы	☐	Энергообеспечение и использование инфраструктуры	☐	Юридические процедуры, отчуждение
	Замена и обновление элементов	☐	Эксплуатация вспомогательных и обеспечивающих систем		Демонтаж и отчуждение
	Транспортные расходы при замене и обновлении	☐	Рабочее функционирование элементов инфраструктуры		Восстановление
	Модификация систем и оборудования		Регулярное повышение квалификации персонала		Списание активов
☐	Ведение инженерной документации	☐	Управление техническими данными		Соблюдение экологии и уборка

** Составлено по материалам:

«Умный Санкт-Петербург»: комплексный подход к внедрению информационных технологий управления мегаполисом. URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/zhkh/umnyj-sankt-peterburg/>

Умные города: европейский опыт и российские реалии. URL: https://iot.ru/energetika/umnye_goroda_evropejskij_opyt_i_rossijskie_realii/

ки зрения, в том числе с учетом их изменений во времени. Кроме этого, многие переменные составляющие расходов в большей части являются вероятностными величинами. Поэтому процедуру анализа ИЖЦ целесообразно начинать с анализа издержек верхних уровней (как наиболее общих), а потом увеличивать количество видов издержек до более точных и сложных вероятностных значений.

Использование инструментов концепции ИЖЦ вместе с элементами цифровизации позволяет выбрать наиболее эффективные варианты развития инженерно-энергетической инфраструктуры с учетом изменения издержек эксплуатации во времени.

Библиографический список

1. Chen D., Heyer S., Ibbotson S., Salonitis K., Steingrímsson J. G., Thiede S. Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications // Cleaner Production. 2015. № 107. Pp. 615–625.
2. Cerri D., Terzi S. Proposal of a toolset for the improvement of industrial systems' lifecycle sustainability through the utilization of ICT technologies // Computer Industry. 2016. № 81. Pp. 47–54.
3. Epstein M. J., Roy M. J. Sustainability in action: identifying and measuring the key performance drivers // Long Range Plann. 2001. № 34 (5). Pp. 585–604.
4. Ганин О. Б., Ганин И. О. «Умный город»: перспективы и тенденции развития // ARS ADMINISTRANDI. 2014. № 3. С. 25–29.

5. Чекалин В. С., Любарская М. А., Ермакова М. Ю. Энергетический комплекс крупного города: проблемы и пути решения // Известия СПбГЭУ. 2020. № 4. С. 56–62.

6. Березин А. О. Прогнозирование структуры энергосберегающих мероприятий в сфере ЖКХ с учетом интенсивности их внедрения // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 205–210.

7. Березин А. О., Петров И. С. Экономическое обоснование принятия решений при эксплуатации объектов ЖКХ // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5 (76). С. 278–284.

References

1. Chen D., et al. Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications. *Cleaner Production*, 2015, no.107, pp. 615–625.

2. Cerri D., Terzi S. Proposal of a toolset for the improvement of industrial systems' lifecycle sustainability through the utilization of ICT technologies. *Computer Industry*, 2016, no. 81, pp. 47–54.

3. Epstein M. J., Roy M. J. Sustainability in action: identifying and measuring the key performance drivers. *Long Range Plann*, 2001, no. 34 (5), pp. 585–604.

4. Ganin O. B., Ganin I. O. «Umniy gorod»: *perspektivy i tendentsii razvitiya* [“Smart city”: prospects and trends of development]. *ARS ADMINISTRANDI*, 2014, no. 3, pp. 25–29.

5. Chekalin V. S., Lyubarskaya M. A., Ermakova M. Yu. *Energeticheskiy kompleks krupnogo goroda: problemy i puti resheniya* [The energy complex of a large city: problems and solutions]. *Izvestiya SPbGEU – Bulletin of Saint Petersburg State University of Economics*, 2020, no. 4, pp. 56–62.

6. Berezin A. O. *Prognozirovanie struktury energosberegayushchikh meropriyatiy v sfere ZhKKh s uchetom intensivnosti ikh vnedreniya* [Forecasting the structure of energy saving measures in the field of housing and communal services taking into account the implementation intensity]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 1 (78), pp. 205–210.

7. Berezin A. O., Petrov I. S. *Ekonomicheskoe obosnovanie prinyatiya resheniy pri ekspluatatsii ob'ektov ZhKKh* [Economic substantiation for decision-making in the operation of housing and communal services]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 5 (76), pp. 278–284.