УДК 338.5

Терентьев И.А.

аспирант

кафедра экспертизы и управления недвижимостью

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

(г. Казань, Россия)

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Аннотация: *в статье рассмотрен методический подход к оценке затрат жизненного цикла здания на основе информационной модели. Показано, что классическая сметная оценка учитывает лишь инвестиционную стадию, тогда как основная часть совокупных затрат объекта проявляется в период эксплуатации. Предложена методика, связывающая данные информационной модели (ведомости объёмов, характеристики конструктивных и инженерных систем, сроки службы элементов) с дисконтированной оценкой затрат жизненного цикла. Методика включает шесть этапов: разбор модели на элементы, назначение стоимостных показателей, прогноз затрат по элементам, дисконтирование, расчёт показателей сравнения и анализ чувствительности. Приведён числовой пример выбора ограждающих конструкций: вариант с более высокими инвестициями (на 30 млн руб.) обеспечивает снижение приведённых затрат жизненного цикла на 37,5 млн руб., коэффициент «выгоды — затраты» составляет 2,25, дисконтированный срок окупаемости — 7 лет. Сделан вывод о том, что информационная модель является необходимой информационной базой для экономической оценки решений на стадии проектирования.*

Ключевые слова: *информационная модель, затраты жизненного цикла, технико-экономическое сравнение, дисконтирование, коэффициент выгоды — затраты, анализ чувствительности.*

Введение.

Цифровая трансформация строительной отрасли России перешла из стадии экспериментов в стадию нормативного регулирования. Градостроительным кодексом Российской Федерации предусмотрено применение информационных моделей при проектировании и экспертизе объектов [1], а Постановлением Правительства РФ от 05.05.2024 № 331 определены случаи обязательного применения информационных моделей заказчиками, осуществляющими строительство за счёт бюджетных средств [2]. Требования к составу и обмену информационными моделями закреплены в сводах правил СП 334.1325800.2017 и СП 335.1325800.2017 [3, 4], общие основы индустриального проектирования изложены в работах В.В. Талапова [5]. Безопасность зданий и сооружений как цель технического регулирования установлена Федеральным законом № 384-ФЗ [6].

Вместе с тем информационная модель в российской практике преимущественно используется как инструмент проектирования и проверки коллизий, а не как источник экономических данных. Задача технико-экономического обоснования при этом решается традиционно: сравниваются сметы строительства, то есть инвестиционная стадия. Между тем, по данным ISO 15686-5 [8] и обобщающих исследований, инвестиционная стадия формирует лишь 20–40% совокупных затрат владельца за срок службы здания: остальное приходится на эксплуатацию, ремонты и замену инженерных систем. Решение, «выигравшее» по смете, нередко проигрывает по полным затратам жизненного цикла.

Зарубежный опыт подтверждает экономическую ценность информационного моделирования. По результатам анализа кейсов, внедрение BIM снижает сроки реализации проектов в среднем на 20% и затраты на 15% [7]. При проведении анализа «затраты–выгоды» для общественного проекта в Чехии коэффициент «выгоды–затраты» применения BIM превысил 4,5, а затраты на моделирование составили около 0,8% сметы [10]. Одновременно опросы проектных фирм фиксируют барьеры внедрения: стоимость программного

обеспечения, дефицит компетенций и неопределённость окупаемости инвестиций [9]. Снижение этой неопределённости требует методик, позволяющих количественно оценивать эффект информационной модели ещё на стадии проектирования.

Цель настоящей статьи — предложить методический подход к оценке затрат жизненного цикла здания на основе данных информационной модели и показать его работоспособность на числовом примере. Задачи: рассмотреть понятие затрат жизненного цикла, показать, какие данные информационной модели необходимы для экономической оценки, описать методику из шести этапов, провести сравнение двух вариантов конструктивного решения.

Понятие затрат жизненного цикла.

В соответствии с ISO 15686-5 затраты жизненного цикла (life cycle costing, LCC) — это совокупность затрат на создание, эксплуатацию, содержание и утилизацию объекта за установленный горизонт владения, приведённая к моменту принятия решения с учётом дисконтирования [8]. Международная практика различает LCC (затраты, непосредственно связанные со зданием) и стоимость владения (whole life cost), дополнительно включающую землю, налоги, страхование и утрату дохода в период ремонтов. В настоящей статье используется первая, более узкая трактовка.

Российская практика ценообразования исторически сосредоточена на инвестиционной стадии: сметная документация детально описывает затраты строительства, однако эксплуатационные расходы и графики ремонтов в обосновании проектных решений, как правило, не рассчитываются. В результате при выборе проектных решений преимущество получает вариант с минимальной сметой, а не вариант с минимальными совокупными затратами. Затраты жизненного цикла устраняют этот перекос: они сопоставляют дополнительные инвестиции в более долговечные или энергоэффективные решения с ожидаемой экономией в эксплуатации.

Информационная модель как источник данных для экономической оценки.

Ключевое преимущество информационной модели для расчёта LCC — то, что её данные структурированы по элементам здания, а не по графическим объектам. Каждый элемент модели несёт атрибуты: тип, материал, объём, площадь, серию и характеристики систем. Это позволяет автоматизировать подсчёт объёмов работ (quantity take-off) непосредственно из модели, что подтверждено как зарубежной практикой [10], так и нормативными требованиями к составу моделей [3].

Для целей экономики жизненного цикла модель должна содержать три группы данных. Во-первых, ведомости объёмов конструктивных и инженерных элементов — база для расчёта первоначальных затрат. Во-вторых, характеристики систем с назначенными сроками службы (кровля, окна, инженерное оборудование, отделка) — база для прогноза графиков ремонтов и замен. В-третьих, энергетические и эксплуатационные характеристики (сопротивление теплопередаче ограждений, мощности систем) — база для прогноза эксплуатационных расходов. Если какая-либо группа данных в модели отсутствует, она восполняется справочными значениями, что снижает точность расчёта и должно фиксироваться как допущение.

Методика оценки затрат жизненного цикла на основе информационной модели.

Предлагаемая методика включает шесть последовательных этапов.

Этап 1. Разбор модели на элементы. Информационная модель классифицируется по системам здания (конструкции, ограждения, инженерные системы, отделка), из модели извлекаются ведомости объёмов и перечень элементов с атрибутами. Проверяются коллизии и полнота атрибутики — ошибки модели напрямую искажают экономический результат.

Этап 2. Назначение стоимостных показателей. Для каждого элемента задаются: удельная стоимость устройства (по сметным нормативам или текущим

рыночным данным), удельная стоимость годового обслуживания, стоимость и периодичность ремонтов и замен. Периодичность определяется назначенными сроками службы элементов.

Этап 3. Прогноз затрат по элементам. На горизонте сравнения T формируется график затрат по годам: первоначальные вложения в нулевом году, регулярное обслуживание, ремонты и замены в установленные годы, замена систем по достижении срока службы.

Этап 4. Дисконтирование. Все затраты приводятся к базовой точке по ставке дисконтирования r. Полные затраты жизненного цикла определяются по формуле:

$$LCC = C_{инв} + \sum_{t=1}^{T} C_t / (1 + r)^{t.}$$

где C_инв — первоначальные инвестиции, млн руб., C_t — затраты в году t, млн руб., r — ставка дисконтирования, доли ед., T — горизонт сравнения, лет. При постоянных годовых затратах C используется аннуитетный множитель:

$$K_a = (1 - (1 + r)^{-T}) / r.$$

Этап 5. Расчёт показателей сравнения вариантов. Для пары «А против Б» определяются: разница полных затрат жизненного цикла, коэффициент «выгоды–затраты» и дисконтированный срок окупаемости дополнительных инвестиций:

$$BCR = PV(\Delta C_{эксп}) / \Delta C_{инв.}$$

$$DPP = \min n: \sum_{t=1}^{n} \Delta C_{эксп} / (1 + r)^t \geq \Delta C_{инв.}$$

где ΔC_эксп — годовая экономия эксплуатационных затрат, млн руб./год, ΔC_инв — дополнительные инвестиции, млн руб.

Этап 6. Анализ чувствительности. Результат пересчитывается при варьировании ставки дисконтирования (например, 6, 8, 10%) и горизонта (20, 30, 50 лет). Устойчивость вывода к параметрам — обязательное условие его надёжности.

Числовая апробация методики.

Пример иллюстрирует выбор ограждающих конструкций общественного здания на горизонте 30 лет при ставке дисконтирования 8%. Вариант А — традиционная конструкция с минимальной сметой, вариант Б — энергоэффективная конструкция, дороже в устройстве на 30 млн руб., но со сниженными затратами на отопление и обслуживание. Исходные данные и результаты расчёта приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Исходные данные для сравнения вариантов ограждающих конструкций.

Показатель	**Вариант А**	**Вариант Б**
Инвестиции в конструкцию, млн руб.	300,0	330,0
Годовые эксплуатационные затраты, млн руб./год	26,0	20,0
Горизонт сравнения, лет	30	30
Ставка дисконтирования, %	8	8
Назначенный срок службы конструкций, лет	30	50

Таблица 2. Результаты расчёта затрат жизненного цикла (r = 8%, T = 30 лет).

Показатель	Вариант А	Вариант Б	Разница (А - Б)
Аннуитетный множитель K_a	—	11,258	—
Приведённые эксплуатационные затраты, млн руб.	292,7	225,2	67,5
Полные затраты жизненного цикла LCC, млн руб.	592,7	555,2	37,5
Дополнительные инвестиции ΔC_инв, млн руб.	—	30,0	—
Коэффициент «выгоды–затраты» BCR	—	2,25	—
Дисконтированный срок окупаемости DPP, лет	—	7	—

Как следует из таблицы 2, дополнительные инвестиции в варианте Б составляют 30,0 млн руб., а приведённая экономия эксплуатационных затрат — 67,5 млн руб. (6,0 млн руб./год × 11,258). Коэффициент «выгоды–затраты» равен 2,25: каждый рубль дополнительных вложений возвращает 2 руб. 25 коп. приведённой экономии. Дисконтированный срок окупаемости наступает на седьмом году эксплуатации.

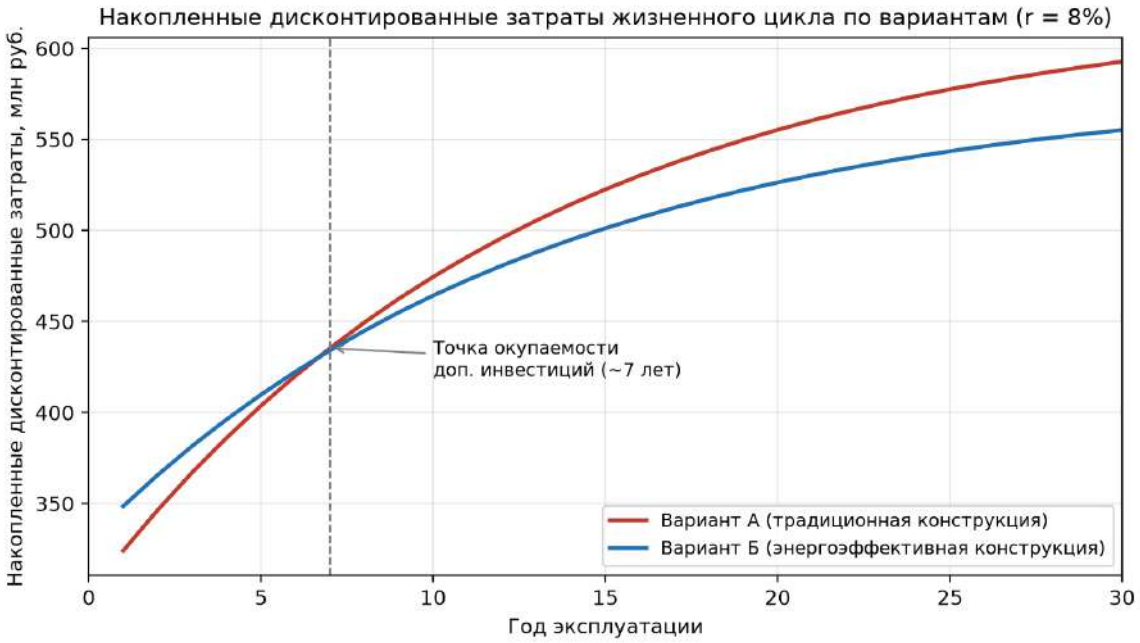


Рисунок 1. Накопленные дисконтированные затраты жизненного цикла по вариантам.

Графическая интерпретация расчёта приведена на рис. 1. Кривые накопленных дисконтированных затрат пересекаются на седьмом году: до этого момента дешевле вариант А, после — вариант Б. К концу горизонта сравнения разница в пользу варианта Б достигает 37,5 млн руб. Отметим, что вариант Б дополнительно имеет более длительный назначенный срок службы, что создаёт запас ценности за пределами рассмотренного горизонта.

Обсуждение результатов.

Полученные результаты согласуются с зарубежными данными. В чешском исследовании общественного проекта затраты на внедрение BIM составили около 0,8% сметы, а отношение выгоды к затратам превысило 4,5 [10], в обобщении кейсов экономия затрат достигает 15% [7]. Предложенная методика отличается тем, что эффект связывается не с процессом моделирования как таковым, а с качеством экономических данных, извлекаемых из модели: именно полнота атрибутов сроков службы и характеристик систем определяет достоверность прогноза эксплуатации.

Ограничения методики.

Во-первых, прогноз эксплуатационных затрат чувствителен к ставке дисконтирования: при росте ставки с 8 до 10% преимущество варианта Б сокращается, при снижении — увеличивается, поэтому анализ чувствительности обязателен. Во-вторых, в российской практике отсутствуют общедоступные справочники назначенных сроков службы элементов и удельных эксплуатационных расходов, сопоставимые с зарубежными базами данных, — их формирование является задачей отрасли. В-третьих, методика не учитывает рисковые факторы (рост тарифов, изменение интенсивности эксплуатации), которые могут рассматриваться далее через вероятностные сценарии. Барьеры организационного характера — стоимость программного обеспечения и дефицит компетенций — документированы в опросных исследованиях [9] и преодолеваются по мере накопления опыта и требований заказчиков [2].

Выводы.

1. Информационная модель, формируемая в соответствии с требованиями нормативных документов [1–4], содержит структурированные данные, достаточные для автоматизированного расчёта затрат жизненного цикла: ведомости объёмов, характеристики систем и назначенные сроки службы элементов.

2. Предложенная методика из шести этапов позволяет сравнивать проектные решения не по смете, а по полным дисконтированным затратам, устраняя системный перекос классической оценки в пользу дешёвых на стадии строительства решений.

3. Числовая апробация показала: дополнительные инвестиции в 30 млн руб. при годовой экономии 6 млн руб. окупаются за 7 лет и обеспечивают снижение полных затрат жизненного цикла на 37,5 млн руб. (BCR = 2,25).

4. Практическая ценность подхода для заказчика состоит в возможности обоснования инвестиционных решений на стадии проектирования, для

проектных организаций — в дополнительной аргументации стоимости создания информационной модели: затраты на модель (порядка 1% сметы) многократно окупаются за счёт выбора оптимальных решений [7, 10].

Направлением дальнейших исследований является интеграция предложенной методики в процедуры обоснования НМЦК и стоимостного инжиниринга, а также разработка справочной базы назначенных сроков службы элементов для условий российской отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 2024) // СПС «КонсультантПлюс»
2. Постановление Правительства РФ от 05.05.2024 № 331 «Об определении случаев обязательного применения информационных моделей при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства» // СПС «КонсультантПлюс»
3. СП 334.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели зданий на различных стадиях жизненного цикла. М.: Минстрой России, 2017
4. СП 335.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями зданий и моделями, используемыми в программных комплексах. М.: Минстрой России, 2017
5. Талапов В.В. Основы BIM: введение в индустриальное проектирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 328 с.
6. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // СПС «КонсультантПлюс»
7. Das K., Khursheed S., Paul V.K. The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies // Discover Materials. 2025. Vol. 5. Art. 25. https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2
8. ISO 15686-5:2017. Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing. Geneva: International Organization for Standardization, 2017. 47 p.

9. Omokhua D., Mayouf M., Ashayeri I., Ekanayake E.M.A.C., Zalloom B. Adoption of BIM in Architectural Firms in Nigeria: A Survey of Current Practices, Challenges and Enablers // Buildings. 2025. Vol. 15, № 24. Art. 4547. https://doi.org/10.3390/buildings15244547

10. Věrný L., Žák J. A Cost–Benefit Analysis of BIM Methodology Implementation in the Preparation and Construction Phase of Public Sector Projects // Buildings. 2025. Vol. 15, № 21. Art. 3837. https://doi.org/10.3390/buildings15213837

Terentyev I.A.

postgraduate student

Department of Real Estate Appraisal and Management

Kazan State University of Architecture and Engineering

(Kazan, Russia)

METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING BUILDING LIFE-CYCLE COSTS BASED ON AN INFORMATION MODEL

Abstract: *this article examines a methodological approach to assessing building life-cycle costs based on an information model. Conventional construction cost estimates cover only the investment stage, whereas most total costs arise during operation. A method is proposed that links information model data (quantity takeoffs, characteristics of structural and building services systems, and service lives of components) to a discounted assessment of life-cycle costs. The method comprises six stages: breaking down the model into components, assigning cost parameters, forecasting component-level costs, discounting, calculating comparative indicators, and conducting sensitivity analysis. A numerical example compares building envelope options: an option requiring an additional investment of 30 million rubles reduces the present value of life-cycle costs by 37.5 million rubles, with a benefit–cost ratio of 2.25 and a discounted payback period of 7 years. The article concludes that an information model provides an essential data foundation for economic evaluation of design decisions.*

Keywords: *information model, life-cycle costs, techno-economic comparison, discounting, benefit–cost ratio, sensitivity analysis.*