

Расчет стоимости полного жизненного цикла на примере здания школы в городе Ростове-на-Дону

С.Г. Шеина, П.В. Федяева, С.А. Оторьян, А.Г. Соловьев

Донской Государственный Технический Университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В данной статье рассматривается взаимосвязь всех этапов жизненного цикла зданий на основе информационно-аналитической системы ИАС ЖКХ. Произведен расчет полной стоимости жизненного цикла школы, рассчитанной на 1000 мест. С помощью программы ИАС ЖКХ была произведена оценка стоимости жизненного цикла здания. Оценка суммарных затрат полного жизненного цикла объекта может быть применена как застройщиком, так и собственником здания для дальнейшего совершенствования системы управления объектом недвижимости.

Ключевые слова: Жизненный цикл объекта строительства, информационное моделирование, объекты социального назначения, стоимость ремонтных работ, восстановительная стоимость.

Последовательные этапы изменения структурного состояния объекта капитального строительства называются жизненным циклом (далее - ЖЦ) объекта недвижимости. Другими словами, это промежуток времени, на котором происходит создание идеи строительного объекта, его непосредственное строительство и эксплуатация, а также ликвидация [1,2].

Управление проектом на каждой стадии жизненного цикла имеет свои особенности (таблица 1). На предынвестиционной и инвестиционной стадиях основная роль принадлежит управлению инвестициями, а на эксплуатационной – управлению затратами. Жизненный цикл здания не должен быть реализован произвольно, важным на любом этапе является диагностика состояния объекта и мониторинг каждого этапа жизненного цикла здания, как физического объекта в динамических аспектах [3-5].

Самым длительным этапом, среди упомянутых пяти, является этап эксплуатации объекта. Нормативный срок эксплуатации объектов недвижимости I группы капитальности – 150 лет, соответственно, на протяжении всего этого промежутка времени объект должен использоваться

по прямому назначению, и приносить экономическую и социальную пользу [6,7].

Таблица 1

Этапы ЖЦ объекта капитального строительства

№ п/п	Наименование этапа	Описание	Начало этапа	Окончание этапа
1	Инвестиционный	На данном этапе определяется основная идея проекта и обосновывается экономическая эффективность	Инвестиционный замысел	Заключение договора подряда
2	Проектный	Разрабатывается проектная документация	Задание на разработку ПД и РД	Согласование и утверждение документации
3	Капитальное строительство	Осуществляются строительные работы на объекте	Получение разрешения на строительство	Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию
4	Эксплуатация	Рациональное использование объекта	Ввод объекта	Рассмотрение решений о реконструкции и/или ликвидации объекта
5	Реконструкция /ликвидация	Производство работ по изменению конструктивных элементов / снос объекта	Выведение объекта из эксплуатации	Акт приемки выполненных работ/очистка территории

Как уже упоминалось в таблице ранее, началом эксплуатационного этапа является разрешение на ввод объекта в эксплуатацию, а завершается данный этап сносом объекта недвижимости, либо же его реконструкцией. Несмотря на то, что нормативный срок эксплуатации 150 лет, фактически

длительность эксплуатации определяется, исходя из совокупности различных факторов, таких, как соответствие конструктивных элементов нормам ГОСТ, количеству и качеству проведенных ремонтных работ, условиям окружающей среды и фактического использования объекта [8,9]. Для отдельных этапов любого здания и сооружения можно также выделить и рассчитать затраты жизненного цикла с учетом доли каждого вида затрат в общей стоимости капитального объекта.

С использованием информационно-аналитической системы ИАС ЖКХ, авторами было выполнено моделирование эксплуатационной фазы объекта социального назначения.

Исследование включало прогнозирование стоимости необходимых мероприятий по содержанию и ремонту объекта недвижимости, необходимых на протяжении всего срока использования здания. На рис.1 отображена методика моделирования ЖЦ объекта, состоящая из 5 этапов.

Этап 1		<i>Заполнение технического паспорта общеобразовательного учреждения</i>
Этап 2	Естественное старение	<i>Моделирование ЖЦ до момента замены одного или нескольких элементов $K \geq 1$</i>
	Ремонт основных КЭ	<i>$K \geq 1$ для всего здания</i>
	Ремонт всех элементов	<i>До момента истечения нормативного срока службы</i>
Этап 3		<i>Расчет затрат на производство ремонтных работ</i>
Этап 4		<i>Сравнение данных, полученных на 2 и 3 этапах.</i>
Этап 5		<i>Определение наиболее эффективной модели</i>

Рис. 1. – Методика моделирования ЖЦ

Объектом является проект общеобразовательного учреждения, которое планируется возводить в г. Ростове-на-Дону. Здание школы трехэтажное, с цокольным этажом и техническим подвалом. В подвале предусмотрены служебные и технические помещения. В цокольном этаже - подсобные

помещения столовой. Основные характеристики здания представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные характеристики здания и конструктивных элементов

Фундаменты здания	Монолитная фундаментная плита, толщиной 600 мм.
Наружные стены	Трехслойные: гипсовая штукатурка Rotband KNAUF - 10 мм; блоки стеновые газобетонные БП/625x200x250/D600/B3,5/F35 ГОСТ 31360-2007 - 200 мм; утеплитель - негорючие теплоизоляционные плиты "Техновент Стандарт" ТУ 5762-043-17925162-2006 $\gamma=80$ кг/м ³ - 110 мм; навесная вентилируемая фасадная система ВФ МП М с облицовкой кассетами МП 1005/23/20, размер 819x1200(h) ГК МеталлПрофиль.
Перекрытия, покрытия и площадки лестничной клетки	Монолитные железобетонные толщиной 220 мм
Облицовка цоколя	Керамогранитная плитка 600x600 мм на плиточном клее Ceresit CM17 или аналог — 12мм; базовый штукатурный слой по 2-м слоям щелочестойкой сетки - 20 мм; экструзионный пенополистирол XPS CARBON PROF 300RF на мастике ТЕХНОНИКОЛЬ №27 -30 мм.
Оконные блоки	Из металлопластиковых профилей (ГОСТ 30674-99) с заполнением стеклопакетами.

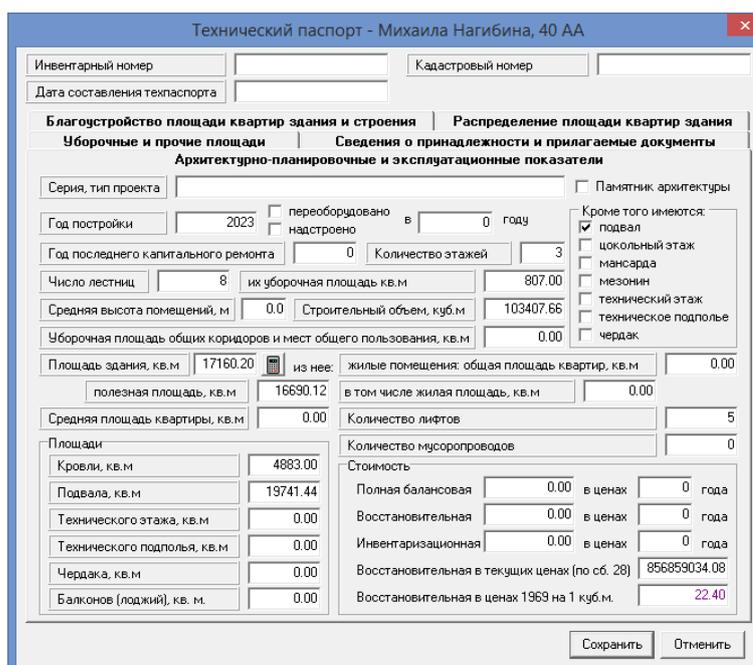
Потребность в проведении ремонтных работ определялась отношением стоимости ремонтных работ к восстановительной стоимости здания. Метод, заложенный в программном комплексе, позволяет определить значение коэффициента «К», значения которого соответствуют определенному типу ремонта (таблица 3). Эффективность эксплуатации зависит от значения коэффициента «К», рассчитанного на основе данных о физическом и

моральном износе и их стоимостной оценки на любом этапе эксплуатационной фазы жизненного цикла здания [10,11].

Значение коэффициента K	Тип ремонта
$<0,4$	текущий ремонт (ТР)
$0,4 \leq K < 0,6$	выборочный капитальный ремонт (ВКР)
$0,6 \leq K < 1,0$	комплексный капитальный ремонт (ККР)
$>1,0$	проведение ремонта экономически нецелесообразно

Рис. 2. – Взаимосвязь типа ремонтных работ и значения коэффициента K

Моделирование технического состояния здания проводилось до момента, пока стоимостная оценка физического и морального износа не будет равна восстановительной стоимости здания ($K=1$) или превышать ее. Для моделирования изменения технического состояния объекта на любой промежуток времени в «Информационно-аналитической системе ЖКХ» был выполнен расчет продолжительности эффективной эксплуатации здания школы [12,13]. На рис. 3 представлен первый этап – создание технического паспорта объекта, заполнение исходных данных (архитектурно-планировочные и эксплуатационные показатели, вид конструктивных элементов, инженерного оборудования и тд.).



Технический паспорт - Михаила Нагибина, 40 АА

Инвентарный номер: _____ Кадастровый номер: _____
 Дата составления техпаспорта: _____

Благоустройство площади квартир здания и строения | Распределение площади квартир здания
 Уборочные и прочие площади | Сведения о принадлежности и прилагаемые документы

Архитектурно-планировочные и эксплуатационные показатели

Серия, тип проекта: _____ Памятник архитектуры

Год постройки: 2023 переоборудовано в _____ году надстроено

Год последнего капитального ремонта: 0 Количество этажей: 3

Кроме того имеются:
 подвал
 цокольный этаж
 мансарда
 мезонин
 технический этаж
 техническое подполье
 чердак

Число лестниц: 8 их уборочная площадь кв.м: 807.00
 Средняя высота помещений, м: 0.0 Строительный объем, куб.м: 103407.66
 Уборочная площадь общих коридоров и мест общего пользования, кв.м: 0.00

Площадь здания, кв.м: 17160.20 из нее: жилые помещения: общая площадь квартир, кв.м: 0.00
 полезная площадь, кв.м: 16690.12 в том числе жилая площадь, кв.м: 0.00

Средняя площадь квартиры, кв.м: 0.00 Количество лифтов: 5
 Количество мусоропроводов: 0

Площади

Кровли, кв.м	4883.00
Подвала, кв.м	19741.44
Технического этажа, кв.м	0.00
Технического подполья, кв.м	0.00
Чердака, кв.м	0.00
Балконов (лоджий), кв. м.	0.00

Стоимость

Полная балансовая	0.00	в ценах	0	года
Восстановительная	0.00	в ценах	0	года
Инвентаризационная	0.00	в ценах	0	года
Восстановительная в текущих ценах (по сб. 28)	856859034.08			
Восстановительная в ценах 1969 на 1 куб.м.	22.40			

Сохранить Отменить

Рис. 3. – Технический паспорт здания школы в программе ИАС ЖКХ

Прогнозирование технического состояния здания проводилось по трем стандартным моделям эксплуатации: без выполнения ремонтных работ (1 модель эксплуатации); 2 модель – выполнение ремонтных работ для основных конструктивных элементов и систем жизнеобеспечения; 3 модель - ремонт всех систем инженерного оборудования и конструктивных элементов, в соответствии с правилами и нормами эксплуатации.

Итоги моделирования, стоимостные оценки и полученные результаты по прогнозированию эксплуатационной фазы по 2 и 3 моделям представлены в таблице 4.

Таблица 4

Расчет затрат на проведение ремонтных работ

Параметр	Для всего здания	Для основных конструктивных элементов
<i>Расчет затрат по 2 модели</i>		
Восстановительная стоимость, руб.	856 859 034	144 637 805
Стоимостная оценка физического износа, руб.	406 706 239	12 426 492
Стоимостная оценка морального износа, руб.	23 656 673	23 656 673
Коэффициент эффективности проведения ремонтных работ	0,5	0,12
<i>Расчет затрат по 3 модели</i>		
Восстановительная стоимость, руб.	856 859 034	144 637 805
Стоимостная оценка физического износа, руб.	565 062 130	23 011 242
Стоимостная оценка морального износа, руб.	23 656 673	23 656 673
Коэффициент эффективности проведения ремонтных работ	0,69	0,19

Моделирование технического состояния здания показало, что по первой модели (естественное старение объекта), срок до прекращения

полезного и эффективного использования здания школы составил 57 лет, для второй модели этот срок увеличился до 120 лет, что составляет 80% от нормативного срока эксплуатации, и по 3-ей модели – весь нормативный срок.

Для рассматриваемого здания школы оценка стоимости жизненного цикла включала расчет сметной стоимости строительства, а также затрат на проведение ремонтных работ на протяжении этапа эксплуатации.

Совокупная стоимость ЖЦ жилого здания включает в себя единовременные затраты на ввод, строительство, проектирование и ликвидацию, а также затраты и периодические расходы на эксплуатацию и ремонт. Расчет стоимости полного ЖЦ ($C_{жц}$) был произведен по формуле (1), на рис.4 представлены, полученные результаты.

$$C_{жц} = C_{смр} + C_{пир} + C_{рр} + C_{л} \quad (1)$$

где $C_{смр}$ – стоимость строительства; $C_{пир}$ – стоимость проектных и изыскательских работ – 5 % от $C_{смр}$; $C_{рр}$ – стоимость приведенных ремонтных работ; $C_{л}$ – стоимость ликвидации объекта – 10% от СМР.

Полная стоимость ЖЦ по второй модели без дисконтирования
 $C_{жц2м} = 893\,426\,197 + 10\,721\,114 + 266\,618\,835 + 89\,342\,619 = 1\,260\,108\,765$ руб.

Полная стоимость ЖЦ по третьей модели без дисконтирования
 $C_{жц3м} = 893\,426\,197 + 10\,721\,114 + 1\,124\,234\,697 + 89\,342\,619 = 2\,117\,724\,627$ руб.

Также была рассчитана приведенная стоимость полного жизненного цикла здания (таблица 5). Так как невозможно спрогнозировать ежегодную ставку инфляции на протяжении всего нормативного периода эксплуатации здания (150 лет), из-за большой погрешности, примем 2 горизонта расчета, на 50 и на 100 лет, с учетом ставки инфляции равной 3,8%. Полученные данные и динамика изменения стоимости на этапе эксплуатации, в зависимости от выбранной модели представлены на рисунке 4.

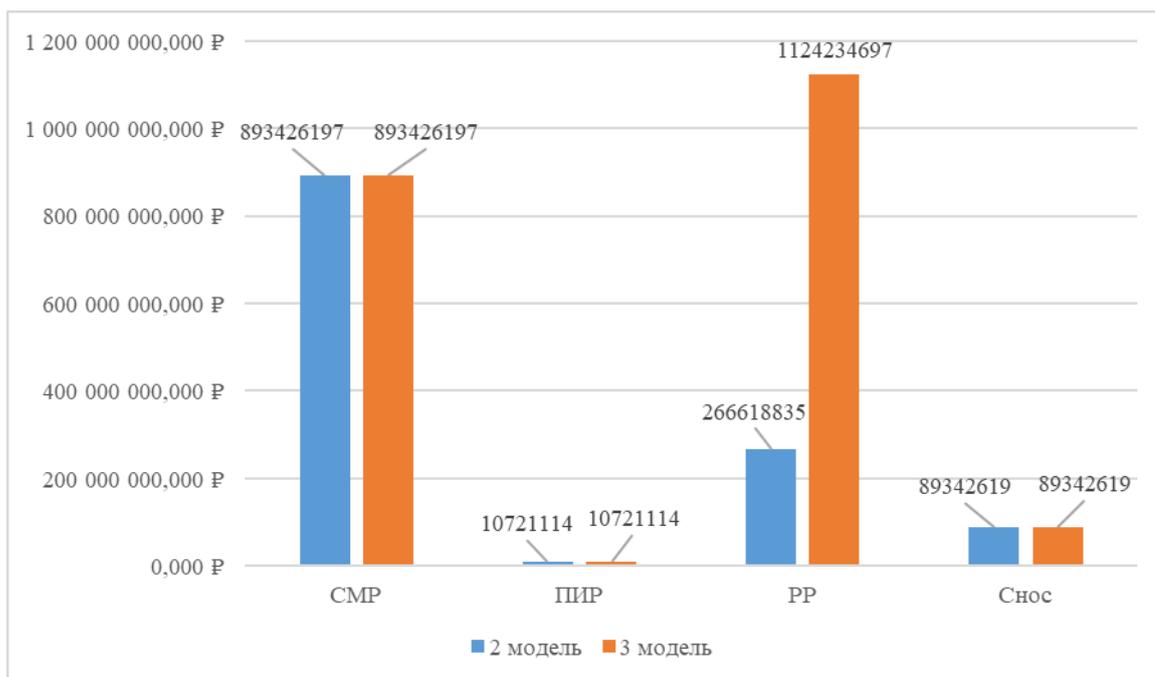


Рис. 4. – Динамика изменения стоимости ЖЦ в зависимости от модели

Таблица 5

Расчет приведенной стоимости полного жизненного цикла объекта

Режим эксплуатации	Срок эксплуатации, лет	Стоимость строительства, тыс. руб.	Приведенная стоимость работ, тыс. руб.	РР/СМР
2 модель	50	893 426,2	592 010,6	0,66
	100		4 338 602,4	4,86
3 модель	50		917 445,1	1,03
	100		8 387 071,8	9,39

В рассматриваемом случае, при прогнозировании на 50 лет, стоимость ремонтных работ составляет около 37-48% от общих затрат на ЖЦ объекта здравоохранения. В случае, когда прогнозирование приведенной стоимости ремонтных работ было осуществлено на 100 лет, размер ремонтных работ в структуре затрат возрастает до 81-89% от общей стоимости полного жизненного цикла. На рис.5-8 показаны прогнозируемые затраты на различных этапах в процентном соотношении.

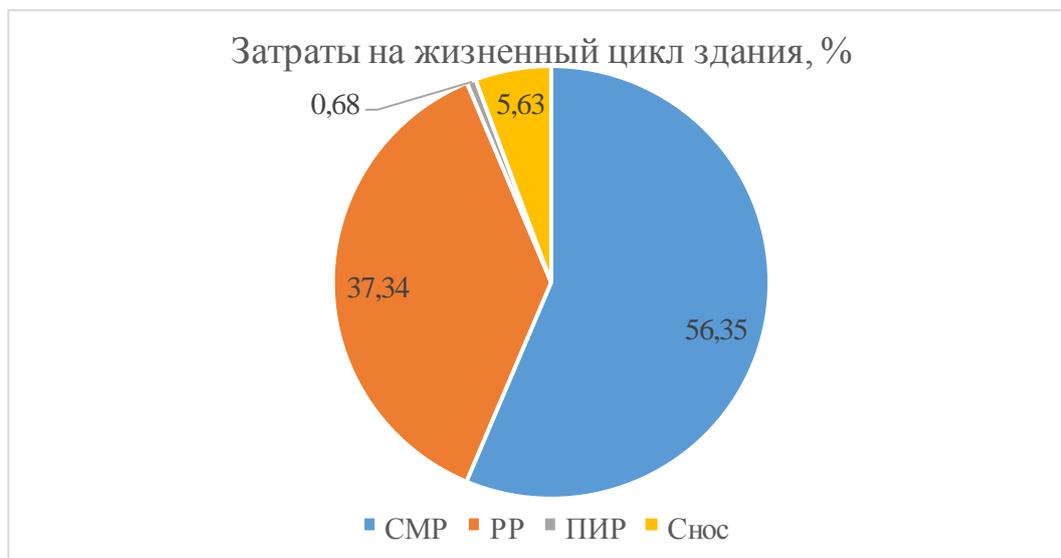


Рис. 5. – Структура затрат по 2 модели на 50 лет

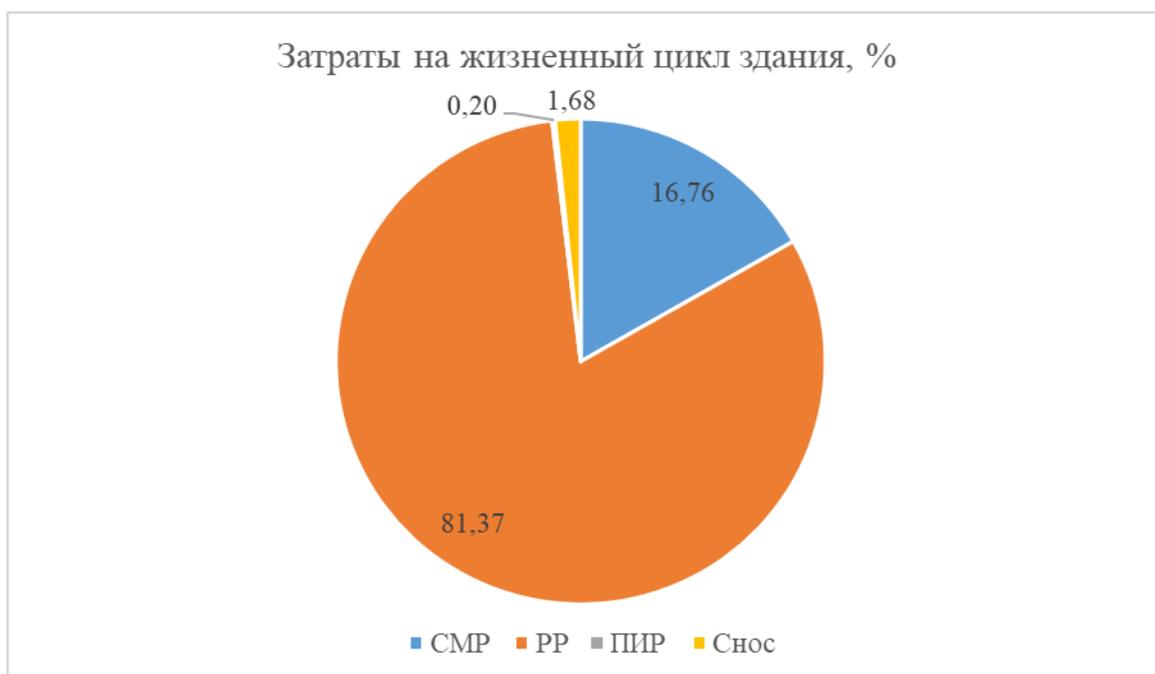


Рис. 6. – Структура затрат по 2 модели на 100 лет

С учетом проведенных расчётов и их оценки, можно сделать выводы, что эксплуатация здания с ремонтом основных конструктивных элементов по второй модели снижает срок эффективной эксплуатации на 20 % от нормативного срока службы здания. При этом затраты на проведение ремонтных работ ниже на 42% в сравнении с третьей моделью.

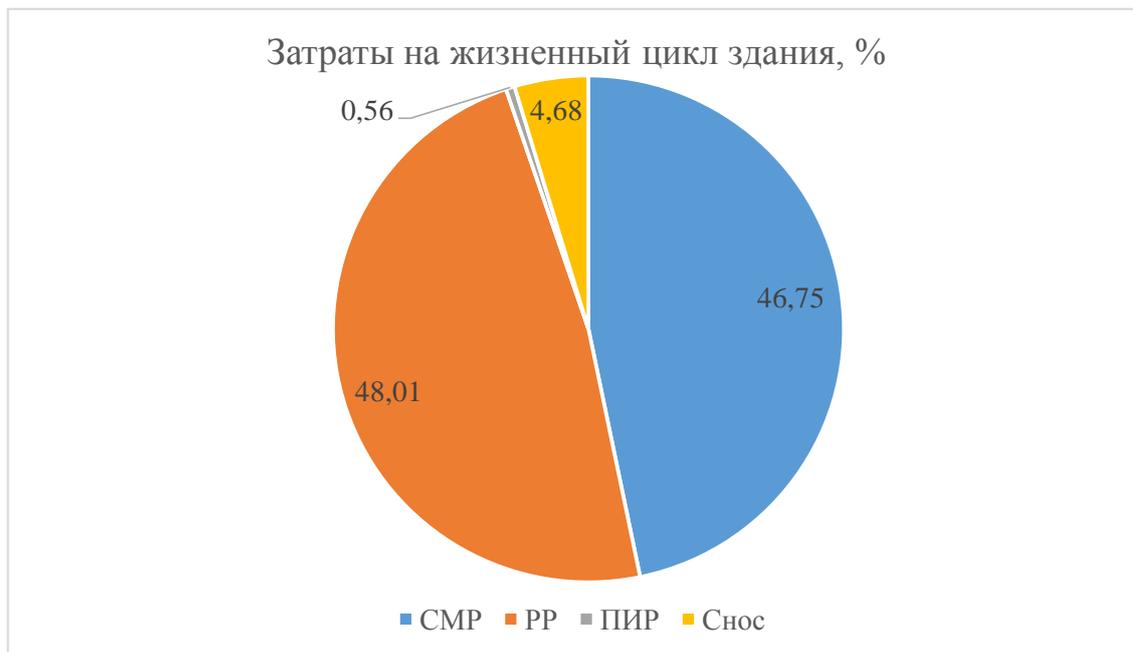


Рис. 7. – Структура затрат по 3 модели на 50 лет



Рис. 8. – Структура затрат по 3 модели на 100 лет

Информационная система ИАС ЖКХ позволяет спрогнозировать затраты эксплуатационной фазы объектов недвижимости еще до начала строительства, что позволяет провести оценку полной стоимости жизненного

цикла зданий. Расчет полной стоимости жизненного цикла для здания школы на основе информационно-аналитической системы ИАС ЖКХ позволил выявить взаимосвязь всех этапов ЖЦ и оценить суммарные затраты полного жизненного цикла объекта. Такой анализ может быть применен как застройщиком, так и собственником здания для дальнейшего совершенствования системы управления объектом недвижимости.

Анализ стоимости жизненного цикла объектов недвижимости может проводиться как для новых, так и для существующих зданий любого типа (жилых и общественных). Проведенные исследования помогают реализовать переход к программному методу планирования инвестиционно-строительных проектов с использованием технологий информационного моделирования.

Литература

1. Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Оганесян О. В., Бурлаченко А. О. Система управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием цифровых технологий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 4(85). С. 305-313.
2. Беляев А. В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 1. С. 65-72.
3. Брежнева О. В. Жизненный цикл объектов строительства // Управление. Экономический анализ. Финансы, Уфа, 23–24 апреля 2018 года / Под общ. ред. И.Р. Коцегуловой. Уфа: Редакционно-издательский комплекс УГАТУ. 2018. С. 12-16.

4. Букунов, А. С. Управление жизненным циклом объекта строительства на основе технологии информационного моделирования // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–24 мая 2018 года. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2018. С. 324-330.

5. Величковская, С. С. Жизненный цикл объекта строительства и его связь с BIM технологиями // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (ИСА) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля – 04 2022 года. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 863-865.

6. Гудкова Т. Н., Карелин Д. В. Жизненный цикл объектов капитального строительства // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Омск, 25–26 ноября 2021 года. Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). 2021. С. 360-364.

7. Коротков Д. Ю., Чулков В. О. Жизненный цикл строительного объекта // Мир науки. Педагогика и психология. 2013. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyu-tsikl-stroitel'nogo-obekta

8. Кузина О. Н. Информационное моделирование стоимости объекта строительства на каждом этапе жизненного цикла // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 1. С. 107-111.

9. Evtushenko S. I., Krahmalniy T. A. Automated Information System for Monitoring Technical Condition During Operation of Production Buildings //Building Life-cycle Management. Information Systems and Technologies. Springer, Cham, 2022, p. 41-48.

10. Лескина, Н. А., Гоштынар А. С., Бижанов С. А. Жизненный цикл объектов строительства и управление недвижимостью // Символ науки: международный научный журнал. 2016. № 1-1(13). С. 132-136.

11. Овчинников, А. Н., Волков А. А. Проблемы существующей системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства и факторы, их определяющие // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 5(95). С. 38-42.

12. Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Федяева П.В., Миненко Е.Н. Лучший европейский опыт внедрения энергосберегающих технологий в жилищном фонде Российской Федерации // Жилищное строительство. 2020. № 6. С. 29–34. URL: doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-29-34

13. Shvets, Y.S., Vorontsova, O.V., Sheina, S.G. DSTU business center construction project management using energy-saving and information BIM technologies. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 913(5), 052009
URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052009

References

1. Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganesyanyan O. V., Burlachenko A. O., Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2021. № 4(85). pp. 305-313.
2. Belyayev, A. V., Antipov S. S., Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. № 1. pp. 65-72.
3. Brezhneva, O. V. Upravleniye. Ekonomicheskyy analiz. Ufa: Redaktsionno-izdatel'skiy kompleks UGATU, 2018. pp. 12-16.
4. Bukunov, A. S., Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnykh trudov XXII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 2018. pp. 324-330.
5. Velichkovskaya, S. S., Dni studencheskoy nauki : Sbornik dokladov nauchno-tehnicheskoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta stroitel'stva i arkhitektury (ISA) NIU MGSU, Moskva: Natsional'nyy issledovatel'skiy Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet, 2022. pp. 863-865.
6. Gudkova, T. N., Karelin D. V. Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Omsk, 2021. pp. 360-364.
7. Korotkov D. Y., Chulkov V. O., Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya. 2013. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyy-tsikl-stroitel'nogo-obekta
8. Kuzina O. N. Nauchno-tehnicheskyy vestnik Povolzh'ya. 2019. № 1. pp. 107-111.
9. Evtushenko S. I., Krahmalniy T. A. Building Life-cycle Management. Information Systems and Technologies. Springer, Cham, 2022, pp. 41-48.
10. Leskina, N., Goshtynar A. A. S., Bizhanov S. A., Simvol nauki: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2016. № 1-1(13). pp. 132-136.



11. Ovchinnikov, A. N., Volkov A. A., Nauka i biznes: puti razvitiya. 2019. № 5(95). pp. 38-42.
12. Sheina S.G., Umnyakova N.P., Fedayayeva P.V., Minenko E.N., Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2020. № 6. pp. 29–34. URL: doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-29-34
13. Shvets, Y.S., Vorontsova, O.V., Sheina, S.G. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 913(5), 052009. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052009