

УДК 332.1

Управление строительным проектом на основе формирования многофакторной модели эффективности



Шагиахметова Э.И.

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и предпринимательства в строительстве
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Боровских О.Н.

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и предпринимательства в строительстве
Казанского государственного архитектурно-строительного университета



Низамова А.Ш.

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и предпринимательства в строительстве
Казанского государственного архитектурно-строительного университета



Объектом исследования был выбран многоквартирный жилой дом и рассмотрены 50 вариантов его реализации в соответствии с выбранными факторами: срок строительства, цена реализации за квадратный метр, норма дисконта, стоимость земельного участка и стоимость строительства одного квадратного метра. Авторами определена степень влияния результирующих факторов на принятие решения об инвестировании и сформирована соответствующая многофакторная модель.

Ключевые слова: IRR, жизненный цикл проекта, показатели эффективности, анализ чувствительности, корреляционно-регрессионный анализ.

В период кризисных явлений в экономике особую актуальность приобретает тема строительства и ввода достаточного количества жилья. В соответствии с Указом Президента России № 207 от 7 мая 2018 г., перед экономикой России ставится стратегическая задача по ускорению процессов воспроизводства объектов капитального строительства [1]. Главным приоритетом национальной программы является выполнение контрольных значений по вводу достаточного количества доступного жилья за счет управления объектами капитального строительства и недвижимостью в процессе их воспроизводства.

Выполнение поставленных задач возможно при формировании концептуального подхода к оценке и анализу жизненного цикла строительного проекта: от этапа проектирования до его ликвидации. От решений, заложенных на этапе проектирования, в конечном счете зависят стоимости затрат на строительство и эксплуатацию объекта, и эта величина, распределенная во времени, составляет значительную сумму, во много раз превышающую расходы на проектирование [2].

Из анализа трудов зарубежных авторов следует, что использование моделей оценки и анализа сто-

имости жизненного цикла, в том числе заключение контрактов на жизненные циклы достаточно популярно [3; 4]. Некоторые статьи рассмотрены с позиции экологического жизненного цикла проекта, к примеру, статья *Peter Ylmén* и других посвящена анализу влияния строительных материалов и технических установок на изменение окружающей среды на протяжении всего жизненного цикла проекта [4].

Отечественные авторы в своих исследованиях доказывают необходимость перехода России от традиционных стоимостных оценок (таких как рыночная, инвестиционная, ликвидационная и залоговая) к инновационным типам оценки (стоимости жизненных циклов, стоимости контрактов на жизненные циклы, оценки стоимости владения) [5; 6]. В статье Г.Н. Шинкаревой предлагается повысить эффективность инженерно-строительных проектов в разрезе жизненного цикла, взяв за основу модель «инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла» [7]. Преимущество модели заключается в учете распределения ограниченных материально-технических и трудовых ресурсов в зависимости от категории значимости выполняемых работ и затрат на компенсацию непредвиденных факторов.

Исследуя опыт отечественных и зарубежных коллег, нами была поставлена цель определить – какие факторы оказывают влияние на показатели эффективности инвестиционного проекта на протяжении всего жизненного цикла.

Каждый инвестиционно-строительный проект отличается рядом особенностей [8]. Рассмотрим проект 17-ти этажного одноподъездного блока дома башенного типа с офисами. В качестве конструктивной системы здания был выбран сборно-монолитный каркас, который представляет собой железобетонные колонны, связанные с междуэтажными перекрытиями. При этом жесткость каркаса здания обеспечивается диафрагмами жесткости, которые объединяются с колоннами при помощи закладных деталей. Кровля по проекту принимается плоская, с внутренним водостоком, наплавленная из двух слоев рулонного кровельного и гидроизоляционного материала. Вентиляционные шахты выполняются из кирпича, а шахты лифтов предусмотрены монолитными. Само здание оборудовано двумя лифтами, с грузоподъемностями 630 и 400 кг. Лестницы в жилом многоквартирном 17-ти этажном доме проектируются сборными железобетонными в виде Z-образных маршей-площадок.

Плановая продолжительность строительства составляет 24 месяца (расчеты выполнены с использованием программного продукта «Адепт: Управление строительством»). Реализация квартир будет осуществляться по цене 60,5 тыс. руб. за квадратный метр, офисные помещения будут сданы в аренду по ставке 600 руб. за кв.м в месяц. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1
Основные характеристики
многоквартирного жилого дома

Номер п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Площадь квартир, кв.м.	6325 кв.м
2	Площадь офисных помещений	710 кв.м
3	Стоимость строительства за кв.м	32 тыс. руб.
4	Стоимость земельного участка	16 794 тыс. руб.

При проведении расчетов было учтено создание управляющей компании для обслуживания дома на протяжении 50 лет. В качестве допущения принят неизменным темп инфляции в размере 4 % в год.

Доходы управляющей компании формируются за счет оплаты собственниками квартир общедомовых расходов и накопленных сумм на капитальный ремонт [9]. При этом управляющая компания закупает необходимое оборудование для уборки территории, платит заработную плату персоналу, осуществляет дезинфекцию, вывоз ТКО, текущий и капитальный ремонт здания. Очередность проведения капитального ремонта обусловлена нормативными сроками элементов конструкций жилого дома (табл. 2).

Таблица 2
Сроки службы конструктивных элементов
рассматриваемого жилого дома для
проведения капитального ремонта [15]

Номер п/п	Наименование	Сроки службы, лет
1	Кровля	10
2	Фасад	30
3	Лифт	25
4	Трубопроводы холодной воды	30
5	Трубопроводы горячей воды	20
6	Система вентиляции	7
7	Слаботочные устройства	20

Кроме того, были учтены расходы на аренду земельного участка в период строительства жилого дома, расходы на содержание офисов.

Итоговые показатели коммерческой эффективности рассматриваемого проекта (ставка дисконтирования принята равной 14 %) представлены в таблице 3.

Авторами было проведено многократное моделирование при различных исходных показателях выбранного проекта. При этом варьировались: сроки строительства, цена реализации, ставка дисконтирования, себестоимость строительства, стоимость земельного участка. Полученные результаты показали, что увеличение сроков строительства ведет к тому, что период получения доходов отодвигается по времени, а расходы инвесторов растут. Если сроки строительства превысят 5 лет, проект станет неэффективным.

Таблица 3
Показатели эффективности реализации проекта по строительству и последующей эксплуатации жилого многоквартирного дома

Номер п/п	Наименование	Значение
1	Чистая текущая стоимость проекта (<i>NPV</i>)	47 452 тыс. руб.
2	Дисконтированный срок окупаемости (<i>PBP</i>)	2,82 года
3	Внутренняя норма рентабельности (<i>IRR</i>)	28,8 %
4	Норма доходности дисконтированных затрат (<i>PI</i>)	1,21 раз

Источник: расчетные таблицы из программного продукта «Альт-Инвест. Строительство» (рассчитано авторами).

ным (рис. 1). Неблагоприятным для проекта является также снижение цены реализации на 20 %.

Как видно на рисунке 1, *IRR* меньше ставки дисконтирования проекта при увеличении сроков строительства объекта до 6 лет и выше. Также проект становится неэффективным при увеличении стоимости земельного участка в 5 раз, при росте стоимости строительства на 30 %. Результаты рейтинговой оценки исходных факторов по степени их влияния на чистую текущую стоимость проекта и внутреннюю норму рентабельности при однопараметрическом анализе приведены в таблице 4.

Расчеты в таблице 4 показывают, что наиболее значимыми факторами, влияющими на показатели эффективности проекта при однопараметрическом анализе чувствительности, являются цена реализации и стоимость строительства.

Однопараметрический анализ отражает влияние каждого отдельного фактора на результирующий показатель *IRR*. Однако на практике все факторы изменяются одновременно, оказывая совокупное влияние на результирующие показатели проекта. В этой связи необходимо исследовать зависимость результирующей переменной *Y* от нескольких влияющих факторов одновременно X_1, X_2, \dots, X_n .

В качестве факторов были выбраны те же: срок строительства (лет) X_1 , цена реализации за квадратный метр (тыс. руб.) X_2 , норма дисконта (%) X_3 , стоимость земельного участка (тыс. руб.) X_4 и

стоимость строительства одного квадратного метра (тыс. руб.) X_5 . Результирующая переменная $Y - IRR$ (%).

В связи с тем, что выбранные факторы имеют различные единицы измерения, необходимо их нормализовать. Суть нормализации состоит в том, чтобы перевести все используемые числовые значения в безразмерный вид, что позволит объединить их в одной модели [10]. Для нормализации факторов по каждому необходимо знать максимально и минимально возможное значения. В нашем случае точно установить пределы изменения переменных невозможно, поэтому они были заданы с учетом минимальных и максимальных значений в имеющейся выборке данных.

Переход от традиционных единиц измерения к нормализованным с использованием метода линейной нормализации осуществляется по следующей формуле:

$$\tilde{X}_{ik} = \frac{X_{ik} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

где \tilde{X}_{ik} – нормализованное значение переменной;
 X_{ik} – значение переменной из выборки;
 X_{min} – минимальное значение из выборки;
 X_{max} – максимальное значение из выборки.

Для получения корректных результатов модели необходимо проверить репрезентативность выборки [11]. Ее объем зависит от количества выбранных факторов. Минимальный объем выборки можно определить по формуле:

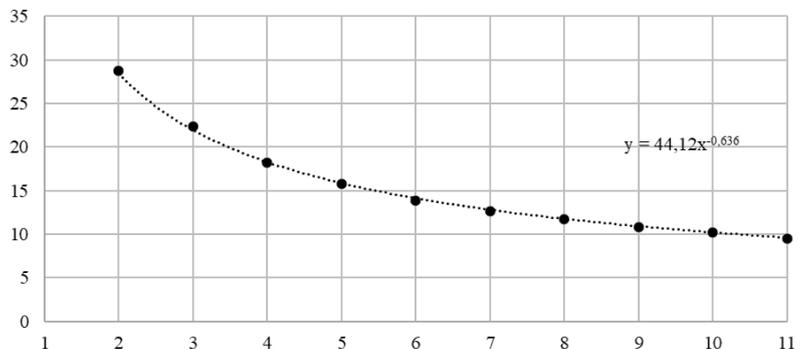


Рис. 1. Зависимость *IRR* от сроков строительства

Таблица 4
Рейтинговая оценка исходных факторов по степени их влияния на внутреннюю норму рентабельности проекта

№	Наименование факторов анализа (<i>X</i>)	Изменение <i>X</i> , %	Значение результата <i>IRR</i> , %	Изменение результата <i>IRR</i> , %	Эластичность	Рейтинг
1	Цена реализации	+100	90,3	+214	2,14	1
2	Срок строительства	+100	18,2	- 36,8	- 0,368	3
3	Ставка дисконтирования	+100	0	0	0	5
4	Стоимость земельного участка	+100	24,6	- 14,6	- 0,146	4
5	Себестоимость строительства	+100	0,3	- 98,9	- 0,989	2

$$N_{min} = 5(m + n),$$

где m – число факторов, включаемых в модель;

n – число свободных членов в уравнении.

В нашем исследовании $N_{min} = 30$, а размер выборки для построения многофакторной модели равен пятидесяти вариантам реализации проекта, таким образом, ее можно считать репрезентативной.

Для проекта строительства многоквартирного жилого дома многофакторная модель приняла следующий вид:

$$Y = 0,72 - 0,775X_1 + 0,91X_2 - 0,38X_3 + 0,107X_4 - 0,623X_5.$$

Полученные результаты показали, что на *IRR* наибольшее влияние оказывают стоимость продажи одного квадратного метра и срок строительства объекта.

Для оценки точности модели и тесноты связи между результативной переменной и факторами, включенными в модель, был рассчитан коэффициент множественной корреляции. Формула расчета коэффициента множественной корреляции, следующая:

$$R = \sqrt{1 - \frac{S_{ост}^2}{S_y^2}}$$

где $S_{ост}^2$ – остаточная сумма квадратов для уравнения $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$;

S_y^2 – общая сумма квадратов результативного признака.

Полученный результат в нашем случае составил 0,978, что свидетельствует о тесной взаимосвязи и точности модели. Кроме коэффициента множественной корреляции, был рассчитан коэффициент детерминации R^2 , который показывает долю вариации результативной переменной, объясненную вариацией факторных признаков. $R^2 = 0,957$, то есть 96 % изменений результирующей переменной обусловлено выбранными факторами и лишь 4 % объясняются факторами, не учтенными в модели.

Идентификация и анализ рисков очень важны для успешного управления инвестиционно-строительными проектами на протяжении всего жизненного цикла [12].

Проведенный анализ позволил выделить основные факторы риска проекта, дать им оценку и сформировать основу для разработки стратегии реагирования.

Имитационное моделирование, проведенное в ходе исследования, показало, как возможное увеличение сроков и стоимости строительства, ставки дисконтирования, стоимости земельного участка, падение цены реализации могут повлиять в целом на финансовую устойчивость проекта [13; 14].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на показатель *IRR* оказывает цена реализации за квадратный метр, у которого значение коэффициента в модели наибольшее – 0,91. На втором месте оказался фактор – сроки строительства. Проведенный регрессионный анализ позволит принимать оптимальные управленческие

решения с помощью выявления приоритетных причин, влияющих на конечный показатель.

Будущие исследования позволят разработать варианты стратегий реагирования на риски в процессе строительства и эксплуатации объектов.

Литература:

1. Указ Президента России № 207 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>
2. Боровских О.Н. Проблемы и перспективы развития проектных организаций в России // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2019. – № 10 (128). – 7 с.
3. Dariusz Walasek, Arkadiusz Barszcz. Analysis of the Adoption Rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI] // Procedia Engineering. – 2017. – № 172. – P. 1227-1234.
4. Ylmén Peter, Peñaloza Diego, Mjörnell Kristina. Life Cycle Assessment of an Office Building Based on Site-Specific Data, July 2019. – DOI: 10.3390/en12132588. – URL: http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/contracten_gww/dbfm/ (дата обращения: 24.04.2020).
5. Баронин С.А., Кулаков К.Ю. Генезис управления стоимостью контрактов жизненного цикла объекта капитального строительства и стоимости владения недвижимостью // Недвижимость: экономика, управление. – 2020. – № 1. – С. 10-14.
6. 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.
7. Шинкарева Г.Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства для контрактов жизненного цикла // Вестник МГСУ. – 2018. – № 10 (121). – С. 1204-1210.

8. Загидуллина Г.М., Зайнуллина Д.Р., Мавлютова А.Р., Сиразетдинова Э.Р. Реализация инновационных проектов как основа экономического развития // Российское предпринимательство. – 2017. – № 23. – С. 3725-3738. – DOI: 10.18334/gr.18.23.38612
9. Romanova A.I.: Improving the quality of construction works in terms of the self-regulation // Procedia Engineering. – 2016. – № 150. – P. 2108-2112.
10. Шагиахметова Э.И., Сердарова М.С. Количественный анализ рисков инвестиционных проектов (на примере организаций строительной отрасли) // Дискуссия. – 2018. – Вып. 88. – С. 85-92.
11. Рахматуллина Е.С. BIM моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. – 2017. – № 19. – DOI: 10.18334/gr.18.19.38345
12. Боровских О.Н. Вопросы и перспективы развития проектной деятельности в России // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18. – № 22. – С. 3393-3404.
13. Гареев И.Ф., Мухаметова Н.Н. Внедрение цифровых технологий на этапах жизненного цикла объектов жилой недвижимости // Жилищные стратегии. – 2018. – Т. 5. – № 3. – С. 305-322.
14. Устинова Л.Н., Низамова А.Ш., Вирцев М.Ю. Алгоритм прогнозирования стратегии инновационной деятельности предприятий // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – № 11(470). – С. 2111-2122. – DOI: 10.24891/ea.16.11.2111.
15. Ведомственные строительные нормы ВСН 58-88 (Р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» (утв. Приказом Госкомархитектуры РФ при Госстрое СССР от 23.11.88 г. № 312). – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294854/4294854822.htm>

Construction Project Management Based on the Formation of a Multi-Factor Efficiency Model

***Shagiakhmetova E.I., Borovskikh O.N., Nizamova A.Sh.
Kazan State University of Architecture and Engineering***

The object of the study was a multi-apartment residential building and 50 options for its implementation were considered in accordance with the selected factors: construction period, selling price per square meter, discount amount, land plot cost and construction cost per square meter. The authors determined degree of influence on investment decisions and formed the corresponding multivariate model.

Key words: IRR, life cycle of the project, performance indicators, sensitivity analysis, correlation and regression analysis.

