УДК 330.322.214:330.322.5

© Е. А. Малькевич, аспирант

E-mail: kaetrin@rambler.ru

© А. О. Березин, д-р экон. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: berezingasu@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-308-313

© E. A. Malkevich, post-graduate student

E-mail: kaetrin@rambler.ru

© A. O. Berezin, Dr. Sci. Ec., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: berezingasu@yandex.ru

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ В СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

MODEL OF FORMING A MECHANISM OF INVESTMENT MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION OF INTEGRATED RESIDENTIAL DEVELOPMENT

Представлена модель выбора варианта реализации проекта в пределах его запланированной стоимости, характеризующаяся использованием аппарата динамического программирования. Применение данной модели позволяет учесть факторы влияния на конечные показатели проекта, а также индивидуальные условия установленных лимитов подразделениями строительного холдинга в рамках реализации проектов комплексной жилой застройки.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект (ИСП), управление инвестициями, управление стоимостью, затраты, гибкий бюджет, комплексная жилищная застройка.

The article presents a model for choosing the project implementation option within the planned project cost, the distinguishing feature of which is the use of the dynamic programming tool. The use of this model allows taking into account the factors of influence on the final indicators of the project, as well as individual conditions of the established limits by the subdivisions of the construction holding within the framework of the integrated housing projects' implementation.

Keywords: investment and construction project (ICP), investment management, cost management, costs, variable budget, integrated residential development.

Понятие «комплексная жилищная застройка» включает элементы планирования, проектирования и застройки крупного жилого массива с обязательным условием одновременного ввода в эксплуатацию и жилых домов, и объектов социально-бытовой инфраструктуры, а также объектов торгово-развлекательного и делового назначения.

В ходе данного исследования было выявлено, что при реализации проектов комплексной жилой застройки формирование организационно-экономического механизма представляет собой важнейший инструмент, обеспечивающий заданную стоимость проекта с сохранением его качества и сроков реализации, что делает такие проекты прибыльными и конкурентоспособными.

Предлагаемая методика отличается от действующих привнесением гибкости в расчеты

стоимости, а также учитывает особенности реализации проектов комплексной жилой застройки на различных стадиях жизненного цикла.

При разработке модели авторами использовался аппарат динамического программирования. В классическом понимании динамическое программирование дает возможность принимать ряд последовательных решений (многошаговый процесс), обеспечивающих оптимальность развития процесса в целом.

Для определения оптимального варианта гибкого бюджетирования в рамках заданной стоимости проекта авторы используют так называемый принцип Беллмана [3, 4]. Согласно этому принципу оптимальное поведение (управление) обладает следующим свойством: каким бы ни было состояние S-системы в результате какого-либо числа шагов, на ближайшем шаге нужно

выбирать управление инвестициями так, чтобы оно в совокупности с оптимальным управлением на всех последующих шагах приводило к оптимальному выигрышу на всех оставшихся шагах, включая данный. Следовательно, на каждом шаге любого состояния системы $S_{(k-1)}$ решение $X_{(k)}$ выбирается с учетом того, что сам этот выбор влияет на последующее состояние $S_{(k)}$ и дальнейший процесс управления инвестициями, зависящий в дальнейшем от $S_{(k)}$.

В рамках оптимальной задачи динамического программирования (поиск оптимального гибкого бюджета инвестиционно-строительного проекта) авторы статьи под доходом понимают размер сэкономленных средств по сравнению с утвержденным сводным сметным расчетом (или частью сводного сметного расчета, в зависимости от стадии реализации проекта и от корректировок со стороны подразделений предприятия). Сводный сметный расчет инвестиционно-строительного проекта (ИСП) исходит из количества затраченных ресурсов. На основании сводного сметного расчета определяются заданная стоимость строительства $S(x)$ и порядок определения стоимости строительства [1, 6].

Предположим, что есть j -е количество подсистем (подразделений) предприятия, ответственных за формирование бюджета ИСП комплексной жилой застройки. Есть ресурсы x , которые можно корректировать пошагово, в зависимости от стадий реализации проекта и компетенций подразделений предприятия. Обозначим через $f(x)$ доход (перерасход) средств. Допустим при рациональном распределении, что при i -й корректировке часть ресурсов x_i позволит принести доход (минимизировать затраты) — f_i . Следует обозначить, что корректировки могут носить и отрицательный характер, т. е. увеличивать стоимость (перерасход средств по сравнению с утвержденной стоимостью). Однако нужно помнить главную цель предлагаемой модели: необходимо так распределить количество ресурса x при i -м количестве корректировок, чтобы конечная сметная стоимость строительства не превышала заданный уровень $S(x)$ (заданная сметная стоимость строительства).

Обозначим как x_{ij} распределение ресурсов на каждом этапе в зависимости от количества корректировок и количества ответственных за фор-

мирование бюджета подсистем организации. (Под ресурсами авторы понимают размер выделенных денежных средств инвестором на определенном этапе строительства.) Соответственно, $f_{ij}(x_{ij})$ — доход или перерасход, получаемый при i -й корректировке в j -й подсистеме (подразделении) организации.

Таким образом, матрица возможной экономии (дохода), включающей корректировки проекта с учетом заданных параметров, представлена в табл. 1.

Факторы влияния на стоимость строительства комплексной жилой застройки могут быть внешними и внутренними (объективными и субъективными).

Объективные (внешние) факторы изменения стоимости строительства связаны с общим изменением экономической или финансовой ситуации в стране, развитием научно-технического прогресса, природными условиями. К таким факторам традиционно относят следующие:

1. Макроэкономические факторы [2, 5, 7, 8]:

- увеличение процентной ставки по кредитам организациям (тем самым увеличивается нагрузка на предприятия);

- инфляция (в первую очередь на строительные материалы, так как строительство — это материалоёмкая отрасль);

- изменение курса национальной валюты (также оказывает влияние, поскольку большая часть строительной техники импортная) и т. д.

2. Неожиданные и несвоевременные изменения климатических условий (в частности,

Таблица 1

Матрица возможной экономии (доходов) при формировании стоимости ИСП комплексной жилой застройки

Факторы влияния на стоимость проекта Количество корректировок	Подразделения организации, имеющие свой бюджет в рамках сводного сметного расчета			
	1	2	...	j
1	$f_{11}(x_{11})$	$f_{12}(x_{12})$		$f_{1j}(x_{1j})$
2	$f_{21}(x_{21})$	$f_{22}(x_{22})$		$f_{2j}(x_{2j})$
...				
i	$f_{i1}(x_{i1})$	$f_{i2}(x_{i2})$		$f_{ij}(x_{ij})$

аномальные для текущего времени года морозы; аномальная жара; количество выпавших осадков, значительно превышающие климатическую норму).

3. Изменение стоимости добычи сырья, используемого в производстве строительных материалов (например, истощение карьеров щебня или песка ведет к увеличению транспортной составляющей в стоимости сырья).

4. Нестабильность законодательства в области строительства на федеральном и местном уровнях: например, изменение требований при получении технических условий (ТУ), согласований, разрешений, правил землепользования и застройки (ПЗЗ) и т. д. Изменения в законодательстве могут остановить процесс возведения объекта на время оформления дополнительной документации и/или приведения процедуры строительства в соответствие новым нормативным требованиям (такое случается со строительством объектов комплексной жилой застройки). Кроме того, могут создаваться дополнительные требования по страхованию объектов долевого строительства; к нововведениям можно отнести и систему «Платон». Подобные изменения происходят с частой периодичностью (в среднем раз в год) и ведут к удорожанию себестоимости строительства.

5. Природные катаклизмы: пожары, землетрясения, ураганы (штормы), смерчи, цунами и др. Влияние этого фактора можно нивелировать страхованием объектов строительства, что в конечном итоге опять приводит к удорожанию строительства.

6. Внезапно возникшая необходимость проведения дополнительных работ (например, по осушению территории застройки, укреплению грунта, подведению дополнительных инженерных коммуникаций и т. д.). Такая ситуация может быть обусловлена объективными причинами либо некачественно проведенными предпроектными изысканиями.

7. Резкое изменение стоимости услуг третьих лиц, используемых в процессе строительства. Подобные обстоятельства иногда возникают, особенно при наличии множества субподрядчиков и субсубподрядчиков. Данный фактор может носить как объективный, так и субъективный характер.

8. Появление инновационных технологий в строительстве или производстве материалов и оборудования. Данный фактор, безусловно, объективный, однако обладает двойственным эффектом, в одних случаях способствуя увеличению стоимости строительства, а в других — его уменьшению.

Следует подчеркнуть, что обозначенные выше факторы, оказывающие влияние на стоимость проекта комплексной жилой застройки, носят в основном объективный характер. Авторы настоящей статьи детально не рассматривают влияние каждого фактора на стоимость строительства комплексной жилой застройки; соответственно, представленная математическая модель носит скорее концептуальное направление.

Математическая модель поставленной задачи состоит в том, чтобы определить вектор $\overline{f(x)} = [f_{11}(x_{11}), \dots, f_{ij}(x_{ij})]$, удовлетворяющий условиям

$$[f(x), I] = \max f_{ij}(x_{ij});$$

$$\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j f_{ij}(x_{ij}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где x_{ij} — ресурсы на каждом этапе реализации проекта, получаемые при i -й корректировке в j -й подсистеме (подразделении) организации, ответственные за формирование бюджета подсистем организации, тыс. руб; $f_{ij}(x_{ij})$ — доход/перерасход, получаемый при i -й корректировке в j -й подсистеме (подразделении) организации, тыс. руб.

Таким образом, мы получаем вектор-строку, содержащую максимальные элементы каждого столбца, т. е. максимально возможную экономию средств.

Кроме этого, существует другое важнейшее ограничение по заданной стоимости ИСП комплексной жилой застройки:

$$\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j x_{ij} \leq S(x), \quad (2)$$

где $S(x)$ — заданная стоимость строительства проекта, тыс. руб.

Далее на основе матрицы возможной экономии или перерасхода при реализации проектов комплексной жилой застройки можно построить массив вариантов реализации бюджета проекта с учетом лимитов, устанавливаемых моделью (1)–(2), и складывающихся условий выпол-

нения ИСП. Особое внимание следует обратить на условия выполнения бюджета, которые могут сильно меняться в зависимости от специфики проекта (сложность, длительность и т. д.), особенностей финансирования проекта (размер предоплаты, условия привлеченных средств и др.), специфики самой строительной организации (наличие собственных сил либо привлечение подрядных организаций и проч.) и т. д.

В итоге получается вектор $\overline{f(x)} = [f_{11}(x_{11}), \dots, f_{ij}(x_{ij})]$, характеризующий экономию или перерасход по сравнению с заданной стоимостью строительства $S(x)$. Элементы вектора $\overline{f(x)}$ следует рассматривать как отдельные самостоятельные величины, влияющие на заданную стоимость ИСП. Итогом расчетов будет следующая матрица вариантов стоимости ИСП при заданных условиях (a_{kn}):

$$a_{kn} = S(x) - \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j f_{ij}(x_{ij}), \quad (3)$$

где a_{kn} — варианты стоимости (бюджета) ИСП, тыс. руб.

Полученные варианты бюджетов проекта (табл. 2) будут носить разную степень неопределенности исполнения, однако смогут отвечать главному требованию — обеспечению заданной стоимости ИСП комплексной жилой застройки. Невыполнение этого условия ставит под сомнение целесообразность участия строительной организации в проекте.

Таким образом, данное моделирование позволяет составить модель гибкого бюджета, максимально удовлетворяющую требованию обеспечения заданной стоимости ИСП комплексной жилой застройки. Для этого можно взять несколько вариантов корректировок различных подразделений, в которых не достигается макси-

мальная экономия, но которые наиболее вероятны, и составить гибкий бюджет, предусматривающий несколько вариантов реализации проекта в зависимости от складывающейся ситуации.

Нами было отмечено, что в ходе реализации ИСП комплексной жилой застройки возникает множество внешних и внутренних факторов, предсказать которые из-за их неопределенности зачастую невозможно. При реализации проектов комплексной жилой застройки всегда существует риск выйти за утвержденные лимиты финансирования.

Анализ подобных рисков позволяет сформировать такой вариант гибкого бюджета, при котором они будут минимальны. Для этого необходимо сформировать таблицу вероятностей исполнения бюджета, соответствующих каждому условию исполнения (табл. 3).

Исполнение бюджета зависит от множества факторов, негативно влияющих на стоимость проекта, поэтому может быть охарактеризовано по трем критериям: «отличное», «нормальное» и «плохое». При этом точные характеристики этих критериев определяются спецификой конкретного проекта, а также требованиями руководства или заказчика (инвестора).

Для измерения степени неопределенности используется понятие *энтропия**.

Энтропия g -го варианта (в нашем случае их может быть три: «отличный», «нормальный» и «плохой») с заданной вероятностью P_{gk} определяется по формуле

$$H_g = - \sum_{k=1}^n P_{gk} \log P_{gk} = - \log \prod_{k=1}^n P_{gk}^{P_{gk}}, \quad (4)$$

где H_g — энтропия g -го варианта стоимости

* Энтропия (в общем случае) — это мера хаотичности, неупорядоченности некоторой системы.

Таблица 2

Варианты бюджета проекта в рамках заданных условиях

Условия выполнения бюджета (k условий или вариантов)	Варианты бюджетов ИСП			
	1	2		n
Объем работ, отданных на подрядные работы	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
Размер предоплаты	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
Объем привлеченных средств	a_{31}	a_{32}	...	a_{3n}
....	...	...	...	...
k	a_{k1}	a_{k2}	...	a_{kn}

Таблица 3

**Матрица вероятностей исполнения
бюджета**

Бюджет ИСП	Возможные состояния выполнения бюджета					
	Отличное		Нормальное		Плохое	
	P_{1k}	a_{kn}	P_{2k}	a_{kn}	P_{3k}	a_{kn}
1						
...						
g						

ИСП, тыс. руб.; P_{gk} — заданная руководителем интегрированной строительной организации вероятность обеспечения заданной стоимости ИСП g -го варианта при k условий выполнения бюджета, $P_{gk} = [0, 1]$.

Чем ниже энтропия H_g , тем меньше неопределенность выбранного варианта. Однако одно только знание варианта, обладающего наибольшей определенностью, еще не позволяет предпочесть его всем остальным, так как не дает учитывать полезность (в данном случае это экономия или перерасход бюджетных средств) сделанного выбора a_{gk} с вероятностью P_{gk} . Чем выше неопределенность вариантов бюджета или больше интервал изменения полезности (экономии или перерасхода от заданной стоимости), т. е. отклонение возможной стоимости ИСП комплексной жилой застройки от заданной стоимости, тем выше степень риска реализации проекта. Суммарное отклонение возможной стоимости от ожидаемой (средней) по g -му варианту и при ($g = 1, G$) составит

$$\Delta a_g = \sum_{k=1}^k |a_{gk} - M(a_g)|, \quad (5)$$

где Δa_g — отклонение стоимости ИСП по g -му варианту, тыс. руб.; a_{gk} — возможная стоимость ИСП по g -му варианту при k условий выполнения бюджета, тыс. руб.; $M(a_g)$ — математическое ожидание стоимости ИСП g -го варианта (т. е. ожидаемая стоимость), тыс. руб.

Математическое ожидание стоимости ИСП g -го варианта, т. е. ожидаемая стоимость, рассчитывается так:

$$M(a_g) = \sum_{k=1}^k a_{gk} P_{gk}. \quad (6)$$

Дисперсия и среднее квадратическое отклонение соответственно составят

$$D(a_g) = M[a_{gk} - M(a_g)]^2 = \sum_{k=1}^k [a_{gk} - M(a_g)]^2 P_{gk}; \quad (7)$$

$$\sigma(a_g) = \sqrt{D(a_g)}, \quad (8)$$

где $D(a_g)$ — дисперсия стоимости ИСП g -го варианта, тыс. руб.; $\sigma(a_g)$ — среднее квадратическое отклонение стоимости g -го варианта, тыс. руб.

Необходимо понимать, что чем ниже значение σ , тем меньше неопределенность и риск, так как среднее квадратическое отклонение характеризует колебания различных ситуаций от ожидания.

Для измерения риска также рассчитывается коэффициент вариации по следующей формуле:

$$V(a_g) = \frac{100\sigma(a_g)}{M(a_g)}, \quad (9)$$

где $V(a_g)$ — коэффициент вариации, %; $g = \overline{1, G}$.

Нами отмечено, что чем больше значение коэффициента вариации, тем выше степень риска.

Итак, предлагаемая модель не позволит строительной организации выйти за рамки заданной инвестором стоимости проекта комплексной жилой застройки, если будет учтено ограничение по сметной себестоимости проекта.

Библиографический список

1. Барановская Н. И., Котов А. А. Основы сметного дела в строительстве. М.; СПб.: Координационный центр по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве, 2005. 480 с.
2. Барановская Н. И., Фэйфэй Гу, Наньнань Чжан. Формирование стоимости и определение эффективности инвестиций в комплексную жилую застройку с участием иностранного капитала. СПб.: Питер: 2015. 280 с.
3. Беллман Р. Э. Введение в теорию матриц: пер. с англ. изд. М.: Наука, 1969. 368 с.
4. Беллман Р. Э. Динамическое программирование / пер. с англ. И. М. Андреевой, А. А. Корбута, И. В. Романовского, И. Н. Соколовой. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 400 с.
5. Березин А. О. Анализ влияния неценовых факторов на рыночную стоимость жилья и жилищного строительства в крупном городе (на примере Санкт-Петербурга) // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 193–198.
6. Петрова Е. А. Модель управления стоимостью проекта комплексной жилой застройки // Вестник ЛГУ им. А. С. Пушкина. 2014. № 3. С. 53–60.

7. Петрова Е. А. Подходы и методы управления стоимостью проекта комплексной жилой застройки на всех стадиях жизненного цикла // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 251–257.

8. Резниченко В. С., Ленивец Н. Н., Павлов В. В. Определение сметной стоимости крупномасштабных строений на всех стадиях инвестиционного процесса. М.: Светотон, 2012. 524 с.

References

1. Baranovskaya N. I., Kotov A. A. *Osnovy smetnogo dela v stroitel'stve* [Bases of accountance business in construction]. Moscow, St. Petersburg, Coordination center for pricing and budget rationing in construction Publ., 2005, 480 p.

2. Baranovskaya N. I., Fehyfehy Gu, Nan'nan' Chzhan. *Formirovaniye stoimosti i opredeleniye ehffektivnosti investitsiy v kompleksnuyu zhiluyu zastroyku s uchastiem inostrannogo kapitala* [Cost formation and definition of efficiency of investments into the complex housing development with participation of foreign capital]. St. Petersburg, Piter Publ., 2015, 280 p.

3. Bellman R. Eh. *Vvedeniye v teoriyu matrits* [Introduction to the theory of theory of matrices]. Transl. from English. Moscow, Nauka Publ., 1969, 368 p.

4. Bellman R. Eh. *Dinamicheskoye programmirovaniye* [Dynamic programming]. Transl. from English by Andre-

eva I. M., Korbut A. A., Romanovskiy I. V., Sokolova I. N. *Izd-vo inostrannoy literatury Publ.*, 1960, 400 p.

5. Berezin A. O. *Analiz vliyaniya netsenovykh faktorov na rynochnuyu stoimost' zhil'ya i zhilishchnogo stroitel'stva v krupnom gorode (na primere Sankt-Peterburga)* [Analysis of the impact of non-price factors on the market value of residential housing and its development in a large city (on the example of Saint-Petersburg)]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 4 (57), pp. 193–198.

6. Petrova E. A. *Model' upravleniya stoimost'yu proekta kompleksnoy zhiloy zastroyki* [Management model of the complex housing development project cost]. *Vestnik LGU im. A. S. Pushkina – Bulletin LSU named after A. S. Pushkin*, 2014, no. 3, pp. 53–60.

7. Petrova E. A. *Podkhody i metody upravleniya stoimost'yu proekta kompleksnoy zhiloy zastroyki na vseh stadiyakh zhiznennogo tsikla* [Approaches and methods of project cost management of the complex residential development during all the stages of the life-cycle]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 6 (47), pp. 251–257.

8. Reznichenko V. S., Lenivtsev N. N., Pavlov V. V. *Opredeleniye smetnoy stoimosti krupnomasshtabnykh stroek na vseh stadiyakh investitsionnogo protsesssa* [Determination of the estimate cost of large-scale buildings at all stages of investment process]. Moscow, Svetoton Publ., 2012, 524 p.