

УДК 69:658

**В. В. Захарова**, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова  
**К. В. Тарануха**, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова  
**Н. Л. Тарануха**, доктор экономических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНЕ

*Представлена экономико-математическая модель жилищного строительства региона. Процесс формирования структуры жилищного строительства рассмотрен как комплексная система, зависящая от градостроительных, демографических, социальных и экономических факторов. Оптимальная структура жилищного строительства при минимальных затратах строительных организаций на создание жилищного фонда позволяет максимально удовлетворить потребности населения в жилье с учетом демографических факторов.*

**Ключевые слова:** экономико-математическая модель, факторы, структура жилищного строительства региона, критерий оптимальности.

**Ж**илищная проблема является наиболее значимой в числе других социально-экономических проблем региона, так как в ней переплетаются важные социально-экономические взаимосвязи.

В настоящее время поиску способов решения жилищной проблемы, вопросам прогнозирования жилищного строительства и эффективного использования сложившегося жилищного фонда уделяется большое внимание. Однако практика показывает, что при этом не учитываются вопросы оптимизации структуры жилищного фонда, жилищного строительства и влияние рыночных факторов, что приводит к диспропорциям в обеспеченности различных типов семей жилой и общей площадью, дефициту в строительстве одних и избытку других типов квартир, следовательно, к нерациональному использованию жилищного фонда. Решить данную проблему, по нашему мнению, можно на основе моделирования процесса жилищного строительства.

Моделирование связано не только с обеспечением прогноза экзогенных переменных и описанием траектории развития структуры и объемов жилищного строительства, но и с выбором обоснованной экономической политики в области формирования рынка недвижимости, инвестиций, цен.

Эффект от принятия хозяйственных решений сказывается в течение длительного периода в будущем, когда производство функционирует при ресурсах, созданных в прошлом и настоящем. В современных условиях в жилищном строительстве представляется весьма важным учет продолжительности инвестиционного цикла, который достигает в ряде случаев сроков, далеко выходящих за рамки обозримого периода. Сложность, обширность и многогранность указанной проблемы требуют использования комплексного подхода к ее решению, который может быть реализован методами экономико-математического моделирования.

При моделировании процесса жилищного строительства необходимо решать задачи прогнозирования долговременных тенденций роста строительного

производства с учетом требований и ограничений экономики города и спроса на строительную продукцию (жилье).

Прогнозирование должно быть многовариантным, позволяющим оценивать различные пути и возможности развития с учетом различных ограничений и критериев оптимальности. В связи с этим методы экономического прогнозирования опираются на статистическую обработку данных, характеризующих существующую структуру жилищного фонда. Это позволяет более объективно раскрыть всю систему связей и отношений, весь комплекс параметров состояния и закономерностей явлений и процессов, определить наилучшие пути развития.

Одной из важнейших экономических проблем управления жилищным строительством в условиях рыночных отношений является комплексное изучение факторов, способных стимулировать устойчивый рост. Наиболее распространенным методом, которым сегодня пользуются экономисты при определении влияния факторов развития, являются простые и комбинационные группировки. Однако они не дают возможности исчерпывающе применять полученный результат и количественно определить влияние каждого фактора. В этой связи целесообразно применять экономико-математические методы, которые, не игнорируя роль традиционных статистических методов, а развивая и дополняя их, являются инструментарием, дающим возможность сочетать качественно-теоретический анализ с количественным и тем самым с большой точностью отразить причинно-следственные связи во всех отраслях экономики региона, в том числе в жилищном строительстве [1].

Процесс совершенствования структуры жилищного строительства, рассматриваемый как комплексная система, можно представить в виде следующей функции [2]:

$$Y = f(\Pi, Д, К, С, Э_y, О, Э, Т, Г),$$

где  $Y$  – структура жилищного фонда;  $\Pi, Д, К, С, Э_y, О, Э, Т, Г$  – правовые, демографические, культурные,

социальные, экологические, организационные, экономические, технические, градостроительные факторы соответственно.

При этом следует исходить из необходимости решения важнейшей задачи в области жилищного строительства – обеспечение повышения эффективности инвестиций, наиболее рационального использования всех видов ресурсов, чтобы получить максимальный прирост производства на единицу вложенных средств [3].

При разработке эффективных решений по развитию и функционированию жилищного строительства важным вопросом является правильный выбор критериев оптимальности, которые должны отвечать следующим требованиям:

- представительность, т. е. определение основных, а не второстепенных целей, задач;
- критичность к исследуемым параметрам, что определяется их значительными числовыми изменениями при сравнительно малых изменениях исследуемых операций;
- единственность, так как в противном случае исследования усложняются и зачастую становятся невозможными;
- простота;
- отражение динамичности моделируемого процесса или системы.

Подходы к формированию структуры жилищного строительства должны учитывать ряд организационно-экономических изменений, которые произошли в жилищном строительстве в связи с переходом на рыночные отношения.

*Во-первых*, деятельность всех предприятий строительного комплекса ориентирована на выполнение условий договоров, а не на достижение плановых показателей.

*Во-вторых*, цены, как на конечную строительную продукцию, так и на отдельные ее компоненты формируются под влиянием рыночных механизмов. Следовательно, формирование структуры жилищного строительства региона должно основываться на принятии сбалансированных решений с учетом структуры спроса и предложения жилья.

Доля государственного сектора в жилищном строительстве резко сократилась, одновременно выросли объемы частного и смешанного жилищного строительства. Это привело к снижению влияния государственных структур на оперативное управление строительным производством.

Административные методы государственного регулирования в области жилищного строительства свелись к лицензированию, проведению антимонопольной политики, осуществлению контроля за соблюдением законодательных актов по труду и социальной политике, строительных норм и правил, норм проектирования, экологии, техники безопасности, энергонадзора, установлению тарифов и расценок на энергоносители. Регулирование рынков строительномонтажных (подрядных) работ, проектно-изыскательских работ, стройматериалов, оборудования,

девелоперов и др. осуществляется экономическими методами [4].

Активно развиваются новые организационно-правовые формы предприятий жилищной сферы – холдинги, концерны, финансово-промышленные группы, корпорации и т. д. В организационных структурах предприятий появились новые функциональные службы: маркетинговые, риэлторские, инжиниринговые, по подготовке тендерной документации (оферт), коммерческие, консалтинговые и др. Изменился порядок финансирования и кредитования жилищного строительства.

С учетом изложенного формирование структуры жилищного строительства можно вести по следующим направлениям:

- разработка модели структуры жилищного строительства по уровням и периодам планирования;
- разработка многоуровневых моделей, предусматривающих возможность применения модели на уровне предприятия, района, города, региона [5].

Все модели должны быть взаимосвязаны: результаты решения одних задач являются исходными данными для других.

При построении экономико-математической модели структуры жилищного строительства региона в условиях риска и неопределенности следует учитывать структуру спроса и предложения жилья, уровень доходов будущих его потребителей, производственные мощности строительных организаций, а также цены на различные виды жилья.

Предположим, что оптимальная структура жилищного строительства – это такая его структура, которая при минимальных затратах строительных организаций на создание жилищного фонда позволяет максимально удовлетворить потребности населения в жилье с учетом демографических факторов. Жилищный фонд города характеризуется множеством структур в зависимости от рассматриваемых параметров, начиная с числа комнат в квартире и заканчивая районом, в котором расположен дом.

Для определения потенциальных потребностей жилья нужно учитывать степень его доступности. Классическим показателем доступности жилья является отношение его рыночной стоимости к среднегодовому доходу семьи. По этому показателю потенциальных потребителей жилья можно разбить на группы.

При разработке модели структуры жилищного строительства необходимо различать коммерческое и социальное жилье. В основу формирования этих видов жилья положены различные концепции удовлетворения жилищных потребностей. Для рынка жилья потребностью является неудовлетворенный платежный спрос на жилище определенного качества. При этом стимулом для рыночного предложения является желание приобрести жилье, обеспеченное покупательской способностью, социальным жильем обеспечивается часть наименее обеспеченных домохозяйств, условия проживания которых ниже установленных жилищных стандартов.

Принцип определения структуры жилищного строительства предусматривает использование векторного показателя, включающего также агрегированные показатели структуры социального и коммерческого жилищного строительства.

Вектор развития структуры социального жилищного строительства характеризует весь основной спектр вариантов предоставления жилья на бесплатной и субсидируемой основе:

- предоставление жилья очередникам, получающим бесплатное социальное жилье в соответствии с приоритетами, устанавливаемыми муниципальными органами;

- приобретение жилья очередниками, получающими субсидии на строительство или приобретение жилья;

- предоставление жилья работникам бюджетной сферы и муниципальных организаций;

- предоставление жилья при расселении коммунальных квартир;

- предоставление жилья на условиях коммерческого найма и т.д.

Вектор  $X_c(xr, \dots, xf, \dots, xM)$  – требуемая структура социального жилищного строительства, должен максимально удовлетворять потребности населения в жилье, т. е.

$$\sum_{i=1}^M (x_i(t) - y_i(t))^2 \rightarrow \min,$$

где  $y_i(t)$  – потребность в жилой площади  $i$ -го вида жилищного фонда в момент  $t$ ;  $x_i(t)$  – объем  $i$ -го вида жилищного фонда в момент  $t$ ,  $i = 1, \dots, M$ .

Степень удовлетворения потребности в жилье (в долях единицы) можно рассчитать как

$$u_i(t) = \frac{x_i(t)}{y_i(t)}.$$

Показатель  $u_i(t)$  характеризует удовлетворенность потребности в жилищном фонде  $i$ -го вида и должен стремиться к 1.

Агрегированный индекс удовлетворения потребности в социальном жилье рассчитывается по формуле

$$U_i(t) = \sum_{i=1}^M v_i(t) u_i(t),$$

где  $v_i(t)$  – коэффициент важности (весомости) показателя удовлетворения потребности в жилье той или иной группы населения, определяется экспертным путем при условии, что

$$\sum_{i=1}^M v_i(t) = 1.$$

В качестве критерии социальной эффективности жилищной политики можно принять такую динамику показателей удовлетворения потребности в жилье  $U_c(t)$  и  $U_c(t+1)$ , при которой соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^M v_i(t+1) u_i(t+1) > \sum_{i=1}^M u_i(t) v_i(t).$$

Таким образом, агрегированная структура социального жилищного строительства описывается следующей системой:

$$\bar{X}_c = \begin{cases} \sum_{i=1}^M (x_i(t) - y_i(t))^2 \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^M v_i(t+1) u_i(t+1) > \sum_{i=1}^M v_i(t) u_i(t). \end{cases}$$

Предложенный порядок расчета агрегированной структуры социального жилищного строительства является необходимым для проведения социально ориентированной и финансово сбалансированной жилищной политики в регионе.

Вектор развития структуры коммерческого жилищного строительства опирается главным образом на различные схемы финансирования жилищного строительства. Это обусловлено тем, что именно выбор схемы финансирования жилищного строительства во многом определяет сумму средств, которую готов израсходовать потенциальный покупатель на приобретение жилья. В свою очередь, от объема этих средств зависит структура жилищного строительства.

С учетом всего многообразия существующих схем финансирования жилищного строительства инвестор сам принимает решение о выборе схемы финансирования жилья.

Итак, вектор  $\bar{X}_k(x1, \dots, xf, \dots, xM)$  – требуемая структура коммерческого жилищного строительства. При определении структуры коммерческого жилищного строительства необходимо отметить, что инвестор (покупатель жилья) стремится получить максимальную общую площадь  $S(i)$  в результате инвестирования:

$$S_i(t) = \frac{I_i(t)}{C_i(t)},$$

где  $I_i(t)$  – объем финансирования  $i$ -го вида жилищного фонда в момент  $t$ ;  $C_i(t)$  – средняя стоимость 1 м<sup>2</sup>  $i$ -го жилищного фонда в момент  $t$ .

В условиях развитого рынка жилищного строительства любой инвестор стремится получить максимальный объем комфортного жилья при оптимальной его цене. Таким образом, модель оптимизации структуры коммерческого жилищного строительства будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^M \left[ \sum_{j=1}^J b_{ij}(t) x_{ij}(t) \right] C_i(t) \rightarrow \min,$$

где  $J$  – вид жилищного фонда (индекс серии жилого дома),  $i = 1, \dots, M$ ;  $j$  – индекс типов квартир,  $j = 1, \dots, J$ ;  $b_{ij}(t)$  – число квартир типа  $j$  в  $i$ -м виде жилого фонда в  $t$ -м году;  $C_i(t)$  – средняя стоимость 1 м<sup>2</sup> общей площади серии  $i$  в  $t$ -м году;  $x_{ij}(t)$  – объем  $i$ -го вида жилищного фонда с  $j$ -м типом квартир (искомая величина в оптимизационной модели) в  $t$ -м году.

Основными ограничениями в данной модели будут финансовые возможности инвестора и возмож-

ности строительной индустрии, связанные с вводом жилых домов определенных серий в  $t$ -м году. Кроме того, инвестору необходимо оценивать уровень риска вложений в тот или иной тип жилья в зависимости от рыночной конъюнктуры.

Используя описанные выше агрегированные векторы структуры жилищного строительства, построим экономико-математическую модель оптимальной структуры жилищного строительства региона в условиях риска и неопределенности с учетом структуры спроса и предложения жилья, уровня доходов будущих потребителей жилья, производственных мощностей строительных организаций, а также цен на различные виды жилищного фонда.

Фактически всех потенциальных потребителей квартир можно условно разбить на четыре большие группы:

– граждане, которые относятся к льготным категориям и стоят в очереди на получение бесплатного жилья;

– малообеспеченные граждане, имеющие минимум средств на покупку жилья и низкий уровень жизни. Им требуются дотации, льготные кредиты и т. д.;

– граждане со средним доходом;

– обеспеченные граждане, которые могут позволить себе купить любую квартиру без дотаций и кредитов.

Введем параметр  $Y_{ik}$  – потребность семьи с  $k$ -м доходом ( $k = 1, 2, 3, 4$ ) в жилой площади  $i$ -го вида жилищного фонда:

$$Y_i = \sum_{k=1}^K Y_{ik}.$$

Исходные условия сводятся в таблицу.

Виды	Дифференциация семей по доходам				Общая потребность в жилье	Рыночная цена $i$ -го вида жилья
	Льготная категория	Малообеспеченные	Со средним доходом	Обеспеченные		
ЖФ <sub>1</sub>	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{01}$	$C_1$
ЖФ <sub><math>i</math></sub>	$Y_{i1}$	$Y_{i2}$	$Y_{i3}$	$Y_{i4}$	$Y_{0i}$	$C_i$
ЖФ <sub><math>M</math></sub>	$Y_{M1}$	$Y_{M2}$	$Y_{M3}$	$Y_{M4}$	$Y_{0M}$	$C_M$
Итого	$SY_{i1}$	$SY_{i2}$	$SY_{i3}$	$AY_{i4}$	–	–

Ограничениями в этой задаче служат финансовые возможности населения (конечных потребителей жилья) и производственные мощности строительных организаций региона.

Решением задачи является требуемая структура жилищного фонда – вектор  $\vec{X}_{\text{общ}}$  ( $x_1, \dots, x_2, \dots, x_M$ ), где  $X_i$  – объем  $i$ -го вида жилищного фонда.

Вектор  $\vec{X}_{\text{общ}}$  должен максимально удовлетворять потребности населения, т. е.

$$\sum_{i=1}^M (X_i - Y_i)^2 \rightarrow \min.$$

В результате целевая функция оптимальной структуры жилищного строительства в регионе выглядит следующим образом:

$$\vec{X}_{\text{общ}} = \begin{cases} \sum_{i=1}^M (X_i - Y_i)^2 \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^M \left[ \sum_{j=1}^J b_{ij}(t) x_{ij}(t) \right] C_i(t) \rightarrow \min. \end{cases}$$

Критерий оптимальности структуры состоит в максимальном удовлетворении потребности населения в жилье и минимизации совокупных инвестиционных затрат на строительство жилья. При этом существует следующая система ограничений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^M X_i(t) b_{ij} \geq Y_i(t), \\ \sum_{i=1}^M X_i(t) b_{ij} \leq Q_i(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $Q_i(t)$  – мощность строительного производства  $i$ -й серии жилого дома в  $t$ -м году.

Первое ограничение в системе (1) отражает требования удовлетворения потребностей в поквартирной структуре, второе – возможные ограничения строительной индустрии, связанные с вводом жилых домов определенных серий в  $t$ -м году. Полученные на основе модели решения в процессе дальнейшего использования могут быть детализированы в многоуровневых моделях, усилены дополнительными условиями и ограничениями, расширены с учетом специфики рыночной ситуации, региона, инвесторов, строительного и финансового рынков. Комбинируя различными способами векторы социального и коммерческого жилищного строительства, можно существенно улучшить структуру жилищного строительства в регионе.

#### Библиографические ссылки

1. Тарануха К. В. Формирование стратегии развития жилищного строительства региона // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 3(59). – С. 82–84.
2. Тарануха Н. Л., Панундзе П. Н. Комплексная оценка и выбор проектных решений в строительстве : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2009. – 202 с. : ил.
3. Организация и управление градостроительной деятельностью : в 2 ч. / В. П. Грахов, В. А. Кошечев, С. В. Семенова, Н. Л. Тарануха. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2009.
4. Управление производственно-экономическим потенциалом строительных организаций региона : монография / В. П. Грахов, Н. Л. Тарануха, В. А. Кошечев, С. Я. Князев. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. – 120 с.
5. Тарануха Н. Л. Системотехническая оценка проектных решений в строительстве : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – 212 с. : ил.

*V. V. Zakharova*, Master's Degree Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*K. V. Taranukha*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*N. L. Taranukha*, Doctor of Economics, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### **Formation of Economic-Mathematical Model of Housing in the Region**

*This paper presents a mathematical model of economic and housing development in the region. The process of formation of the structure housing is considered as a complex system dependent on urban, demographic, social and economic factors. Optimal structure housing at minimum cost of construction companies to build housing allows to meet the needs of the population in housing based on demographic factors.*

**Key words:** economic-mathematical model, factors, structure of housing in the region, optimality criterion.