

АРХИТЕКТУРНЫЕ, ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

УДК 711.454

А.В. Головин

Муниципальное автономное учреждение
«Бюро городских проектов», г. Пермь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Представлен оригинальный подход к моделированию градостроительных подсистем. В качестве примера для формирования соответствующих моделей использовалась сеть муниципальных общеобразовательных учреждений города Перми. Описаны процессы построения сценариев моделирования и интерпретации результатов моделирования. Предлагаемый подход апробирован при построении параметрической модели функционально-пространственной организации города Перми (положенной в основу Генерального плана города) и может быть использован для изучения и принятия решений в отношении формирования структуры урбанизированных территорий, развития транспортных систем, инженерно-технической инфраструктуры, социально-экономических систем.

Ключевые слова: градостроительное проектирование, моделирование, объемы социальной инфраструктуры, численности населения, школы.

1. Специфика и модель соотношения функций вида «жилье – социальные услуги». В течение времени одни территории города развиваются более интенсивно, пользуются наибольшим предпочтением среди горожан для жизни, работы, получения различного рода услуг, в том числе образовательных. Другие территории, наоборот, используются периодически и не являются местами притяжения населения. По этой причине «загрузка» школьных учреждений различается в зависимости от места расположения в городе.

В связи с этим постоянно возникают вопросы о наличии или отсутствии необходимости размещения и строительства муниципальных образовательных учреждений, с учетом факторов, которые оказывают влияние на существующую сеть образовательных учреждений и перспективы ее развития. К таким факторам относятся: демографический состав и динамика изменения численности населения города и его отдельных территорий, внутренняя миграция населения, преобразование городской среды, транспортно-ориентированный уклад городской жизни, бюджетная обеспеченность содержания образовательной сети и др.

Функции (виды деятельности) взаимосвязаны посредством того, что один вид деятельности определяет объем другого вида деятельности. Эта взаимосвязь используется при городском планировании в расчетах и планировании мощности объектов тех или иных функций. Например, объем функции жилья определяется численностью населения, через объемы жилья можно рассчитать объемы или мощности объектов функций транспорта, здравоохранения и т.д. Эти общеизвестные связи, используемые планировщиками, применены в описании существующего и планируемого обеспечения населения объектами образовательной инфраструктуры.

При рассмотрении соотношения функций вида «жилье – социальные услуги» применительно к общеобразовательным школьным учреждениям наглядно проявляется противоречивая специфика данной системы города, которая заключается в следующем:

- с одной стороны, существует и развивается мобильность населения в части выбора мест проживания в соответствии с желаниям и платежеспособному спросу домохозяйств, в том числе в части выбора приобретения (получения) услуг социальной сферы;
- с другой стороны, должна быть обеспечена доступность школьных образовательных учреждений в пределах нормальной или оптимальной дистанции от мест проживания основного количества потребителей услуг (населения);
- кроме миграционных процессов на территории города объективно существует процесс изменения возрастной структуры населения, который также оказывает влияние на число учеников во временном периоде.

Это означает, что всегда существует и периодически изменяется уровень несоответствия между количеством школьников, проживающих на локальных территориях, и количеством мест в школах, расположенных на этих территориях.

Возникает вопрос: как увязать эти естественные противоречия в процессе планирования и реальной жизнедеятельности в городе сегодня и в будущем, при том, что события происходят независимо от желания планировщиков?

Для решения этой проблемы применяются моделирование. Это такой вид управленческой деятельности, который позволяет выработать общие правила поведения и представления об изучаемой системе, установить однозначное понимание или оценку рассматриваемой ситуации для принятия решения.

В начале 1960-х гг. началась интенсивная работа построения моделей социально-экономической и функционально-пространственной структуры города. На практике градостроители либо принимали такую структуру как данность, либо выстраивали ее самостоятельно, опираясь на опытное знание и интуицию. Однако Джей Форрестер продемонстрировал возможность формирования динамической модели социально-экономической структуры города. Метод Форрестера включил в себя понимание города как очень сложной системы, напоминающей живой организм. Использование имитационных моделей доказало возможность оперировать непредсказуемостью поведения города и адекватно представлять силу влияния параметров, вызывающих изменения, происходящие в городских системах [4].

Если значимость моделирования для отечественной градостроительной школы советского периода, в условиях плановой экономики, нивелировалась волевыми решениями административной системы, то сегодня имитационные модели получают все более широкое распространение в градостроительной деятельности. В наши дни городская территория в полной мере включена в экономические отношения, на которой совершают поступки и строят планы огромное количество индивидуумов и их объединений. Поэтому город и его части обладают признаками динамической системы, в составе которой множество элементов находится в отношениях и связях друг с другом и образуют определенную целостность, единство, развивающееся во времени, изменяющее состав входящих в нее компонентов и связи между ними при сохранении функции.

Моделирование различных процессов, ситуаций не является в полной мере наукой для экономистов или математиков. Моделирование представляет собой процесс формулирования проблемы и поиска ее решения [4]. Мы ориентируемся на то, что в России также станет очевидным, что современное городское планирование и управление развитием города все более будет определяться не посредственным управлением процессами и достижением нормативных целей, а достижением баланса между такими целями и возможностями. Под возможностями в данном случае понимаются направления деятельности, явления жизни города, при которых в каждый конкретный момент времени может быть достигнут наилучший, сбалансированный результат. Сбалансированный результат – это такой результат, при котором учтены интересы различных социальных групп и экономических субъектов, где поддержаны положительные тенденции и реализованы попытки избежать негативных последствий развития.

1.1. Построение модели. Все приведенные выше положения в полной мере относятся к комплексу объектов социальной инфраструктуры. Для поиска сбалансированного решения по обеспечению населения школьными образовательными учреждениями в пределах района обслуживания, с момента возникновения застройки на пустом месте и отображения возможных направлений развития по пути к полному освоению территории, применим метод Форрестера. Предлагаемый метод основан на балансе потоков переменных, охваченных «петлями обратных связей». Петля обратной связи – это замкнутая цепочка взаимодействия, которая связывает исходное действие с его результатом, изменяющим характеристики окружающих условий, которые в свою очередь являются информацией (параметрами), вызывающей дальнейшие изменения. Причину и следствие в процессах можно представить в графическом виде (рис. 1, а). В модели присутствуют понятия уровня – субстанции накопления параметров и темпа потока, представляющего расход этих параметров. Уровни графически изображаются в виде прямоугольников, а темпы потока – в виде вентилях. Уровни и темпы соединяются каналами потоков «петлями обратной связи» (рис. 1, б) [1, 2].

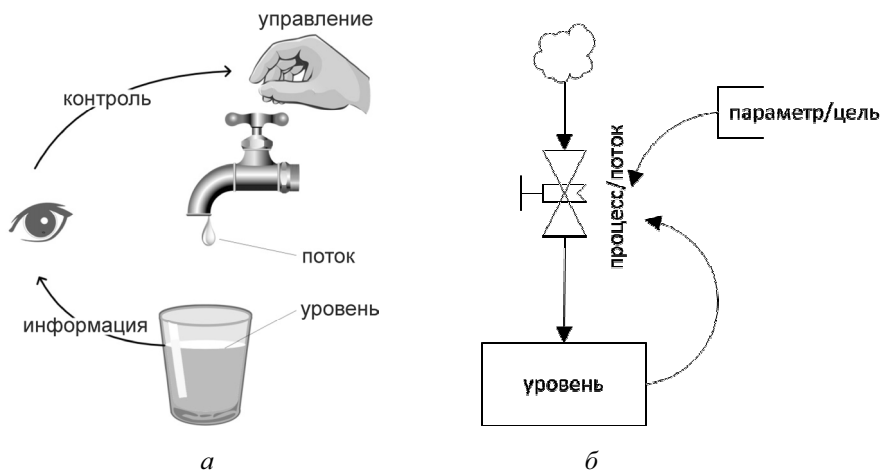


Рис. 1. Схемы отображения структурных элементов модели

1.2. Структурное выражение модели. Порядок формирования модели зависит от характера (склада ума, воображения) исследователя. Структурное выражение модели может быть начато либо со схематического описания ее структуры, либо с последовательного построения математических взаимосвязей (формул) переменных системного процесса.

Результатом математического и вербального описания является систематизация причинно-следственных описаний моделируемых динамических процессов. Вербальное описание может содержать эскизы потоковых диаграмм и диаграммы причинно-следственных связей, математическое описание – таблицы, формулы, матрицы.

В рамках данной работы в качестве первого шага представим блок-схему (рис. 2), соответствующую описанию цели моделирования – найти равновесное состояние динамической системы, в пределах которой емкость объектов социальной инфраструктуры будет соответствовать или удовлетворять числу потребителей услуг соответствующего вида социальной инфраструктуры, с учетом различных факторов меняющихся во времени:

- динамики движения населения и жилищного фонда;
- структуры населения и типологии жилищного фонда;
- предпочтений и социально-экономического положения населения;
- других факторов.

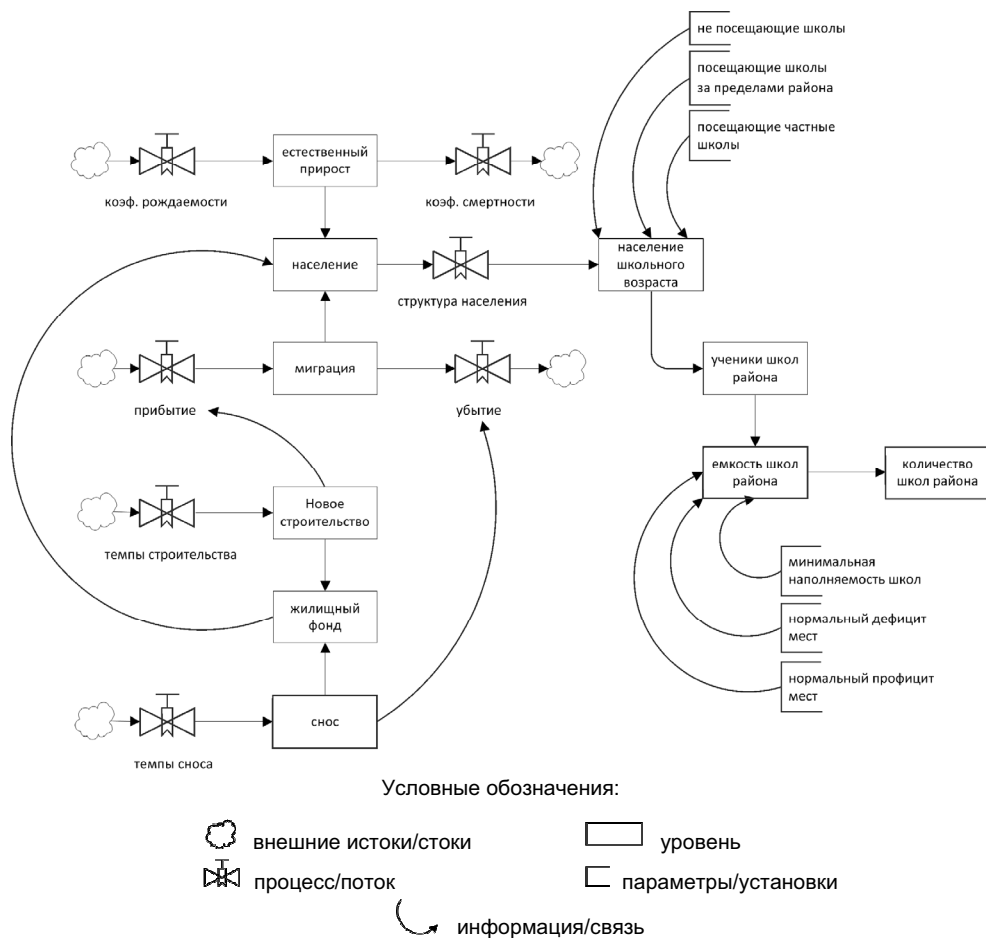


Рис. 2. Схема структурного выражения модели в виде идеограммы

Теория исследования и построения моделей динамических систем предполагает выделение четырех уровней [1]:

- 1) внешняя граница системы;
- 2) цепи обратной связи внутри границы системы;
- 3) переменные, называемые уровнями, которые представляют собой накопление (аккумуляцию) данных в цепях обратной связи;
- 4) переменные, называемые процессами (потоками), которые отражают активность в цепях обратной связи: цели, темпы изменений, условия, действия и т.д.

1.3. Внешняя граница системы. Зоны обслуживания населения объектами социальной инфраструктуры представляют собой границы, в пределах которых осуществляются внутрисистемные взаимодействия между системами население, застройка и объекты сети школьных учреждений. Выделение границ системы позволяет формировать множества и структуру взаимодействия участвующих параметров и элементов модели, при этом вскрывать свойства целостности для решения задачи, для которой формируется модель.

Для исследования работы сети общеобразовательных учреждений такими границами системы принимаются «школьные районы» – границы зон обслуживания муниципальных дошкольных образовательных учреждений и муниципальных учреждений среднего (полного) общего образования на территории города Перми. Эти границы зон обслуживания определены при подготовке Генерального плана города Перми и утверждены в составе Местных нормативов градостроительного проектирования г. Перми (далее по тексту – МНГП) (рис. 3).

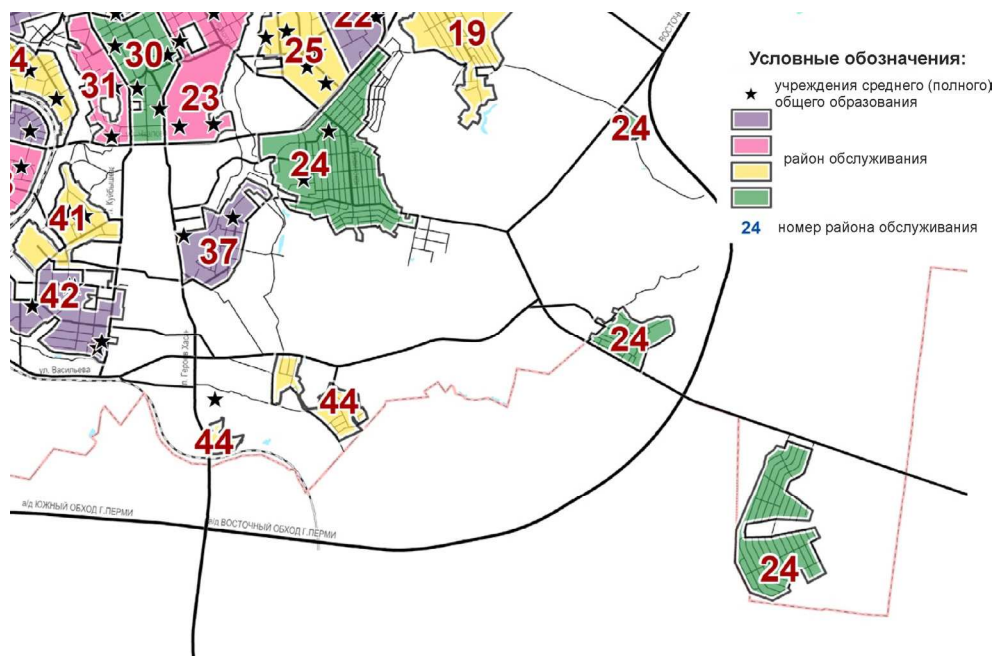


Рис. 3. Фрагмент схемы районов обслуживания муниципальными учреждениями среднего (полного) общего образования (школьных районов)

Школьные районы представляют собой минимальные зоны планирования и количественного учета образовательных услуг, которые обладают соответствующими каждому району параметрами сети: количество мест в учреждениях, плотность школьных мест на 1000 жителей, проживающих в школьных районах, площадь земельного участка, приходящаяся на одно учебное место, другие параметры. Сформированные таким образом районы обслуживания позволяют организовать систему сбора и обработки информации, позволяющей получать точные, а не усредненные показатели состояния образовательной системы по всем необходимым параметрам.

Параметры школьной сети можно определять при территориальной привязке их к функциональным зонам Генерального плана. Дифференциация функциональных зон по характеристикам застройки и обеспеченности различными видами услуг позволяет с достаточной точностью проанализировать обеспеченность территорий общеобразовательными учреждениями. Тем не менее зоны обслуживания школ по их фактическому расположению на территории города могут не совпадать с границами функциональных зон, а именно могут быть больше. Это определено тем, что при наличии разрывов урбанизированных территорий в границах городского округа, а также локализованных малонаселенных территорий органы местного самоуправления в целях оптимизации школьной сети вынуждены не строить школы на таких территориях, а организовывать перевозку детей к местам обучения.

Во всех городах, где осуществляется планомерная реконструкция и интенсивное использование застроенных территорий, становится невозможным и утрачивается смысл руководствоваться традиционными радиусами обслуживания. Например, увеличение зоны обслуживания социальных объектов связано не только с интенсивностью застройки, но и с выбором, который осуществляют жители города: удобство доступа к социальной услуге, уровень качества и другие предпочтения. В настоящее время нет жесткой адресной привязки жителей к учреждениям социального обслуживания, и поэтому дети удаленных районов посещают центральные школьные и дошкольные учреждения.

С учетом транспортной доступности зона обслуживания общеобразовательного учреждения может составить до 3 км. Помимо этого жители сами определяют для себя приемлемость расстояния до мест обучения своих детей.

Для справки. По данным исследований Института социологии РАН, проведенных в 2004–2006 гг. под руководством д-ра социол. наук, руководителя Центра социологии образования, науки и культуры ИС РАН Д.Л. Константиновского, в среднем по России на дорогу до школы учащиеся тратят 15 мин. Ученики «сильных» школ – уже 20–25 мин. 80 % школьников ходят пешком, 15 % пользуются городским транспортом, на автомобиле родителей до школы добираются менее 4 %. Но в «слабых» школах пешком ходят около 90 % учеников (городским транспортом пользуются 5–10 %), а в «сильных» – примерно половина. В элитных учебных заведениях до 36 % учащихся добираются в школу городским транспортом, а 8–9 % учащихся подвозят родители.

1.4. Ограничения системы. Документацией регулирования градостроительной деятельностью в городе определяются предельные параметры развития соответствующих территорий. Таким образом, в пределах границ моделируемой системы посредством установленных параметров интенсивности использования территории¹ могут быть определены ограничения модели: по численности населения, по площади застройки всех видов.

Предельные параметры моделируемых элементов являются своего рода «емкостью» территории (рис. 4), которая заполняется с прогнозируемым темпом, зависящим от различных факторов.

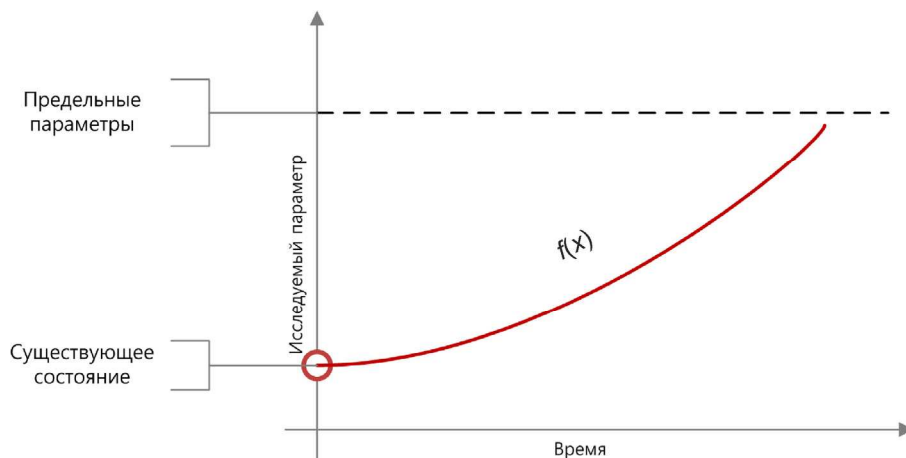


Рис. 4. График представления ограничений развития территории, где $f(x)$ – функция изменения параметров интенсивности использования территории

¹ Интенсивность использования территории – комплексная характеристика использования территории, определяемая показателями плотности застройки, процентом застройки территории, плотностью улично-дорожной сети, долей использования подземного пространства, количеством, разнообразием видов использования недвижимости, другими параметрами.

1.5. Описание уровней модели и их взаимных связей. Необходимость строительства объектов социального обслуживания возникает при появлении соответствующего числа пользователей – жителей на определенной территории. Поэтому построение модели начнем с описания одного из главных уровней – численности населения P . Сведения о существующей численности населения могут быть получены из статистических данных. Численный состав населения меняется во времени вследствие множества факторов и процессов, ограничимся основными из них.

На изменение численности населения оказывают влияние такие процессы, как рождаемость, смертность и миграция. Расчет общей численности населения на начало года выполняется по уравнению демографического баланса:

$$P_i = P_{i-1} + (N - M) + (V_+ - V_-),$$

где i – временной шаг (год) исследуемого периода;

P_i – общая численность населения на начало года;

P_{i-1} – общая численность населения на начало предыдущего года;

N – общее число родившихся в предыдущем году;

M – общее число умерших в предыдущем году;

V_+ – число прибывших в предыдущем году;

V_- – число убывших в предыдущем году.

Темпы естественного изменения населения могут быть оценены посредством инструментов демографического прогнозирования. В данном случае предлагается сценарии развития процессов рождаемости и смертности определять экспертно по ретроспективным статистическим данным показателей коэффициентов рождаемости и смертности по городу Перми.

Таким образом, при назначении экспертом (исследователем) соответствующего значения коэффициента расчет естественного прироста населения выполняется по следующей формуле:

$$E = \frac{P_{i-1}}{1000} \cdot (n - m),$$

где E – естественный прирост населения;

P_{i-1} – общая численность населения на начало предыдущего года;

n – число родившихся в предыдущем году на 1000 чел. населения;

m – число умерших в предыдущем году на 1000 чел. населения.

Миграционные процессы внутри замкнутой системы подвержены влиянию следующих переменных: выбытие жилищного фонда (старение, разрушение, техногенные последствия), новое строительство, изменение уровня привлекательности территории (развитие, упадок). Вероятнее всего, люди выезжают за пределы территории, потому что их жилье физически не в состоянии обеспечивать жилищные услуги, либо территория, окружение не соответствует их представлениям о комфорте и безопасности. Другие люди, наоборот, пополняют систему, потому что на территории появилось жилье, которое отвечает их предпочтениям и возможностям, так как территория является оптимальной для их организации жизни, работы и отдыха.

Рассмотрим уровень модели «жилищный фонд». За единицу измерения жилищного фонда примем квартиру. Расчет общего объема на начало года выполняется по уравнению баланса жилищного фонда:

$$H_i = H_{i-1} - D + NC.$$

При этом общий объем жилищного фонда не может превышать предельный максимальный объем застройки в пределах территории, установленной в соответствии с градостроительным планированием:

$$H_i \leq MC,$$

где H_i – общий объем жилищного фонда на начало года;

H_{i-1} – общий объем жилищного фонда на начало предыдущего года;

D – выбытие жилищного фонда;

NC – новое строительство;

MC – максимальный объем застройки в пределах территории.

В данной цепи взаимодействия новое строительство и выбытие жилищного фонда относятся к процессным переменным, которые происходят с определенным темпом. Темпы нового строительства предлагается определить как долю от потенциально возможного объема строительства:

$$nc = \frac{NC}{k \cdot (MC - H_i)},$$

где nc – темпы нового строительства;

NC – новое строительство;

k – доля жилья в общем объеме нового строительства;

MC – максимальный объем застройки в пределах территории;

H_i – общий объем жилищного фонда на начало года.

При оценке темпов нового строительства необходимо принимать во внимание технологические и экономические аспекты: время, необходимое для проектирования, подготовки территории и строительства, конъюнктуру рынка.

Выбытие жилищного фонда может быть оценено по структуре существующего жилищного фонда: материал и период строительства, сведения о физическом износе. Другим источником материалов для оценки выбытия жилищного фонда являются органы местного самоуправления, которые могут реализовывать программы по расселению и сносу аварийного жилья.

Достаточно трудно оценить естественное выбытие жилищного фонда, собственник жилья бесконечно долго может поддерживать жилье в функциональном состоянии, поэтому в случае отсутствия информации о муниципальных или частных проектах по реконструкции застроенных территорий, данный параметр предлагается в модели приравнять нулю.

При заданных темпах сноса и строительства расчет нового объема жилья будет выглядеть следующим образом:

$$NC = k \cdot nc \cdot \left(MC - \frac{H_{i-1} + D}{k_c} \right),$$

где NC – новое строительство;

k – доля жилья в общем объеме нового строительства;

nc – темпы нового строительства;

MC – максимальный объем застройки в пределах территории;

H_{i-1} – общий объем жилищного фонда на начало предыдущего года;

D – выбытие жилищного фонда;

k_c – доля жилья в общем объеме на начало предыдущего года строительства.

Доля жилья в общем объеме новой застройки также оценивается посредством анализа типологии зданий, потенциала размещения рабочих мест и функций обслуживания на заданной территории. Существующее соотношение жилых и нежилых помещений определяется с плановой основы территории.

Следующий этап позволяет привести число новых квартир к числу прибывающего населения на территорию. При этом следует отметить, что прибытие нового населения на территорию происходит с задержкой во времени, заселение нового жилищного фонда также характеризуется определенной скоростью. Скорость заселения предлагаем оценивать как долю от нового годового объема строительства жилья.

Численность прибывающего населения также зависит от структуры домохозяйства, а именно от его среднего размера. Очевидно, что при реализации президентской программы по стимулированию многодетных семей жилые комплексы заселяются домохозяйствами со средним размером 3,75 чел. В «нормальном» рыночном обороте жилья участвуют домохозяйства со средним размером 2,7 чел. Так, например, при пересчете жителей на 100 новых квартир разница по численности прибывающих составит 105 чел. Следовательно, при моделировании необходимо учитывать тип домохозяйства и отслеживать его изменение в исследуемом периоде. Теперь, обладая достаточным количеством уровней, потоков и связей в группе элементов миграционных изменений населения, представим уравнение миграционного сальдо:

$$V_{\text{пр}} = \frac{r \cdot k \cdot nc \cdot \left(MC - \frac{H_{i-1} + D}{k_c} \right)}{h} - V_d,$$

где $V_{\text{пр}}$ – миграционное сальдо;

r – темп заселения нового жилищного фонда;

k – доля жилья в общем объеме нового строительства;

nc – темпы нового строительства;

MC – максимальный объем застройки в пределах территории;

H_{i-1} – общий объем жилищного фонда на начало предыдущего года;

D – выбытие жилищного фонда;

k_c – доля жилья в общем объеме на начало предыдущего года строительства;

V_d – численность убывшего населения в результате выбытия жилищного фонда;

h – средний размер домохозяйства.

Безусловно, для анализа и прогнозирования потребления населения, темпов и факторов нового строительства, миграции, естественного движения населения применяются более сложные экономико-математические модели. Тем не менее, как показывает опыт расчетов, усложнение моделей не всегда приводит к повышению точности результатов, а наоборот, может привести к большим погрешностям. Происходит это потому, что для усложненных и более чувствительных моделей не всегда удается получить достоверную информацию. Поэтому в имитационном моделировании динамических систем активно применяются оценочные данные, которые назначаются экспертами [4].

Для очередного шага построения модели упростим запись общего прироста населения, которая состоит из миграционного сальдо и естественного прироста населения на одном из этапов периода моделирования:

$$P_{\text{пр}} = E + V_{\text{пр}},$$

где $P_{\text{пр}}$ – общий прирост населения;

E – естественный прирост населения;

$V_{\text{пр}}$ – миграционное сальдо.

Общий прирост населения на очередном этапе периода моделирования в сумме с исходными и расчетными показателями численности населения предыдущих этапов характеризует численность населения, но не число потенциальных потребителей соответствующего вида социальной инфраструктуры.

В нашем случае необходимо из показателей численности населения выделить население школьного возраста. Для целей расчета детей школьного возраста в городе Перми выделен диапазон возрастов от 7 до 16 лет.

Очевидно, что даже в случае стабильного (низменного) населения в замкнутой системе, размер возрастных групп населения изменяется. Например, можно наблюдать процесс старения населения на отдельной территории, когда дети вырастают, а появление нового поколения замедлено. Можно пойти несколькими путями, чтобы откалибровать модель с учетом динамических изменений возрастной структуры населения. Это отдельная тема, и, оставляя за скобками громоздкие процедуры,

связанные с отслеживанием передвижки возрастов как проживающего, так и вновь прибывающего населения, предлагаем использовать расчетный показатель обеспеченности населения местами в школьных учреждениях, определенный на перспективу как 90 мест на 1000 жителей. В нашем случае этому показателю дадим определение – коэффициент населения школьного возраста. Численность населения школьного возраста в любой период времени можно рассчитать по формуле

$$P_{ШВ} = a \cdot P_i,$$

где $P_{ШВ}$ – население школьного возраста;

a – коэффициент населения школьного возраста;

P_i – общая численность населения на начало года.

Следует отметить, что не все дети школьного возраста посещают школы и не все учащиеся посещают именно муниципальные учреждения (рис. 5).

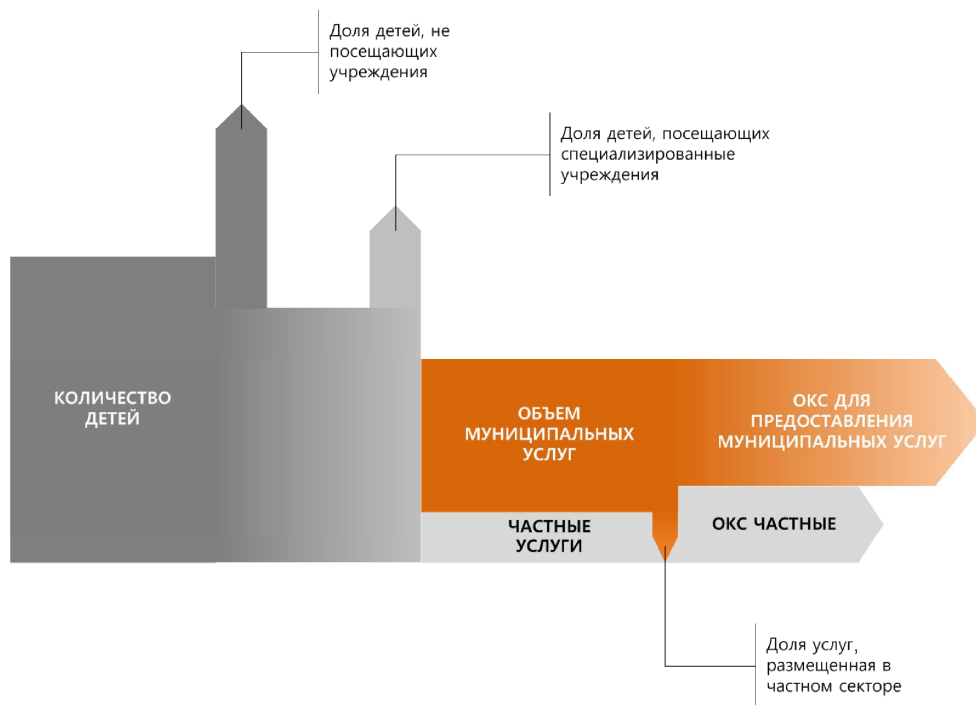


Рис. 5. Потокная диаграмма структуры возрастной группы детей школьного возраста (ОКС – объекты капитального строительства)

Кроме этого не все дети, проживающие на определенной территории, учатся в близлежащих школах. Несоответствие проживающих и учащихся в пределах одной зоны школьного обслуживания может быть существенным и требует специального сбора данных и мониторинга этой ситуации.

Для корректировки общей численности населения школьного возраста, посещающего муниципальные учреждения в пределах района обслуживания, введем соответствующие коэффициенты, определяющие доли детей, не посещающих школы по различным причинам, посещающих частные школы, а также посещающих школы за пределами района обслуживания:

$$P_{\text{ШОУ}} = k_n \cdot k_p \cdot k_a \cdot P_{\text{ШВ}},$$

где $P_{\text{ШОУ}}$ – численность населения школьного возраста, посещающего муниципальные учреждения;

$P_{\text{ШВ}}$ – население школьного возраста;

k_n – доля детей, не посещающих школы;

k_p – доля детей, посещающих частные школы;

k_a – доля детей, посещающих школы за пределами района обслуживания.

Во избежание двойного счета детей, посещающих школы за пределами района обслуживания и посещающих частные школы, если эти школы находятся также за пределами района обслуживания, перед началом моделирования такую информацию необходимо получить.

Параметр модели $P_{\text{ШОУ}}$ является целевым для принятия решений в отношении развития сети учреждений в пределах района обслуживания. Теперь предстоит сравнить численность населения школьного возраста, посещающего муниципальные учреждения с емкостью школьной сети на данной территории. На первый взгляд кажется, что дефицит мест в школах района может определять необходимость строительства новых объектов. Но это не так. Во-первых, необходимо дать определение, что означает дефицит. Во-вторых, важно иметь представление, как долго неприемлемый дефицит мест в школах будет длиться по времени, достиг он своего пика или находится в стадии развития. В-третьих, необходимо сопоставить возникшую потребность в школьных местах с минимальной емкостью школьных учреждений, которые органы местного самоуправления определили в целях оптимизации бюджетных затрат и администрирования.

В МНГП в части определения дефицита мест в муниципальных школьных учреждениях допускается принимать превышение расчетного количества детей, проживающих (зарегистрированных) в зоне обслуживания, посещающих муниципальные дошкольные образовательные учреждения, и учащихся, проживающих (зарегистрированных) в зоне обслуживания и посещающих муниципальные учреждения среднего (полного) общего образования, над расчетным числом мест или посещений в соответствующих учреждениях (существующих, преобразуемых посредством реконструкции, капитального ремонта, планируемых к созданию), но не более чем на 15 %.

Также в МНГП с учетом оптимального соотношения стоимости содержания одного места, стоимости предоставления образовательной услуги на одно место и численности населения определен показатель минимальной наполняемости муниципальных общеобразовательных школ – 800 мест.

Следовательно, балансовое уравнение сети школьных учреждений будет иметь вид

$$S = (1 - d) \cdot P_{\text{ШОУ}},$$

где S – наполняемость (емкость) школьной сети;

d – нормальный дефицит – доля превышения численности учащихся емкости учреждения;

$P_{\text{ШОУ}}$ – численность населения школьного возраста посещающего муниципальные учреждения.

При «нарушении» этого баланса в случае дефицита мест в школьной сети, когда численность детей, посещающих муниципальные учреждения, превышает их емкость, возникает необходимость проверки условий, обосновывающих увеличение емкости сети в заданном районе. При дефиците мест менее, чем минимальный размер школы – 800 мест, решение задачи обеспечения населения образовательными услугами лежит в сфере административно-организационных мероприятий. При дефиците мест более 800 насущным становится вопрос о строительстве новой школы или увеличении емкости существующих школ в районе. Следует отметить, что в городе Перми имеются школьные учреждения с различной наполняемостью. Существуют школы на 400 и 600 чел. Поэтому при наличии на территории районов обслуживания небольших школ, а также потенциала школьных земельных участков и технологической осуще-

ствимости реконструкции возможно рассматривать варианты увеличения емкости существующих школ при дефиците мест менее 800. Предлагаем учесть еще одно обстоятельство, которое позволит скорректировать модель при определении предельного дефицита мест в школьной сети. С одной стороны, надо ввести определение «нормального» дефицита, при котором избыточное число учеников не приводит к снижению качества и комфорта обучения, с другой – необходимо дать определение «нормальному» профициту, при котором численность учеников, посещающих школу, меньше емкости учреждения. При нормальном профиците не возникает вопрос о закрытии школы как «недогруженной», при котором считается, что бюджетно-административные расходы – оптимальные. По аналогии дефицита, предлагается использовать для определения «нормального» профицита превышение емкости учреждения над численностью учащихся в 15 %.

Определив необходимые условия и ограничения, представим формулу для расчета необходимого количества школ в случае превышения «нормального» дефицита мест в школьной сети:

$$q = \frac{(1 - d) \cdot P_{\text{ШОУ}} - S}{(1 - p) \cdot C_{\text{min}}},$$

где q – количество школ (при этом q – натуральное число);

d – нормальный дефицит – доля превышения численности учащихся емкости учреждения;

$P_{\text{ШОУ}}$ – численность населения школьного возраста посещающего муниципальные учреждения;

S – наполняемость (емкость) школьной сети;

p – нормальный профицит – доля превышения емкости учреждения численности учащихся;

C_{min} – минимальная наполняемость муниципальных общеобразовательных школ, принимаемая при планировании.

Еще раз обращаем внимание, что моделирование и его результаты – это инструмент в помощь для принятия решений, но оно не является обоснованием решения. Моделирование последовательно «проводит» исследователя (экспериментирующего) через множество пунктов проблемы, в каждом из которых требуется дать оценку нескольким определяющим факторам. Процесс моделирования позволяет более глубоко оценить условия и альтернативные решения. Так, например, даже если в резуль-

тате моделирования расчеты покажут, что строительство школы не нужно, эксперты могут прийти к мнению, что строительство новой школы окажет стимулирующее воздействие на развитие территории, когда после появления дополнительной школы процессы нового строительства жилья, его заселения будут протекать с большей скоростью. Безусловно, эти основания должны быть описаны и предъявлены экспертами.

1.6. Состав взаимодействующих компонентов. Следующий шаг – определение структуры параметров модели, которые по сценарию моделирования находятся в управлении экспертов. Для этого приведем уровни системы, с указанием способов назначения данных (табл. 1).

Таблица 1

Уровни системы, с указанием
способа установления значений данных

Индекс параметра	Наименование параметра	Способ установления значений параметра
a	Коэффициент населения школьного возраста	Установлено МНГП
C_{\min}	Минимальная наполняемость муниципальных общеобразовательных школ, принимаемая при планировании	Установлено МНГП
D	Выбытие жилищного фонда	Вычисление
d	Нормальный дефицит – доля превышения численности учащихся емкости учреждения	Установлено МНГП
E	Естественный прирост населения	Вычисление
H_i	Общий объем жилищного фонда на начало года	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – вычисление
H_{i-1}	Общий объем жилищного фонда на начало предыдущего года	Вычисление
k	Доля жилья в общем объеме нового строительства	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
k_a	Доля детей, посещающих школы за пределами района обслуживания	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения

Продолжение табл. 1

Индекс параметра	Наименование параметра	Способ установления значений параметра
k_c	Доля жилья в общем объеме на начало предыдущего года строительства	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
k_n	Доля детей, не посещающих школы	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
k_p	Доля детей, посещающих частные школы	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
M	Общее число умерших в предыдущем году	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – вычисление
m	Число умерших в предыдущем году на 1000 чел. населения	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
MC	Максимальный объем застройки в пределах территории	Установлено параметрами, возможна экспертная поправка
N	Общее число родившихся в предыдущем году	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – вычисление
n	Число родившихся в предыдущем году на 1000 чел. населения	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – экспертные значения
NC	Новое строительство	Вычисление
nc	Темпы нового строительства	Экспертные значения
p	Нормальный профицит – доля превышения емкости учреждения численности учащихся	Установлено МНГП
P_i	Общая численность населения на начало года	Вычисление
P_{i-1}	Общая численность населения на начало предыдущего года	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – вычисление
$P_{пр}$	Общий прирост населения	Вычисление
$P_{шв}$	Население школьного возраста	Вычисление
$P_{шou}$	Численность населения школьного возраста, посещающего муниципальные учреждения	Вычисление

Окончание табл. 1

Индекс параметра	Наименование параметра	Способ установления значений параметра
q	Количество школ	Вычисление
r	Темп заселения нового жилищного фонда	Экспертные значения
S	Наполняемость (емкость) школьной сети	Первый этап периода планирования – статистические данные, последующие этапы – вычисление
V	Число убывших в предыдущем году	Вычисление
V_+	Число прибывших в предыдущем году	Вычисление
V_d	Численность убывшего населения в результате выбытия жилищного фонда	Статистические данные
$V_{\text{мр}}$	Миграционное сальдо	Вычисление

2. Примеры проектов решений. По итогам моделирования субъекты, принимающие решения, получают представление о прогнозной динамике изменения численности населения школьного возраста, на основе чего могут сформулировать варианты решений, которые представлены в табл. 2.

3. Заключение. В рамках указанного подхода становится очевидным тот факт, что пространственное моделирование сети объектов нельзя осуществлять на уровне единичных объектов. Так, попытки решить проблему переполненности отдельной школы путем строительства новой в непосредственной близости не дадут гарантии решения проблемы, но могут усугубить проблему. Дело в том, что процессы пространственного перераспределения спроса на услуги общего образования определяются комплексом факторов, среди которых расположение мест проживания населения является важным, но не всеобъемлющим. Моделирование сети образовательных учреждений может быть эффективным только в случае комплексного подхода к ее анализу и только в средне- и долгосрочном периоде. Поэтому такое моделирование должно использовать положение о «гибкости» школ, что связано с вариантностью показателей удельной обеспеченности пространством каждого учащегося – показателей, определяемых с учетом специфики отдельных локальных территорий.

Таблица 2

Варианты возможных решений (проектов решений), подготовленных на основании результатов моделирования и оценки мнений экспертной группы

Вариант условий	Обеспеченность населения местами в школах района обслуживания	Фактическая наполняемость школ района обслуживания	Оценка миграции детей школьного возраста	Варианты решений (мероприятий)
1	Дефицит мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} < 85\%$	Переполение школ $\frac{P_{ШОУ}}{S} < 115\%$	Скорее всего, потоки школьников между районами незначительные, школьники в основном посещают школы, находящиеся в пределах района обслуживания, однако в отдельных случаях (районах) приток учеников из других районов может быть существенным и усиливать дефицит мест. Дефицит мест вызван недостаточным количеством школ	Реконструкция существующих зданий с увеличением площади или новое строительство. Улучшение материальной базы ШОУ
2	Дефицит мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} \leq 85\%$	Норма $85\% \leq \frac{P_{ШОУ}}{S} < 115\%$	Наблюдается отток школьников в школы других районов обслуживания. Ситуацию можно охарактеризовать как сбалансированную, при которой дефицит мест в районе компенсирован перераспределением детей в другие школы	Улучшение материальной базы ШОУ
3	Дефицит мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} < 85\%$	Недобор учеников в школах $\frac{P_{ШОУ}}{S} < 85\%$	Наблюдается повышенный отток школьников в школы других районов обслуживания. Дефицит мест в районе компенсирован перераспределением детей в другие школы. Ситуацию можно объяснить наличием проблем, связанных с недостаточным (низким) качеством образовательных услуг, предоставляемых ШОУ района обслуживания	Улучшение материальной базы ШОУ, реконструкция здания с увеличением площади или новое строительство

Вариант условий	Обеспеченность населения местами в школах района обслуживания	Фактическая наполняемость школ района обслуживания	Оценка миграции детей школьного возраста	Варианты решений (мероприятий)
4	Нормальная обеспеченность $85\% \leq \frac{P_{\text{ШОУ}}}{S} \leq 115\%$	Переполнение школ $\frac{P_{\text{ШОУ}}}{S} > 115\%$	Наблюдается повышенный приток школьников из других районов обслуживания. Дефицит мест в районе вызван высоким уровнем образовательных услуг ШОУ района и соответственно более низким качеством в районах «донорах»	Необходимо выполнить анализ потенциала новой застройки в районе обслуживания. Если потенциал в соответствии с предельными параметрами исчерпан, то мероприятий в отношении развития ШОУ района не требуется. В случае, если существует возможность увеличения объемов жилой застройки и соответственно дополнительной численности населения школьного возраста в пределах района обслуживания, кратного 800 чел., может быть принято решение о строительстве новой школы
5	Нормальная обеспеченность $85\% \leq \frac{P_{\text{ШВ}}}{S} \leq 115\%$	Норма $85\% \leq \frac{P_{\text{ШОУ}}}{S} \leq 115\%$	Перемещения между районами незначительные, заполняемость в пределах нормы	Улучшение материальной базы ШОУ, капитальный ремонт здания

Вариант условий	Обеспеченность населения местами в школах района обслуживания	Фактическая наполняемость школ района обслуживания	Оценка миграции детей школьного возраста	Варианты решений (мероприятий)
6	Нормальная обеспеченность $85\% \leq \frac{P_{ШВ}}{S} \leq 115\%$	Недобор учеников в школах $\frac{P_{ШОУ}}{S} < 115\%$	Наблюдается повышенный отток школьников в школы других районов обслуживания. Ситуацию можно объяснить наличием проблем, связанных с недостаточным (низким) качеством образовательных услуг, предоставляемых ШОУ района обслуживания	Улучшение материальной базы ШОУ, капитальный ремонт здания
7	Избыток мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} > 115\%$	Переполнение школ $\frac{P_{ШОУ}}{S} > 115\%$	Наблюдается повышенный приток школьников из других районов обслуживания. Дефицит мест в районе вызван высоким уровнем образовательных услуг ШОУ района и соответственно более низким качеством в районах «донорах»	Необходимо выполнить анализ потенциала новой застройки в районе обслуживания. Если потенциал в соответствии с предельными параметрами исчерпан, то мероприятий в отношении развития ШОУ района не требуется. В случае, если существует возможность увеличения объемов жилой застройки и соответственно дополнительной численности населения школьного возраста в пределах района обслуживания, кратного 800 чел., в перспективе может быть принято решение о строительстве новой школы

Вариант условий	Обеспеченность населения местами в школах района обслуживания	Фактическая наполняемость школ района обслуживания	Оценка миграции детей школьного возраста	Варианты решений (мероприятий)
8	Избыток мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} > 115\%$	Норма $85\% \leq \frac{P_{ШОУ}}{S} \leq 115\%$	Наблюдается умеренный приток школьников из других районов обслуживания. Ситуацию можно охарактеризовать как сбалансированную, при которой избыток мест в районе заполнен посредством перераспределения детей из школ других районов обслуживания	Необходимо выполнить анализ потенциала новой застройки в районе обслуживания. Если потенциал в соответствии с предельными параметрами исчерпан, то мероприятий в отношении развития ШОУ района не требуется. В случае, если существует возможность увеличения объемов жилой застройки и соответственно дополнительной численности населения школьного возраста в пределах района обслуживания, кратного 800 чел., в перспективе может быть принято решение о строительстве новой школы
9	Избыток мест в ШОУ $\frac{P_{ШВ}}{S} > 115\%$	Недобор учеников в школах $\frac{P_{ШОУ}}{S} < 85\%$	Скорее всего, потоки школьников между районами незначительные, школьники в основном посещают школы, находящиеся в пределах района обслуживания, однако в отдельных случаях (районах) может наблюдаться отток учеников в другие районы, тем самым увеличивая вакантные места в существующих ШОУ. Ситуацию можно объяснить наличием проблем, связанных с недостаточным (низким) качеством образовательных услуг, предоставляемых ШОУ района обслуживания	Улучшение материальной базы ШОУ, капитальный ремонт здания

Считаем, что данная модель не может быть использована как «черный ящик», обрабатывающий мнения экспертов, с выводом на «печать» отчета с решением, основанным на каких-то средних значениях.

Во-первых, современные подходы к принятию решений в градостроительной сфере и других видах муниципального планирования постепенно переходят с иерархической системы к полицентрической арене с множеством субъектов, участвующих в планировании. И в этой связи процесс моделирования должен быть организован таким образом, чтобы обеспечить учет мнений и оценок различных экспертов, представителей разных знаний.

Во-вторых, мнения и ответы экспертов при моделировании, часто носят не числовой, а качественный характер, поэтому применение методов прикладной статистики как при обработке результатов обычных физико-технических измерений [3] приводит к результатам, которые не соотносятся с реальностью. Поэтому возникает необходимость дополнить процесс моделирования городских систем процедурами выбора экспертов, описанием возможных регламентов работы экспертов во время моделирования, описанием возможных методов обработки данных. Эти аспекты будут освещены в продолжении настоящей работы.

Библиографический список

1. Форрестер Дж. Динамика развития города. – М.: Прогресс, 1974. – 281 с.
2. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 290 с.
3. Орлов А.И. Экспертные оценки: учеб. пособие. – М., 2002. – 31 с.
4. Власов М.П., Шимко П.Д. Моделирование экономических процессов. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – (Высшее образование). – 156 с.

References

1. Forrester D. Dinamika razvitija goroda [Dynamics of development of city]. Moscow: Progress, 1974. 281 p.
2. Forrester D. Mirovaja dinamika [World Dynamics]. Moscow: Nauka, 1978. 290 p.
3. Orlov A.I. Jekspertnye ocenki. Moscow, 2002. 31 p.
4. Vlasov M.P., Shimko P.D. Modelirovanie jekonomicheskikh processov. Rostov-na-Donu: Feniks, 2005. 156 p.

Получено 27.05.2013

A. Golovin

**URBAN PLANNING MODELING FOR DECISION
MAKING BASED ON THE EXAMPLE OF OPTIMIZING
THE MUNICIPAL EDUCATIONAL INFRASTRUCTURE
NETWORK**

This paper presents a novel approach to the modeling of urban subsystems. As an example the municipal school infrastructure has been taken to present the model. The article defines the processes of building simulation scenarios and interpretation of simulation results. The proposed method was approved in developing of a parametric model of functional and spatial organization of the city of Perm. This model is the basis of the general plan parameters. The modeling approach is applicable to examine and decide on the urban areas structure formation, the development of transportation systems, civil engineering infrastructure and socio-economic systems.

Keywords: urban planning, modeling, social infrastructure, population, schools.

Головин Андрей Владимирович (Пермь, Россия) – канд. экон. наук, директор муниципального автономного учреждения «Бюро городских проектов» (614990, ул. Ленина, 10, e-mail: golovin59@hotmail.com)

Golovin Andrei (Perm, Russia) – Ph.D. in Technics, City Project Bureau Municipal Budgetary Establishment (614990, Perm, Lenin st., 10, e-mail: golovin59@hotmail.com).