

УДК 330.42

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ «СТРОИТЕЛЬСТВО – СРЕДА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И БИЗНЕСА»

Мишланова М.Ю.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
Москва, e-mail: kanz@mgsu.ru

В статье представлен генезис системного сопряжения «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса». Обосновано использование подходов системной динамики, приведен тип модельного уравнения. Приведено сопоставление предлагаемого метода моделирования с некоторыми результатами российской школы системной динамики. Выявлены ключевые переменные, системные накопители – ресурсы, фонды, качество среды, загрязнения. Разработана базовая потоковая диаграмма системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса». Базовый параметрический комплекс модели представлен в виде корневой матрицы однослойной страт-структуры. Динамика системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» отражена в модели на основе характеристики темпов изменения выделенных переменных, в упрощенном виде представлена система дифференциальных уравнений. Дано описание особенностей предлагаемой концепции модели системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» и перспектив её использования.

Ключевые слова: система «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса», сопряжение, системная динамика, качество жизни, потоковая диаграмма

CONCEPTUALIZATION OF THE THREADING MODEL OF THE SYSTEM «CONSTRUCTION – ENVIRONMENT LIFE AND BUSINESS»

Mishlanova M.Y.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: kanz@mgsu.ru

The article presents the genesis system conjugation «construction– environment life and business». The author suggests using approaches of system dynamics, presents the type of model equations. The author compared the proposed method of modeling with some results of the Russian school system dynamics. Identified key variables, system drives – resources, funds, quality, pollution. The article presents basic streaming chart of the system «construction – environment life and business». Basic parametric complex of the model presented in the root of the matrix of single-layered strat-structure. The dynamics of the system «construction – environment life and business» is reflected in the model based on the characteristics of the rates of change of selected variables, the system of differential equations are presented in simplified form. The article presents the description of features of the proposed concept of the system «construction – environment life and business» and prospects of its use.

Keywords: the system «construction– environment life and business», conjugation, system dynamics, quality of life, streaming chart

Для создания концептуальной модели открытой сложной динамической социально-экономической системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» в данной статье применен функциональный подход, обеспечивающий формальную основу синтеза системных компонентов. Используемый подход дает возможность моделировать каждый узловой компонент системы и интегрировать их в единый комплекс согласно структуре концептуальной модели, для выявления которой рассмотрим генезис предмета исследования [6]. Субъекты инвестиционно-строительной сферы в процессе своей деятельности формируют и развивают среду жизнедеятельности человека, выполняя созидательные функции по обеспечению экономики основными фондами – суть сопряжения. Основанием предлагаемой концепции служит генезис самого субъекта «строительство», состоящий из этапов «встраивания» в среду, представленных на рис. 1.

Таким образом, понятие системы может быть расширено до сложной динами-

ческой системы в границах зоны влияния строительства на среду, что подтверждается отражением, фиксированием результатов воздействия строительства изменением качества среды, или сопряжением подсистем.

Высокая степень агрегированности и абстрагированности рассматриваемой системы, принятая априори потоковая природа системных процессов приводит к использованию аналитических подходов классической системной динамики [1–5, 7, 8]. Для описания основных фазовых переменных [7], так называемых системных уровней, используются однотипные дифференциальные уравнения первого порядка в форме

$$\frac{dy}{dt} = y^+ - y^-, \quad (1)$$

где y^+ – положительный темп скорости переменной y , включающий в себя все факторы, вызывающие рост переменной y ; y^- – отрицательный темп скорости, включающий в себя все факторы, вызывающие убывание переменной y .

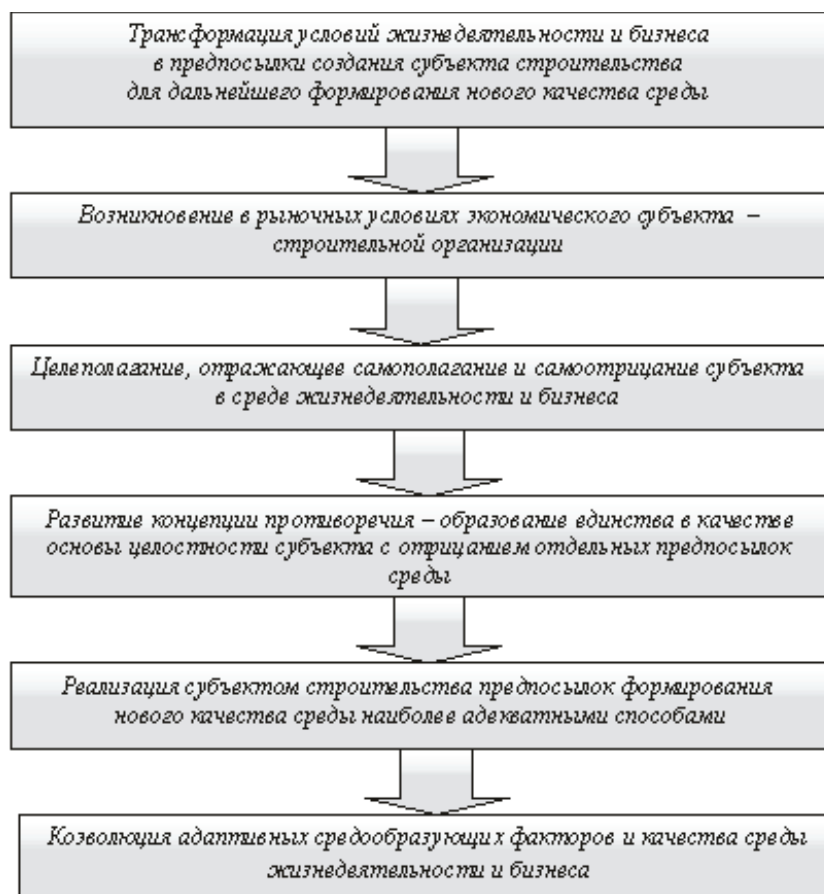


Рис. 1. Генезис системного сопряжения «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса»

Темпы динамики расщепляются на произведение функций, зависящих от факторов – комбинаций основных

переменных, т.е., в свою очередь, самих являющихся функциями системных уровней:

$$y^{\pm} = g(y_1, y_2, \dots, y_n) = f(F_1, F_2, \dots, F_k) = f_1(F_1) f_2(F_2) \dots f_k(F_k), \quad (2)$$

где $F_j = g_j(y_{i1} \dots y_{im})$ – факторы, причем $m = m(j) < n, k = k(j) < n$ (число уровней).

Выявление ключевых переменных модели «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» также осуществляется по принципу системной динамики Дж. Форрестера [8] на основе идентификации основных системных процессов. Обозначим как резервуары или накопители следующие системные компоненты: качество среды жизнедеятельности и бизнеса; основные фонды субъектов инвестиционно-строительной сферы; загрязнение окружающей природной среды и состояние природных ресурсов. Выделим в качестве факторов, посредством которых осуществляется взаимовлияние переменных: индикаторы качества жизни Q ; удельный капитал K ; относительное экологическое воздействие Z . Причём следует подчеркнуть, что категория «качество жизни» может служить синергетической мерой

функционирования исследуемой системы, как полагал основоположник системной динамики Дж. Форрестер [8].

Построение базовой структуры модели в виде потоковой диаграммы (рис. 2) основано на методологическом наборе абстрактных компонентов [1, 2, 4, 5, 7], представляющих некие свойства моделируемой системы. Перечисленные выше резервуары представляют собой объекты, в которых сосредотачиваются, накапливаются системные субстанции. В нашем случае это – ресурсы, фонды, качество среды, загрязнения. Структурные категории – уровни – характеризуют возникающие накопления и определяют переменные Q, K, Z состояния системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса». Потоки как активные компоненты системы непосредственно реализуют динамику системы, изменяют значения уровней резервуаров и характеризуют

скорость данного изменения. В свою очередь, резервуары определяют перепад системных уровней и значения потоков. В вентилях функции зависимости потоков от уровней или функции решений имеют форму уравнения, определяющего реакцию потока на состояние одного или двух уровней. Однозначность управленческих функций вентиляей позволяет моделировать в них функции принятия решений с целью развития системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса». Дополнительные каналы информации соединяют вентили с уровнями и отражают влияние дополнительных системных переменных.

Любая социально-экономическая система отличается свойством стратификации и может быть описана множеством систем-

но-динамических моделей, стратифицирование основано на выявлении исследуемых факторов и однородной совокупности системных субстанций. Таким образом, процедуры динамического анализа системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» должны быть основаны на концепции многослойной полиструктуры, в которой элементы внутри каждого слоя взаимодействуют не только друг с другом, но и с элементами каждого из остальных слоев или страт-структур, на основе чего возникает многоярусный граф и многомерная матрица. Построение базовой страт-структуры (рис. 2) является начальной итерацией в формировании модели и позволяет далее развивать системное представление на основе анализа факторов и системных субстанций.

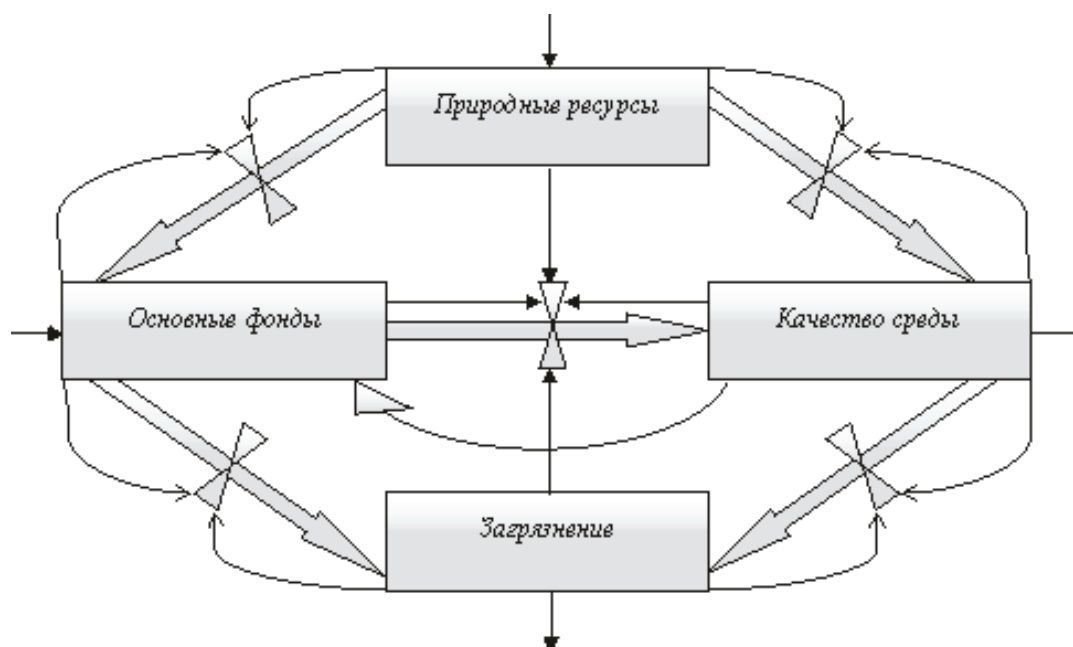


Рис. 2. Базовая потоковая диаграмма однослойной страт-структуры системы «строительство – среда жизнедеятельности бизнеса»

Разработанная потоковая диаграмма представляет структуру основных причинно-следственных взаимосвязей системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса», развивает классические модельные представления системной динамики на уровне инвестиционно-строительной сферы, не противоречит исследованиям российской научной школы. Всесторонние системные исследования и комплекс потоковых диаграмм представлены в работах председателя Российского отделения Международного общества системной динамики

Лычкиной Н.Н. [2, 3]. С позиций научных задач данной статьи представляют интерес такие направления исследований как, например, моделирование на основе системных потоковых диаграмм ресурсного потенциала региона и жилищно-коммунальной сферы, разработанные Лычкиной Н.Н. [2].

Принципиальной особенностью модели, предлагаемой в данной статье, является выделение в качестве резервуара среды жизнедеятельности и бизнеса, что в потоковой модели Лычкиной Н.Н. [2] представлено опосредованными категория-

ми – «обеспеченность населения жильём» и «притягательность города». Переноса научные акценты именно на взаимодействие строительства и среды, приведём авторское видение, например, блока «строительство», которое в нашей диаграмме определено основными фондами, отражающими уровень резервуара. Многоканальные входные потоки в данный резервуар определяются потоком инвестиций, государственными заказами, достаточным ресурсообеспечением и потоком – обратной связью – в виде прибыли от строительной деятельности.

Исходящие потоки выражаются в объёмах и качестве недвижимости, в эмиссии загрязняющих природную среду веществ. Регуляторы скорости потоков данного резервуара определяются в системных вентилях показателями инвестиционной деятельности, ограниченностью ресурсов, плановыми показателями строительства, требованиями к качеству продукции и рыночным спросом. Весь базовый параметрический комплекс модели представлен в виде корневой матрицы однослойной страт-структуры (таблица).

Корневая матрица однослойной страт-структуры системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса»

Параметры	Резервуар 1. Основные фонды	Резервуар 2. Качество среды	Резервуар 3. Природные ресурсы	Резервуар 4. Загрязнение окружающей среды
Показатели уровня резервуаров	Стоимость основных фондов Удельный капитал	Комплекс показателей качества жизни Комплекс показателей бизнес-среды	Количество используемых ресурсов	Степень загрязнения различных природных сред
Входящие потоки	Инвестиции в основные фонды Природные ресурсы Прибыль, получаемая в результате строительной деятельности	Ввод недвижимости в эксплуатацию Качество строительной продукции Природные ресурсы	Природные условия Добыча природных ресурсов Ресурсодобывающие технологии	Эмиссия загрязнений природной среды в процессах строительства и эксплуатации недвижимости
Регуляторы скорости входящих потоков	Инвестиционная активность Распределение инвестиций Ограниченность ресурсов	Нормы жизнедеятельности и бизнеса	Технологии и производительность стройиндустрии Спрос на природные ресурсы Требования к сбережению ресурсов	Технологии строительства и ЖКХ Предельные нормы загрязнений природной среды
Исходящие потоки	Объёмы и качество строительной продукции Загрязнения природной среды в процессах строительства	Загрязнения природной среды в процессах эксплуатации недвижимости Влияние на глобальную окружающую среду Спрос на качество строительной продукции Цена строительной продукции	Объёмы ресурсопотребления в строительстве и эксплуатации недвижимости	Объём утилизации загрязнений Влияние на глобальную среду
Регуляторы скорости исходящих потоков	Плановые объёмы строительства Требования к качеству строительной продукции Рыночный спрос на недвижимость Экологические ограничения	Качество эксплуатации недвижимости	Стоимость основных фондов природоохранного назначения (по направлению – ресурсы) Нормы ресурсопотребления	Стоимость основных фондов природоохранного назначения (по направлению – загрязнения) Время разложения загрязнений

Динамику системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» моделируем на основе характеристики темпов, которые отражают изменение системных уровней Q, K, Z за принятый период моделирования. Представленная ранее потоко-

вая диаграмма как неявная форма описания состояния системы позволяет изменение основных переменных модели представить в форме разностных уравнений.

Для системных уровней выполняется формализация, разрабатывается система

дифференциальных уравнений по Дж. Форрестеру [1, 2, 8], которая в упрощенном виде записывается следующим образом:

$$\frac{dQ}{dt} = Q^{(+)} - Q/T_Q; \quad (3)$$

$$\frac{dK}{dt} = K^+ - \frac{K}{T_K}; \quad (4)$$

$$\frac{dZ}{dt} = Z^+ - \frac{Z}{T_Z} - R_-, \quad (5)$$

где Q^+ – скорость формирования качества среды; Q – потеря качества среды; K^+ – скорость производства основных фондов; K – использование, износ основных фондов; Z^+ – скорость генерации загрязнений; Z – естественное разложение загрязнений; R_- – скорость потребления ресурсов; T – характерное время.

Одна из методологических перспектив предлагаемой модельной концепции заключается в том, что переменные состояния носят непрерывный характер, что позволяет использовать в дальнейших исследованиях гидравлическую либо термодинамическую интерпретацию потоковых сетей. Наибольший научный интерес в данном направлении, по нашему мнению, представляет использование энтропийного подхода в анализе состояния и возможных путей развития системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса», что позволяет далее осуществить переход к методам неравновесной экономики. Кроме того, предложенная модель имеет ряд частных особенностей, например, позволяет учитывать влияние природоохранного капитала на экологическое состояние системы или разрабатывать обратные системные связи вплоть до экономического ущерба, снижающего качество среды жизнедеятельности и бизнеса. Решение исследовательских задач на основе использования данного метода приводит к возможности оценки состояния и функционирования системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» посредством меры качества среды.

Представленный в данной статье концептуальный этап моделирования системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» обеспечивает информационно-аналитическую поддержку в различных направлениях: мониторинг социально-экономических показателей системы, выявление тенденций и закономерностей функционирования, прогнозирование состояния системы, моделирование социально-экономического развития, выполнение многовариантных расчётов сценарного и целевого типа, принятие управленческих решений. Предложен-

ная в статье модельная концепция способна стать инструментом комплексного анализа и прогноза состояния системы «строительство – среда жизнедеятельности и бизнеса» в таких методических направлениях, как «системное мышление» на основе ментальных моделей или стратегическое исследование на основе имитационных моделей.

Список литературы

1. Акаев А.А., Садовничий В.А. Методология моделирования и прогнозирования мировой динамики // Партнёрство цивилизаций. – 2013. – № 1–2. – С. 311–328
2. Лычкина Н.Н. Компьютерное моделирование социально-экономического развития регионов в системе поддержки принятия решений // Идентификация систем и задачи управления: III Международная конференция. – М.: ИПУ РАН, 2004.
3. Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://sysdynamics.ru > system/files/24/original/...](http://sysdynamics.ru/system/files/24/original/...)
4. Математические модели глобального развития: Критический анализ моделей природопользования / В.А. Егоров, Ю.Н. Каллистов, В.Б. Митрофанов, А.А. Пiontkovskij. – Л.: Гидрометеоздат, 1980 – 192 с.
5. Махов С.А. Математическое моделирование мировой динамики и устойчивого развития на примере модели Форрестера [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep06/prep2005_06.html.
6. Мишланова М.Ю. Средаобразующие факторы в деятельности строительных организаций // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 3. – С. 203–209.
7. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: АСТ, 2003. – 384 с.
8. Форрестер Дж. Системная динамика – персональный взгляд на первые и следующие 50 лет [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.systemdynamics-russia.ru.

Referenes

1. Akaev A.A., Sadovnichij V.A. Metodologija modelirovanija i prognozirovanija mirovoj dinamiki // Partnirstvo civilizacij. 2013. no. 1–2. pp. 311–328.
2. Lychkina N.N. Komp'juternoe modelirovanie social'no-ekonomicheskogo razvitija regionov v sisteme podderzhki prinyatija reshenij / III Mezhdunarodnaja konferencija «Identifikacija sistem i zadachi upravlenija», Moskva, IPU RAN, 2004.
3. Lychkina N.N. Retrospektiva i perspektiva sistemnoj dinamiki. Analiz dinamiki razvitija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://sysdynamics.ru > system/files/24/original/...](http://sysdynamics.ru/system/files/24/original/...)
4. Matematicheskie modeli global'nogo razvitija: Kriticheskiy analiz modelej priro-dopol'zovanija / V.A. Egorov, Ju.N. Kallistov, V.B. Mitrofanov, A.A. Piontkovskij. L.: Hidrometeoizdat, 1980 192 p.
5. Mahov S.A. Matematicheskoe modelirovanie mirovoj dinamiki i ustojchivogo razviti-tija na primere modeli Forrestera [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep06/prep2005_06.html.
6. Mishlanova M.Ju. Sredoobrazujushhie faktory v dejatel'nosti stroitel'nyh organi-zacij // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2012. no. 3. pp. 203–209.
7. Forrester Dzh. Mirovaja dinamika. M.: AST, 2003. 384 p.
8. Forrester Dzh. Sistemnaja dinamika personal'nyj vzgljad na pervye i sledujushhie 50 let [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: www.systemdynamics-russia.ru.

Рецензенты:

Александрова О.А., д.э.н., зам директора по научной работе, ФГБУН «Институт социально-экономических проблем народонаселения Российской академии наук», г. Москва;
Бакрунов Ю.О., д.э.н., начальник Бюро комплексного строительства, ОАО «ТРАНСИНЖСТРОЙ», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 28.05.2014.