

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЛЬШИХ СИСТЕМ

С. А. Власов (Москва), В. В. Девятков (Казань),  
Н. Б. Кобелев, В. А. Половников (Москва)

Мир разнообразен и состоит из больших и малых систем [3]. Понятие «система» является краеугольным аксиоматическим выражением того, из чего состоит все. Определение понятия «система» может быть различным, но мы считаем, что **система – это совокупность множества элементов (частей целого), множества связей между ними, а также множества отношений порядка между элементами, объединенных единой целью функционирования и управления при помощи обратных связей.**

Что такое управление системой? Управление – это действующий механизм, который направляет систему и основные ее элементы к цели. Управление не может быть без обратных связей. Отрицательная связь характеризуется тем, что сигнал управления имеет отрицательный знак по отношению к сигналу, который вызвал какое-то возмущение. Поэтому отрицательная связь помогает системе направляться к цели. Положительная связь, наоборот, отдаляет систему от цели.

Большие системы делятся на относительно глобальные и локальные системы. **Глобальные системы имеют, мы считаем, более трех уровней элементов, локальные состоят не более, чем из 3 уровней.**

**Понятия глобальности и локальности являются относительными [1],** так как количество уровней глобальной и локальной систем или количество их подсистем зависит от степени их детализации при анализе. Сравнительный анализ при исследовании систем всегда ограничивается рассмотрением одинаково конечного числа уровней данной системы, поскольку мы делаем какие-то конечные выводы и оценки, соответствующие **времени, месту и уровню детализации.**

Например, в глобальной системе (рис.1) имеются специальные уровни (00) и (0), которые называются **уровнями управления и координации.** Эти уровни обеспечивают управление и координацию действий элементов 11, 12, 13, чтобы подсистемы 11 (111, 112, 113), 12 (121, 122, 123), 13 (131, 132, 133, 134), работали по общим правилам и законам. Для этого глобальная система и существует. Но глобальная система имеет также дополнительные элементы *m* на уровнях (0) и (00).

В локальной системе (рис.2) уровней (00) и (0) не существует, поэтому каждая подсистема 11 (111, 112, 113), 12 (121, 122, 123), 13 (131, 132, 133, 134) действует отдельно по своим правилам и законам.

**Любые системы рождаются в форме локальных систем и далее изменяются и проходят путь от локальных, локально-глобальных, глобально-локальных и обратно в локальные системы (рис.3).** Системы изменяются и разрушаются, когда их энергия уменьшается, и нет достаточного количества энергии для содержания и удержания своих элементов в системе.

**Локальная система – начальная фаза развития систем. Глобальная система – это средняя, может быть пиковая, фаза существования систем. Наконец, конечная фаза систем опять локальная.**

На рис.3 показано изменение энергии  $E$  и удельной энергии  $e_{уд.}$ , которыми обладает система, во времени.

В начале существования системы удельная энергия небольшая, но постепенно она становится больше и больше и достигает пикового значения. После этого удельная энергия уменьшается до минимального значения, и система разрушается.

За время  $T$  существования системы ее организация изменяется по форме. Сначала система существует в форме нескольких локальных подсистем, где  $T_{лок.н.}$  – время,

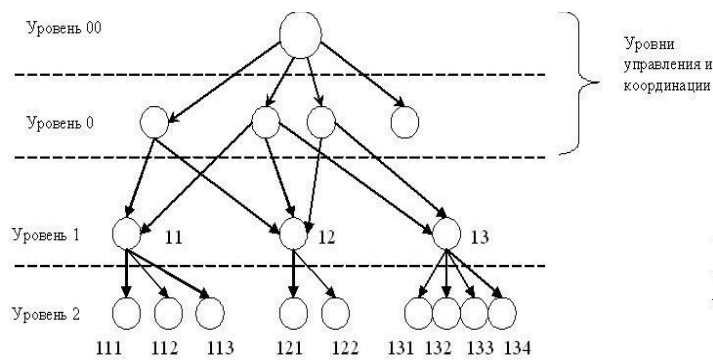


Рис.1. Глобальная система

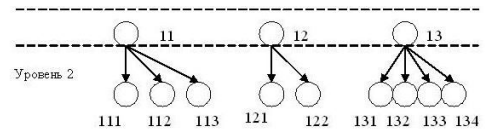


Рис.2. Локальная система

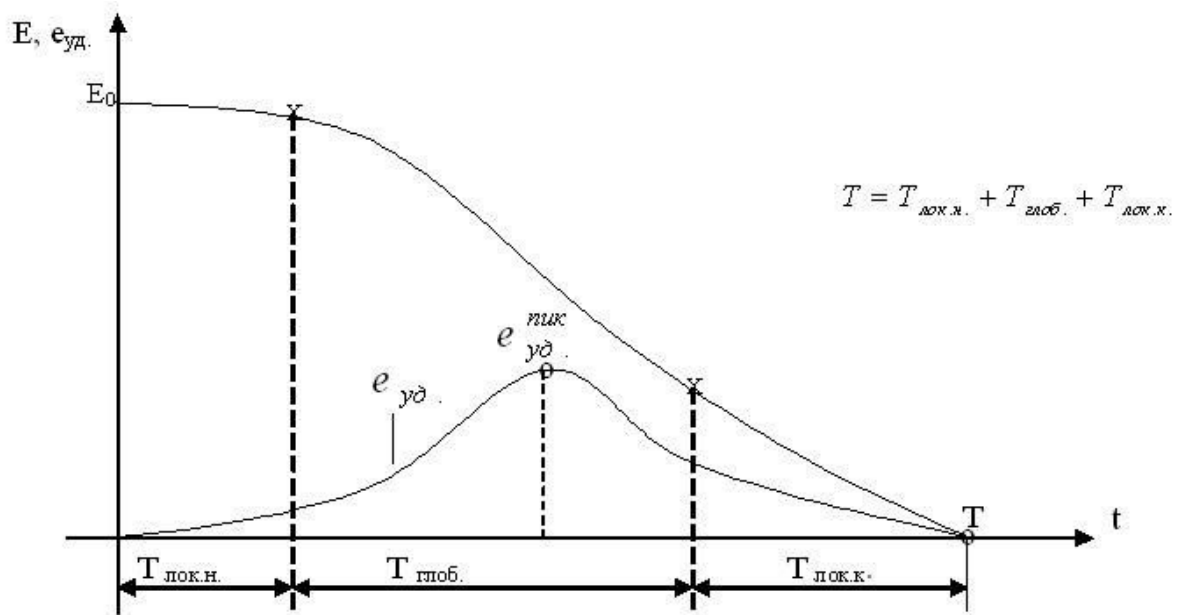


Рис.3. Схема изменения энергии E и удельной энергии e<sub>уд.</sub> системы.

когда система существует в этом качестве. Затем форма организации системы изменяется, и она становится глобальной на время  $T_{глоб.}$ . Наконец, система опять делится на подсистемы и становится группой локальных подсистем, где  $T_{лок.к.}$  – время разрушения системы или разделения подсистем, ставших опять локальными.

Глобальные и локальные системы, где рассматривается и моделируется изменение энергии в широком смысле слова [1], используются почти везде, только само понятие энергия не часто используется. Но фактически энергия – это обобщенный показатель, который всегда имеет место, например: деньги, топливо, человеческий и научный потенциал или др. Энергия является общим эквивалентом для всех показателей, т.е. энергия – это более общий показатель.

Поэтому имитационная модель энергии системы может использоваться для моделирования экономики стран, отраслей, больших предприятий, регионов, народонаселения и др.

Система имеет определенные состояния и параметры, от которых зависит ее функционирование.

Учитывая это, рассмотрим имитационную модель [3] структуры глобальной системы  $C$  (рис.4). Структура  $C$  (относительно глобальная) имеет главный элемент 001, причем используемая энергия всей системы имеет  $E_0 = 100000$  ед. Элемент 001 использует удельную энергию  $e_{y\partial}^{001} = 0,5$ . Этот элемент имеет один вход  $x_{11}^{001}(t_l)$ , состояние  $S^{001}(t_l)$  и один выход  $Y_{11}^{001}(t_l)$ . Главный элемент посылает сигнал на уровень 2 на элементы 01, 02, 03, которые являются основными агентами системы  $C$ . Каждый агент посылает сигналы на уровень 3, т.е. на свои подсистемы, например, агент 01 посылает сигналы на элементы 11, 12, 13, 14, содержащиеся в подсистеме 1. Агент 02 посылает сигналы по элементам 21, 22, 23, 24 и т.д.

Если имеются элементы на уровне 4, например 131, 132, 133, 134 и т.д., то управляющие элементы 13, 22, 24, 32, 33 посылают сигналы на эти элементы, т.е. 131, 132 и т.д.

Имитационная модель использует систему УИМ и блоки (ТЭБ) [2].

Возможны несколько вариантов модели, когда энергия системы  $C$  делится различным образом.

Вариант 1 применяется, если энергия  $E_0$  используется главным и другими элементами, независимо от важности подсистем, т.е. состояние  $S_1^{001}(t_l) = E_0 - e_{y\partial}^{001} t_l$  и все другие состояния, например  $S_1^{01}(t_l) = E_0^{001} - e_{y\partial}^{01} t_l$ ;  $S_1^{02}(t_l) = E_0^{001} - e_{y\partial}^{02} t_l$ ;  $S_1^{03}(t_l) = E_0^{001} - e_{y\partial}^{03} t_l$  и далее  $S_1^{11}(t_l) = E_0^{01} - e_{y\partial}^{11} t_l$  ...  $S_1^{21}(t_l) = E_0^{02} - e_{y\partial}^{21} t_l$  и т.д.

Вариант 2, когда элементы имеют коэффициент важности, заданный на каждый элемент, или важность задается номером элементов в подсистеме, т.е. 1-й элемент использует энергию первым, далее 2-й, 3-й и т.д.

Вариант 3 задается, если важность элемента соответствует вероятности  $P$  в каком-то распределении, заданном заранее.

Могут быть и другие варианты использования энергии, но схема модели останется прежней. В примере рассматривается модель по варианту 1.

В начальный момент в модель подается энергия  $E_0 = 100000$  ед. Далее агенты управляют энергией на уровне 2. Каждый агент имеет удельную энергию (агент  $e_{y\partial}^{11} = 0,5$ , агент  $e_{y\partial}^{12} = 0,3$ , агент  $e_{y\partial}^{13} = 0,9$ ), которую он может использовать по своему разумению.

Каждый агент использует свою энергию в управлении своими подсистемами и часть энергии передает своей подсистеме, т.е. если  $E_0^{01,y} = E_0^{01} - e_{y\partial}^{11} \cdot t_l$ , где  $E_0^{01,y}$  – энергия, переданная агентом 01 в подсистему 11–14,  $E_0^{01}$  – общая энергия агента 01,  $t_l$  – единица времени.

Пусть  $t_l = 1$ ,  $e_{y\partial}^{001} = 0,5$  и энергия элемента 001 будет  $E_0 - e_{y\partial}^{001} t_l = 100000 - 0,5 \cdot 1 = 99999,5$  ед.;

Далее, если  $t_l = 1$  и удельная энергия агента 01 равна  $e_{y\partial}^{01} = 0,5$ , то  $E_0^{01} = E_0^{001} - e_{y\partial}^{01} t_l = 99999,5 - 0,5 \cdot 1 = 99999$  ед.;

Для агента 02 удельная энергия  $e_{y\partial}^{02} = 0,3$ , тогда  $E_0^{02} = E_0^{001} - e_{y\partial}^{02} t_l = 99999,5 - 0,3 \cdot 1 = 99999,2$  ед.;

Для агента 03 удельная энергия  $e_{y\partial} = 0,9$ , тогда  $E_0^{03} = E_0^{001} - e_{y\partial}^{03} t_l = 99999,5 - 0,9 \cdot 1 = 99998,6$  ед.;

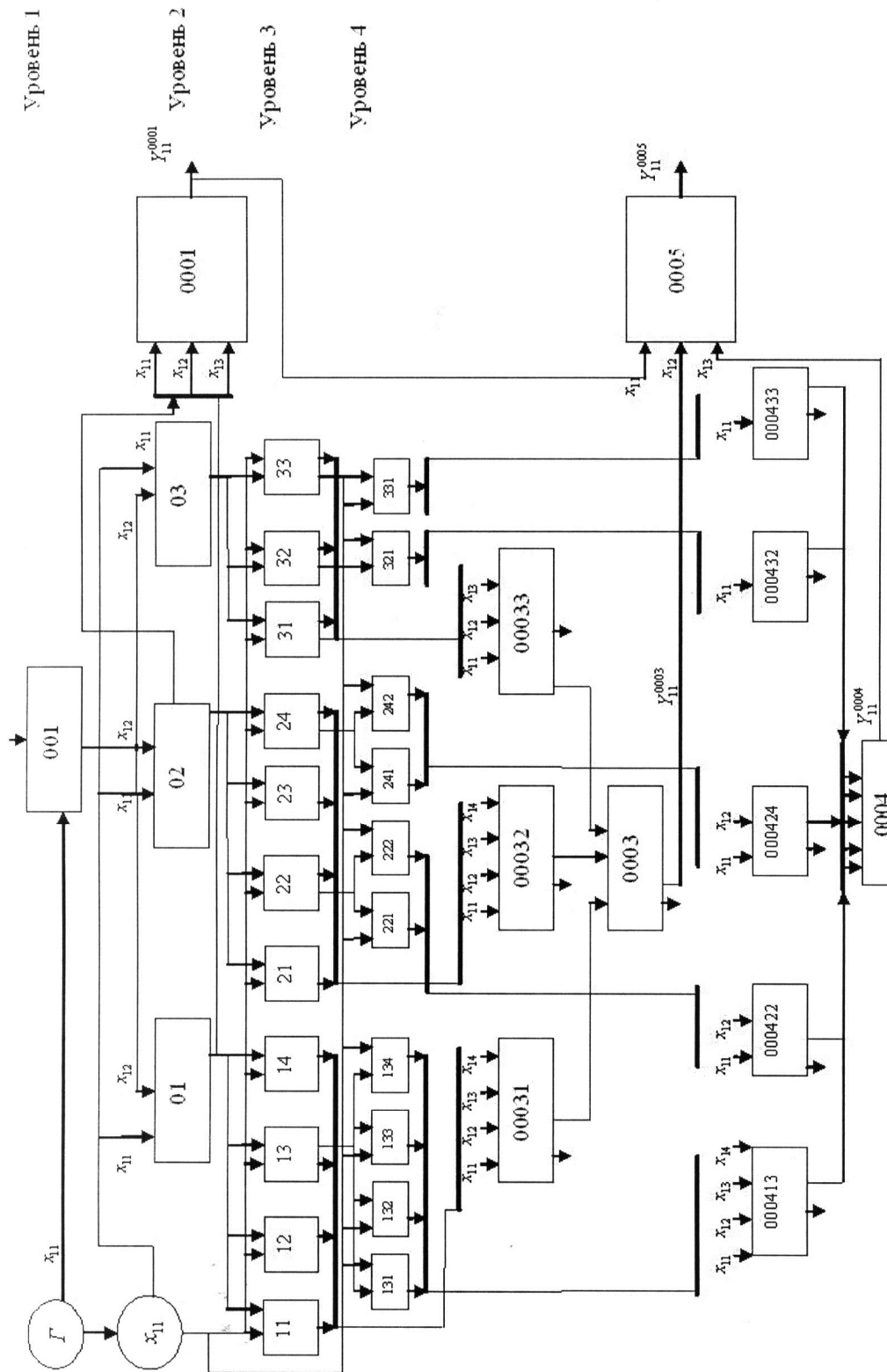


Рис. 4. Схема имитационной модели глобальной системы С

Далее, если, элемент 11 имеет удельную энергию  $e_{y0}^{11} = 0,05$ , то  $E_0^{11} = E^{01} - e_{y0}^{11}t_l = 99999 - 0,05 \cdot 1 = 99998,95$  ед. и т.д.

Так действует каждый блок модели. Для вычисления суммарной энергии по уровням 2,3,4 используются: блоки 00031, 00032, 00033, 0003 – уровень 3 и 000413, 000422, 000424, 000431, 000433, 0004 – уровень 4. Общая энергия системы  $C$  по всем уровням определяется в ТЭБе – 0005.

На каждом входе элемента (ТЭБа) генератором (Г) задается входной сигнал, являющийся равномерным единичным сигналом 1 ( $t_l$ ) через время  $\Delta t$  – сигнал  $x_{11}^k(t_l)$  и сигнал  $x_{12}^k(t_l)$  оставшейся энергии, где  $k$  – номер ТЭБа.

В результате модель может имитировать систему  $C$  по использованию энергии (обобщенной) по всем элементам, уровням и подсистемам. Эти результаты можно интерпретировать как эффективную деятельность или неэффективную.

Система  $C$  является формальной, поэтому ее можно применять на любых структурах. Данная модель вычисляет не только обобщенную энергию, но и определяет время  $T$ , когда система  $C$  или какой-то уровень, подсистема, элемент выйдет из строя. Причем время существования каждого элемента или подсистемы можно точно вычислить, если есть информация по  $e_{y0}$ ,  $E_0$ , т.е.

$$T = E_0 / e_{y0}.$$

Обобщенную энергию можно интерпретировать по показателям деятельности данного объекта, например, если объект предприятие, то показателями могут быть: объем работ, основные фонды, оборотные фонды, численность работающих, незавершенное производство, объем новой техники (обмен старой техники), новые продукты и т.д.

Естественно, что модель нужно подстраивать под каждый объект.

### Выводы

1. Создана общая схема моделирования глобальных или локальных систем при использовании качественной теории больших систем, в том числе понятия энергии систем.
2. Разработана имитационная модель глобальной системы для практических приложений в различных областях деятельности и ее программная апробация.

### Литература

1. **Кобелев Н. Б.** Качественная теория больших систем и их имитационное моделирование. Пособие для разработчиков имитационных моделей и пользователей. М.: Принт-Сервис, 2009.
2. **Кобелев Н. Б.** Введение в общую теорию имитационного моделирования. М.: Принт-Сервис, 2007.
3. **Власов С. А., Девятков В. В., Кобелев Н. Б.** Методология, технология и принципы программной реализации имитационных приложений. // Третья всероссийская науч.-практич. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика ИММОД-2007». Сб. докладов. СПб., 2007.