

схем расположения производственных объектов на пересеченной местности // Омский научный вестник. 2018. № 4 (160). С. 165–168.

18. Зуга И. М., Хомченко В. Г. Формирование функции штрафа при автоматизированном проектировании схем расположения объектов производственных комплексов // Омский научный вестник. 2013. № 1 (117). С. 114–118.

**ЗУГА Игорь Михайлович**, кандидат технических наук, генеральный директор ПАО «ОНХП», г. Омск. SPIN-код: 1556-0157

AuthorID (РИНЦ): 992991

**ХОМЧЕНКО Василий Герасимович**, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Автоматизация и робототехника» Омского государственного технического университета.

SPIN-код: 8385-2139

AuthorID (РИНЦ): 175651

AuthorID (Scopus): 6603880234

ResearcherID: P-8539-2015

**КУЖЕЛЬ Алексей Николаевич**, главный специалист по разработке программного обеспечения ПАО «ОНХП», г. Омск.

**СТРОЕВ Артем Олегович**, инженер отдела информационных технологий ПАО «ОНХП», г. Омск.

Адрес для переписки: library@onhp.ru

#### Для цитирования

Зуга И. М., Хомченко В. Г., Кужель А. Н., Строев А. О. Математическая модель оптимизации размещения производственных объектов на пересеченном рельефе при одноуровневом расположении горизонтальной части коммуникаций // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 147–151. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-147-151.

Статья поступила в редакцию 14.08.2018 г.

© И. М. Зуга, В. Г. Хомченко, А. Н. Кужель, А. О. Строев

УДК 519.7

DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-151-157

**А. Н. ФЛОРЕНСОВ**

Омский государственный  
технический институт,  
г. Омск

## О МОДЕЛЯХ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Для описания динамики социума предлагается использовать вместо традиционных полностью детерминированной или стохастической модели математическую модель дифференциальных уравнений со стохастическими базовыми параметрами. Построенная четырехкомпонентная модель социума соотносится с гомеостатической системой третьего типа. Анализ показывает, что часть таких естественных систем допускает описание моделями, органически сочетающими свойства детерминированных и стохастических систем. Внутреннее управление и гомеостазис дают в динамике детерминированные по функциональным связям взаимодействия между компонентами системы, а стохастичность возникает как результат влияния элементарных взаимодействий между более простыми составляющими системы.

**Ключевые слова:** гомеостатическая система, детерминированная модель, стохастическая модель, динамика сложной системы, гомеостазис, статистическая неустойчивость.

**Введение.** Действие множества факторов в естественных системах сколько-нибудь объективно удается описать только через понятия изменяемых во времени объективных связей, называемых *управляющими связями* по аналогии с техническими системами. Сложные естественные системы, как показывает анализ, существуют только до тех пор, пока встроенные в них системы управления поддерживают гомеостазис этих систем [1]. Внутренние подсистемы, реализующие управление состояниями таких систем, обеспечивают своим функциониро-

ванием сохранение требуемых для их существования локальных состояний и условий устойчивости этих состояний. В частном случае это температурный баланс для необходимого диапазона биохимических реакций или поддержание условий питания биологической или социальной системы.

Естественные системы по сравнению с техническими, содержат очень большое число образующих их элементов и подсистем, поэтому для научных исследований динамики и прогнозирования возникает трудная проблема точного математического

описания взаимодействий компонентов таких систем. На сегодняшний день используются два основных подхода для таких описаний. Более ранний базируется на элементарном описании приращений изучаемых точных величин, приводящих к построению дифференциальных уравнений и их последующему анализу и решению в той или иной форме — качественному анализу или вычислению возможных решений. Второй путь опирается на множество дискретных составляющих системы с декларируемыми общими вероятностными характеристиками и использует стохастические методы анализа и прогнозирования таких математических систем.

Первый подход теоретически способен обеспечить любую точность, но практически доступен и реализуем для относительно ограниченного класса реальных систем, в первую очередь систем небезной и технической механики. Второй подход кажется более широким по применению к сложным системам, но обеспечивает только вероятностные оценки и прогнозирование событий. Все многообразие сложных систем не укладывается в сферу непосредственного приложения указанных подходов. Качественным расширением их явилась теория динамического хаоса, описываемого регулярными базовыми связями, и синергетика, которые все же не охватывают все требующие изучения реальные сложные системы, с которыми сталкивается современное человечество.

Одной из областей существования таких систем являются биология и медицина, где последние исследования даже ставят задачу выхода за границы детерминированного и стохастического подхода, декларируя сложные «системы третьего типа» [2–4]. Причиной оказываются установленные свойства ряда таких биомедицинских систем, проявляющиеся в статистической неустойчивости выборок изучаемых параметров [5]. Проведенные в этой области исследования показывают, что изменяемые значения параметров в гомеостатических системах живых организмов не обладают статистической устойчивостью, необходимой при научном и добросовестном использовании стохастических и детерминированных моделей этих систем.

В последних работах этого направления для описания наблюдаемых явлений вместо традиционного инструментария аттракторов в фазовых пространствах решений, определяющих изучаемые системы уравнений, предложены квазиаттракторы, которые определяются как наименьшие выпуклые оболочки, содержащие выборки экспериментальных данных и меры Лебега этих квазиаттракторов [2, 3].

Поскольку указанными экспериментами показана неустойчивость реальных параметров, не укладываемая даже в традиционные стохастические методы, то из этого логически следует недостаточность интегрального или хотя бы преобладающего стохастического подхода в описании сложных систем, несмотря на его привычность и широкое применение, в том числе и без серьезного обоснования. Явной причиной научных неудобств оказывается именно сложность систем, поскольку в простых системах практически наблюдается либо детерминированность, либо стохастичность.

**Теоретическая часть.** Покажем, что в моделях промежуточной сложности можно усмотреть и учесть эффекты, ведущие в сложных системах к статистической неустойчивости.

В качестве такой системы предлагается использовать модель потоковых взаимодействий между

четырьмя компонентами социума, образующих в их сочетании управляющий контур и обратную связь между компонентами, которая при определенных соотношениях между параметрами взаимодействий превращает модель в гомеостатическую систему [6, 7].

Социум рассматривается в модели как совокупность четырех компонентов, обозначаемых в математическом описании модели переменными  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$ , и содержательно соответствующим понятиям «естественная среда обитания» (food), «народ» (people), «элита» (elite) и «государство» (state), использовавшихся в математических моделях и описаниях популяционной динамики Дж. Гольдстоуна [8, 9], П. Турчина [10] и С. А. Нефедова [11, 12]. Указанные величины  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$  дают текущее численное значение указанных компонентов в изменяемых величинах их количества. Для описания динамики естественной среды обитания, рассматриваемой как экологическая ниша, используется величина  $R$ , задающая ограничение на емкость такой ниши согласно логистической модели [13] ограниченности ресурсов питания в естественной системе. Для учета влияния управляющего компонента системы на производительность среды обитания использован дополнительный коэффициент  $M$ , учитывающий усредненное влияние управляющего воздействия на продуктивность среды.

Коэффициент  $d$  будет выражать скорость возрастания величины  $x$  непосредственно в зависимости от внутренних свойств среды обитания, что дает для возрастания значений переменной  $x$  выражение  $d(1-x/R)$  согласно логистической модели питающей среды. Для количественного описания влияния потоков при взаимодействиях введем параметры  $a$ ,  $b$ ,  $e$ ,  $h$ , которые задают среднюю скорость возрастания или убывания единицы компонентов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$  в одиночном взаимодействии между единицами взаимодействующих компонентов. Скорость потерь в динамике существования каждой единицей элемента компонентов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$  опишем, соответственно [14], коэффициентами  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$ . С учетом введенных обозначений последовательные взаимодействия рассматриваемых компонентов могут быть описаны графической схемой [6] (рис. 1).

В функциональной аналогии с математической моделью Лотка–Вольтерра [15, 16] для динамической пары компонентов «хищник–жертва» получаем из данной схемы систему обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)

$$\begin{aligned}\dot{x} &= (-ay + bMu - c_1 + d(1 - x/R))x, \\ \dot{y} &= (ax - ez - c_2)y, \\ \dot{z} &= (ey - hu - c_3)z, \\ \dot{u} &= (hz - bx - c_4)u.\end{aligned}\quad (1)$$

Множества решений ОДУ описываются с помощью фазовых пространств, представляющих фазовые траектории решений системы в этих математических пространствах. Топология таких пространств описывается с помощью аттракторов и репеллеров и семейств фазовых траекторий [17]. Состояниям равновесия в такой системе отвечают стационарные точки фазового пространства, попадание траекторий решения в которые приводит к теоретически неизменному состоянию системы в ее динамике.

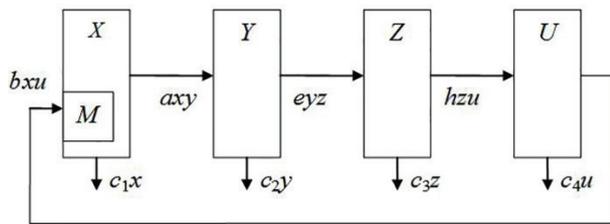


Рис. 1. Схема потоковых взаимодействий в системе

С учетом поставленной темы первой задачей становится определение стационарных точек и условий их существования. Традиционным путем для этого является вычисление значений параметров системы, при которых правые части уравнений обращаются в нуль. В соответствии со смыслом решаемой естественнонаучной задачи значение переменных системы (1) должны быть положительными или, в расширенной динамике с вырождением частей системы, — не отрицательными. Это приводит к анализу системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} -ay + bMu - c_1 + d(1 - x/R) &= 0, \\ ax - ez - c_2 &= 0, \\ ey - hu - c_3 &= 0, \\ hz - bx - c_4u &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

с соответствующей матрицей

$$A = \begin{bmatrix} -d/R & -a & 0 & bM \\ a & 0 & -e & 0 \\ 0 & e & 0 & h \\ -b & 0 & h & 0 \end{bmatrix}.$$

Вычисление детерминанта  $D$  этой матрицы дает выражение  $(ah-be)(ah-bMe)$ . Для единственности решения получаем необходимое условие

$$(ah - be)(ah - bMe) \neq 0. \quad (3)$$

Это условие будем в дальнейшем считать выполненным в предположении системы с устойчивой динамикой, в частности гомеостатической. Введем для сокращения обозначения величины

$$q_1 = 1/(ah-be), \quad q_2 = 1/(ah-bMe).$$

При соблюдении условия (3) для вычисления координат стационарной точки используем матричную запись предыдущих соотношений

$$A \begin{bmatrix} x_0 & y_0 & z_0 & u_0 \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} c_1 - d & c_2 & c_3 & c_4 \end{bmatrix}^T.$$

Разложим разряженную матрицу  $A$ , выделяя вторую и четвертую ее строки, получая из исходной системы соотношения

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} a & -e \\ -b & -h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ z_0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} c_2 \\ c_4 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} -a & bM \\ e & -h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ u_0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} c_1 - d(1 - x_0/R) \\ c_3 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Детерминанты этих матричных систем, равные  $(ah-be)$  и  $(ah-bMe)$ , в принятых выше соглашениях, согласно (3), оказываются отличными от нуля, поэтому существует единственное их решение, которое дает координаты  $x_0, y_0, z_0, u_0$  стационарной точки через обратные матрицы:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_1 h & q_1 e \\ q_1 b & q_1 a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_2 \\ c_4 \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} y_0 \\ u_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -q_2 h & -q_2 bM \\ -q_2 e & -q_2 a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 - d(1 - x_0/R) \\ c_3 \end{bmatrix}.$$

Детальное решение записывается в виде

$$\begin{aligned} x_0 &= q_1(h c_2 + e c_4), \quad z_0 = q_1(b c_2 + a c_4), \\ y_0 &= q_2(h(d(1 - x_0/R) - c_1) - bM c_3), \\ u_0 &= q_2(e(d(1 - x_0/R) - c_1) - a c_3). \end{aligned} \quad (4)$$

Оно позволяет записать требование к параметрам для существования стационарной точки в виде условий

$$(ah-be) > 0 \text{ и } (ah-bMe) > 0$$

или  $(ah-be) < 0$  и одновременно  $(ah-bMe) < 0$ ,

$$h(d(1 - q_1(hc_2 + ec_4)/R) - c_1) > bMc_3, \quad (5)$$

$$e(d(1 - q_1(hc_2 + ec_4)/R) - c_1) > ac_3.$$

Первое из этих условий после преобразования, с учетом  $M > 1$  может быть сокращенно записано как  $(ah-be) > 0$  или  $(ah-bMe) < 0$ .

Стационарная точка практически оказывается средним значением. Более точное значение среднего значения оказывается возможным вычислить только для конкретной динамики при известных или измеренных значениях параметров  $a, b, e, h, d, M, c_1, c_2, c_3, c_4$ .

Значение  $z_0$  дает оценочную величину численности «элиты» в социуме, а согласно второму выражению из (4), она пропорциональна величине  $q_1$ . Аналогичным образом значения  $y_0$  и  $u_0$  дают оценочные величины численности основной части населения (народа) и численность людей в государственном аппарате, которые, согласно третьему и четвертому выражению из (4), пропорциональна величине  $q_2$ .

Более детальные выводы, описывающие динамику, могут быть получены только из решения системы уравнений (1). Эти уравнения по существу своего построения и отражения действительных потоковых связей описывают детерминированную ими динамику рассматриваемых компонентов социума. Эти уравнения оказываются нелинейными и аналитическое их решение принципиально затруднено. Вынужденно приходится обращаться к числовым методам моделирования указанных решений.

Отходя от предположения точной предопределенности коэффициентов  $a, b, e, h$  взаимодействия в системе (рис. 1), в качестве более адекватной реальности модели можно и следует рассматривать более общую модель, где эти коэффициенты описываются с помощью случайных процессов, в простейшем предположении гауссовских:

$$a = am + w_1(t), \quad b = bm + w_2(t),$$

$$e = em + w_3(t), \quad h = hm + w_4(t), \quad (6)$$

где  $w_1(t)$ ,  $w_2(t)$ ,  $w_3(t)$ ,  $w_4(t)$  — стохастические винеровские процессы [18].

Это переводит задачу моделирования из области использования детерминированных моделей в область применения более общих моделей, близко примыкающих к стохастическим дифференциальным уравнениям [19, 20]. При этом надо иметь в виду, что классические стохастические уравнения предназначены для описания и порождения случайных процессов, а рассматриваемая задача ставится как описание реальных процессов гомеостазиса. Процессы гомеостазиса к чисто случайным не относятся, рассматривая чаще всего их динамику как реакцию на некоторые функциональные воздействия на систему или изучая практическую устойчивость таких систем в ходе экспериментальных исследований.

Математическую модель (1) с константными коэффициентами  $a$ ,  $b$ ,  $e$ ,  $h$  можно исследовать для определения характера траекторий в окрестности стационарной точки и для установления зависимости типа стационарной точки от параметров системы. Такое исследование приводит к характеристическому многочлену четвертого порядка, поэтому возникают известные трудности явного выражения корней решений через исходные параметры.

**Экспериментальная часть.** Рассматриваемая математическая система моделировалась в инструментальной программной системе Scilab [21]. Одним из использованных конкретных значений параметров такого моделирования были выбраны значения

$$a = 0,7; \quad b = 0,08; \quad e = 0,6; \quad h = 0,6; \quad M = 1,7; \quad (5)$$

$$c_1 = 0,2; \quad c_2 = 0,3; \quad c_3 = 0,3; \quad c_4 = 0,2; \quad d = 0,65, \quad R = 10.$$

Эти значения удовлетворяют указанным выше условиям (2) стационарной точки в области положительных значений.

В качестве начальных значений модели выбраны величины, составляющие пятую часть от значений для стационарной точки. Экспериментальное моделирование проводилось в интервале значений параметра  $t$  от 0 до 300 с помощью стандартной процедуры *ode* для метода Рунге – Куты.

Наличие в изучаемой системе четырех компонентов и четырех переменных величин, количественно представляющих эти компоненты, лишает возможности выразительно представить результаты на одном-двух графиках, поскольку даже графическая изометрия позволяет наглядно изобразить в лучшем случае только трехмерную фигуру. Практически целесообразно рассматривать частные проекции фазовых траекторий как зависимости изменяемых переменных  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , и друг от друга или от пары значений других переменных в различных сочетаниях, что легко предоставляют современные средства моделирования, в частности, Scilab или Matlab.

Проекция фазовой траектории на пространство координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  приведена на рис. 2. Здесь дополнительно верхней точкой вертикального отрезка отображается еще стационарная точка системы.

Теперь будем рассматривать ту же базовую систему ОДУ (1), но уже в предположении о стохастическом характере изменения ее коэффициентов

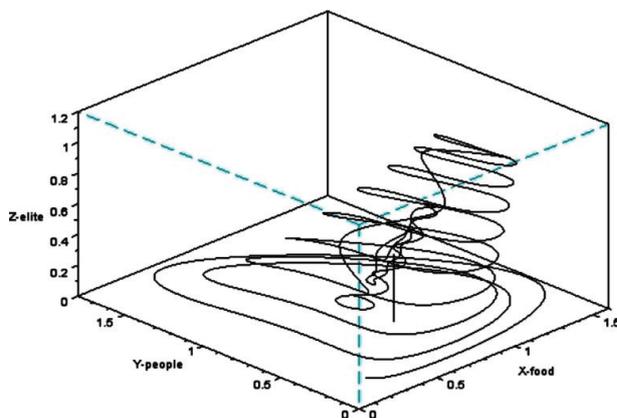


Рис. 2. Проекция фазовой траектории на пространство координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  при детерминированной зависимости

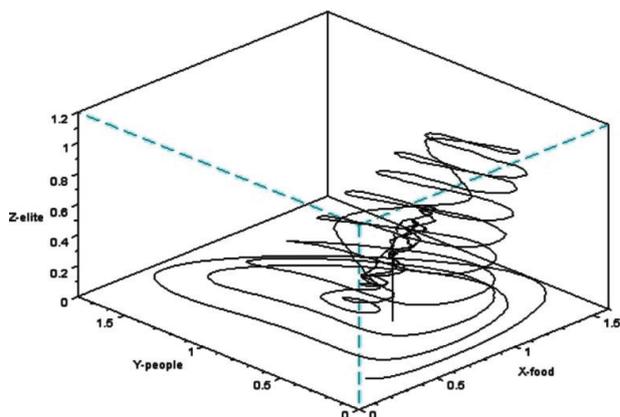


Рис. 3. Проекция фазовой траектории на пространство координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  при стохастических изменениях параметров и начале траектории в стороне от стационарной точки

$a$ ,  $b$ ,  $e$ ,  $h$ , используя соотношения (6). Введем стохастические изменения параметров  $a$ ,  $b$ ,  $e$ ,  $h$ , используя в простейшем случае изменение их по нормальному закону. Для конкретного эксперимента это достигается при численных расчетах введением в уравнениях (1) вспомогательных стохастических величин, имеющих математические ожидания  $a_m = 0,7$ ,  $b_m = 0,08$ ,  $e_m = 0,6$ ,  $h_m = 0,6$ , совпадающие с прежними константными значениями параметров и дисперсией в 10 % от прежних константных значений. В системе Scilab для этого может использоваться частное применение универсальной функции *grand* в виде вызова *grand(1,1, «nor», матожидание, дисперсия)*.

В результате расчетов по измененному тексту программы Scilab получаем решения для тех же базовых значений параметров уравнений (5), начальной точки и диапазона изменения. Проекция фазовой траектории этого решения на пространство координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  приведена на рис. 3. Из него хорошо видно, что характер динамики фазового портрета практически не изменился вдали от бывшей стационарной точки, но стал несколько сложнее ближе к ней.

Если выбрать начальное состояние системы, совпадающее со стационарной точкой, то в детерминированной системе все фазовые траектории окажутся совпадающими с этой единственной стационарной точкой. Но для системы, имеющей стохастические

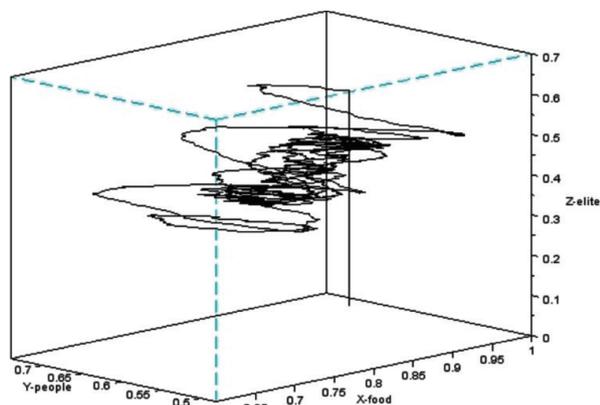


Рис. 4. Проекция фазовой траектории на пространство координат X, Y, Z при начале траектории в стационарной точке

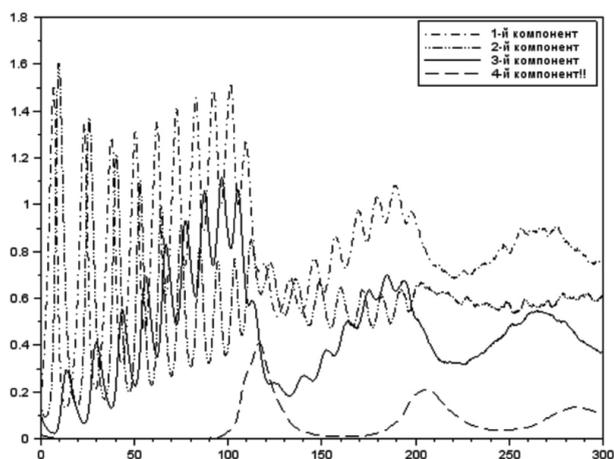


Рис. 5. Графики решений как функций параметра времени при начале траектории в стороне от стационарной точки

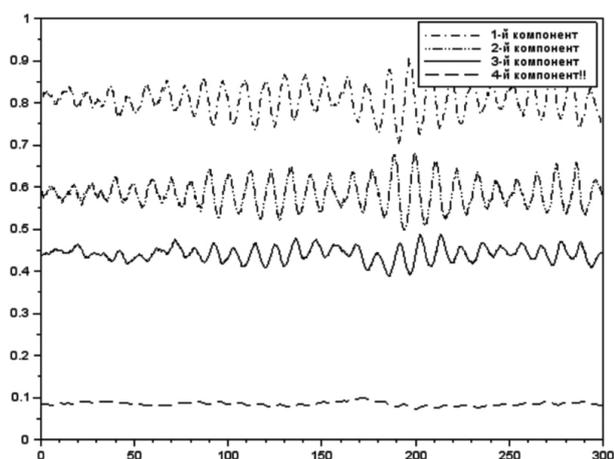


Рис. 6. Графики решений как функций параметра времени при стохастических изменениях параметров и начале траектории в стационарной точке

изменяемые параметры, картина оказывается принципиально иной. Динамическое изменение этих параметров смещает теоретическую точку равновесия. Предыдущее положение фазовой точки оказывается вне «мгновенной» стационарной точки и формируется сложно организованная траектория,

которая порождается как детерминизмом функциональной зависимости ОДУ, так и вызванным стохастическим изменением параметра. Будем называть точку фазового пространства, которая определяется как математическое ожидание стационарных точек, усредненной стационарной точкой. Она в нашем случае совпадает по значениям координат со стационарной точкой в детерминированном варианте модели, послужившей основой рассматриваемых построений.

В численном решении, отображаемом системой моделирования на графике (рис. 4), видны интенсивные перемещения расчетных решений в окрестности усредненной стационарной точки. Последующие расчеты, проводимые со стохастическими параметрами для всех тех же значений базовых параметров, дают другую фазовую траекторию. Причем это отличие проявляется не в мелких деталях, а в качественном характере в окрестности усредненной стационарной точки. Фазовая траектория, формируемая при начале динамики в усредненной стационарной точке, практически оказывается стохастической по своему характеру быстрых изменений.

Дополнительно обратимся к графикам не фазовых траекторий, а к графикам решения моделирующей системы, как функциям общего параметра времени. Такие графики для системы с начальным значением вне стационарной точки приведены на рис. 5, а для начала моделирования с исходным состоянием в стационарной точке изображены на рис. 6.

Серия проведенных экспериментов показывает, что при начале траектории в усредненной стационарной точке, получаемые траектории со стохастическим воздействием образуют значения со статистической неустойчивостью, если пытаться рассматривать их как случайные со стабильными вероятностными характеристиками — математическим ожиданием и дисперсией.

Непосредственно по полученным экспериментальным результатам видно, что динамика системы, гомеостатически нацеленная на переход в область стационарной точки, порождает схождение наблюдаемых величин в область усредненной стационарной точки даже при действии дополнительных стохастических факторов. Причем при уже нахождении в этой точке или ее малой окрестности динамика величин, формируемая системой управления, видимо характеризуется неустойчивостью. Эта неустойчивость очевидна из того, что математическое ожидание, представляющее усредненное значение стохастической функции является не стационарной величиной для рассматриваемых значений. Такая неустойчивость временами имеет характер приближения к центру этой области, но в дальнейшем наблюдаются заметные колебания с неустойчивой амплитудой и длительностью.

Полученные модельно-экспериментальные данные для системы относительно сложной структуры, функционирующей как гомеостатическая при постоянных и даже при относительно малых стохастических флуктуациях параметрах, позволяет подойти к следующему принципиальному выводу. Некоторая, если не большая часть доступных для наблюдений гомеостатических систем, являющихся одновременно сложными, управляются внутренними связями, которые описываются сочетанием детерминированных зависимостей со случайно флуктуирующими параметрами.

Наличие локального управления с помощью детерминированных связей и обеспечивает устойчивость внутренних состояний и некоторых параметров системы, без чего не мог бы наблюдаться гомеостазис. Но сложность самой системы и наличие в ней множества компонентов реального мира выливается в неустойчивость ряда ее внутренних параметров, из-за которой практическое действие управляющих (обратных) связей не детерминировано как точные величины. Более того, множество возникающих в системе взаимодействий, что является характерной и вынужденной особенностью всех естественных систем, как систем без внешнего управления, технической поддержки и регулирования параметров, приводит к вариации конкретных значений внутренних параметров системы. Частным таким воздействием для естественных систем может быть даже влияние космических лучей, вариаций магнитного поля и т.п.

Поэтому совершенно естественно, что искусственно-техническое представление о точно детерминированном механизме, лежащем в основе гомеостазиса, являются абстракцией и непосредственно применимо только к искусственным системам. Понятие квазиаттракторов, введенных в работах Еськова В. М. и его коллег [3, 22], представляет с более общей и абстрактной позиции во многих конкретных случаях совокупные области теоретических стационарных точек гомеостатической системы, которые формируются как результат воздействия стохастических вариаций параметров таких систем.

**Заключение.** Показано, что четырехкомпонентная математическая модель социума, после ее изменения путем введения стохастически изменяющихся параметров, может рассматриваться со стороны экспериментальных данных как гомеостатическая система третьего типа, подобно исследовавшимся ранее биомедицинским системам. Отсюда вытекает, что хотя бы часть гомеостатических систем третьего типа может математически описываться математическими моделями, органически сочетающими свойства детерминированных и стохастических систем.

Основную содержательную сторону управления и гомеостазиса в таких системах дают детерминированные по функциональным связям взаимодействия между компонентами системы, а стохастичность возникает как результат влияния множества второстепенных и более элементарных взаимодействий между более простыми составляющими системы. Происходящее теоретически подобно флуктуациям в динамических системах под воздействием малых случайных возмущений. Обоснованием сводимости гомеостатической системы к детерминированно-стохастической модели в каждом конкретном случае должно быть построение детерминированной математической модели, качественно представляющей динамику этой системы при наличии у нее параметров, которые могут определяться экспериментально. Все это закладывает основание нового подхода к моделированию сложных систем и пониманию, что комбинирование классических подходов в нетрадиционной совокупности дает эффективные средства для дальнейшего аналитического изучения сложных систем.

#### Библиографический список

1. Флоренсов А. Н. О кибернетических основаниях глобальных моделей реальности // Научные ответы на вызовы

современности: техника и технологии: моногр. В 2 кн. / авт. кол.: Тарасов В. В., Кича Г. П., Бородин А. В. [и др.]. Одесса: КУПРИЕНКО СВ. 2016. Кн. 1, гл. 5. С. 130–157. ISBN 978-966-2769-75-3.

2. Еськов В. М., Еськов В. В., Гавриленко Т. В. [и др.]. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. 2015. № 2. С. 62–73.

3. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А. [и др.]. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады Академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644. DOI: 10.7868/S0869565217060044.

4. Еськов В. М., Вохмина Ю. В., Горбунов С. В. [и др.]. Кинематика гомеостатических систем // Вестник кибернетики. 2017. № 2. С. 87–93.

5. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатова О. Е. Естествознание: от стохастики к хаосу и самоорганизации // Вестник кибернетики. 2017. № 1. С. 121–127.

6. Флоренсов А. Н. Кибернетическая модель популяционной динамики // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 2. С. 16–19.

7. Флоренсов А. Н. Описание динамики экосистемы с помощью четырехкомпонентной математической модели // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1604–1607.

8. Goldstone J. A. The Comparative and Historical Study of Revolutions // Annual Review of Sociology. 1982. Vol. 8. P. 187–207.

9. Goldstone J. A. Why Europe? The Rise of the West in World History, 1500–1850. 2009. Boston, MA: McGraw. 194 p.

10. Turchin P., Nefedov S. Secular cycles. Oxford and Princeton: Princeton University Press, 2009. 349 p. ISBN 9781400830688.

11. Нефедов С. А. Концепция демографических циклов: моногр. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 141 с. ISBN 5-8019-0133-7.

12. Нефедов С. А. Факторный анализ исторического процесса. История Востока: моногр. М.: Издат. дом Территория будущего, 2008. 752 с. ISBN 5-91129-026-x.

13. Verhulst P. F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement // Corresp. Math. Phys. 1838. Vol. 10. P. 113–121.

14. Флоренсов А. Н. Математическая модель компонентной динамики для биоценозов и социумов // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 30, № 1. С. 71–81.

15. Lotka A. J. Elements of Physical Biology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1925. 460 p.

16. Volterra V. Variations and fluctuations of the number if individuals in animal species living together // Animal Ecology. NY, 1926. P. 409–448.

17. Эрроусмит Д., Плейс К. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями. М.: Мир, 1986. 243 с.

18. Леваков А. А. Стохастические дифференциальные уравнения: моногр. Минск: БГУ, 2009. 231 с. ISBN 978-985-518-250-5.

19. Гихман И. И., Скороход А. В. Стохастические дифференциальные уравнения: моногр. Киев: Наукова Думка, 1968. 354 с.

20. Вентцель А. Д., Фрейдлин М. И. Флуктуации в динамических системах под действием малых случайных возмущений. М.: Наука, 1979. 424 с.

21. Campbell S. L., Chancelier J.-P., Nikoukhah R. Modeling and Simulation // Scicos with ScicosLab 4.4. NY: Springer, 2006. 332 p. ISBN 1441955267.

22. Еськов В. М., Филатова О. Е., Полухин В. В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 158–167.

**ФЛОРЕНСОВ Александр Николаевич**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника».  
SPIN-код: 1116-8357  
AuthorID (РИНЦ): 661799  
ORCID: 0000-0001-6466-5202  
Адрес для переписки: florensov@yandex.ru

Флоренсов А. Н. О моделях гомеостатических систем на основе дифференциальных уравнений со стохастическими параметрами // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 151 – 157. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-151-157.

Статья поступила в редакцию 18.09.2018 г.  
© А. Н. Флоренсов

УДК 004.04  
DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-157-162

**А. О. СТРОЕВ<sup>1</sup>**  
**И. М. ЗУГА<sup>1</sup>**  
**В. Г. ХОМЧЕНКО<sup>2</sup>**  
**А. Н. КУЖЕЛЬ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ПАО «ОНХП»,  
г. Омск

<sup>2</sup>Омский государственный  
технический университет,  
г. Омск

## ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК МЕЖДУ ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Предложен интерфейс общения разработчика генеральных планов промышленных предприятий с пакетом прикладных программ автоматизированного проектирования схем трасс внешних проводок между зданиями и сооружениями. Разработанная совокупность окон интерфейса обеспечивает интеграцию данного пакета программ с предложенной ранее системой автоматизированного проектирования схем расположения объектов промышленных предприятий, функционируя в режиме ее продолжения, и, кроме того, дает возможность создавать новые проекты. Интерфейс позволяет производить ввод исходных данных и вывод результатов проектирования в удобном формате, представляя их в табличном и графическом виде. Он является открытым, допуская расширение в части использования различных методов проектирования и оптимизации схем трасс.

**Ключевые слова:** интерфейс, схема трасс, внешние проводки, здания и сооружения, промышленные предприятия, автоматизированное проектирование.

Решение проблем оптимального расположения трасс различного назначения является актуальной задачей в связи с существенными затратами на их реализацию, а в последующем — и на эксплуатацию. Кроме того, взаиморасположение трасс оказывает существенное влияние на качество и эффективность обеспечиваемого ими технологического или иного процесса. Эта проблема проявляется себя при трассировке печатных плат [1–12], технологических соединений в химической и других отраслях промышленности [13–15], при проводке каналов связи автоматизированных систем управления [16], при трассировании охраняемых зон проектируемых ЛЭП [17] и во многих других случаях.

Для решения названной проблемы используются, как правило, алгоритмические подходы, такие, например, как волновой, генетический и муравьиный алгоритмы [4–9, 11, 12, 18], обеспечивающие оптимальное (близкое к оптимальному) в том или ином смысле расположение трасс относительно друг друга и соединяемых ими объектов. Существует достаточно большое количество программных пакетов, ориентированных на решение определенных задач трассировки, такие как OrCAD и другие [3, 19–22].

В настоящей статье предлагается интерфейс автоматизированного проектирования трасс внешних проводок между объектами (зданиями и сооруже-