

УДК 330.46

DOI 10.52452/18115942_2021_2_20

УЧЕТ ИСКАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

© 2021 г.

Л.П. Коган, А.А. Краснов

Коган Лев Петрович, к.ф.-м.н.; доцент кафедры общей физики и теоретической механики
Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета
L_kog@list.ru

Краснов Александр Артемьевич, к.ф.-м.н.; доцент кафедры общей физики и теоретической механики
Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета
krasnov1958@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 02.03.2021**Статья принята к публикации 27.04.2021*

Представлены теоретические исследования информационных процессов с учетом распределенной диссипации информации, введения ложной информации, а также отбрасывания части данных субъектами информационных обменов при формировании управленческих решений. В качестве объекта исследований рассматривалась иерархическая модель управления. При этом распространение информации по элементам иерархии управления было представлено как волновой процесс. Учет искажений и потерь информации при прохождении информации по элементам управления осуществлялся путем введения стохастических параметров, характеризующих степень искажения информации при ее прохождении через границы элементов управления, а также детерминированных коэффициентов поглощения, учитывающих диссипацию информации внутри этих элементов. Использование математического аппарата для описания волновых процессов в приложении к исследованию прохождения информации по элементам управления позволило выявить условия возникновения управленческого хаоса на стадии формирования управленческих решений при информационных обменах субъектов управления.

Ключевые слова: экономическая система, диссипация данных, искажение информации, иерархическая модель управления, управленческий хаос.

Введение

На современном этапе в теории менеджмента наблюдается пересмотр основных факторов, определяющих результативность деятельности экономической системы. Технический и технологический прогресс современного производства обуславливает существенное влияние информации как одного из определяющих факторов экономической деятельности. Рост места информации в системе факторов современного производства обусловил формирование научного направления экономических исследований «Информационная экономика». Концепции «информационной экономики» сконцентрированы на исследованиях влияния информационных и коммуникационных технологий на производительность в различных областях ведения хозяйственной деятельности. По утверждению Т. Стоуньера, «в информационной экономике хозяйственная деятельность – это главным образом производство и применение информации с целью сделать все другие формы производства более эффективными... Лимитирующий

фактор здесь – наличное знание» [1]. Информация, снижая неопределенность хозяйственных взаимодействий субъектов, обеспечивает повышение эффективности процесса принятия решений, что в конечном счете отражается на результатах деятельности экономической системы за счет роста эффективности использования ресурсов и других факторов производства. Следует отметить, что при формировании информации в процессах управления определяющими являются способности человека к восприятию, переработке информации, выработке решений (команд) и их передаче [2]. Поэтому, исходя из принципа ограниченной рациональности Г. Саймона [3] и согласно Дж. Стиглицу [4], информация в обеспечении управленческого решения не может быть совершенной, так как зависит от сознательных действий экономических агентов, их интересов и когнитивных качеств. С позиции этой концепции индивиды как элементы экономической системы имеют свои интересы, которые будут оказывать существенное влияние на их деятельность, направленную на получение дополнительных выгод за

счет искажения информации [5]. В литературе это представляется как проявление «риска безответственности» вследствие наличия асимметричности информации при взаимодействии субъектов информационных обменов [6–8]. При этом информация субъекта информационных обменов в целях обеспечения его интересов конструируется таким образом, чтобы быть привлекательной для других участников информационных обменов. Рассогласование целей и действий отдельных субъектов информационных обменов с общефирменными интересами может являться причиной возникновения управленческого хаоса, приводящего к потере управляемости экономической системы. В общем случае поведение субъекта информационных обменов при формировании управленческих решений, направленное на получение личных дополнительных выгод, может проявляться не только в ведении ложной информации, но и в отбрасывании части данных на фоне диссипативного поглощения информации внутри элементов управляющей системы. В связи со сказанным выше в настоящее время теоретический и практический интерес представляют исследования методологических и научно-методических проблем, позволяющих выявить условия возникновения управленческого хаоса на стадии формирования управленческих решений посредством анализа информационных обменов субъектов управления.

Иерархическая модель информационной подсистемы управления экономической системой

В основу моделирования информационных процессов, сопутствующих формированию управленческих решений, может быть положен тот или иной тип системы. В настоящее время в литературе предлагается обширная классификация типов систем с учетом факторов, максимально влияющих на процесс функционирования системы [9–11]. Следует отметить, что в основном предлагаемые типы систем в концепции моделирования процессов управления рассматриваются как детерминированные. Под детерминированными системами понимают такие, в которых элементы однозначно определены и взаимодействуют строго определенным образом.

В общем случае в интегральном виде экономическую систему (предприятие) мы можем представить как совокупность двух подсистем: информационной и организационно-технологической. Продуктом деятельности информационной подсистемы является информация, обеспечивающая формирование того или иного

управленческого решения, которое реализуется в организационно-технологической подсистеме в виде конкретных действий. Исходя из принципа ограниченной рациональности мы можем утверждать, что информационная подсистема является вероятностной, поскольку есть неопределенность, связанная с возможным искажением информации субъектами информационных обменов при формировании управленческих решений. С другой стороны, организационно-технологическую подсистему необходимо рассматривать как детерминированную технологическим процессом выпуска конкретной продукции. Исходя из этого, декомпозиция экономической системы на две подсистемы, информационную и организационно-технологическую, соответствует разделению экономической системы на вероятностную и детерминированную подсистемы. Таким образом, мы сталкиваемся с дуализмом при исследовании экономической системы в целом, проявляющимся в использовании двух различных, не тождественных и несводимых друг к другу принципов в исследовании подсистем, образующих экономическую систему.

Имеются работы, в которых информационные подсистемы исследуются с позиции кибернетики [12–14]. В рамках данного подхода с целью оптимизации информационных процессов основное внимание уделяется вопросам структурирования процессов прохождения информации по элементам иерархии управления и определения предельных размеров информационных потоков, при которых экономическая система становится неуправляемой. При этом вопросы, связанные с искажением и потерями информации при информационных обменах субъектов управления при формировании управленческих решений, практически не рассматриваются.

В работе [15] для изучения информационных процессов при формировании управленческих решений рассмотрена иерархическая модель управления экономической системой, состоящая из последовательности управляющих элементов (УЭ) с приоритетом звеньев верхнего уровня по отношению к нижележащим. На рис. 1 изображена последовательность управляющих элементов.

Уровень полномочий управляющих элементов убывает в направлении вдоль по оси безразмерной координаты X . Каждому управляющему элементу с номером $m=1, 2, \dots, N$ ставится в соответствие амплитуда A_m , задающая указанный уровень полномочий этого управляющего элемента и убывающая с возрастанием индекса m , а также интервал

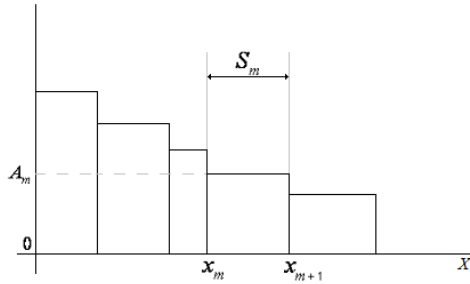


Рис. 1. Иерархическая модель управления экономической системой

$$x \in [x_m, x_m + S_m], \quad (1)$$

определяющий расположение этого управляющего элемента в иерархии управления и характерный размер S_m его внутренней структуры.

Полагаем, что каждый из управляющих элементов обладает собственным набором функций и взаимодействует с соседними элементами иерархии управления. В ходе такого взаимодействия возникают обратные связи, совокупность которых влияет на величину информационного потока, прошедшего через все управляющие элементы. В общем случае иерархическую модель управления экономической системой мы можем рассматривать как модель информационной подсистемы управления экономической системы. При этом рассматриваемой иерархической модели управления может быть сопоставлена функция $Z(x)$, которая зависит от двух независимых ансамблей случайных параметров A_m и S_m , $m=1, 2, \dots, N$:

$$Z(x) = \left(1 + \sum_{m=1}^N A_m [h(x - x_m) - h(x - x_m - S_m)] \right). \quad (2)$$

Здесь $h(z)$ обозначает единичную функцию Хевисайда, $x_{(m+1)} = x_m + S_m$, $m=1, 2, \dots, N-1$; $x_1=0$.

Следует отметить, что зависимость вида (2) широко используется при изучении случайных волновых процессов [16–18]. С методологической точки зрения математический аппарат, используемый в [15], может быть полностью применен для исследования информационной подсистемы с целью выявления факта возникновения управленческого хаоса как результата «естественной» диссипации данных и намеренного искажения информации субъектами управления.

По аналогии с [15] будем считать нормированный исходный поток управленческой информации периодическим во времени и зададим его при помощи волновой функции вида

$$F(x, t) = \exp[i(t/t_0 - x)]. \quad (3)$$

Здесь величина t – время, а параметр t_0 – период поступления информации на вход иерархической системы (здесь и далее все используемые временные и пространственные

переменные полагаем безразмерными). Тогда, не учитывая далее в целях краткости записи множитель $\sim \exp(it/t_0)$, который с учетом временной стационарности задачи будет постоянным для всех рассматриваемых величин, обозначим в виде $u(x)$ поток информации от управляющего элемента высшего уровня иерархии управления к низшим (идущий вдоль оси X), а $v(x)$ – поток информации от элемента низшего уровня иерархии управления к высшим (идущий против оси X).

На рис. 2 отображена зависимость между рассматриваемыми потоками информации в бесконечно малой окрестности левой границы $x=x_m$ для управляющего элемента номер m . В целях формализации процесса распространения информации в информационной подсистеме введем в рассмотрение ансамбли величин, определяющих свойства управляющих элементов. Для каждого такого элемента соответствующие параметры считаем независимыми случайными величинами. Пусть T_m – коэффициент прохождения, определяющий для случая волны, падающей на границу $x=x_m$ слева, долю информационного потока, прошедшую через границу элемента управления в сторону увеличения координаты X (рис. 2). Также определим R_m – коэффициент отражения, который для этой волны определяет долю информационного потока, отразившуюся от указанной границы рассматриваемого элемента управления в сторону уменьшения координаты X . Будем считать, что коэффициенту прохождения T_m через данную границу отвечает время задержки $\tau_{m,T}$, а коэффициенту отражения R_m – время задержки $\tau_{m,R}$. Для случая волны, падающей на границу $x=x_m$ справа, в сторону уменьшения X , введем коэффициенты T'_m и R'_m прохождения информационной волны влево и соответственно ее отражения вправо от указанной границы, а также параметры $\tau_{m,T'}$ и $\tau_{m,R'}$, смысл которых аналогичен $\tau_{m,T}$ и $\tau_{m,R}$. Влияние указанных временных задержек при распространении информационных волн по элементам управления будем описывать с помощью операторных множителей $\hat{\Delta}(\tau_{m,T})$, $\hat{\Delta}(\tau_{m,R})$, $\hat{\Delta}(\tau_{m,T'})$ и $\hat{\Delta}(\tau_{m,R'})$, которые могут быть записаны, например, в следующем виде:

$$\begin{aligned} \hat{\Delta}(\tau_{m,T}) &= \exp(-i\tau_{m,T}/t_0), \\ \hat{\Delta}(\tau_{m,R}) &= \exp(-i\tau_{m,R}/t_0), \\ \hat{\Delta}(\tau_{m,T'}) &= \exp(-i\tau_{m,T'}/t_0), \\ \hat{\Delta}(\tau_{m,R'}) &= \exp(-i\tau_{m,R'}/t_0). \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь и далее любое указанное время задержки будем считать безразмерной величиной, измеряемой в единицах t_0 (3). Операторы (4) не изменяют амплитуды информационных волн, но обуславливают сдвиг их фазы на величину, пропорциональную времени задержки.

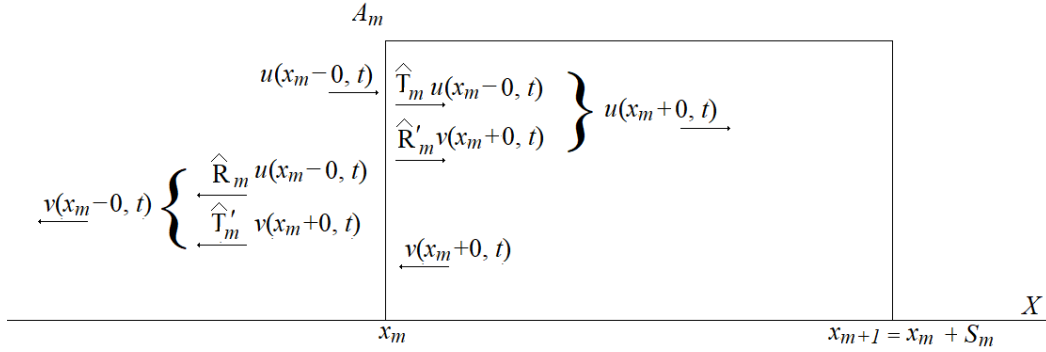


Рис. 2. Информационные потоки в окрестности границы элемента управления с координатой $x = x_m$.
 Здесь $u(x_m - 0, t)$ и $u(x_m + 0, t)$ – информационные потоки, распространяющиеся в сторону увеличения координаты x слева и соответственно справа от границы управляющего элемента; $v(x_m - 0, t)$ и $v(x_m + 0, t)$ – информационные потоки, распространяющиеся в сторону уменьшения координаты x слева и соответственно справа от границы управляющего элемента. Наличие операторных множителей \hat{T}_m и \hat{T}'_m сохраняет прежним, а \hat{R}_m и \hat{R}'_m – меняет на противоположное направление соответствующих потоков

Учет искажений и потерь информации в информационной подсистеме при формировании управленческих решений

Для учета искажений и потерь информации в информационной подсистеме введем неотрицательные вещественные независимые стохастические параметры $L_{m,T}$ и $L_{m,R}$, характеризующие степень искажения информации при прохождении через границу $x = x_m$ элемента управления и, соответственно, отражении ее для информационной волны, падающей слева, а также аналогичные величины $L_{m,T'}$ и $L_{m,R'}$ для волны, падающей на данную границу справа. Кроме того, для информационных волн, распространяющихся вдоль и против оси X , зададим вещественные детерминированные коэффициенты поглощения $\kappa \geq 0$ и соответственно $\kappa' \geq 0$, определяющие информационные потери в расчете на единицу оси абсцисс при распространении указанных волн внутри иерархической системы.

В итоге для операторов, описывающих трансформацию информационных потоков при пересечении границы управляющего элемента, можем записать:

$$\begin{aligned} \hat{T}_m &= T_m \hat{\Delta}(\tau_{m,T})(1 - L_{m,T}), \\ \hat{R}_m &= R_m \hat{\Delta}(\tau_{m,R})(1 - L_{m,R}), \\ \hat{T}'_m &= T'_m \hat{\Delta}(\tau_{m,T'})(1 - L_{m,T'}), \\ \hat{R}'_m &= R'_m \hat{\Delta}(\tau_{m,R'})(1 - L_{m,R'}). \end{aligned} \quad (5)$$

Применение этих операторов позволяет ниже записать процесс распространения и многократного переотражения информационных волн в виде компактного произведения матриц. В дальнейшем полагаем $T_m = 1 - R_m$ и $T'_m = 1 - R'_m$.

Следуя логике рассуждений [15], заметим, что для информационных потоков в бесконечно малой окрестности левой границы $x = x_m$ рас-

сматриваемого элемента управления с учетом операторов (5) получаем (см. рис. 2):

$$\begin{aligned} u(x_m + 0) &= \hat{T}_m u(x_m - 0) + \hat{R}'_m v(x_m + 0), \\ v(x_m - 0) &= \hat{R}_m u(x_m - 0) + \hat{T}'_m v(x_m + 0). \end{aligned} \quad (6)$$

После несложных преобразований соотношения (6) и (7) перепишем в виде матричного уравнения

$$\begin{bmatrix} u(x_m + 0) \\ v(x_m + 0) \end{bmatrix} = \hat{a}_m \begin{bmatrix} u(x_m - 0) \\ v(x_m - 0) \end{bmatrix}.$$

Здесь \hat{a}_m есть операторная матрица

$$\begin{aligned} \hat{a}_m &= \begin{bmatrix} a_{m,1,1} & a_{m,1,2} \\ a_{m,2,1} & a_{m,2,2} \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} \hat{T}_m - \hat{R}'_m \hat{R}_m (\hat{T}'_m)^{-1} & \hat{R}'_m (\hat{T}'_m)^{-1} \\ -\hat{R}_m (\hat{T}'_m)^{-1} & (\hat{T}'_m)^{-1} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (8)$$

В (8) введен обратный оператор $(\hat{T}'_m)^{-1} = (T'_m)^{-1} \hat{\Delta}(-\tau_{m,T'})(1 - L_{m,T'})^{-1}$, причем операторный множитель $\hat{\Delta}(-\tau_{m,T'})$ означает сдвиг на величину $\tau_{m,T'}$ в сторону уменьшения времени.

После пересечения волной, идущей вправо, точки $x = x_m$ начала области управляющего элемента номер m информация передается к другой его границе $x = x_m + S_m$. И наоборот, после пересечения волной, распространяющейся влево, правой граничной точки $x = x_m + S_m$ начала области управляющего элемента номер m информация передается к его левой границе $x = x_m$. Оба этих процесса описываются транспортной матрицей

$$\hat{b}_m = \begin{bmatrix} \exp[-(i + \kappa)S_m] & 0 \\ 0 & \exp[(i + \kappa')S_m] \end{bmatrix}, \quad (9)$$

удовлетворяющей соотношению

$$\begin{bmatrix} u(x_m + S_m - 0) \\ v(x_m + S_m - 0) \end{bmatrix} = \hat{b}_m \begin{bmatrix} u(x_m + 0) \\ v(x_m + 0) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

С учетом (9) и (10) получаем:

$$\begin{bmatrix} u(x_m + S_m - 0) \\ v(x_m + S_m - 0) \end{bmatrix} = \hat{b}_m \hat{a}_m \begin{bmatrix} u(x_m - 0) \\ v(x_m - 0) \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Из (11) следует, в частности, следующее соотношение [15]:

$$\begin{bmatrix} u(x_N + S_N + 0) \\ v(-0) \end{bmatrix} = \hat{A}_{1,N} \begin{bmatrix} u(-0) \\ v(-0) \end{bmatrix}, \quad (12)$$

связывающее информационные потоки в точке $x = x_N + S_N + 0$, расположенной справа от «самой дальней» правой границы последнего УЭ иерархической системы, и в точке $x = -0$, находящейся в бесконечно малой окрестности перед началом ее первого элемента. В (12)

$$\hat{A}_{1,N} = \begin{bmatrix} \hat{A}_{1,1}^{(1,N)} & \hat{A}_{1,2}^{(1,N)} \\ \hat{A}_{2,1}^{(1,N)} & \hat{A}_{2,2}^{(1,N)} \end{bmatrix} = \hat{a}_{N+1} \prod_{m=N}^1 \hat{b}_m \hat{a}_m; \quad (13)$$

матрица \hat{a}_{N+1} отвечает переходу волны через правую границу $x = x_N + S_N$ последнего управляющего элемента номер N .

Согласно (12) и (13) получаем выражения

$$\begin{aligned} \hat{T}_{1,N} &= \hat{A}_{1,1}^{(1,N)} - \hat{A}_{1,2}^{(1,N)} \left[\hat{A}_{2,2}^{(1,N)} \right]^{-1} \hat{A}_{2,1}^{(1,N)}, \\ \hat{R}_{1,N} &= - \left[\hat{A}_{2,2}^{(1,N)} \right]^{-1} \hat{A}_{2,1}^{(1,N)}, \end{aligned} \quad (14)$$

для коэффициентов прохождения $\hat{T}_{1,N}$ и отражения $\hat{R}_{1,N}$, определяющих долю информации, прошедшей сквозь всю иерархическую систему и соответственно отразившейся от нее и вернувшейся в исходную точку $x = -0$. Они удовлетворяют соотношениям

$$u(x_N + S_N + 0) = \hat{T}_{1,N} u(-0) = \hat{T}_{1,N}, \quad (15)$$

$$v(-0) = \hat{R}_{1,N} u(-0) = \hat{R}_{1,N}. \quad (16)$$

В (15) и (16) учтено, что согласно (3) в точке $x = -0$ комплексную амплитуду $u(-0)$ волны, падающей на иерархическую систему слева и определяемой функцией \mathcal{F} , при отбрасывании множителя $\sim \exp[i t/t_0]$ можем полагать равной единице. Данные соотношения позволяют определять как значение информационного потока, проходящего через всю совокупность управляющих элементов, так и величину его части, отраженной от всей иерархической системы.

Результаты вычислений и анализ влияния искажений и потерь информации на процесс управления экономической системой

Наиболее важной характеристикой управляющей системы, состоящей из N управляющих элементов, является доля $|\hat{T}_{1,N}|$ исходной информации, дошедшей до объекта управления в процессе прохождения и трансформации в пределах рассматриваемой информационной подсистемы. Поэтому далее будем исследовать свойства усредненного модуля коэффициента прохождения $\Theta(R) = \langle |\hat{T}_{1,N}| \rangle$ и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R) = \sqrt{\langle |\hat{T}_{1,N}|^2 \rangle - \Theta^2}$ для

сигнала, отвечающего падению волны (3) слева на границу $x = 0$ первого управляющего элемента и принимаемого в точке $x = x_N + S_N + 0$ справа от последнего УЭ. Здесь $R = \langle R_m \rangle$ и все усреднения проводятся по совокупности реализаций; при проводимых ниже расчетах будет реализовано усреднение по 50 реализациям. Для простоты анализа получаемых результатов ниже будет рассматриваться изотропный случай, когда случайным величинам R_m и R'_m отвечают одинаковые распределения (отсюда следует такое же свойство и для T_m и T'_m , и наоборот, см. комментарий к (5)). Аналогичное совпадение, применительно к соответствующим плотностям вероятности, полагаем верным для обеих случайных величин L_m и L'_m , а также для всех четырех времен задержки в (4) для соответствующих потоков информации. Кроме того, будем считать

$$\kappa = \kappa', \quad (17)$$

что отвечает изотропности пространственной диссипации данных.

Далее везде рассматривается прохождение информационного сигнала (3) через иерархическую систему, содержащую $N = 10$ управляющих элементов. При всех значениях $m = 1, 2, \dots, 10$ для соответствующего управляющего элемента принимается условие равномерных распределений значений его ширины S_m на интервале $[0, 20]$, а величин $\tau_{m,T}$, $\tau_{m,R}$, $\tau_{m,T'}$ и $\tau_{m,R'}$ – на интервале $[0, 5]$. Для случайных величин R_m и R'_m задается одно и то же нормальное распределение $\mathcal{N}(R, R/3)$, где $R = \langle R_m \rangle = \langle R'_m \rangle$, усеченное с учетом условий $R_m \geq 0$ и $R'_m \geq 0$.

Рисунок 3 соответствует условию отсутствия дискретных искажений информации в точках границ между соседними управляющими элементами при наличии ее пространственной диссипации, то есть непрерывной потери части данных при распространении и обработке управляющих сигналов внутри информационной системы. Здесь при $L_m = 0$ приведены зависимости среднего модуля $\Theta(R)$ (кривые 1–10) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 11 и 12) для значений коэффициента прохождения информации через всю рассматриваемую иерархическую систему. Кривым с индексами 1–10, отвечающим функции $\Theta(R)$, соответствуют значения коэффициента поглощения информации $\kappa = 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006, 0,007, 0,008, 0,009$ и $0,010$, который определяет интенсивность пространственной диссипации. В то же время зависимости 11 и 12 отвечают стандарту флуктуаций $\sigma_T(R)$ и построены при $\kappa = 0,001$ (как и кривая 1) и соответственно

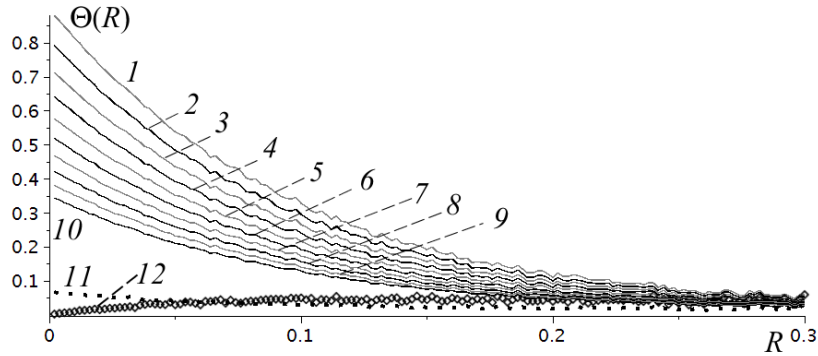


Рис. 3. Изменение усредненного модуля коэффициента прохождения $\Theta(R)$ (кривые 1–10) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 11 и 12) при $L_m = 0$. Кривым 1–10 отвечают значения $\kappa = 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006, 0,007, 0,008, 0,009$ и $0,010$. Для кривых 11 и 12 $\kappa = 0,001$ и соответственно $\kappa = 0,010$

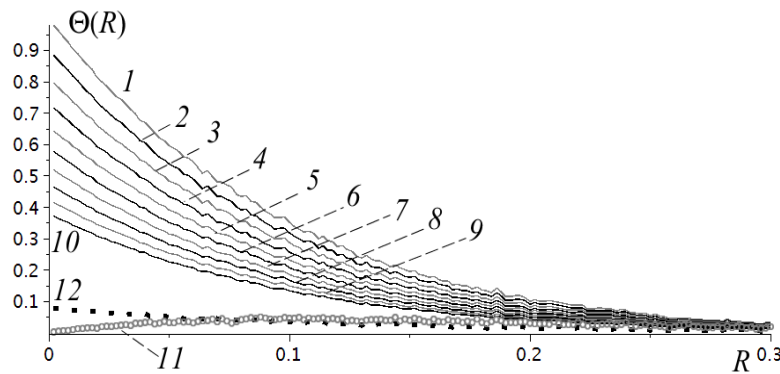


Рис. 4. Изменение среднего значения модуля коэффициента прохождения $\Theta(R)$ (кривые 1–10) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 11 и 12) при $\kappa = 0$ и равномерном распределении значений $L_m \in [0, L_{max}]$. Кривым 1–10 отвечают значения $L_{max} = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16$ и $0,18$. Для кривых 11 и 12 $L_{max} = 0$ и соответственно $L_{max} = 0,18$

$\kappa = 0,010$ (как и кривая 10). Как показывают численные расчеты, кривые 11 и 12 можем с достаточно высокой точностью считать верхней и нижней границами для зависимостей $\sigma_T(R)$, параметры которых отвечают кривым 2–9.

Из анализа рис. 3 получаем, что линейному возрастанию коэффициента κ в интервале $\kappa \in [0,001; 0,010]$ соответствует убывание среднего потока информации $\Theta(R)$, прошедшего через всю иерархическую систему и отвечающего данному значению аргумента R . При $R = const$ скорость такого убывания с возрастанием κ квазилинейно уменьшается (для рассматриваемой области значений κ). В области $\kappa \geq 0,08$ (кривые 8–10) значение $\Theta(R)$ даже при $R \rightarrow 0$ становится величиной одного порядка с утроенным стандартом флуктуаций $3\sigma_T(R)$, что означает начало управленческого хаоса. При $R \geq 0,17$ выполняется соотношение

$$\Theta(R) \leq 3\sigma_T(R), \quad (18)$$

что означает наступление указанного хаоса для любых рассматриваемых значений κ .

Рисунок 4 соответствует существованию дискретных искажений информации в точках

границ $\kappa = \kappa_m$ между любыми управляющими элементами с номерами $m-1$ и m , $m = 2, 3, \dots, N$, при отсутствии ее пространственной диссипации внутри всей информационной системы. На этом рисунке при $\kappa = 0$ и равномерном распределении значений L_m на интервале

$$L_m \in [0; L_{max}] \quad (19)$$

приведены зависимости среднего значения модуля коэффициента прохождения $\Theta(R)$ (кривые 1–10) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 11 и 12); все прочие условия те же, что и для рис. 3. (Отметим, что распределение (19) может рассматриваться как следствие возможного отбрасывания части поступившей информации при ее передаче между соседними УЭ.) Кривым 1–10 соответствуют значения $L_{max} = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16$ и $0,18$. Как и в случае рис. 3, кривые 11 и 12 можем считать верхней и нижней границами для зависимостей $\sigma_T(R)$, параметры которых отвечают кривым 2–9. Как следует из анализа рис. 4, линейному возрастанию L_{max} в рассматриваемом диапазоне при $R = const$ отвечает уменьшение значений

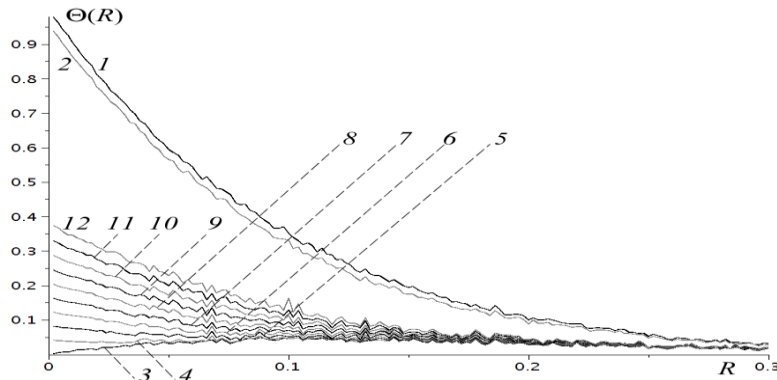


Рис. 5. Изменение среднего значения модуля коэффициента прохождения $\Theta(R)$ (кривые 1 и 2) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 3–12) при $\kappa = 0$ и равномерном распределении значений $L_m \in [-L_{max}; L_{max}]$. Для кривых 1 и 2 величина $L_{max} = 0$ и соответственно $L_{max} = 0,18$. Кривым 3–12 отвечают значения $L_{max} = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16$ и $0,18$

$\Theta(R)$ с квазилинейным убыванием скорости такого убывания как функции от L_{max} . При этом в области $L_{max} \geq 0,14$ (кривые 8–10) значение $\Theta(R)$ даже при $R \rightarrow 0$ становится величиной одного порядка с утроенным стандартом флуктуаций $3\sigma_T(R)$, что означает начало управленческого хаоса. При $R \geq 0,17$, с учетом выполнения (18), такой хаос наступает для любых значений L_{max} .

Рисунок 5 отвечает условию равномерного распределения значений L_m на интервале

$$L_m \in [-L_{max}; L_{max}], \quad (20)$$

Все прочие значения параметров здесь те же, что и для рис. 4; в частности $\kappa = 0$. Зависимости 1 и 2 отвечают среднему значению $\Theta(R)$ для случая $L_{max} = 0$ (кривая 1) и соответственно $L_{max} = 0,18$ (кривая 2). Зависимости $\Theta(R)$, для которых величина $L_{max} = 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14$ и $0,16$, расположены в узкой области между кривыми 1 и 2 и на рисунке не показаны. Таким образом, в рассматриваемом случае равномерного распределения случайной величины L_m на симметричном интервале $[-L_{max}; L_{max}]$ среднее значение $\Theta(R)$ слабо зависит от параметра L_{max} .

Кривые 3–12 на рис. 5 изображают зависимости $\sigma_T(R)$, соответствующие (в порядке возрастания номера) значениям $L_{max} = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16$ и $0,18$. (Зависимости 3 и 12 построены при тех же параметрах, что и кривые 1 и, соответственно, 2.) Как следует из данного рисунка, в рассматриваемом случае значения стандарта флуктуаций, в отличие от $\Theta(R)$, существенно зависят от величины L_{max} , определяющей ширину области распределения значений L_m . При $L_{max} \geq 0,10$ (см. кривые 8–12 на рис. 5) при всех рассматриваемых значениях коэффициента отражения R можем полагать, что утроенный стандарт флук-

туаций $3\sigma_T(R)$ приближенно равен или превосходит среднее значение $\Theta(R)$. Это означает возникновение управленческого хаоса. При $R \geq 0,17$ такой хаос возникает для всех значений L_{max} .

Укажем, что распределение (20) может быть интерпретировано как возможное следствие исчезновения на границе $x = x_m$ между УЭ с номерами $m-1$ и m , где $m = 2, 3, \dots, N$, части поступившей информации (сегмент $L_m \in [0; L_{max}]$), а также добавления в этой же точке информационных систем изначально неверных данных (сегмент $L_m \in [-L_{max}; 0]$). Таким образом, рис. 5 соответствует существованию указанных негативных информационных процессов, без пространственной диссипации потоков данных внутри управляющих элементов.

Зависимости, приведенные на рис. 6, соответствуют условию $\kappa = 0,006$. Все остальные параметры – те же, что на рис. 5. Как и на рис. 5, зависимости 1 и 2 отвечают среднему значению $\Theta(R)$ для случая $L_{max} = 0$ (кривая 1) и соответственно $L_{max} = 0,18$ (кривая 2) (зависимости $\Theta(R)$ для $L_{max} = 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14$ и $0,16$ проходят в узкой области между кривыми 1 и 2 и на рисунке не приведены), а остальные кривые на рис. 5 отвечают зависимостям $\sigma_T(R)$, построенным при тех же, что и применительно к системе индексов рис. 5, значениях L_{max} . (Так же, как и на рис. 5, зависимости 3 и 12 построены при тех же параметрах, что и кривые 1 и соответственно 2.) Как следует из анализа рис. 6, для случая $\kappa \neq 0$ сохраняется тот же, что и на рис. 5, эффект слабой зависимости среднего значения $\Theta(R)$ от величины L_{max} . При этом разброс величины стандарта флуктуаций (см. кривые 3–12) оказывается меньшим, чем при условии $\kappa = 0$, см. рис. 5, но существенно большим, чем в случае распре-

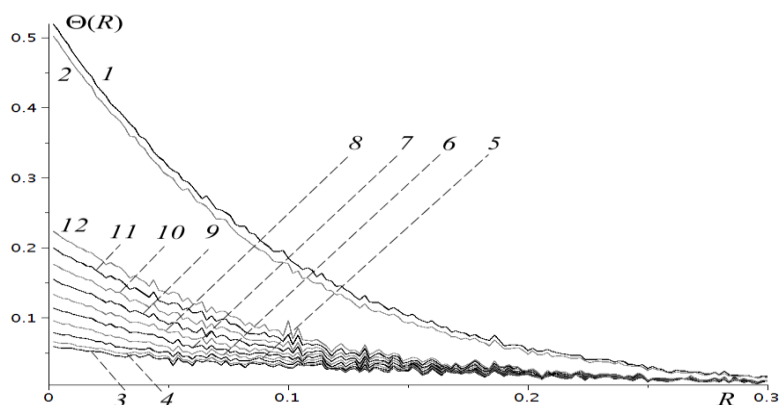


Рис. 6. Изменение среднего значения модуля коэффициента прохождения $\Theta(R)$ (кривые 1 и 2) и стандарта флуктуаций $\sigma_T(R)$ (кривые 3–12) при $\kappa = 0,006$ и равномерном распределении значений $L_m \in [-L_{max}; L_{max}]$. Для кривых 1 и 2 величина $L_{max} = 0$ и соответственно $L_{max} = 0,18$. Кривым 3–12 отвечают значения $L_{max} = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16$ и $0,18$

ления значений L_m на интервале вида $[0; L_{max}]$, см. рис. 4.

При $L_{max} \geq 0,10$ (см. кривые 8–12 на рис. 6) при всех рассматриваемых значениях коэффициента отражения R можем полагать, что утроенный стандарт флуктуаций $3\sigma_T(R)$ приближенно равен или превосходит среднее значение $\Theta(R)$. Это означает возникновение управленческого хаоса. При $R \geq 0,17$ такой хаос возникает для всех значений L_{max} .

Таким образом, рис. 6 соответствует существованию пространственной диссипации данных внутри элементов информационной системы в дополнение к тем же, что и для рис. 5, негативным информационным процессам на их границах.

Заключение

1. В статье было проведено моделирование прохождения информации через управляющую систему с учетом негативных процессов, сводящихся как к «регулярным» (то есть присущим любому звену каждого управляющего элемента) потерям информации при ее распространении внутри информационной системы, так и возможному «дискретному» искажению потока в точках границ между соседними управляющими элементами. Полученные результаты позволяют как оценить влияние подобных факторов, так и сформулировать критерии, позволяющие в ряде случаев предполагать само их существование.

2. При полном отсутствии на границах управляющих элементов эффектов как отбрасывания части информации, так и введения ложных данных линейное возрастание коэффициента поглощения κ (в рассматриваемой области значений этого параметра) приводит к существенному убыванию среднего потока ин-

формации $\Theta(R)$, прошедшего через всю иерархическую систему и отвечающего данному значению среднего коэффициента отражения R , см. рис. 3. При $R = const$ скорость такого убывания квазилинейно уменьшается с возрастанием коэффициента поглощения κ . Поскольку имеет место асимптотическое стремление стандарта флуктуаций σ_T как функции от R к постоянному значению, то при достаточно больших κ и R средний поток информации Θ становится величиной порядка утроенного значения σ_T , что может рассматриваться как достижение порога управленческого хаоса, см. рис. 3.

3. В случае отсутствия поглощения информации внутри управляющих элементов, но существования феномена отбрасывания части входящей и выходящей информации на их границах имеет место значительное убывание величины $\Theta(R)$ при $R = const$ при возрастании ширины распределения параметра L_{max} , характеризующего указанное отбрасывание, см. рис. 4. Скорость такого уменьшения величины Θ квазилинейно спадает с возрастанием L_{max} . Такое убывание среднего потока информации, прошедшей через всю иерархическую систему, также сопровождается асимптотическим стремлением стандарта флуктуаций к постоянному значению. В результате с возрастанием значений L_{max} и R средний поток информации Θ становится величиной порядка утроенного значения σ_T , что означает достижение порога управленческого хаоса.

4. При отсутствии диссипативного поглощения информации внутри управляющих элементов, но существовании для каждого управляющего элемента феномена как отбрасывания части информации, так и введения ложных дан-

ных в точках их границ, с равномерным симметричным распределением амплитуды обоих этих процессов, определяемым параметром L_{max} , функция $\Theta(R)$ почти перестает зависеть от значения L_{max} . На практике это означает почти постоянное значение коэффициента прохождения как функции времени при условии квазипостоянных значений R . Поскольку, как видно из рис. 5 и 6, величина Θ при $R = const$ почти перестает зависеть от значения L_{max} , которое будет с высокой вероятностью меняться во времени. Это явление сопровождается сильным возрастанием стандарта флуктуаций σ_T при увеличении L_{max} см. рис. 5. В итоге состояние управленческого хаоса достигается при существенно меньших значениях среднего коэффициента отражения R . Таким образом, при больших стандартах флуктуаций $\sigma_T(R)$ и констатации малых вариаций среднего коэффициента отражения R факт почти постоянных значений потока информации, доходящего до конечного объекта управления, является основанием для предположения о высокой вероятности не только неполноты данных, передаваемых между соседними управляющими элементами, но и введения заведомо ложной информации на границах между ними.

5. При наличии диссипативного поглощения информации внутри управляющих элементов и одновременном существовании для каждого из них феноменов как отбрасывания части информации, так и введения ложных данных в точках границ между ними, с равномерным симметричным распределением амплитуды обоих этих процессов, описанные в пункте (3) данного раздела статьи свойства зависимостей $\Theta(R)$ и $\sigma_T(R)$ в целом сохраняются при уменьшении величин обоих этих статистических функционалов (см. рис. 6). Как и в предыдущем случае, слабая зависимость среднего значения Θ от времени (при условии квазипостоянной величины R) в сочетании с большим стандартом флуктуаций $\sigma_T(R)$ может служить основанием для вывода о высокой вероятности наличия рассмотренных выше негативных явлений в процессе обработки информации внутри иерархической системы управления.

Список литературы

1. Стоуньер Т. Информационное богатство: профиль постиндустриальной экономики // Новая технологическая волна на Западе. М., 1986. С. 335.

2. Краснов А.А. Человеческий фактор в управлении экономической системой // Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2018. № 3 (51). С. 24–34.

3. Саймон Г.А. Характеристики ограниченной рациональности / Рациональное принятие решений в бизнесе. Нобелевская лекция 8 декабря 1977 г. // Сб. Мировая экономическая мысль. 345 с.

4. Stiglitz J. E., Weiss A. Credit Rationing in markets with imperfect information // American Economic Review. 1981. Vol. 71, No 3. P. 393–410.

5. Уильямсон О.И. Поведенческие предпосылки современного экономического анализа // THESIS. 1993. Вып. 3. С. 39–49.

6. Пиндайк Р.С., Рубинфельд Д.Л. Микроэкономика: Пер. с англ. М.: Дело, 2000. 808 с.

7. Стиглер Дж. Экономическая теория информации // Теория фирмы / Под ред. В.М. Гальперина. СПб., 1995. 420 с.

8. Hodgson A., Geoffrey M. The hidden persuaders: institutions and individuals in economic theory // Cambridge Journal of Economics. 2003. V. 27. № 2. P. 159–176.

9. Волкова В.Н., Темников Ф.Е. Подход к выбору метода формализованного представления систем // Моделирование сложных систем: Сб. статей. М.: МДНТП, 1978. С. 38–40.

10. Налимов В.В. Влияние идей кибернетики и математической статистики на методологию научных исследований // Методологические проблемы кибернетики: Материалы к Всесоюзной конференции. Т. 1. М., 1970. С. 50–71.

11. Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Пер. с англ. В. Я. Алтаева. М.: Наука, 1963. 276 с.

12. Дзюба С.А. Приложение теории информации к теории фирмы. Теория и методы принятия решений: Наука, 2009. С. 117–129.

13. Ясин Е.Г. Теория информации и экономические исследования. М.: Статистика, 1970. 432 с.

14. Винер Н. Кибернетика. М.: Советское радио, 1968. 728 с.

15. Коган Л.П., Краснов А.А., Сербер А.В. Анализ информационных процессов при формировании управленческих решений в концепции иерархической модели управления экономической системой // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2020. № 2 (58). С. 25–33.

16. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах. М.: Наука, 1980. 336 с.

17. Газарян Ю.Л. Об одномерной задаче о распространении волны в среде со случайными неоднородностями // ЖЭТФ. 1969. Т. 56 (6). С. 1856–1871.

18. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 343 с.

**TAKING INTO ACCOUNT INFORMATION DISTORTION WHILE MAKING MANAGERIAL DECISIONS
IN THE HIERARCHICAL MODEL OF ECONOMIC SYSTEM MANAGEMENT***L.P. Kogan, A.A. Krasnov*

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

The paper presents a theoretical study of information processes taking into account distributed dissipation of information, appearance of false information as well as rejection of data by the subjects of information exchange while making management decisions. The hierarchical management model was considered as the object of research. At the same time, distribution of information across the elements of the control hierarchy was presented as a wave process. Taking into account distortions and information loss when passing information on the controls was made possible by introducing stochastic parameters to characterize the degree of distortion of information when passing through border controls, and the determined absorption coefficients, taking into account the dissipation of information within these elements. The use of a mathematical apparatus for describing wave processes, in the application to the study of the passage of information through control elements, allowed us to identify the conditions for the emergence of managerial chaos at the stage of making managerial decisions during information exchanges between management subjects.

Keywords: economic system, data dissipation, information distortion, hierarchical management model, managerial chaos.