

**СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

The article is devoted to the problems of researching of organizational structures in the print-and-publishing complex of Belarus in the open linear management systems. The object of researching is the process of circulation of information through levels open system. Losses of information at every level of such system and its restoration are studied.

Проблемы информации занимают исключительно важное место в теории управления. Объясняется это той ролью, которую играют информационные процессы в реальных системах. Работа любых систем от самых простых (физических, химических) до сверхсложных (социотехнических, социальных) невозможна без обмена информацией.

Управленческий цикл начинается и заканчивается работой с информацией. Поиск информации предшествует разработке вариантов управленческого решения. Принятие решения субъектом управления осуществляется на основе соответствующей информации о состоянии объектов, среды и управляющей подсистемы. Решение представляет собой преобразованную информацию, которая передается по каналам связи. Например, организационно-практическая деятельность руководителя носит информационный характер, так как включает получение сведений, необходимых для принятия решений, передачу информации по уровням системы управления и прием сообщений о процессе их реализации.

Информационные аспекты управления разрабатывались ранее такими авторами, как Мамиконов А. Г., Дудинска Э., Мизла М., Прангшвили И. В., Мильнер Б. З. и др.

В [1] выделены три основных вида информации: для стратегического управления, для тактического управления и для оперативного управления, образующие единую информационную пирамиду. Совершенствовать систему управления необходимо, переключив внимание с оперативного управления на стратегическое, что соответствует перемещению центра тяжести к вершине информационной пирамиды. Существует прямая зависимость между объемом информации и количеством связей ее элементов. Объем информации, необходимой для управления, растет в арифметической прогрессии, а количество возможных сочетаний ее элементов увеличивается в геометрической. Отсюда очевидна неизбежность переоценки затрат на обработку информации, включая ее перемещение и сопоставления, а также на принятие решений [1].

Широкий круг проблем, связанных с улучшением организации управления, развитием методов, функций, технологий и других аспектов управления, рассмотрены Абчуком В. А.,

Бритченко Г. И. В работе [2] предложены новые формы и методы организации информационных потоков, обеспечивающих повышение эффективности управления производственной деятельностью предприятий, исследовано влияние внешних информационных потоков на обоснованность принятия стратегических решений. Исследованиями определена роль оптимизации информационных потоков в формировании сбалансированной организационной структуры управления. В целях повышения рациональности формирования потоков информации предложено рассчитывать обобщающий показатель уровня организации управления производством с учетом информационного обеспечения. Также для решения задачи совершенствования организации информационных потоков предложена концепция стратегического управления, связывающая их в единую систему и позволяющая приспособить деятельность предприятия к изменению окружающей обстановки [2].

Однако в настоящее время взаимосвязь организации управления и организации его информационного обеспечения исследована недостаточно. Поэтому разработка теоретических основ и методических положений организации информационных потоков в управлении производством представляет как научный, так и практический интерес.

Объектом данного исследования является процесс распространения информации в открытых линейных схемах управления.

При прохождении информации по уровням системы управления информационный поток начинает дробиться. В результате такого дробления происходят потери информации. Разработка методики расчета потерь позволяет выявить оптимальную структуру потока, при которой потери будут минимальны. Для этого необходимо проанализировать схемы управления с различным количеством уровней и нормами управляемости с помощью фрактальной размерности [3].

Ранее расчеты велись только для закрытых систем, без учета влияния внешней среды. Потерянная информация в таких системах управления не возобновлялась. С увеличением интенсивности информационного потока потери росли, и в итоге к четвертому-пятому уровню от исходной информации оставался небольшой процент.

Целью данной работы является исследование систем управления в условиях, когда информация восстанавливается на всех или на некоторых уровнях управления. Количество восстановленной информации может быть равно или даже больше, чем потерянное.

Можно установить подобие между схемой управления и электрической цепью [4]. В соответствии с этим функционально звено управления подобно участку электрической цепи с сопротивлением  $R$ . В схеме управления (информационной цепи) напряжению соответствует информационная энтропия Шеннона  $H$  [5].

Энтропию системы управления можно понимать как системную сложность схемы управления  $C_0 = H$  [5], которая вычисляется по формуле

$$C_0 = \sum_{i=1}^N \log_2 \lambda_i, \quad (1)$$

где  $N$  — общее количество звеньев в схеме управления;  $\lambda_i$  — норма управляемости некоторого звена.

В линейных схемах норма управляемости на каждом уровне постоянна, тогда суммарное количество звеньев на всех уровнях управления  $M$  равно

$$N = \sum_{m=1}^M \lambda^{m-1}. \quad (2)$$

С учетом (1) выражение (2) приобретает вид

$$C_0 = \sum_{m=1}^M \lambda^{m-1} \log_2 \lambda, \quad (3)$$

где  $m$  — номер уровня;  $M$  — общее количество уровней в схеме управления.

Далее усредним (3) по некоторому интервалу наблюдения  $T$ :

$$\int_0^T C_0 dt = R_s k \int_0^T e^{-kt} dt. \quad (4)$$

Интервал наблюдения выбирается из условия затухания распределения Пуассона. После интегрирования (4) преобразуется к виду

$$C_0 = R_s \frac{\Delta}{T}, \quad (5)$$

где  $\Delta = 1 - \exp(-kT)$ ;  $R_s$  — общее сопротивление в информационной цепи.

Процесс распространения информационных потоков в такой схеме управления подобен процессу построения триадного канторовского множества [3]. На каждой стадии построения множества удаляется часть исходного отрезка, а оставшиеся два отрезка имеют размер, составляющий  $1/a$  от длины исходного. Построенное таким образом множество является фрактальным объектом с фрактальной размерностью

$D < 1$ . Каждая новая стадия его построения канторовского множества соответствует разветвлению схемы управления.

Фрактальная размерность множества  $D$  была использована в качестве меры «сопротивления» информационному потоку. При уменьшении фрактальной размерности  $D$  уменьшается «толщина» проводников информационного тока, и «сопротивление» в схеме управления возрастает. Поэтому возрастают потери при прохождении управленческой информации по уровням схемы управления. Чем меньше «сопротивление» схемы управления информационному потоку, тем она эффективнее [3].

По определению [5], фрактальная размерность канторовского множества

$$D = \frac{\ln \lambda}{\ln a}, \quad (6)$$

Общее сопротивление в такой цепи [3]:

$$R_s = R \left[ \lambda^{\left(\frac{1}{D}-1\right)m} - 1 \right] / \left[ \lambda^{\frac{1}{D}-1} - 1 \right]. \quad (7)$$

После подстановки (5) в (7) получим

$$C_0 = \frac{R\Delta}{T} \frac{(\lambda^{\left(\frac{1}{D}-1\right)m} - 1)}{\lambda^{\left(\frac{1}{D}-1\right)} - 1}. \quad (8)$$

После преобразований, обозначив  $B = \frac{R\Delta}{C_0 T}$ , получаем уравнение

$$Bx^M - x + (1 - B) = 0. \quad (9)$$

Степень уравнения (9) определяется количеством уровней управления в схеме  $M$ . Количество корней в общем случае равно степени уравнения. Учитывая физический смысл фрактальной размерности канторовского множества  $D$ , принимаем во внимание только действительные корни, удовлетворяющие условию  $x_m > 1$ .

Из уравнения (9) получаем формулу для расчета фрактальной размерности линейных схем:

$$D = \frac{1}{1 + \frac{\ln x_m}{\ln \lambda}}, \quad (10)$$

где  $D$  — фрактальная размерность триадного канторовского множества;  $x_m$  — корни уравнения (9).

Увеличение интенсивности информационного потока  $k$  ведет к тому, что его фрактальная размерность  $D$  уменьшается и, соот-

ответственно, увеличивается  $a$ . В результате, чем дальше  $D$  уходит от единицы, тем больше в целом «сопротивление» схемы управления.

В информационном потоке можно выделить три этапа. При низкой интенсивности потока фрактальная размерность равна единице и потерь информации нет. С увеличением интенсивности поток начинает дробиться, фрактальная размерность уменьшается и потери информации уже значительны [3].

Существует критическое значение интенсивности информационного потока. Оно зависит от нормы управляемости и составляет для трехуровневых схем: при  $\lambda = 2$ ,  $k_c = 0,267$ ;  $\lambda = 3$ ,  $k_c = 0,100$ ;  $\lambda = 4$ ,  $k_c = 0,047$ . При дальнейшем увеличении интенсивности поток информации практически сводится к нулю, происходит «запирание» схемы, и информация дальше по уровням не проходит [3].

Таким образом, в зависимости от интенсивности потока схема распространения информации по уровням изменяется. Значение системной степени сложности  $S_0$  зависит от нормы управляемости, а количество уровней управления определяет решения уравнения (9).

Можно просчитать различные варианты линейных схем с разной интенсивностью потока, разным количеством уровней в схеме управления и нормами управляемости. Для этого решается уравнение (9) для каждого такого типа схем. После этого рассчитываются параметр  $a$  и фрактальная размерность  $D$ .

Используя полученные значения параметра  $a$ , можно рассчитать потери информации на каждом уровне схемы управления для различной интенсивности потока, а также суммарные потери информации.

В соответствии со структурой канторовского множества потери на каждом уровне схемы определяются по формуле [7]

$$\delta = 1 - \left(\frac{\lambda}{a}\right)^{m-1}, \quad (11)$$

где  $m$  — номер уровня;  $\lambda$  — норма управляемости;  $a$  — параметр триадного канторовского множества.

Можно построить график зависимости суммарных потерь информации от номера уровня для схем с различными нормами управляемости (рис. 1).

Как видно из рис. 1, при небольшой интенсивности потока даже к четвертому уровню информация доходит с минимальными потерями, а при интенсивности больше единицы уже ко второму уровню теряется больше половины информации (60%). С увеличением нормы управляемости потери растут более интенсивно и ко второму уровню достигают уже 63% при  $\lambda = 3$ .

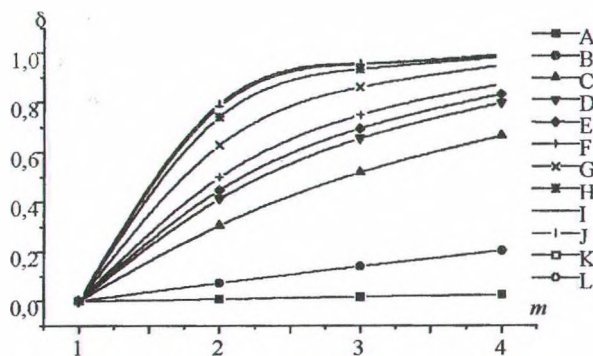


Рис. 1. Зависимость суммарных потерь информации от номера уровня для нормы управляемости  $\lambda = 2$ : А —  $k = 0,27$ ; В —  $k = 0,3$ ; С —  $k = 0,5$ ; D —  $k = 0,7$ ; E —  $k = 0,8$ ; F —  $k = 1$ ; G —  $k = 2$ ; H —  $k = 5$ ; I —  $k = 8$ ; J —  $k = 10$

Для наглядности можно построить обратный график и показать распределение информации по уровням системы управления в зависимости от интенсивности информационного потока (рис. 2). При большой интенсивности потока количество информации в системе управления падает быстро.

На рис. 3 показано накопление информации при прохождении по уровням 4-уровневой схемы с нормой управляемости 2. Как видно из рисунка, при интенсивности информационного потока  $k > 0,7$  на третьем уровне количество информации снижается до нуля.

Предположим, что информация, проходя по уровням схемы управления, может восстанавливаться полностью или частично. Возьмем пример полного восстановления информации при ее прохождении по уровням 4-уровневой схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ ,  $k = 0,27$  (рис. 4).

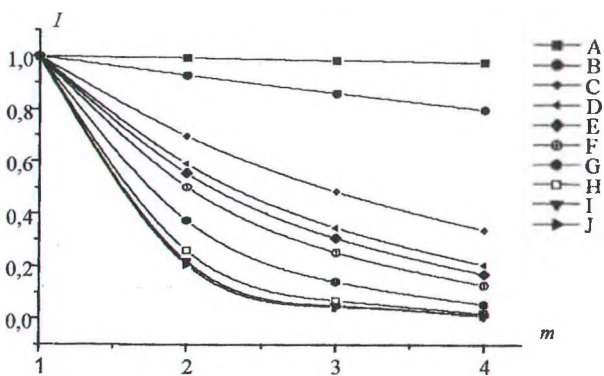


Рис. 2. Распределение информации при ее прохождении по уровням схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ : А —  $k = 0,27$ ; В —  $k = 0,3$ ; С —  $k = 0,5$ ; D —  $k = 0,7$ ; E —  $k = 0,8$ ; F —  $k = 1$ ; G —  $k = 2$ ; H —  $k = 5$ ; I —  $k = 8$ ; J —  $k = 10$

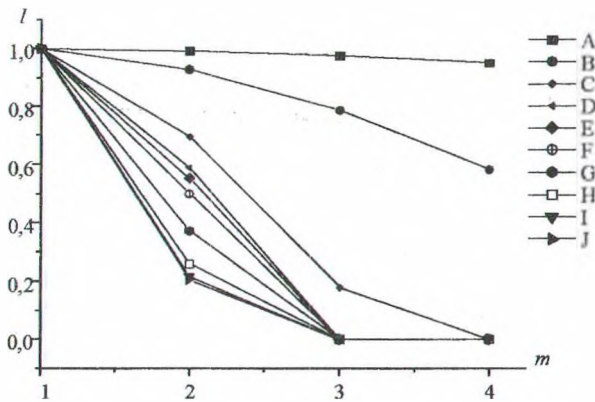


Рис. 3. Накопление информации при ее прохождении по уровням 4-уровневой схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ : А —  $k = 0,27$ ; В —  $k = 0,3$ ; С —  $k = 0,5$ ; D —  $k = 0,7$ ; Е —  $k = 0,8$ ; F —  $k = 1$ ; G —  $k = 2$ ; H —  $k = 5$ ; I —  $k = 8$ ; J —  $k = 10$

Однако полное восстановление информации на всех уровнях не всегда возможно. В некоторых случаях информация может восстанавливаться на одном или нескольких уровнях. Возьмем для примера схемы с 4-я и 5-ю уровнями. В первом случае информация на втором уровне полностью восстанавливается, на третьем и четвертом уровнях потери информации можно рассчитать по формуле (11).

Пусть количество восстановленной информации на каждом уровне схемы управления не соответствует потерям. Введем коэффициент восстановления информации  $K_{\text{восст}}$ . Можно показать распределение информации по уровням схем управления с коэффициентом  $K_{\text{восст}}$ , равным 1,5 и 2. Чем больше коэффициент, тем больше уровень восстановленной информации.

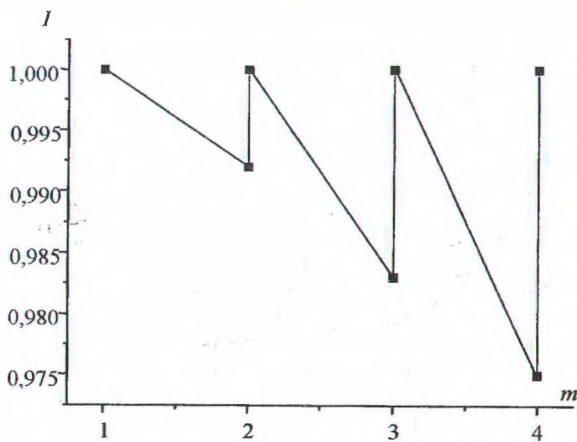


Рис. 4. Полное восстановление информации при ее прохождении по уровням 4-уровневой схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ ,  $k = 0,27$

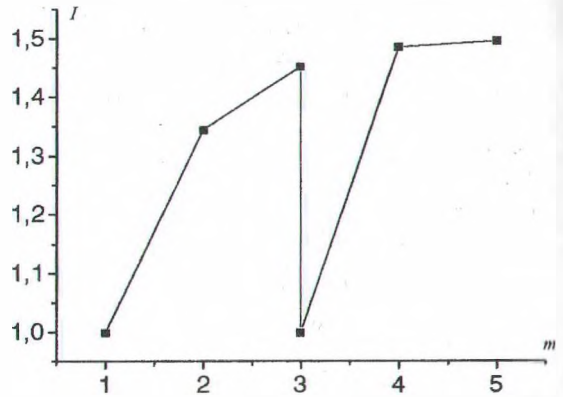


Рис. 5. Восстановление информации на третьем уровне при ее прохождении по уровням 5-уровневой схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ ,  $k = 5$ ,  $K_{\text{восст}} = 1,5$

Восстановление информации на третьем уровне при ее прохождении по уровням 5-уровневой схемы с нормой управляемости 2,  $k = 5$ ,  $K_{\text{восст}} = 1,5$  показано на рис. 5.

В дальнейшем планируется продолжить исследование в данной области для функциональных, штабных и матричных схем с различными нормами управляемости и количеством уровней.

#### Литература

1. Дудинска Э., Мизла М. Управленческие информационные системы // Проблемы теории и практики управления. — 1996. — № 2. — С. 114–119.
2. Ермаченко В. Е. Организация информационных потоков в управлении производством: Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Харьковский инж.-экон. институт. — Харьков, 1990. — 23 с.
3. Ничипорович С. А., Кулак М. И., Нестерович К. Н. Фрактальная структура информационного потока в линейных схемах управления // Доклады НАН Беларуси. — 2004. — Т. 48. № 6. — С. 21–25.
4. Лиу С., Каплан Т., Грэй П. Отклик шероховатых поверхностей на переменном токе // Фракталы в физике / Под ред. Л. Пьетронеро, Э. Тозатти. — М.: Мир, 1988. — С. 543–551.
5. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2003. — 518 с.
6. Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
7. Кулак М. И., Нестерович К. Н. Фрактальная модель информационного процесса в линейных схемах управления // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2004. — Вып. XII. — С. 115–118.