

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1532>

Концепция и модель оценки производственной энтропии

Е.Н. Ефремова  

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация

 Elena-ef777@yandex.ru

Аннотация. Вопросы и инструменты повышения эффективности управления производственными системами, особенно в условиях ускоряющейся динамики технологического прогресса, остаются одними из важнейших в теории и практике менеджмента. Определение вектора и приоритетов развития возможно только при оценке текущего состояния объекта. Для определения новых подходов комплексного развития оцениваемого социально-экономического объекта необходимо совершенствовать механизмы оценки его состояния. В статье обоснована востребованность введения нового понятия «производственная энтропия» и предложена оценочная матрица измерения глубины энтропийных тенденций в исследуемых функциях производства, процессах управления, организационных системах. Модель оценочной матрицы охватывает в объемном пространстве 3D-множество вариантов состояний производственных систем, образуя вертикальную метрическую шкалу «негэнтропия – энтропия». В качестве эталонного образца производственной системы рассмотрена модель трехмерной матрицы (М3Д), обладающая свойствами конструктивной организации в системном пространстве взаимосвязей функций и целенаправленных процессов. Для наиболее эффективного решения поставленных задач использовано графическое моделирование концептуальных объектов как способ формализации «визуального дизайна». Графическое и математическое моделирование позволило согласовать производственные процессы и функции, сформировать форму и математическую модель производственной функции в едином системном пространстве. Управление производственной энтропией позволит своевременно выявлять риски погружения производственных систем в состояние процессного беспорядка и функционального хаоса и, соответственно, принимать меры по их минимизации.

Ключевые слова: производственная система, производственная энтропия, модель М3Д, негэнтропия, оценочная матрица, визуальный дизайн, производственная функция

Для цитирования: Ефремова Е.Н. Понятие и модель оценки производственной энтропии. *Экономика промышленности*. 2026;19(1):37–45. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1532>

The concept and model of evaluating production entropy

E.N. Efremova  

National University of Science and Technology “MISIS”,
4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

 Elena-ef777@yandex.ru

Abstract. The issues and tools of improving the effectiveness of production system management, especially in the context of a growing dynamics of the technological process, are among the most important in the theory and practice of management. Identification of the development vector and priorities is possible only upon evaluation of the object's current state. Determination of the new approaches of a complex development of the evaluated social and economic object requires improving the mechanisms of assessment of its condition.

The author justifies the relevance of introducing a new “production entropy” concept and suggest the evaluation matrix of measuring the depth of entropy trends in the production functions, management processes, organizational systems under study. The evaluation matrix model covers a variety of options in the three-dimensional space forming a vertical metric scale “negentropy – entropy”. The three-dimensional matrix (M3D) model which possesses the features of the constructive organization in the system space of interrelations of functions and purposeful processes was considered as the reference sample of the production system. For the most effective solution of the tasks set the author uses graphic modeling of conceptual objects as the means of formalizing the “visual design”. Graphic and mathematical modeling has made it possible to coordinate production processes and functions, create the form and the mathematical model of the production function within a single system environment. Controlling the production entropy will ensure timely identification of the risks of plunging production systems into a state of process disorder and functional chaos, and, accordingly, take measures to minimize them.

Keywords: production system, production entropy, M3D model, negentropy, evaluation matrix, visual design, production function

For citation: Efremova E.N. The concept and model of evaluating production entropy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2026;19(1):37–45. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1532>

生产熵评估的概念与模型

E.N. 叶夫列莫娃  

俄罗斯国立研究型技术大学 MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科列宁斯基大街4号1栋

 Elena-ef777@yandex.ru

摘要: 在技术进步日新月异的背景下, 如何提高生产系统管理效率, 尤其是如何利用相关工具, 仍然是管理理论与实践中最重要问题之一。只有通过评估企业的现状, 才能确定其发展方向和优先事项。为了找出被评估社会经济对象综合发展的新方法, 有必要完善其状态评估机制。本文论证了引入“生产熵”这一新概念的必要性, 并提出了一个评估矩阵, 用于衡量生产函数、管理过程和组织系统中熵增趋势的深度。评估矩阵模型在三维空间中涵盖了生产系统状态的三维集合, 形成了一个垂直的“负熵-熵”度量尺度。作为生产系统的参考模型, 研究了系统空间中具有构造性组织的功能-目标三维矩阵模型。为了更有效地解决上述问题, 本文采用概念对象的图形建模作为形式化“视觉设计”的方法。图形和数学建模实现了生产过程和函数的对齐, 从而在单一系统空间中创建了生产函数的形式和数学模型。管理生产熵有助于及时识别生产系统陷入过程紊乱和功能混乱的风险。

关键词: 生产系统, 生产熵, M3D模型, 负熵, 评估矩阵, 视觉设计, 生产函数

Введение

Понятие энтропия¹ используется в физике как «мера неупорядоченности частиц, составляющих систему» (Л. Больцман, Д. Гиббс) [1, с. 72]. Э. Шеннон (E. Shannon) назвал меру «недостающей информации» энтропией [2], таким образом в энтропию, кроме «рассеивания энергии» и «беспорядочности частиц», добавилась еще и «неопределенность информации», что сделало это понятие универсальным. Понятие «энтропия» применяется в различных науках, ее коли-

чественная оценка предоставляет значительные возможности для снижения неопределенности и повышения упорядоченности в измеряемых объектах.

Неустойчивые, нестабильные состояния в социальной, экономической, технологической сферах удобно и результативно рассматривать с позиции энтропии, особенно на фоне интенсивного роста объема информации и взрывного прогресса цифровых технологий, стремительно изменяющих темпы промышленного развития, вплоть до Индустрии 6.0 [3, с. 353]. Развитие технологий и рост объемов информации трансформирует состояния мировоззренческих парадигм в сторону увеличения энтропии: мир

¹ Энтропия (гр. *entropia*, *en* – внутрь + *trope* – превращение) – потенциал превращения хаоса, мера неопределенности состояний, беспорядка и неизвестности. Большой словарь иностранных слов. А.Н. Булыко. М.: Мартин; 2008.

«устойчивый» (SPOD World); мир «изменчивый» (VUCA); мир «хрупкий» (BANI); мир «ужасный» (SHIVA), с перспективой на «возрождение» нового мира [4, с. 3189–3190], что обосновывает необходимость разработки моделей оценки энтропии на всех уровнях управления.

Концепция энтропии рассматривается теоретически и практически в различных областях знаний: социальная энтропия как результат взаимодействия микро- и макроуровней социальных систем [5], энтропия индустриальных систем [6], энтропия основных фондовых индексов как показатель неопределенности состояния экономики [7]. В работе «Энтропия как мерило экономического развития» рассматривается применение энтропии к исследованию сложных социально-экономических явлений и процессов [8].

Производственные системы не в меньшей мере, чем другие открытые системы, подвержены деструктивным тенденциям сопротивления управляемости и порядку, особенно в эпоху цифровой трансформации технологий и процессов управления. Это обусловлено, с одной стороны, тем, что производственная система получает трудовые, природные, материальные ресурсы, которые «покрываются ростом энтропии в окружающей среде» [9, с. 420] в виде увеличения нагрузки на экологию (загрязнение) и социум (рабочая сила), с другой – производственная система подчиняется внешним требованиям утвержденных законов, установленных правил и принятых норм. Также система подвержена вызовам динамики неопределенности обстоятельств и угрозам недобросовестной конкуренции, которые оказывают значительное воздействие на внутреннее состояние производственной системы, сравнимое с внешним давлением в термодинамических системах, изменяющих температуру и плотность внутренней среды.

Под термином «производственная энтропия» будем понимать меру дезорганизации производственной системы, ведущей к снижению ее управляемости, технологичности и уменьшению экономического потенциала.

Таким образом, можно прийти к выводу, что организация производства и производственная энтропия имеют различные направления. Если производственная энтропия направлена в сторону увеличения беспорядка и хаоса в системе, то система производства стремится к упорядочению своих элементов и гармонизации связей между ними – к «негэнтропии», являющейся мерой ее организованности [1, с. 72]. Приведем универсальную трехмерную оценочную матрицу «негэнтропия–энтропия» (рис. 1) [10].

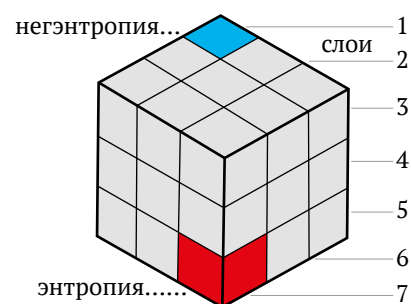


Рис. 1. Оценочная матрица $\log_3 27$

Fig. 1. $\log_3 27$ evaluation matrix

Визуальный дизайн состояний производственной энтропии

Когда речь заходит о таком концептуальном объекте исследования, как производственная энтропия, разрушающая структурные связи производственных систем, вносящая беспорядок в организацию производственных функций, расстраивающая алгоритмы процессов управления предприятием, необходимо найти форму выражения этих артефактов и не обязательно только в графических нотациях. Форму выражения параметров энтропии целесообразно реализовать подходами «дизайн мышления» [4, с. 3193] или «визуального менеджмента» [11, с. 71], ориентированного на психофизические способности человека, получающего «от 80 до 90 % информации с помощью зрения».

Визуальное оснащение модели оценки энтропии предлагается реализовать через всем известную конструкцию «кубика Рубика». Представим себе, что у кубика Рубика все грани имеют один, например серый цвет. Такой кубик так и останется в зоне неопределенности, потому что не будет возможности определить, правильно или неправильно грани такого кубика собраны – ведь они одного цвета. Если же, как обычно, грани кубика имеют свои цвета, то у кубика есть только один вариант правильной (образцовой) и множество вариантов неправильной (неудачной) сборки. При этом сама возможность комбинаторики состояния кубика обеспечивается его конструктивной структурой. Если бы маленькие «кубики» кубика Рубика были или разных форм, или разных размеров, то ни о какой возможности их конструктивной сборки не могло бы идти речи.

Теперь сравним конструктивные свойства кубика Рубика и гибридные свойства известных организационных структур, от «линейной» до «матричной» [12], конструкция которых не позволяет рационально сочетать ни размеры функ-

циональных элементов, ни потоки динамических процессов, ни формы границ организационных систем, схематически отделяющих внутреннее пространство предприятия от внешнего контура, ни семантического содержания. Что приводит к разному толкованию понятий в управлении: например, при рассмотрении процессного подхода, каждый специалист понимает термины в разных составах и словосочетаниях по-своему, исходя из имеющегося багажа знаний и словарного запаса [13, с. 84].

Оценка уровня производственной энтропии

Метрические свойства модель оценочной матрицы производственной энтропии приобретает за счет метода тройного (тернарного) моделирования исследуемого объекта, сочетающего графику «тернарной структуры» (см. рис. 1) и тезаурус технического языка системной матрицы (табл. 1) [10].

Таблица 1 / Table 1

Энтропия производственной системы

Entropy of the production system

l	Метод	k	Структура	n	Объект
l_0	Триалектика	k_0	Конструктивная	n_0	Система
l_1	Диалектика	k_1	Деструктивная	n_1	Процесс
l_2	Монолектика	k_2	Аморфная	n_2	Функция

Примечание: l – труд, k – средство труда, n – предмет труда.

Особенность оценочной модели энтропии заключается в том, что характерные факторы признаков производственной системы располагаются в порядке нарастания отрицательных качеств, отдаляющих исследуемый объект тем дальше от эталонного образца идеальной производственной системы, чем больше его весовой коэффициент по каждой из трех групп признаков. Качество метода растет по мере увеличения его возможностей – монолектика, диалектика, триалектика. Конструктивная модель лучше деструктивной и тем более аморфной нотации, лишённой даже структурных признаков.

$$S_3^5 = \begin{vmatrix} l_0 k_0 n_0 \\ l_0 k_0 n_1 & l_0 k_1 n_0 & l_0 k_1 n_1 \\ l_0 k_1 n_2 & l_0 k_2 n_0 & l_0 k_2 n_1 & l_0 k_2 n_2 \\ l_1 k_1 n_1 & l_1 k_1 n_2 & l_1 k_2 n_0 & l_1 k_2 n_1 & l_1 k_2 n_2 \\ l_2 k_2 n_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 0,00 \\ 2 & 0,17 \\ 3 & 0,33 \\ 4 & 0,50 \\ 5 & 0,67 \\ 6 & 0,83 \\ 7 & 1,00 \end{vmatrix} \cdot (1)$$

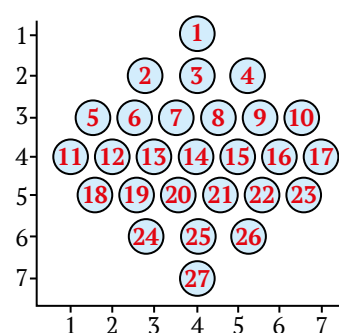


Рис. 2. Топология элементов оценочной матрицы

Fig. 2. Topology of evaluation matrix elements

Все отношения величин производственной энтропии (см. табл. 1) представлены порядковыми индексами в формуле (1), задача которой отобразить топологию 27 элементарных состояний производственной системы, которые формируются при сочетании всех возможных комбинаций составляющих (рис. 2).

По формуле (1) можно проследить, в каком порядке элементарные «кубики» располагаются по отношению друг к другу. Наверху (в первом слое) находится единственный образец ($l_0 k_0 n_0$), к состоянию которого должны прийти все другие производственные объекты (функции, процессы, системы), стремящиеся сопротивляться разрушительному потоку энтропии. Эталонный образец находится на самом большом расстоянии от объекта ($l_2 k_2 n_2$), полностью погруженного в хаос (на 7-м уровне). Следует также отметить, что на среднем (4-м) уровне находится самое большое число вариантов состояний производственных объектов с отличающимися друг от друга недостатками, но с одинаковыми весовыми коэффициентами ($H = 0,50$).

Через тезаурус оценочной матрицы производственной энтропии реализуются возможности лингвистической комбинаторики спецификаций 27 элементарных состояний исследуемых объектов. В результате образуется перечень наименований элементарных состояний производственных функций, процессов, систем (табл. 2).

В табл. 2 порядковые номера и порядковые индексы элементов расположены в ст. 1 и 2, суммарные весовые коэффициенты элементов (B_i) – в ст. 4. Значения веса энтропии (H_i) образуют оценочную шкалу (ст. 5), от состояния неэнтропии ($H_1 = 0,00$) до состояния глубокой энтропии ($H_{27} = 1,00$).

Количественное значение весового коэффициента каждого элемента представляет собой сумму весовых коэффициентов трех его факторов: $B_i = l_i + k_i + n_i$. В качестве примера рассчитаем

весовой коэффициент 17 элемента оценочной матрицы: $B_{17} = l_2 + k_1 + n_0 = 3$.

Энтропия рассчитывается по формуле

$$H = \frac{y}{x},$$

где x – предельный весовой коэффициент энтропии ($x = l_2 + k_2 + n_2 = 6$); y – измеряемый весовой коэффициент элемента ($y = l_i + k_i + n_i = 0 \div 6$).

Примеры расчета на основании метрик, приведенных в табл. 2: $H_1 = 0 + 0 + 0/6 = 0,00$; $H_{14} = 1 + 1 + 1/6 = 0,50$; $H_{27} = 2 + 2 + 2/6 = 1,00$.

Многообразие состояний производственных систем заслуживает отдельного специального исследования, которое в ограниченных рамках можно сократить до рассмотрения трех элементарных состояний в матрице (1, 14 и 27 из

табл. 2): состояние 1 – состояние негэнтропии (энтропия системы равна 0); состояние 14 – центральный (средний) элемент оценочной матрицы, расположенный по центру графической топологии оценочной матрицы (рис. 2); состояние 27 – наиболее критичное состояние с максимальным уровнем энтропии, согласно авторской оценочной матрицы.

Рассмотрим эти состояния подробно.

Состояние 1 – конструктивная производственная система ($l_0k_0n_0$). Особенность матричной архитектуры производственной системы предприятия заключается в том, что «в модели МЗД функции, процессы и системы согласованы» конструктивным способом [14, с. 50] на всех структурных уровнях (рис. 3).

Таблица 2 / Table 2

Спецификация элементарных состояний

Specification of elementary states

№ п/п	Индекс	Определения элементов матрицы	B_i	H_i
1	$l_0k_0n_0$	Триалектика конструктивной системы	0	0,00
2	$l_0k_1n_0$	Триалектика деструктивной системы	1	0,16
3	$l_0k_0n_1$	Триалектика конструктивного процесса	1	0,16
4	$l_1k_0n_0$	Диалектика конструктивной системы	1	0,16
5	$l_0k_1n_1$	Триалектика деструктивного процесса	2	0,33
6	$l_1k_1n_0$	Диалектика деструктивной системы	2	0,33
7	$l_1k_0n_1$	Диалектика конструктивного процесса	2	0,33
8	$l_0k_0n_2$	Триалектика конструктивной функции	2	0,33
9	$l_0k_2n_0$	Триалектика аморфной системы	2	0,33
10	$l_2k_0n_0$	Монолектика конструктивной системы	2	0,33
11	$l_0k_1n_2$	Триалектика деструктивной функции	3	0,50
12	$l_0k_2n_1$	Триалектика аморфного процесса	3	0,50
13	$l_1k_0n_2$	Диалектика конструктивной функции	3	0,50
14	$l_1k_1n_1$	Диалектика деструктивного процесса	3	0,50
15	$l_1k_2n_0$	Диалектика аморфной системы	3	0,50
16	$l_2k_0n_1$	Монолектика конструктивного процесса	3	0,50
17	$l_2k_1n_0$	Монолектика деструктивной системы	3	0,50
18	$l_0k_2n_2$	Триалектика аморфной функции	4	0,66
19	$l_1k_1n_2$	Диалектика деструктивной функции	4	0,66
20	$l_1k_2n_1$	Диалектика аморфного процесса	4	0,66
21	$l_2k_0n_2$	Монолектика конструктивной функции	4	0,66
22	$l_2k_1n_1$	Монолектика деструктивного процесса	4	0,66
23	$l_2k_2n_0$	Монолектика аморфной системы	4	0,66
24	$l_1k_2n_2$	Диалектика аморфной функции	5	0,83
25	$l_2k_1n_2$	Монолектика деструктивной функции	5	0,83
26	$l_2k_2n_1$	Монолектика аморфного процесса	5	0,83
27	$l_2k_2n_2$	Монолектика аморфной функции	6	1,00

Примечание: * – номер элемента в оценочной матрице; ** – весовой коэффициент элемента в оценочной матрице.

Каждый компонент производственной системы имеет совокупность метрик основных признаков в их взаимодействии, закладывая основу математического расчета числа компонентов на каждом уровне организационной структуры предприятия и их весовых коэффициентов. При этом модель М3D обладает простым и удобным математическим аппаратом, являющимся протоколом для лингвистической комбинаторики назначения элементарных функций, исключающим непродуктивное дублирование процедур или образования «белых пятен». Плотная упаковка системных процессов ограничивает возможности спонтанного пересечения разноплановых потоков целенаправленной деятельности персонала, что подтверждает правильность высказывания Р.Г. Баранцева о том, что «тернарная структура, ... окажется достаточной, если удастся скомплексировать существенные факторы по тринитарному образцу» [15, с. 96].

Модель М3D идеальный конструктивный образец негэнтропии производственной системы, в отношении которого оценивается степень размывания архитектурных форм организационных систем, исследуется уровень рассогласованности процессов управления производством, измеряется деструктивность производственных функций. Образец может улучшаться и совершенствоваться, оставаясь на вершине оценочной матрицы

производственной энтропии как ориентир производственных систем, стремящихся к развитию и совершенствованию бизнеса.

Модель М3D организационной системы предприятия (на четырех верхних уровнях менеджмента) является прототипом кибернетической модели управления производственной системой, в которой 80 % функций управления вполне может исполнять искусственный интеллект.

Состояние 14 – деструктивный производственный процесс ($l_1 k_1 n_1$). На **рис. 4** видно, как процессы одного уровня гармонично сочетаются между собой и согласуются с процессами других уровней производственной системы. Если процессы не имеют метрик трех факторов производства (труд персонала, средства труда, предмет труда), а изображаются в виде блок-схем процессных сценариев и диаграмм потоков работ, то их интеграция в единую систему управления усложняет «процессные схемы, в которых взаимосвязи «процесс–результат» будут иметь вероятностный характер» [16, с. 42]. Такие процессы можно считать деструктивными потому, что состояние их внутреннего потока определяется только по взаимосвязи «процесс–результат» или «вход–выход», и выявить проблемы внутренних состояний бизнес-процесса в плане размерности факторов производства не представляется возможным.

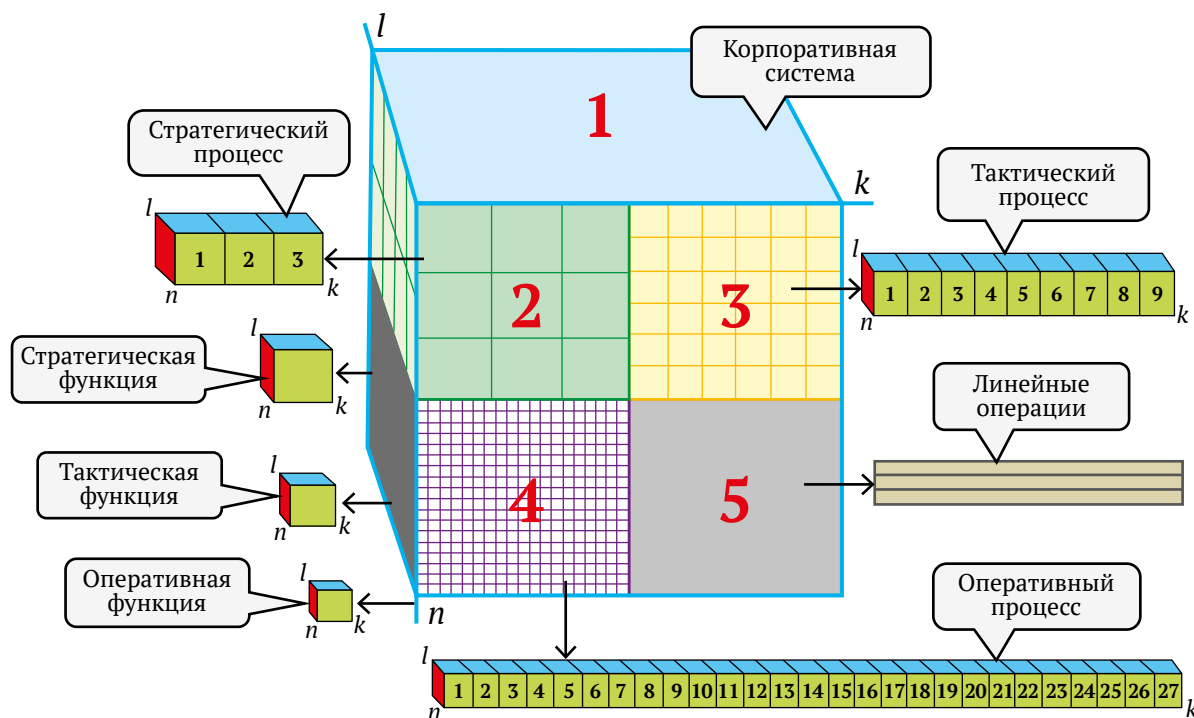


Рис. 3. Структура производственной системы М3D

Fig. 3. Structure of the M3D production system

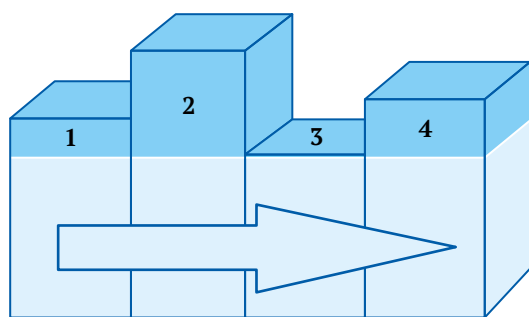


Рис. 4. Поток производственного процесса

Fig. 4. Production process flow

Визуальный дизайн «бутылочного горлышка» показывает, что эта проблема заключается в диспропорциональном распределении трудовых (l), технологических (k) или информационных (n) ресурсов в процессах корпоративного управления. Ведь именно информация в процессах управления находится на разных стадиях переделов от «сырых» данных до управленческих решений, обрабатываемых средствами (орудиями) труда в виде информационных технологий, на которые воздействует умственный труд персонала, делящийся на «простой и сложный» [17, с. 13], «манипуляционный, концептуальный и творческий» [18, с. 158].

Состояние 27 – аморфная производственная функция ($l_2 k_2 n_2$). Рассмотрим недостатки существующих определений функций: декларативное определение функции как «преобразование назначения в действие» [19, с. 76] не имеет формы, в производственной функции Леонтьева ($Y = f(K, L)$, где K – капитал; L – труд) отмечается «несовершенная методология учета» [20, с. 162], в производственной функции Кобба–Дугласа ($Q = AL^\alpha K^\beta$, где Y – объем производства; K – затраты капитала; L – затраты труда; A – технологический коэффициент; α – константа (коэффициент эластичности выпуска от основного капитала); β – константа (коэффициент эластичности выпуска продукции от затрат труда)), «показатели макро- и мезоуровней имеют более сложное строение и, возможно, искажение получаемых расчетов» [21, с. 2367]. Все эти недостатки появляются по причине аморфности (бесформенности) лингвистических и математических нотаций производственных функций и не обеспечены графикой визуального дизайна. Аморфность связей различных нотаций часто приводит к тому, что «в итоге получаешь лишь область подходящих значений, а не конкретные величины» [22, с. 97], размывая конкретику производственной функции.

Конструктивная производственная функция M3D является элементарной частью производственной системы (см. рис. 3), обладающей способностью прямого «система–элемент» и обратного «элемент–система» иерархического перехода, согласно правилам теории систем. Таким образом, производственная функция формата ($Q = L^\alpha K^\beta N^\gamma$) не имеет недостатков ограничения пределов масштабирования графиков и расчетов, исключая возможность искажения расчетных данных совершенной методологией согласования форм и величин производственных конструкций любой сложности.

Заключение

Предложенная в статье модель оценки производственной энтропии имеет не только теоретическую, но прежде всего прикладную ценность для управления промышленными организациями в условиях усложняющейся внешней среды. Модель M3D позволяет диагностировать реальное состояние производственной системы. Измерение уровня производственной энтропии дает возможность выявить дисбалансы между методом, структурой и объектом управления, определить зоны функциональной избыточности, дублирования операций, процессных разрывов и архитектурных противоречий. На практике это означает переход от интуитивного анализа к формализованной системе управленческой диагностики.

Графическая, семантическая и математическая интерпретация модели формирует основу для цифровых двойников производственных систем. Это открывает практическую возможность автоматизированного мониторинга уровня энтропии, прогнозирования системной деградации и внедрения адаптивных алгоритмов управления.

Модель создает предпосылки для кибернетической автоматизации управления, поскольку переводит сложные производственные взаимосвязи в формализуемые показатели.

Таким образом, практическое значение разработанной модели заключается в переходе от описательного анализа производственных систем к их количественно измеряемой, алгоритмизируемой и интеллектуализируемой архитектуре управления. Концепция производственной энтропии может быть использована как инструмент диагностики, проектирования и цифровой трансформации промышленных предприятий, обеспечивая повышение их устойчивости, адаптивности и конкурентоспособности.

Список литературы / References

1. Рыбин В.А. Энтропия – теоретический фантом? *Вестник Челябинского государственного университета. Философские науки*. 2016;(42):71–77.
Rybin V.A. Entropy is a theoretical phantom? *Bulletin of Chelyabinsk State University. Philosophical Sciences*. 2016;(42):71–77. (In Russ.)
2. Shannon C.E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*. 1948;27(3):419.
3. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):353–377. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>
Babkin A.V., Shkarupeta E.V. Industry 6.0: The essence, trends and strategic opportunities for Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):353–377. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1369>
4. Кан Е.Н. Дизайн-мышление как способ управления энтропией в эпоху «VUCA-BANI-SHIVA-мира». *Креативная экономика*. 2023;17(9):3187–3200. <https://doi.org/10.18334/ce.17.9.119039>
Kan E.N. Design thinking as a way to manage entropy in the era of the VUCA, BANI, and SHIVA world. *Creative Economy*. 2023;17(9):3187–3200. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/ce.17.9.119039>
5. Червяков М.Э., Селезнев В.М. Социальная энтропия как результат взаимодействия микро- и макроуровней социальных систем. *Вестник Восточно-Сибирской открытой академии*. 2021;(42):12.
Chervyakov M.E., Seleznev V.M. Social entropy as a result of the interaction of micro-and macro-levels of social systems. *Vestnik Vostsibirskoi otkrytoi akademii*. 2021;(42):12. (In Russ.)
6. Чупров С.В. Моделирование энтропийной динамики и информационный анализ индустриальной системы. *Информатика и системы управления*. 2025;(3(85)):29–40. https://doi.org/10.22250/18142400_2025_85_3_29
Chuprov S.V. Modeling entropy dynamics and information analysis of industrial systems. *Informatics and Control Systems*. 2025;(3(85)):29–40. (In Russ.). https://doi.org/10.22250/18142400_2025_85_3_29
7. Карасев В.В., Карасева Е.И. Энтропия основных фондовых индексов как показатель неопределенности состояния экономики. *Экономика. Право. Инновации*. 2023;(4):4–16. <https://doi.org/10.17586/2713-1874-2023-4-4-16>
Karasev V.V., Karaseva E.I. Main stock indexes entropy as uncertainty indicator for economics. *Ekonomika. Pravo. Innovatsii*. 2023;(4):4–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2713-1874-2023-4-4-16>
8. Чепьюк О.Р. Энтропия как мерило экономического развития. *Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки*. 2014;(6-1):64–70.
Chep'yuk O.R. Entropy as a measure of economic development. *Humanities, Social-Economic and Social Sciences*. 2014;(6-1):64–70. (In Russ.)
9. Бурик Н.А. Методы оценки энтропии и анализа отраслевого развития экономики. *Экономика и управление*. 2024;30(4):418–424. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-4-418-424>
Burik N.A. Methods for estimating entropy and analyzing sectoral development of the economy. *Economics and Management*. 2024;30(4):418–424. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-4-418-424>
10. Ефремова Е.Н. Производственная энтропия в методологической, технологической и прагматической проекциях модели М3Д. *Вопросы инновационной экономики*. 2025;15(2):557–572. <https://doi.org/10.18334/vinec.15.2.122813>
Efremova E.N. Production entropy in methodological, technological and pragmatic projections of the M3D model. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2025;15(2):557–572. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.15.2.122813>
11. Денисова В.Г. Визуальный менеджмент как инструмент управления. *Стандарты и качество*. 2019;(9(987)):70–74.
Denisova V.G. Visual management as a tool of management. *Standards and Quality*. 2019;(9(987)):70–74. (In Russ.)
12. Мищенко Т. Организационная структура предприятия как главный борец с хаосом в бизнес-процессах. Совкомблог. Бизнесу / Совкомбанк. 14.05.2024. Режим доступа: <https://journal.sovcombank.ru/biznesu/organizatsionnaya-struktura-predpriyatiya-kak-glavnii-borets-s-haosom-v-biznes-protsessah#:~:text=В%20мировой%20и%20российской%20практиках,с%20элементами%20разных%20систем%20управления> (дата обращения: 15.02.2026).
13. Степанов А. О терминологии и процессном подходе. *Стандарты и качество*. 2007;(1):84–88.
Stepanov A. On terminology and process approach. *Standards and Quality*. 2007;(1):84–88. (In Russ.)
14. Горчакова Е.Н. Особенности моделирования бизнес-систем М3Д. *Методы менеджмента качества*. 2019;(10):46–50.
Gorchakova E.N. The peculiarities of modeling business systems M3D. *Methods of Quality Management*. 2019;(10):46–50. (In Russ.)
15. Баранцев Р.Г. Имманентные проблемы синергетики. *Вопросы философии*. 2002;(9):91–101.
Barantsev R.G. Immanent problems of synergetics. *Voprosy filosofii*. 2002;(9):91–101. (In Russ.)
16. Сидоров Д.А. Анализ информационной энтропии бизнес-процессов авиапредприятия. *Инновации в гражданской авиации*. 2019;4(2):41–47.

- Sidorov D.A. Analysis of information entropy of business processes of an aviation enterprise. *Innovatsii v grazhdanskoi aviatsii*. 2019;4(2):41–47. (In Russ.)
17. Максимцов М.М., Игнатъева А.В., Комаров М.А. *Менеджмент*. Под ред. М.М. Максимцова, А.В. Игнатъевой. М.: Юнити; 1998. 343 с.
 18. Матчинский И.Ф. *Организация труда на рабочих местах*. Пер. с пол. М.: Машиностроение; 1984. 192 с. (Russ. transl. from: Matczyński S.A. *Organizacja pracy na stanowiskach pracy*. Warszawa; 1978. 192 p.)
 19. Саати Т., Керн К. *Аналитическое планирование. Организация систем*. Пер. с англ. М.: Радио и связь; 1991. 223 с. (Russ. transl. from: Saati T., Kern K. *Annalitical planning. The organization of systems*. Oxford; New York; Toronto; Sydney; Frankfurt: Rergamon Rress; 1976. 208 p.)
 20. Чаленко А.Ю. Парадокс В. Леонтьева. А был ли он? *Экономика и право*. 2008;(3):160–163.
 21. Афанасьев А.А. Использование производственной функции Кобба–Дугласа, построенной по панельным данным, при анализе обрабатывающих производств России. *Креативная экономика*. 2022;16(6):2363–2380. <https://doi.org/10.18334/ce.16.6.114851>
Afanasyev A.A. Using the Cobb–Douglas production function based on panel data in the analysis of manufacturing industries in Russia. *Creative Economy*. 2022;16(6):2363–2380. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/ce.16.6.114851>
 22. Захаров В.Н. Интеллектуальные технологии в современных системах управления. *Проблемы теории и практики управления*. 2005;(4):96–100.
Zakharov V.N. Intelligent technologies in modern control systems. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 2005;(4):96–100. (In Russ.)

Информация об авторе

Елена Николаевна Ефремова – канд. экон. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и систем управления производством, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-9101-5149>; e-mail: Elena-ef777@yandex.ru

Information about the author

Elena N. Efremova – PhD (Econ.), Associate Professor of the Department of Business Informatics and Production Management Systems, National University of Science and Technology “MISIS”, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9101-5149>; e-mail: Elena-ef777@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.03.2025; поступила после доработки 25.02.2026; принята к публикации 17.03.2026
Received 25.03.2025; Revised 25.02.2026; Accepted 17.03.2026