

DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.53.65

# Энтропийный подход к анализу бухгалтерских балансов банков

**В.В. Матохин**<sup>a</sup> 

E-mail: vmatokhin@tekora.ru

**А.В. Сигал**<sup>b</sup> 

E-mail: ksavo3@cfuv.ru

<sup>a</sup> Акционерное общество «ТЕКОРА»

Адрес: Россия, 117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 56, эт. 15, оф. 19-23

<sup>b</sup> Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Адрес: Россия, 295007, Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4

## Аннотация

Ведение бухгалтерского учета обеспечивает сбор и систематизацию документированной информации о фактах хозяйственной жизни предприятий и организаций. Собираемая информация систематизируется и оформляется в виде различных форм отчетности. Одной из ключевых форм отчетности является форма бухгалтерского баланса. В основу бухгалтерского баланса положен принцип двойной записи, согласно которому каждое изменение финансовых средств организации отражается как минимум на двух бухгалтерских счетах, имеющих отношение к соответствующей группе статей активов и пассивов. Таким образом реализуется условие баланса объемов обобщенных стоимостей активов и пассивов. Контрольным элементом бухгалтерского баланса считается равенство стоимостей активов и пассивов. Однако данный контрольный элемент не позволяет выявить системное различие (разнообразие) бухгалтерских балансов при равенстве распределенных финансовых средств. А именно, условие равенства носит интегральный характер и его выполнение не связано с конкретным характером постатейных распределений, поскольку при заданных размерах общей стоимости бухгалтерского баланса условие может быть выполнено различными вариантами распределений финансовых средств по статьям активов и пассивов. Поэтому в рамках данной статьи предпринята попытка введения нового контрольного элемента бухгалтерского баланса, учитывающего неравномерность распределения финансовых средств по статьям активов и пассивов кредитно-финансовых организаций.

**Ключевые слова:** моделирование, энтропия, бухгалтерский баланс, активы, пассивы**Цитирование:** Матохин В.В., Сигал А.В. Энтропийный подход к анализу бухгалтерских балансов банков // Бизнес-информатика. 2023. Т. 17. № 1. С. 53–65. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.53.65

## Введение

В практике управления кредитно-финансовыми организациями известна проблема «смертности» банков. По данным Центрального банка Российской Федерации за период с 2001 года по 2022 год число действующих банков сократилось более чем на 70 % (рис. 1).

По мере сокращения числа активных игроков в банковском секторе экономики все более актуальной задачей становится выявление негативных изменений состояния каждого конкретного банка.

Чтобы конструктивно и предметно решать данную задачу, будем рассматривать банк как управляемую систему, а систему расходов финансовых средств на обеспечение жизнедеятельности банка как управляющую (рис. 2).

В основу подхода к совокупности расходов как к управляющей системе положен тот простой факт, что каждый расход имеет двойную природу влияния на состояние банка. С одной стороны, каждый расход отражает потребность банка в конкретном экономическом ресурсе. С другой стороны, каждый расход вносит изменение в состояние управляющей системы как единого целого, поскольку изменяет значения долей расходов по различным статьям. Данное свойство совокупности расходов позволяет управлять состоянием банка как единой экономической системой. В теории и практике управления сложными системами (см., например, [1–3]) широко используются такие фундаментальные понятия как энтропия и разнообразие вариантов состояний управляющих систем [4]. Именно

но разнообразие состояний управляющей системы дает возможность адекватно реагировать на изменения состояния управляемой системы. Однако, в теории и особенно в практике анализа бухгалтерского баланса использование свойства разнообразия совокупности расходов ограничивается отсутствием соответствующих методологических подходов. В этой связи использование энтропии в качестве меры разнообразия бухгалтерского баланса и ее применение при моделировании процессов принятия решений в экономике (см., например, [5–14]) позволяют исследовать самые разнообразные аспекты и особенности состояния управляющей системы.

Целью исследования является обоснование возможности применения энтропийного подхода к оценке разнообразия активов и пассивов бухгалтерского баланса, что может позволить выявить наличие дисбаланса в состоянии банка.

## 1. Разнообразие состояний и энтропия управляющей системы

Чтобы перейти от «разнообразия» как понятия к «разнообразию» как параметру состояния управляющей системы банка, рассмотрим в качестве первого приближения количество вариантов управленческих решений о постатейных расходах финансовых средств. С этой целью представим совокупность расходов в виде табличной формы (табл. 1), в левой части которой приведен перечень статей расходов  $\mathbf{N} = (n_1; n_2; \dots; n_N)$ , а в правой – соответствующие объемы расходов финансовых средств  $\mathbf{G} = (G_1; G_2; \dots; G_N)$ .

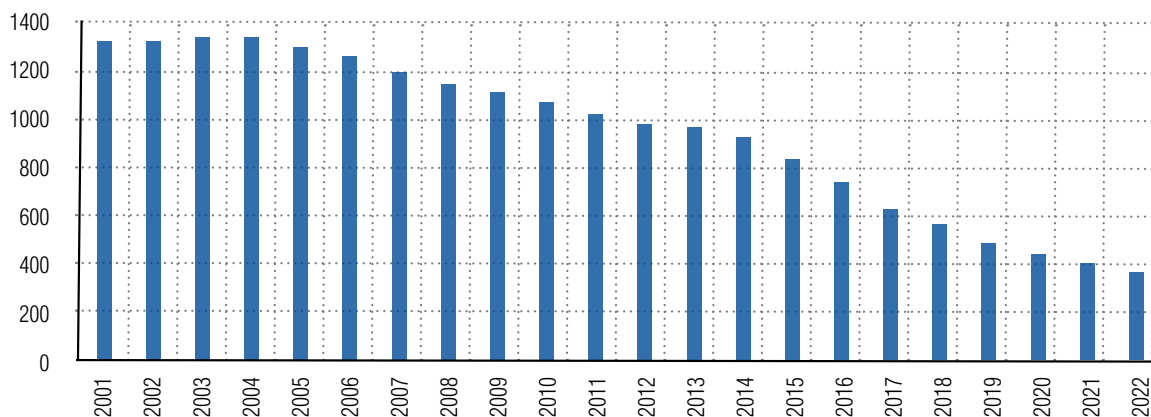


Рис. 1. Число действующих банков.

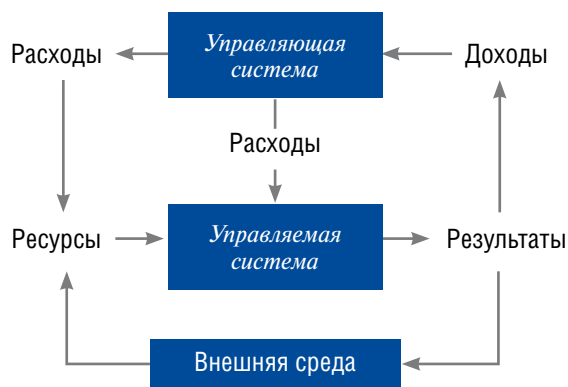


Рис. 2. Схема разделения системы управления на две части: управляемая и управляющая.

Таблица 1.

**Табличная форма представления состояния управляющей системы**

| Статья расходов | Объем средств |
|-----------------|---------------|
| $n_1$           | $G_1$         |
| $n_2$           | $G_2$         |
| ...             | ...           |
| $n_N$           | $G_N$         |

Табличная форма (табл. 1) позволяет ввести параметр разнообразия состояния управляющей системы как число вариантов  $W$ , которыми может быть реализовано состояние с фиксированными значениями числа (количества) статей  $N$  и суммы средств  $S_N$ .

Поясним сказанное на простом примере. Пусть ряд объемов распределяемых средств представляет собой вектор  $\mathbf{G} = (5, 20, 75)$ . Тогда, меняя порядок

сопоставления элементов числового ряда  $\mathbf{G}$  и перечня статей  $\mathbf{N}$ , получаем, что  $W=6$ , так как для  $N=3$  число вариантов равно числу перестановок:  $W=N!=3!=1 \cdot 2 \cdot 3=6$  (табл. 2).

Далее несложно установить, что любое совпадение значений в ряду  $\mathbf{G} = (G_1, G_2, \dots, G_N)$  снижает значение параметра  $W$ . В пределе при равенстве значений всех компонент вектора  $\mathbf{G}$  друг другу ( $G_1 = G_2 = G_3 = \dots = G_N$ ) все варианты состояния управляющей системы идентичны друг другу, поскольку перестановка статей в данном случае уже не играет никакой роли. Данная особенность параметра  $W$  указывает на важность изучения именно неравномерности распределения значений расходов. То есть целесообразно использовать системный параметр, который позволил бы различать числовые ряды (вектора)  $\mathbf{G}$  по характеру распределения значений их компонент. По сути, это позволит ответить на вопрос, в чем различие числовых рядов с равными значениями параметров  $N$  и  $S_N$ . Таким системным параметром могла бы послужить энтропия произвольных числовых рядов, которая может быть применена для количественной оценки разнообразия (различимости) состояний управляющей системы. Например, в чем заключается системное различие конкретных числовых рядов (векторов)  $\mathbf{G}' = (3, 7, 10, 20, 60)$  и  $\mathbf{G}'' = (5, 10, 15, 20, 50)$ , соответствующих различным состояниям управляющей системы? Для этого сначала представим координаты векторов в виде кусочно-линейных графиков, построенных с использованием модифицированной методики построения диаграмм Лоренца. Затем, аппроксимируя диаграмму Лоренца специальной однопараметрической функцией, определим параметр неравномерности распределения  $\alpha$  (альфа) и рассчитаем энтропию как меру разнообразия состояния управляющей системы.

Таблица 2.

**Разнообразие вариантов управленческих решений**

| Объем средств |   | Вариант «1-2-3» | Вариант «1-3-2» | Вариант «2-1-3» | Вариант «2-3-1» | Вариант «3-1-2» | Вариант «3-2-1» |
|---------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $G_1 = 5$     | ⇔ | $n_1$           | $n_1$           | $n_2$           | $n_2$           | $n_3$           | $n_3$           |
| $G_2 = 20$    | ⇔ | $n_2$           | $n_3$           | $n_1$           | $n_3$           | $n_1$           | $n_2$           |
| $G_3 = 75$    | ⇔ | $n_3$           | $n_2$           | $n_3$           | $n_1$           | $n_2$           | $n_1$           |

## 2. Диаграмма Лоренца произвольных числовых рядов

В экономике хорошо известен метод визуального представления неравномерности распределения доходов по группам населения в виде кусочно-линейного графика [15]. Применим упрощенный метод построения диаграммы Лоренца для произвольного числового ряда. Пусть, например, исходный числовой ряд (вектор) имеет пять элементов (компонент)  $\mathbf{G}' = (3, 7, 10, 20, 60)$  и  $\mathbf{G}'' = (5, 10, 15, 20, 50)$ . Рассчитаем ряд накопленных частичных сумм  $\{S_n\}$  по следующим формулам:

$$\begin{aligned} S_1 &= G_1, \quad S_2 = G_1 + G_2 = S_1 + G_2, \dots, \\ S_n &= G_1 + G_2 + \dots + G_n = S_{n-1} + G_n, \dots, \\ S_N &= G_1 + G_2 + \dots + G_N = S_{N-1} + G_N. \end{aligned} \quad (1)$$

Получаем следующие новые ряды (векторы)  $\mathbf{S}' = (3; 10; 20; 40; 100)$  и  $\mathbf{S}'' = (5; 15; 30; 50; 100)$ . Далее каждую из накопленных сумм  $S_n$  делим на сумму всех чисел исходного ряда:  $S_N = 100$ . В результате получаем ряды чисел (вектор)  $\mathbf{Y}' = (0,03; 0,1; 0,2; 0,4; 1)$  и  $\mathbf{Y}'' = (0,05; 0,15; 0,3; 0,5; 1)$ , являющихся значениями  $Y_n$  оси ординат диаграммы Лоренца. Значения координат по оси абсцисс рассчитаем по формуле:  $X_n = n/N$ , где  $n$  — номер по порядку для рассматриваемого примера и  $N = 5$ , то есть  $\mathbf{X} = (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1)$ . И, наконец, отметим на координатной плоскости  $X$ – $Y$  точки с координатами  $(X_n; Y_n)$  внутри квадрата со сторонами, равными единице. В результате получаем диаграммы Лоренца в виде кусочно-линейных графиков (рис. 3), которые дают возможность визуально различить  $\mathbf{Y}' = (0,03; 0,1; 0,2; 0,4; 1)$  и  $\mathbf{Y}'' = (0,05; 0,15; 0,3; 0,5; 1)$ .

Очевидно, что диаграммы Лоренца позволяют визуально представить неравномерность распределения значений элементов любых числовых рядов, отличающихся по числу  $N$  элементов и общей сумме  $S_N$  чисел. Кроме того, данный подход позиционирует любое конкретное распределение между двумя крайними вариантами (рис. 3): равномерным («А» — все числа равны друг другу) и предельно неравномерным («М» — одно число существенно больше остальных). Для наглядности на рис. 3 приведены две диаграммы Лоренца, построенные для  $\mathbf{G}_A = (20, 20, 20, 20)$  и  $\mathbf{G}_M = (1, 2, 3, 9, 85)$ .

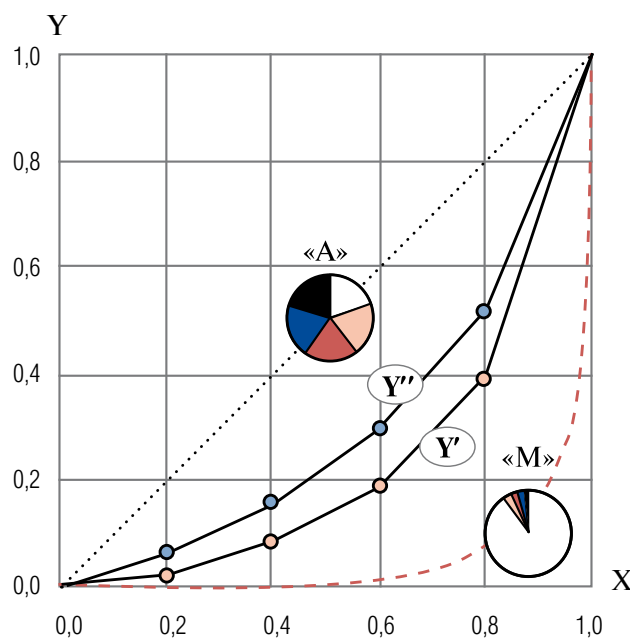


Рис. 3. Диаграммы Лоренца.

Используя аппроксимацию диаграмм Лоренца семейством однопараметрических функций  $L(x, \alpha)$  в виде

$$L(x, \alpha) = 1 - \sqrt[\alpha]{1 - x^\alpha}, \quad (2)$$

введем параметр  $\alpha$  как меру неравномерности распределения значений конкретного числового ряда (рис. 4) [16, 17].

## 3. Энтропия числового ряда

В неравновесной статистической механике знание статистической плотности  $\rho$  распределения обеспечивает полное знание состояния системы [18]. Введенная однопараметрическая функция (2) для аппроксимации диаграмм Лоренца позволяет получить выражение для статистической функции распределения вероятности (плотности вероятности) в следующем виде [16]:

$$\rho(g, \alpha) = \frac{1}{\alpha - 1} \frac{g^{\frac{2-\alpha}{\alpha-1}}}{\left(1 + g^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}\right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}}}, \quad (3)$$

где  $g$  — значение расхода  $G$ , нормированного (деленного) на величину среднего расхода  $S_N/N$ .

И, наконец, полученная однопараметрическая плотность распределения вероятности (3) позво-

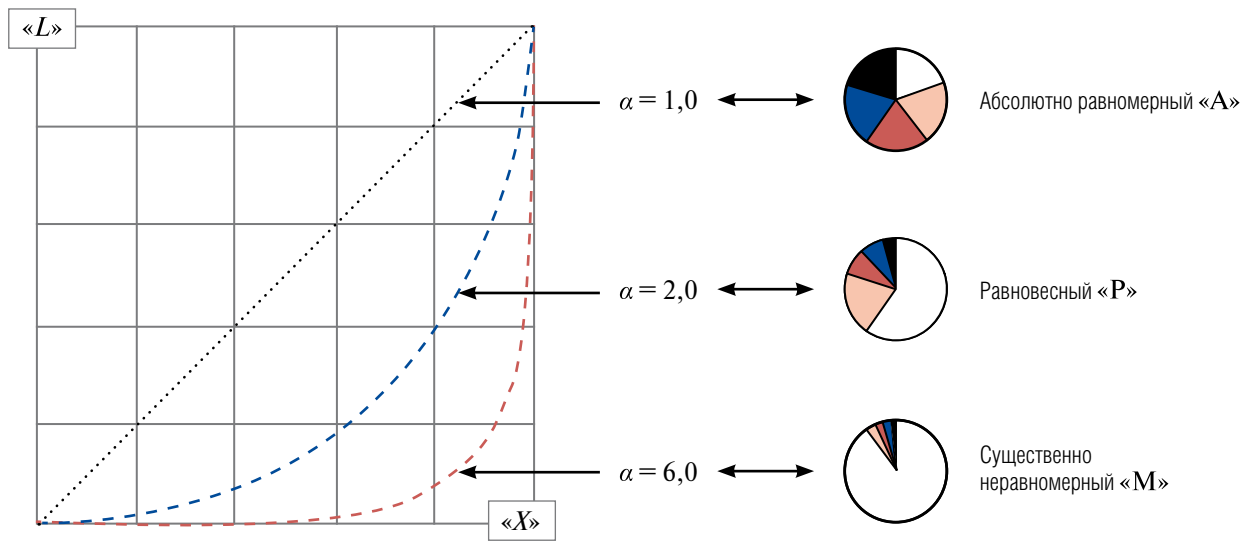


Рис. 4. Семейство аппроксимирующих функций  $L(x, \alpha)$ .

ляет рассчитать энтропию  $V(\alpha)$  для произвольного числового ряда (вектора)  $\mathbf{G}$  [19–21]:

$$V(\alpha) = - \int_0^{\infty} \rho(g, \alpha) \cdot \ln[\rho(g, \alpha)] dg. \quad (4)$$

На рисунке 5 представлен график нормированной на максимальное значение энтропии  $V(\alpha)$ , полученный методом численного интегрирования формулы (4) [20]. На графике приведены значения энтропии для числовых рядов, использованных в статье:  $\mathbf{G}_A$ ,

$\mathbf{G}_M$ ,  $\mathbf{G}' = (3, 7, 10, 20, 60)$ ,  $\mathbf{G}'' = (5, 10, 15, 20, 50)$ ,  $\mathbf{G}_A = (20, 20, 20, 20, 20)$  и  $\mathbf{G}_M = (1, 2, 3, 9, 85)$ .

В целях придания количественных свойств описанию нашего подхода достаточно продуктивным стало использование унимодальной аналитической функции  $V(\alpha)$ , аппроксимирующей график энтропии числового ряда [22]:

$$V(\alpha) = \alpha^{-\sqrt{2}} \cdot \ln \alpha. \quad (5)$$

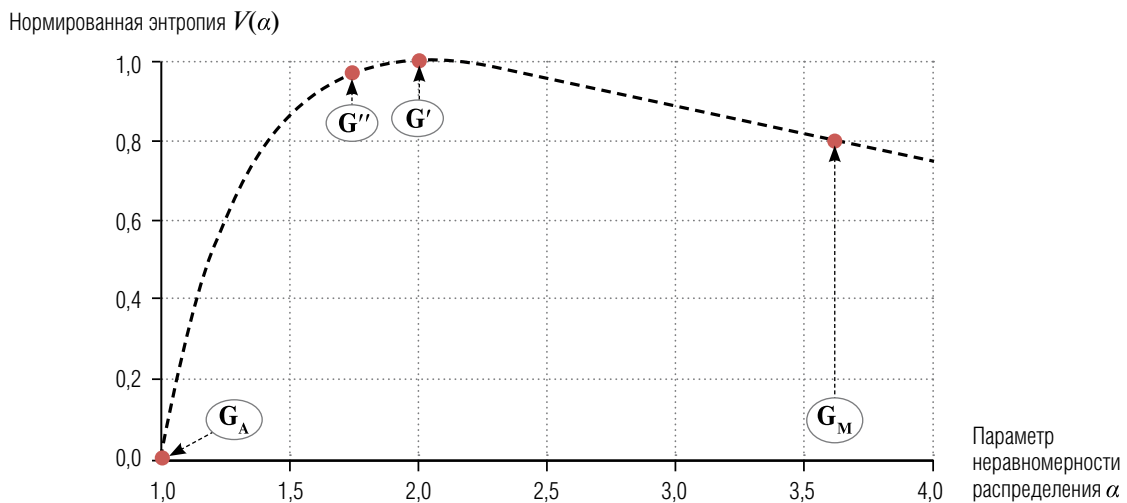


Рис. 5. Энтропия числового ряда с различным параметром  $\alpha$  неравномерности распределения.

В результате, имея функцию  $V(\alpha)$ , стало возможным на основе физической энтропии (4) количественно сформулировать энтропийный подход к анализу бухгалтерских балансов банков.

#### 4. Энтропийный подход к анализу бухгалтерского баланса

Применим энтропийный подход к анализу бюджетов различных уровней [22] для анализа равновесия постатейных распределений активов и пассивов бухгалтерского баланса банков.

Как понятие «бухгалтерский баланс» существует уже почти шестьсот лет. В основу бухгалтерского баланса итальянский математик, монах-францисканец Лука Бартоломео де Пачоли в своей работе [23], опубликованной в 1494 году, заложил принцип двойной записи, согласно которому каждое изменение средств организации отражается, по крайней мере, на двух бухгалтерских счетах, имеющих отношение к соответствующей группе статей активов и пассивов.

В настоящее время бухгалтерский баланс является общепринятым финансовым отчетом. Контрольным элементом бухгалтерского баланса считается равенство стоимости активов и пассивов. Однако условие равенства стоимости активов и пассивов может быть выполнено различными вариантами постатейного распределения финансовых средств. Но именно постатейные распределения финансовых средств являются важнейшими управленческими решениями, которые оказывают влияние на состояние и деятельность предприятий и организаций. В этой связи нужен контрольный элемент, непосредственно связанный с распределением финансовых средств.

Поставленную задачу авторы попытались решить, ориентируясь на продуктивность использования физических метафор и понятий при анализе неравновесных состояний макроэкономических систем [24, 25]. Удобной метафорой, поясняющей суть энтропийного подхода к раздельной оценке энтропии активов и энтропии пассивов, является сравнение кредитно-финансовой организации с контролируемым участком реки. С той лишь разницей, что вместо водного потока через контролируемый участок реки мы бу-

дем рассматривать поток энтропии через кредитно-финансовую организацию. При этом систему управления потоком энтропии через организацию образно представим в виде «шлюза», в котором входящий поток энтропии ( $V_A$ ) определяется постатейным распределением активов ( $\alpha_A$ ), а исходящий ( $V_L$ ) – постатейным распределением пассивов ( $\alpha_L$ ). В результате, корректируя распределения активов и пассивов и рассчитывая по формуле (5) соответствующие значения энтропии ( $V_A$ ) и ( $V_L$ ), реализуем управление потоком энтропии. Управление потоком энтропии позволяет избегать в управляющей системе нежелательных энтропийных «наводнений» ( $\Delta V = V_A - V_L > 0$ ) и «обезвоживаний» ( $\Delta V = V_A - V_L < 0$ ). Таким образом, условие нулевого равенства потока энтропии  $\Delta V = 0$  выполняет роль контрольного элемента бухгалтерского баланса, характеризующего равновесие («Р») постатейных распределений активов и пассивов бухгалтерского баланса.

По нашему мнению, условие равенства потоков энтропий носит интегральный характер и его выполнение связано с конкретным характером постатейных распределений, поскольку при заданных размерах общей стоимости бухгалтерского баланса условие может быть выполнено различными вариантами распределений финансовых средств по статьям активов и пассивов.

На рисунках 6–11 приведены характерные графики временных зависимостей энтропии активов ( $V_A$ ) и энтропии пассивов ( $V_L$ ), рассчитанных авторами на основании данных по бухгалтерским балансам<sup>1</sup>:

- ◆ банков, имеющих лицензию (рис. 6, 7);
- ◆ санируемых банков (рис. 8, 9);
- ◆ банков, у которых лицензия отозвана (рис. 10, 11).

#### 5. Дисперсии временных зависимостей энтропий

Важным выводом визуального сравнения временных графиков энтропии активов и энтропии пассивов бухгалтерских балансов является очевидное наличие (рис. 6, 7) или нарушение (рис. 8–11) синхронного поведения временных зависимостей энтропии активов ( $V_A$ ) и энтропии пассивов ( $V_L$ ). Данный факт указывает на целесообразность использования оценки дисперсии (во-

<sup>1</sup> См.: Портал банковского аналитика «Анализ банков» (<https://analizbankov.ru/index.php>).

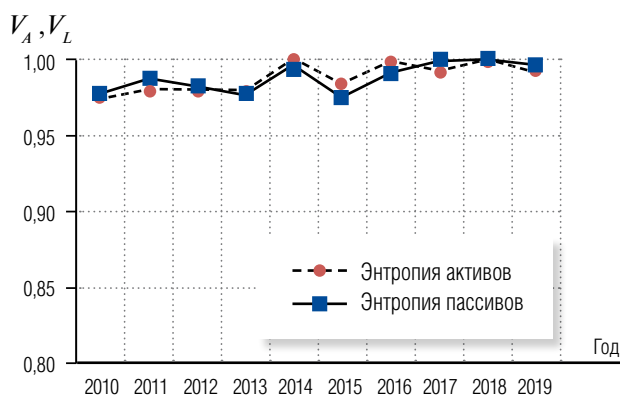


Рис. 6. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка ВТБ.

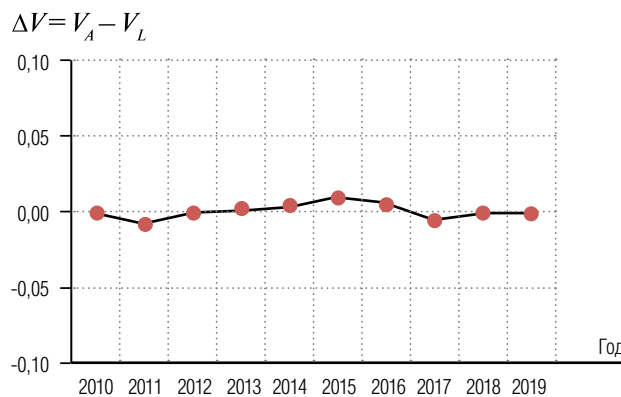
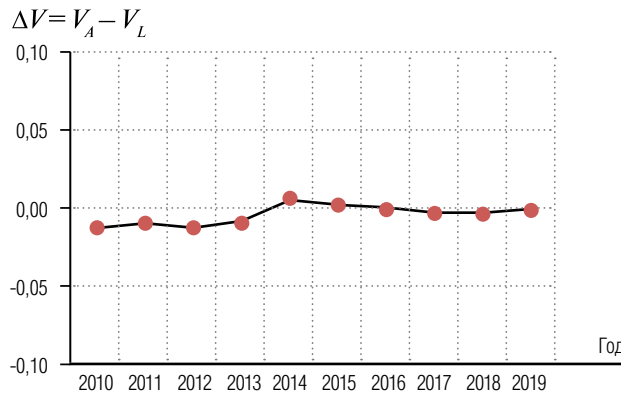


Рис. 7. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка Сбербанк России.



латильности) временных рядов значений разности энтропий активов и пассивов ( $\Delta V = V_A - V_L$ ) как меры разброса реальных значений относительного среднего значения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\Delta V_t - \overline{\Delta V})^2}{T}}$$

где  $T=10$  – количество наблюдений.

Результаты расчета дисперсий временных зависимостей энтропии активов ( $\sigma_A$ ), пассивов ( $\sigma_L$ ) и разности энтропий ( $\sigma_{\Delta V}$ ) на интервале 2010–2019 гг. приведены в таблице 3 для трех условных групп банков: крупных, средних и относительно небольших.

Построчное сопоставление дисперсий разности энтропий ( $\sigma_{\Delta V}$ ) и статусов банковской лицензии дает основание утверждать, что действующие

банки, как правило, имеют более низкие значения параметра  $\sigma_{\Delta V}$ , чем те, у которых отозвана лицензия.

Данное утверждение не является строгим в количественном смысле. То есть, параметр  $\sigma_{\Delta V}$  не является четким критерием, позволяющим однозначно отнести любой банк к той или иной группе. Так, например, дисперсия разности энтропий активов и пассивов санитруемого банка «Уралсиб» ( $\sigma_{\Delta V} = 4,55$ ) выше, чем у банка «ТЭМБР-БАНК» ( $\sigma_{\Delta V} = 3,18$ ). Однако, лицензия у банка «Уралсиб» не отозвана. Возможно, что разрешение на право ведения деятельности выдается кредитной организации с учетом многих факторов, включая, например, размер банка. Тем не менее, дисперсия разности энтропий ( $\sigma_{\Delta V}$ ) может быть использована в качестве интегрального индикатора проблем в деятельности конкретных банков. Вероятно, на следующем



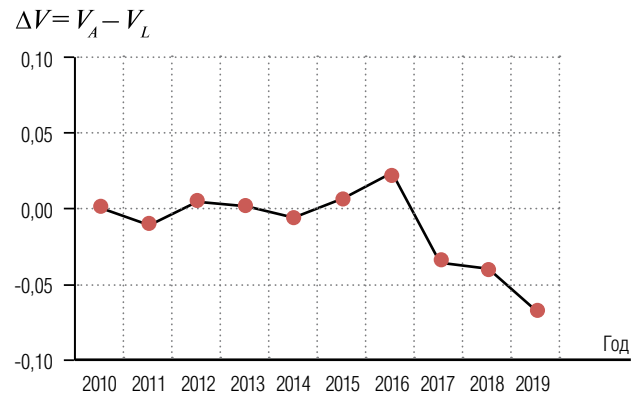
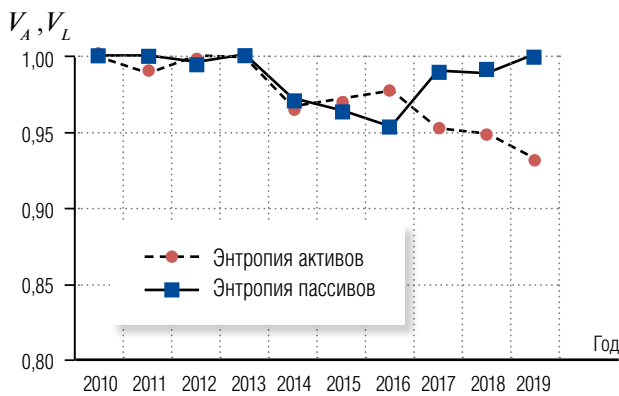
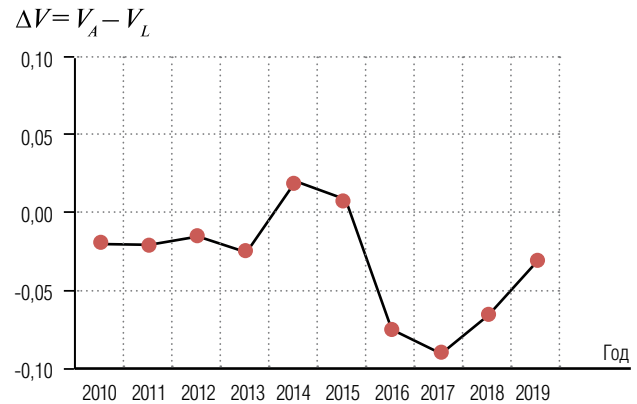
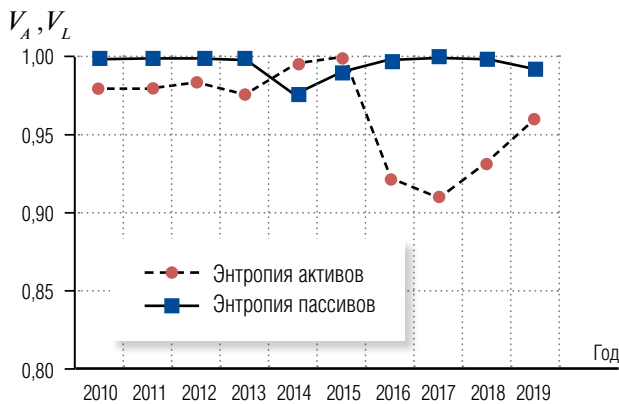
Рис. 8. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка Промсвязьбанк.Рис. 9. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка Уралсиб.

Таблица 3.

### Дисперсии временных зависимостей энтропий и разности энтропий активов и пассивов

| Банк            | Валюта баланса на 01.01.2019 (тыс. руб) | Дисперсия энтропии     |                         | Дисперсия разности энтропий $\sigma_{\Delta V}$ (%) | Лицензия |
|-----------------|---|------------------------|-------------------------|---|----------|
|                 |   | активов $\sigma_A$ (%) | пассивов $\sigma_L$ (%) |   |          |
| ВТБ             | 14 331 232 043                          | 1,43                   | 1,47                    | 0,47  | Имеется  |
| Сбербанк России | 28 361 319 019                          | 3,23                   | 3,11                    | 0,72  | Имеется  |
| Промсвязьбанк   | 1 667 080 707                           | 3,53                   | 2,17                    | 2,88  | Санация  |
| Уралсиб         | 582 185 086                             | 4,64                   | 0,86                    | 4,55  | Санация  |
| ТЭМБР-БАНК      | 11 636 190                              | 2,21                   | 2,91                    | 3,18  | Отозвана |
| НВКбанк         | 12 319 149                              | 2,39                   | 6,42                    | 4,34  | Отозвана |

Примечание: В целях корректного восприятия данных отметим, что дисперсия разности энтропий не является алгебраической суммой или средним значением дисперсий активов и пассивов.



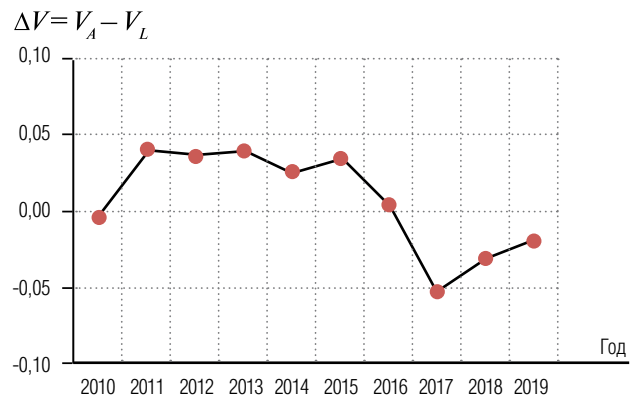
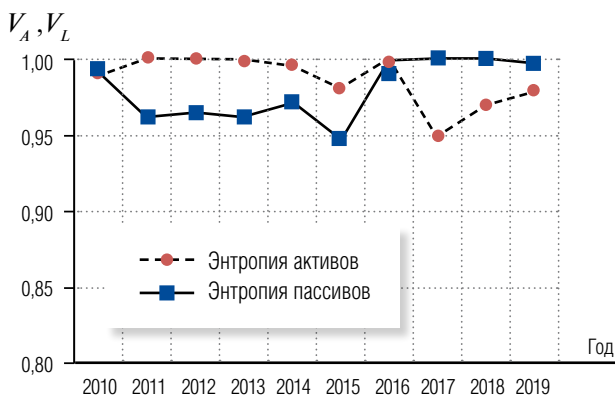


Рис. 10. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка ТЭМБР-БАНК.

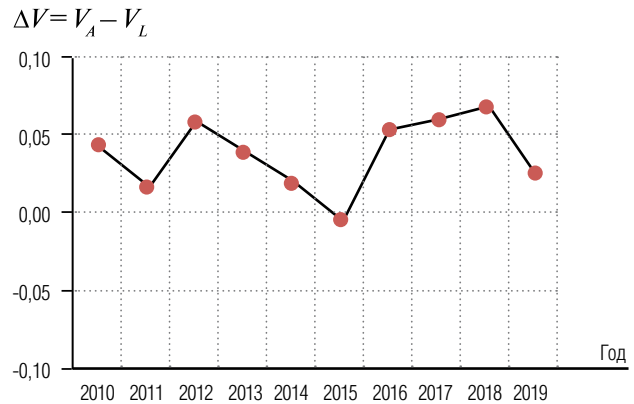
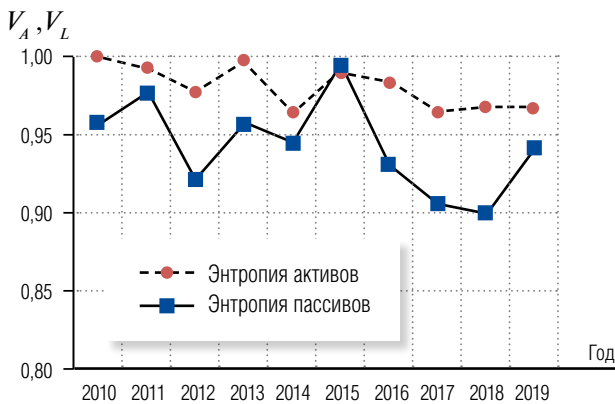


Рис. 11. Энтропия активов ( $V_A$ ) и энтропия пассивов ( $V_L$ ) банка НВКбанк.

этапе исследований было бы целесообразно более широко и детально изучить статистику пределов значений  $\sigma_{\Delta V}$  для различных групп банков. Можно предположить, что соответствующее исследование большего количества банков (например, всех банков, имевших лицензию в 2010 году) позволит оценить значения констант  $\underline{\sigma}$  и  $\bar{\sigma}$  таких, что при справедливости неравенства  $\sigma_{\Delta V} < \underline{\sigma}$  можно утверждать, что в среднесрочной перспективе у соответствующего банка лицензия не будет отозвана, а при справедливости неравенства  $\sigma_{\Delta V} > \bar{\sigma}$  можно утверждать, что в среднесрочной перспективе у соответствующего банка лицензия будет отозвана.

Кроме того, чтобы более точно и предметно определить время, размер и источник дисбаланса в деятельности банка, следует отдельно анализировать временные зависимости энтропий

постатейных распределений активов и пассивов. Именно методика расчета энтропии постатейных распределений, предложенная в данной работе, может дать ответ на поставленный вопрос. Более того, появляется возможность управлять энтропией банков, целенаправленно корректируя постатейные распределения активов и пассивов.

### Заключение

Применение энтропийного подхода к оценке равновесия постатейных распределений активов и пассивов бухгалтерского баланса существенно расширяет границы практического использования системных методов анализа и управления состоянием кредитно-финансовых организаций, поскольку установлена формализованная связь энтропии с распределением финансовых средств по статьям активов и пассивов.

В частности, в рамках проведенного исследования предложена методология расчета энтропии как интегрального параметра произвольных числовых рядов и приведены пилотные результаты его использования при анализе динамики состояния управляющей системы конкретных банков. Показано, что нарушение синхронности изменений энтропии активов и энтропии пассивов

указывает на возникновение дисбаланса в состоянии банка.

Принимая во внимание унимодальный характер зависимости энтропии от параметра неравномерности распределения, становится возможным локализовать причину дисбаланса и внести целевым образом коррективы в распределение средств активов и пассивов. ■

### Литература

1. Bertalanffy L. General System Theory. Foundations, Development, Applications. N.Y.: George Braziller Inc., 1968.
2. Лийв Э.Х. Инфодинамика. Обобщенная энтропия и неэнтропия. Таллин: Типография АО Юхисэлу, 1998.
3. Прангишвили И.В., Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Джавахадзе Г.С., Хуродзе Р.А. Системные закономерности и системная оптимизация. М.: СИНТЕГ, 2004.
4. Ashby W. Ross an introduction to cybernetics: Vol. I. London: Chapman & Hall Ltd. Second impression, 1957.
5. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. В 2 т.: Пер. с англ. М.: Мир, 1978.
6. Вильсон А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем: Пер. с англ. М.: Наука, 1978.
7. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса. Новый подход к статистической теории открытых систем. М.: Наука, 1990.
8. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987.
9. Королев О.Л., Кусый М.Ю., Сигал А.В. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике: монография. М.: ИНФРА-М, 2022. <https://doi.org/10.12737/1865188>.
10. Малинецкий Г.Г. Математический основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 7-е. М.: Эдиториал УРСС, 2012.
11. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии: Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
12. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в эконофизику. Статистические и динамические модели. М.—Ижевск: РХД, 2007.
13. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам: Пер. с англ. М.: Мир, 1991.
14. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике: Пер. с англ. М.: Издательство иностранной литературы, 1963.
15. Lorenz M.O. Methods of Measuring the Concentration of Wealth // Publications of the American Statistical Association. 1905. Vol. 9. P. 209–219.
16. Крянев А.В., Матохин В.В., Климанов С.Г. Статистические функции распределения ресурсов в экономике. М.: Препринт МИФИ, 1998.
17. Haritonov V.V., Kryanev A.V., Matokhin V.V. The adaptable potential of economic systems // International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology. 2008. Vol. 2. P. 131–145. <https://doi.org/10.1504/IJNGEE.2008.018332>
18. Пригожин И. Неравновесная статистическая механика, Пер. с англ. М.: Изд-во «МИР», 1964.
19. Крянев А.В., Матохин В.В., Харитонов В.В. Энтропийный метод мониторинга реализации экономических систем // Экономические стратегии. 2010. № 5. С. 58–63.
20. Antoniou I. [et al.] Analysis of resources distribution in economics based on entropy // Physica A. 2002. Vol. 304. P. 525–534. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(01\)00575-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(01)00575-1)
21. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, М: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
22. Каряев Е.В., Матохин В.В. Энтропийный «компас» для анализа бюджета экономической системы // Neftegaz.ru. 2021. № 5(113). С. 30–37.
23. Пачоли Л. Трактат о счетах и записях / Под ред. Я. Соколова. М.: Финансы и статистика, 2001.
24. Дорошенко М.Е. Анализ неравновесных состояний и процессов в макроэкономических моделях. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2000.
25. Сергеев В.М. Пределы рациональности. Термодинамический подход к теории термодинамического равновесия. М.: ФАЗИС, 1999.

## Об авторах

### Матохин Валентин Викторович

советник Генерального директора, Акционерное общество «ТЕКОРА», 117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 56, эт. 15, оф. 19-23;

E-mail: vmatokhin@tekora.ru

ORCID: 0000-0003-4447-8922

### Сигал Анатолий Викторович

доктор экономических наук, профессор;

профессор кафедры бизнес-информатики и математического моделирования, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, 295007, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4;

E-mail: ksavo3@cfuv.ru

ORCID: 0000-0003-2090-4464

# Entropy approach to the analysis of banks' balance sheets

## Valentin V. Matokhin<sup>a</sup>

E-mail: vmatokhin@tekora.ru

## Anatoliy V. Sigal<sup>b</sup>

E-mail: ksavo3@cfuv.ru

<sup>a</sup> Joint Stock Company "TEKORA"

Address: of. 19-23, fl. 15, 56, Profsoyuznaya Str., Moscow 117393, Russia

<sup>b</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Address: 4, Prospekt Vernadskogo, Simferopol 295007, Russia

## Abstract

Accounting ensures the collection and systematization of documented information about the facts of the economic life of enterprises and organizations. The information collected is systematized and formalized in various forms of reporting. One of the key forms of reporting is the balance sheet. The balance sheet is based on the principle of double entry, according to which each change in the financial resources of the organization is reflected in at least two accounts related assets and liabilities. Thus, the condition of the balance of the volumes of the generalized values of assets and liabilities is realized. The control element of the balance sheet is the equality of the values of assets and liabilities. However, this control element does not allow us to identify the systemic difference (diversity) of balance sheets with equality of distributed funds. Namely, the equality condition is integral in nature and its fulfillment is not related to the specific nature of item-by-item distributions, since, at a given size of the total cost of the balance sheet, the condition can be fulfilled by various options for the distribution of financial resources by assets and liabilities.

Therefore, within the framework of this article, an attempt has been made to introduce a new control element of the balance sheet, taking into account the uneven distribution of financial resources by assets and liabilities of credit and financial organizations.

**Keywords:** modeling, entropy, balance sheet, assets, liabilities

**Citation:** Matokhin V.V., Sigal A.V. (2023) Entropy approach to the analysis of banks' balance sheets. *Business Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 53–65. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.53.65

## References

1. Bertalanffy L. (1968) *General system theory. Foundations, development, applications*. N.Y.: George Braziller Inc.
2. Liiv E.Kh. (1998) *Infodynamics. Generalized entropy and negentropy*. Tallinn: Juhiselu printing house (in Russian).
3. Prangishvili I.V., Burkov V.N., Gorgidze I.A., Javakhadze G.S., Khurodze R.A. (2004) *System regularities and system optimization*. Moscow: SINTEG (in Russian).
4. Ashby W. Ross (1957) *An introduction to cybernetics: Vol. I*. London: Chapman & Hall Ltd. Second impression.
5. Balescu R. (1978) *Equilibrium and non-equilibrium statistical mechanics*. Moscow: Mir (in Russian).
6. Wilson A.J. (1978) *Entropy methods for modeling complex systems*. Moscow: Nauka (in Russian).
7. Klimontovich Yu.L. (1990) *Turbulent motion and the structure of chaos. A new approach to the statistical theory of open systems*. Moscow: Nauka (in Russian).
8. Kolmogorov A.N. (1987) *Information theory and theory of algorithms*. Moscow: Nauka (in Russian).
9. Korolev O.L., Kussy M.Yu., Sigal A.V. (2022) *Entropy in modeling decision-making processes in economics: monograph*. Moscow: INFRA-M (in Russian). <https://doi.org/10.12737/1865188>
10. Malinetsky G.G. (2012) *Mathematical foundations of synergetics: chaos, structures, computational experiment*. 7<sup>th</sup> ed. Moscow: Editorial URSS (in Russian).
11. Martin N., England J. (1988) *Mathematical theory of entropy*. Moscow: Mir (in Russian).
12. Romanovsky M.Yu., Romanovsky Yu.M. (2007) *Introduction to econophysics. Statistical and dynamic models*. Moscow–Izhevsk: RHD (in Russian).
13. Haken G. (1991) *Information and self-organization: A macroscopic approach to complex systems*. Moscow: Mir (in Russian).
14. Shannon K.E. (1963) *Works on information theory and cybernetics*. Moscow: IL (in Russian).
15. Lorenz M.O. (1905) Methods of measuring the concentration of wealth. *Publications of the American Statistical Association*, vol. 9, pp. 209–219.
16. Kryanev A.V., Matokhin V.V., Klimanov S.G. (1998) *Statistical functions of resource allocation in the economy*. Moscow: Preprint MEPhi (in Russian).
17. Haritonov V.V., Kryanev A.V., Matokhin V.V. (2008) The adaptable potential of economic systems. *International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology*, vol. 2, pp. 131–145. <https://doi.org/10.1504/IJNGEE.2008.018332>
18. Prigogine I. (1964) *Non-Equilibrium statistical mechanics*. Moscow: MIR (in Russian).
19. Kryanev A.V., Matokhin V.V., Haritonov V.V. (2010) Entropy method of monitoring the implementation of economic systems. *Economic strategies*, no. 5, pp. 58–63 (in Russian).
20. Antoniou I. [et al.] (2002) Analysis of resources distribution in economics based on entropy. *Physica A*, vol. 304, pp. 525–534. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(01\)00575-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(01)00575-1)
21. Landau L.D., Lifshits E.M. (2002) *Statistical physics*. Moscow: FIZMATLIT (in Russian).
22. Karyaev E.V., Matokhin V.V. (2021) Entropy “compass” for the analysis of the budget of the economic system. *Neftegaz.ru*, no. 5(113), pp. 30–37 (in Russian).
23. Pacioli L. (2001) *A Treatise on Accounts and Records*. Moscow: Finansy i statistika (in Russian).
24. Doroshenko M.E. (2000) *Analysis of nonequilibrium states and processes in macroeconomic models*. Moscow: Faculty of Economics at Moscow State University, TEIC (in Russian).
25. Sergeev V.M. (1999) *Limits of rationality. Thermodynamic approach to the theory of thermodynamic equilibrium*. Moscow: FAZIS (in Russian).

### About the authors

**Valentin V. Matokhin**

Advisor to the General Director, Joint Stock Company "TEKORA", of. 19-23, fl. 15, 56, Profsoyuznaya Str., Moscow 117393, Russia;

E-mail: vmatokhin@tekora.ru

ORCID: 0000-0003-4447-8922

**Anatoliy V. Sigal**

Dr. Sci. (Econ.), Professor;

Professor, Department of Business Informatics and Mathematical Modeling, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4, Vernadskogo Prospekt, Simferopol 295007, Russia;

E-mail: ksavo3@cfuv.ru

ORCID: 0000-0003-2090-4464