ВІСНИК ПРИАЗОВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2022р. **Серія: Технічні науки** **Вип. 44**
p-ISSN: 2225-6733; e-ISSN: 2519-271X

183 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 628.4.034 **doi: 10.32782/2225-6733.44.2022.6**

© Волошин В.С.*

ЧИ ВАРТО ШУКАТИ «ЗОЛОТІ ПРОПОРЦІЇ» ФІБОНАЧЧІ В ПРОЦЕСАХ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ

Робиться спроба пов'язати закономірності появи відходів в технологічних процесах із закономірностями відомої «золотої пропорції» Леонардо Фібоначчі, як системи оптимального розподілу енергії між її членами, і, враховуючи умови порівнянності між рівноправними членами в основній формулі ряду Фібоначчі, ввести в їх співвідношення умови оптимального осмисленого порівняння енергії, як основу для використання числа F = 1,618 або пов'язаних із ним з семантичного розширення концептуального змісту ряду Фібоначчі, що показано в роботі. Були упорядковані інші варіанти аналогової серії Фібоначчі для їх порівнянності з пропорціями між основними матеріальними компонентами типового технологічного процесу. Ряд прикладів реальних технологічних процесів показує різні співвідношення між числовими значеннями компонентів основних матеріальних та інших складових технологічного процесу: сировини, енергії, інформації, виробів і відходів, упорядкованих в залежності від відносності зміни їх ентропії в самому технологічному процесі. Показано, що відсутність таких пропорцій, в тому числі і як показник мінімального утворення відходів, має своє коріння в досліджуваному принципі термодинамічної двоєдності між компонентами сировини і енергією, що використовується в системі. Показано, що основою для появи в матеріальних потоках технологічного процесу відносин, близьких до числа Фібоначчі або аналогічних до нього залежностей у відповідному ряду, може бути лише подолання існування принципу термодинамічної двоєдності в технологічному процесі.

Ключові слова: *промислові відходи, система виробництва, числа Фібоначчі, золота пропорція, утворення мінімальних відходів, термодинамічна рівновага, термодинамічна двоєдність.*

V.S. Voloshyn. Should we look for Fibonacci's «golden ratio» in the processes of waste formation. *We are making an attempt to introduce the regularity of the appearance of waste in technological processes with the regularities of the well-known «golden ratio» of Leonardo Fibonacci. In this case, they are represented by a system of optimal energy distribution between the material components of the production system. The relationship between equal terms in the basic Formula of Fibonacci and components with optimal comparison of energy, as the basis for applying the number F = 1,618 or related to it in semantic expansion. Other variants of analog Fibonacci series are ordered in order to compare them with the proportions of the main material flows in a typical technological process. Various correlations between the numerical values of the main material and other components: raw materials, energy, information, products and waste, depending on their attitude to the change in their mutual entropy in a variety of technological processes, are shown. We have shown that the absence of such proportions, including indicators of minimal waste generation, has its roots in the principle of thermodynamic duality between the components of raw materials and the energy that is used in the system. We have shown that*

* *д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро,* rektor2591@gmail.com

the basis for the appearance in the material flows of the technological process of relations close to the number of Fibonacci or its analogues can only be the overcoming of the existence of the principle of thermodynamic duality.
Key words: *industrial waste, production system, Fibonacci numbers, golden ratio, generation of minimal waste, thermodynamic equilibrium, thermodynamic duality.*

Постановка проблеми. Все, що пов'язано з «золотою пропорцією» Фібоначчі, повинно мати свою логіку прагнення до досконалості. Принаймні, багато вчених інтерпретують цю залежність від середньовіччя до наших днів [1-3]. У популярній і навіть науковій літературі вона майже завжди абсолютизується, вважаючи «золоту пропорцію» найбільш гармонійним поєднанням форми, розміру, руху, вкладаючи в неї значення універсальності для самих різних систем: в живопису, архітектурі, в числових і геометричних фігурах, в русі океанічних хвиль і планет, в фізіології людини і найпотаємніших шарах квантової фізики і нейробіології. Було б неправильно не намагатися «перевірити гармонію алгеброю» щодо величезної різноманітності штучних технологій, створених протягом століть людиною, зокрема, в тій їх частині, яка ніким не спростовується як об'єктивна реальність, а саме в пропорціях системи p&w («продукція – відхід»), розуміючи, що, можливо, існує оптимальне співвідношення між обсягом виробленого корисного продукту та об'ємом отриманих відходів. Таке дослідження могло б наблизити нас до розуміння сенсу мінімально можливого рівня утворення відходів в технологічних процесах, якщо такі залежності існують в природі, а також до семантичного розуміння термінів «безвідходні» і «маловідходні» технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наближенням до істини, в даному випадку, можуть бути області будь-якої кількісної рівноваги, наприклад, баланс пропорцій, і взагалі рівноважний стан систем – геометричні, вагові, термодинамічні.

В першу чергу ми дотримуємося логіки тих творів, які не абсолютизують все, що пов'язано з «золотою пропорцією» та іншими «аналогами» ряду Фібоначчі в природі, архітектурі, антропології, образотворчому мистецтві [1-5]. Це дозволяє позбавитися від помилок або неточності в результатах і більш якісно інтерпретувати властивості таких послідовностей, яких, як відомо, крім ряду Фібоначчі, багато, наприклад, роботи [6-8].

Загальна формула послідовності, яка, *зокрема*, носить назву ряду Фібоначчі (позначається тут як FS – Fibonacci Series або Fibonacci Sequence, як і кому це буде зручно) має вигляд

$$X_i = \sum_{n=1}^{N} X_{i-n}. \quad (1)$$

Словосполучення «*зокрема*» тут вживається тільки тому, що послідовні ряди, в яких кожен наступний термін залежить від значень попередніх, існують в певній множині і не тільки до рядів Фібоначчі. Тут X_{i-n} – послідовність членів ряду, що попередують розрахованому X_i-ому; n – порядковий номер попереднього члена, включеного до суми для обчислення розміру нового i-го члену; N – розмірність суми членів для підрахунку чисел шуканого ряду.

Зрозуміло, що для ФС завжди $N = 2$. Але й тільки. Існують варіанти рядів, де $N > 2$. Задача також тривіальна, але вона дозволяє визначити деякі властивості таких нових рядів, які можуть стати в нагоді в прикладних дослідженнях. Тільки вже називати їх на честь Леонарда Фібоначчі можна з певною часткою уяви.

Але й сама ознака додавання у формулі (1) також не може претендувати на абсолютність в таких послідовностях. Інтерес представляють деякі інші «об'єднання» попередніх членів для визначення кожного наступного.

Мета роботи – зробити спробу об'єднати або знайти об'єднуючі зв'язки між значенням послідовності членів «золотої пропорції» і розумінням теоретичного мінімуму утворення відходів в процесах управління і мінімізації відходів у виробничих системах.

Виклад основного матеріалу. Є деякі дивовижні властивості цих послідовностей, включаючи FS, які зазвичай не беруться до уваги, хоча ці властивості емпірично використовуються в багатьох додатках.

1. Одна з основних, на думку автора, властивостей чисел у рядах типу FS, на які посилаються у відомій літературі, мабуть, полягає в оптимальній взаємній енергетичній залежності параметрів об'єктів, які позначаються членами FS: вони пов'язані мінімальною ентропією при

енергетичному обміні між об'єктами, формами, які позначені зв'язаними числами за правилом цього ряду. У літературі можна прочитати, що «золота пропорція» у вигляді FS є формою, що забезпечує розвиток процесів, позначених числами заданої послідовності, саме енергетично найменш витратним способом [3, 7, 8]. Правда, поки що це положення не має строгих доказів і підтверджується лише деякою практикою. Проте ця властивість успішно використовується.

2. Не менш важливою властивістю, характерною для ряду типу FS, є безперервність залежності властивостей кожного наступного члена ряду від властивостей двох його попередніх членів [6, 8], якщо кожен наступний член ряду має фізичний або інший зміст, узгоджений із попередніми. Для прикладних задач це може мати особливе значення. Властивості кожного i-го члена FS, X_i, повинні відповідати властивостям тих попередніх членів X_{i-1} і X_{i-2}, з яких складається це число, якими б не були ці властивості. Це теж гіпотеза, але, як і перша властивість, вона може мати право на існування і має безліч практичних підтверджень.

Цю властивість можна назвати об'єднанням характеристик об'єктів, які підкоряються правилам FS. Точніше було б приписати кожному наступному члену X_i таких рядів у вигляді об'єднання деякого n-ого числа попередніх членів за аналогічними для FS умовами, зокрема, зі збереженням властивостей попередніх членів X_{i-n} об'єднання з затребуваним цим наступним X_i, щоб

$$X_i = \cup_{n=1}^{N} X_{i-n}. \tag{2}$$

При цьому під знаком об‘єднання може бути не тільки додавання членів, їх накопичення, як в ряду Фібоначчі, але і їх множення, можливо, піднесення до ступеня. Специфіку таких рядів, зокрема, спадкоємність властивостей для кожного з членів ряду, буде збережено. Звичайно, не всі подібні ряди мають свій математичний зміст, що збігається з фізичним змістом аналогів такого ряду. Проте такі залежності не варто скидати з рахунків при вирішенні прикладних завдань.

3. Ще одна властивість, що пов'язана з FS, є наявність кореневого механізму для запуску рядів, аналогічних FS (рис. 1). Наприклад, при N = 2 кореневий механізм послідовності штучно містить всього два числа, що дорівнюють «0» і «1». Всі наступні числа з ряду визначаються вже за формулою (1) шляхом підсумовування двох попередніх. Для такого числового ряду, як відомо, $\varphi(2) = \Phi \to 1{,}618$. Загальне правило полягає в тому, що із збільшенням значення порядкових номерів чисел в послідовності, число Фібоначчі починається з $\varphi = 2$ і далі $\Phi = \varphi(2) \to 1{,}618$. Якби не $\varphi = 1{,}5$ число між членами з i= 3 і i=4. Далі, коли $i > 4$ число Φ стає передбачувано близьким до відомого значення 1, 618.

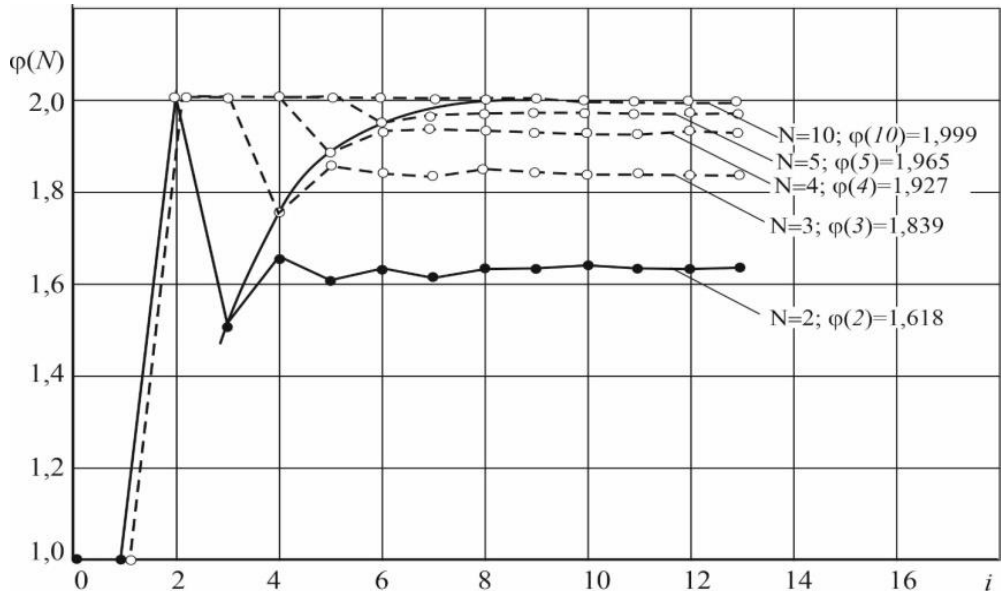

Рис. 1 – Коренева властивість запуску для FS і всіх його аналогів

p-ISSN: 2225-6733; e-ISSN: 2519-271X

При N = 3 кореневий механізм містить вже два числа, що дорівнюють «0», і одне число, рівне «1». І надалі всі наступні члени розраховуються за формулою (1). Кореневий механізм пов'язаний з аномальними значеннями самого числа Фібоначчі, що дорівнює $\varphi(3) = 1{,}839$. При $N = 4$ в кореневому механізмі ряду вже три числа, що дорівнюють «0», і одне число, рівне «1», а потім все за порядком формули (1). Але відношення наступних членів до попереднього дорівнює $\varphi(4) = 1{,}927$. І так далі, в напрямку $\varphi(N \to \infty) \to 2{,}0$.

Побудуємо умовні ряди Фібоначчі для $N = 2, N = 3, N = 4$ і $N = 5$ (таблиця 1). Традиційно позначимо число Фібоначчі як (Φ), а його аналоги $N > 2$ як (φ).

Таблиця 1

Умовні ряди, аналоги FS і відповідні їм – число Фібоначчі (Φ) і його аналоги (φ) для $N > 2$

	x_0	x_1	x_2	x_3		x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}
N=2	0	1	1	2		3	5	8	13	21	34	55	89	144	233
Φ(2)			1	2		1,5	1,666	1,6	1,625	1,615	1,619	1,617	1,618	1,618	**1,618**
N=3	0	1	1	2		4	7	13	24	44	81	149	274	504	927
$\varphi(3)$			1	2		2	1,75	1,857	1,846	1,833	1,841	1,839	1,839	1,839	**1,839**
N=4	0	1	1	2		4	8	15	29	56	108	208	401	773	1490
$\varphi(4)$			1	2		2	2	1,875	1,933	1,931	1,929	1,926	1,927	1,927	**1,927**
N=5	0	1	1	2		4	8	16	31	61	120	236	464	912	1793
$\varphi(5)$			1	2		2	2	2	1,938	1,968	1,967	1,967	1,967	1,966	**1,966**

Ця властивість, як показав В. Кучин в своїх пірамідах [6], може відображати кумулятивний (за властивостями) характер наступних членів аналогів FS по відношенню до попередніх. Кожен наступний член такого ряду за прямим призначенням акумулює властивості кожного з N запрограмованих попередніх, а так як можна припустити, що цією властивістю володіють і попередні члени ряду, то FS і його аналоги виступають системними закономірностями кумулятивних властивостей, що притаманні властивостям самого ряду.

Будь-яке накопичення в будь-якій системі – це збільшення, послідовне доповнення, навіть множення, наприклад, для деяких прогресій. Те ж саме стосується і рядів-аналогів FS.

При цьому виникає питання: властивості якої частини членів рядів-аналогів FS накопичує кожен наступний член ряду? Наприклад, кожен наступний член FS накопичує якості двох попередніх. Але для FS аналогових рядів з $N \gg 2$ ці залежності можуть бути більш складними, з математичним доведенням того, що будь-який i -й член ряду містить сліди властивостей попередніх, включаючи навіть властивості найпершого члена.

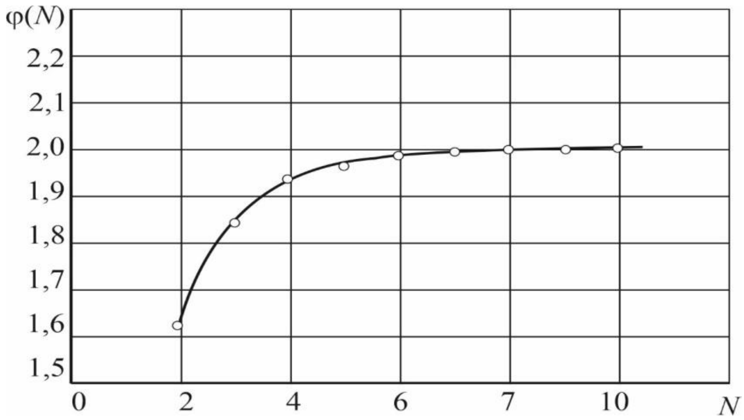

Рис. 2 – Залежність числа Фібоначчі для аналогової серії FS від порядкового числа N його інтегровних членів

Відоме число Фібоначчі $\Phi = 1{,}618$. Воно відповідає порядку суми накопичення $N = 2$. Зі збільшенням $N > 2$ аналогів числа Фібоначчі вони мають стійку тенденцію до залежності своїх аналогів: $\varphi \to 2$ (рис. 2). Правда, це вже не зовсім числа Фібоначчі, але, згідно з традицією, вони можуть використовуватися під цією назвою з відповідним індексом $\varphi(N)$. Зокрема, саме число

p-ISSN: 2225-6733; e-ISSN: 2519-271X

Фібоначчі можна записати так, як це $\Phi(2) = 1{,}618$ і означає, що сума кожного наступного члена FS набирається з двох попередніх членів. А позначення $\varphi(5) = 1{,}966$ (див. рис. 2) позначає число, аналогічне числу Ф таке, що сума кожного наступного члену ряду отримується з п'яти його попередніх членів, а відношення кожного наступного члена до попереднього з ряду вже буде дорівнює 1, 966. З ростом значення N , число Фібоначчі асимптотично наближається до значення $\varphi(N \to \infty) = 2{,}0$.

Розглянемо ці особливості таких рядів на прикладі процесів утворення відходів у всьому різноманітті виробничих систем і технологічних процесів, спрямованих на отримання товарної продукції і супутніх відходів.

У прикладному аспекті нас можуть зацікавити тільки члени такого ряду з накопичувальним об'ємом $N \geq 2$ одиниць. Тобто системи, в яких кожен член послідовності числового ряду, який вони позначають, складається з числа попередніх членів числом N, яке збігається з кількістю об'єктів, що належать до системи. А їх числове значення, наприклад, може відображати компонентність матеріальних потоків або кількісну масову характеристику, або інше.

Для системи «psw» (продукт-відходи) моделі-аналоги FS застосовуються саме з позицій послідовності накопичення результатів, наприклад, коли із загальної номенклатури компонентів сировини (S) одна їх частина отримує якість товару (P), а інша частина – якість непотрібного продукту (O) [9]. Для такої моделі кожний наступний член ряду може бути представлений вихідною багатокомпонентною сировиною. Наприклад, у випадку з FS компоненти сировини збігаються з числом $N = 2$ з формули (1). Тоді властивості сировини є відображенням наступного члена FS X_i , співпадають з властивостями попередніх членів, тобто компонентів, позначених як X_{i-1} і X_{i-2}, кожен з яких в силу закладених правил і технологій перетворюється або в продукт, або у відхід. З такого числового ряду практично завжди можна виділити комбінації, відповідні багатокомпонентній сировині для будь-якого технологічного процесу. Саме тут має значення параметр $N > 2$, розмір якого повинен відповідати кількості складових матеріальних потоків, що беруть участь в технологічному процесі.

Ще одним варіантом складових для таких випадків можна прийняти кількість видів матеріальних потоків, які супроводжують дану виробничу систему. До таких складових відносяться:

- сировинна база технологічного процесу (позначається як S);
- виробнича база технологічного процесу (P);
- база відходів (O);
- джерела енергії (E);
- інформація всіх видів, яка забезпечує власне технологічний процес (I).

Якщо кожному з цих потоків присвоїти деяку відповідність числовому ряду, який побудований відповідним чином, і позначити цей ряд як умову мінімізації опосередованих змін для всіх матеріальних потоків, можна отримати умовну послідовність типу

S; P; O; E; I.

Ця послідовність повинна мати своє логічне значення, як числові значення параметрів відповідних матеріальних потоків, а, в ідеальному випадку, повинна бути порівняння з деякою групою чисел відповідного аналога FS. Судячи з першої з властивостей, про які ми згадували раніше, то для такої послідовності чисел при відображенні матеріальних потоків можливо виконати умову послідовного мінімуму ентропії в напрямку від попереднього члена ряду до наступного.

Ще раз підкреслимо, що дана закономірність носить характер гіпотези і, можливо, зможе мати докази на прикладах таких систем, як «psw», якій присвячена ця робота. В якості числових значень членів ряду можна взяти їх компонентний склад, як елементи відповідного матеріального потоку, або його масове значення. Також можливі похідні від зміни ентропії системи або окремих її членів, що особливо важливе, якщо враховувати роль ентропійних процесів в системах утворення відходів [9].

Безумовно, мінімальна зміна ентропії відноситься до інформаційного потоку (I) . Максимум – до непідготовленої сировини (S). Виробництво (P) є найбільш якісним, з точки зору перетворення енергії, процесом на відміну від виробництва відходів (O) [9], а тому в числовому ряду має бути вище за якістю споживаної для цього енергії. При таких умовах числовий ряд, відповідний розподіленим матеріально-інформаційним потокам в порядку зростання ентропії, виглядає наступним чином:

$$\text{I; E; P; O; S.} \quad (3)$$

Але навіть поза аргументом на користь оптимального енергетичного співвідношення в таких системах, нам може допомогти властивість послідовного накопичення кожним членом досліджуваного ряду якостей його попередніх членів.

Присвоїмо йому властивості аналога ряду Фібоначчі для $N = 4$. Тобто кожен наступний член ряду складається з суми чотирьох, що обліковуються за попередньою формулою (1). При цьому стан матеріального балансу в конкретному технологічному процесі, тобто $x_5 = x_4 + x_3 + x_2 + x_1$ повинен бути дотриманий. У нашому випадку це співвідношення $S = O + P + E + I$. Як випливає з головного правила рядів-аналогів FS:

$$\begin{cases} x_2 = \varphi(4) \cdot x_1 \\ x_3 = \varphi(4)x_2 = \varphi(4)^2 \cdot x_1 \\ x_4 = \varphi(4)x_3 = \varphi(4)^3 \cdot x_1 \\ x_5 = \varphi(4)x_2 = \varphi(4)^4 \cdot x_1 \end{cases} \quad (4)$$

Складемо формалізовану таблицю членів такого ряду і спробуємо визначити деякі його властивості, які можуть виявитися корисними в даному дослідженні (табл. 2).

Таблиця 2

Деякі ряди чисел, аналоги FS по відношенню до умов виробничих систем (за виразами (4))

	Інформація, +I (x_1)	Енергія, +E (x_2)	Продукція, +P (x_3)	Відход, +O (x_4)	Сировина, =S (x_5)
Ф(2)=1,618; ($x_5 = x_4 + x_3$)	-	-	+1	+1,618	=2,618
$\varphi(3)$=1,899; ($x_5 = x_4 + x_3 + x_2$)	-	+1	+1,839	+3,381	=6,219
$\varphi(4)$=1,928; ($x_5 = x_4 + x_3 + x_2 + x_1$)	+1	+1,928	+3,717	+7,167	=13,817

Тут $\varphi(3)$=1,839 відноситься до аналізу матеріальних потоків, а $\varphi(4)$=1,928 відноситься до аналізу як матеріальних, так і інформаційних потоків.

Що стосується реальних матеріальних потоків конкретних галузей, то порівняння числових рядів типу (3) представлено в табл. 3. При найбільш загальному розгляді очевидно, що немає тісного зв'язку ряду послідовності типу (3) з рядами-аналогами FS. Розкид даних свідчить про неправильність таких порівнянь і складає неприйнятні від 62% до 269% по всіх числах ряду, і від 76% до 227%, по ряду $\frac{O/S}{x_2/x_4}$ та $\frac{O/S}{x_4/x_5}$, що показує, яка частина відходів належить до сировини.

Таблиця 3

Порівняльні значення ряду-аналога FS для $N = 3$ в залежності від змін зростання ентропії кожної матеріальної складової для деяких технологічних процесів

Характер виробництва↓		Відносність зміни ентропії для кожної складової матеріального потоку, долі одиниці.			
Вид матеріального потоку→		Енергія,+E, ($\pm\Delta^{\text{E}}_{\text{откл}}$, %)	Продукція,+P ($\pm\Delta^{P}_{\text{откл}}$, %)	Відход,+O ($\pm\Delta^{O}_{\text{откл}}$, %)	Сировина,=S ($\pm\Delta^{S}_{\text{откл}}$, %)
$\varphi(3)$=1,899; (E+P+O = S)→		+1	+1,839	+3,381	=6,219
Витоки параметру→	теор.	(x_1/x_4)	(x_2/x_4)	(x_3/x_4)	(x_4/x_4)
	факт.	$\Delta(\delta s_E)/\Delta(\delta s_S)$	$\Delta(\delta s_E)/\Delta(\delta s_S)$	$\Delta(\delta s_E)/\Delta(\delta s_S)$	$\Delta(\delta s_E)/\Delta(\delta s_S)$

p-ISSN: 2225-6733; e-ISSN: 2519-271X

Продовження таблиці 3

Характер виробництва↓		Відносність зміни ентропії для кожної складової матеріального потоку, долі одиниці.			
Вид матеріального потоку→		Енергія,+Е, ($\pm\Delta^{\mathrm{E}}_{\text{откл}}$, %)	Вид матеріального потоку→	Енергія,+Е, ($\pm\Delta^{\mathrm{E}}_{\text{откл}}$, %)	Вид матеріального потоку→
Виробництво сталі	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	4311/6248=0,69 (+328%)	4854/6248=0,777 (+163%)	2049/6248=0,328 (-65,5%)	6248/6248=1,0 (0%)
Виробництво чавуну	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	3872/12024=0,3 (+86,3%)	5867/12024=0,49 (+66,1%)	6144/12024=0,511 (-6,3%)	12024/12024=1,0 (0%)
Виробництво зернової муки	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	94,6/485=0,195 (+21,1%)	144,9/484,7=0,29 (+1,3%)	217,6/484,7=0,449 (-20,9%)	484,7/484,7=1,0 (0%)
Виробництво цементу	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	947/4761=0,199 (+23,6%)	2632/4761=0,553 (+87,5%)	2290/4761=0,481 (-12,9)	4671/4761=1,0 (0)
Виробництво вогнеруку	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	596/3119=0,191 (+18,6%)	1032/3119=0,331 (+12,2%)	1504/3119=0,481 (-6,2%)	3119/3119=1,0 (0)
Будівництво дорожн.полотна	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	2977/9452=0,315 (+95,7%)	5822/9452=0,616 (+108,8%)	4641/9452=0,491 (-10,5%)	9452/9452=1,0
Випічка хлібобулочних виробів	теор.	0,161	+0,295	+0,543	=1,0
	факт.	30,7/221=0,139 (-15,9%)	77,1/221=0,349 (+18,3%)	104,3/221=0,472 (-15,0%)	221/221=1,0 (0)

У цьому порівнянні цікавим є співвідношення виду (O/S) для систем «psw» (виробництво-відходи) і умовного числа-аналога Фібоначчі, наприклад, $(\varphi(2/4) = x_2/x_4)$. Співвідношення $\frac{O/S}{x_2/x_4}>1$, за логікою, свідчить про надмірне утворення відходів в тій чи іншій системі, і, навпаки, $\frac{O/S}{x_2/x_4} < 1$ свідчить про цілком прийнятну витрату сировини в технологічному процесі. Значення $\frac{O/S}{x_2/x_4} \to min$ може означати наближення до теоретичного мінімуму в процесі відходоутворення.

Очевидно, що в більшості випадків порівняння розглянутих параметрів на відповідність рядам-аналогам FS далеко не зовсім вдале. За невеликим винятком теоретично обґрунтовані значення коефіцієнтів-аналогів числа Фібоначчі, не збігаються, а розбіжність досягає десятків відсотків. Проте загальна закономірність для окремих технологічних процесів, наприклад, для технологій виробництва муки, хлібобулочних виробів, вогнеруку та ін., може бути очевидною, хоча і не універсальною. Супротив технологіям металургійного виробу, дорожнього полотна та ін.

Може бути зацікавою поведінка параметрів, в даному випадку, кількісні значення відходів в порівнянні з сировинною базою і з виробництвом готової продукції з точки зору стану конкретної технології в кількісних показниках ряду Фібоначчі. Як приклад, показаний матеріальний баланс опосередованої конверторної плавки у співвідношенні до однакових показників для технологіх виробництв борошна (табл. 4). Для уточнення: технологією виробництва борошна передбачається процес зберігання зерна, його підтримка (сушка, суспензія, очищення зерна, сегрегація, структурний аналіз), підготовка до подрібнення (формування помольних партій зерна), помол зерна (одноразовий і повторюваний) на валкових машинах.

p-ISSN: 2225-6733; e-ISSN: 2519-271X

Таблиця 4

Серединний матеріальний баланс плавки конвертера та виробництва борошна, приведених до 1 тони відповідної сировини, та розрахункові дані щодо доведення $\varphi(3)$-пропорцій

Виробництво сталі				Борошномельне виробництво			
Прибуткова частина балансу, на одиницю сировини			$\Delta(\delta s)10^4$ *кДж/кг*К*	Прибуткова частина балансу, на одиницю сировини			$\Delta(\delta s)10^4$ *кДж/кг*К*
СИРОВИНА, у т. ч.		1,000		**СИРОВИНА**, у т.ч.		1,000	8,613
1	чавун рідкий	0,719	10,101	1	Сире зерно	0,78	8,349
2	металевий брухт	0,218	4,992	2	Зерно-бове насіння	0,14	8,41
4	Лайм	0,053	1,41	3	Вода кондиційна	0,08	1,264
5	феросплави та лігатура	0,0075	3,772	$\sum[\boldsymbol{S}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		$7{,}79074\cdot10^4$	
7	шлак міксера	0,00016	14,542	**ВІДХОДИ, (О)** у т. ч:		0,172	0,099
6	накип металобрухту на стінках	0,00145	21,05	1	Домішки і відходи зернових і бур'янів	0,014	1,389
8	Забруднення металобрухту	0,0015	31,823	3	Втрати на фасування борошна	0,03	3,964
$\sum[\boldsymbol{S}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		**8,486·** $\boldsymbol{10^4}$		2	Борошняний пил і кормове борошно	0,014	7,112
ВІДХОДИ, (О) у т. ч:		**0,33521**	**29,278**	4	Висівки	0,09	0,641
				5	Полова	0,021	2,95
1	Конвертерн. шлак, у т.ч. додатково: металеві корольки - гарнісаж конвертерн.-	0,2254 0,0065 0,0020	44,293 23,337 27,451	6	Втрати від псування зерна через кліматичні та сезонні умови	0,09	47,247
2	конвертерні гази	0,03071	31,296	7	Відходи полови	0,003	0,064
3	Конвертерний пил	0,0441	24,719	8	Металева доміш	0,000003	0,095
4	викиди та видал. металу	0,006	8,177	$\sum[\mathrm{O}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		4,60996· 10^4	
5	металл. корольки в шлаці	0,0095	23,337	**ПРОДУКЦІЯ**, у т. ч.		0,828	

Продовження таблиці 4

Виробництво сталі				Борошномельне виробництво			
Прибуткова частина балансу, на одиницю сировини			$\Delta(\delta s)10^4$ *кДж/кг*К*	Прибуткова частина балансу, на одиницю сировини			$\Delta(\delta s)10^4$ *кДж/кг*К*
6	гарнісаж конертерний в шлаці	0,011	23,835	1	Борошно сортове	0,738	
ВСЬОГО:		1,0988		2	Крупка, дунсти для переробки.	0,09	
$\sum[\mathrm{O}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		$\mathbf{12,7741\cdot 10^4}$		$\sum[\mathrm{P}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		3,9773· 10^4	
ПРОДУКЦІЯ, **(Р)** у т.ч.:		0,8634	$\Delta(\delta s)\cdot 10^4$*	ЕНЕРГІЯ в перерахунку на · 10^4 кВт*ч/кг сировини		**0,0834**	**0,049**
1	Рідкий метал	**0,8634**	**4,444**	1	Теплова	0,0618	9,149
$\sum[\mathrm{P}\cdot\Delta(\boldsymbol{\delta s})]$		**3,837· 10^4**		2	Механічна (ударна та фрікційна)	0,0216	3,112
ЕНЕРГІЯ, Е у т.ч.:		**0,0988**	**0,46**	$\sum[\mathrm{E}\cdot\Delta(\delta s)]$		0,632627· 10^4	
1	Кисень наддув.	0,0646	0,45	**ВСЬОГО:**		**1,0834**	
2	Електрика забезпечення	0,0342	0,01				
$\sum[\mathrm{E}\cdot\Delta(\delta s)]$		**0,0294· 10^4**					
ВСЬОГО:		**1,0988**					

Розрахункові дані									
1	O/S	0,3351	P/S	0,8634	1	O/S	0,172	P/S	0,828
2	$(\frac{O/S}{x_2/x_4})$**	0,182	$(\frac{P/S}{x_3/x_4})$***	0,2554	2	$(\frac{O/S}{x_2/x_4})$**	0,0936	$(\frac{P/S}{x_3/x_4})$***	0,2449

*-одиниця виміру величини значення зміни зростання ентропії компонента кДж/(кг· К)

- тут значення $\frac{x_2}{x_4}=1{,}839$ для умовного числа Фібоначчі $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{3})$=1,839**

***-тут значення $\frac{x_3}{x_4}=3{,}381$ для умовного числа Фібоначчі $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{3})$**=1,839**

Нас буде цікавити співвідношення $\frac{O/S}{x_2/x_4}$ для цього виду технологій. Як виходить з табл. 3, це співвідношення відрізняється від теоретичного у 0,295/0,1222=2,4 рази, що занадто далеко від передбаченого стану. На той же час співвідношення $\frac{P/S}{x_3/x_4}=0{,}255$ відрізняється від теоретично можливого у 0,543/0,255=2,12 рази, що також не відповідає теоретично обґрунтованому рівню.

Розглянемо, як порівнюється такий показник, як $X\cdot\Delta(\delta s)$, що відображає односпрямовані симплекс-приведені зміни ентропії для різних матеріальних потоків з послідовності (3). Тут X - відносний кількісний показник для послідовності матеріальних потоків (3) (табл. 4). Борошномельне виробництво, в даному випадку, розглядається як більш збалансоване за матеріальними потоками і їх енергетичною цінністю для виробництва. Це показує на те, що кількість відходів при даній технології зводиться до мінімуму, по можливості, в деякий ліміт від загального обсягу матеріального ресурсу технології, що змінюється.

Таблиця 5

Порівняльні дані односпрямованих симплекс-заданих змін ентропії для різних матеріальних потоків з послідовності (3)

№№	Виробництво сталі		Борошномельне виробництво	
1	Сировина, S_1	$8{,}486 \cdot 10^4$	Сировина, S_2	$7{,}79074 \cdot 10^4$
2	Відходи O_1	$12{,}774 \cdot 10^4$	Відходи, O_2	$4{,}60996 \cdot 10^4$
3	Продукція, P_1	$3{,}837 \cdot 10^4$	Продукція, P_2	$3{,}9773 \cdot 10^4$
4	Енергія, E_1	$0{,}294 \cdot 10^4$	Енергія, E_2	$0{,}632627 \cdot 10^4$

Очевидно, що послідовність $S_2 \to O_2 \to P_2 \to E_2$ більш прийнятна для її опису основною формулою (1) послідовності Фібоначчі (табл. 5). Це не підтримує фактичне число F=1,618, тобто ми маємо справу з деяким наближенням до послідовності FS, яке має властивості, викладені вище. Послідовність $S_1 \to O_1 \to P_1 \to E_1$ більш складна і явно не схожа на ряд Фібоначчі в будь-якому з його властивостей. Але в той же час властивості цих чисел дозволяють аналізувати їх з точки зору власне технологічного процесу.

Отримані залежності між односпрямованою симплекс-приведеною зміною ентропії для матеріальних потоків утворення відходів і отриманого корисного продукту, відповідно, дозволяють оцінити їх з позицій принципу термодинамічної подвійності, що описаний в роботі [9], як нерівнозначні на користь технологічного процесу отримання борошна супроти технологічного процесу виробництва сталі. В роботі [9] показано, що завдяки принципу термодинамічної подвійності у виробничій системі створюються умови для окремих, але взаємопов'язаних процесів отримання корисних продуктів і утворення відходів. Отримані дані (див. табл. 4, 5) дозволяють оцінити порівнянність параметрів ряду (3) з пропорціями Фібоначчі не на користь їх сумісності. Причину цього слід визначати в явному дисбалансі показників односпрямованої симплекс-керованої зміни ентропії для процесів утворення відходів. Вони мають значення суттєво вищі ніж такі самі показники для отримання продукції, при тому що, в чисельному стані, на порядок відрізняються в порівнянні з типовими значеннями термінів ряду Фібоначчі тощо. Можна зробити висновок про надлишок потужностей з утворення відходів для даної технології і запропонувати напрямок мінімізації відходів в сталеплавильному виробництві. Якщо значення утворення відходів досягнуті в межах свого мінімуму, можливі спроби такого порівняння.

Це свідчить про те, що не існує оптимального співвідношення проміж чисельними компонентами різних матеріальних складових технологічного процесу, відповідно до того, як це існує в рядах типу FS. Можна припустити, що тільки мінімізація умов появи цього принципу може в граничному вираженні стати підставою для появи в матеріальних потоках технологічного процесу відносин, близьких до пропорції Фібоначчі, або пов'язаних з нею залежностей у відповідних рядах. Тим не менш, співвідношення $\varphi(N)$ має бути недосяжною метою для кожного технологічного процесу, якщо розцінювати його з позицій співвідношення «p$\mathcal{s}w$».

Висновки

Таким чином, слід визнати, що аргументів на користь дуже привабливого рішення розглядати числові значення «золотої пропорції», хоча б в деякому наближенні, в якості універсального критерія мінімуму утворення відходів в технологічних процесах не існує. Існуюче різноманіття технологій дає підстави вважати, що для деяких з них співвідношення компонентів сировини, відходів і продуктів, в якійсь послідовності, може наближатися і навіть корелювати з числом Фібоначчі або пов'язаними з ним числами $\varphi(N), N > 2$, але це лише непрямі наближення, що вказують на відсутність точного співвідношення у відповідності «золотій пропорції» як критерію мінімального утворення відходів. Причина цього бачиться в існуванні непохитного принципу термодинамічної двуєдності як основи нерівномірного розподілу ентропії в енергетиці технологічних процесів. Цей висновок, хоч б і опосередковано, свідчить про те, що оптимальні енергетично-ентропійні співвідношення для кількості відходів та інших матеріальних потоків не можуть базуватися на правилах «золотої пропорції», як корельованих між собою членів ряду Фібоначчі та його аналогу.

Перелік використаних джерел:

1. Радзюкевич А.В. Красивая сказка о «золотом сечении» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954.
2. Зубов В.П. Архитектурная теория Альберти / В.П. Зубов. – Санкт-Петербург : Алетейя, 2001. – 464 с.
3. Тиммердинг Г.Е. Золотое сечение: пер. с нем. / Г.Е. Тиммердинг; под ред. Г. М. Фихтенгольца. – 2-е изд. – М. : КомКнига, 2005. – 88 с.
4. Ермакова С.В. Антропометрический атлас / С.В. Ермакова, Т.П. Подставкина, А.Н. Строкина. – М.: ВНИИТЭ, 1977. – 138 с.
5. Ле Корбюзье. Модулор / Ле Корбюзье. – М. : Стройиздат, 1976. – 239 с.
6. Кучин В. Пирамида чисел Фибоначчи-Кучина / В. Кучин. – М. : Литагент, 2020. – 179 с.
7. Аракелян Г. Математика и история золотого сечения / Г. Аракелян. – М. : Логос, 2014. – 404 с.
8. Воробьёв Н.Н. Числа Фибоначчи / Н.Н. Воробьев. – М. : Наука, 1969. – 112 с.
9. Волошин В.С. Природа отходообразования / В.С. Волошин. – Мариуполь: Рената, 2007. – 666 с.

References:

1. Radziukevich A.V. *Krasivaia skazka o «zolotom sechenii»* (A beautiful fairy tale about the «golden section») Available at: www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954 (accessed 15 February 2022). (Rus.)
2. Zubov V.P. *Arkhitekturnaia teoriia Al'berti* [Alberti's architectural theory]. St. Petersburg, Aleteiia Publ., 2001. 464 p. (Rus.)
3. Timmerding G.E. *Zolotoe sechenie* [Golden ratio]. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 88 p. (Rus.)
4. Ermakova S.V., Podstavkina T.P., Strokina A.N. *Antropometricheskii atlas* [Anthropometric atlas]. Moscow, VNIITE Publ., 1977. 138 p. (Rus.)
5. Le Korbiuz'e. *Modulor* [Modulator]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1976. 239 p. (Rus.)
6. Kuchin V. *Piramida chisel Fibonachchi-Kuchina* [Pyramid of Fibonacci-Kuchin numbers]. Moscow, Litagent Publ., 2020. 179 p. (Rus.)
7. Arakelian G. *Matematika i istoriia zolotogo secheniia* [Mathematics and history of the golden section]. Moscow, Logos Publ., 2014. 404 p. (Rus.)
8. Vorob'ev N.N. *Chisla Fibonachchi* [Fibonacci numbers]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 112 p. (Rus.)
9. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [The nature of waste generation]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p.

Рецензент: О.А. Хлестова
канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 07.03.2022

УДК 628.16:620.17.3 **doi: 10.32782/2225-6733.44.2022.7**

© Волошин В.С.*

ДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ ТА УПРАВЛІННЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНИМИ СТРУКТУРАМИ ВОДИ

Кластерна структура води є визнаною основою для вивчення особливих властивостей цієї рідини і, зокрема, при її взаємодії з біологічними системами. Зроблена спроба виявити закономірності появи недовговічних кластерних надмолекулярних

* *д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь,* rektor2591@gmail.com