

**ВЛАСТИВОСТІ СУМІЖНОГО ХАОСУ
ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДХОДОТВІРНИХ СИСТЕМ**

Роботу присвячено питанням управління промисловими відходами. В основу покладено закономірності систем типу «р.δw» з огляду їх поведінки на межі нерівноважності. Розглянуто функцію співвідношення продукція-відходи для численних виробничих систем і різних технологічних процесів щодо визначення областей стійкості і нестійкості таких систем. На прикладі процесу окислення вуглецю з металу в конвертерній плавці показано подібні області та їх відношення до процесів появи певної номенклатури вуглецевмісних відходів в цьому технологічному процесі. На підставі припущення про те, що процеси отримання товарної продукції й утворення відходів у будь-яких виробничих системах межують між собою в області термодинамічної нерівноважності, застосовано рівняння Л. Онсагера, які дозволили побудувати залежності показників утворення відходів і виробництва корисної продукції як функцію їх термодинамічної двоєдності з вказівкою області теоретичного мінімального рівня утворення відходів, характерного для конкретного технологічного процесу або певної виробничої системи. Показано, що термодинамічні залежності, що визначають поведінку будь-якої товароутвірної системи відносно її співвідношення «р.δw», дають можливість оцінити міру динамізму таких систем незалежно від їх приналежності, в напрямку від стану повної їх керованості до стану динамічного хаосу за цим співвідношенням, чим і визначаються загальні функціональні можливості таких систем, зокрема, для мінімізації відходів.

Ключові слова: виробнича система, відхід, термодинамічна нерівноважність, ентропія, стійкість системи, мінімальний рівень утворення відходів, термодинамічний хаос, термодинамічна двоєдність.

V.S. Voloshyn. Properties of adjacent chaos for industrial waste-generating systems. The work is devoted to the issues of industrial waste management. It is based on the laws of systems of the type «p.δw» in view of their behavior on the verge of imbalance. The function of the product-waste ratio for numerous production systems and various technological processes to determine the areas of stability and instability of such systems is considered. The example of the process of oxidation of carbon from metal in the converter melting shows similar areas and their relationship to the processes of emergence of a certain range of carbon-containing waste in this process. Based on the assumption that the processes of obtaining marketable products and waste generation in any production system are adjacent in the field of thermodynamic imbalance, L. Onsager's equation was used, which allowed to build dependences of waste generation and useful products as a function of their thermodynamic duality indicating the area of the theoretical minimum level of waste generation, specific to a particular process or a particular production system. It is shown that the thermodynamic dependences that determine the behavior of any commodity system relative to its ratio "p.δw" make it possible to assess the degree of dynamism of such systems regardless of their affiliation, in the direction from their complete controllability to a state of dynamic chaos. the general functionalities of such systems are determined, in particular, for waste minimization.

Key words: production system, waste, thermodynamic imbalance, entropy, stability of the system, minimum level of waste generation, thermodynamic chaos, thermodynamic duality.

* д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, rector@pstu.edu

Постановка проблеми. Нерозривними складовими для будь-якого виробництва є одночасне отримання корисної продукції й утворення відходів, тобто непотрібної продукції. Ця одночасність є нерозривною складовою будь-якого технологічного процесу незалежно від його змісту. При цьому, як правило, розвиток технологічних процесів, стан технічних систем, що забезпечують їх, ефективність використання джерел енергії для реалізації таких процесів спрямовані на поліпшення якості отриманої продукції, підвищення ефективності власне технологічного процесу, але не мають жодного відношення до питань мінімізації відходів у цих виробничих системах. Ця галузь знань відірвана від інших технологічних завдань і розглядається відокремлено, незалежно від самого процесу виробництва, хоча механізми отримання продукції відходів у будь-якому технологічному процесі мають спільні джерела й підпорядковуються єдиним законамирностям для конкретної технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що співвідношення типу «продукція-відходи» (позначимо як «р:w») у виробничих системах, як правило, керовані і є далекими від нерегульованого стану. Проте, можна показати, що в них закладені начала нестійкої динаміки, що відіграють свою роль в утворенні відходів у будь-якій з систем, які виробляють товарну продукцію. Як правило, такі дослідження не застосовуються відносно систем типу «р:w» [1-4], а самі системи не розглядаються з позицій термодинамічної нестійкості, рівновагості і впливу на процеси отримання продукції й відходів. Щоб зрозуміти термодинаміку процесів утворення відходів, виконана спроба використати властивості стану послідовного хаосу стосовно таких систем.

Мета роботи – дослідити закономірності процесів утворення відходів на межі термодинамічної нерівновагості, як функцію їх нерозривності і двоєдності при отриманні корисної продукції і утворення відходів в межах мінімальної керованості виробничою системою.

Виклад основного матеріалу. Спочатку розглянемо в сукупності функцію розвитку виробничої системи типу «р:w» як вираз $F(x) = f(x) + \varphi(x)$, де доданок $f(x)$ відповідає напрацюванню корисної речовини («прибутку», за І. Пригожиним [5]), а $-\varphi(x)$ – функція, що відповідає відтоку речовини з системи (відходи). Нас в цьому випадку цікавитиме напрямок розвитку виробничого процесу або в бік виробництва корисної продукції, що дає прибуток, або в бік утворення даремних відходів. Очевидно, що цей напрямок буде залежати від умов термодинамічної рівноваги для реакцій і технологічних процесів, що відбуваються в кожній окремій системі, і визначатиме суму речовин, корисно перетворених і даремно відторгнутих такою системою [6].

Як приклад функції розвитку $F(x) = f(x) + \varphi(x)$ для процесу виробництва сталі в кисневому конвертері розглянемо залежність вмісту вуглецю в металі від інтенсивності подання кисню в конвертер. Тут доданок $f(x)$ повинен відповідати отриманню корисного продукту у вигляді сталі з низьким вмістом вуглецю, а $-\varphi(x)$ – отриманню відходів у вигляді оксидів вуглецю і карбідів з газами і шлаками, відповідно. Така залежність описана в літературі [7, 8]. Ця функція містить як продуктивну складову, так і ту її частину, яка відторгається у вигляді втрат або відходів. Будемо зображати продуктивну частину, а саме рідкий метал зі своєю швидкістю «випалювання» вуглецю, на графіку 1 (рис. 1) в деякій області початкових даних [7]. Вуглець в конвертерній плавці спочатку міститься в сировинному матеріалі – чавуні і ломі. У першому його більше (3,3-4,3%), в другому – менше (до 0,5%). Сама ідеологія киснево-конвертерної плавки полягає в максимальному (за технологією) видаленні вуглецю з чавуну за допомогою кисневого дуття і доведенні складу металу до вмісту в нім вуглецю в межах 0,1-0,6% залежно від марки сталі. При цьому залишковий вуглець разом з кисневмісними елементами розподіляється між газовою і рідкою фазами і втрачається як відходи. Велика частина вуглецю разом з газами, що відходять, у вигляді оксидів видалається з конвертера. Певна доля разом з дрібними крапельками металу і шлаку виноситься з конвертера. Обидві функції: і $f(x)$, і $-\varphi(x)$ уявляються явно нелінійними. Тому зрозуміло, що їх перетин з кривою 1 за умов різних режимів ведення плавки дає повне розмаїття варіантів, при яких досягається термодинамічна рівновагість між вуглецевмісними матеріалами в корисній продукції і в продуктах відторгнення.

Стійкість системи є однією з її властивостей, альтернативних стану нестійкості і хаосу. Тому нас цікавитиме поведінка систем типу «р:w» з огляду їх термодинамічної стійкості як позначника енергетичної ефективності системи по відношенню до переробної сировини.

Відразу зазначимо, що область на графіку, що відповідає околам точки S2, відноситься до стаціонарно стійкого, рівноважного стану, де будь-які зміни витрати кисню, спрямованого в зону реакції, не дають певних істотних змін швидкості окислення вуглецю в зоні основної реакції. Можна говорити, що в області точки S2 має місце стан, коли $f(x) = \text{const}$ і $\varphi(x) = \text{const}$. На рис. 1 це області з горизонтальним штрихуванням. І навпаки, стан системи в області точки S4 дуже мало відповідає стану стійкості і рівноваги. Навіть відносно невеликі зміни витрати кисню в зоні горіння призводять до істотних змін в швидкості спалювання вуглецю. При цьому функція розвитку системи істотно залежить від витрати основних компонентів реакції і є далекою від стаціонарності. Ці області відмічені вертикальним штрихуванням.

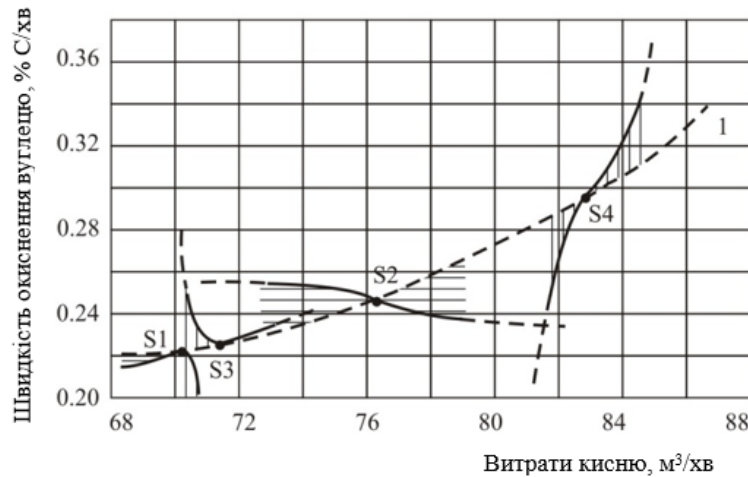


Рис. 1 – Область стійкості функції $F(x)$ для технології зневуглецювання конвертерної сталі: 1 – швидкість окислення вуглецю в металі

І, нарешті, в околах точок S1 і S3 можна спостерігати стійкі рівноважні стани системи, що мають відношення тільки до відхідної $\varphi(x)$ і до прибуткової частини $f(x)$ системи, відповідно. Дві інші гілки графіків в околах точок S1 і S3 дають явно нерівноважні і нестійкі співвідношення між прибутковою і відхідною частинами речовини, в даному випадку вуглецевмісних компонентів в металі – $f(x)$, шлаку і газовій фазі – $\varphi(x)$.

Скористаємося якісним аналізом рівняння Л. Онсагера для слабконерівновагових систем, що застосовуються до зміни ентропії в системах «рδw», коли їх стан є близьким до рівноваги [6].

$$\sigma[S] = \sum_i J_i X_i = \sum_{ij} L_{ij} X'_i X''_j = \lambda(1 - \lambda) \sum_{ij} L_{ij} X_i X_j. \quad (1)$$

На практиці ми найчастіше маємо справу з потоками, які задані лінійними залежностями. При цьому тільки частина наявних в системі термодинамічних сил X_i пов'язана з сильною нерівновагістю, тобто з виробництвом корисної продукції. А частина сил (позначимо як X_j), пов'язана з лінійними процесами поблизу стану рівноваги, відноситься до перетворення тієї складової структури сировини, яка спрямовується у відходи. Спробуємо ввести у інваріантний для фізичних явищ вираз для виробництва ентропії ваговий коефіцієнт $\lambda = \frac{X'_i}{X}$ незалежно від індексу. Одночасно отримуємо $1 - \lambda = \frac{X''_j}{X}$.

Для того, щоб показати уніфікованість такого підходу, як приклад, розглянемо роботу однотипних агрегатів для плавки електродуги заліза і алюмінію. Поєднаємо відповідні графіки залежності втрат X''_j у вигляді оксидів алюмінію (Al_2O_3) і оксидів заліза (FeO) від продуктивності відповідних плавильних агрегатів з феноменологічною кривою $\sigma[S] = f(\lambda)$ (рис. 2). Тут перша залежність опосередкована розрахунковою функцією в координатах $\lambda(P)$, де за силовий

параметр системи візьмемо продуктивність системи (P , кг / год). Для таких графіків визначені стаціонарні стани системи, які є стійкими стосовно і негативних, і позитивних флуктуацій (S_4).

Ця дуже нерівновагова галузь з $0,85 < \lambda_{FeO}^{(T)} < 1$ і $0,91 < \lambda_{Al_2O_3}^{(T)} < 1$, відповідно, може визначати теоретичний рівень мінімального утворення відходів за пилом відповідних оксидів.

Співвідношення термодинамічних сил і потоків ($\sum J_i X_i$) в рівнянні (1) дає можливість отримати граничні параметричні криві $\sigma[S]_{FeO}$ і $\sigma[S]_{Al_2O_3}$, наприклад, при $X_1 = X_2 = 0$ і при $X_1 = 0$, для яких, відповідно, визначені свої точки $S3_{FeO}$ і $S3_{Al_2O_3}$. У їх околах стійкість стаціонарного стану гарантується тільки відносно, завдяки позитивним флуктуаціям. В цьому випадку ми маємо реальний рівень утворення відходів $0,34 < \lambda_{FeO}^{(\Phi)} < 1$ і $0,61 < \lambda_{Al_2O_3}^{(\Phi)} < 1$, відповідно.

У перерахунку на параметр $X'' = (1 - \lambda)X$ отримуємо наступний результат: реальний рівень утворення відходів в $(1 - 0,34) / (1 - 0,85) = 4,4$ рази перевищує теоретично можливий мінімум для плавильної системи за пилом оксидів заліза і в $(1 - 0,61) / (1 - 0,91) = 4,33$ рази перевищує мінімум утворення відходів за пилом оксидів алюмінію.

Маючи фактичний рівень утворення відходів за пилом оксидів заліза в межах 0,79-1,26 г/кг розплаву заліза [8] і використовуючи такі розрахунки, можемо прогнозувати його мінімальний рівень в межах 0,179-0,288 г/кг. Для плавки алюмінію такий мінімум може перебувати в межах 0,06-0,12 г/кг розплаву алюмінію.

Очевидно, що для найрізноманітніших систем виробництва товарної продукції можна показувати термодинамічні стосунки типу «рδw», як є такими, що відповідають об'єктивним закономірностям розвитку подібних технологій і їх складових – енергії, складу сировини, специфіці забезпечувальних технічних систем для реалізації конкретної технології.

Подібні дослідження надають нам право розглядати узагальнюючу систему «рδw» в усьому розмаїтті видів реального товаровиробництва, створених людиною, як передумову для зіставних досліджень у найрізноманітніших варіантах застосування сировини, енергії та інших показників системи.

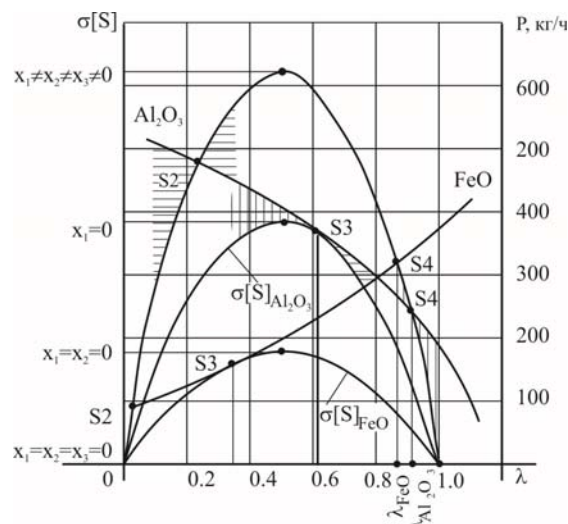


Рис. 2 – Діаграма для розрахунку теоретичного мінімуму утворення відходів пилю оксидів заліза і алюмінію у виробничих системах при виплавці відповідних металів

Записавши рівняння (1) в наступному вигляді

$$\sigma[S] = k\lambda(1 - \lambda), \tag{2}$$

ми приходимо до простого логістичного рівняння, детально описаного в роботі Роберта Мея в 1976 році [9], яке, за умов послідовних розрахунків залежності $\sigma[S] = f(k\lambda)$, що відображає динаміку процесів, призводить до відомих графіків (див. рис. 2). Якщо брати до уваги систему «р.шв» в цілому, то перший співмножник ($k\lambda$) дозволяє відображати зростання продуктивності виробляючої системи пропорційно коефіцієнту (k). Другий співмножник ($1 - \lambda$) відображає обмеження, пов'язані зі станом сировинної бази, тобто з відторгненням окремих компонентів сировини, яке залежить від характеру використовуваної в технологічному процесі енергії і від стану самої технічної системи. Залежність від потужності продукування, тобто отримання корисної продукції $\sigma[S] = f(k)$, при багаторазовому рішенні рівняння може вивести нас до простого подвоєння результату, тобто, до біфуркації, причому, теоретично це подвоєння може багаторазово повторюватися [10]. Тоді будь-яка система, що забезпечує одночасне виробництво корисної продукції і відходів, може підпадати під закономірності невизначених біфуркаційних станів, що межують з відомими положеннями теорії хаосу.

Саме якісний енергетичний дефіцит в технологічних процесах ми позиціонуємо як одну з найважливіших причин появи відходів у будь-якому технологічному процесі [11]. Тому не повинне бентежити те, що такі багаторазові біфуркації є неочевидними у більшості відомих виробничих систем. Це пов'язано з циклічністю в часі для абсолютної більшості технологічних процесів, а також зі спрощеним станом енергозабезпечення більшості таких систем, в яких використовується, як правило, одне джерело енергії, і це ускладнює виявлення окремих процесів послідовного подвоєння результатів [12].

У теоретичному варіанті [9], при значеннях $0 < k < 1$, зміни питомої функції не відбувається. При зростанні коефіцієнта приблизно до $k=3,5$ бачимо збільшення значень функції, а при збільшенні коефіцієнта k до 3,57 відбувається варіантне подвоєння функції, тобто вона входить в стан біфуркації. Подібна поведінка функції відома, проте для наших виробничих систем, орієнтованих на отримання готової продукції і паралельного відходу, вона неочевидна.

Але, як показано на окремих прикладах [13, 14, 15], подібні залежності в першому наближенні мають право на існування в технологічних процесах. Відмінність від послідовних біфуркаційних подвоєнь в інших системах – економічних, соціальних – полягає в тому, наскільки є глибоким проникнення цих біфуркацій. Це те, чого не може дати будь-який циклічний технологічний процес виробництва.

Аргументом тут можуть слугувати деякі властивості, характерні для біфуркаційних систем, які можна спостерігати у будь-якому технологічному процесі. Ми не можемо стверджувати, що робимо доказове посилення. Але безперервність і безповоротність отримання відходів усіма виробничими системами у світі, що привели до сучасного стану забруднення довкілля, може бути доказом присутності хаосу, якщо не в економічній світовій системі, то, принаймні, в численних технологіях масового виробництва товарної продукції. Розвиток цієї галузі людської діяльності, якщо розглядати її з позицій масового утворення відходів, дозволяє розглядати ці процеси в цілому як близькі до хаотичних. Розглянемо їх детальніше.

Значення коефіцієнта (k) в технологіях, розглянутих автором в окремих роботах, визначається величиною $\sigma[S]_{max}$ при $\lambda \sim 0,5$ на феноменологічних кривих Л. Онсагера. Ці точки відмічені в координатах «зміна ентропії – ваговий коефіцієнт λ » для технологічних процесів, зокрема, аглодоменого, коксохімічного, сталеплавильного, феросплавного, порошкового перерозподілів, в транспортно-логістичних операціях, в супровідних або допоміжних металургійних і енергетичних виробництвах, в технологіях виноробства і сироваріння, у будівельних технологіях, в нанотехнологіях поверхневих покриттів, в технологіях обробки (розкрий, механічна обробка) матеріалів, деяких агротехнологіях, в технологіях біологічного очищення, в технологіях переробки відходів, у тому числі, побутових, при очищенні питної води і деяких інших [16-27].

Дані досліджень залежності $\sigma[S] = f(k)$ для найрізноманітніших технологій представлені на рис. 3 у вигляді відособлених точок початкових значень зміни ентропії. З урахуванням погрішностей, отриманих шляхом обробки експериментальних даних, цифри на графіку в області подвоєння результатів можуть бути приблизно порівнянними відносно закономірностей, викладених в роботі [10].

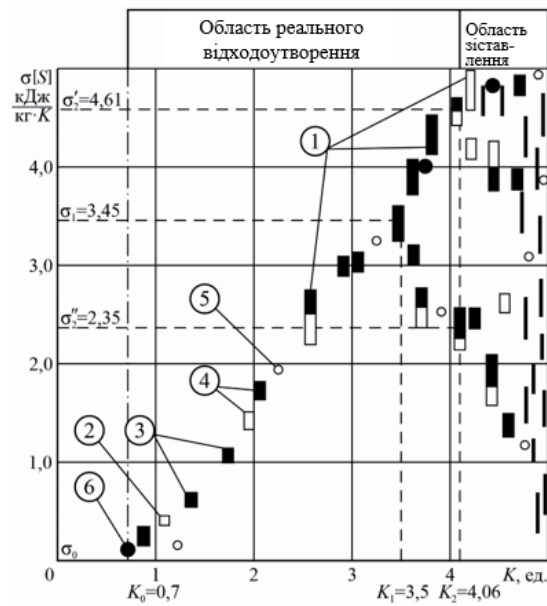


Рис. 3 – Розрахункові дані для виробництва ентропії в рівнянні Онсагера для різних технологічних процесів: 1 – металургійні технології; 2 – рослинництво; 3 – будівельні технології; 4 – обробка матеріалів; 5 – харчові технології; 6 – переробка відходів

Для періоду першого подвоєння на графіку (див. рис. 3) запишемо наступний вираз:

$$Fe_k = \frac{k_1 - k_0}{k_2 - k_1} = \frac{3,45 - 0,71}{4,06 - 3,45} = 4,49,$$

що в періоді першого подвоєння цілком може бути порівнянним з першою константою Фейгенбаума [28] для рівняння типу (2), умовно позначеного тут як Fe_k , що дорівнює 4,669. Розбіжність з експериментальними даними склала 3,98%, що є цілком задовільним результатом. У свою чергу, отримане з графіку відношення умовно позначене як:

$$Fe_\sigma = \frac{\sigma_1[S] - \sigma_0[S]}{\sigma_2[S] - \sigma_1[S]}; \quad Fe'_\sigma = \frac{3,45 - 0,01}{4,61 - 3,45} = 2,96; \quad Fe''_\sigma = \frac{3,45 - 0,01}{3,45 - 2,35} = 3,127$$

з певною погрішністю можна зіставити зі значенням другої константи Фейгенбаума Fe_σ , яка дорівнює 2,503. Погрішність в даному випадку знаходиться в діапазоні 18,26 ÷ 24,9%, що слабо зіставляється з результатом теоретичних даних. Слід припустити, що у разі можливого розгляду процедури подальших біфуркаційних подвоєнь у багатоциклічних технологічних процесах можна було б отримати точніші значення постійних Фейгенбаума, які цілком достовірно характеризують властивості системи в області організованої хаотичності [9]. Тим не менше, отримані значення для таких властивостей систем як Fe_k і Fe_σ показують, що об'єкти нашого дослідження можуть підпадати під закономірність невизначеності біфуркаційних систем. Можна припустити, що саме такі механізми хаосу, які є причиною різноманітних, наявних у будь-якому технологічному процесі довільностей, опосередковано призводять до лавиноподібних процесів виробництва відходів, свідками якого ми є. І справлятися з такою динамікою накопичення промислових відходів поки ще ніхто не збирається. У кращому випадку, переробці підлягають тільки заново отримувані промислові відходи. Цей стан дуже далекий від системного і більше нагадує хаос.

Висновки

Таким чином, термодинамічні залежності, що визначають поведінку будь-якої товаровиробної системи відносно її співвідношення «рзв», надають неоднозначні (судячи з констант Фейгенбаума), але допустимі можливості для оцінювання міри динамізму таких систем

незалежно від їх приналежності, від стану повної їх керованості до стану динамічного хаосу за цим співвідношенням. Цим і визначаються загальні функціональні можливості таких систем, зокрема, у напрямі мінімізації відходів.

Перелік використаних джерел:

1. Семиноженко В.П. Промышленные отходы: проблемы и пути решения / В.П. Семиноженко, Д.В. Сталинский, А.М. Касимов. – Харьков: Индустрия, 2011. – 341 с.
2. Касимов А.М. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения / А.М. Касимов, Л.Л. Тобажнянский, Д.В. Сталинский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – 245 с.
3. Фаюстов А.А. Утилизация промышленных отходов и ресурсосбережение. Основы, концепции, методы : монография / А.А. Фаюстов. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 72 с.
4. Гринин А.С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. – Москва: Фаир-Пресс, 2002. – 336 с.
5. Пригожин И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стингерс; общ. ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачкова. – 5-е изд. – М. : Ком-Книга, 2005. – 296 с.
6. Волошин В.С. Природа отхоодообразования / В.С. Волошин. – Мариуполь: Рената, 2007. – 666 с.
7. Металлургия стали: учебник / В.И. Явойский, С.Л. Левин, В.И. Баптизманский, П.В. Умрихин, М.Я. Меджибожский, Д.Я. Поволоцкий, Г.Н. Ойкс, М.А. Черненко, Е.В. Абросимов. – М. : Металлургия, 1973. – 815 с.
8. Квашнин И.М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация / И.М. Квашнин. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. – 392 с.
9. May R.M. Simple mathematical models with very complicated dynamics / R.M. May // Nature. – Vol. 261, № 5560. – 1976. – Pp. 459-467.
10. Постон Т. Теория катастроф и ее приложения / Т. Постон, И. Стюарт. – М. : Мир, 1980. – 607 с.
11. Волошин В.С. К вопросу об энергетическом двуединстве продуцирования и отхоодообразования в производственных системах / В.С. Волошин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: Міжн. наук.-практ. конф. – Харків, 2017. – С.101-106.
12. Волошин В.С. Пять тезисов в теорию и методологию управления отходами / В.С. Волошин. – Вісник Приазовського державного технічного університету. – Мариуполь, 2010. – № 21. – С. 136-140. – (Серія: Технічні науки).
13. Волошин В.С. Роль модификаций компонентности сырья с точки зрения технологических процессов отхоодообразования / В.С. Волошин // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2019. – № 39. – С.192-201. – (Серія: Технічні науки). – Режим доступу: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.39.2019.201080>.
14. Волошин В.С. Свойства отхоодообразования, проявляемые при классификации физических, химических эффектов и явлений в технологических процессах и технических системах // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: XV Міжн. наук.-практ. конф. – Харків, 2019. – С. 108-112.
15. Волошин В.С. Сорбционная технология удаления нафталина из газовой фазы / В.С. Волошин, Э.В. Бутенко, А.Е. Капустин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. – Харків, 2018. – С. 61-67.
16. Волошин В.С. Сравнительный анализ термодинамики организма человека с позиций отхоодообразования в сопоставлении с искусственными технологиями / В.С. Волошин, А.Ю. Азархов // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2019. – № 39. – С. 175-185. – (Серія: Технічні науки). – Режим доступу: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.39.2019.201079>.
17. Волошин В. С. Отходы в технологиях переработки отходов / В.С. Волошин // Наука та виробництво. – 2018. – № 18. – С. 88-93.
18. Волошин В. С. Опыт обращения с отходами в пищевых технологиях / В.С. Волошин // Вісник

- Приазовського державного технічного університету. – 2016. – Вип. 34. – С. 225-232. – (Серія: Технічні науки).
19. Волошин В.С. Питьевая вода. неостребованные требования / В.С. Волошин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: XIII Міжн. наук.-практ. конф. (11-15 вересня 2017 р.; м. Харків). – Харків, 2017. – С. 124-131.
 20. Волошин В.С. Отходы в строительной индустрии Древнего Рима / В.С. Волошин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: IX Міжн. наук.-практ. конф. – Харьков-Алушта, 2013. – Т. 2. – С. 7-13.
 21. Волошин В.С. В чем ошибались египтологи (к вопросу об отходах при строительстве египетских пирамид) / В.С. Волошин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : Міжн. наук. конф. – Харків, 2012. – Т. 2. – С. 3-7.
 22. Волошин В.С. Отхообразование в технологии получения древесного угля / В.С. Волошин // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Маріуполь, 2011. – № 22. – С. 266-271. – (Серія: Технічні науки).
 23. Волошин В.С. Определение минимума отхообразования в технологиях биологической очистки / В.С. Волошин, Т.Г. Данилова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : 7 Міжн. наук. конф. – Алушта, 2011. – С. 23-27.
 24. Волошин В.С. Особенности отхообразования при использовании тарно-упаковочных расходных материалов и предметов одноразового применения / В.С. Волошин // Экология и промышленность. 2010. – № 3. – С.91-94.
 25. Волошин В.С. Механизмы образования отходов углерода в металлургии / В.С. Волошин, О.А. Хлестова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2009. – № 19. – С. 293-296.
 26. Волошин В.С. Исследование природы потерь в отхообразующих потоках транспортно-логистических операций / В.С. Волошин // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. – Харків, 2009. – С. 165-170.
 27. Волошин В.С. Логистический аудит как способ минимизации отходов производства / В.С. Волошин, Т.Г. Данилова // Металл и литье Украины. – 2000. – № 3-4. – С.61-66.
 28. Трубецков Д.И. Турбулентность и детерминированный хаос / Д.И. Трубецков // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 1. – С. 77-83.

References:

1. Seminozhenko V.P., Stalinskii D.V., Kasimov A.M. *Promyshlennye otkhody: problemy i puti resheniia* [Industrial waste: problems and solutions]. Kharkov, Industriia Publ., 2011. 341 p. (Rus.)
2. Kasimov A.M., Tovazhnianskii L.L., Stalinskii D.V. *Upravlenie opasnymi promyshlennymi otkhodami. Sovremennye problemy i resheniia* [Hazardous industrial waste management. Modern problems and solutions]. Kharkov, NTU «KhPI» Publ., 2009. 245 p. (Rus.)
3. Faiustov A.A. *Utilizatsiia promyshlennykh otkhodov i resursosberezhenie. Osnovy, kontseptsii, metody : monografiia* [Utilization of industrial waste and resource saving. Fundamentals, concepts, methods: monograph]. Moscow, Vologda, Infra-Inzheneriia Publ., 2019. 72 p. (Rus.)
4. Grinin A.S., Novikov V.N. *Promyshlennye i bytovye otkhody: khranenie, utilizatsiia, pererabotka* [Industrial and domestic waste: storage, disposal, processing]. Moscow, Fair-Press Publ., 2002. 336 p. (Rus.)
5. Prigozhin I., Stingers I. *Poriadok iz khaosa. Novyi dialog cheloveka s prirodoi* [Order out of chaos. A new dialogue between man and nature]. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 296 p. (Rus.)
6. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [The nature of waste generation]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p. (Rus.)
7. Iavoiskii V.I., Levin S.L., Baptizanskii V.I., Umrikhin P.V., Medzhibozhskii M.Ia., Povolotskii D.Ia., Oiks G.N., Chernenko M.A., Abrosimov E.V. *Metallurgiiia stali: uchebnik* [Steel metallurgy: textbook]. Moscow, Metallurgiiia Publ., 1973. 815 p. (Rus.)
8. Kvashnin I.M. *Promyshlennye vybrosy v atmosferu. Inzhenernye raschety i inventarizatsiia* [Industrial emissions into the atmosphere. Engineering calculations and inventory]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2005. 392 p. (Rus.)
9. May R.M. Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*, 1976, vol. 261,

- № 5560, pp. 459-467.
10. Poston T., Stiuart I. *Teoriia katastrof i ee prilozheniia* [Catastrophe theory and its applications]. Moscow, Mir Publ., 1980. 607 p. (Rus.)
 11. Voloshin V.S. K voprosu ob energeticheskom dvuedinstve produtsirovaniia i otkhodoobrazovaniia v proizvodstvennykh sistemakh. *Tezi Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [On the issue of energy duality of production and waste generation in production systems. Proceedings of Int. Sci.-Pract. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2017, pp.101-106. (Rus.)
 12. Voloshin V.S. Piat' tezisev v teorii i metodologii upravleniia otkhodami [Five theses in the theory and methodology of waste management]. *Visnik Priazov'skogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Serii: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences*, 2010, № 21, pp. 136-140. (Rus.)
 13. Voloshin V.S. Rol' modifikatsii komponentnosti syr'ia s tochki zreniia tekhnologicheskikh protsessov otkhodoobrazovaniia [The role of modifications of the component content of raw materials in terms of technological processes of waste generation]. *Visnik Priazov'skogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Serii: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences*, 2019, № 39, pp.192-201. doi:10.31498/2225-6733.39.2019.201080.
 14. Voloshin V.S. Svoistva otkhodoobrazovaniia, proiavlaiemye pri klassifikatsii fizicheskikh, khimicheskikh efektov i iavlenii v tekhnologicheskikh protsessakh i tekhnicheskikh sistemakh. *Tezi XV Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Waste formation properties, manifested in the classification of physical, chemical effects and phenomena in technological processes and technical systems. Proceedings of XV Int. Sci.-Pract. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2019, pp. 108-112. (Rus.)
 15. Voloshin V.S., Butenko E.V., Kapustin A.E. Sorbtionnaia tekhnologiya udaleniia naftalina iz gazovoi fazy. *Tezi XIV Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Sorption technology for removing naphthalene from the gas phase. Proceedings of XIV Int. Sci.-Pract. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2018, pp. 61-67. (Rus.)
 16. Voloshin V.S., Azarkhov A.Iu. Sravnitel'nyi analiz termodinamiki organizma cheloveka s pozitsii otkhodoobrazovaniia v sopostavlenii s iskusstvennymi tekhnologiyami [Comparative analysis of the thermodynamics of the human body from the standpoint of waste generation in comparison with artificial technologies]. *Visnik Priazov'skogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Serii: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences*, 2019, № 39, pp. 175-185. doi:10.31498/2225-6733.39.2019.201079.
 17. Voloshin V.S. Otkhody v tekhnologiiakh pererabotki otkhodov [Waste in waste processing technologies]. *Nauka ta virobnitstvo – Science and production*, 2018, № 18, pp. 88-93. (Rus.)
 18. Voloshin V.S. Opyt obrashcheniia s otkhodami v pishchevykh tekhnologiiakh [Experience with waste management in food technology]. *Visnik Priazov'skogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Serii: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences*, 2016, vol. 34, pp. 225-232. (Rus.)
 19. Voloshin V.S. Pit'evaia voda. Nevostrebovannye trebovaniia. *Tezi XIII Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Drinking water. Unclaimed claims. Proceedings of XIII Int. Sci.-Pract. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2017, pp. 124-131. (Rus.)
 20. Voloshin V.S. Otkhody v stroitel'noi industrii Drevnego Rima. *Tezi IX Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Waste in the construction industry of ancient Rome. Proceedings of IX Int. Sci.-Pract. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv-Alushta, 2013, vol. 2, pp. 7-13. (Rus.)
 21. Voloshin V.S. V chem oshibalis' egiptologi (k voprosu ob otkhodakh pri stroitel'stve egipetskikh piramid). *Tezi Mizhn. nauk. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [What Egyptologists were wrong about (on the issue of waste during the construction of the Egyptian pyramids). Proceedings of Int. Sci. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2012, vol. 2, pp. 3-7. (Rus.)

22. Voloshin V.S. Otkhodoobrazovanie v tekhnologii polucheniia drevesnogo uglia [Waste generation in the technology of charcoal production]. *Visnik Priazovs'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Seriia: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences*, 2011, № 22, pp. 266-271. (Rus.)
23. Voloshin V.S., Danilova T.G. Opredelenie minimuma otkhodoobrazovaniia v tekhnologiiakh biologicheskoi ochistki. *Tezi 7 Mizhn. nauk. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Determination of the minimum waste generation in biological treatment technologies. Proceedings of 7-th Int. Sci. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Alushta, 2011, pp. 23-27. (Rus.)
24. Voloshin V.S. Osobennosti otkhodoobrazovaniia pri ispol'zovanii tarno-upakovochnykh raskhodnykh materialov i predmetov odnorazovogo primeneniia [Features of waste generation when using packaging consumables and disposable items]. *Ekologiya i promyshlennost' – Ecology and industry*, 2010, № 3, pp. 91-94. (Rus.)
25. Voloshin V.S., Khlestova O.A. Mekhanizmy obrazovaniia otkhodov ugleroda v metallurgii [Mechanisms of carbon waste generation in metallurgy]. *Visnik Priazovs'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu – Reporter of the Priazovskyi State Technical University*, 2009, № 19, pp. 293-296. (Rus.)
26. Voloshin V.S. Issledovanie prirody poter' v otkhodoobrazuiushchikh potokakh transportno-logisticheskikh operatsii. *Tezi Mizhn. nauk. konf. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Study of the nature of losses in waste-generating flows of transport and logistics operations. Proceedings of Int. Sci. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2009, pp. 165-170. (Rus.)
27. Voloshin V.S., Danilova T.G. Logisticheskii audit kak sposob minimizatsii otkhodov proizvodstva [Logistic audit as a way to minimize production waste]. *Metall i lit'e Ukrainy – Metal and casting of Ukraine*, 2000, № 3-4, pp. 61-66. (Rus.)
29. Trubetskov D.I. Turbulentnost' i determinirovannyi khaos [Turbulence and deterministic chaos]. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal – Soros Educational Journal*, 1998, № 1, pp. 77-83. (Rus.)

Рецензент: А.О. Лямзін
д-р техн. наук, доцент, ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 21.09.2021

UDC 004.413.4:81'37

doi: 10.32782/2225-6733.43.2021.21

© Voloshyn V.S.*

CONTEMPORARY SEMANTICS AND THE SENSE OF THE TERM «RISK»

The work contains an attempt to change the traditional approach to understanding of the notion «risk» – from probabilistic methods of its evaluation to event ones that have gained long ago a position in research and applied media by investigating and being applied in various spheres of activity from business and economics to social and industrial spheres. An event approach was suggested as the basic method, in which a chain of events in their time dependence, cause-and-effect relations that change with time from anticipated to real and also to an entropic approach ensuring the concept filling the notion of risk with information regarding reliability and presumption of anticipated events in time span infinitely close to real time. Investigated was the term synonymic filling and its semantic and functional senses, singled out were single properties of its synonyms and functions, as well the subject-object component of the most widely found descriptions of the original term. Represented was the functional model of the process of risk formation in event-logical system

* Dsc (Engineering), professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Mariupol, rector@pstu.edu