

ІНФОРМАЦІЙНО-МАТЕМАТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАРОК СТАЛЕЙ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРИКЛАДНІЙ МЕХАНІЦІ

Олег Юшкевич

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7199-8424>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

Валерій Ігнаткін

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-1105>

Прикарпатський інститут ім. Грушевського ПрАТ «ВНЗ Міжрегіональна Академія управління персоналом», Трускавець, Україна

Вступ

В роботі [1] було розглянуто виявлення на промислових підприємствах марок сталей, близьких за механічними властивостями, тобто двійників та взаємо-замінників. Розглянута можливість об'єднання сталей в нетрадиційні групи та підвищення спеціалізованості класів сталей; упорядкування марочного сортаменту металопродукату за різними критеріями.

Для потреб машинобудівної промисловості часто виплавляють сталі різних марок, рівноцінні за механічними властивостями, але різні по призначенню і собівартості свого виробництва. Тому з'являється необхідність розробки універсальних класифікаційних ознак, за якими можна об'єднувати сталі в групи і в них далі знаходити дуже близькі за властивостями. Таки сталі двійники можуть бути взаємо-замінниками при розробці різних конструктивних елементів пристроїв прикладної механіки аерокосмічної техніки.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ

Розробити показник ємності технічної інформації марок сталей, що мають різне призначення і виробляються, обробляються різними способами та представляються сукупністю одержаних механічних властивостей.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Аналізу піддавалась реальна номенклатура сталей [1]: 1) вуглецевих звичайної якості (СтЗкп, СтЗпс, СтЗсп, СтЗГпс, Ст5пс, Ст5сп та інш.); 2) якісних вуглецевих (10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50); 3) легованих (20Х, 35Х, 45Х, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 14Г2, 19Г2, 50Г, 10ХСНД,

15ХСНД, 10ХНДП, 14Г2АФ, 15Г2А та інш.). Відібрані характеристики сталей для металовиробів узагальнювали у вигляді таблиць, які мають наступну структуру колонок: марка стали; завод-виробник; профіль перерізу металопрокату; типорозміри; характерний розмір; σ_B ; σ_T ; δ ; ψ ; КСУ; $C_{скв.}$; σ_B / σ_T ; δ / σ_B та інш. Дані про механічні властивості металопрокату були одержані з 9 підприємств України (Алчевський МК, “Запоріжсталь”, МЗ ім. Петровського, Єнакіївський МЗ, Дніпровський МК ім. Дзержинського, Криворізький МК, Донецький МЗ, Макіївський МЗ, АТ “Дніпроспецсталь”).

Теоретичні математичні залежності виводились на базі роботи [1], формул комбінаторики та теорії інформації.

РЕЗУЛЬТАТИ

Виходячи з того, що викладено в роботах [1, 2, 3, 4, 5], марка сталі як інформаційний об'єкт може бути представлена системою позначень

$$T_v M_{mfcptn}, \quad (1)$$

з цього виходе, що сталь заданого хімічного складу можна позначити аналогічно

$$T_v S_m(X_s)_{fcptn}, \quad (2)$$

де T – префікс обробки, призначеної згідно з ДСТУ, ТУ або за іншими нормативними документами для сталі;

v – індекс виду обробки: термічної – 1, зміцнюючої – 2 або розміцнюючої – 3 і т. інш.;

M – позначення марок сталей відповідно до ДСТУ, ТУ або іншим нормативним документам;

S – позначення сталей в необробленому стані;

m – індекс (умовний порядковий номер) марки сталі;

f – умовний індекс підприємства;

c – індекс стану металу: лите, холоднодеформоване, гаряче-деформоване;

p – індекс геометричного профілю елемента конструкції;

t – індекс розміру профілю, якому також відповідає величина площі поперечного перерізу металевого виробу;

n – індекс цільового призначення;

X_s – вектор фактичного хімічного складу;

s – індекс плавочного хімічного складу сталі, що відповідає номеру в журналі лабораторних випробувань підприємства-виробника або в сертифікаті якості на металопродукцію.

Таким чином, можна ввести наступне визначення.

Визначення. Геометричне представлення у просторах показників і плавочних хімічних складів X_s марок сталей $T_v M_{vmfcptn}$, різних виробників f , різного призначення n і стану металу c будемо називати об'єктами інформаційного моделювання $T_v S_m(X_s)_{fcptn}$.

При цьому кожна марка може включати в себе C різних “елементарних” станів сталей. Під елементарним станом будемо розуміти варіант поєднання різних індексів (класифікаційних ознак) інформаційного представлення сталі. Загальна кількість індексів (елементів різних станів)

$$E = V + M + F + C + P + T + N + S. \quad (3)$$

Число станів по признаку m позначимо C_m , за ознакою f дорівнюватиме C_f і т.д. З цього виходе, що число станів сталі

$$C = C_v + C_m + C_f + C_c + C_p + C_t + C_n + C_s. \quad (4)$$

Кількість станів визначається для однієї марки сталі, тобто в її межах, таким чином показник m має одне значення. Звідси, для будь-якої марки сталі C_m з $m = 1$. Решту станів можна визначити, застосовуючи відому формулу числа комбінацій

$$C_L^l = \frac{L!}{l!(L-l)!}, \quad (5)$$

де l – узагальнений індекс, який може бути рівним v, m, f, c, p, t, n або s ;

L – найбільше число узагальнених індексів, яке може бути рівним V, M, F, C, P, T, N або S .

Таким чином, існує $C!$ [4, 6] варіантів впорядкування C елементарних станів сталей. Тобто $C!$ - це число можливих комбінацій індексів $\{vmfcptns\}$ інформаційного об'єкта для представлення марки сталі або число фактичних варіантів їх комбінації, зафіксованих при виробництві сталі у всіх розглянутих виробників f . Однак не всі ці способи перестановки елементарних станів відрізняються один від одного, так як в розглянутих кластерах, що позначаються v, m, f, c, p, t, n або s , можна зустріти сталі марки S' з аналогічним набором механічних властивостей

$$\{\sigma_{vmfcptns}^1, \sigma_{vmfcptns}^2, \dots, \sigma_{vmfcptns}^i, \dots, \sigma_{vmfcptns}^p\}, \quad (6)$$

де $\sigma_{vmfcptns}^i$ – позначення механічних властивостей сталі σ з

номером i , означеною сукупністю індексів $\{vmfcptns\}$. Причому

$$\sigma^1 = \sigma_B, \sigma^2 = \sigma_T, \sigma^3 = \delta_s, \sigma^4 = \psi, \sigma^5 = \text{KCU}, \dots \quad (7)$$

Тобто взаємна перестановка двійників сталей всередині кластера не змінить ступінь їх впорядкованості в ряду уподобання елементарних станів всередині марки. Іншими словами, якщо в ансамблі сталей, вироблених на різних підприємствах, і репрезентуючих одну марку, є фіксоване число станів сталей різних сортів: v ($v \in [1;V]$), m ($m \in [1;M]$), f ($f \in [1;F]$), c ($c \in [1;C]$), p ($p \in [1;P]$), t ($t \in [1;T]$), n ($n \in [1;N]$) або s ($s \in [1;S]$) – з близькими всередині кластерів v, m, f, c, p, t, n або s величинами механічних властивостей тоді існує $C_v!, C_m!, C_f!, C_c!, C_p!, C_t!, C_n!$ або $C_s!$ способів їх упорядкування, які не змінюють ступінь впорядкованості, сталей-об'єктів в складі марки. У зв'язку з цим існують тільки W способів упорядкування елементарних станів сталей, які дійсно відрізняються один від одного в межах марки

$$W = C! / (C_v! C_m! C_f! C_c! C_p! C_t! C_n! C_s!). \quad (7)$$

Параметр W відображає статистичну вагу сталі, і він може бути характеристикою впорядкованості в межах марки сталі або кластера. Однак для оцінки ступеня важливості марки сталі зручніше використовувати інформаційну ентропію Шеннона [7]

$$H = \log_2 W, \quad (8)$$

вимірюємо в бітах.

Беручи до уваги відношення (6), цей вираз набуває вигляду

$$H = \log_2 C! - \sum_l \log_2 C_l!. \quad (9)$$

Розробка нової технології виробництва металовиробів призводить або до кількісних змін в сторону оптимізації характеристик сталі, або до появи додаткових ознак. На кожному етапі обробки сталі також додаються додаткові характеристики. З кожним додаванням нової характеристики буде відбуватися зміна ступеня впорядкування сталей і прирощення ентропії

$$\Delta H = H_{max} - H, \quad (10)$$

де H_{max} – максимальне значення ентропії Шеннона для безлічі неупорядкованих сталей різних варіантів виробництва,

репрезентуючих марку з максимально можливою кількістю індексів (класифікаційних ознак) $\{vmfscptns\}$

$$H_{max} = \log_2 C!, \quad (11)$$

H - ентропія для сталей S з мінімально можливим числом індексів $\{mpt\}$, які визначають початковий стан, який буде змінюватися.

Отже, на кожному етапі обробки буде відбуватися прирощування ентропії. Беручи до уваги (9), (10) і (11), отримуємо приріст

$$\Delta H = \Sigma \log_2 (C!), \quad (12)$$

що визначає кількість пов'язаної з маркою сталі інформацією про її змінні стани. Отже, питома величина приросту ентропії після наступного етапу обробки сталі у виробничому циклі або в результаті розробки нової технології

$$E = \Delta H / C = (1/C) \Sigma \log_2 (C!), \quad (13)$$

де C - число можливих станів марки сталі. Відношення пов'язаної інформації про стани марки сталі до кількості її статків (станів) можна трактувати як ємність інформаційного об'єкта - сталі, а образ самої сталі як об'єкт інформаційного моделювання. Чим вище упорядкованість всередині марки стали, тим менше можливість зміни інформаційної ємності.

Таким чином, незбалансований розвиток марки сталі призводить до максимізації приросту інформаційної ємності, що ускладнює впорядкування сталей за рахунок збільшення числа ознак в ансамблі.

Отримані математичні вирази дозволяють визначити обсяг інформації, що міститься в інформаційних об'єктах, що визначають марку сталі в просторі ознак.

Практичне застосування розробленого аналітичного опису дає можливість, на базі одержаних математичних залежностей, якісно і кількісно упорядкувати марки сталі, в тому числі при уніфікації сортаменту, що дозволить знизити виробничі витрати і підвищити налягодженість технологічних процесів на виробництві [8].

ВИСНОВКИ

1. Представлено математичний опис в підході до оцінки інформативності марок сталей для конструктивних елементів в машинобудуванні.

2. Розроблено метод оцінки ємності інформації, яка містиця в понятті марка сталі, як предмету прикладної механіки.

3. Для підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів необхідно послідовно проводити науково обґрунтовану класифікацію та уніфікацію марок сталей на основі опису інформаційних особливостей металопродукції.

ПОСИЛАННЯ

1. Юшкевич, О., & Ігнаткін, В. (2023). Обґрунтування аналітичного представлення марок сталей для конструктивних елементів в прикладній механіці. *Виклики та проблеми сучасної науки*, 1, 165-175. <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/32>

2. Юшкевич, О.П., & Михалёв, А.И. (1999). Информационное моделирование предметной области представления марочного сортамента металлопроката. *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*. (6) , 149–153.

3. Юшкевич, О. П., Флоров, В. К., Калиновский, С. К., & Власова, Е. Н. (1999). Концептуальные основы классификации и унификации марочного сортамента металлопроката из конструкционных сталей *Металлургическая и горнорудная промышленность*, (8–9), 412–414.

4. Калиновский, С.К., & Юшкевич, О.П. (2001). Упорядочение марочного сортамента конструкционных сталей методами классификации и унификации. *Металловедение и термическая обработка металлов*, (1), 42 - 50.

5. Михалев, А.И., Юшкевич, О.П., Власова, Е.Н., & Николаев, В.А. (1997). Модель системы автоматизированного проектирования процессов термического упрочнения металлоизделий для машиностроения. *Системные технологии: Автоматизация вспомогательных процессов в машиностроении: Региональный межвузовский сборник научных трудов*, (1), 51-53.

6. Мартинюк, О. М., & Попіна, С. Ю. (2003). Елементи комбінаторики й класичне означення ймовірності. *Тернопіль*, 40 с.

7. Голдман, С. Теорія інформації. (2007). К.: Видавн. інозем. літ., 446 с.

8. Мазур, В. Л., Деркач, Д. А., & Иванов, А.П. (2000). Состояние и перспективы прокатного производства Украины. *Металлургическая и горнорудная промышленность. Научно-технический и производственный журнал: Спецвыпуск*, (8-9), 8-11.