

УДК 620.179.14

Скицюк В.І.

НТУУ «Київський політехнічний інститут» м. Київ, Україна

ЕЛЕМЕНТАРНА ЧАСТКА ПОХИБКИ

Skytsiuok V.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (vp@kpi.ua)

ELEMENTARY PARTICLE ERROR

У попередній низці статей [1, 2, 3] вже розглядалися деякі просторові елементи, як частки відліку у технологічних процесах. Цей розгляд довів, що всі ці елементи мають свої геометричні розміри та притаманні їм похибки. Проте, внаслідок дослідження з'ясувалося, що необхідно мати якусь універсальну одиницю виміру, яка задовольняла б всі вимоги стосовно фізико-математичного опису похибки вимірювань та робочого простору. Наразі, такими елементами можуть бути класичні геометричні фігури, які мають однакову форму з будь-якого погляду (проекція). Серед усіх геометричних фігур найбільше підходять для розгляду куля, куб, рівносторонній циліндр. Використовуючи ці частки ми маємо можливість надавати математичний опис реальної та уявної поверхні, як основу утворення похибки та дуалізму поверхні, який викликає система вимірювання. У такому разі введення елементарної частки похибки надає можливість виконати фізико-математичний опис похибки у вигляді польових структур деталі.

Ключові слова: елементарна частка похибки, польова структура деталі.

Вступ

Навіть поверхневий розгляд ситуації з похибками при виготовленні тих чи інших деталей, а також за різних фізико-хімічних вимірюваннях доводить, що похибка тієї чи іншої величини є її співвідношення до основної [4, 5]. Спиратися на теорію вірогідності є вкрай необачним, оскільки вона виправдовує себе у дуже невеликих межах і не може бути критерієм для оцінки точності [6, 7]. Причина криється у тому, що будь-яка система вимірювання має свої параметри та відповідні похибки. Величина такої похибки є залежна від швидкості вимірювання і, як наслідок, об'єму, що руйнується. Тобто, це є цілком відомий об'єм, який визначається фізико-математичним шляхом.

Постановка задачі

Отже, для вирішення поставленої задачі нам необхідно знайти такий об'єм простору, який виконував би функцію елементарної частки похибки. Визначитися з таким об'ємом можливо, якщо ми уявимо такий маленький відчутник, який може відчутти поверхню, тобто зареєструвати сам факт торкання. За умовою він повинен бути настільки малим, щоб не провалитися крізь поверхню, а з іншого боку – мати мінімально можливий розмір. При цьому швидкість вимірювання повинна бути максимальною, а час аналізу на торкання мінімальним. У такому разі відчутник зруйнує об'єм об'єкту, пропорційний цим величинам.

Таким чином, нам необхідно знайти такий мінімальний об'єм та його геометрію, щоб вона задовольняла поставленій задачі.

Фізичне підґрунтя утворення елементарної частки похибки

Для того, щоб зафіксувати координату поверхні, необхідно відпрацювати торкання відчутника з поверхнею вимірювального об'єкту. Зафіксувати момент торкання поверхні можливо лише під час руху відчутника за якимось зростаючим фізико-хімічним параметром. При цьому цей параметр повинен перевищити шумову складову на певний рівень та підтримувати його поки не буде прийняте рішення про подальші дії. Поки відбувається цей процес відчутник рухається, руйнуючи поверхню об'єкту. Внаслідок цього процесу руйнується деяка мікроскопічна частка поверхні об'єкту, а затримка у отриманні сигналу торкання та визначення координати призводить до дуалізму поверхні об'єкту (рис. 1, а). Отже, дуальність поверхні буде визначатися як:

$$\vec{D} = t_T \cdot \vec{V}_p, \quad (1)$$

де \vec{V}_p - максимально можлива швидкість руху відчутника при торканні, t_T - час, необхідний для визначення дійсності торкання.

Величина t_T є час, який тільки визначає, що відбувся процес торкання, але цей факт необхідно ще затвердити, тобто прийняти рішення, що торкання відбулося. У такому випадку з'являється додатковий час t_{pT} - прийняття рішення. Ця ситуація стає особливо важливою, коли працює низка відчутників і необхідно

визначитися, який саме зареєстрував торкання. Але, оскільки цей час притаманний чутнику, а не відчутнику, то надалі будемо розглядати як основну величину t_T [8, 9, 10, 11].



Рис. 1. Утворення елементарної частки похибки, де:

- а) виділення частки похибки на поверхні; б) відокремлена частка похибки;
в) орієнтування вектора \vec{D} - частки поверхні; г) модель частки похибки як виокремленого елемента.

Таким чином, для того, щоб зареєструвати факт торкання вимірювального інструмента до поверхні, відчутник, який має переріз S (рис. 1, а) повинен заглибитись у тіло об'єкту на глибину D зі швидкістю \vec{V}_p за час t_T . Як наслідок такої затримки ми отримуємо уявну поверхню об'єкта, яка знаходиться всередині реальної. Якщо ми відокремимо цей об'єм від об'єкта, то отримаємо геометричну фігуру з невизначеною формою перерізу, але з визначеною висотою (рис. 1, б). Для цієї фігури, якщо її нормувати до квадрата, площа перерізу буде $S = l_x \cdot l_y$ при висоті l_z . Цілком логічно зробити припущення, що $l_x = l_y = l_z$. У такому випадку отримуємо наступну залежність об'єму:

$$Q = S \cdot l_z \Rightarrow Q = (l_x \cdot l_y) \cdot l_z \Rightarrow Q = (t_T \cdot V_p)^2 \cdot D. \quad (2)$$

Цей об'єм є скалярна величина, а нам необхідна векторна, яка дає уявлення про похибку та напрямку її дії. Тому, відобразимо площину S з притаманним їй вектором напрямку дії (рис. 1, в). У цьому випадку вектор дуальності D співпадає з нормальним вектором \vec{n} до поверхні площини S . При такому вимірюванні, у якому б напрямку ми не підходили до поверхні, нас буде зустрічати вектор дуальності. Теоретично є можливість допустити, що дуальність є залежна від її проекції на напрямку нормального вектора, тобто:

$$D_n = \vec{D} \cdot n \cos \alpha, \quad (3)$$

де α – кут між векторами.

Отже, ми можемо зробити висновок, що поверхня будь-якого об'єкту вкрита полем дуальності. Наразі використання площини та вектора дуальності хоч і зручно, але не дає можливість зафіксувати форму елементарної частки похибки. Для цього зробимо наступні перетворення, а саме: покажемо зв'язок площі з елементами вимірювальної системи чутника. Таким чином, розглянемо властивості квадрата, побудованого на елементах руху

$$\sqrt{S} = l_x = l_y = l_z = t_T \cdot \vec{V}_p, \quad (4)$$

причому, діагональ квадрата буде

$$\sqrt{l_x^2 + l_y^2} = \sqrt{(\sqrt{S})^2 + (\sqrt{S})^2} = \sqrt{2S}. \quad (5)$$

Отже, якщо ми маємо квадратну площинку S , то кожна з сторін дорівнюватиме \sqrt{S} , а діагональ - $\sqrt{2S}$. Якщо ми на базі цього квадрата побудуємо кулю діаметром $\sqrt{2S}$, то отримуємо елемент, який задовольняє нашим умовам елементарної частки похибки. Тобто, якщо ми сприймаємо величину $\sqrt{2S}$ як вектор, який має можливість обертатися всередині сфери такого ж діаметру, то це може слугувати елементом похибки, який зв'яже властивості об'єкту та вимірювальної системи у одне ціле (рис. 1, г). Дуальність у цьому випадку буде визначатися, як

$$D = \sqrt{2S}, \quad (6)$$

тобто, це векторна величина.

Цей вектор хоч і більше за (1), але на відміну від нього враховує можливі нюанси роботи чутника торкання або приладу вимірювання. Особливість цієї елементарної частки є в тому, що як би ви не проводили процес вимірювання, вона завжди буде присутня між об'єктом та вимірювальним пристроєм. У цієї величини (6) є ще одна властивість, а саме можливість визначати товщину поверхні, яка за своїми властивостями відрізняється від основної маси об'єкту.

Така частка-крапка може деформуватися, але за умови, що площа перерізу не менше S , а товщина не менша за \sqrt{S} . Все, що менше за ці величини, просто не реєструється, тобто при розгляді реальних ситуацій найменша величина повинна бути не менше за $\sqrt{2S}$. Найпростіший приклад – звичайна лінійка, де ціна однієї поділки менше міліметра практично не буває в силу того, що поміряти щось менше цим приладом вимірювання просто неможливо. Величина $\sqrt{2S}$ є універсальна і може бути застосована при всіх інших видах вимірювання, як вольти, амperi, кулони тощо. Всі ці величини у своїй метрології є складовими кілограмів, метрів та секунд [12]. Правда, у цих випадках можливо краще б було користуватись кубічними або квадратними вольтами, амперами, омами тощо. Врешті-решт існують електромеханічні аналогії та електрон, який як елементарна електрична частка буде мати вище наведений опис.

Спотворення координат та форми АС при переході від уявної до реальної системи. Загальне підгрунтя спотворень

У попередніх статтях [1, 2, 3] ми розглянули основні принципи переходу від уявної до реальної систем координат. При таких переходах геометрія будь-якого об'єкту завжди спотворюється. Якщо спотворення менші за $\sqrt{2S}$, то ми вважаємо об'єкт ідеальним. У супротивному випадку об'єкт сприймається або як дефектний або як бракований, тобто як в одному, так і в другому випадку він нас не задовольняє.

У широкому загалі перехід від уявної до реальної системи координат необов'язково сприймати як наявність суто геометричних спотворень, тому що такий перехід може виникати, наприклад, для хімічних реакцій. Наразі, за суто математичним моделюванням процесів переходу від уявного до реального, ми маємо певну схожість з теорією спотворень, яка застосовується у картографії, але з відмінностями при моделюванні технологічних процесів металообробки. Основна відмінність полягає у тому, що у геодезії (картографії) первинною задачею є визначення спотворень, які отримує криволінійна (реальна) поверхня на рівну (уявну) площину [5, 6]. Тобто необхідно визначитися із спотвореннями, які ми отримуємо на карті, у порівнянні з реальною місцевістю. У нашому випадку задача має зворотній характер, а саме ідеальна (уявна) площина проектується на криволінійну (реальну) поверхню і при цьому отримує спотворення, які нам необхідно визначити.

Під технологічним процесом проекції уявної поверхні на реальну необхідно мати на увазі, що це не звичайна геометрична операція, як у математиці, а результат послідовних дій у реальному технологічному просторі під дією технологічного фантому (ТФ). Наразі існуючі математичні методики дають лише уявлення про кінцевий результат проектування, а не шлях його досягнення. Як наслідок, при переході з однієї координатної системи до іншої, ми маємо не одиничний вектор, який з'єднує координати уявні та реальні, а цілу низку одиничних протовекторів, кожний з яких є фізично-детермінованою реальністю процесу проектування. Визначити кількість цих протовекторів можливо за подовженістю, але відсутня динаміка розвитку у часі, оскільки це є функція зовнішнього середовища. За властивістю середовища ми маємо констатувати той факт, що за певною мірою наближення є лінійний рух при низці допущень стосовно криволінійного [6]. Тобто ми сприймаємо траєкторію руху як прямолінійну, за умови, що $R_x = R_y = R_z = \infty$.

Якщо розглянути феномен нескінченності як такої, то маємо відзначити той факт, що будь-яка нескінченність у просторі закінчується там, де виконується нерівність $\frac{1}{\infty} < [S]$.

Наразі величина $[S]$ буде визначати кроки розшарувань похибки у реальній системі координат $R(x, y, z, t)$ [2]. Кількість кроків необмежена, а тому уявний вектор проекції буде пронизувати низку шарів, поки не досягне реальної координати. У реальній ситуації це призводить до появи низки векторів пов'язаних з технологічними процесами, сума яких являє собою вектор проекції $V_{\text{ПР}}$ (рис. 2), тобто

$$V_{\text{ПР}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + [S]. \quad (7)$$

Коли величина розходження між сумою векторів та вектором проекції станове менше за $[S]$, то вважається, що між уявною та реальною поверхнею у цій координаті відсутні. Звісно, що це є ідеалізована ситуація. Тим не менш кожний з вище означених векторів є результатом закінченої технологічної операції і за своїм підсумком повністю схожий з вектором проекції $V_{\text{ПР}}$, тому має

сенс розглянути загальну картину його утворення.

У загальному випадку вектор проекції $V_{\text{ПР}}$ має прецесію з вершиною у точці M_u . При цьому вершина вектора рухається за гвинтовою траєкторією до зупинки при перетині реальної поверхні (рис.3). Рух вершини такого вектора може бути описаний за загальною методикою гвинтового руху АС, тобто [6]:

$$\left. \begin{aligned} x &= V_R \sin wt \\ y &= V_R \cos wt \\ z &= kV_u t \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

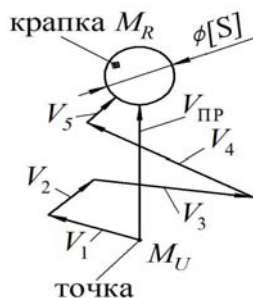


Рис. 2. Проекція точки на реальну поверхню

Наразі вектор \mathbf{V}_u , який має розмір $O_u O'_R$ (рис. 3,б) отримує проекцію у вигляді $\mathbf{V}_{\text{ПР}} = \mathbf{O}_u \mathbf{B}$. Якщо ввести масштабні коефіцієнти, то з рис.3б, можна вивести низку залежностей, а саме

$$V_R = V_u \operatorname{tg} \alpha, \quad V_{\text{ПР}} = V_u \sec \alpha, \quad V_{\text{ПР}} = k V_u + k V_u \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

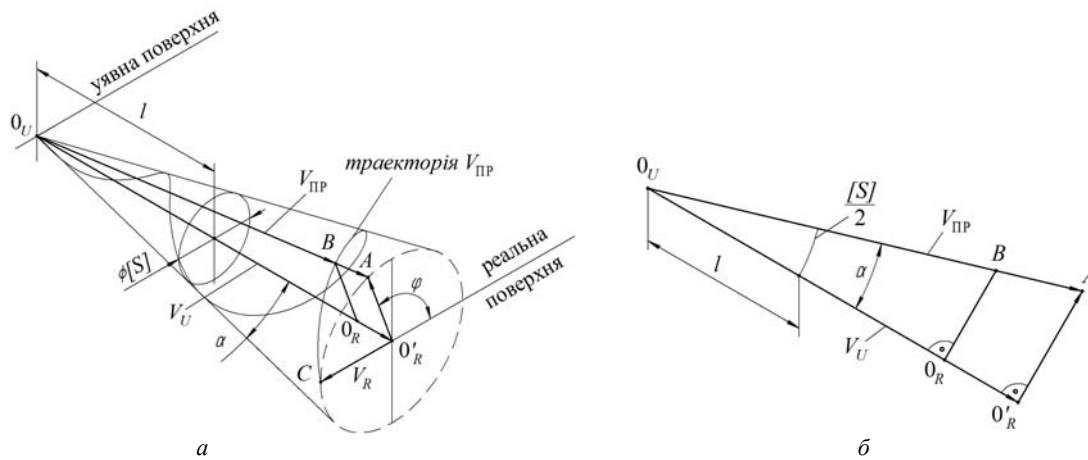


Рис. 3. Діаграма супровідного трикутника вектора проекції $\mathbf{V}_{\text{ПР}}$: а – траєкторія руху вектора ; б – діаграма супроводжуючого трикутника

Необхідно помітити, що коефіцієнт k у виразах (8) та (9) може приймати значення у межах $\operatorname{tg} \alpha = \frac{[S]}{2l} \leq k \leq \infty$. При цьому необхідно зробити зауваження, що вектор \mathbf{V}_u може приймати значення від $O_u O_R$ та $O_u O'_R$, а вектор $\mathbf{V}_{\text{ПР}}$ від $O_u B$ до $O_u A$. Тобто коефіцієнт k є аналогом координатної проникненості похибки μ у виразі (7), а $\operatorname{tg} \alpha$ коефіцієнту обертання нормального вектора вздовж еквіпотенційної лінії, тобто η . Як наслідок, вирази (8) та (9) можна переписати у наступному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} x &= \eta V_u \sin wt \\ y &= \eta V_u \cos wt \\ z &= \mu V_u t \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

При цьому

$$\mathbf{V}_{\text{ПР}} = \mu \mathbf{V}_u + \eta \mathbf{V}_u = \mu(1+\eta) \mathbf{V}_u, \quad (11)$$

що є векторним аналогом виразу (7) [5, 6]. Величина t у виразах (10) є аналогом часу у виразі (8). Час t у виразах (10) фактично визначає кут φ (рис. 3а), який разом з кутом α є параметрами похибки у просторі, які зв'язні з процесом руху у середовищі при переході від уявної поверхні до реальної. При цьому вектор \mathbf{V}_u на дистанції l (рис. 3а, б) знаходиться у стані дрейфу зі зв'язним з ним вектором $\mathbf{V}_{\text{ПР}}$. Під час процесу проектування вектор \mathbf{V}_u спрямовується за нормаллю \mathbf{n} до поверхні, в той час, як $\mathbf{V}_{\text{ПР}}$ дрейфує під кутом α до нього. Хоч ми і розташували точку O_u на уявній поверхні, тим не менш, зареєструвати маємо можливість лише на відстані l , яка у критичному випадку буде дорівнювати $[S]/2$. Це буде відповідним тій ситуації, коли кут $\alpha = \pi/2$, а кут $\varphi = 0,2\pi$. У цьому випадку зареєструвати різницю між векторами \mathbf{V}_u та $\mathbf{V}_{\text{ПР}}$ практично неможливо, хіба що чисто теоретично, оскільки наші об'єкти зливаються в дні ціле, тобто крапку з діаметром $[S]$.

Висновки

Внаслідок розгляду проблеми утворення похибок вимірювання було створено фізико-математичне підґрунтя елементарної частки похибки. Наразі розмірність такої частки становить $\sqrt{2S}$ і є векторною величиною. Ця частка є залежна від параметрів системи вимірювання та фізичних властивостей вимірюваного об'єкту, а не від його розмірів [12]. Це суттєво відрізняє цей елемент від загальноприйнятих методів вимірювання.

Наразі, для подальших досліджень необхідно звернути увагу на польові структури точності різних об'єктів.

Анотація. В предыдущих статьях [1, 2, 3] уже рассматривались некоторые пространственные элементы, как частицы отсчета в технологических процессах. Это рассмотрение показало, что все эти элементы имеют свои геометрические размеры с присущими им ошибками. Но в результате исследования выяснилось, что необходимо иметь какую-то универсальную единицу измерения, которая устраивала бы все требования относительно физико-математического описания ошибки измерений и рабочего пространства. На сегодняшний день такими элементами могут быть классические геометрические фигуры, которые имеют одинаковую форму с любого взгляда (проекция). Среди всех геометрических фигур больше всего подходят для рассмотрения шар, куб, равносторонний цилиндр. Используя эти частицы, мы имеем возможность производить математическое описание реальной и мнимой поверхности, как основу сотворения ошибки и

дуализма поверхности, которые вызываются системой измерения. В этом случае введение элементарной частицы ошибки дает возможность реализовать физико-математическое описание ошибки в виде полевых структур детали.

Ключевые слова: элементарная частица ошибки, полевая структура детали.

Abstract. In a previous series of articles [1, 2, 3] some spatial elements as a share point in the technological process are considered. This review showed that all these elements have their geometric dimensions and their inherent uncertainty. However, as a result of the study revealed that there should be some universal unit that would satisfy all the requirements for the physical and mathematical description of measurement errors and workspace. Currently, such items can be classic geometric shapes that have the same design from any view (projection). Among all the geometric shapes for consideration ball, cube, cylinder equilateral are most suitable. Using these particles, we are able to provide a mathematical description of the real and imaginary surface, as the basis for the formation of error and dual surface, which causes a measuring system. In this case, the introduction of elementary particle errors allows to physical and mathematical descriptions of the error in the form of field structures details are perform.

Keywords: elementary particle error, field structure details.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Скицюк В.І. Межі застосування риски як об'єкту налагодження приладу (Частина 1) / В.І. Скицюк, М.А. Вайнтрауб // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія приладобудування. – 2008. – Вип. 35. – С. 166 - 172.
2. Скицюк В.І. Межі застосування риски як об'єкту налагодження приладу (Частина 2) / В.І. Скицюк, М.А. Вайнтрауб // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія приладобудування. – 2009. – Вип. 37. – С. 152 - 161.
3. Скицюк В.І. Поняття технологічної крапки (точки) у надточних системах вимірювання / В.І. Скицюк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2007. – Вип. 33. – С. 164 – 170.
4. Точность производства в машиностроении / под ред. А.Н. Гаврилова. – М.: "Машиностроение", 1973. 567 с..
5. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М.: Изд-во «Наука», 1965. – 780 с.
6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1967. – 608 с.
7. Боровков А.А. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат.лит., 1972. – 288 с. с ил.
8. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
9. Крекрафт Д. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала; пер. с англ. А.А. Кузьмичевой; под ред. А.А. Лапина / Д. Крекрафт, С. Джержли. – М.: Техносфера, 2005. – 360 с.
10. Электрические контакты (теория и применение). VI Всесоюзное совещание (Москва, ноябрь, 1972 г.). Рефераты докладов. – М.: Наука, 1972.
11. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия / Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. – М.: "Металлургия", 1972. 528 с. [Электронный ресурс] <http://nglib.ru/annotation.jsp?book=021375>.
12. Деньгуб В.М. Единицы величин: Словарь – справочник / В.М. Деньгуб, В.Г. Смирнов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. 240 с., ил.

References

1. Skysiouk, V.I. and Weintraub, M.A. (2008), The scope of application of the line as object of instrument adjustment. *Bulletin of NTUU “KPI”. Series Instrument making*, 35 (1), pp. 166 – 172.
2. Skysiouk, V.I. and Weintraub, M.A. (2009), The scope of application of the line as object of instrument adjustment. *Bulletin of NTUU “KPI”. Series Instrument making*, 37 (2), pp. 152 – 161.
3. Skysiouk, V.I. (2007), The concept of technological dots in high-precision measurement systems. *Bulletin of NTUU “KPI”. Series Instrument making*, 33, pp. 164 – 170.
4. Gavrilova, A.N. (ed.) (1973), *Production accuracy in mechanical engineering*, Engineering, Moscow, Russian.
5. Anko, A. (1965), *Mathematics for Electrical and Radio Engineers*, ON. Anko. "Nauka", Moscow, Russian.
6. Bronshtein, I. N., and Semendiaev, K. A. (1986), *Spravochnik po matematike dlia inzhenerov i uchaschchikhsia vtuzov*, [Handbook of mathematics for engineers and students of technical colleges]. 13 nd. (ed.), Nauka, Moscow, Russian.
7. Borovkov, A.A. (1972), *The course in probability theory*, Nauka, Moscow, Russian.
8. Jackson, R.G.(2007), *The latest sensors*, Technosphere. Moscow, Russian.
9. Krekraft, D. and Dzherdzhli, S. (2005), *Analog electronics. Circuits, systems, signal processing*, Translated from English by Kuzmichev, A.A., In Lapin A. A (ed.), Technosphere, Moscow, Russian.
10. *Electrical contacts (theory and application)*, (1972), VI All-Union Conference (Moscow, November 1972). Abstracts of the reports. Nauka, Moscow, Russian.
11. Cypress, S.S. and Libenson, G.A. (1972), Powder metallurgy, "Metallurgy", Moscow, Russian. [Electronic resource] <http://nglib.ru/annotation.jsp?book=021375>.
12. Dengub, V.M. and Smirnov, V.G. (1990), *Unit values*, Dictionary – guide, Isd-vo standartov, Moscow, Russian.

Подана до редакції 14.12.2015