CORE Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Electronic Archive of Kyiv Polytechnic Institute

ГІПОТЕЗИ. НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ РІШЕННЯ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ ПРОБЛЕМ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 620.179.14.(088.8)

МЕЖІ ЗАСТОСУВАННЯ РИСКИ ЯК ОБ’ЄКТУ НАЛАГОДЖЕННЯ ПРИЛАДУ (Частина II)

[1)]Скицюк В.І., [2)]Вайнтрауб М.А., [1)]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; [2)]Інститут професійно-технічної освіти АПН України, м. Київ, Україна

Розглянуто питання стосовно налаштування на початок координат абстрактної рухомої системи при відомій початковій швидкості та обмеженому часі вимірювання. Досліджується проблема зв’язку між швидкістю руху абстрактної системи, часом вимірювання та можливими геометричними розмірами нуля координат при орієнтуванні об’єкта у просторі

Вступ

У попередніх статтях [1, 2] вже було розглянуто поняття риски, точки та крапки, як термінологічних понять стосовно їх використання у техніці вимірів. Проте, окрім термінології, існує і технічний бік цієї проблеми, та її вплив на точність вимірювання. Оскільки це досить об’ємна проблема, то наразі вона розглядається у скороченому вигляді, стосовно орієнтації на риску.

Ця ситуація є досить розповсюдженою при будь-яких вимірюваннях, наприклад, для стрілочних приладів тощо. У попередній статті [2] вже розглядався первинний випадок стосовно вимірювань.

Оскільки це питання ніколи не з’ясовувалося у науково-технічній літературі, а у класичній фізиці поняття матеріальної точки ще і на цей час повністю не визначено, то звідсіля отримуємо класичну проблему орієнтування абстрактних об’єктів у просторі. Тобто існує актуальна проблема виникнення похибки вимірювання залежно від ширини риски.

Отже, метою роботи на первинному рівні є з’ясування впливу руху абстрактної системи на її орієнтування, що дозволить виявити чинники впливу на похибку та способи її усунення. Наразі розглядаємо однокоординатний лінійний рух.

Ідеалізована однокоординатна система орієнтування

Розглянемо досить простий випадок, тобто, коли необхідно налагодити якийсь прилад на «нуль» відліку. У такому випадку задачу можна розглядати як однокоординатну. Наприклад, нам необхідно потрапити з точки x_0 у початок координат, коли ми маємо швидкість $V_0 = 0$ (рис.1).

При заданій ширині риски Δ ми повинні зупинитися таким чином, щоб опинитися на відстані меншій за $\Delta/2$ від початку координат. Одразу обумовимося, що крапка «0» початку координат непорушна у просторі.

За такого способу руху система має опис через відоме диференційне рівняння другого порядку [3, 4]:

$$m\frac{dV}{dt} = -kx - rV \tag{1}$$

Звідки маємо рівняння руху

$$\frac{d^2V}{dt^2} + 2\delta\frac{dV}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \tag{2}$$

де V – швидкість руху; k – коефіцієнт пружності; r – коефіцієнт демпфування; $\delta = \frac{r}{2m}$, $\omega_0^2 = k/r$.

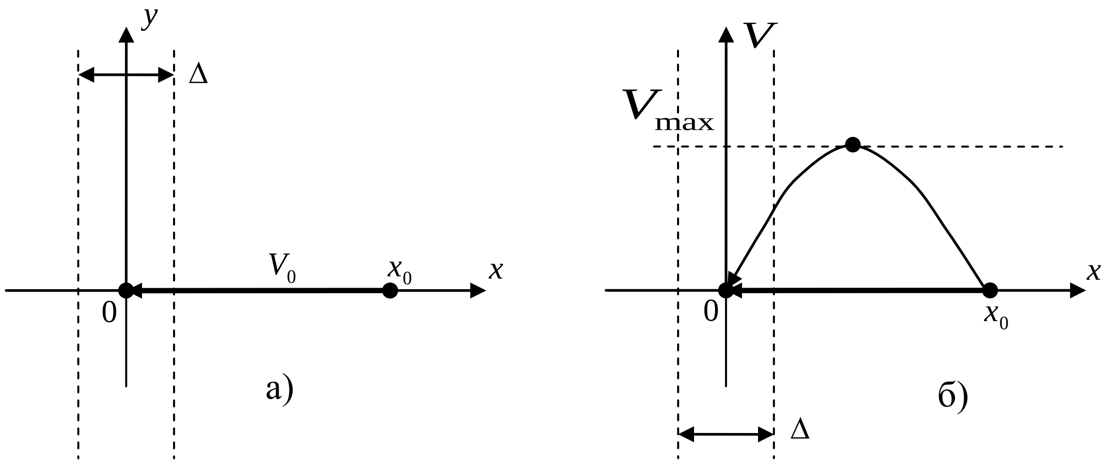

Рис.1. Однокоординатний рух до центру: а) діаграма напрямку, б) діаграма зміни швидкості координат

Стосовно нашої задачі ми маємо розглянути два випадки. А саме сильне та слабке затухання.

Для сильного затухання рівняння (2) має наступне вирішення:

$$x = A_1 e^{-\delta_1 t} + A_2 e^{-\delta_2 t} \tag{3}$$

За умови, що координата старту є x_0 (рис.1) матимемо наступні умови:

$$x = x_0; V = 0;\ t = 0 \tag{4}$$

Звідки маємо:

$$x_0 = A_1 + A_2.$$

Отже, $A_1 = x_0 - A_2$.

$$V = \frac{dx}{dt} = -A_1\delta_1 e^{-\delta_1 t} - A_2\delta_2 e^{-\delta_2 t} \tag{5}$$

За умови, що $x = x_0$; $V = 0$; $t = 0$ отримуємо

$$0 = -A_1\delta_1 - A_1\delta_2 \Rightarrow A_2 = -A_1\frac{\delta_1}{\delta_2}.$$

$$A_1 = x_0 + A_1\frac{\delta_1}{\delta_2};\;\; A_2 = \frac{x_0\delta_1}{\delta_1 - \delta_2};$$

$$A_1 = \frac{x_0\delta_1}{\delta_2 - \delta_1}$$

Підставляючи значення A_1 та A_2 у вирази (3) та (5). Отримуємо часову залежність координати та швидкості.

$$\left.\begin{aligned} x &= -\frac{x_0\delta_2}{\delta_1-\delta_2}e^{-\delta_1 t} + \frac{x_0\delta_1}{\delta_1-\delta_2}e^{-\delta_2 t} \\ V &= \frac{V_0\delta_1\delta_2}{\delta_1-\delta_2}\left(e^{-\delta_1 t} - e^{-\delta_2 t}\right) \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

З виразів (6) добре видно, що для того, щоб досягти координати $x = 0$ час вимірювання *t* повинен сягати нескінченності. З виключно логічних міркувань це є повний нонсенс з будь-якого погляду.

У виробництві, науці тощо час вимірювання завжди обмежений. А, отже, погоджуючись на цю тезу, ми завжди свідомо закладаємо похибку вимірювання. Стосовно задачі, що розглядається, - це ширина риски, яка визначає початок координат, тобто за сталого часу вимірювання t_0 ширина риски повинна становити:

$$\Delta = x_0 - x\left(t_0\right) \tag{7}$$

У цьому випадку повинна виконуватися умова

$$\Delta = -\frac{x_0\delta_2}{\delta_1-\delta_2}e^{-\delta_1 t} - \frac{x_0\delta_1}{\delta_1-\delta_2}e^{-\delta_2 t} \ge 0 \tag{8}$$

за швидкості руху, яка виконується згідно (6) (рис. 2).

Цілком логічно, що виникає запитання: Чи існують такі значення V_0 та t_0, які б задовольняли поставленим умовам задачі? Дослідимо це питання.

Якщо $V_0 = 0$, $\delta_1 = const$, $\delta_2 = const$, то матимемо наступний результат:

$$V' = -\frac{x_0\delta_1\delta_2}{\delta_1-\delta_2}\left[e^{-\delta_1 t}(-\delta_1) - e^{-\delta_2 t}(-\delta_2)\right].$$

Якщо $V' = 0$, то $e^{-\delta_1 t}(-\delta_1) - e^{-\delta_2 t}(-\delta_2) \Rightarrow \dfrac{e^{-\delta_1 t_0}}{e^{-\delta_2 t_0}} = \dfrac{\delta_2}{\delta_1}.$

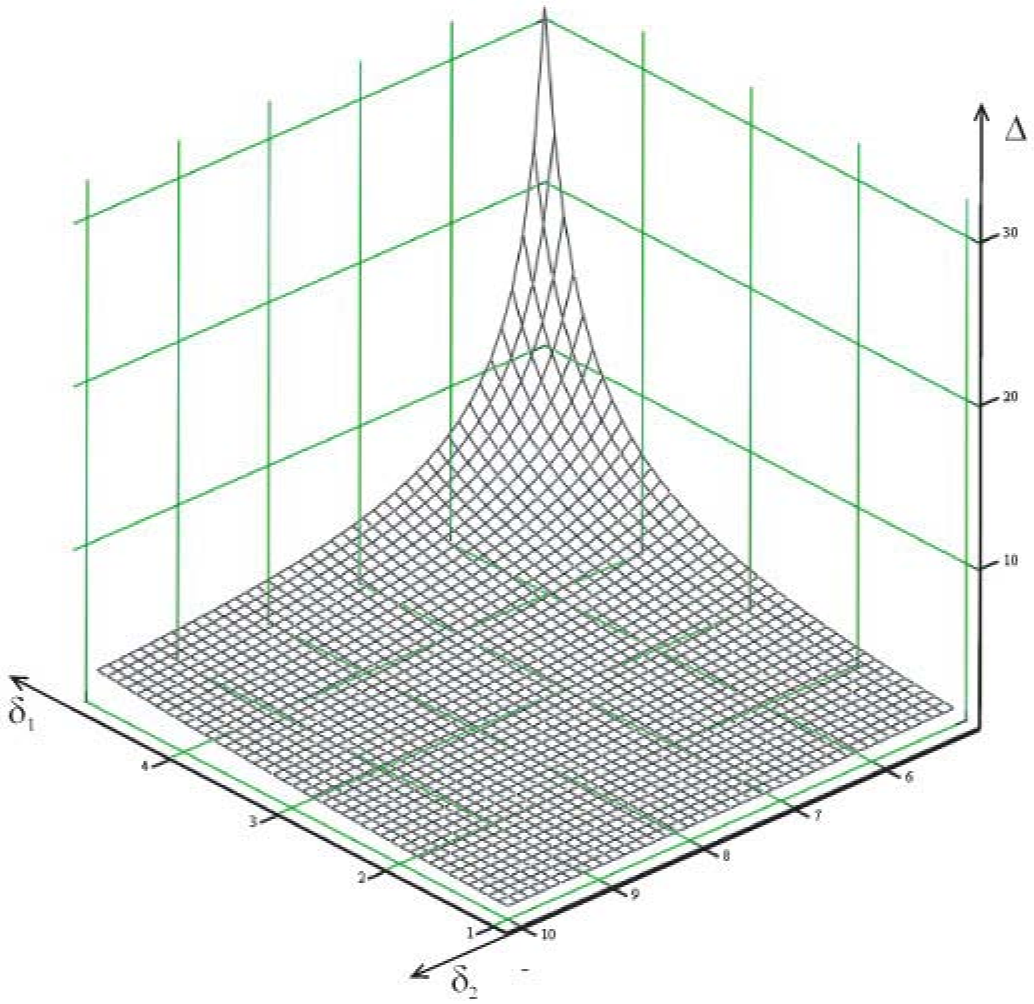

Рис.2. Залежність розмірів риски Δ від параметрів системи руху згідно залежності (8)

Або у кінцевому випадку при $\delta_2 > 0$, $\delta_1 > 0$, $\delta_2 > \delta_1$, $t_0 > 0$ отримуємо (рис. 3):

$$t_0 = \frac{\ln\frac{\delta_2}{\delta_1}}{\delta_2 - \delta_1} \tag{9}$$

Аналогічно, вирішивши задачу відносно V_{max}, можна дійти висновку, що при сталих величинах δ_2, δ_1, t_0 швидкість необмежено наближається до нуля. (Рис. 4)

$$V_{\max}(t_0) = \frac{x_0\delta_1}{\delta_1 - \delta_2}\left(e^{-\delta_1\cdot\frac{\ln\frac{\delta_2}{\delta_1}}{\delta_2-\delta_1}} - e^{-\delta_2\cdot\frac{\ln\frac{\delta_2}{\delta_1}}{\delta_2-\delta_1}} \right) \tag{10}$$

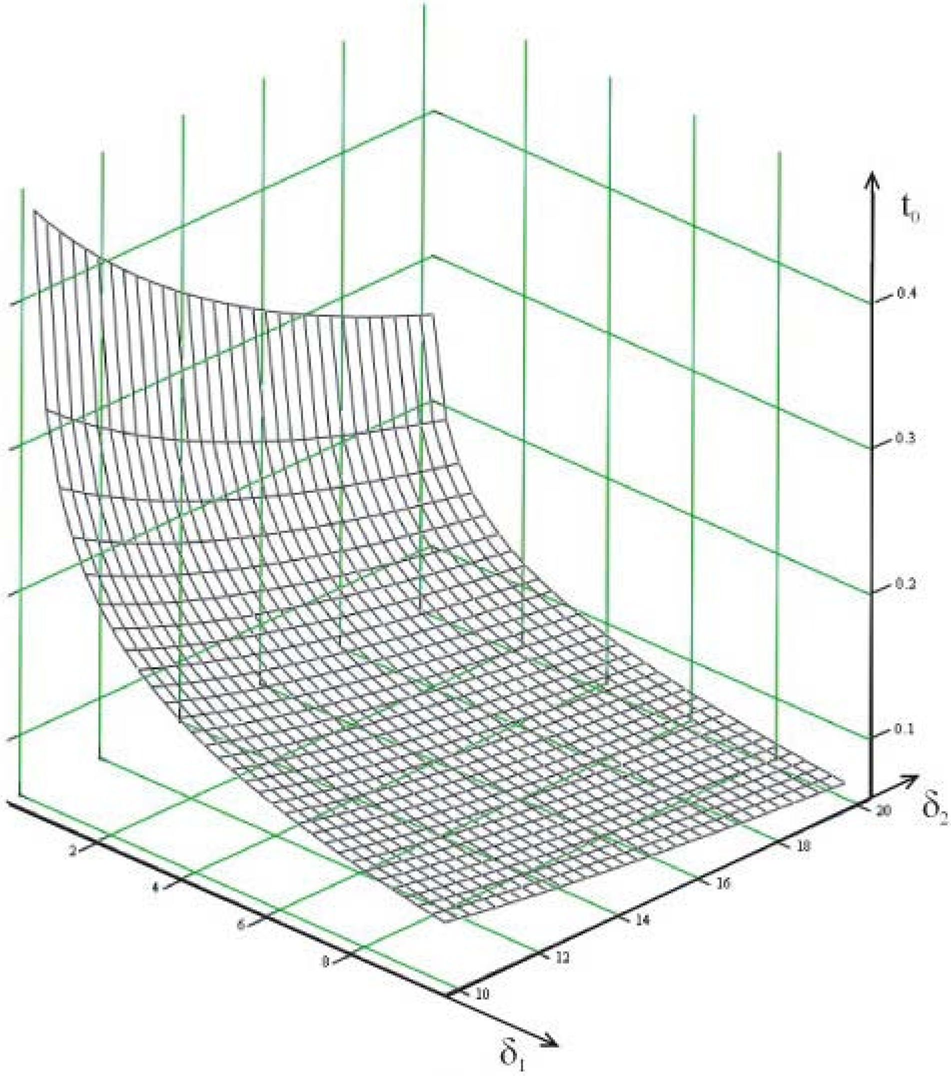

Рис.3. Залежність часу t_0 від параметрів системи руху згідно залежності (9)

У випадку слабкого затухання рівняння (2) вирішується наступним чином. Загальне рішення має вигляд:

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin\left(\omega t + \varphi\right) + x_0 \tag{11}$$

при умові, що $x = x_0$, $V_0 = 0$, $t = 0$

отримуємо наступне:

$$x_0 = A_0 \sin\varphi \Rightarrow A_0 = \frac{x_0}{\sin\varphi} \tag{12}$$

З (7) та (11) отримуємо $\Delta = \dfrac{x_0}{\sin\varphi} e^{-\delta t} (\sin\omega t + \varphi)$ (13)

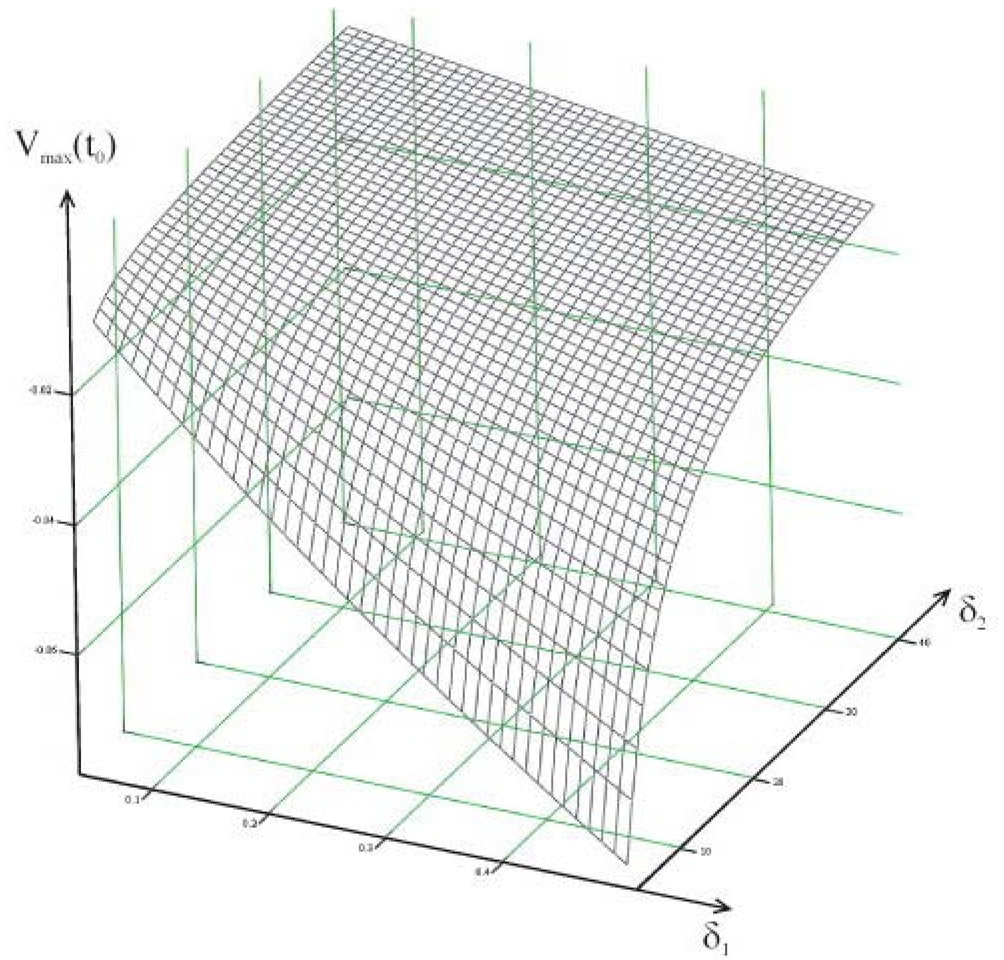

Рис.4. Залежність V_{max} для сталої ширини риски від параметрів системи руху згідно залежності (10)

Функція відображена на рис. 5.

Виходячи з (11) та (12) будемо мати наступну ситуацію з швидкістю:

$$V = x'_t = -A_0\delta e^{-\delta t}\sin(\omega t+\varphi) + A_0\omega e^{-\delta t}\cos(\omega t+\varphi) \Rightarrow$$

$$V = A_0 e^{-\delta t}\sqrt{\omega^2+\delta^2}\cdot\sin\left(arctg\frac{\omega}{\delta}-\omega t-\varphi\right) \tag{14}$$

$$V = \frac{x_0}{\sin\varphi}e^{-\delta t}\sqrt{\omega^2+\delta^2}\sin\left(arctg\frac{\omega}{\delta}-\omega t-\varphi\right).$$

Максимальне значення швидкості у цьому випадку знаходимо як:

$$V' = \frac{dV}{dt} = \frac{x_0}{\sin\varphi}\sqrt{\omega^2+\delta^2}\left[e^{-\delta t}(-\delta)\sin\left(arctg\frac{\omega}{\delta}-\omega t-\varphi\right)+\right.$$
$$\left.+e^{-\delta t}\cos\left(arctg\frac{\omega}{\delta}-\omega t-\varphi\right)(-\omega)\right]=0 \tag{15}$$

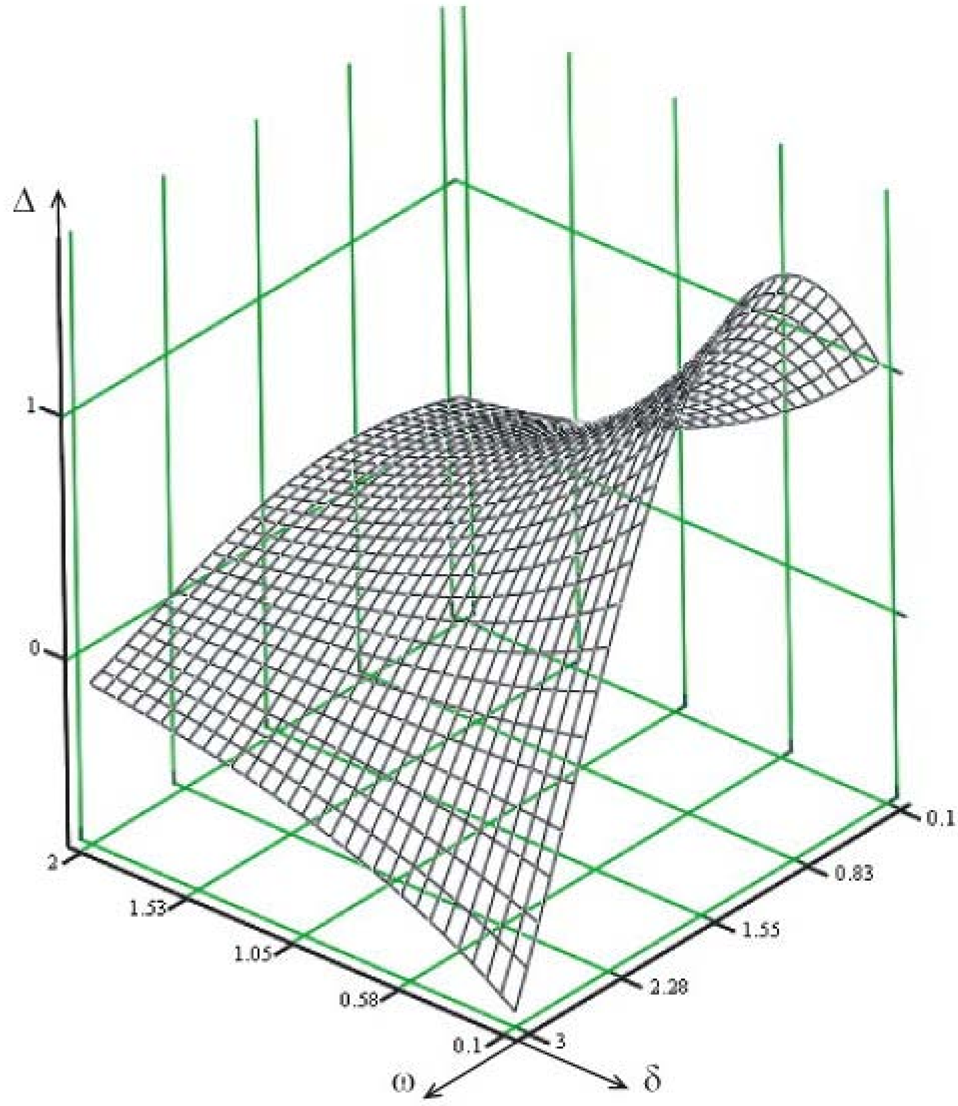

Рис.5. Залежність часу t_0 від параметрів системи руху згідно залежності (13)

Спрощуючи рівняння (14) до оптиму знаходим, що

$$\omega t = 2arctg\left(\frac{\omega}{\delta} - \varphi\right)$$

або для t_0 маємо вирішення, що

$$t_0 = \frac{1}{\omega}\left(2arctg\frac{\omega}{\delta} - \varphi\right) \qquad (16)$$

Функція відображена на рис. 6.
Швидкість $V_{\max}$ у цьому випадку:

$$V_{\max} = \frac{x_0}{\sin\varphi} e^{-\delta\frac{2arctg\frac{\omega}{\delta} - \omega t - \varphi}{\omega}} \sqrt{\omega^2 + \delta^2} \sin\left(arctg\frac{\omega}{\delta} - 2arctg\frac{\omega}{\delta}\right). \qquad (17)$$

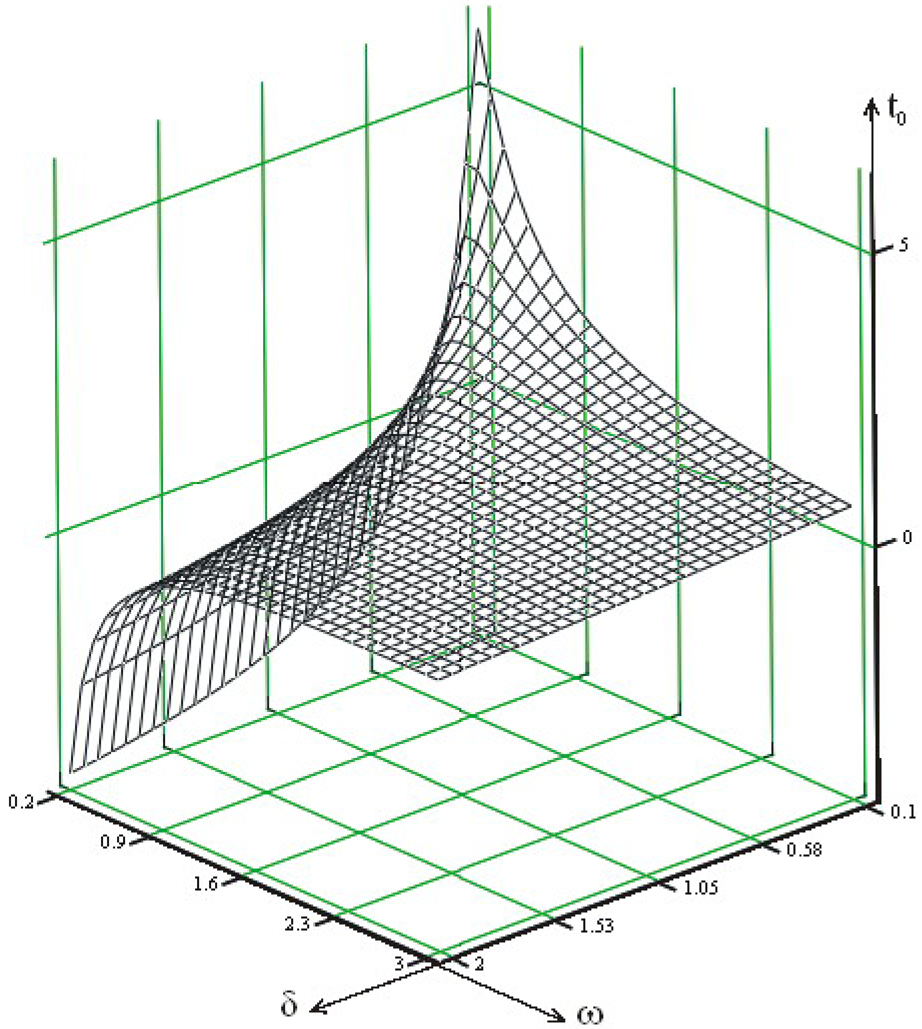

Рис. 6. Залежність часу руху t_0 від параметрів системи за виразом (16)

Функція відображена на рис. 7.

Висновки

1. Навіть з неупередженого погляду дуже добре видно, що координата $x = 0$ ніколи не може бути досягнута, хоча йшлось про ідеалізовану ситуацію, коли вектор руху ідеально співпадає з віссю координат (x та y). У цьому випадку маємо чинно-наслідковий зв'язок: нема швидкості руху об'єкту – нема вимірювання.

2. Точність налаштування на ширину риски є повністю залежною від фізичних параметрів системи руху, а саме від δ_1, δ_2, ω, тому що вони є взаємозалежні від величини часу вимірювання t_0.

3. Ширина риски у налагодженні є прямозалежною від параметрів системи руху, а саме δ_1, δ_2, ω.

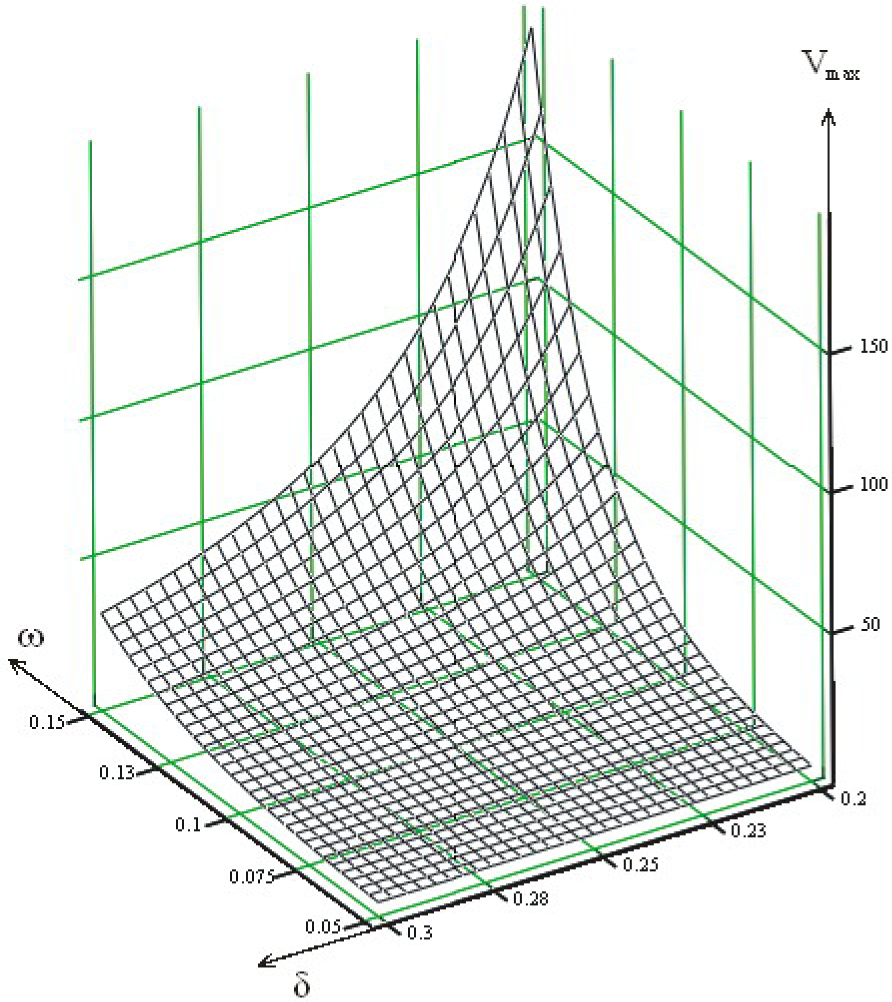

Рис. 7. Залежність максимальної швидкості V_{max} при сталих параметрах системи руху та розміру риски.

4. Для кожної системи вимірювання існує таке значення t_0, яке задовольняє не ширині риски Δ, а її параметрам δ_1, δ_2, ω.

5. Розглянутий випадок є взаємнообернений, оскільки рух від координати $x = 0$ до $x = x_0$ такий же, як від $x = x_0$ до $x = 0$.

6. Якщо швидкість $V \to 0$ вимірювання неможливе, оскільки координата присутності знаходиться у зоні Δ. Отже, чим ширша риска, тим менше можливостей визначитися з точністю налагодження і навпаки.

Отже, як випливає з розглянутого випадку, існують певні проблеми отримання точності навіть у ідеалізованому варіанті при стартових умовах з нульовою швидкістю. Тобто наступним етапом досліджень є визначення ідеалізованої ситуації, яка виникає у подібному випадку при нескінченному наближенні до початку координатної системи.

Література

1. Скицюк В.І. Поняття технологічної крапки (точки) у надточних системах вимірювання // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2007. – № 33. – С. 164 – 170.
2. Скицюк В.І., Вайнтрауб М.А. Межі застосування риски як об'єкту налагодження приладу (Частина І). // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2008. – № 35. – С. 166 – 172.
3. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука. Гл.ред.физ.-мат.лит., 1986. – 544 с.
4. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики / Отв.ред. В.К.Тартаковский. – К.: Наукова думка, 1989. – 864 с.

Скицюк В.И., Вайнтрауб М.А. **Границы применения черты как объекта настройки прибора (Часть 2)** Рассмотрен вопрос настройки на начало координат абстрактной движущейся системы при известной начальной скорости и ограниченном времени измерения. Исследуется проблема связи между скоростью движения абстрактной системы, временем измерения и возможными геометрическими размерами нуля координат при ориентации объекта в пространстве.	Skytsiouk V.I., Vaintraub M.A. **The scope of application of the line as object of instrument adjustment (Part 2)** At work state a question of adjustment at home of the abstract moving system at known initial and bounded time of measurement. The problem of the communication between the rate of movement of the abstract system and the possible geometry of reference zero at orientation object in space is investigated.

Надійшла до редакції
20 жовтня 2008 року

УДК 546.212 + 616.717

ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТУ КІРЛІАН ДЛЯ ОЦІНКИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ВОДНИХ СИСТЕМАХ

[1)]Болдескул О.Є., [2)]Коломієць Р.О., [1)]Охай Ю.І., [2)]Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна; [1)]Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна

Технічно реалізовано два підходи до реєстрації ефекту Кірліан у рідинах. Проаналізовано три методи формування краплі рідини. На прикладі інформаційно-структурованих вод – «Моршинської» та «Даяни» – продемонстровані можливості розробленої апаратури. Показано, що в якості статистично достовірного структуризатора рідин може бути використаний магнітний прилад – Коректор функціонального стану (КФС)

Вступ

Незвичайні властивості води, які проявляються у фізико-хімічних дослідах, та її надзвичайна роль в функціонуванні біологічних систем зумовлюють пос-