



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123138** (13) **C2**

(51) МПК (2021.01)

G05B 23/00

G06Q 50/00

G06Q 50/06 (2012.01)

G06F 15/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2016 06093**

(22) Дата подання заявки: **06.06.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **25.02.2021**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **11.12.2017, Бюл.№ 23**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **24.02.2021, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):

**Багацький Валентин Олексійович (UA),
Багацький Олексій Валентинович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М.

ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ,

просп. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187,
03680 (UA),

Багацький Валентин Олексійович,
вул. Спаська, 9, кв. 25, м. Київ-70, 04070
(UA),

Багацький Олексій Валентинович,
вул. Спаська, 9, кв. 25, м. Київ-70, 04070
(UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

Методи оцінки якості комунальних послуг /
В. О. Багацький, О. В. Багацький // Вісник
Вінницького політехнічного інституту. - 2014.
- № 6. - С. 108-115

RU 2566212 C1, 20.10.2015

US 6564116 B2, 13.05.2003

Прилад для визначення якості
електроенергії в мережі 220 В у споживача /
В.В. Багацький, О.В. Багацький // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. —
2014. — № 13. — С. 15-22

Багацький О.В. Показники якості та оцінка
якості надання комунальних послуг // Інформаційні технології та комп'ютерна
інженерія. – Вінницький національний
технічний університет. – Вінниця, 2012. – №
2, 24. – С. 4–11

UA 92540 C2, 10.11.2010

WO 2014104933 A2, 03.07.2014

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВІДПОВІДНОСТІ БАГАТОФАКТОРНОГО ПРОЦЕСУ НОРМИ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі управління, випробовування та контролю багатофакторних процесів та може бути застосований для оцінки стану технологічних процесів в цілому у промисловості, житлово-комунальному господарстві та медицині. Спосіб визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі включає циклічний вимір значень кожного параметра багатофакторного процесу і їхнє запам'ятовування, для кожного параметра процесу

UA 123138 C2

розраховується і запам'ятовується функція відповідності, яка пов'язує відхилення виміряного параметра від його номінального значення з коефіцієнтом відповідності, причому коефіцієнт відповідності дорівнює одиниці, якщо виміряний параметр дорівнює його номінальному значенню, а якщо виміряне значення параметра виходить за гранично допустиме значення, то коефіцієнт відповідності дорівнює нулю, виміряні значення всіх параметрів багатofакторного процесу за допомогою функцій відповідності перетворюються на коефіцієнти відповідності, якщо один або декілька коефіцієнтів відповідності дорівнюють нулю, то вони запам'ятовуються, виводяться та індикуються, а якщо ні, то всі коефіцієнти відповідності помножуються, добуток коефіцієнтів відповідності запам'ятовується, виводиться та індикуються, і він є узагальненим коефіцієнтом ступеня відповідності багатofакторного процесу нормі.

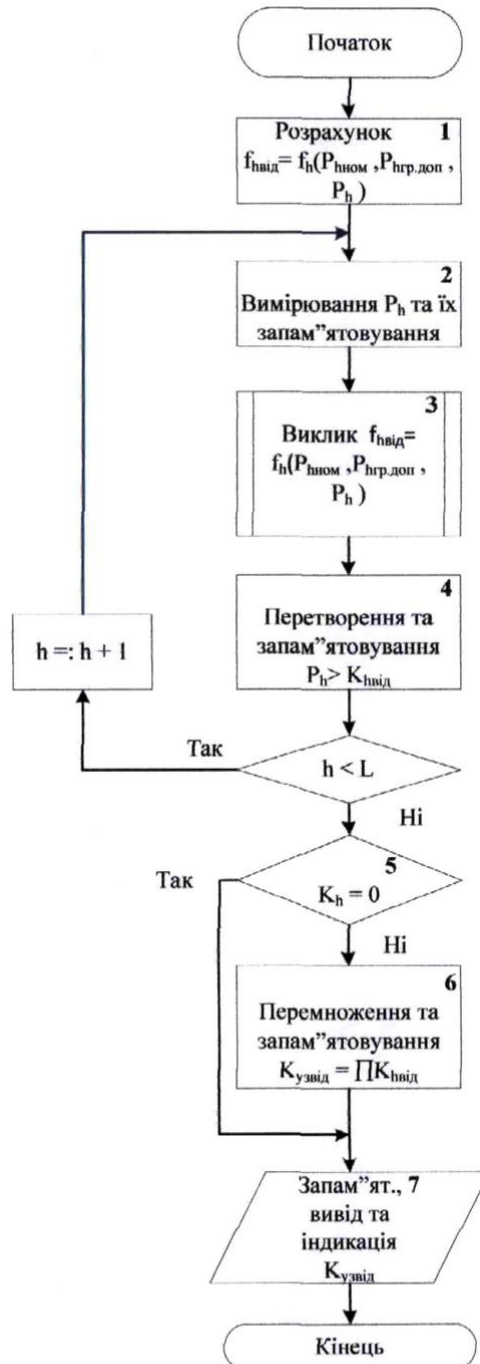


Fig.1

Винахід належить до галузі управління, випробовування та контролю багатофакторних процесів та може бути застосований для оцінки стану технологічних процесів в цілому у промисловості, житлово-комунальному господарстві та медицині.

Відомий спосіб контролю параметрів технологічного процесу (деклараційний патент України на корисну модель № 9631, МКВ G06F 15/00, бюл. № 10, 2005). Спосіб-аналог включає циклічний вимір значень кожного параметра об'єкта і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра з граничними уставками і видачу сигналу про це, контроль отриманого значення параметра в процесі виконання виміру кожного значення параметра і його запам'ятовування, формування і запам'ятовування коду стану параметра, порівняння сформованого коду стану параметра з кодом стану цього ж параметра, визначення частоти зміни стану параметра і контроль перевищення нею встановленого значення.

Спільними рисами аналога та пропонованого способу є циклічний вимір значень кожного параметра та їх запам'ятовування.

Недоліком аналога є те, що стан технологічного процесу в цілому визначається станами окремо взятих параметрів, тобто оцінка стану процесу в цілому є векторною величиною з багатьма складовими.

Найбільш близьким до пропонованого способу є спосіб контролю параметрів технологічного процесу (патент України на корисну модель № 71122, МКВ G06F 15/00, G05B 23/02, бюл. № 13, 2012), який ми вибрали як прототип, і який включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра з граничними уставками, введенням ідентифікації стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють ковзні статистичні характеристики математичного сподівання.

Спосіб-прототип передбачає наступні види контролю, виконувані в наведеному вище порядку:

- контроль перебування отриманого значення ковзного математичного сподівання контрольованих параметрів в області можливих значень норми;
- контроль середньостатистичної динаміки станів об'єкта по кожному параметру в області можливих значень норми;
- контроль нормованих параметрів взаємкореляції між кожною парою параметрів в області можливих значень норми.

Спільними рисами прототипу та пропонованого способу є циклічний вимір значень кожного параметра та їх запам'ятовування.

Недоліками прототипу є те, що стан процесу в цілому визначається станами окремо взятих параметрів, а також тим, що стан параметрів визначається за допомогою операцій контролю. Як відомо, операції контролю надають інформацію кількістю в один біт, тобто визначають, знаходиться процес в нормі, або виходить за її межі. Крім того, якщо параметри, які входять до пари, не залежать один від одного, то контроль коефіцієнтів взаємкореляції не надає жодної інформації про стан процесу.

В основу винаходу поставлено задачу створити спосіб визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі, в якому ступінь відповідності нормі визначається не як результат виконання операцій контролю над окремим параметрами, або над коефіцієнтами взаємкореляції, тобто відповідає процес нормі або не відповідає, а визначається ступінь відповідності процесу нормі у вигляді одного числа - узагальненого коефіцієнта відповідності, що може змінюватися від одиниці, коли всі параметри дорівнюють номінальним значенням, до нуля, коли хоча б один параметр виходить за гранично допустиме значення. Проміжні значення узагальненого коефіцієнта вказують на ступінь відхилення всіх параметрів процесу в цілому від їх номінальних значень.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що спосіб включає циклічний вимір значень кожного параметра багатофакторного процесу і їхнє запам'ятовування, в який, згідно з винаходом, додані операції розрахунку та запам'ятовування для кожного параметра процесу функції відповідності, яка пов'язує відхилення вимірюваного параметра від його номінального значення з коефіцієнтом відповідності, причому коефіцієнт відповідності дорівнює одиниці, якщо виміряний параметр дорівнює його номінальному значенню, а якщо виміряне значення параметра виходить за гранично допустиме значення, то коефіцієнт відповідності дорівнює нулю, виміряні значення всіх параметрів багатофакторного процесу за допомогою функцій відповідності перетворюються на коефіцієнти відповідності, які, якщо один або декілька коефіцієнтів відповідності дорівнюють нулю, то вони запам'ятовуються, виводяться та

індиціюються, а якщо ні, то всі коефіцієнти відповідності помножуються, добуток коефіцієнтів відповідності запам'ятовується, виводиться та індиціюється, і він є узагальненим коефіцієнтом ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі.

Відмінними ознаками запропонованого способу є операції розрахунку та запам'ятовування для кожного параметра процесу функції відповідності, яка пов'язує відхилення вимірюваного параметра від його номінального значення з коефіцієнтом відповідності, причому коефіцієнт відповідності дорівнює одиниці, якщо вимірюваний параметр дорівнює його номінальному значенню, а якщо виміряне значення параметра виходить за гранично допустиме значення, то коефіцієнт відповідності дорівнює нулю, виміряні значення всіх параметрів багатофакторного процесу за допомогою функцій відповідності перетворюються на коефіцієнти відповідності, якщо один або декілька коефіцієнтів відповідності дорівнюють нулю, то вони запам'ятовуються, виводяться та індиціюються, а якщо ні, то всі коефіцієнти відповідності помножуються, добуток коефіцієнтів відповідності запам'ятовується, виводиться та індиціюється, і він є узагальненим коефіцієнтом ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі.

Введення в спосіб нових операцій виконання розрахунку, перетворень та запам'ятовування в тому випадку, коли параметри процесу не виходять за граничні значення, дозволяє визначити ступінь відповідності багатофакторного процесу нормі у вигляді одного числа - узагальненого коефіцієнта відповідності, яке вказує на ступінь відхилення всіх параметрів процесу в цілому від їх номінальних значень, або, якщо один чи декілька параметрів виходять за гранично допустиме значення, то це відразу виводиться на індикацію та вказує на аварію.

Оскільки спосіб є послідовність дій, прийомів або системи прийомів, яка дає можливість досягти певної мети, то він може бути проілюстрований за допомогою алгоритму дій.

На фіг. 1 зображено блок-схему алгоритму дій для одного циклу запропонованого способу визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі, де:

h - номер параметра багатофакторного процесу,

L - кількість параметрів багатофакторного процесу,

$f_h (P_{h \text{ ном.}}, P_{h \text{ гр.доп.}}, P_h)$ - функція відповідності h -того параметра багатофакторного процесу,

$P_{h \text{ ном.}}$ - номінальне значення h -того параметра,

$P_{h \text{ гр.доп.}}$ - граничне допустиме значення h -того параметра,

P_h - поточне значення h -того параметра,

$K_{h \text{ від.}}$ - коефіцієнт відповідності для поточного значення параметра P_h ,

$K_{\text{уз.від.}}$ - узагальнений коефіцієнт відповідності багатофакторного процесу.

Визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі починається з розрахунку функцій відповідності f_h для кожного параметра та їх запам'ятовування (блок 1 на фіг. 1). Основою для розрахунку є вплив відхилення даного параметра від номінального значення на кінцевий вихід продукту даного процесу, на роботоспроможність обладнання, на якому реалізується даний процес або на роботоспроможність людини-оператора.

Наступним кроком є вимірювання поточного значення параметра P_h та його запам'ятовування (блок 2 на фіг. 1). Після цього за допомогою блока 3 на фіг. 1 з пам'яті викликається функція відповідності f_h , яка розрахована для параметра h . Поточне значення параметра P_h підставляється у функцію відповідності $f_h (P_{h \text{ ном.}}, P_{h \text{ гр.доп.}}, P_h)$ і таким чином перетворюється в коефіцієнт відповідності $K_{h \text{ від.}}$, який запам'ятовується (блок 4 на фіг. 1).

Оскільки процес є багатофакторним, то необхідно виміряти поточні значення всіх параметрів процесу, тому номер параметра h порівнюється з найбільшим номером параметра L , і, якщо $h < L$, то провадиться вимірювання поточного значення наступного параметра $(h+1)$, а якщо протилежне, то починає виконуватися блок 5 з фіг. 1, за яким, якщо один або декілька коефіцієнтів відповідності дорівнюють нулю, то вони запам'ятовуються, виводяться та індиціюються за блоком 7 фіг. 1, а якщо ні, то всі коефіцієнти відповідності помножуються (блок 6 за фіг. 1) за формулою

$$\prod_{h=1}^L K_{h \text{ від.}} = K_{\text{уз.від.}}$$

добуток є $K_{\text{уз.від.}}$ - узагальнений коефіцієнт відповідності багатофакторного процесу нормі.

Узагальнений коефіцієнт запам'ятовується, виводиться до системи вищого рівня або відбувається його індикація для прийняття рішення людиною-оператором (блок 7 фіг. 1).

Через визначений для даного процесу проміжок часу цикл визначення ступеня відповідності повторюється.

Розглянемо конкретний приклад оцінки ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі в галузі медицини.

В організмі людини відбуваються складні біохімічні та біофізичні процеси, які також можливо розглядати як багатофакторні процеси.

Первинна оцінка стану здоров'я людини, тобто стану багатофакторного процесу в організмі, відбувається шляхом вимірювання за допомогою приладів декількох індикаторних параметрів, серед яких температура тіла, тиск крові в кровоносній системі, пульс, та порівняння виміряних параметрів з номінальними (нормальними) та гранично допустимими значеннями. Якщо хоча б один виміряний параметр відхиляється від номінального значення на величину, більшу гранично допустимого значення, то людина визнається лікарем хворою і відсторонюється від виконання своїх обов'язків. Особливо це важливо для відповідальних посад, таких як диспетчери в аеропортах або військові зі зброєю.

В таблиці наведені номінальні (нормальні) значення індикаторних параметрів, та, для прикладу, такі гранично допустимі значення, при яких людина визнається хворою та відсторонюється від роботи. В дійсності такі гранично допустимі значення індикаторних параметрів визначають лікарі та фізіологи.

Таблиця

| Значення параметрів | Гранично допустиме мінімальне | Норма | Гранично допустиме максимальне |
|--|-------------------------------|-------|--------------------------------|
| Перелік параметрів | | | |
| P ₁ - температура тіла, °C | 34 | 36,6 | 38 |
| P ₂ - тиск систолічний, мм Hg | 90 | 120 | 160 |
| P ₃ - пульс в спокійному стані, уд./хвилину | 40 | 60 | 100 |

Для параметрів таблиці 1 побудуємо найпростіші, кусково-лінійні функції відповідності, які наведені на фіг. 2.

Формула лінійної функції відома і має вигляд
 $y = a \cdot x + b$

Формула для кусково-лінійної функції відповідності, яка складається з двох відтинків, кожен з яких задається двома точками

$$y = \begin{cases} a_1 \cdot x + b_1, & \text{якщо } x_1 \leq x \leq x_2, \\ a_2 \cdot x + b_2, & \text{якщо } x_2 \leq x \leq x_3, \\ 0, & \text{якщо } x_3 < x < x_1 \end{cases} \quad (1)$$

Вирази для коефіцієнтів a_1 , b_1 та a_2 , b_2 відомі [М.Я. Выгодский Справочник по высшей математике. М.: АСТ: Астрель, 2006. - 991 с., стр. 43], і для наших функцій відповідностей, коли $y_1=y_3=0$; $y_2=1$, вони дорівнюють

$$\begin{aligned} a_1 &= 1/(x_2 - x_1), & b_1 &= -x_1/(x_2 - x_1), \\ a_2 &= -1/(x_3 - x_2), & b_2 &= 1 + x_2/(x_3 - x_2). \end{aligned} \quad (2)$$

Розрахунок функцій відповідності f_1 , f_2 , f_3 та їх запам'ятовування відповідає блоку 1 з фіг. 1.

Тепер припустимо, що необхідно визначити стан здоров'я людини за трьома параметрами, тобто $L=3$.

Спочатку вимірюється і запам'ятовується згідно з блоком 2 фіг. 1 значення температури тіла. Припустимо, її значення дорівнює $P_1=37^\circ\text{C}$.

З пам'яті, згідно з блоком 3 фіг. 1, викликається функція відповідності f_1 для температури тіла і виміряне значення порівнюється, згідно з блоком 4 фіг. 1, з номінальним та гранично допустимими значеннями. Оскільки $34^\circ\text{C} < 37^\circ\text{C} < 38^\circ\text{C}$, за формулами (1), (2) значення функції відповідності, тобто коефіцієнт відповідності, дорівнює $K_1=0,71$ і це значення запам'ятовується. Номер параметра $h=1$, тобто $h < 3$. До h додається одиниця і починається вимірювання другого параметра P_2 - систолічного тиску.

Після закінчення вимірювання другого параметра, значення якого, припустимо, дорівнює $P_2=140$ мм Hg, з пам'яті викликається функція відповідності f_2 для систолічного тиску і виміряне значення порівнюється з номінальним та гранично допустимими значеннями. В нашому випадку $120 \text{ мм Hg} < 140 \text{ мм Hg} < 160 \text{ мм Hg}$, коефіцієнт відповідності вираховується за формулами (1), (2) з коефіцієнтами a_2 та b_2 , він дорівнює $K_2=0,5$ і це значення запам'ятовується. Номер параметра $h=2$, тобто $h < 3$. До h додається одиниця і починається вимірювання третього параметра P_3 - пульсу.

Після закінчення вимірювання третього параметра, значення якого, припустимо, дорівнює $P_3=80$ уд./хв., з пам'яті викликається функція відповідності f_3 для пульсу і виміряне значення порівнюється з номінальним та гранично допустимими значеннями. В нашому випадку 60

уд./хв.<80 уд./хв.<100 уд./хв., коефіцієнт відповідності вираховується за формулами (1), (2) з коефіцієнтами a_2 та b_2 , він дорівнює $K_3=0,5$ і це значення запам'ятовується. Номер параметра $h=3$, тобто $h=L$ і починається виконання блока 5 фіг. 1, тобто всі три коефіцієнти порівнюються з нулем. Не один з них не дорівнює нулю, тому всі три коефіцієнти відповідності K_1 , K_2 , K_3

5 помножуються.
Для нашого випадку виміряні параметри дорівнюють $P_1=37\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_2=140\text{ мм Hg}$, $P_3=80\text{ уд./хв.}$, для них коефіцієнти відповідності, які вираховані за формулами (1), (2), дорівнюють $K_1=0,71$; $K_2=0,5$; $K_3=0,5$. Узагальнений коефіцієнт відповідності $K_{y3}=0,71\cdot0,5\cdot0,5=0,177$, тобто він значно менший, ніж кожен коефіцієнт відповідності окремо.

10 Це вказує на значну розбалансованість процесу в цілому, хоча по кожному окремому параметру граничні значення не перевищені. Взагалі, чим ближчий узагальнений коефіцієнт відповідності до одиниці, тим ближчий багатофакторний процес до норми.

Цей результат, згідно з блоком 7 фіг. 1, виводиться до системи вищого рівня та відбувається його індикація для прийняття рішення лікарем або людиною-оператором. Один цикл визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі за трьома параметрами завершено. Такі

15 цикли виконуються постійно з наперед визначеною частотою.
Якщо винайдені вище наведеним способом коефіцієнти відповідності $K_1=K_2=K_3=1$, то узагальнений коефіцієнт відповідності процесу в цілому дорівнює $K_{y3}=K_1\cdot K_2\cdot K_3=1$, тобто людина знаходиться в нормальному стані.

20 Якщо один або декілька коефіцієнтів відповідності дорівнюють нулю, то їх множення не відбувається, а нульові коефіцієнти разом з відповідними параметрами запам'ятовуються і виводяться до системи вищого рівня або відбувається їх індикація для прийняття рішення лікарем або людиною-оператором (блок 7 фіг. 1).

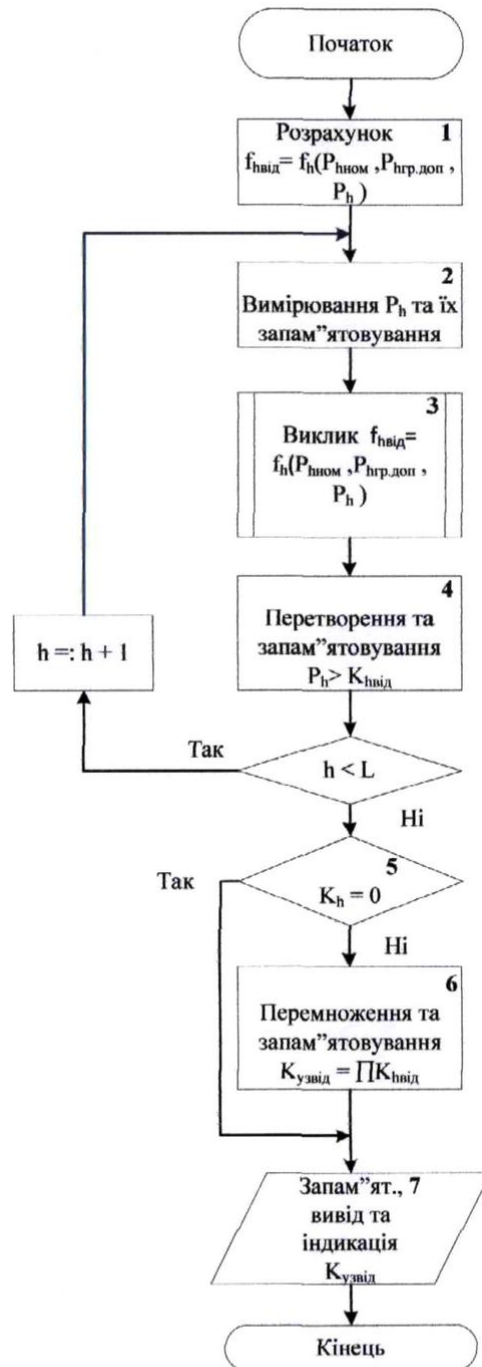
Реалізація даного способу можлива, тому що в ньому використовуються відомі вимірювальні процедури, логічна та обчислювальна обробка одержаних вимірювальних значень параметрів багатофакторного процесу, які можуть виконуватися на стандартних вимірювальних та обчислювальних засобах.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

30 Спосіб визначення ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі, що включає циклічний вимір значень кожного параметра багатофакторного процесу і їхнє запам'ятовування, який **відрізняється** тим, що для кожного параметра процесу розраховують і запам'ятовують функцію відповідності, яка пов'язує відхилення виміряного параметра від його номінального значення з коефіцієнтом відповідності, причому коефіцієнт відповідності дорівнює одиниці, якщо виміряний параметр дорівнює його номінальному значенню, а якщо виміряне значення параметра виходить за гранично допустиме значення, то коефіцієнт відповідності дорівнює нулю, виміряні значення всіх параметрів багатофакторного процесу, за допомогою функцій відповідності, перетворюють на коефіцієнти відповідності, якщо один або декілька коефіцієнтів

35 відповідності дорівнюють нулю, то їх запам'ятовують, виводять та індіціюють, а якщо ні, то всі коефіцієнти відповідності помножують, добуток коефіцієнтів відповідності запам'ятовують, виводять та індіціюють, і він є узагальненим коефіцієнтом ступеня відповідності багатофакторного процесу нормі.

40



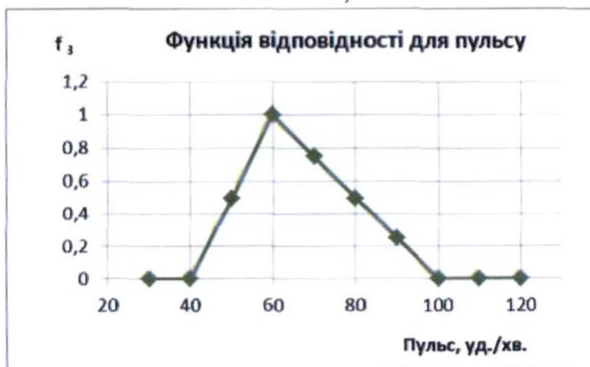
Фіг.1



а)



б)



в)

Фіг.2