

*Л.І. Мещеряков, канд. техн. наук*

*(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)*

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ БУРОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

Однією з причин, що суттєво знижує ефективність геологорозвідувальних робіт, є відносна невизначеність технологічного та технічного стану породоруйнівного інструмента (ПРІ) бурового комплексу (БК). На ліквідацію аварій, що пов'язані з ПРІ, як найбільш критичним елементом бурової установки, та їх наслідки витрачаються значні матеріальні ресурси. Ці аварії призводять також до передчасного зносу бурильних труб, верстатів, канатів, ключів та іншого бурового обладнання. Успішність щодо уникнення таких аварій визначається можливістю їх раннього диференціального діагностування, тобто віднесення до одного з прийнятих у практиці залишкового ресурсного рівня. Це обумовлює актуальність розробки комп'ютерної інформаційної системи інтелектуальної підтримки прийняття діагностичних рішень.

Через контрольні вибірки режимно-технологічних параметрів роботи ПРІ типу алмазні коронки залишковий ресурс можна визначити через види діагнозів та параметри стану бурового комплексу на слідкуючих рівнях (від нижчого до вищого):  $x_1$  – залишковий ресурс ПРІ 5 м;  $x_2$  – залишковий ресурс ПРІ 10 м;  $x_3$  – залишковий ресурс ПРІ 15 м;  $x_4$  – залишковий ресурс ПРІ 20 м;  $x_5$  – залишковий ресурс ПРІ 25 м.

Відносно інтелектуальних технологій ідентифікації, вказані залишкові ресурсні рівні ПРІ  $x_1 - x_5$  приймаються за види діагнозу, які підлягають розпізнаванню. При встановленні діагнозу залишковий ресурс ПРІ типу алмазні коронки для конкретного бурового комплексу приймаються як інформативні слідуючи основні режимно-технологічні параметри БК (можливі діапазони зміни параметрів, що використовуються, вказані в дужках):  $y_1$  – навантаження на коронку  $H$  (800-1200 кГс);  $y_2$  – частота обертів коронки  $w$  (13.6-20 с<sup>-1</sup>);  $y_3$  – витрати промивальної рідини  $Q$  (25-100 л/хв);  $y_4$  – швидкість буріння  $V$  (0.24-0.99 м/год);  $y_5$  – заглиблення за оберт  $h$  (0.044-0.108 мм/об);  $y_6$  – глибина буріння  $L$  (1000-2000 м);  $y_7$  – час буріння  $T$  (2-30 год);  $y_8$  – час на спуско-піднімальні операції  $T_c$  (1-30 год);  $y_9$  – категорія порід  $G$  (8-10 у.о.);  $y_{10}$  – кількість алмазів  $k$  (7.77-14.6 karat);  $y_{11}$  – діаметр алмазного зерна  $D$  (1.55-1.9 мм);  $y_{12}$  – вартість алмазної коронки  $S$  (47-90 крб).

У даному випадку задача функціональної діагностики складається з того, щоб кожному сполученню значень параметрів поставити відповідно одне з

розв'язків  $x_j (j=1,5)$ . При цьому формується нечітка база знань, де відповідно інтелектуальним технологіям ідентифікації [1] основні параметри  $y_1 - y_{12}$ , що функціонально визначені раніше, розглядаються як лінгвістичні змінні. Крім того необхідно ввести додаткові лінгвістичні змінні до дерева логічних висновків (рис. 1):  $x$  – прогнозований залишковий ресурс, що визначається ресурсними рівнями  $x_1 - x_5$ ;  $z_1$  – технологічні впливи на залишковий ресурс, які залежать від множини режимних параметрів БК  $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ ;  $z_2$  – технічні впливи на залишковий ресурс, які залежать від множини режимних параметрів БК  $\{y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}, y_{11}\}$ .

Структура моделі для диференціальної діагностики залишкового ресурсу ПРІ типу алмазні коронки БК (рис. 1) відповідає таким співвідношенням:

$$x = f_x(z_1, z_2, y_{12}); \quad z_1 = f_{z_1}(y_1, y_2, y_3, y_4); \quad z_2 = f_{z_2}(y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}, y_{11}). \quad (1)$$

Для оцінки значень лінгвістичних змінних  $y_1 - y_{12}$ ,  $z_1$  і  $z_2$  використовується стандартна шкала якісних термів інтелектуальної технології ідентифікації: Н – низький, нС – нижче середнього, С – середній, вС – вище середнього, В – високий. Відповідні числові значення діапазонів змін основних технологічних і технічних параметрів процесу буріння свердловин за прийнятою стандартною шкалою якісних термів були взяті для алмазних коронок типів 01АЗД20К30 – 14А4Д50К50, D=76 мм.

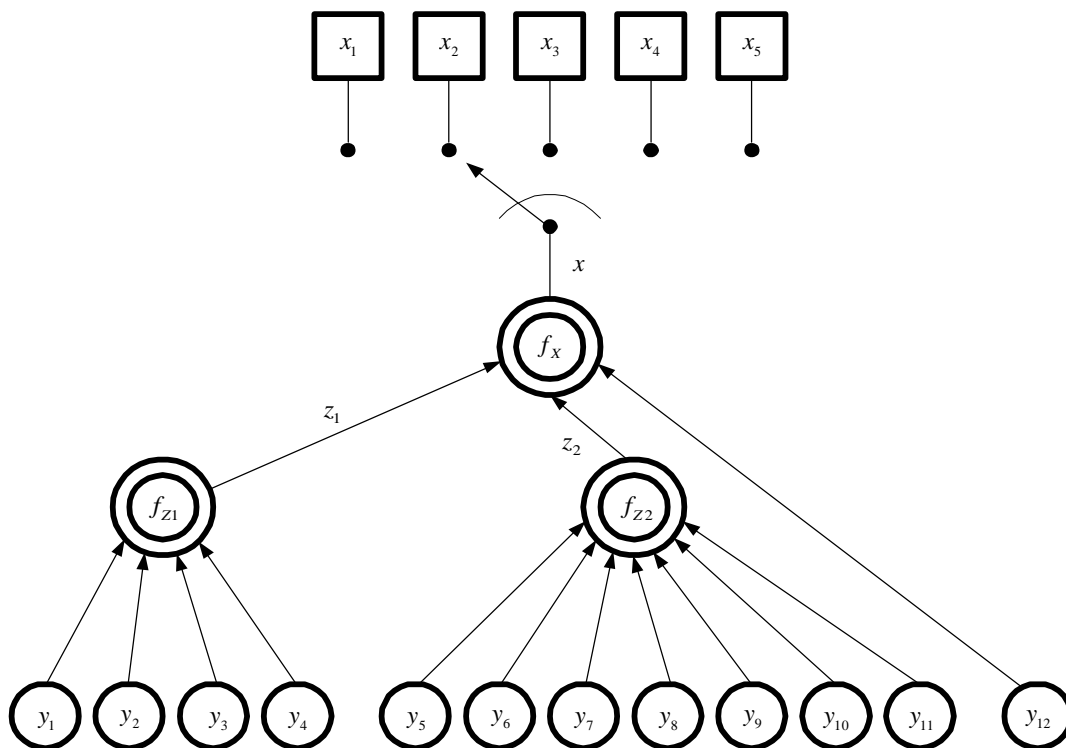


Рис. 1. Дерево логічного висновку технології інтелектуальної діагностики породоруйнівного інструмента типу алмазні коронки

За алгоритмом кожний із заданих якісних термів інтелектуальної технології ідентифікації залишкового ресурсу ПРІ представляє собою нечітку множину, що обумовлюється та задається за допомогою відповідних функцій належності. Використовуючи введені якісні терми та знання процесу буріння свердловин [2], ми можемо сформовані співвідношення (1) представити у вигляді таблиці.

**Співвідношення лінгвістичних змінних  $z_1, z_2, y_{12}$  та шкала якісних термів до ресурсних діагнозів ПРІ алмазні коронки типів 01А3Д20К30 – 14А4Д50К50**

$x$	$x_1$			$x_2$			$x_3$			$x_4$			$x_5$		
$z_1$	Н	Н	нС	нС	С	нС	С	вС	вС	вС	вС	В	В	В	вС
$z_2$	Н	Н	Н	нС	нС	нС	С	С	С	В	вС	вС	В	вС	В
$y_{12}$	Н	нС	нС	нС	нС	Н	С	С	Н	нС	нС	нС	В	нС	нС

При цьому лінгвістична змінна  $z_1$ , що обумовлюється знаннями саме оперативного технологічного стану БК, формує в свою чергу відповідні їй якісні терми через відповідні якісні терми режимних технологічних змінних (діапазони зміни параметрів указані в дужках):  $y_1$  – навантаження на коронку  $H$  (800-1200 кГс);  $y_2$  – частота обертів коронки  $w$  (13.6-20 с<sup>-1</sup>);  $y_3$  – витрати промивальної рідини  $Q$  (25-100 л/хв);  $y_4$  – швидкість буріння свердловини  $V$  (0.24-0.99 м/год). І лінгвістична змінна  $z_2$  в свою чергу обумовлюється знаннями саме оперативного технічного стану БК, а відповідні їй якісні терми стандартної шкали саме формуються через якісні терми режимних технічних параметрів (діапазони зміни параметрів, що використовуються, вказані в дужках):  $y_5$  – заглиблення за оберт  $h$  (0.044-0.108 мм/об);  $y_6$  – глибина буріння свердловини  $L$  (1000-2000 м);  $y_7$  – час буріння  $T$  (2-30 год);  $y_8$  – час на спуско-піднімальні операції  $T_c$  (1-30 год);  $y_9$  – задана категорія гірських порід  $G$  (8-10 у.о.);  $y_{10}$  – кількість алмазів  $k$  на коронці (7.77-14.6 karat);  $y_{11}$  – діаметр алмазного зерна  $D$  коронки (1.55-1.9 мм). Як бачимо, технічний стан БК відображається через більшу множину параметрів, що підкреслює його першочерговий вплив на загальний стан комплексу.

Використовуючи формалізовані знання про співвідношення лінгвістичних змінних і якісних термів до діагнозів ПРІ алмазні коронки типів 01А3Д20К30 – 14А4Д50К50,  $D=76$  мм, що представлені в таблиці, та аналогічні таблиці по змінним  $z_1$  ( $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ ) і  $z_2$  ( $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ ) з використанням операцій “\*” (И – min) і “∨” (ИЛИ – max), можна записати системи нечітких логічних рівнянь, які зв’язують функції належності діагнозів та відповідних вхідних лінгвістичних змінних і якісних термів. Відносно типів діагнозів загального ресурсу ПРІ  $x_1 - x_5$  система нечітких логічних рівнянь буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
v^{x_1}(x) &= [v^H(z_1) \cdot v^H(z_2) \cdot v^H(y_{12})] \vee [v^H(z_1) \cdot v^H(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee \\
&\quad \vee [v^{HC}(z_1) \cdot v^H(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})]; \\
v^{x_2}(x) &= [v^{HC}(z_1) \cdot v^{HC}(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee [v^C(z_1) \cdot v^{HC}(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee \\
&\quad \vee [v^{HC}(z_1) \cdot v^{HC}(z_2) \cdot v^H(y_{12})]; \\
v^{x_3}(x) &= [v^C(z_1) \cdot v^C(z_2) \cdot v^C(y_{12})] \vee [v^{6C}(z_1) \cdot v^C(z_2) \cdot v^C(y_{12})] \vee \\
&\quad \vee [v^{6C}(z_1) \cdot v^C(z_2) \cdot v^H(y_{12})]; \\
v^{x_4}(x) &= [v^{6C}(z_1) \cdot v^B(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee [v^{6C}(z_1) \cdot v^{6C}(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee \\
&\quad \vee [v^B(z_1) \cdot v^{6C}(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})]; \\
v^{x_5}(x) &= [v^B(z_1) \cdot v^B(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee [v^B(z_1) \cdot v^{6C}(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})] \vee \\
&\quad \vee [v^{6C}(z_1) \cdot v^B(z_2) \cdot v^{HC}(y_{12})].
\end{aligned} \tag{2}$$

Система нечітких логічних рівнянь, що відображують знання про співвідношення лінгвістичних змінних  $y_1 - y_4$  і якісних термів за введеною лінгвістичною змінною  $z_1$  технологічного стану БК, буде мати такий вигляд:

$$\begin{aligned}
v^H(z_1) &= [v^{6C}(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^{HC}(y_3) \cdot v^{HC}(y_4)] \vee [v^B(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^{HC}(y_3) \cdot v^H(y_4)] \vee \\
&\quad \vee [v^C(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^{HC}(y_3) \cdot v^H(y_4)]; \\
v^{HC}(z_1) &= [v^{6C}(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^H(y_3) \cdot v^C(y_4)] \vee [v^B(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^C(y_4)] \vee \\
&\quad \vee [v^B(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^{HC}(y_3) \cdot v^C(y_4)]; \\
v^C(z_1) &= [v^{6C}(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^H(y_3) \cdot v^{6C}(y_4)] \vee [v^{6C}(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^H(y_3) \cdot v^B(y_4)] \vee \\
&\quad \vee [v^{6C}(y_1) \cdot v^H(y_2) \cdot v^H(y_3) \cdot v^{6C}(y_4)]; \\
v^{6C}(z_1) &= [v^C(y_1) \cdot v^B(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^B(y_4)] \vee [v^C(y_1) \cdot v^B(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^B(y_4)] \vee \\
&\quad \vee [v^C(y_1) \cdot v^B(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^{6C}(y_4)]; \\
v^B(z_1) &= [v^{6C}(y_1) \cdot v^B(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^B(y_4)] \vee [v^B(y_1) \cdot v^{6C}(y_2) \cdot v^{6C}(y_3) \cdot v^C(y_4)] \vee \\
&\quad \vee [v^{6C}(y_1) \cdot v^B(y_2) \cdot v^C(y_3) \cdot v^B(y_4)].
\end{aligned} \tag{3}$$

А система логічних рівнянь що відображують співвідношення змінних  $y_5 - y_{11}$  і якісних термів за змінною  $z_2$  технічного стану БК, буде:

$$\begin{aligned}
v^H(z_2) &= \left[ v^H(y_5) \cdot v^C(y_6) \cdot v^{HC}(y_7) \cdot v^H(y_8) \cdot v^B(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^H(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^H(y_7) \cdot v^H(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^H(y_5) \cdot v^{HC}(y_6) \cdot v^{HC}(y_7) \cdot v^H(y_8) \cdot v^B(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right]; \\
v^{HC}(z_2) &= \left[ v^C(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^{HC}(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^H(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^C(y_5) \cdot v^{HC}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^H(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^C(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^{HC}(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right]; \\
v^C(z_2) &= \left[ v^B(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^{6C}(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^C(y_{10}) \cdot v^{6C}(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^B(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^C(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^C(y_{10}) \cdot v^{6C}(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^B(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^C(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^H(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right]; \\
v^{6C}(z_2) &= \left[ v^C(y_5) \cdot v^H(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^B(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^C(y_5) \cdot v^H(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^C(y_5) \cdot v^H(y_6) \cdot v^C(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right]; \\
v^B(z_2) &= \left[ v^C(y_5) \cdot v^H(y_6) \cdot v^B(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^{HC}(y_5) \cdot v^{6C}(y_6) \cdot v^B(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right] \vee \\
&\quad \vee \left[ v^C(y_5) \cdot v^H(y_6) \cdot v^B(y_7) \cdot v^B(y_8) \cdot v^C(y_9) \cdot v^{HC}(y_{10}) \cdot v^H(y_{11}) \right].
\end{aligned} \tag{4}$$

При цьому ваги правил, що характеризують суб'єктивні міри впевненості експерта у цьому правилі, не вказані, так як при грубому налагодженні їх значення дорівнюють одиниці. В загальному випадку кожна вхідна лінгвістична змінна  $y_1 - y_{12}$  має свої власні функції належності нечітким якісним термам (Н, нС, С, вС, В), що використовуються в рівняннях (1). Для спрощення моделювання можна використати для всіх змінних  $y_1 - y_{12}$  тільки одну загальну форму функції належності. Для цього можна використати нормування інтервалів змін кожної лінгвістичної змінної до одного універсального інтервалу  $\{0,4\}$  за допомогою стандартних співвідношень [1, 3].

Програмна реалізація системи нечітких логічних рівнянь, що зв'язують стандартні функції належності діагнозів та відповідних вхідних лінгвістичних змінних і якісних термів відносно режимних параметрів технологічної сторони БК, буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
nHZ1 &= \max \left[ \min(n_{0,4}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,0}), \min(n_{0,2}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,0}), \min(n_{0,1}, n_{1,1}, n_{2,4}, n_{3,3}) \right]; \\
nnCZ1 &= \max \left[ \min(n_{0,3}, n_{1,1}, n_{2,1}, n_{3,2}), \min(n_{0,3}, n_{1,2}, n_{2,1}, n_{3,2}), \min(n_{0,4}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,2}) \right]; \\
nCZ1 &= \max \left[ \min(n_{0,3}, n_{1,0}, n_{2,0}, n_{3,4}), \min(n_{0,0}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,2}), \min(n_{0,3}, n_{1,0}, n_{2,0}, n_{3,3}) \right]; \tag{5}
\end{aligned}$$

$$nbCZ1 = \max \left[ \min(n_{0,2}, n_{1,4}, n_{2,2}, n_{3,4}), \min(n_{0,4}, n_{1,4}, n_{2,3}, n_{3,3}), \min(n_{0,3}, n_{1,4}, n_{2,2}, n_{3,4}) \right];$$

$$nBZ1 = \max \left[ \min(n_{0,4}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,0}), \min(n_{0,2}, n_{1,0}, n_{2,1}, n_{3,0}), \min(n_{0,1}, n_{1,1}, n_{2,4}, n_{3,3}) \right].$$

Відносно режимних параметрів технічної сторони БК програмна реалізація системи нечітких логічних рівнянь запишеться так:

$$nHZ2 = \max \left[ \min(n_{4,0}, n_{5,4}, n_{6,0}, n_{7,0}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}), \min(n_{4,0}, n_{5,0}, n_{6,1}, n_{7,0}, n_{8,4}, n_{9,1}, n_{10,0}), \right. \\ \left. \min(n_{4,0}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,1}, n_{8,4}, n_{9,1}, n_{10,0}) \right];$$

$$nnCZ2 = \max \left[ \min(n_{4,2}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,1}, n_{8,2}, n_{9,0}, n_{10,0}), \min(n_{4,1}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,1}, n_{8,2}, n_{9,0}, n_{10,0}), \right. \\ \left. \min(n_{4,2}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,1}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}) \right];$$

$$nCZ2 = \max \left[ \min(n_{4,4}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,2}, n_{8,2}, n_{9,2}, n_{10,3}), \min(n_{4,3}, n_{5,4}, n_{6,3}, n_{7,3}, n_{8,4}, n_{9,1}, n_{10,0}), \right. \\ \left. \min(n_{4,4}, n_{5,2}, n_{6,2}, n_{7,2}, n_{8,0}, n_{9,1}, n_{10,0}) \right]; \quad (6)$$

$$nbCZ1 = \max \left[ \min(n_{4,2}, n_{5,0}, n_{6,2}, n_{7,4}, n_{8,4}, n_{9,1}, n_{10,0}), \min(n_{4,1}, n_{5,2}, n_{6,4}, n_{7,4}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}), \right. \\ \left. \min(n_{4,2}, n_{5,0}, n_{6,2}, n_{7,4}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}) \right];$$

$$nBZ2 = \max \left[ \min(n_{4,2}, n_{5,0}, n_{6,4}, n_{7,4}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}), \min(n_{4,2}, n_{5,0}, n_{6,4}, n_{7,4}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}), \right. \\ \left. \min(n_{4,1}, n_{5,3}, n_{6,4}, n_{7,4}, n_{8,2}, n_{9,1}, n_{10,0}) \right].$$

Нарешті, відносно заданих діагнозів  $x_1 - x_5$  залишкового ресурсу ППІ алмазні коронки типів 01А3Д20К30 – 14А4Д50К50 програмна реалізація системи нечітких логічних рівнянь буде мати вигляд:

$$nX1X = \max \left[ \min(nHZ1, nHZ2, n_{11,0}), \min(nHZ1, nnCZ2, n_{11,1}), \min(nnCZ1, nnCZ2, n_{11,0}) \right];$$

$$nX2X = \max \left[ \min(nnCZ1, nnCZ2, n_{11,1}), \min(nCZ1, nnCZ2, n_{11,1}), \min(nnCZ1, nnCZ2, n_{11,2}) \right];$$

$$nX3X = \max \left[ \min(nCZ1, nnCZ2, n_{11,2}), \min(nbCZ1, nbCZ2, n_{11,1}), \min(nbCZ1, nCZ2, n_{11,2}) \right]; \quad (7)$$

$$nX4X = \max \left[ \min(nCZ1, nBZ2, n_{11,2}), \min(nbCZ1, nbCZ2, n_{11,4}), \min(nBZ1, nbCZ2, n_{11,3}) \right];$$

$$nX5X = \max \left[ \min(nBZ1, nBZ2, n_{11,4}), \min(nbCZ1, nBZ2, n_{11,3}), \min(nBZ1, nBZ2, n_{11,3}) \right].$$

За найбільшим значенням стандартних функцій належності  $nX1X, nX2X, nX3X, nX4X, nX5X$  відповідно режимним технологічним і технічним параметрам залишкового ресурсного стану ППІ типу алмазні коронки визначається їх оперативний діагноз ресурсу  $x_1 - x_5$ . Результати порівняльного аналізу модельного ресурсного діагнозу та промислового ресурсного стану ППІ

алмазні коронки типів 01АЗД20К30 – 14А4Д50К50, D=76 мм за контрольною вибіркою з 37-ми значень режимно-технологічних параметрів роботи БК представлено на рис. 2.

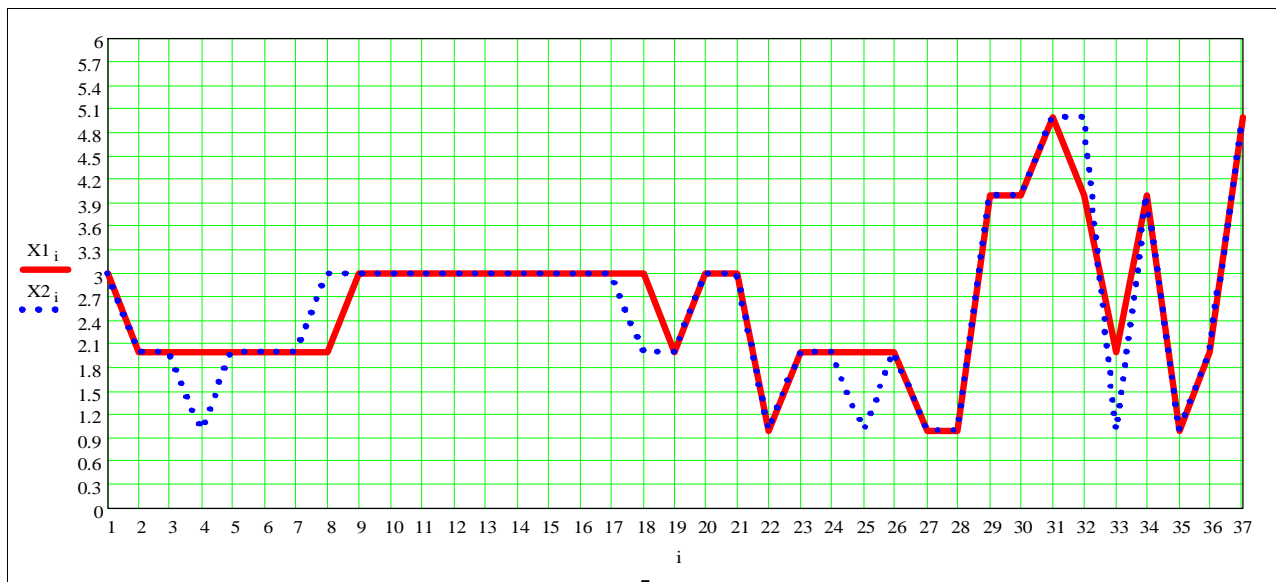


Рис. 2. Порівняння верифікованого (X1) та модельного (X2) діагнозів залишкового ресурсного стану ПРІ алмазні коронки типів 01АЗД20К30 – 14А4Д50К50, D=76 мм за контрольною вибіркою режимно-технологічних параметрів роботи БК

Середня арифметична з абсолютних значень помилок порівняння модельного та верифікованого діагнозів у даному експертному випадку (рис. 2)  $\bar{e} = 0.1621621$ , а середня похибка, що визначає точність визначення залишкового ресурсного стану ПРІ  $\bar{e}_x = 0.0266592$  (2.66%).

Таким чином, загальні принципи інтелектуальних технологій ідентифікації, що дозволяють оцінювати якісними термами входи і виходи БК як лінгвістичних змінних, з формуванням при цьому структур залежності “вхід-вихід” у вигляді нечітких баз знань за сукупністю правил, які відображають досвіди гірничих експертів та ієрархічності баз знань, дає можливість подолати обмеження розміру систем висловлювань через їх класифікацію та побудову дерев виводу за системою вкладених друг у друга висловлювань і знань меншого розміру, що зумовлює у сукупності достовірність визначення мети раннього диференціального діагнозу залишкового ресурсного стану ПРІ типу алмазні коронки.

### Список литературы

1. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. – Винница: Континент-Прим., 1996. – 132 с.
2. Автоматизация процессу буріння: Монографія. / Дудля М.А., Карпенко В.М., Гриняк О.А., Цзян Гошен: – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 207 с.
3. Diagnostyka urzadzen wiertniczych / G.G. Piwniak, M. Kaliski, A. Zieba, L.J. Mieszczersjakow, M.A. Dudla. – Krakow, Dniepropietrowsk, 2004. – 174 с.