

УДК 621.311.25:519.816

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## ДИНАМІЧНА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ АСУ ТП ЕНЕРГОБЛОКУ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Запропоновані фізична й динамічна просторово-часова моделі інформаційного простору інформаційно-керуючих систем програмно-технічних комплексів автоматизованих систем керування технологічним процесом енергоблоку електростанції, які дозволяють змоделювати структуру фазового об'єму у вигляді кластер-кластерних агрегацій, при проходженні випадкових сигналів про відхилення технологічних параметрів і одержати нові аналітичні залежності електрофізичних величин інформаційних сигналів про характеристики технологічних параметрів у вигляді енергії, потужності, амплітуди, частоти, фази. Ураховуються специфічні фрактально-кластерні властивості структури фазового об'єму й визначений критерій надійності інформаційно-керуючих систем у вигляді оцінки потоку відмов за помилковими спрацьовуваннями.

**Ключові слова:** модель інформаційного простору, потік відмов, критерій надійності, інформаційно-керуючі системи, інформаційна фрактальна розмірність.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз публікацій.

Сьогодні, у рамках програм підвищення безпеки й продовження строку експлуатації діючих енергоблоків АЕС України здійснюється модернізація інформаційно-керуючих систем (ІКС) [4].

Розробка й модернізація інформаційно-керуючих систем проводиться згідно з нормативно-правовими актами України НП 306.5.02/3.035-2000 [1], ДСТУ ІЕС 62138:2008 [2], а також стандартам Міжнародного агентства по атомній енергії (МАГАТЕ) [3], які суттєво посилили вимоги до ІКС та їх компонентів, у частині продовження строків експлуатації, надійності, безпеки й безвідмовності роботи, з більшою кількістю контролювання точок і технологічних параметрів.

Як показав аналіз математичних моделей [4], активний аварійний захист на АЕС автоматично спрацьовує в тому випадку, коли один з параметрів ядерного реактора досягає значення, яке може привести до аварії. У якості параметрів можуть виступати: температура, тиск і витрата теплоносія, рівень і швидкість збільшення потужності.

Тому, виникає необхідність контролю відхилень даних параметрів, одночасно, у режимі реального часу, що в сучасних інформаційно-керуючих системах програмно-технічних комплексів (ПТК) АСУ ТП АЕС не представляється можливим, тому що функціональні зв'язки вихідних величин параметрів однієї технологічної ділянки устаткування, є вхідними інформаційними сигналами для іншої (н-д: вихідні величини параметрів парогенератора є вхід-

ними величинами параметрів головного циркуляційного трубопроводу).

Дана ситуація припускає своєчасне й оперативне виконання функцій контролю, прогнозування по запобіганню аварій шляхом виявлення динаміки зміни характеристик параметрів технологічного процесу в позаштатних режимах функціонування.

Для реалізації цієї функції на АЕС і ТЕС, до складу АСУ ТП включають різні ІКС, які й виконують функції контролю, виміру, запису й первинної обробки поточних значень характеристик технологічних параметрів у вигляді значень струму, напруги, положення контактних реле захисту в предаварійних і аварійних режимах роботи технологічного устаткування.

Однак, у якості інформаційних носіїв в ІКС ПТК АСУ ТП використовуються, як правило, усереднені (середньоквадратичні) значення електрофізичних характеристик технологічних параметрів (напруга, струм, активна, реактивна потужність, частота), які приймають за основу при формуванні інформаційних сигналів про зміну відхилення технологічних параметрів, які фіксуються в певні значення часу з фіксованою затримкою (н-д: відповідно вимогам до підсистеми аварійного й попереджувального захисту (АЗ ПЗ) – період опитування кожні 0,5с., а час затримки 2с.) і по заданим уставкам (н-д: норма температури теплоносія на вході в парогенератор  $T = 320^{\circ}\text{C}$ , відхилення в межах уставок  $\pm 5\%$ ).

Тому, однією з основних проблем, при визначенні відхилення характеристик технологічних параметрів, які можуть привести до аварій у позаштатних режимах функціонування, є, з одного боку,

забезпечення контролю й виміру динаміки процесу відхилення характеристик технологічних параметрів від норми, а з іншого боку – забезпечення можливості функціонування ІКС ПТК АСУ ТП, обумовлених вимогами до оперативного контролю з метою своєчасного виявлення аварійних ознак у передаварійних і аварійних ситуаціях у режимі реального часу.

Тому, **метою статті** є підвищення надійності функціонування інформаційно-керуючих систем програмно-технічних комплексів електроенергетичних об'єктів у позаштатних режимах функціонування при обробці інформаційних сигналів про технологічні параметри з ознаками аварійності в інформаційному просторі технологічного процесу на основі вдосконалення динамічної просторово-часової моделі з використанням апарату фрактально-кластерної теорії.

## Основний матеріал

### 1. Фізична модель структури інформаційного простору.

Для представлення об'єму інформаційного простору, як сукупності інформаційних сигналів, що несуть інформацію про аварійні ознаки при відхиленні технологічних параметрів технологічного процесу електроенергетичних об'єктів, була запропонована фізична модель структури інформаційного простору на основі використання апарату фрактально-кластерної теорії, яка представлена на рис. 1.

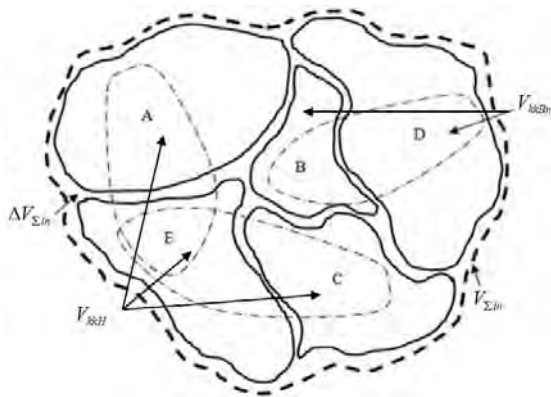


Рис. 1. Графічне представлення формування кластер-кластерних агрегацій в об'ємі інформаційного простору інформаційно – керуючих систем ПТК АСУ ТП енергоблоку електростанцій

З рис. 1 видно, кластери окремих інформаційних сигналів про технологічні параметри утворюють певний об'єм кластер-кластерних агрегацій з нормованими значеннями параметрів ( $V_{kkH}$ ), а інші з випадковими значеннями параметрів ( $V_{kkBn}$ ), звідки слідує, що в цьому випадку, повний сумарний об'єм інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ) можна представити, як суму об'ємів кластер-кластерних агрегацій з

нормованими значеннями параметрів ( $V_{kkH}$ ) і об'ємів кластер-кластерних агрегацій з випадковими значеннями параметрів ( $V_{kkBn}$ ), згідно з виразом (1):

$$V_{\Sigma kk} = V_{kkH} + V_{kkBn}, \quad (1)$$

де  $V_{kkH}$  – об'єми кластерів  $V_A, V_E, V_C$  з інформаційними сигналами про нормовані значення параметрів;

$V_{kkBn}$  – об'єми кластерів  $V_B, V_D$  з випадковими значеннями параметрів.

Звідки слідує, що на випадкові хаотичні сигнали доводиться частина незаповненого об'єму інформаційного простору ( $\Delta V$ ), як показано у виразі (2):

$$\Delta V = V_{kkBn} = V_{\Sigma kk} - V_{kkH}. \quad (2)$$

Згідно фрактально-кластерної теорії [5], у якості кількісної фізичної величини, яка характеризує ступінь заповнення всього об'єму інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ) відповідними інформаційними сигналами про технологічні параметри, є інформаційна фрактальна розмірність ( $d_f$ ).

Тому, об'єм ( $V_{\Sigma in}$ ) інформаційного простору ІКС ПТК АСУ ТП енергоблоку електростанцій з кількістю інформації ( $Q_{f \Sigma in}$ ) можна представити у вигляді виразу (3):

$$V_{\Sigma in} = (V_A + V_B + V_C + V_D + V_E)^{d_f}. \quad (3)$$

Таким чином, з виразу (3) слідує, що об'єм ( $V_{\Sigma in}$ ) інформаційного простору ІКС ПТК АСУ ТП енергоблоку електростанцій перебуває в статичній залежності від інформаційної фрактальної розмірності  $d_f$ , і отже структура об'єму ( $V_{\Sigma in}$ ) інформаційного простору має фрактальні властивості.

Згідно з теорією передачі сигналів, кількість інформації ( $Q_{\Sigma in}$ ) в об'ємі тривимірного фазового інформаційного простору з фрактальними властивостями ( $V_{\Sigma in}$ ) тотожно зміні енергії  $E_c$  й потужності  $P_c$  сигналів, що проходять через структуру цього об'єму, тобто  $\Delta V_{\Sigma in} \sim \Delta E \sim \Delta P \sim \Delta Q$ .

Звідки випливає, що зміни енергії й потужності  $\Delta E, \Delta P$  інформаційних сигналів залежать від зміни кількості інформації ( $Q_{\Sigma in}$ ) в об'ємі тривимірного фазового інформаційного простору ІКС ПТК АСУ ТП енергоблоку електростанцій.

Отже, можна зробити висновок про те, що й зміна енергії й потужності випадкового сигналу  $\Delta E, \Delta P$ , що проходить через структуру об'єму інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ), що має фрактальні властивості, також пов'язані зі зміною кількісної

величини – інформаційною фрактальною розмірністю ( $d_{fi}$ ), як показано на рис. 2.

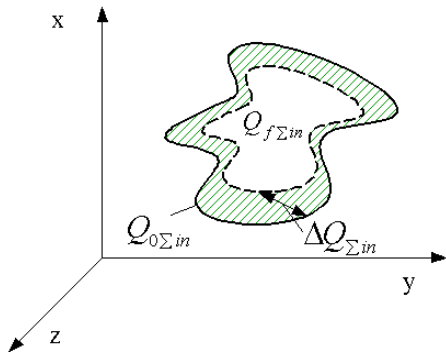


Рис. 2. Процес зміни кількості інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) в об'ємі фазового тривимірного інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ )

На підставі вищесказаного, при дослідженні об'єму тривимірного фазового інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ), згідно фрактально-кластерної теорії й теорії динамічних систем, було вирішено пряму задачу, і показано, що інформаційна фрактальна розмірність ( $d_{fi}$ ) інформаційного простору залежить від збільшення кількості інформації в інформаційному сигналі, часу повернення й прирощення часу циклу, як показано виразом (4):

$$d_{fi} \cong d_{i3} \cdot 2^{\ln 2 |\Delta Q_{\Sigma in}| (\tau + \Delta T)}, \quad (4)$$

де  $d_{i3}$  – евклідова інформаційна розмірність при нормованих значеннях параметрів;

$\Delta T$  – прирощення часу життєвого циклу параметру;

$\tau$  – час повернення до нормованих значень параметрів;

$\Delta Q_{\Sigma in}$  – прирощення кількості інформації в об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ) при проходженні випадкового інформаційного сигналу.

З формули (4) видно, що зміна інформаційної фрактальної розмірності ( $d_{fi}$ ) зв'язана зі зміною кількості інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) в об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ).

Звідки була вирішена зворотна задача, за знаходженням зміни кількості інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) в об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ), як показано виразом (5):

$$|\Delta Q_{\Sigma in}| \cong \frac{\ln \frac{d_{fi}}{d_{i3}}}{\ln^2 2 (\tau + \Delta T)}. \quad (5)$$

З якого випливає, що при проходженні через об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ) випадкового

інформаційного сигналу, з'являється збільшення кількості інформації  $\Delta Q_{\Sigma in}$  й утворюється локальна інформаційна неоднорідність у вигляді дивного атратора, як було досліджено авторами в роботах [7–10].

## 2. Інформаційна динамічна просторово-часова модель.

Існуючі та використовувані інформаційні динамічні моделі інформаційного простору ІКС ПТК АСУ ТП енергоблоків АЕС і ТЕС, являють собою систему математичних рівнянь із зосередженими параметрами, що характеризують стан інформаційного простору [4].

Аналіз показує, підходи по побудові інформаційних динамічних моделей, враховують зміни інформаційного сигналу тільки в строго певні моменти часу й не дозволяють у динаміці здійснювати контроль над відхиленням технологічних параметрів у просторових координатах, а отже, не представляється можливим виявляти аварійні ознаки у випадкових сигналах про відхилення технологічних параметрів у режимі реального часу. Також у формулах існуючих моделей, на всіх етапах обробки інформаційного сигналу використовуються в основному середня сумарна кількість інформації й тільки на певних інтервалах дискретності з урахуванням середньоквадратичних відхилень, що вносить значні похибки в обчислення й не дозволяє прослідкувати динаміку зміни сигналів у просторі й часі.

Інформаційний випадковий сигнал, згідно фрактально-кластерної теорії, був розглянутий, як сигнал, що має фрактальні властивості. Процес проходження інформаційного випадкового сигналу через об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ ) представлений на рис. 3.

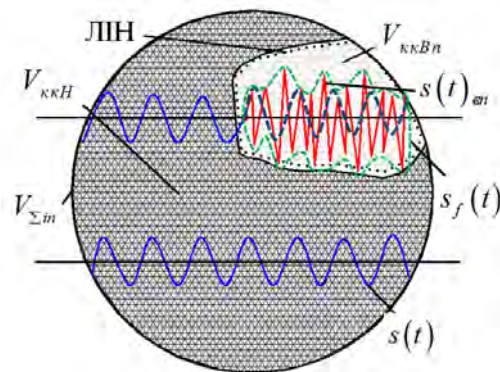


Рис. 3. Процес проходження інформаційного випадкового сигналу через об'ємі інформаційного простору ( $V_{\Sigma in}$ )

Як відомо, згідно теорії обробки сигналів [7], для розділення інформаційних потоків, корисний інформаційний сигнал описується математичним виразом (6):

$$s(t) = U_0 \cos(\omega_0(t) + \varphi_0), \quad (6)$$

а випадковий сигнал перешкоди – виразом (7):

$$s(t)_{\text{вп}} = U_{\text{вп}} \cos(\omega_{\text{вп}}(t) + \varphi_{\text{вп}}). \quad (7)$$

Тобто, сумарний інформаційний сигнал, згідно з теорією передачі [7] сигналів можна представити у вигляді суми корисного й випадкового інформаційних сигналів, як показано виразом (8):

$$s(t)_{\Sigma} = s(t)_0 + s(t)_{\text{вп}}. \quad (8)$$

Таким чином, наявність сигналу з аварійними ознаками визначається різницею між сумарним і корисним інформаційним сигналом, як показано у виразі (9):

$$\Delta s(t) = s(t)_{\Sigma} - s(t)_0. \quad (9)$$

Що тотожно зміні енергії й потужності сигналів, як показано у виразах (10–11):

$$\Delta E = E_{\Sigma}(t_0, \Delta T) - E_0(t_0, \Delta T); \quad (10)$$

$$\Delta P = P_{\Sigma}(t_0, \Delta T) - P_0(t_0, \Delta T) \quad (11)$$

Звідки отримуємо вираз (12):

$$\Delta s(t) \sim \Delta E \sim \Delta P \sim \Delta Q_{\Sigma \text{in}} \sim \Delta \tau_{\text{фвозв}} \sim t_f. \quad (12)$$

Виходячи з виразу (12), можна зробити висно-

вок про те, що зміна випадкового інформаційного сигналу, а саме зміни енергії, потужності, кількості інформації тотожні зміні фрактальних величин випадкового сигналу, а саме фрактального часу повернення ( $\tau_{\text{фвозв}}$ ) й фрактальної розмірності часу ( $t_f$ ).

Для аналізу сигналів, зокрема для одержання часово-частотного представлення з урахуванням фрактальних властивостей сигналу було отримано вираз (13) для фрактального інформаційного сигналу у тривимірному фазовому об'ємі ( $V_{\Sigma \text{in}}$ ) інформаційного простору з фрактальними властивостями:

$$s_f(t) = U_f \cos(\omega_f + \varphi_f), \quad (13)$$

де  $U_f, \omega_f, \varphi_f$  – амплітуда, частота и фаза фрактального інформаційного сигналу.

Тому, потужність фрактального інформаційного сигналу представлена формулою (14):

$$P_f = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta T} \left[ U_f \cos \left( 2\pi \frac{1}{\sqrt{t_f} \tau_{\text{фвозв}}} + \varphi_f \right) \right]^2 dt. \quad (14)$$

Як відомо [6], кількість інформації ( $Q_{\text{кор}\Sigma \text{in}}$ ) при передачі одного значення нормально розподіленого сигналу без урахування перешкоди визначається виразом (15):

$$Q_{\text{кор}\Sigma \text{in}} = \frac{1}{2} \log P_0 = \frac{1}{2} \log \left( \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta T} [U_0 \cos(\omega_0 + \varphi_0)]^2 dt \right). \quad (15)$$

А з впливом нормально розподіленої адитивної перешкоди визначається виразом (16):

$$Q_{\Sigma \text{in}} = \frac{1}{2} \log \left( 1 + \frac{P_0}{P_{\text{пер}}} \right). \quad (16)$$

де  $P_0$  – середня потужність інформаційного сигналу з нормованими ознаками;

$P_{\text{пер}}$  – середня потужність перешкоди, викликана випадковим сигналом.

Авторами, в роботі було запропоновано середню потужність перешкоди ( $P_{\text{пер}}$ ), викликану випадковим сигналом  $s(t)_{\text{вп}}$  приймати, як різницю між потужністю фрактального інформаційного сигналу

$P_f$  та потужністю корисного інформаційного сигналу  $P_0$ , тобто, кількість інформації ( $Q_{\Sigma \text{in}}$ ) визначається за виразом (17):

$$Q_{f\Sigma \text{in}} = \frac{1}{2} \log \left( 1 + \frac{P_0}{P_f - P_0} \right). \quad (17)$$

Підставляючи потужність фрактального інформаційного сигналу  $P_f$  з формули (14) у формулу (17) замість середньої потужності перешкоди ( $P_{\text{пер}}$ ) одержуємо вираз для визначення кількості інформації ( $Q_{f\Sigma \text{in}}$ ) інформаційного сигналу про величину технологічного параметра (18):

$$Q_{f\Sigma \text{in}} = \frac{1}{2} \log \left( 1 + \frac{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta T} [U_0 \cos(\omega_0(t) + \varphi_0)]^2 dt}{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta T} [U_f \cos(\omega_f + \varphi_f)]^2 dt - \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta T} [U_0 \cos(\omega_0(t) + \varphi_0)]^2 dt} \right). \quad (18)$$

Таким чином, прирощення кількості інформації ( $Q_{f\Sigma \text{in}}$ ) в об'ємі інформаційного простору

( $V_{\Sigma \text{in}}$ ) при проходженні випадкового інформаційного сигналу ( $s(t)_{\text{вп}}$ ), згідно з теорією інформації

й теорії передачі сигналів [7], спостерігається в разі масштабної інваріантності (ознаки самоподібності), тому авторами, в роботі запропоновано прирощення кількості інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) прийняти за кількість інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) про випадковий інформаційний сигнал, тобто  $\Delta Q_{\Sigma in} = \Delta Q_{\Sigma in}$ , та таким чином можна представити у вигляді різниці між кількістю інформації ( $Q_{f \Sigma in}$ ), з виразу (21), яка несе фрактальний інформаційний сигнал в об'ємі ( $V_{\Sigma in}$ ) та кількістю інформації ( $Q_{кор \Sigma in}$ ) інформаційного сигналу о нормованих значеннях параметра, як показано у виразі (19):

$$\Delta Q_{\Sigma in} = Q_{f \Sigma in} - Q_{кор \Sigma in} \quad (19)$$

З виразу (19) з урахуванням виразів (15, 19) видно, що кількість інформації ( $\Delta Q_{\Sigma in}$ ) о випадковому інформаційному сигналі про відхилення технологічного параметра, залежить від прирощення амплітуди, частоти та фази з урахуванням фрактального часу повернення ( $\tau_{f \text{возв}}$ ) й фрактальної розмірності часу ( $t_f$ ).

Таким чином, впливає висновок про те, що можна спостерігати динаміку зміни (відхилення) електрофізичних величин (н-д: величин струму і напруги) технологічних параметрів від інформаційних фрактальних розмірностей, що характеризують зміну стану об'єму інформаційного простору, при проходженні через його структуру випадкових інформаційних (інформативних) сигналів про відхилення характеристик технологічних параметрів від нормованих значень у вигляді енергії, потужності, амплітуди, частоти, фази, і враховують специфічні фрактально-кластерні властивості структури тривимірного об'єму фазового інформаційного простору, які на цій основі, дозволяють виявляти аварійні ознаки в передаварійній і аварійній ситуації к позаштатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання енергоблоків ТЕС і АЕС в режимі реального часу з використанням інформаційно-керуючих систем ПТК АСУ ТП.

### 3. Визначення критерію надійності функціонування інформаційно-керуючих систем ПТК АСУ ТП АЕС і ТЕС.

В якості характеристики надійності функціонування ІКС, основним критерієм був обраний показник, що характеризує надійність пристрою – «потік помилкових спрацьовувань», який визначається за формулою (20), аналогічною застосовуваної для оцінки потоку відмов [7]. Необхідно відзначити, що число відмов безпосередньо залежить від ступеня визначення достовірності інформації про характери-

стики параметрів технологічного процесу на енергооб'єктах.

$$W(t) = \frac{R(t_2) - R(t_1)}{t_1 - t_2}, \quad (20)$$

де  $R(t_1)$ ,  $R(t_2)$  – число помилкових спрацьовувань до моменти часу  $t_1$ ,  $t_2$ . Причому,  $t_1 \leq t \leq t_2$ .

Підставляючи отриманий вираз (19), для визначення зміни кількості інформації, в формулу (20), для оцінки потоку відмов, і провівши ряд розрахунків, отримали вираз (21), який свідчить, що за рахунок вдосконаленої динамічної просторово-часової моделі і зменшення потоку помилкових спрацьовувань, за рахунок виявлення недостовірної інформації про відхилення величин технологічних параметрів в режимі реального часу, надійність функціонування ІКС ПТК АСУ ТП енергоблоку електростанцій підвищилася від 5...10%.

$$W(t) = \frac{R(T_u + \Delta T) - R\left[T_u - \left(\frac{\ln \frac{d_f}{d_3}}{\ln^2 2 |\Delta Q_{\Sigma in}|} - \Delta T\right)\right]}{(T_u + \Delta T) - \left[T_u - \left(\frac{\ln \frac{d_f}{d_3}}{\ln^2 2 |\Delta Q_{\Sigma in}|} - \Delta T\right)\right]}. \quad (21)$$

## Висновки

1. Розроблена фізична модель структури фазового обсягу інформаційного простору, яка представлена у вигляді кластер-кластерних агрегацій інформаційних і випадкових сигналів про технологічні параметри.

2. Удосконалена просторово-тимчасова модель інформаційного простору на основі одержання нових аналітичних залежностей електрофізичних величин інформаційних сигналів про характеристики технологічних параметрів (енергії, потужності, амплітуди, частоти, фази і т.д.) від інформаційної фрактальної розмірності і дозволяють підвищити надійність функціонування ІКС ПТК АСУ ТП і в цілому електроенергетичного встаткування енергоблоку АЕС і ТЕС до 10%.

## Список літератури

1. НП 306.5.02/3.035-2000. Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций.
2. ДСТУ ІЕС 62138:2008. Атомні електростанції. Інформаційні та керувальні системи, важливі для безпеки. Програмні аспекти комп'ютерних систем, які виконують функції категорії В або С (ІЕС 62138:2004, IDT).

3. IAEA SSG-37(2015). *Instrumentation and control systems important to safety in nuclear power plants. Safety guide.*

4. Лаврентичев Д.В. Математическая модель первого контура энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 и оценка ее динамической точности в переменных режимах / Д.В. Лаврентичев, Ю.С. Тверской // Вестник ИГЭУ. – 2015. – Вып. 6. – С. 1-12.

5. Федер Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.

6. Дуэль М.А. Основы построения АСУ энергоблоками тепловых и атомных электростанций / М.А. Дуэль. – Х.: ФЛП «Федорко М.Ю.», 2011. – 480 с.

7. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2-х томах; пер. с франц. / Ж. Макс. Т. 1. – М.: Мир, 1983. – 312 с.

8. Буданов П.Ф. Моделювання ознак аварійності параметрів технологічного процесу об'єктів електроенергетики / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 2(43). – С. 84-88.

9. Буданов П.Ф. Просторово-часова модель інформаційного простору з фрактальною структурою / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 7(132). – С. 15-19.

10. Буданов П.Ф. Повышение надёжности функционирования энергообъектов на основе усовершенствования программно-технического комплекса автоматизированной подсистемы аварийной и предупредительной защиты / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко, П.В. Васюченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2016. – Вип. 3(48). – С. 161-167.

Надійшла до редколегії 28.09.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.І. Канюк, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

### ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ АСУ ТП ЭНЕРГОБЛОКА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

Предложены физическая и динамическая пространственно-временная модели информационного пространства информационно-управляющих систем программно-технических комплексов автоматизированных систем управления технологическим процессом энергоблока электростанции, которые позволяют смоделировать структуру фазового объема в виде кластер-кластерных агрегаций, при прохождении случайных сигналов об отклонении технологических параметров и получить новые аналитические зависимости электрофизических величин информационных сигналов о характеристиках технологических параметров в виде энергии, мощности, амплитуды, частоты, фазы. Учитываются специфические фрактально-кластерные свойства структуры фазового объема и определен критерий надежности информационно-управляющих систем в виде оценки потока отказов по ложным срабатываниям.

**Ключевые слова:** модель информационного пространства, поток отказов, критерий надежности, информационно-управляющие системы, информационная фрактальная размерность.

### DYNAMIC SPATIAL-TEMPORAL MODEL OF INFORMATION-CONTROL SYSTEMS PROGRAM-TECHNICAL COMPLEXES PCS POWER UNIT

P.F. Budanov, K.Yu. Brovko

The proposed physical and dynamic space-time model of information space of information-operating systems and software-hardware complexes for automated control systems of process power plants that allow to model the structure of the phase space in the form of a cluster-cluster aggregation, the passage of random signals of rejection of technological parameters and obtain new analytical dependences of the electrical quantities of information signals on the characteristics of the technological parameters in the form of energy, power, amplitude, frequency, phase. Take into account the specific fractal-cluster properties and structure of the phase space is defined reliability test information-control systems as a failure rate estimates of false positives.

**Keywords:** model of information space, the flow of failures, reliability test, information-management systems, information fractal dimension.