

Механіка, машинознавство та електропостачання

УДК 621.311.25:519.816

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

МОДЕЛЮВАННЯ ОЗНАК АВАРІЙНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Розглянуті основи формування кластер-кластерних агрегацій інформаційного простору про стан і зміну параметрів технологічного процесу активної зони ядерного реактора атомної електростанції і, на підставі цього, отримана фізична модель фазового інформаційного простору, а також показано рішення задачі розпізнавання інформаційних ознак аварійності параметрів технологічного процесу активної зони ядерного реактора атомної електростанції на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей в об'ємі кластер-кластерних агрегацій з використанням елементів фрактально-кластерної теорії в просторі і режимі реального часу.

Ключові слова: фізична модель фазового інформаційного простору, локальна інформаційна неоднорідність, інформаційні ознаки простору, кластер-кластерна агрегація, об'єм інформаційного простору.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз публікацій. У роботах [1 – 3] авторами був розглянутий процес формування кластер-кластерних агрегацій (ККА) в об'ємі інформаційного простору на основі фрактально-кластерної теорії, кількісною характеристикою міри заповнення об'єму інформаційного простору запропоновано використовувати динаміку зміни фрактальної розмірності, яка дозволяє визначити величину зміни характеристик параметрів технологічного процесу.

У роботі [4] показано, що технологічний процес є динамічною системою, що має складну геометричну кластеротвірну структуру (кластер - кластерні агрегації), та має фрактальні властивості.

У роботі пропонується, для розробки динамічної моделі виявлення ознак аварійності технологічного процесу активної зони ядерного реактора (ТП АЗЯР) АЕС, розглядати об'єм інформаційного простору ТП АЗЯР на основі інформаційних ознак локальних інформаційних неоднорідностей (ЛІН) сигналів в режимі реального часу.

Ставиться завдання розпізнати інформаційні ознаки аварійності параметрів ТП АЗЯР АЕС на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей ККА в об'ємі інформаційного простору.

Автором пропонується досліджувати аварійні ознаки параметрів через просторові ознаки сигналів, виділяючи найбільш інформативні з них, такі,

що мають найбільшу зміну фрактальної розмірності від величини інформативності сигналу в просторі.

Метою статті є моделювання процесу обробки інформації в режимі реального часу про зміну кількісних і якісних характеристик параметрів про стан технологічного процесу активної зони ядерного реактора на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей ознак сигналів.

Основний матеріал

1. Основи формування кластер-кластерних агрегацій інформаційного простору технологічного процесу активної зони ядерного реактора АЕС

Авторами пропонується розглядати інформаційний простір ТП АЗЯР АЕС у вигляді фізичної моделі, побудова якої базується на фрактально-кластерній теорії з одного боку, і теорії інформації з іншого боку. Один з варіантів фізичної моделі фазового інформаційного простору показаний на рис. 1.

Розглянемо формування об'єму фазового простору на основі елементів кластер-кластерної теорії (рис. 1).

У початковому стані початковий об'єм інформації V_0 в фазовому просторі, тобто в початковий момент часу $t_0 = 0$, заповнений внутрішньою інформацією про нормовані значення параметрів сигналів, а з плином часу обсяг інформації V_t починає змінюватися (зменшуватися або збільшуватися, тобто змінюється ступінь заповнення

простору) і залежить від інтенсивності вхідного потоку, середньої величини сигналу інформації в байтах і середнього часу тривалості інформацій-

ного сигналу в фазовому просторі (визначається величиною часу повернення, на основі елементів теорії Пуанкаре).

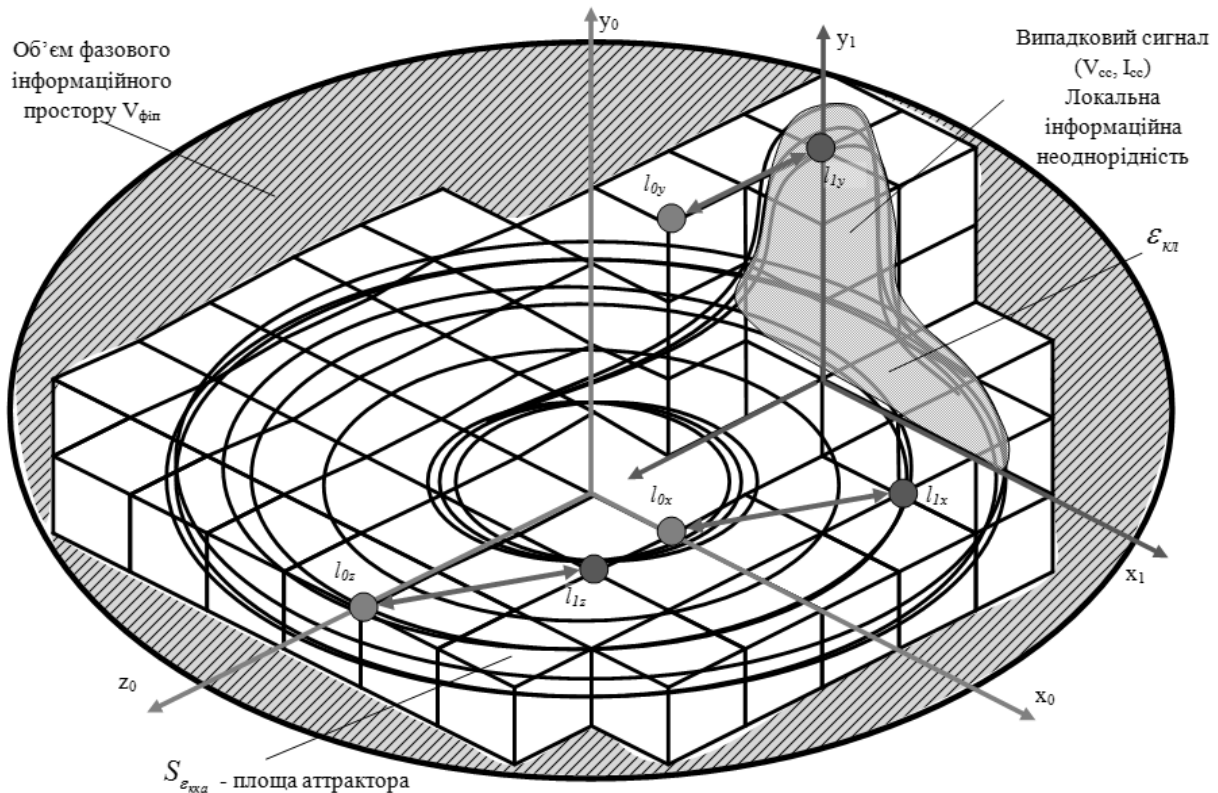


Рис. 1. Варіант фізичної моделі фазового інформаційного простору

У роботах [1 – 3] авторами вводяться такі допущення і припущення.

У момент часу $t_0=0$ початковий об'єм інформації V_{0i} у фазовому просторі дорівнює об'єму інформації про нормовані значення параметрів, які знаходяться в пам'яті даних (Р) системи, а надалі при вступі на вхід системи інформації в інтервалі часу від t_0 до t відбувається порівняння поточних значень характеристик параметрів з нормованими значеннями і на підставі порівняння робиться висновок, що зміна (відхилення) величини інформаційного сигналу поступила в систему за інтервал часу від t_0 до t або відхилення зміни сигналу за вказаний інтервал часу перевищує величину часу повернення Пуанкаре, тобто в цьому випадку можна припустити про присутність ЛНН сигналу, а отже, наявність аварійних ознак в інформаційному просторі ТП АЗЯР АЕС.

Розглянемо процес обробки інформації на основі елементів кластерної теорії (рис.1).

Вхідний сигнал (кластер) при повному порівнянні з нормованими значеннями залишається в об'ємі інформаційного простору ККА $V_{ккпн}$ з нормованими ознаками. При цьому відбувається повне заповнення об'єму ІП ККА і характеризується евклідовою розмірністю $d_3=3$.

У разі неспівпадання вхідного сигналу з нормованими значеннями (розбіжностями), кластер не враховується в об'ємі інформаційного простору кластер-кластерної агрегації $V_{ккпн}$ з нормованими ознаками, і формує об'єм інформаційного простору ККА з ознаками аварійності $V_{ккап}$.

При цьому відбувається часткове заповнення об'єму інформаційного простору ККА, а отже, спостерігається міра незаповненості інформаційного фазового простору, яка характеризується кількісною величиною – фрактальною розмірністю і відрізняється від евклідової, тобто $d_f < d_3$.

2. Зв'язок критерію інформативності з фрактальними властивостями інформаційного простору технологічного процесу активної зони ядерного реактора АЕС

Розглянемо специфічні властивості об'єму інформаційного простору, які відображають динаміку процесу зміни сигналів, що поступають, усередині ККА.

Для розуміння фрактальних властивостей об'єму інформаційного простору, авторами, пропонується цей об'єм представити у вигляді системи, для аналізу інформативності ознак сигналів, яка дозволяє об'єктивно визначати сигнали з ознаками ава-

рійності із заданого набору сигналів, що поступили, у фазовому просторі і в режимі реального часу.

Як відомо [5], простір інформаційних ознак оцінюється їх інформативністю, а основним критерієм інформативності ознакового простору (об'єму $V_{\text{ин}}$), визначається виразом (1):

$$I(\varepsilon) = \frac{\ell_{\text{кл}}}{\ell_{\text{кка}}}, \quad (1)$$

де $\ell_{\text{кка}}$ – середня відстань між кластерами ККА $V_{\text{ккпн}}$ і $V_{\text{ккап}}$;

$\ell_{\text{кл}}$ – середня відстань між кластерами всередині ККА $V_{\text{ккап}}$ (рис. 2).

Вираз (1) служить критерієм інформативності, оскільки характеризує щільність розподілу кластерів в ККА з нормованими ознаками і ККА з ознаками аварійності (де кластер – об'єкт, а ККА – клас). Крім того, з виразу (1) можна охарактеризувати віддаленість кластерів ККА $V_{\text{ккпн}}$ і $V_{\text{ккап}}$ в ознаковому просторі (рис. 2).

Проте, як було показано в роботах [1 – 3], ККА з локальною інформаційною неоднорідністю мають фрактальні властивості, то геометричні відстані $\ell_{\text{кка}}^{\text{геом}}$ (середня відстань між кластерами різних ККА) і $\ell_{\text{кл}}^{\text{геом}}$ (середня відстань між кластерами всередині ККА) відрізняються від евклідових на $\Delta\ell$ і є фрактальними довжинами відповідно $\ell_{\text{фкл}}$ та $\ell_{\text{фкка}}$.

Звідки витікає, що ґрунтуючись на фрактальних властивостях ККА [2 – 7], необхідно зв'язати зміну фрактальної розмірності d_f з середньою відстанню між кластерами різних ККА $\ell_{\text{кл}}$ та середньою відстанню між кластерами, всередині ККА $\ell_{\text{кл}}$, тобто

$$\ell_{\text{фкл}} = \ell_{\text{кл}} + \Delta\ell_{\text{кл}},$$

а

$$\ell_{\text{фкка}} = \ell_{\text{кка}} + \Delta\ell_{\text{кка}},$$

евклідова відстань ℓ_3 представлено через фрактальні довжини. Тобто, при повному заповненні об'єму інформаційного простору $\ell_{\text{кка}} = \ell_{\text{фкка}}$ та $\ell_{\text{кл}} = \ell_{\text{фкл}}$ (відсутність сигналів з ознаками аварійності).

Розглянемо випадок заповнення об'єму інформаційного простору при появі випадкового вхідного сигналу, який в ККА представлений у вигляді ЛІН, що утворює острівця інформації.

Виходячи з вищесказаного, оцінку інформативності ознак сигналів проводитимемо на підставі виміру середніх евклідових відстаней ККА до і після появи острівця інформації (локальної інформаційної неоднорідності – ЛІН) в ККА.

При виявленні сигналу в ККА, якщо не відбувається зміна фрактальної розмірності, то сигнал вважається нормованим, якщо ж фрактальна розмірність змінюється і наближається до евклідової розмірності $d = 3$, то сигнал несе ознаку аварійності.

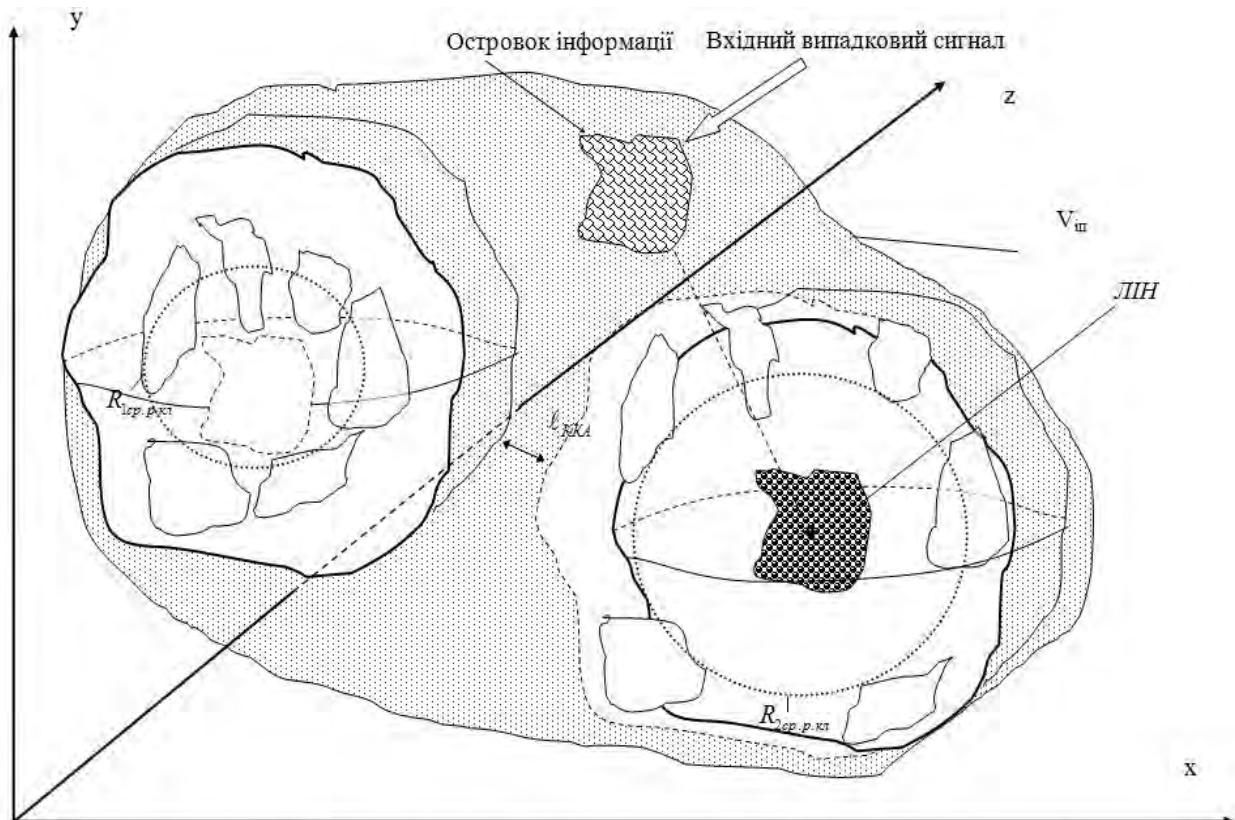


Рис. 2. Розташування кластерів кластер – кластерних агрегацій $V_{\text{ккпн}}$ і $V_{\text{ккап}}$ в ознаковому просторі

Дослідження показує, що при вхідному сигналі в інформаційному просторі кластер-кластерних агрегацій можуть відбуватися два різні випадкові процеси: не відбувається зміна відстаней усередині ККА; відбувається зміна евклідових відстаней (ℓ_i) між кластерами на величину ($\Delta\ell_i$), так як, вхідний інформаційний сигнал утворює в ККА локальну інформаційну неоднорідність.

Це твердження, справедливо в інтервалах часу

$$(t_0 - t_1; t_1 - t_2; t_i - t_{i+1})$$

для відповідних технологічних циклів ТП АЗЯР АЕС.

Необхідно також відмітити, що кількість ЛНН може бути в інформаційному просторі від однієї до декількох, проте їх кількість не впливає на визначення ознак аварійності параметрів ТП АЗЯР АЕС в режимі реального часу.

На підставі вищевикладеного перетворимо вираз (1) в наступний вид:

$$I(\varepsilon) = \frac{\ell_{f_{кл}} + \Delta\ell_{кл}}{\ell_{f_{кка}} + \Delta\ell_{кка}}. \quad (2)$$

Проте, процес зміна довжин $\ell_{кка}$ та $\ell_{кл}$ відбувається динамічно в часі і просторі. Тому, інформативність простору інформаційних ознак, можна виразити через зміну фрактальної довжини в просторових координатах (x, y, z):

$$I(\varepsilon) = \frac{\ell_{f_{xyzкл}} + \Delta\ell_{xyz}}{\ell_{f_{xyzкка}} + \Delta\ell_{xyz}} \quad (3)$$

З формули (3) видно, що відношення відстані між ККА з нормованими значеннями ($ККА_n$) і ККА з ознаками аварійності ($ККА_a$) в ознаковому просторі до середньої відстані всередині ККА в ознаковому просторі можна уявити, як відношення зміни їх фрактальної розмірності, тобто отримаємо вирази (4) та (5):

$$\ell_{f_{xyzкка}} - \Delta\ell_{xyz} = d_3 - d_f = \Delta d_{f_{кка}} \quad (4)$$

$$I(\varepsilon) = \frac{\Delta d_{f_{кка_n}}}{\Delta d_{f_{кка_a}}} \quad (5)$$

Крім того, необхідно виразити середні відстані між кластерами $\ell_{ср,р,кл}$ через середній радіус кореляції $R_{ср,р,кл}$ ККА з ознаками аварійності, тобто розглядаючи ККА з нормованими значеннями і ККА з ознаками аварійності маємо співвідношення (6), як показано на рис. 2.

$$R_{2ср,р,кл} > R_{1ср,р,кл} \quad (6)$$

Звідки, виходячи з виразів (4)-(6), отримуємо зв'язок зміни середнього значення радіусу кореля-

ції від зміни фрактальної розмірності, тобто

$$R_{2ср,р,кл} - R_{1ср,р,кл} \approx d_3 - d_f,$$

звідки:

$$\Delta R_{ср} \approx \Delta d_f \quad (7)$$

З виразів (4) – (7) можна зробити висновок, що інформативність простору інформаційних ознак об'єму інформаційного простору ТП АЗЯР АЕС, залежить від міри заповнення ККА, що утворюють об'єм інформаційного простору, ознаками (нормованими або аварійними), тобто від динаміки зміни фрактальної розмірності в режимі реального часу.

В роботі, авторами, для виявлення ознак аварійності параметрів ТП АЗЯР, в інформаційному просторі, представленому у вигляді ККА, що мають фрактальні властивості, пропонується використовувати фрактальний метод виявлення локальних неоднорідностей в сигналах.

Для всього випадкового сигналу оцінюються наступні діагностичні ознаки: середня евклідова відстань між кластерами залежності приросту від величини сигналу; середня фрактальна розмірність; середня зміна фрактальної розмірності (Δd_f); загальна кількість неоднорідностей ЛНН;

Всі ці ознаки необхідно враховувати при розробці динамічної моделі для виявлення ознак аварійності ТП АЗЯР АЕС в режимі реального часу.

3. Зв'язок фрактальної розмірності з місткістю аттрактора

Фрактальна розмірність визначається, як показник в ступені при визначенні залежності заповнення кількістю інформації (у бітах) об'єму місткості фрактального аттрактора і визначається виразом (8):

$$N_{кл}(\varepsilon_{кка}) \cong \varepsilon^{-d_f} \quad (8)$$

або

$$d_f = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log \varepsilon},$$

де $N_{кл}$ - кількість кластерів в області простору $\sum(\varepsilon_{кка})$ ККА:

$$d_f = d_3 - \Delta d_f$$

звідки

$$d_3 - \Delta d_f = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log \varepsilon}$$

чи отримуємо вираз (9) для зміни фрактальної розмірності Δd_f у об'ємі ККА:

$$\Delta d_f = d_3 - \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (9)$$

З виразу (9) видно, що залежно від попадання інформаційного острівця (сигналу, див. рис. 2) в одну з двох ККА, утворюється деяка локальна інформаційна неоднорідність, яка характеризується зміною фрактальної розмірності Δd_f , а отже залежить від заповнення кількістю інформації (у бітах) об'єму місткості фрактального аттрактора.

ВИСНОВКИ

1. Запропонований підхід рішення задачі обробки інформації при зміні характеристик параметрів технологічного процесу активної зони ядерного реактора АЕС в режимі реального часу, на основі виявлення локальних неоднорідностей кластер-кластерних агрегацій в об'ємі інформаційного простору;

2. Запропоновано досліджувати аварійні ознаки параметрів через просторові ознаки сигналів, виділяючи найбільш інформативні з них, такі, що мають найбільшу зміну фрактальної розмірності від величини інформативності сигналу в просторі;

3. Розглянуті основи формування кластер-кластерних агрегацій інформаційного простору технологічного процесу активної зони ядерного реактора атомної електростанції;

4. Отримана фізична модель фазового інформаційного простору з використанням елементів фрактально-кластерної теорії;

5. Показано, що розпізнавання інформаційних ознак аварійності параметрів технологічного процесу активної зони ядерного реактора атомної електростанції можливо на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей в об'ємі кластер-кластерних агрегацій з використанням елементів

фрактально-кластерної теорії в просторі і режимі реального часу.

Список літератури

1. Буданов П.Ф. Анализ современного состояния и перспективы развития автоматизированных систем по подготовке оперативного персонала АЭС / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко, М.Ю. Сахно // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2012. – Вып. 9 (107). – С. 263-269.
2. Буданов П.Ф. Синергетический подход к разработке модели принятия решения оперативным персоналом АЭС в нештатных ситуациях / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2013. – Вып. 1(108). – С. 256-262.
3. Буданов П.Ф. Метод кластерного анализа для обработки информационного пространства в автоматизированных тренажерах по подготовке оперативного персонала АЭС / П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2013. – Вып. 2(109). – С. 106-111.
4. Анищенко В.С. Возвраты Пуанкаре в системе с хаотическим нестранным аттрактором / В.С. Анищенко, С.В. Астахов // Нелинейная динамика. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 29-41.
5. Грызлова Т.П. Система оценки информативности диагностических признаков и признаков пространств / Т.П. Грызлова, А.О. Балькина // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 9. – С. 148-154.
6. Федер Е. Фракталы / Е.Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
7. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: ИКИ, 2002. – 656 с.

Надійшла до редколегії 12.03.2015

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ АВАРИЙНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

Рассмотрены основы формирования кластер-кластерных агрегаций информационного пространства о состоянии и изменении параметров технологического процесса активной зоны ядерного реактора атомной электростанции и на основании этого получена физическая модель фазового информационного пространства, а также показано решение задачи распознавания информационных признаков аварийности параметров технологического процесса активной зоны ядерного реактора атомной электростанции на основе обнаружения локальных информационных неоднородностей в объеме кластер-кластерных агрегаций с использованием элементов фрактально-кластерной теории в пространстве и режиме реального времени.

Ключевые слова: физическая модель фазового информационного пространства, локальная информационная неоднородность, информационные признаки пространства, кластер-кластерная агрегация, объем информационного пространства.

SIMULATION FEATURES PARAMETERS ACCIDENT PROCESS ENERGY FACILITIES

P.F. Budanov, K.Yu. Brovko

The bases of the formation of the cluster-cluster aggregation information space on the state and change of process parameters of the nuclear reactor nuclear power plant and on the basis of the obtained physical model of the phase information space, as well as shows the solution of the problem of recognition of information signs of the accident process parameters of the nuclear reactor nuclear power based on the detection of local inhomogeneities in the volume of information cluster-cluster aggregation with elements of fractal-cluster theory in space and real time.

Keywords: physical model of the phase information space, local information heterogeneity, information signs space, cluster-cluster aggregation, the amount of information space.