

УДК 530.1+621.375

Г.М. Доля, А.М. Катунін, В.Г. Мазанов, К.В. Садовий

## ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ОПОВІЩУВАЧА РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКІВ ПОЖЕЖІ, ТЛІННЯ

*Обґрунтована можливість побудови оповіщувача раннього виявлення осередків пожежі, тління, вибуху на основі аналізу фрактальної розмірності зондуючих лазерних сигналів.*

### Введення та аналіз літератури

Використання спеціальних автоматичних систем протипожежного захисту і вибухоподавлення (АС ППЗ і ВП) стає невід'ємною частиною енергоємних виробництв. Останні розробки в області впровадження АС ППЗ і ВП дозволяють ефективно вирішувати проблему боротьби з виникненням осередків пожежі (вибуху) на ранніх стадіях їх виникнення [1]. Ефективність роботи АС ППЗ і ВП у цілому залежить від надійності всіх її елементів, однак головну роль грають засоби виявлення (пожежні оповіщувачі), від яких залежить швидке та надійне виявлення очередка пожежі (тління, вибуху). Вибір того чи іншого виду оповіщувача на пряму залежить від специфіки експлуатації приміщень, де встановлена система протипожежного захисту, а також вимог до надійності й швидкодії.

Для захисту військових спеціальних об'єктів застосування існуючих датчиків найчастіше не є ефективним через обмеження переліку вирішуваних завдань, які здійснюються оповіщувачами. Виникаюча внаслідок даного фактора втрата інформації про стан об'єкта неприпустима для здійснення ефективного контролю стану захищеного об'єкта.

У цьому зв'язку для вирішення зазначеного вище завдання становить інтерес аналіз можливостей застосування систем дистанційного зондування навколишнього середовища, які інтенсивно розвиваються, і методів обробки сигналів, отриманих в результаті зондування.

Аналіз фрактальних характеристик сигналів, отриманих в результаті дистанційного зондування, може успішно застосовуватися для розв'язання цілого ряду прикладних задач, зокрема для здійснення ефективного контролю за станом захищеного об'єкта. При аналізі фрактальних властивостей оптичних сигналів можливе використання значення показника Херста (H) або пов'язане з ним значення фрактальної розмірності (D). Адекватна зміна значення цього параметра при збільшенні або зміні ступеня хаотизації процесу є фізичною основою при вирі-

шенні завдання виявлення зміни стану системи (на-вколишнього середовища).

**Мета статті** – експериментальне обґрунтування можливості побудови оповіщувачів раннього виявлення осередків пожежі, тління на основі застосування методу аналізу фрактальної розмірності [2] сигналів, одержуваних у результаті лазерного дистанційного зондування, для визначення факту зміни стану середовища на військових об'єктах та об'єктах спеціального призначення.

### Експериментальне обґрунтування можливості побудови оповіщувачів раннього виявлення осередків пожежі, тління

Експериментальне обґрунтування можливості побудови оповіщувачів раннього виявлення осередків пожежі, тління на основі аналізу фрактальної розмірності оптичних сигналів дистанційного зондування відбувалася на лабораторному макеті оповіщувача, схема якого наведена на рис. 1, де реєстрація сигналів проводилася методом прямого фотодетектування. Цифрами на рис. 1 позначені гелій-неоновий лазер ЛГ-38 (1), коліматор (2), світловозвертаюче покриття (3), термодинамічний полігон (4) на основі нагрівального термоелемента площею  $0,04 \text{ м}^2$ , діафрагма (5), фотоприймач (6) (ФЕУ-28), вихід якого приєднаний до входу звукової карти ЕОМ (7) зі спеціальним програмним продуктом FRACTAL. Довжина траси поширення лазерного випромінювання складає 14 м, висота – 1,3 м, при цьому відстань від площадки термодинамічного полігона до осі лазерного пучка – 0,4 м, що відповідає температурі  $70...90^\circ\text{C}$  на осі пучка.

При реєстрації лазерних сигналів даним методом спостерігається лінійна залежність амплітуди сигналу фотоприймача від параметрів атмосфери на трасі поширення лазерного випромінювання. Корисний сигнал оцифровується АЦП звукової плати з частотою 44100 Гц і записується в ЕОМ. Проводиться обчислення розмірності  $D = 2 - H$  графіка зареєстрованої реалізації. Параметр H визначається за формулою

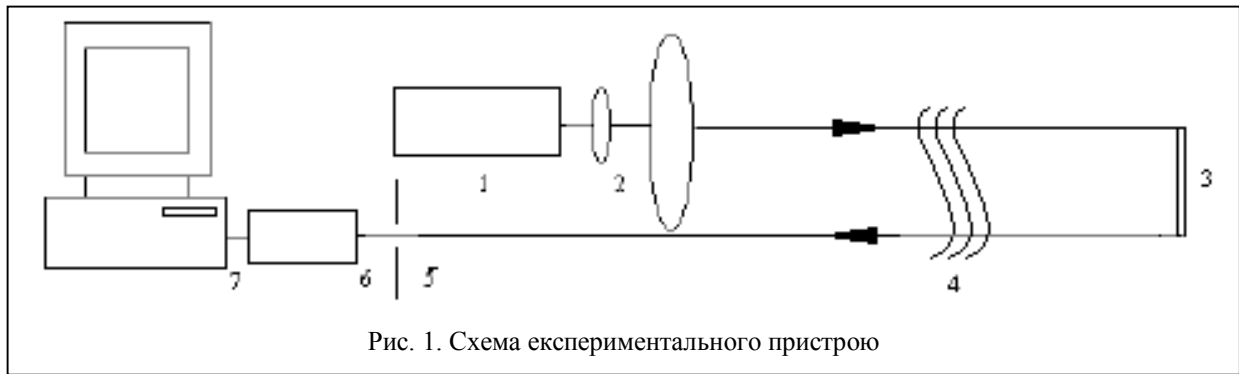


Рис. 1. Схема експериментального пристрою

$$\log \sigma_{ms}(\Delta X) = c + H \log|\Delta t|, \quad (1)$$

де  $\sigma_{ms}(\Delta X)$  – стандартний середньоквадратичний зсув (СКЗ) збільшень  $\Delta X$ , які відповідають інтервалу  $\Delta t$ ;

$c$  – константа.

Цей метод припускає обчислення  $\sigma_{ms}(\Delta X)$  для декількох інтервалів  $\Delta t$ .

Далі знаходяться коефіцієнти  $c$  і  $H$  шляхом інтерполяції отриманих точок прямої за методом найменших квадратів. Фрактальна розмірність оцифрованого сигналу обчислюється для "вікна, що плаває", довжина якого порівнянна з характерним періодом коливань.

Наведені в [3] результати експериментальних досліджень дозволяють зробити висновок про наяв-

ність "стрибка" фрактальної розмірності оптичного сигналу з появою корисного сигналу (внесенні в трасу поширення лазерного променя термодинамічного полігона), при цьому різному ступеню турбулентності атмосфери вірогідно відповідають різні значення "стрибка, що спостерігається". Тоді аналіз фрактальної розмірності відбитих лазерних сигналів, зареєстрованих при різних положеннях термодинамічного полігона як уздовж, так і поперек траси поширення оптичного випромінювання, дозволяє дати висновок про умови застосовності лабораторного макета пропонуємого оповіщувача.

На рис. 2 наведений графік залежності значень  $D$  і  $H$  від положення термодинамічного полігона на трасі поширення лазерного випромінювання: по осі абсцис відкладені значення фрактальних розмірностей, а по осі ординат – значення зсувів термодина-

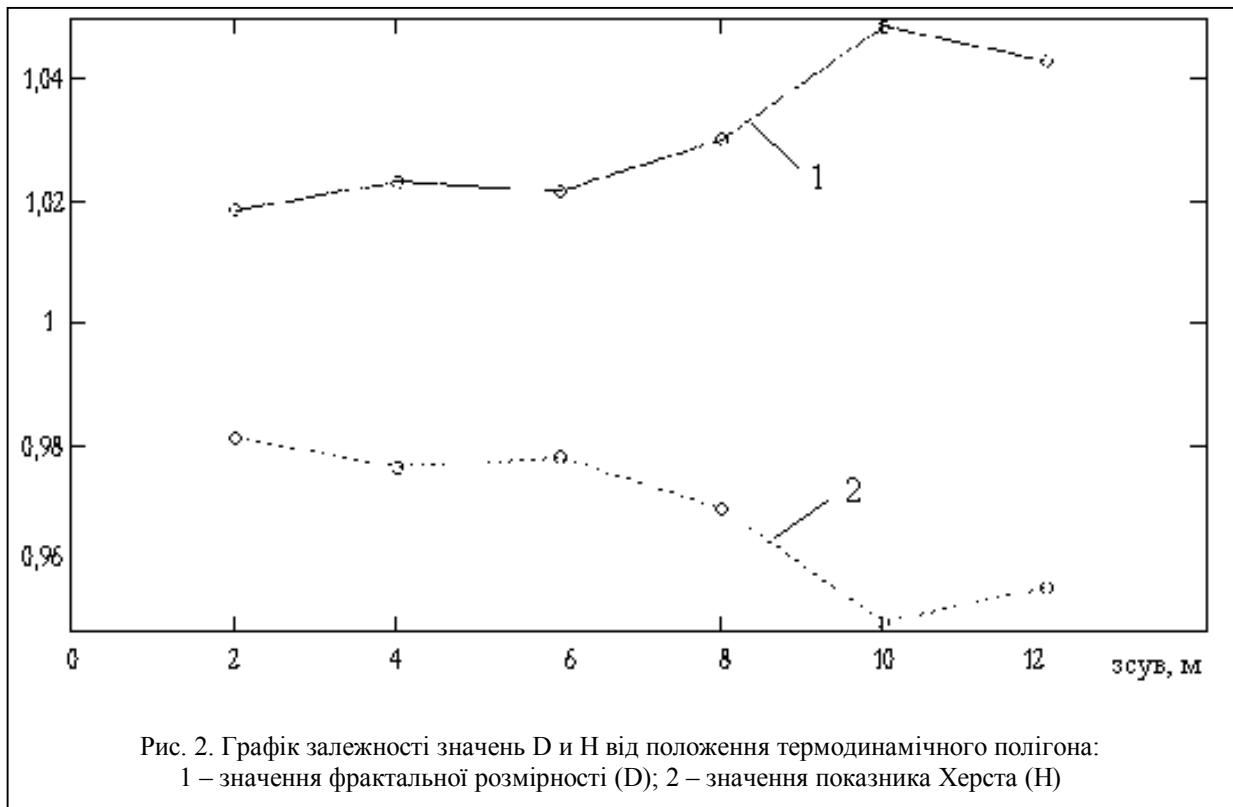


Рис. 2. Графік залежності значень  $D$  і  $H$  від положення термодинамічного полігона:  
1 – значення фрактальної розмірності ( $D$ ); 2 – значення показника Херста ( $H$ )

мічного полігона вздовж траси. При цьому відлік ведеться від оптичної системи випромінювача через кожні 2 м. Аналіз отриманих результатів першого етапу експерименту показує, що діапазон значень  $D$  складає 1,018...1,048, а значень  $H$  – 0,951...0,981. Раніше були зафіксовані такі відповідні значення для фрактальних розмірностей при відсутності термодинамічного полігона та трасі:  $D_{ч.атм} = 1,474$  і  $H_{ч.атм} = 0,526$ . Таким чином, можемо констатувати факт, що при будь-якому положенні термодинамічного полігона на осі поширення зондувального лазерного випромінювання спостерігається істотна зміна фрактальних розмірностей зондувального сигналу – зменшення  $D$  і збільшення  $H$  при внесенні термодинамічного полігона на трасу зондування, що дозволяє зробити висновок про високу ефективність функціонування лабораторного макета для вирішення завдання виявлення осередків тління. При цьому необхідно відмітити, що при заданих умовах експерименту більшість існуючих оповіщувачів не вирішує дане завдання [1].

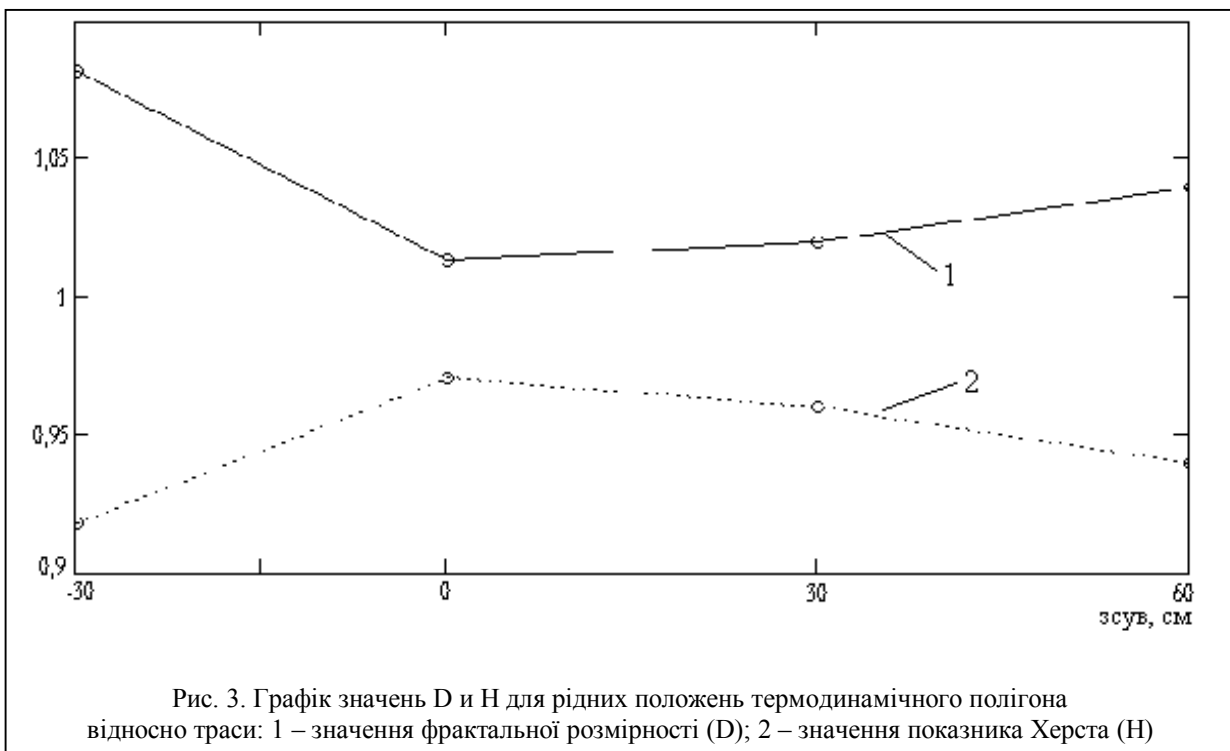
Далі проводилися розрахунки значень  $D$  і  $H$  для різних положень термодинамічного полігона відносно траси поширення зондувального випромінювання у вертикальній площині, при цьому центр полігона знаходився в одній площині з трасою, а відлік зсувів у вертикальній площині здійснювався від нагрівального елемента. На отриманому графіку (рис. 3) знак « $\leftrightarrow$ » відповідає зсувам траси вниз відносно полігона, а « $\rightarrow$ » – зсувам вгору. Як і раніше, по

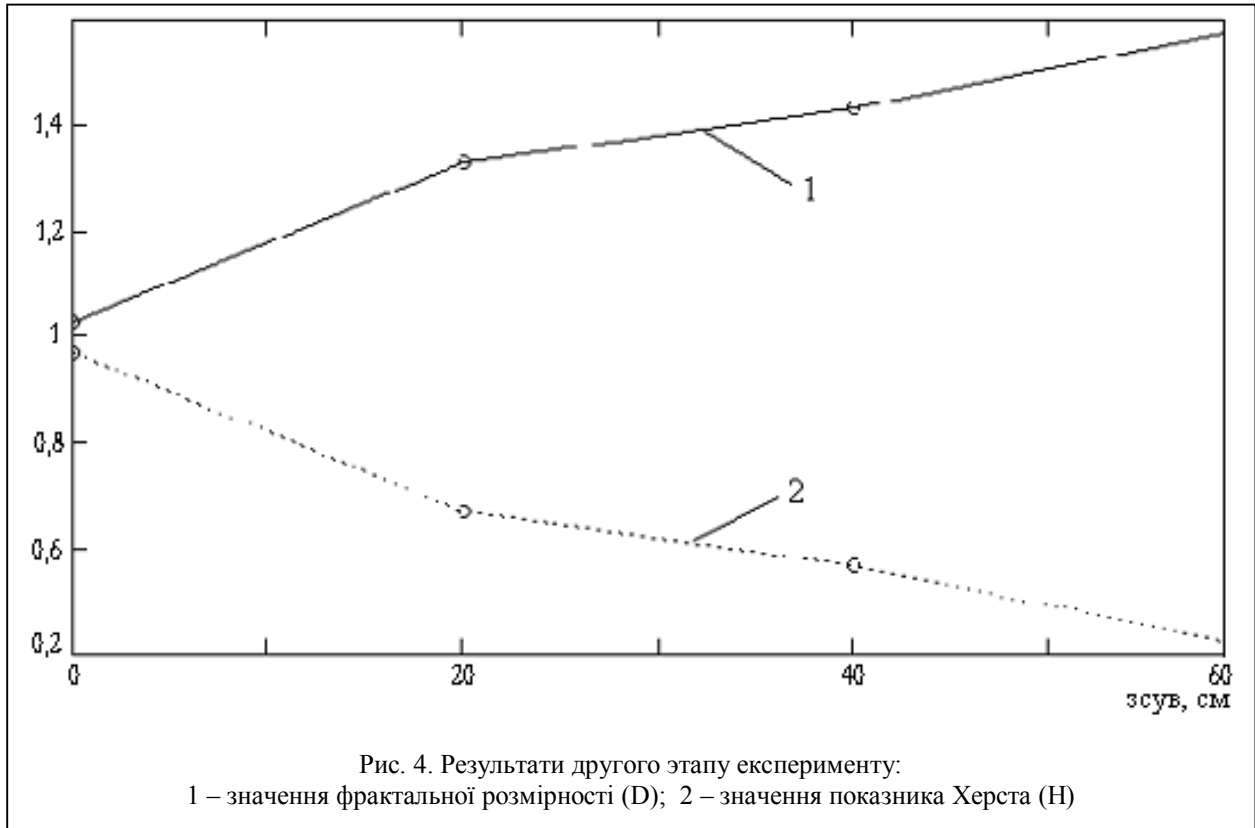
осі абсцис відкладені значення фрактальних розмірностей, а по осі ординат – величини відстаней між нагрівальним елементом і віссю лазерного пучка, при цьому вимірювання проводилося кожні 0,3 м.

Аналіз отриманих результатів показує, що для різних положень термодинамічного полігона відносно осі зондувального пучка діапазон значень  $D$  складає 1,018...1,082, а значень  $H$  – 0,922...0,981, тобто має місце істотна відмінність від  $D_{ч.атм} = 1,474$  та  $H_{ч.атм} = 0,526$ . Також відзначається несуттєве збільшення значень  $D$  і відповідне зменшення значень  $H$  з ростом відстані між трасою поширення і нагрівальним елементом. Таким чином, можна зробити висновок про можливість виявлення осередків тління або загоряння на основі аналізу фрактальної розмірності зондувального сигналу при досить «високих» трасах поширення зондувального випромінювання над осередками тління або загоряння. Варто відзначити, що при необхідності є можливість оцінити положення осередка у вертикальній площині, тому що на графіку простежується визначена тенденція зміни фрактальних розмірностей зі збільшенням висоти траси над нагрівальним елементом.

Результати другого етапу експерименту, у ході якого реєструвалися залежності фрактальних розмірностей відбитого оптичного сигналу від величини зсуву термодинамічного полігона поперек траси поширення зондувального випромінювання, наведені на рис. 4.

Аналіз наведених на рис. 4 залежностей свідчить



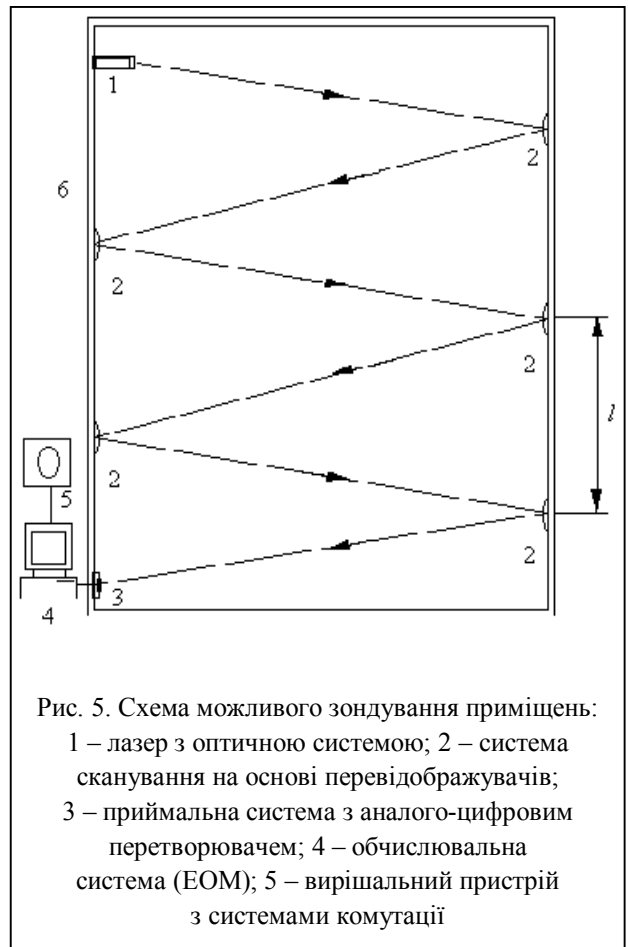


про послідовне наближення значень фрактальних розмірностей оптичного сигналу при наявності термодинамічного полігона на трасі зондування до значень фрактальних розмірностей сигналу при відсутності полігона по мірі зсуву нагрівального елемента в напрямку, який перпендикулярний трасі поширення лазерного випромінювання: у діапазоні зсувів 0,1...0,5 м значення фрактальних розмірностей оптичного сигналу помітно відрізняються від  $D_{ч.атм} = 1,474$  та  $H_{ч.атм} = 0,526$ . Однак вже при зсуві термодинамічного полігона на 0,6 м від осі лазерного пучка ці значення відповідають  $D_{ч.атм}$  та  $H_{ч.атм}$ . На підставі даних висновків можна сформулювати вимоги про необхідність забезпечення секторного зондування, що захищається від загорянь об'єкта, при цьому ширина секторів  $\Gamma$  повинна складати  $\approx 1$  м. Реалізація секторного зондування можлива на основі:

застосування  $n$ -ї кількості оповіщувачів ( $n$  – кількість секторів зондування в об'єкті, що захищається);

застосування  $n$ -ї кількості відбивачів, значення коефіцієнта відображення яких максимальне на довжині хвилі лазера, що застосовується.

Застосування великої кількості оповіщувачів свідомо неприйнятно за економічними розуміннями. Тоді для захисту об'єктів доцільно використовувати



другий підхід, який базується на застосуванні відбивачів (для лазерного випромінювання як відбивачі можливо використовувати світлоозвертаючі покриття або металізовані дзеркала). У цьому випадку зондування приміщень здійснюється за схемою, яка наведена на рис. 5. У даному випадку оповіщувачі повинні мати у своєму складі:

джерело оптичного сигналу (лазер) з оптичною системою;

систему сканування лазерним променем приміщення об'єкта, що захищається;

приймну систему з аналого-цифровим перетворювачем;

обчислювальну систему (ЕОМ), що здійснює оцінювання фрактальних розмірностей зондувального оптичного сигналу;

вирішальний пристрій, що оцінює ступінь небезпеки в приміщенні для об'єкта, що захищається;

засоби комутації оповіщувача з системами пожежогасіння (вибухоподавлення).

### **Висновки**

Таким чином, у даній роботі на базі лабораторного макета обґрунтована можливість побудови оповіщувача на основі аналізу фрактальної розмірності зондувальних лазерних сигналів. На основі аналізу результатів експерименту показана висока ефективність застосування запропонованого пристрою для вирішення завдання виявлення осередків тління, загоряння в приміщеннях об'єктів, що захищаються, (лабораторний макет оповіщувача впевнено фіксував факт наявності термодинамічного полігона площею  $0,04 \text{ м}^2$  при відсутності ознак явного загоряння (димових часток, полум'я)). При цьому

виявлена залежність фрактальних розмірностей від положення термодинамічного полігона на трасі зондування. У цілому отримані результати свідчать про перспективність ведення робіт із застосування методів фрактального аналізу для виявлення осередків загорянь у приміщеннях об'єктів, що захищаються, на етапах, коли нейтралізація даних осередків не потребує значних витрат засобів пожежогасіння.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Захаренко Д.М. Проблемы раннего обнаружения очагов пожара, тления, взрыва угольной пыли // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях". – Красноярск, 2000. – С. 141 – 150.

2. Доля Г.Н., Бабенко В.В., Пащенко Р.Э., Катунин А.Н. Обнаружение изменения состояния турбулентной среды с использованием корреляционной размерности // Моделирование та інформаційні технології. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2004. – Вип. 26. – С. 55 – 59.

3. Доля Г.Н., Катунин А.Н., Живчук В.Л., Антонов Д.В. Применение методов фрактального и вейвлет-анализа для обнаружения изменения состояния турбулентной среды // Збірник наукових праць. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2004. – Вип. 25. – С. 27 – 29.

*Надійшла 30.09.2005*

Рецензент: канд. техн. наук доцент І.С. Шорстко, Харківський університет Повітряних Сил.