



На правах рукопису

Дюков  
Володимир Андрійович

УДК 65.01.011.56:621.311.22

РОЗРОБКА  
АПАРАТУРИ КВАЗІОПТИМАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ  
ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

05.13.08 - Обчислювальні машини, системи та мережі.  
Елементи і пристрої обчислювальної техніки та систем  
керування

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис

АВ 33.764

Робота виконана в Національному центрі енергозбереження України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
Богаєнко І. М.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
Федоров В. Г.;

кандидат технічних наук,  
ст. науковий співробітник  
Гулько О. В.

Провідна організація: Відкрите акціонерне товариство  
"Укренергопром".

Захист дисертації відбудеться 24 січня 1996 року о "13" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.90.01 НВК "Київський інститут автоматика" за адресою: 254107, Київ-107, МСП, вул. Нагірна, 22.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці НВК "Київський інститут автоматика".

Автореферат розісланий 21 грудня 1995 року.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради кандидат технічних наук

*Л. П. Тронько*

Л. П. Тронько

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00779347 (.)

AB-33.101  
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Дисертація присвячена розробці засобів та методів діагностування й прогнозування стану теплоенергетичного обладнання (ТЕО).

Особливостями сучасного ТЕО як об'єктів діагностування є:

- концентрація потужностей та високі параметри робочого тіла;
- багатопараметричність та багатофакторність діагностування;
- відсутність єдиного критерію оптимальності діагностичної апаратури, що зумовлює необхідність квазіоптимального діагностування;
- значний вплив завод на достовірність діагнозу;
- розподіленість параметрів робочого тіла в об'ємі ТЕО;
- важкодоступність контролю поля розподілення діагностичних параметрів.

Відомі роботи з такої тематики, як правило, присвячені розгляду окремих методів діагностування або ж окремим конструкторським розробкам.

Назріла необхідність досліджень в сфері взаємної адаптації методів та засобів діагностування на етапах дослідно-конструкторських робіт (ДКР) з урахуванням особливостей ТЕО як об'єктів діагностування.

Метою роботи є розробка методів, алгоритмів та апаратних засобів квазіоптимального діагностування ТЕО з розподіленими параметрами.

В роботі зосереджена увага на таких питаннях:

- аналіз особливостей ТЕО з розподіленими параметрами як об'єктів діагностування;
- розробка діагностичних моделей характерних видів ТЕО з розподіленими параметрами;
- виявлення умов квазіоптимальності діагностування ТЕО з розподіленими параметрами;
- розробка методик, алгоритмів та апаратних засобів квазіоптимального діагностування найбільш характерних видів ТЕО з розподіленими параметрами;
- практична перевірка ефективності розроблених методів та технічних засобів квазіоптимального діагностування.

Методи дослідження базуються на теоретичних основах інформаційно-вимірювальної техніки й теорії розпізнавання образів та ситуацій.

В роботі використані методи фізичного моделювання та термодинамічного аналізу. Результати досліджень експериментально перевірені в лабораторних та промислових умовах.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

### Наукова новизна роботи:

обґрунтована доцільність методів квазіоптимального діагностування ТЕО з розподіленими параметрами;

розроблена методика моделювання ТЕО з розподіленими параметрами як об'єктів квазіоптимального діагностування;

запропонована методика та розроблені технічні засоби квазіоптимального ідентифікуючого діагностування координат пошкодження теплових мереж;

запропонована методика селективного діагностування відсутності полум'я окремого пальника в топках парових котлів;

розроблені технічні засоби квазіоптимального ідентифікуючого діагностування розривів та нещільностей екранних труб в топках котлів;

запропонована методика та розроблені технічні засоби квазіоптимального прогностуючого діагностування погіршення енергетичної ефективності насосів.

Новизна та ефективність розробок захищена авторськими свідоцтвами на винаходи.

### На захист виносяться наукові положення:

застосування принципів квазіоптимальності при розробці методів та технічних засобів діагностування ТЕО з розподіленими параметрами дозволяє підвищити достовірність діагностування;

селективний контроль наявності полум'я окремого пальника в топках парових котлів можна забезпечити, реалізуючи методику розпізнавання діагностуємої ситуації, що описується в ознаках градієнтів векторів параметричного поля оптичного чи теплового випромінювання факелу;

сукупність взаємопов'язаних залежностей між гідравлічними та теплофізичними параметрами робочого тіла в насосі та у дроселі, встановленому на байпасному трубопроводі між входом та виходом насоса, може бути прийнята як основа при розробці діагностичної моделі та апаратури квазіоптимального діагностування поступового зниження енергетичної ефективності насосної установки.

### Реалізація результатів роботи.

Результати дисертації покладені в основу дослідно-конструкторських робіт, що виконувались у спеціалізованих конструкторських організаціях Міністерства Енергетики України та СНД.

Розроблена діагностична апаратура виробляється серійно, введена у промислову експлуатацію на багатьох теплових електростанціях, теплових мережах, котельнях України та СНД.

Практична цінність виконаних досліджень полягає в тому, що за їх результатами створено ряд нових більш ефективних пристроїв діагностування ТЕО з розподіленими параметрами, а також у широкому використанні розробленої діагностичної апаратури в енергетиці.

Розроблені методичні рекомендації використовуються в спеціалізованих конструкторських організаціях при проведенні ДКР нових технічних засобів діагностування.

Практичне втілення результатів роботи було здійснено в Київському державному бюро "Енергоавтоматика" при розробці діагностичної апаратури ТЕА, ШТД, МАК, ФАКЕЛ, ОРТА, ОРТА-Н, КОРТ, УКЕП.

Розроблені технічні засоби випускаються серійно на підприємствах промислового об'єднання "Енергоавтоматика".

Розроблена апаратура впроваджена на багатьох електростанціях України та СНД, в тому числі на Трипільській ДРЕС, Дарницькій ТЕЦ, ТЕЦ-5, ТЕЦ-6 "Київенерго" та багатьох інших.

Принципи конструювання діагностичної апаратури для енергетики, розроблені в процесі виконання дисертаційної роботи, можуть бути використані в інших галузях промисловості.

Щорічний економічний ефект від впровадження розробленої апаратури складає 250 млрд. крб. (в цінах 1995 р.).

Апробація роботи. Основні положення проведених досліджень та результати їх впровадження доповідались на шести республіканських семінарах та науково-технічних конференціях, в тому числі на міжнародному українсько-німецькому семінарі "Навколишнє середовище та енергетика" (м. Київ, 1995 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано шістьнадцять робіт, в тому числі чотири авторських свідоцтва на винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку використаної літератури (97 найменувань), додатків, 27 малюнків та 3 таблиць (всього 128 сторінок).

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглянуто стан проблеми та підкреслена актуальність проведення досліджень у вибраному напрямку. Сформульовані мета та завдання досліджень, основні положення дисертаційної роботи і викладена її загальна характеристика.

В першому розділі визначені напрямки досліджень, проведено аналіз ТЕО як об'єктів діагностування та визначені основні вимоги до технічних засобів діагностування. Сучасне ТЕО характеризується концентрацією потужностей, високими параметрами робочого тіла та розподіленням цих параметрів у внутрішньому просторі обладнання. Крім того, доступність внутрішнього простору обладнання для встановлення засобів контролю обмежена. Цільова функція діагностування, як правило, характеризується багатофакторністю та багатокритеріальністю.

В залежності від особливостей діагностуємих пошкоджень та дефектів можна розділити цілі та задачі діагностування на такі класи:

ідентифікація факту наявності дефекту або пошкодження з метою подальшої локалізації аварії;

ідентифікація координат дефекту або пошкодження з метою подальшої оптимізації відновлювальних процедур й скорочення терміну ремонтних робіт;

діагностування темпу деградації ТЕО та прогнозування динаміки наступного розвитку ситуації з метою оптимізації розкладу відновлювальних процедур і ремонтів.

Найбільш розповсюдженими видами відмов ТЕО є розриви або нещільності конструктивних елементів контура циркуляції теплоносія (теплових мереж, трубопроводів, теплообмінників, в тому числі екранних труб в топках котлів). Ці види відмов потребують ідентифікуючого діагностування. До класу ідентифікуючого діагностування належать також методи контролю наявності полум'я в топках котлів.

Прогнозуюче діагностування доцільне для оцінки темпу поступового погіршення економічності ТЕО внаслідок зносу його елементів. Як правило, поступова деградація ТЕО або ж його пошкодження супроводжується зміною (реконфігурацією) поля розподілення фізичних параметрів робочого тіла. Зміст діагностування ТЕО з розподіленими параметрами зводиться до порівняння фактичного поля розподілення параметрів із його еталонною конфігурацією.

Оскільки прилади контролю встановлюються тільки в певних, доступних для контролю точках, то процедура діагностування трансформується в послідовність дій:

вимірювання діагностичних параметрів в певних точках контролюємого об'єкта, формування по цим вимірам відображення поля розподілення параметрів на множині точок контролю, порівняння одержаного відображення з еталонним відображенням для певної експлуатаційної ситуації й формування діагнозу.

Процедурі розпізнавання ситуації повинен передувати на стадії ДКР період підготовки, складовими частинами якого є:

виділення в об'єкті характерних ознак, що визначають діагностуємі ситуації;

структурний опис об'єкта в термінах характерних елементів (ознак);

розробка методів та засобів ідентифікації характерних ознак в діагностуємому об'єкті;

розробка методики синтаксичного аналізу структурного опису об'єкта й формування діагнозу (розпізнавання діагностуємої ситуації).

Перелічені операції та процедури доцільно розробляти на базі проблемно-орієнтованих діагностичних моделей, розробка яких для об'єктів з розподіленими параметрами базується на:

секціонуванні об'єкту діагностування на характерні об'єми;

виділенні параметричних особливостей кожного характерного об'єму;

математичному відображенні параметричного поля об'єкту на множині місць встановлення рецензорів (датчиків діагностичних параметрів);

математичних методах перетворення вихідного відображення в компактну форму, оптимальну для розпізнавання діагностуємих ситуацій.

Задача оптимізації діагностичної моделі за критеріями, що забезпечують достовірність розпізнавання діагностуємих ситуацій, багатокритеріальна.

Оптимізувати треба такі процедури вибору:

еталонної характеристики параметричного поля об'єкту;

рецензорного поля для такого виду еталонної характеристики;

варіанту секціонування об'єкту на характерні об'єми;

ознак діагностуємих ситуацій з урахуванням критерію їх корисності;

методів перетворення вихідного відображення в компактну форму і т. д.

Оптимізація перелічених процедур повинна проводитись по різним критеріям і становить суть методології квазіоптимальності розробки системи діагностик. Практика конструювання та розробки методів і засобів діагностування свідчить про те, що перелічені вимоги теорії розпізнавання образів і ситуацій, як правило, ігноруються і не враховуються. Крім того не критично й не об'єктивно

оцінюється корисність признаков, недостатньо повно аналізуються альтернативні методи.

В розділі наведені визначення й класифікація основних видів квазіоптимальності діагностичних процедур для ТЕО з розподіленими параметрами. Показано, що актуальним завданням є проведення досліджень конкретних класів ТЕО з розподіленими параметрами як об'єктів діагностування, розробка проблемно-орієнтованої діагностичної моделі для кожного класу обладнання, проведення досліджень альтернативних еталонних полів розподілення діагностичних параметрів, оцінка можливих ознак ситуацій з точки зору їх корисності, а також дослідження умов оптимальності (й квазіоптимальності) послідовного ряду діагностичних процедур та процедур формування діагнозу.

Актуальність перелічених задач зумовлена необхідністю підвищення ефективності ДКР у сфері розробки нової конкурентоспроможної діагностичної апаратури.

Все це є основою для формування задач дисертаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз об'єктів ідентифікуючого діагностування раптових відмов елементів циркуляції теплоносія при порушенні їх герметичності. Як типові об'єкти цього класу розглядались теплові мережі й поверхні нагріву топочних камер парових котлів.

Теплова мережа як об'єкт діагностування може бути інтерпретована як лінійний об'єкт з розподіленими по довжині параметрами та невизначеними координатами дефекту. Як правило, теплові мережі монтуються в підземних каналах або ж у вигляді безканалної підземної прокладки. В такому вигляді вони майже недоступні для безпосереднього контролю. Як об'єкт аналізу доцільно розглядати теплову мережу спільно з навколишнім до неї простором, включаючи поверхню ґрунту над нею й колодазі переключення.

В розділі показано, що найбільш доцільним діагностичним параметром для ідентифікації координат пошкодження теплової мережі є амплітуда акустичної емісії від місця дефекту. Однак достовірність діагностування за цим параметром в значній мірі залежить від наявності завод і захищеності від них діагностичної апаратури. Діагностування ускладнюється невизначеністю частотних характеристик акустичного корисного сигналу, тому що останні залежать від багатьох факторів й апріорно невідомі.

Приведена розроблена діагностична модель теплової мережі. Показано, що характерними об'єктами теплової мережі є:

зони трубопроводу біля переключачої арматури, обмежучої діагностуємий елемент;

поверхня ґрунту над теплотрасою та еквідистантні їй зони вздовж теплотраси й зона джерела завад.

Ці зони відрізняються величиною акустичних імпедансів.

Головною ознакою діагностичної ситуації прийнято максимум амплітуди акустичної емісії від місця пошкодження.

Опис ознаки ситуації містить в собі суттєві невизначеності:

апріорно невідомі частотні характеристики корисного сигналу;

як правило, нечітко (дуже приблизно) відомі координати прокладання теплової мережі. Координати цієї зони необхідно уточнювати апаратурними методами в процесі діагностування.

Показано, що підвищення достовірності діагностування теплових мереж можна досягти методами квазіоптимального діагностування. Квазіоптимальність діагностування дефектів теплотрас базується на анізотропності об'єкту і заключається у квазіоптимальному виборі еталонного поля і поля рецепторів. Розроблена діагностична апаратура реалізує квазіоптимальне діагностування по такому алгоритму послідовних діагностичних процедур:

встановлення контактних акустичних датчиків з магнітним закріпленням до трубопроводу в оптимальних для виявлення частотних характеристик корисного сигналу місцях;

визначення частотних характеристик корисного сигналу;

настроювання частотного фільтру акустичного скануючого датчика на оптимальну частоту, визначену на попередньому етапі;

сканування індуктивним (оптимальним по достовірності діагнозу) датчиком впродовж апріорно (нечітко) відомої зони з метою уточнення координат зони прокладки теплової мережі;

одночасне сканування акустичним і тепловим датчиками впродовж зони прокладки теплотраси й визначення координат максимуму корисного сигналу в оптимальному частотному діапазоні;

формування діагнозу координат місця дефекту.

Описані конструктивні особливості та технологічні параметри розробленої діагностичної апаратури для діагностики пошкоджень теплових мереж: ТЕА, ПТД й МАК. Приведені результати їх впровадження. Показано, що аналогічні методи й принципи конструювання застосовувались при розробці апаратури для діагностики

пошкоджень (розривів) екранних труб в топках парових котлів. Описані особливості розробленої апаратури ОРТА, ОРТА-Н, КОРТ та досвід їх експлуатації. Приведені рекомендації та пропозиції для подальших досліджень та конструкторських розробок методів і засобів ідентифікуючої діагностики нещільності елементів контуру циркуляції теплоносія (в т. ч. діагностика пошкоджень трубок підігрівачів високого тиску).

В третьому розділі описано метод розробки діагностичної моделі селективного контролю наявності факела пальників в топках парового котла. Топка парового котла з точки зору контролю факела в ній є об'єктом з об'ємним розподіленням параметрів.

Показано, що розробку апаратури для селективного діагностування обриву факела окремого пальника доцільно проводити на основі аналізу запропонованої діагностичної моделі.

Відмінність діагностичної моделі топки парового котла як об'єкту діагностування факела полягає в тому, що координати можливих місць дефекту (обриву факела пальника) є фіксованими і апріорно відомими. Кількість діагностуємих ситуацій обмежена. Таким чином задача діагностування зводиться до селективної діагностики наявності полум'я в певних характерних об'ємах топки, тобто до діагностики об'єкта з бінарними ознаками. Для вирішення цієї задачі при розробці діагностичної моделі проведена сегментація об'єму топки, виділені характерні об'єми факела кожного пальника, складені рівняння параметричного поля кожного характерного об'єму топки. В моделі прийняте спрощуюче допущення про інтерпретацію факела пальника концентрованим джерелом радіації з еквівалентною потужністю. Проведено аналіз можливих описів компактної множини відображень полум'я на полі рецепторів. Виявлені характерні точки відображень й складені переліки безперервних та дискретних признаков ситуацій зриву факела. Проведено також аналіз дискретних признаков по критерію корисності.

Показано, що найбільш інформативними дискретними ознаками, в термінах яких доцільно списувати діагностуємі ситуації, є градієнт вектора параметричного поля в характерних об'ємах топочної камери.

На основі проведеного аналізу виконана оптимізація рецепторного поля і вибрані оптимальні точки розміщення датчиків. Описані розроблені засоби контролю діагностичних параметрів радіації факела. Приведені алгоритми перетворення бажаного опису ситуації й формування діагнозу. Показано, що технічні

характеристики апаратури дозволяють створити систему селективної діагностики факелу пальника.

Підвищення якості систем селективного контролю факелу пальника можна досягти шляхом оптимізації рецепторного поля й вибору місця установки датчиків.

Приведені технічні характеристики розробленої апаратури: Факел-1, Факел-2, Факел-3М, Факел-П, Факел-Ц. Визначені напрямки подальшого удосконалення систем селективної діагностики факелу пальника.

Четвертий розділ присвячено аналізу критеріїв оптимальності методів і засобів прогнозуючого діагностування темпу деградації проточних машин на прикладі діагностики насосів. Проведено аналіз особливостей насосного обладнання як об'єктів діагностування.

Насосне обладнання традиційно характеризується гідравлічними параметрами, які пов'язані емпіричними та аналітичними залежностями

$$H = f(Q), N = \varphi(Q), \eta = \psi(Q),$$

де  $Q$  - масова витрата нагнітаємої рідини, кг/с;

$H$  - гідравлічний напір насосу, Па;

$N$  - потужність привода насосу, кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії (ККД) насосу.

Енергетична ефективність насосу визначається ККД. Однак значення ККД залежить не тільки від стану насосу, а й від його режиму. Тому стан насосу характеризується відносною зміною одного з контролюємих параметрів ( $H, N, \eta$ ) при ідентичних режимах ( $Q = \text{const}$ ).

Показано, що зменшення енергетичної ефективності насосу можна діагностувати також за теплофізичними параметрами робочого тіла на вході і виході насосу та за відповідними емпіричними та аналітичними залежностями між ними.

Аналіз цих залежностей з точки зору їх корисності як еталонних характеристик показує:

в якості еталонного теплофізичного процесу для визначення енергетичної ефективності насосів доцільно використовувати ізентальпійний процес замість ізентропійного процесу;

фізична модель ізентальпійного процесу адекватно моделюється дроселюванням робочого тіла через дросель;

ідентифікувати однакові режими насосу можна не тільки значеннями масової витрати нагнітаємої рідини, а й іншими параметрами;

різниця температур робочого тіла на дроселі, встановленому на байпасі між напорним та вхідним трубопроводами насосної установки однозначно ідентифікує режим роботи насоса;

існує однозначна залежність між сталосними характеристиками, визначеними через ізоентальпійний та ізоентропійний процеси, а також через гідрравлічні характеристики насосів;

реальні умови експлуатації насосів та особливості їх конструкції обумовлюють різні умови оптимальності діагностування, доцільність вимірювання тих чи інших параметрів, та застосування тої чи іншої еталонної характеристики.

Ці обставини в свою чергу визначають особливості розробки апаратури квазіоптимального діагностування.

Приведені основні відомості про розроблену багатofункціональну діагностичну апаратуру УКЕП. Ця апаратура має вісім входів, до яких можуть бути підключені перзинні перетворювачі різних діагностичних параметрів. При діагностуванні задіяні тільки деякі, оптимальні для конкретних умов, входи. В залежності від виду задіяних діагностичних параметрів вибирається відповідна еталонна характеристика та алгоритм обробки інформації. Робоча характеристика насосу періодично порівнюється з еталонною. По результатам цих порівнянь визначається траєкторія деградації насосу і прогнозується залишковий ресурс його ефективної роботоздатності.

Приведені результати експериментальної перевірки запропонованого методу та розробленої апаратури. Перевірка проводилась на спеціально обладнаному стенді та в промислових умовах.

Приведені запропоновані напрямки подальших досліджень і розробок, спрямованих на розширення номенклатури діагностуємих машин (димососи, вентилятори, турбіни і т. д.) та розширення можливостей розробленої апаратури (в т. ч. діагностика кавітаційного запасу насосів, заносу солями проточної частини турбін та інше).

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У висновках приведені основні результати дисертаційної роботи.

1. На основі аналітичних досліджень показано, що відомі розробки технічних засобів діагностування ТЕО не забезпечують необхідної достовірності та точності діагностування об'єктів з розподіленими параметрами.

2. В роботі запропоновані методи квазіоптимального діагностування ТЕО з розподіленими параметрами, а також методологія ДКР квазіоптимальної діагностичної апаратури.

3. Розроблені діагностичні моделі найбільш характерних дефектів теплоенергетичного обладнання з розподіленими параметрами:

ідентифікуючого діагностування розривів труб в топках котлів;

ідентифікуючого діагностування координат пошкоджень підземних теплових трас;

селективного діагностування полум'я паливників парових котлів;

прогнозуючого діагностування деградації проточної частини насосів.

4. Розроблені методи та декілька модифікацій технічних засобів діагностування:

пошкоджень теплових мереж (ТЕА, ІПТД, МАК);

пошкоджень труб в топках котлів (ОРТА, ОРТА-Н, КОРТ);

погашення факелу в топках котлів (ФАКЕЛ-1, ФАКЕЛ-2, ФАКЕЛ-3, ФАКЕЛ-П, ФАКЕЛ-Ц);

темпу деградації проточної частини насосів (УКЕП).

5. Шляхом застосування методів квазіоптимальності збільшені діагностичні можливості розробленої апаратури.

6. Запропоновані нові більш інформативні еталонні характеристики, а також діагностичні ознаки ситуацій, адаптовані до умов діагностування, в т. ч. :

систематизована взаємопов'язана структура еталонних характеристик насосів, адаптована до квазіоптимального діагностування насосного обладнання;

градієнтні ознаки структурного опису факелу як основи селективної діагностики погашення полум'я паливника.

7. Запропоновані перспективні напрямки подальшого удосконалення розробленої апаратури.

8. Розроблена апаратура серійно виготовляється і широко використовується в енергетиці та інших галузях народного господарства.

9. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень та використання розробленої апаратури складає більше 250 млрд. крб. ( в цінах 1995 р.).

У додатках наведені технічні відомості про розроблену апаратуру та апаратуру, що випускається серійно, а також документи, які підтверджують результати роботи.

## ОСНОВНИ ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дюков В. А. Прибор для определения мест повреждения подземных теплотрасс // Строительство тепловых и атомных электростанций. Экспресс-информ. - 1977. - Вып. 11. - С. 8-9.
2. Дюков В. А., Селецкий А. Н. Опыт разработки и внедрения аппаратуры поиска мест повреждений скрытых трубопроводов // Энергетика и электрификация. Сер. Монтаж оборуд. тепловых электростанций. Экспресс-информ. - 1981. - Вып. 8. - С. 14-17.
3. А. с. 979786 СССР, МКИ F 22 В 37/42. Устройство для сигнализации о разрывах труб поверхностей нагрева котла / Дюков В. А., Рюмшин Н. А., Селецкий А. Н. - Опубл. 07. 12. 82. Бюл. №45.
4. Дюков В. А., Вировцев Ю. А., Галкин Ю. В. Комплекс акустического и индукционного кабелеискателей типа КЛИ-80, ГК-80 // Энергетик. - 1983. - №12. - С. 22-23.
5. А. с. 1079946 СССР, МКИ F 17 D 5/02. Устройство для обнаружения утечек в подземных трубопроводах / Дюков В. А., Рюмшин Н. А. - Опубл. 15. 03. 84. Бюл. №10.
6. Дюков В. А. Акустические методы контроля повреждений энергетического оборудования // Энергетик. - 1985. - №4. - С. 19.
7. А. с. 1244690 СССР, МКИ G 08 C 15/06 Многоканальное устройство для сбора информации / Гудков А. В., Дюков В. А. - Опубл. 15. 07. 86. Бюл. №26.
8. Авдеев Ю. В., Дюков В. А., Лапий А. Б., Милованова Г. Л., Рыбальченко Ю. Я. Сигнализатор частичных разрядов // Энергетик. - 1987. - №1. - С. 31.
9. Диденко В. М., Рюмшин Н. А., Дюков В. А. Система оперативного контроля процесса горения в топочной камере когдоагрегата // Методы и алгоритмы оптимизации АСУ промышленного назначения: Сб. науч. тр. - К.: Киевский институт автоматики, 1991. - С. 121-126.
10. А. с. 1813990 СССР, МКИ F 23 N 1/02 Способ регулирования процесса горения и устройство для его реализации / Михлевский А. А., Диденко В. М., Тертышная Е. Т., Дюков В. А., Яцкевич С. В. - Опубл. 07. 05. 93. Бюл. №17.
11. Дюков В. А., Диденко В. М. Диагностическая информация как объект маркетинга // Маркетинг в энергетике и его обеспечение: Тез. докл. семинара, Киев, 20-21 мая 1993 г. - К.: Общество "Знання" Украины, 1993. - С. 35-36.

12. Дюков В. А., Диденко В. М. Имитационное моделирование и квазиоптимальное диагностирование кризисных ситуаций в энергосистеме // Кризисные ситуации в энергетике: технико-экономическая оценка и моделирование решений по их нейтрализации: Тез. докл. конференций, Киев, 10-11 ноября 1994 г. - К.: Общество "Знание" Украины, 1994. - С. 42-44.

13. Кузнецов Б. И., Подлесный Н. И., Рюмшин Н. А., Богаенко И. Н., Дюков В. А. Многоканальные системы повышенной точности и живучести - К.: Вища школа, 1994. - 240 с.

14. Дюков В. А., Диденко В. М. Кризисные явления в энергетике и стабилизирующая роль энергосбережения. / Концептуальные и методические вопросы формирования и реализации программ стабилизации энергетических отраслей: Тез. докл. семинара, Киев, 2-3 марта 1995 г. - К.: 1995. - С. 13-14.

15. Дюков В. А., Диденко В. М., Тертышная Е. Т. Имитационное моделирование и квазиоптимальное диагностирование кризисных ситуаций в энергосистеме // Энергетика и электрификация. - 1995. - №3. - С. 51-52.

16. Александров Е. Е., Кузнецов Б. И., Богаенко И. Н., Рюмшин Н. А., Голован Э. В., Дюков В. А., Гази С. Б., Франценюк И. В. Многоканальные системы оптимального регулирования - К.: Техніка, 1995 - 281 с.

Особистий внесок В роботах, що опубліковані в співавторстві, дисертантові належить: в [2,4,8,9]- постановка задачі, вибір функціональної структури пристрою; в [3,5,7]- постановка задачі, формулювання основних відмінних ознак і виходів; в [10]- формулювання відмінних ознак пристрою; в [11,12,14,15]- постановка задачі та розробка концепції квазиоптимальності діагностування; в [13]- розділи 1.1; 1.6; 4.4; в [16]- розділи 1.1; 4.4.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - "Вычислительные машины, сети и системы. Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления". НПК "Киевский институт информатики", Киев, 1995 г.

Защищаются 16 опубликованных работ и две рукописи, в которых рассмотрены вопросы разработки диагностических моделей энергетических объектов с распределенными параметрами. Приведены результаты разработки новой аппаратуры идентифицирующего диагностирования координат повреждения теплотрасс, обнаружения разрывов труб поверхностей нагрева в топках котлов и контроля факела горелок, а также прогнозирующего диагностирования износа проточной части насосов. Приведены результаты внедрения разработанной аппаратуры в производство и эксплуатационную практику.

V. A. Dyukov Development of Apparatus for Optimal Diagnosing of Power Equipment. Manuscript.

Dissertation on Technical Scientific degree in the speciality of "Computers, computer networks and systems. Components and units of computers and control systems". NPK "Kijiv Informatics Institute", Kijiv, 1995.

There are defended 16 published papers and 2 manuscripts wherein the problems of the development of diagnostic models for power objects with the distributed parameters were studied.

There are presented the results of the development of a new apparatus for the identifying diagnostics of coordinates of damages in heat transfer lines, breaks detection in the heating surface pipes inside the boiler furnaces, flame monitoring, as well as for the forecast diagnostics of wearing of the pump flow part. The results of implementation into practice and operation of the developed apparatus are also presented.

Ключові слова: технічна діагностика, діагностичні моделі, діагностична апаратура, енергетичне обладнання, квазіоптимальність