

УДК 53.082

DOI: 10.18372/2310-5461.35.11846

*А. О. Запорожець*, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,  
Інститут технічної теплофізики НАН України  
orcid.org/0000-0002-0704-4116  
e-mail: a.o.zaporozhets@nas.gov.ua

*А. Д. Сverdлова*  
Інститут технічної теплофізики НАН України  
orcid.org/0000-0001-8222-1357  
e-mail: science.sverdlova@gmail.com

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

### Вступ

Проблема забезпечення максимально можливого терміну експлуатації, «уповільнення» старіння енергетичних систем, продовження терміну їх експлуатації в умовах жорстко обмежених коштів (фінансових можливостей, технічних, людських ресурсів та ін.) є однією з найактуальніших проблем для вчених, економістів і технічних фахівців різних країн. Наслідки виникнення відмов, несправностей або дефектів у таких системах можуть призводити до трагічних наслідків: глобальних катастроф, ураження навколишнього середовища, людських жертв, великих фінансових і матеріальних втрат. Надійність і безпека теплоенергетичного обладнання забезпечується експертизою промислової безпеки. До неї належать неруйнівний контроль (НК), технічний огляд, технічне діагностування, обстеження технічного стану.

### Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Технічний стан об'єктів теплоенергетики свідчить про необхідність забезпечення експлуатаційної надійності, довговічності і безпеки теплоенергетичного обладнання, що пов'язано з організацією достовірного контролю роботи енергоустановок та забезпеченням оптимальних умов їх експлуатації. Для вирішення цього завдання необхідна наявність спеціальних систем моніторингу та діагностування, що дозволяють безперервно контролювати теплотехнічні процеси генерування, транспортування та споживання теплової енергії; вимірювання основних параметрів теплоенергетичних установок, обладнання, машин, механізмів та ін.; діагностування і прогнозування технічного стану установок та їх вузлів [1]. У працях [2–8] наведені методи діагностування, їх переваги, недоліки та особливості. Основною проблемою сучасних систем моніторингу є використання одного з методів, що не дозволяє вирішувати проблеми технічного стану об'єктів комплексно та завчасно. Проблема забезпечення безпеки при експлуатації систем підрозділяється на блоки

взаємозв'язаних функціональних завдань, вирішення яких дозволяє реалізувати на практиці конкретний механізм підтримки безпеки складних об'єктів за урахуванням жорстко обмежених та доступних ресурсів.

### Мета та завдання дослідження

Проведені дослідження мали мету підібрати методи діагностування для продовження терміну експлуатації та підтримки значень показників довговічності, надійності та безпеки складних коштовних систем за рахунок використання оптимального поєднання за своєю природою різних методів неруйнівного контролю у складі діючої багаторівневої системи діагностування теплоенергетичного обладнання.

### Порівняння руйнівних і неруйнівних методів контролю

Нижче наводяться переліки переваг і недоліків неруйнівних і руйнівних методів контролю. Перелік був вперше складений Р. Мак-Майстром.

### Переваги руйнівних методів контролю

1. Випробування зазвичай імітують одне або кілька робочих умов. Отже, вони безпосередньо спрямовані на вимір експлуатаційної надійності.

2. Випробування зазвичай являють собою кількісні вимірювання руйнівних навантажень або терміну експлуатації до руйнування при даному навантаженні та умовах. Таким чином, вони дозволяють отримати числові дані, корисні для конструювання або для розробки стандартів та специфікацій.

3. Зв'язок між більшістю вимірювань руйнівним контролем і вимірюваними властивостями матеріалів (особливо під навантаженням — імітує робочі умови) відображається прямою. Отже, виключаються розбіжності за результатами випробування та їх значенням для експлуатаційної надійності матеріалу або деталі.

### Недоліки руйнівних методів контролю

1. Випробування не проводять на об'єктах, що фактично застосовуються в експлуатаційних

умовах. Отже, відповідність між випробуваними об'єктами і об'єктами, що застосовуються в експлуатації (особливо в інших умовах), має бути доведено іншим способом.

2. Випробування можуть проводитися тільки на частині виробів із деякої партії. Вони, можливо, представлятимуть невелику цінність, коли властивості змінюються від деталі до деталі.

3. Часто випробування неможливо проводити на цілій деталі. Випробування в цьому випадку обмежуються зразком, вирізаним із деталі або спеціального матеріалу, що володіють властивостями матеріалу деталі, який буде застосовуватися в робочих умовах.

4. Одиначне випробування з руйнуванням може визначити тільки одне або кілька властивостей, які можуть впливати на надійність виробу в робочих умовах.

5. Руйнівні методи контролю важко застосувати до деталі в умовах експлуатації. Зазвичай для цього робота припиняється і дана деталь видаляється з робочих умов.

6. Кумулятивні зміни протягом періоду часу не можна виміряти на одній окремій деталі. Якщо кілька деталей з однієї і тієї партії випробується послідовно протягом якогось часу, то потрібно довести, що деталі були однаковими. Якщо деталі застосовуються в робочих умовах і видаляються після різних періодів часу, необхідно довести, що кожна деталь була схильна до впливу аналогічних робочих умов, перш ніж можуть бути отримані обґрунтовані результати.

7. Коли деталі виготовлені з коштовного матеріалу, вартість заміни зламаних деталей може бути дуже висока. При цьому неможливо виконати відповідну кількість і різновиди руйнівних методів випробувань.

8. Багато руйнівних методів випробувань вимагають механічної або іншої попередньої обробки зразка. Часто потрібні великогабаритні машини, так як вони продукують дуже точні результати. У результаті вартість випробувань може бути дуже високою, а кількість зразків для випробувань обмеженою. Крім того, ці випробування дуже трудомісткі і можуть проводитися тільки працівниками високої кваліфікації.

9. Руйнівні випробування вимагають великої витрати людино-годин.

Виробництво деталей коштує надзвичайно дорого, якщо відповідні тривалі випробування застосовуються як основний метод контролю якості продукції.

### **Переваги неруйнівних методів контролю**

1. Випробування проводяться безпосередньо на виробі, які будуть застосовуватися в робочих умовах.

2. Випробування можна проводити на будь-якій деталі, що призначається для роботи в реальних умовах, якщо це економічно обґрунтовано. Ці випробування можна проводити навіть тоді, коли в партії деталі конструктивно відрізняються.

3. Випробування можна проводити на цілій деталі або на всіх її небезпечних ділянках. Багато небезпечних з точки зору експлуатаційної надійності ділянок деталі можуть бути досліджені одночасно або послідовно, залежно від зручності і доцільності.

4. Можуть бути проведені випробування багатьма неруйнівними методами контролю (НМК), кожен із яких чутливий до різних властивостей або частин матеріалу/деталі. Таким чином, є можливість виміряти стільки різних властивостей, пов'язаних з робочими умовами, скільки необхідно.

5. Неруйнівні методи контролю часто можна застосувати до деталі в робочих умовах, без припинення роботи, крім звичайного ремонту або періодів простою. Вони не порушують і не змінюють характеристик робочих деталей.

6. Неруйнівні методи контролю дозволяють застосувати повторний контроль даних деталей протягом будь-якого періоду часу. Таким чином, ступінь пошкодження у процесі експлуатації, якщо їх можна виявити, і зв'язок з руйнуванням у процесі експлуатації, можуть бути точно встановлені.

7. У разі неруйнівних методах випробувань деталі, виготовлені з коштовного матеріалу, не виходять з ладу під час контролю. Можливі повторні випробування під час виробництва або експлуатації, коли вони економічно і практично виправдані.

8. При неруйнівних методах випробувань потрібна невелика (або зовсім не потрібна) попередня обробка зразків. Деякі пристрої для випробувань є портативними. Мають високу швидкість, в ряді випадків контроль може бути повністю автоматизованим. Вартість НМК нижче, ніж відповідна вартість руйнівних методів контролю.

9. Більшість неруйнівних методів випробувань короточасні і вимагають меншої витрати людино-годин, ніж типові руйнівні методи випробувань. Ці методи можна використовувати для контролю всіх деталей при меншій вартості або вартості, порівнянної з вартістю руйнівних методів випробувань лише невеликого відсотка деталей у цілій партії.

### **Недоліки неруйнівних методів контролю**

1. Випробування зазвичай містять непрямі вимірювання властивостей, які не мають безпо-

середнього значення під час експлуатації. Зв'язок між цими вимірюваннями і експлуатаційною надійністю має бути доведений іншими засобами.

2. Випробування зазвичай якісні і рідко є кількісними. Зазвичай вони не дають можливості вимірювання руйнівних навантажень і терміну експлуатації до руйнування навіть опосередковано. Вони можуть, однак, виявити дефект або простежити процес руйнування.

3. Зазвичай потрібні дослідження на спеціальних зразках і дослідження робочих умов для інтерпретації результатів випробувань. Там, де відповідний зв'язок не був доведений, і в випадках, коли можливості методики обмежені, спостерігачі можуть не погодитися в оцінці результатів випробувань. Сьогодні під неруйнівним контролем найчастіше розуміють аналіз надійності та інших властивостей та основних робочих характеристик усього об'єкта або окремих його елементів (ділянок), не пов'язаний з виведенням цього об'єкта з роботи або його демонтажем.

Іншими словами, мова йде про перевірку виробу без будь-якого його руйнування.

Що ж стосується основних методів неруйнівного контролю, то ними, згідно з ГОСТ 18353-79, є такі методи як:

- магнітний;
- вихрострумний;
- радіохвильовий;
- оптичний;
- акустичний (ультразвуковий);
- радіаційний;
- тепловий;
- електричний;
- проникаючими речовинами.

І тут варто зазначити, що при всьому різноманітті методів неруйнівного контролю найбільш часто застосування знаходять саме магнітопорошковий та ультразвуковий метод (табл. 1, 2).

Що ж стосується, наприклад, радіаційного контролю, то він використовується набагато рідше.

Прилади радіаційного контролю дозволяють контролювати великі товщини матеріалів, а також ті види матеріалів, діагностика яких іншими методами утруднена (зокрема, композити).

Таблиця 1

Особливості методів неруйнівного контролю

Неруйнівні методи контролю	Обладнання, необхідне для реалізації
Візуально-вимірювальний	Не потребує будь-якого обладнання, метод неруйнівного контролю може реалізовуватися за допомогою простих вимірювальних засобів (комплект для візуального контролю)
Магнітопорошковий	Пристрій для розмагнічування та намагнічування контрольованих об'єктів. Магнітний індикатор (порошки, суспензії, пасти)
Капілярний	Дефектоскопічні матеріали: пенетрант, проявник, очищувач
Ультразвуковий	Ультразвуковий дефектоскоп Перетворювачі п'єзоелектричного типу (ПЕП) Стандартні зразки підприємств (СОП)
Радіаційний	Рентгенівський апарат
Тепловий	Тепловізор
Течопошуковий	Течошукач
Акустико-емісійний	Акустико-емісійна система
Вібродіагностичний	Вібродіагностичний комплекс
Вихрострумний	Вихрострумний дефектоскоп
Електричний	Електроіскровий дефектоскоп

Таблиця 2

Особливості методів неруйнівного контролю, дефектів та недоліків

Неруйнівні методи контролю	Дефекти що виявляються даним неруйнівним методом контролю	Недоліки неруйнівного методу контролю
Візуально-вимірювальний	Дефекти на поверхні об'єкта розміром від 0,1 мм та більше	Низька здатність виявлення дрібних поверхневих дефектів. Рівень виявлення дефектів приладами залежить від суб'єктивних факторів

Продовження табл. 2

Неруйнівні методи контролю	Дефекти що виявляються даним неруйнівним методом контролю	Недоліки неруйнівного методу контролю
Магнітопорошковий	Дефекти що виявляються даним неруйнівним методом контролю Діагностика об'єктів, виготовлених із сталей феромагнітного типу: поверхневі та підповерхневі (2–3мм) дефекти з протяжністю від 0,5 мм та шириною розкриття від 2 мкм. Можливе застосування для неруйнівного контролю по немагнітним покриттям (кадмій, хром та ін.). Покриття товщиною до 20 мкм практично не впливають на коректність контролю та виявлення дефектів	Неможливий магнітопорошковий контроль елементів і конструкцій з неферомагнітних сталей, якщо на їх поверхні відсутня зона необхідна для нанесення індикаторних матеріалів і намагнічування, або виробів зі структурними неоднорідностями та/або різкими змінами площі поперечного перерізу за наявності несучільностей з площиною розкриття, що не співпадає з напрямком магнітного поля, або складової, що утворює з нею кут в 30 градусів і менше
Капілярний	Дефекти поверхневого та наскрізного типу з розкриттям порядку 1 мкм	За допомогою приладів даного методу неруйнівного контролю можливе виявлення лише вихідних, або наскрізних дефектів без визначення їх точної глибини. Складність механізації та автоматизації реалізації методу. Необхідність ретельної обробки поверхні контрольованого об'єкта
Ультразвуковий	Підходить для неруйнівного контролю виробів як із металів, так і неметалів  Дозволяє виявляти всі види дефектів в основному матеріалі, зварних швах та біляшовних зонах  Висока швидкість, продуктивність контролю при низькій вартості та безпеки для людини  Мобільність ультразвукового дефектоскопа	Поверхня об'єкта має бути підготовлена для введення ультразвуку, а в разі зварних з'єднань — необхідна підготовка і напрямків шорсткості (вони повинні бути перпендикулярними шву). Необхідно застосування контактних рідин (вода, клейстер, масло). Причому, при діагностиці вертикальних або сильно нахилених поверхонь ці контактні рідини повинні мати певну щільність. Застосування «притертих» перетворювачів (з радіусом кривизни підшви R, рівним 0,9–1,1 R радіусу контрольованого об'єкта) є непридатним у такому вигляді для діагностики плоских поверхонь. Прилади даного методу неруйнівного контролю не дозволяють відповісти на питання про розміри виявленого дефекту, вимірюючи лише його відбивну здатність у напрямку приймача (у той час як дана величина корелює не для всіх видів дефектів). Не дозволяє контролювати з'єднання, у яких обидва елементи ковані, литі, або штамповані; кутові похили (з відхиленням від паралельності більше 10 градусів); зварні з'єднання трубчастих елементів між собою або з іншими елементами, а також метали з крупнозернистою структурою, вироблені малих розмірів і складної форми
Радіаційний	Внутрішні дефекти зварних з'єднань (тріщини, непровари, пори, шлакові включення)	Низьке виявлення поверхневих дефектів Метод неруйнівного контролю не дозволяє виявляти включення і пори з діаметром поперечного перерізу, тріщини і непровари з площиною розкриття, що не збігаються з напрямком просвічування. При застосуванні відповідних приладів необхідно забезпечення радіаційної безпеки персоналу

Закінчення табл. 2

Неруйнівні методи контролю	Дефекти що виявляються даним неруйнівним методом контролю	Недоліки неруйнівного методу контролю
Тепловий	Виявлення місць прохідності теплоносіїв, протікання, порушень ізоляційних покриттів, ділянок нагріву електричних контактів	Залежність коректності вимірювань від навколишнього середовища і погодних умов
Течопошуку	Знаходження течі	Виявлення лише дефектів наскрізного типу
Акустико-емісійний	Виявляє поверхневі і внутрішні дефекти, у тому числі, і це особливо важливо, дефекти, що знаходяться ще тільки в стадії розвитку (від десятих часток міліметра). Завдяки цьому дозволяє проводити класифікацію дефектів, у тому числі, за ступенем їх небезпеки	Досить складна технологія, яка потребує коштовного обладнання і приладів. Акустико-емісійні сигнали, як правило, важко виділяються із завод. Необхідність подальшої діагностики контрольованих об'єктів іншими методами
Вібродіагностичний	Виявлення і діагностика пульсації потоку технологічного середовища, коливань рухомих частин	Жорсткі додаткові вимоги до методу кріплення сенсора. Залежність рівня вібрації від цілого ряду чинників. Труднощі виділення вібраційного сигналу
Вихрострумний	Виявляє поверхневі і підповерхневі (глибина — 1–4 мм) дефекти	Застосовується тільки для діагностики виробів зі струмопровідних матеріалів
Електричний	Дозволяє проводити оцінку цілісності ізоляцій	Передбачає необхідність контакту з об'єктом. Жорсткі вимоги до чистоти поверхні об'єкту. Складність автоматизації процесу неруйнівного контролю. Залежність коректності результатів вимірювань від стану навколишнього середовища

Своїми особливими перевагами обумовлено і застосування акустичного методу неруйнівного контролю: це, перш за все, можливість діагностики дефектів внутрішнього типу, відносна простота приладів неруйнівного контролю, широкий спектр матеріалів, придатних для обстеження. У цьому плані він вигідно відрізняється, наприклад, від магнітних, вихрових та електричних методів контролю, що дозволяють діагностувати лише поверхню та підповерхневий шар металів.

#### Неруйнівний контроль на службі людини

Офіційно днем народження неруйнівного контролю прийнято вважати 28 грудня 1895 року, коли була опублікована стаття Вільгельма Рентгена «Про новий тип випромінювання».

Адже саме використання цих — рентгеновських — променів було покладено в основу одного з методів неруйнівного контролю.

Сферою, яка першою «приручила» неруйнівний контроль і взяла собі на озброєння, є будівництво. У даний час контролю неруйнівного типу зазнають не тільки самі будівельні матеріали, «напівфабрикати», а й уже готові об'єкти будівництва.

Прилади неруйнівного контролю за рахунок своїх технічних характеристик дозволяють з чудовою точністю контролювати такі параметри, як міцність основного шару і нанесеного на поверхню його покриття, вологість деревини, глибину захисного бетонного шару до арматурної сітки; виявляти тріщини на внутрішніх стінках трубопроводів, порожнечі в монолітах, ділянки з розтріскуванням, роз'їданням, іржею, дрібними дефектами зварних швів, колій.

Взагалі, повний перелік галузей, для яких застосування неруйнівного контролю стало не просто звичним, а необхідним, зайняв би дуже багато місця. «Секрет» такої поширеності і популярності знаходиться як в перевагах самих методів НК, так і в тому, що вони відповідають вимогам, що пред'являються до методів контролю сучасною реальністю. Очевидно, що сучасна дефектоскопія повинна забезпечувати можливість здійснення діагностики за більшістю існуючих параметрів на всіх стадіях — від виготовлення продукції до її ремонту. За максимальної оперативності досліджень їх результати мають бути достовірними, а дефектоскопічні прилади для їх

отримання — автоматизованими, надійними, мобільними, швидкодіючими, придатними до ремонту і довготривалої експлуатації.

### Основні характеристики методів неруйнівного контролю

Під час вибору методів і систем неруйнівного контролю необхідно, у першу чергу, враховувати такі їх показники, як чутливість, достовірність, оперативність, продуктивність, вартість, а також

наявність документа про результати контролю (табл. 3).

Основною характеристикою неруйнівних методів контролю є чутливість, що визначає його здатність виявляти дефекти мінімальних розмірів.

Чутливість оцінюють, як абсолютними, так і відносними (залежно від товщини контрольованого матеріалу) розмірами дефектів, що виявляються.

Таблиця 3

Основні технічні характеристики методів неруйнівного контролю

Вид контролю	Метод контролю	Контрольовані матеріали	Товщина, мм	Види дефектів	Мінімальні розміри дефектів, мм	
					Розкриття тріщин	Діаметр пір і раковин
Радіаційний	Радіографічний	Будь-які метали і неметали	До 500 (для сталі)	Внутрішні і зовнішні в напрямку просвічування	0,1	1...5 % від товщини
Ультразвуковий	Ехо-імпульсний	Метали з дрібнозернистою структурою і неметали	Понад 4	Внутрішні	$10^{-5}$	0,5
Магнітний	Магнітопорошковий, магнітографічний	Феромагнітні	До 25	Поверхневі тріщини	$10^{-3}$	—
Електромагнітний	Вихрострумний	Магнітні і немагнітні	До 2		$10^{-2} \dots 10^{-3}$	
Капілярний	Люмінесцентний, кольоровий	Будь-які метали і неметали	Будь-яка товщина	Поверхневі	$5 \times 10^{-3}$	0,1
Візуально-оптичний	Із застосуванням ендо- і мікроскопів	Будь-які контрольовані матеріали		Наскрізні	$10^{-6} \dots 10^{-7}$	
Течопошуковий	Газовий, -рідинний					

Чутливістю характеризується також виявлення дефектів, тобто можливість реєстрування дефекту дефектоскопічним детектором. Чутливість залежить від виду дефекту, його розмірів, орієнтації та розташування у виробі.

Достовірність контролю зумовлює ймовірність прийняття правильного рішення про придатність або непридатність проконтрольованих виробів. Виявлення дефектів та достовірність контролю є статистичними показниками та для їх визначення необхідно мати досить великий обсяг інформації про дефекти, виявлені під час випробування.

Значення показників виявлення дефектів та достовірності аналізованого методу контролю визначають шляхом порівняння характеристик дефектів (кількості, розмірів), виявлених при контролі, за аналогічними характеристиками де-

фектів, виявлених при контролі методом, прийнятим за еталонний (зразковий).

При статистичній обробці результатів випробувань виявлені дефекти поділяють на три типи:

- об'ємні непротяжні (компактні);
- об'ємні протяжні;
- площинні.

Оперативність контролю характеризується відрізком часу між закінченням випробувань та отриманням висновку про придатність або непридатність проконтрольованого виробу; вона істотно впливає на продуктивність контрольних операцій.

### Висновки

Продовження термінів експлуатації та підтримку значень показників довговічності, надійності та безпеки складних коштовних систем

може бути досягнуто за рахунок використання оптимального поєднання різних за своєю природою методів НК.

Проблема забезпечення безпеки при експлуатації систем підрозділяється на блоки взаємозв'язаних функціональних завдань, вирішення яких дозволяє реалізувати на практиці конкретний механізм підтримки безпеки складних об'єктів за урахуванням жорстко обмежених та доступних ресурсів.

Ефективність застосування методів НК залежить від схем організації контролю, його планування, використання сучасних інформаційних технологій і обчислювальної техніки, персоналу.

Рішення завдання виявлення дефектів дозволяє, крім вироблення рекомендацій щодо розподілу коштів, обґрунтувати з економічної точки зору вимоги до виробів по довговічності (виявити залежності збільшення ресурсу, терміну експлуатації виробу від додатково вкладених в нього коштів), а також оцінити достатність коштів, що виділяються для створення ефективної (в сенсі зворотного критерію) системи експлуатації виробів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **Бабак В. П.** Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії / В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Берегун [та ін.]. — Монографія, Київ: Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2016. — С. 352.

2. **Альошин Н. П.** Радіаційна, ультразвукова і магнітна дефектоскопія металовиробів / Н. П. Альошин, Б. Г. Щердинський. — М.: Вища шк., 1991. — 271 с.

3. **Неруйнівні випробування: довідник** — М.; Л.: під ред. Р. Мак-Мастера, 1965. — 504 с.

4. **Білокур І. П.** Дефектологія і неруйнівний контроль / І. П. Білокур. — К.: Вища шк., 1990. — 207 с.

5. **Неруйнівний контроль металу та виробів: довідник.** — М.: Машинобудування, 1976. — 456 с.

6. **Білокур І. П.** Дефектоскопія матеріалів і виробів / І. П. Білокур, В. А. Коваленко. — К.: Техніка, 1989. — 192 с.

7. **Клюєв В. В.** Неруйнівний контроль / В. В. Клюєв, Ф. Р. Соснін, С. В. Рум'янцев. — М.: Машинобудування, 2001. — 616 с.

8. **Решетов А. А.** Неруйнівний контроль і технічна діагностика енергетичних об'єктів / А. А. Решетов, А. К. Аракелян. — Чебоксари: Чувашський ін-т, 2010. — 469 с.

9. **Ahmed Md. A.** Recursive construction of output-context fuzzy systems for the condition monitoring of electrical hotspots based on infrared thermography / Md. A. Ahmed, A.S.N. Huda, N.A.M. Isa // Engineering Applications of Artificial Intelligence. — 2015. — Vol. 39. — P. 120–131.

10. **Khramshi V. R.** Monitoring technical state of the power transformers is a necessary condition of the Smart-Grid technology introduction within the industrial electric networks / V. R. Khramshin, S. A. Evdokimov, A. A. Nikolaev, A. A. Nikolaev, A. S. Karandaev // Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering.

**Запорожець А. О., Свердлова А. Д.**

#### АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Розглянуто переваги та недоліки руйнівних та неруйнівних методів контролю. Проведено аналіз методів неруйнівного контролю, їх особливостей, параметрів та необхідного обладнання. Запропоновано оптимальне поєднання різних за своєю природою методів НК.*

**Ключові слова:** теплоенергетика, діагностика, дефектоскопія, неруйнівний контроль, руйнівний контроль.

**Запорожець А. А., Свердлова А. Д.**

#### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*В статье рассмотрены преимущества и недостатки разрушающих и неразрушающих методов контроля. Проведен анализ методов неразрушающего контроля, их особенностей, характеристик и необходимого оборудования. Предложено оптимальное сочетание различных по своей природе методов НК.*

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, диагностика, дефектоскопия, неразрушающий контроль, разрушающий контроль.

**Zaporozhets A. O., Sverdlova A. D.**

#### ANALYSIS OF METHODS FOR DIAGNOSING HEAT ENERGY OBJECTS

*In the article the advantages and disadvantages of destructive and non-destructive methods of control. The analysis of methods of non-destructive testing, their features, parameters and necessary equipment is carried out. The optimum combination of different nature NDT methods.*

**Keywords:** thermal power, diagnostics, fault detection, nondestructive testing, destructive control.

Стаття надійшла до редакції 29.08.2017 р.

Прийнято до друку 01.09.2017 р.

Рецензент – д-р техн. наук, проф. Орнатський Д. П.