

УДК 631.3:620.19.004.64(091)



**Ничай Оксана Олександрівна,**  
аспірант Нац. аграр. ун-ту  
каф. технічного сервісу  
(м. Київ)

## **ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ МЕТОДІВ БЕЗКОНТАКТНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

*У статті проаналізовані деякі методи безконтактної діагностики.*

*Интроскопия, методы интроскопии, интроскоп, диагностика, рентгено- и гамма-випромінювання, інфрачервоне випромінювання, безконтактні методи, візуальне діагностування.*

*В статье проанализированы некоторые методы бесконтактной диагностики.*

*Интроскопия, методы интроскопии, интроскоп, диагностика, рентгено- и гамма-излучения, инфракрасное излучение, бесконтактные методы диагностики, визуальное диагностирование.*

*Some methods of beskontaktnoy diagnostics are analysed in the article.*

*Introskopiya, methods of introskopii, introskop, diagnostics, rentgeno - and gamma- radiations, infra-red radiation, without contact methods of diagnostics, visual diagnosing.*

Питання розвитку методів безконтактної діагностики має велике наукове і практичне значення в оцінці сучасного стану цих методів і прогнозуванні їхнього розвитку.

Розвиток машинобудування є одним із найважливіших складників технічного прогресу. У зв'язку з тим, що щорічно створюються нові типи машин, розробляються нові технології, виникає необхідність підвищення надійності, насамперед довговічності деталей машин.

Конструкції машин постійно удосконалюються відповідно до нових вимог, які до них пред'являються. Однією з основних вимог при експлуатації машин є підвищення їхньої надійності, що може бути забезпечене зниженням зносу деталей, а отже, підвищення їхньої довговічності. При цьому важливого значення набуває технічне діагностування стану деталей машин, яке дозволяє судити про ступінь їх зношеності, отже, про довговічність. Нерідко в процесі виробництва і експлуатації відповідальних деталей і конструкцій у них розвиваються різного

роду дефекти (раковини, пори, тріщини, розшарування тощо), що призводить до погіршення якості та надійності виробів і нарешті до їх руйнування. Діагностування (особливо безрозбірне) забезпечує значну економію матеріальних коштів та часу на підтримку машин у технічно справному стані завдяки зниженню їх простою при технічному обслуговуванні та ремонті і витрат на запасні частини та паливо – мастильні матеріали.

Питаннями безконтактної діагностики займались: В.В. Ключев, А.Я. Тетерко, З.Т. Назарчук, В.Є. Канарчук, А.Д. Чигиринець, М.М. Дмитрієв, О.Б. Деркачев, П.Р. Левковець, В.М. Кравченко, В.А. Сидоров [7], [8], [10], [11], [12]. Однак питання історії розвитку цієї проблеми в даній літературі не висвітлені.

Завданнями статті є те, щоб зацікавити, звернути увагу на проблеми з питань історії безконтактних методів діагностики. Показати зв'язок з історичним минулим (відкриття променів, інтроскопія, яка дала початок новим методам безконтактної діагностики).

Кінець XIX початок XX століття відзначився рядом великих відкриттів, бурхливим розвитком фізики, потоком нових фактів і ідей, які випередили самі сміливі передумови й очікування. Наукова діяльність у цей період цілої плеяди відомих учених заклала основи методів цієї науки, яка отримала назву інтроскопія. Інтроскопія (від лат. Intro - всередині) – це візуальне спостереження предметів або процесів всередині оптично непрозорих тіл, в прозорих середовищах (речовинах).

Думки вчених і фахівців, які працюють в галузі інтроскопії, розділились. Одні вважають моментом народження інтроскопії період розробки і виготовлення в СРСР в 1934 році перших радіолокаційних станцій, інші – день, коли В.К. Рентген зробив знімок руки своєї дружини. Є й такі, хто прихильний стверджувати, що для встановлення джерел інтроскопії потрібно зазирнути в історію середніх віків.

Г. Герц в 1886-1889 роках вперше доказав на досліді існування електромагнітних хвиль, установив їхню тотожність із світловими. Англійський фізик Дж. Дж. Томпсон в 1897 році відкрив електрон, а в 1895 році зробив своє знамените відкриття В.К. Рентген. В 1896 році Л. Беккель відкрив

радіоактивність. Незабаром світ дізнався про альфа- і бета – промені, а в 1901 році П. Віллард відкрив гамма-випромінювання. Через три десятиліття подружжя Ф. і І. Мемо-Кюрі відкривають позитрон (1934 рік), а двома роками раніше Дж. Чедвіл – нейтрон [1].

Але у відомого рентгенівського відкриття є українське коріння. Це підтверджується розвідками професора В. Шендеровського: М. Пильчиков здійснив свої перші експерименти з x- променями (рентгенівські) вже 19 січня 1896 року і, за свідченнями його помічника І. Точидловського, одержав „цілком задовільні результати”. Натомість ця дата потребує уточнення. М. Пильчиков у листі до Рентгена від 14 лютого 1896 року називає більш ранню дату – 15 січня. У цьому листі він називає термін одержання фотографій – від 30 хвилин до 1 хвилини. В. Плачинда, посилаючись на свідчення І. Точидловського, один із перших висловив думку про те, що вчений сприйняв ідею x – променів від українського фізика Івана Пулюя, з яким був особисто знайомий і неодноразово зустрічався на міжнародних наукових конгресах [2].

На сьогодні про Івана Пулюя говорять як про фізика, відомого своїми фундаментальними працями, що стали підвалинами епохальних відкриттів кінця XIX століття – x - променів та електрона. Він є одним із засновників рентгенології, адже саме за допомогою „Пулюєвої лампи” було зроблене відкриття К. Рентгеном x – променів, зроблено першу у світі рентгенограму. Саме він першим із фізиків сформулював ідею щодо природи катодних x – променів, які є дуже близькими до теперішнього їх розуміння, побудованого на електронній теорії будови речовини [3].

Своїм народженням і розвитком інтроскопія, як прикладна наука зобов'язана, перш за все, науково - технічному прогресу, який висунув нові вимоги до якості матеріалів і виробів. Різноманітність практичних задач, які вирішуються на основі методів і засобів інтроскопії, як по своїй цілі і змісту, так і по умовам, передбачає рішення конкретної проблеми з допомогою різних фізичних методів. Теперішні методи інтроскопії засновані на використанні практично всього частотного діапазону експлуатаційного спектра, а теперішні інтроскопи дозволяють виконувати пряме оптичне бачення в минулих і розсіяних

променях із заданим коефіцієнтом трансформації розмірів зображення внутрішньої структури практично любого об'єкту. Інтроскопи дають людині бачити те, що було закрито в силу непрозорості. Один із перших інфрачервоних інтроскопів був виготовлений в лабораторії НДІ інтроскопії ще 1955 року (фото 1), у Радянському Союзі - в 1959 році. Прилади, які перетворюють невидимі інфрачервоні випромінювання в оптичні видимі, отримали назву електронно-оптичні випромінювачі. Уперше випромінювач був створений в 1934 році, голландським фізиком Холстом де Буром [4].

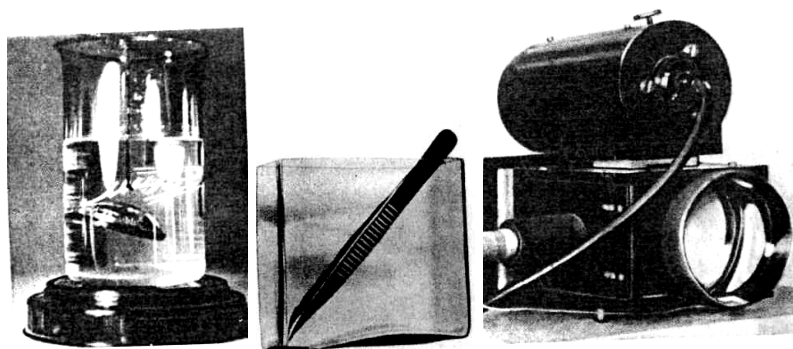


Фото 1. Перший інтроскоп

Один із найбільш універсальних і інформативних методів інтроскопії являється радіаційний, який займає провідне місце в неруйнівному контролі матеріалів і виробів, а технічні засоби, засновані на даному методі, відрізняються широким вибором типів. Історія розвитку методу радіаційної інтроскопії бере свій початок з того дня, який відкрив нову епоху в розвитку природознавства, визначив напрямлення і характер технічних засобів медицини і руйнівного контролю (8 листопада 1895 року, В.К. Рентген)[1].

Історія розробки і виготовлення радіаційних інтроскопів характеризувалась сучасними інтенсивними дослідженнями з удосконалення перетворювачів і побудови математичної моделі процесу радіаційно-оптичного перетворювача. Важливим висновком досліджень було встановлення зв'язку між контрастом, мінімальним розміром дозволяючого елемента і потоком квантів (1948 рік)[1].

1949 року Штурм і Морган, аналізуючи процес радіаційно-оптичного перетворення, прийшли до висновку про необхідність енергетичного підсилення при формуванні світлотіньової картини[1].

У 1963 році був створений Науково-дослідний інститут інтроскопії, який очолив талановитий учений Павло Кіндратович Ощепков. Він був ініціатором створення і широкого впровадження в народне господарство методів і засобів інтроскопії. Під його керівництвом проведена робота з дослідження, розробки і впровадження в промисловість методів радіаційної інтроскопії. Дослідженням різних типів перетворювачів іонізуючої радіації, створенню і впровадженню вітчизняних установок (інтроскопів) присвячені роботи П.В. Тимофієва, С.Т. Назарова, В.В. Ключєва, О.М. Якобсона, В.С. Токмакова, Б.І. Леонова, С.В. Чернобородова, В.І. Горбунова, Г.Г. Шамаєвой, О.В. Волкова та інших учених [5].

Слід зазначити, що в 70-ті роки робилися спроби використання обчислювальної техніки в системах радіаційної інтроскопії як для управління процесом контролю, так і для обробки отриманого зображення. Це було викликано, в першу чергу тим, що навіть такі прості прийоми обробки зображення, як підвищення чіткості, дискримінація по розміру і формі, збільшення контрасту, дозволяє різко підняти інформативність первинного зображення і виявляємість дефектів. Уже з початку 80 – х років практично всі типи засобів інтроскопії, які створювались, були оснащені мікро – ЕОМ або мікропроцесорними засобами, що забезпечило підвищення якості зображення контролюючих об'єктів і автоматизацію процесу контролю.

Рентгено – і гама – дефектоскопічний контроль є найбільш масовою галуззю в народному господарстві рентгенівських апаратів і джерел гама – випромінювання. У загальному об'ємі, фізично неруйнуючих методів контролю, які застосовують у промисловості, він становить не менше 80 %.

Метод рентгенодефектоскопії в основному був розроблений до Великої Вітчизняної війни; про рівень його розвитку в той час можна судити по роботі А.К. Тропезнікова „Просвечиванием материалов лучами Рентгена” (1939 рік) [6].

Метод ультразвукової дефектоскопії вперше був представлений у 1928 році проф. С.Я. Соколовим. 1952 року С. Махеровим і Ю. Ксенко був запропонований магніто – графічний метод. У 80 – і роки магніто- графічний метод замінив індукційний і ферозондовий методи дефектоскопії [7].

У наш час іде розвиток селективно – вихрострумової дефектоскопії – вихрострумові засоби можуть частково чи повністю замінити більш трудомісткі методи (ультразвуковий., рентгенівський та ін.) або дублювати їх у системах комплексного контролю відповідних об'єктів. У своїй роботі А.Я. Тетерко і З.Т. Назарчук пропонують нові підходи до визначення аномальних полів повздожніх дефектів довільної форми (тріщини, розшарування та ін.) та селективних випромінювань і контролю структурночутливих характеристик матеріалу – питомої електричної провідності і магнітної проникності, параметрів дефектів та якості покриттів. Отже, актуальним є створення ефективних методів нелінійного багатовимірнього аналізу та обробки багатопараметрових сигналів із метою селективного (роздільного) контролю параметрів об'єкта за умов їх одночасної зміни [8].

Більшість промислових технологічних процесів, робота машин і механізмів, технічних систем і комплексів супроводжуються значним виділенням теплоти. Теплові поля технічних об'єктів відрізняються великою інформативністю і можуть бути використані як при вирішенні задач удосконалення технічних процесів, так і з метою діагностування стану машин, їхніх вузлів і деталей. Зароджується новий етап інтроскопії – тепло бачення - отримання видимого зображення об'єктів завдяки їх особистому чи відбитому від них тепловому (інфрачервоному) випромінюванню; служить для визначення місцезнаходження і форми об'єктів, які розташовані в темноті або в оптично – непрозорих середовищах, а також для вивчення ступеня нагрітості окремих ділянок складних поверхонь і внутрішньої структури тіл, непрозорих у видимому світлі.

Перші тепловізійні системи були створені в кінці 30 – х років ХХ століття і частково використовувалися в період 2-ї світової війни 1939 – 1945рр. для визначення військових і промислових об'єктів. 1934 року Олександр Смакула стає директором дослідницької лабораторії у всесвітньо відомій фірмі Карла Цейса в Єні. Тут він створює такі оптичні кристали, як фтористі літій та натрій, а також оригінальні мастила, придатні до використання за високих та низьких температур. Винаходить також унікальну сполуку – бромйодид талію, яка ще й сьогодні широко використовується в приладах нічного бачення. Саме тут він

отримує перший у світі патент (№685767) на спосіб поліпшення якості оптичних приладів, що отримали згодом назву „просвітлення оптики”. Суть цього винаходу полягає в тому, що поверхні сочок оптичних пристроїв (фотоапаратів, біноклів, далекомірив, мікроскопів, перископів, телескопів тощо) покривають спеціальним тонким шаром певного матеріалу, що значно зменшує відбивання світла від поверхні сочки і набагато збільшує контрастність зображення. Крім того О. Смакула написав фундаментальну працю „Монокристали: вирощування, виготовлення і застосування”, яка вийшла 1962 року [9].

У 70-і роки системи тепло бачення отримують назву тепловізори, які перетворюють інфрачервоне випромінювання нагрітих тіл у видиме, забезпечуючи індикацію теплового поля нагрітих об’єктів. Під керівництвом Г.С. Хулапа (д.т.н.) розробляються нові теплові методи і більш прості засоби контролю, використання яких вигідніше, якщо тільки їх чуттєвість буде достатньою.

Теплобачення – це один із видів діагностування, діагностування за тепловими ознаками (термометричне). Об’єктами термометричного діагностування (безконтактне теплове діагностування) є як агрегати (двигуни, генератори, турбіни), так і окремі деталі (вали, осі, колеса, шини, несучі деталі конструкції). Теплова діагностика володіє властивостями уніфікації і типізації та забезпечує високу системну ефективність практичної її реалізації [10], [11].

З моменту появи перших машин і по сьогоднішній день перед механіками стоїть завдання забезпечення довгострокової служби механізму. Для цього на різних етапах технічного прогресу використовувалися різні методи: введення великих запасів міцності, ретельний контроль якості виготовлення, резервування. Однак, як показує практичний досвід, самим головним є кваліфіковане технічне обслуговування і ремонт обладнання. Основний зміст будь – якої стратегії технічного обслуговування – визначення і поняття процесів зношування, які проходять в механізмі, з метою прийняття оптимальної ремонтної дії. Для цього передбачені планові технічні огляди обладнання з розробкою або без розробки машини. Під час оглядів робітниками механізованої служби виявляються несправності, які можуть привести до відмови або аварійного виходу обладнання

із ладу; встановлюється технічний стан найбільш відповідальних деталей і вузлів машин; уточнюються об'єми ремонтних робіт.

Візуальне діагностування (метод інтроскопії) при проведенні оглядів - практично єдиний спосіб отримання інформації. Незважаючи на появу і розвиток нових методів технічного діагностування, таких як тепlobачення та інші, візуальне підтвердження наявності пошкоджень або дефектів залишається головним аргументом. Недолік цього методу – суб'єктивне сприйняття інформації, яке визначається кваліфікацією і рівнем підготовки фахівця. Для проведення візуальної діагностики (візуальний і візуально - оптичний методи) використовуються засоби оптичної інтроскопії (ендоскопи, віброскопи тощо). Прийоми методу візуального огляду систематизували В.М. Кравченко, В.А. Сидоров в своїй роботі „Візуальное диагностирование механического оборудования” (2004 рік) [12].

Таким чином робимо висновок, що сучасний автомобіль, трактор, комбайн своєю технічною складністю не поступаються невеликому літаку. І турботу про їхнє «здоров'я» не можна довіряти дилетантам. Разом з тим можна навести немало прикладів успішного рішення проблем «під ключ», тобто з виявленням і усуненням неполадок невеликими колективами, що складаються з кваліфікованих і досвідчених фахівців різного профілю. Вся справа тут у великих можливостях інструментального і методичного забезпечення, що використовується, а також відсутність у цілому ряді випадків необхідності глибокої діагностики в початковій стадії робіт.

При створенні поста діагностики на СТО добрі результати отримуються шляхом об'єднання в одну бригаду слюсаря, що знає конструкції різних двигунів (ведучий), і оператора - користувача ЕОМ, що має достатні знання в галузі вимірювальної техніки. Один (ведучий) підключає і утримує датчики, віддає команди на зміну режимів двигуна, а інший управляє комп'ютером. Між ними повинен бути візуальний і слуховий зв'язок. Отже, суть проблеми нашої сучасності, в тому що потрібно чимало коштів і кваліфікованих спеціалістів для проведення діагностики.



## Список використаної літератури

1. Ковалев А.В. Поисковые технические средства на основе методов интроскопии. Рентгеновские системы. Часть I // Специальная техника. – 1999. – № 5. – С. 14–19.
2. Иван Пулюй: Зб. праць / За ред. проф. В. Шендеровського. – К.: Рада, 1996. – Т. 1-2. – 712 с.
3. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи, приурочена 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя: Пр. II міжнар. наук.-техніч. конф. 24-27 трав. 2005 р., Тернопіль / Тернопільський держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. – Тернопіль, 2005. – 170 с.
4. Ощепков П.К. Жизнь и мечта: записки инженера-изобретателя. – М., 1984. – 320 с.
5. Румянцев С.В., Добромыслов В.А. Рациональная интроскопия. – М., 1972. – 352 с.
6. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. – Изд. 2-е. – М., 1974. – 512 с.
7. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М., 2005. – 656 с.
8. Тетерко А.Я., Назарчук З.Т. Селективна вихрострумова дефектоскопія. – Л., 2004. – 248 с.
9. Смакула О. Монокристали: вирощування, виготовлення та застосування. – К., Рада, 2000. – 428 с.
10. Канарчук В.Е., Чигринец А.Д. Бесконтактная тепловая диагностика машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
11. Канарчук В.Е. та ін. Термометрическая диагностика материалов / Канарчук В.Е., Дмитриев Н.Н., Деркачев О.Б., Левковец П.Р. – К.: НТУ, 2001. – 236 с.
12. Кравченко В.М., Сидоров В.А. Визуальное диагностирование механического оборудования. – Донецк: ООО „Юго – Восток, Лтд”, 2004. – 120 с.