

СУЧАСНІ ПРИЛАДИ ДІАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНІ І ПРОМИСЛОВОСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Т.В. Гаврилова *, Д.В. Ліфінцева*, В.В. Чебан**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Харківський національний медичний університет

gavrilova.hnadu@gmail.com

Вступ

Рентгенівське випромінювання, пулюївське випромінювання або Х-промені – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10 нм до 0,01 нм. В електромагнітному спектрі діапазон частот рентгенівського випромінювання лежить між ультрафіолетом та гамма-променями. Назва рентгенівське випромінювання походить від прізвища німецького фізика Вільгельма Конрада Рентгена. Інша назва – пулюївське випромінювання походить від імені українського фізика Івана Пулюя. Першовідкривачем випромінювання є Іван Пулюй. Його працями скористався пізніше і Вільям Рентген, якому були презентовані праці особисто Пулюєм. Рентген назвав ці промені невідомої природи Х-променями.

Існує дві системи отримання рентгенівських зображень:

- **Панелі прямого захоплення зображень (DR).** За допомогою цієї системи електронний рентгенівський пристрій безпосередньо отримує рентгенівське зображення та відображає його на екрані комп'ютера.
- **Цифровий сканер та цифрова плівка (ЦП).** Ця система використовує гнучкі носії, здатні захоплювати цифрове зображення, і використовується аналогічно до звичайної плівки. Ці гнучкі носії обробляються в цифровому сканері, який відображає рентгенографічне зображення на екрані комп'ютера.

Сучасні рентгенівські прилади – це цифрові системи з низькою дозою опромінення та високою чіткістю зображень (DR/CR системи), що використовуються для швидкої діагностики в медицині (КТ, ангіографія, мобільні рентгени) та неруйнівного контролю в промисловості (рентгенодефектоскопія, рентгенофлюоресцентний аналіз), забезпечуючи миттєву візуалізацію структур.

Цифрова рентгенографія має важливі переваги перед традиційною рентгенографією, серед яких можна виділити :

1. Швидкість: Зображення з'являється на екрані за кілька секунд.
2. Висока контрастність: Цифрова обробка дозволяє виявляти найдрібніші дефекти (до 10-1% від товщини матеріалу).
3. Пост-обробка: Можливість цифрового покращення зображення (зміна яскравості, контрасту) без повторної зйомки.

4. Екологічність: Не потребує хімічних реактивів для проявлення плівки.

5. Архівування: Зручне зберігання знімків у цифровому форматі.

Галузі застосування цифрової рентгенографії по суті такі ж, як і у звичайної рентгенографії, хоча використання спеціального програмного забезпечення для аналізу зображень дозволяє використовувати цей метод випробувань у нових сферах. Серед цих нових застосувань можна виділити: вимірювання товщини калорійованої труби, вимірювання площ пористості в компонентах, вимірювання товщини компонентів.

Рентген-апарати в медицині

Рентгенівське випромінювання є основою багатьох сучасних методів візуалізації в медицині завдяки здатності проникати крізь тканини та поглинатися ними залежно від їхньої щільності [1].

До сучасної медичної рентген-діагностики належать

- **Комп'ютерна томографія (КТ):** Створення тривимірних (3D) деталізованих знімків органів та тканин за допомогою комп'ютерної обробки поперечних зрізів.

Один із найпотужніших методів. Прилад робить серію рентгенівських знімків під різними кутами, які комп'ютер об'єднує у 3D зображення внутрішніх органів, судин та кісток.

- **Цифрова рентгенографія (DR):** Забезпечує миттєве отримання високоякісного цифрового зображення на моніторі з меншою дозою опромінення, порівняно з плівковими апаратами.

Цифрова рентгенографія (Digital Radiography, DR) є сучасним методом рентгенологічної візуалізації, що базується на використанні цифрових детекторів для реєстрації рентгенівського випромінювання та формування зображення у цифровому форматі. Отримане зображення миттєво передається на комп'ютерний монітор, що забезпечує оперативну оцінку результатів дослідження. Порівняно з традиційними плівковими системами, цифрова рентгенографія характеризується високою якістю зображення, можливістю його цифрової обробки та зниженням променевого навантаження на пацієнта.

- **Мобільні рентген-системи:** Використовуються безпосередньо в операційних, травм пунктах та палатах інтенсивної терапії.
- Мобільні рентген-системи являють собою портативні рентгенологічні установки, призначені для проведення діагностичних досліджень безпосередньо біля пацієнта. Такі системи широко застосовуються в операційних залах, травматологічних відділеннях, а також у палатах інтенсивної терапії та реанімації, де транспортування пацієнта до стаціонарного рентгенологічного кабінету є ускладненим або неможливим.

- **Ангіографія/Флюороскопія:** Рентгенологічні системи для дослідження судин та динамічних процесів у реальному часі. Ангіографія та флюороскопія є спеціалізованими рентгенологічними методами дослідження, що застосовуються для візуалізації судинної системи та оцінки динамічних процесів у режимі реального часу. Ангіографічні дослідження проводяться із застосуванням контрастних речовин, що вводяться у судинне русло для детальної оцінки їхньої прохідності та морфологічних особливостей. Флюороскопія забезпечує безперервну рентгенівську візуалізацію, що дозволяє контролювати проведення діагностичних та інтервенційних процедур.
- **Стоматологічні візіографи:** Спеціалізовані датчики для швидких прицільних знімків зубів. Стоматологічні візіографи є спеціалізованими цифровими рентгенологічними системами, призначеними для отримання прицільних внутрішньоротових знімків зубів і прилеглих тканин. Основним елементом таких систем є високочутливий цифровий датчик, який реєструє рентгенівське випромінювання та передає зображення на комп'ютер для подальшого аналізу. Використання візіографів забезпечує високу інформативність діагностичних знімків і дозволяє оцінювати стан твердих тканин зубів, періапикальних структур і тканин пародонта.

Визначимо сфери медичного застосування

- Травматологія та ортопедія: діагностика переломів, вивихів, артриту та викривлення хребта.
- Пульмонологія: виявлення пневмонії, туберкульозу та пухлин легень.
- Стоматологія: знімки окремих зубів або панорамні знімки всієї щелепи (ортопантомограма) для планування лікування.
- Гастроентерологія: пошук сторонніх тіл та патологій ШКТ.
- Флюороскопія. Дозволяє спостерігати за органами в режимі реального часу (динамічне зображення). Використовується під час хірургічних операцій, для контролю введення катетерів або дослідження роботи травної системи.
- Мамографія. Спеціалізований метод рентгенографії з низькою дозою випромінювання, призначений для детального дослідження тканин молочної залози з метою раннього виявлення новоутворень.
- Денситометрія. Метод вимірювання щільності кісткової тканини. Використовується для діагностики остеопорозу та оцінки ризику переломів.

Завдяки переходу на цифрові технології, сучасні медичні апарати забезпечують високу чіткість зображення при мінімальному радіаційному навантаженні, що робить процедури безпечними для більшості пацієнтів.

Рентген-прилади в промисловості

Промислова радіографія – це неруйнівний контроль, який полягає у пропусканні через компонент, що підлягає випробуванню, пучка іонізуючого електромагнітного випромінювання (гамма-променів або рентгенівських променів). До задач рентген-приладів в промисловості відносяться:

- **Рентгенодефектоскопія:** виявлення внутрішніх дефектів у металах, зварних швах, конструкціях (тріщини, пустоти).
- **Рентгенофлюоресцентний аналіз (РФА):** визначення хімічного складу матеріалів, сплавів та руд.
- **Рентгенівські сканери безпеки:** використовуються на митниці та в аеропортах для контролю вантажів.

Сучасні промислові цифрові системи поділяються на основні типи:

- **Пряма цифрова рентгенографія (DR):** Використовує плоскопанельні детектори (Flat Panel Detectors, FPD) для миттєвого перетворення рентгенівських променів у цифровий знімок. Це забезпечує найшвидший робочий процес і високу якість зображення.

- **Комп'ютерна рентгенографія (CR):** Застосовує багаторазові фосфорні пластини, які зчитуються сканером після експозиції.

- **Комп'ютерна томографія (СТ):** Рентгенівські системи, що дозволяють отримати 3D-реконструкцію внутрішньої структури об'єкта, що є найбільш ефективним для виявлення складних тріщин.

Розглянемо дефекти, що виявляються приладами на базі рентгенівського випромінювання. Такі системні прилади здатні діагностувати наступні порушення цілісності:

порожнечі та пористість: пухирі, непровари в зварних швах, внутрішні порожнини в литих деталях;

тріщини: внутрішні, поверхневі та підповерхневі тріщини в металевих конструкціях (сталь, алюміній) та композитних матеріалах;

сторонні вclusions: чужорідні матеріали або частки всередині структури;

розшарування (деламінація): особливо актуально для композитів, де шари матеріалу відокремлюються;

корозія та ерозія: втрата товщини стінок трубопроводів та посудин під тиском.

До галузей промисловості, де сучасні рентген-апарати особливо актуальні відносяться:

аерокосмічна галузь, де проводиться контроль лопаток турбін, композитних панелей та елементів корпусу;

автомобілебудування для перевірки блоків циліндрів, гальмівних систем, литих дисків;

нафтогазова галузь для контролю якості зварних швів трубопроводів та посудин високого тиску;

електроніка та батареї при перевірці багатошарових друкованих плат та компонентів літій-іонної батареї.

Звісно, що перевірка блоків циліндрів, гальмівних систем, литих дисків являється для автомобілістів дуже важливою задачею, але супроводжується досить великими затратами часу і коштів [2]. Застосування сучасних цифрових засобів діагностики повинно значно спростити цю задачу.

В якості прикладу рентгенівських апаратів для промисловості розглянемо SMART Evo – це цифрові рентген апарати, які встановлюють стандарти на багато років вперед. Потужний комп'ютер з інтуїтивно зрозумілим, призначеним для користувача, інтерфейсом є ядром управління системою EVO. Він дозволяє безпосередньо звертатися як до основних, так і до додаткових функцій, таких як обчислення експозиції і профілів впливу, спрощує управління діагностикою. Вбудований в пульт управління EVO калькулятор експозицій виконує швидкий розрахунок і оптимізує час експозиції для отримання якісних результатів. Підтримується широкий діапазон плівок, матеріалів та інших параметрів. Також надається підтримка для всіх типів плівки і цифрової обробки зображень.

Широкий вибір аксесуарів дозволяє ще більше поліпшити роботу. Доступні штативи та інше приладдя розширюють можливості апаратів для вирішення будь-яких завдань контролю якості [3].

Рентген апарати серії SMART Evo відповідають високим міжнародним стандартам безпеки, у тому числі поелементний контроль якості. Цифрові рентген апарати YXLON SMART EVO мають фокусні плями від 1.0 мм до 3-0 мм і потужність від 750 8т до 900 8т, що робить їх високопродуктивними та скорочує час експозиції і підвищує якість зображення.

Література

1. Рентгенологічні методи дослідження: навчальний посібник для студентів / уклад. Н. В. Туманська, К. С. Барська, С. В.Скринченко. Запоріжжя: ЗДМУ, 2016, 82 с.
2. <https://tirservice.com.ua/perevirka-golovki-bloku-cilindriv-na-nayavnist-trishhin/>
3. <https://inter-xray.com/perenosni-rentgen-aparati-seriyi-smart-evo/>