

УДК 620.179.15

## **Відношення сигнал/шум рентгенотелевізійних систем непрямого перетворення типу “ЕКРАН – ОБ’ЄКТИВ – ПЗЗ”**

*Шило Д.С., Селивон С.В., к.т.н. Михайлов С.Р.*

Сучасні потреби промисловості, науки та техніки обумовлюють розвиток різноманітних систем контролю якості та діагностики, в яких важливу роль відіграють системи неруйнівного контролю. Серед систем неруйнівного контролю в даний час найбільшого поширення набув радіаційний контроль з використанням рентгенівського та гамма-випромінювання, що застосовується до виробів з будь-яких матеріалів і що перевершує повнотою інформації про дефекти (тип, форма, розміри, місце розташування) інші види неруйнівного контролю (магнітний, акустичний, вихреструмовий та ін.).

Радіаційним методам і системам віддають перевагу при контролі якості зварних і паяних з'єднань; контролі якості газо- і нафтопроводів; елементів і конструкцій автомобільного, залізничного і авіаційного транспорту; агрегатів хімічного і енергетичного машинобудування. За об'ємом застосування у промисловості радіаційний контроль значно переважає інші види неруйнівного контролю (більш ніж 80%) та є потужним засобом підвищення якості промислової продукції.

Останніми роками відбулися якісні зміни з системах радіаційного неруйнівного контролю передусім завдяки появі нових багатоелементних напівпровідникових детекторів радіаційних зображень, а також інтенсивному впровадженню цифрових технологій отримання, обробки та аналізу радіаційних зображень [1]. При використанні таких детекторів і цифрових технологій іонізуюче випромінювання, що пройшло через контрольований об'єкт, за допомогою електронних засобів перетворюється в масив електричних сигналів, які оцифровуються, обробляються і використовуються для формування цифрового зображення контрольованого об'єкта. Цифрове зображення об'єкта містить інформацію про його внутрішню структуру і може формуватися безпосередньо під час просвічування, тобто в реальному часі. Такий метод радіаційного контролю називають цифровою радіографією [2].

Для здійснення цифрової радіографії застосовуються цифрові рентгенотелевізійні системи (РТВС) [3]. Такі системи, разом з підвищенням продуктивності і зниженням вартості контролю, дозволяють проводити контроль об'єктів в реальному часі, виконувати оперативну обробку та аналіз

радіаційних зображень тощо. Основні напрямки вдосконалення РТВС – підвищення чутливості контролю та роздільної здатності, інтенсивне впровадження цифрових технологій, широке використання нових твердотільних детекторів рентгенівських зображень.

Розробка цифрових РТВС вимагає рішення нових науково-технічних задач. До їхнього числа відносяться: підвищення відношення сигнал/шум та відповідно чутливості контролю, збільшення квантової ефективності перетворювачів зображення, поліпшення просторової роздільної здатності, оптимізація режимів роботи систем для забезпечення високої якості радіаційних зображень. Вирішити перераховані науково-технічні задачі можна за допомогою математичного та фізико-топологічного моделювання таких систем.

Моделювання РТВС дозволяє підібрати оптимальні режими роботи для дослідження тих чи інших матеріалів, оцінювати ефективність роботи таких систем, сумісність елементів, що в них використовуються, з'ясувати можливість роботи систем в нестандартних умовах, зменшити кількість експериментальних випробувань тощо. Вирішення цих актуальних задач дозволить створити високочутливі цифрові рентгенотелевізійні системи, які здатні замінити системи з проміжними носіями інформації (плівкову радіографію, напівпровідникову

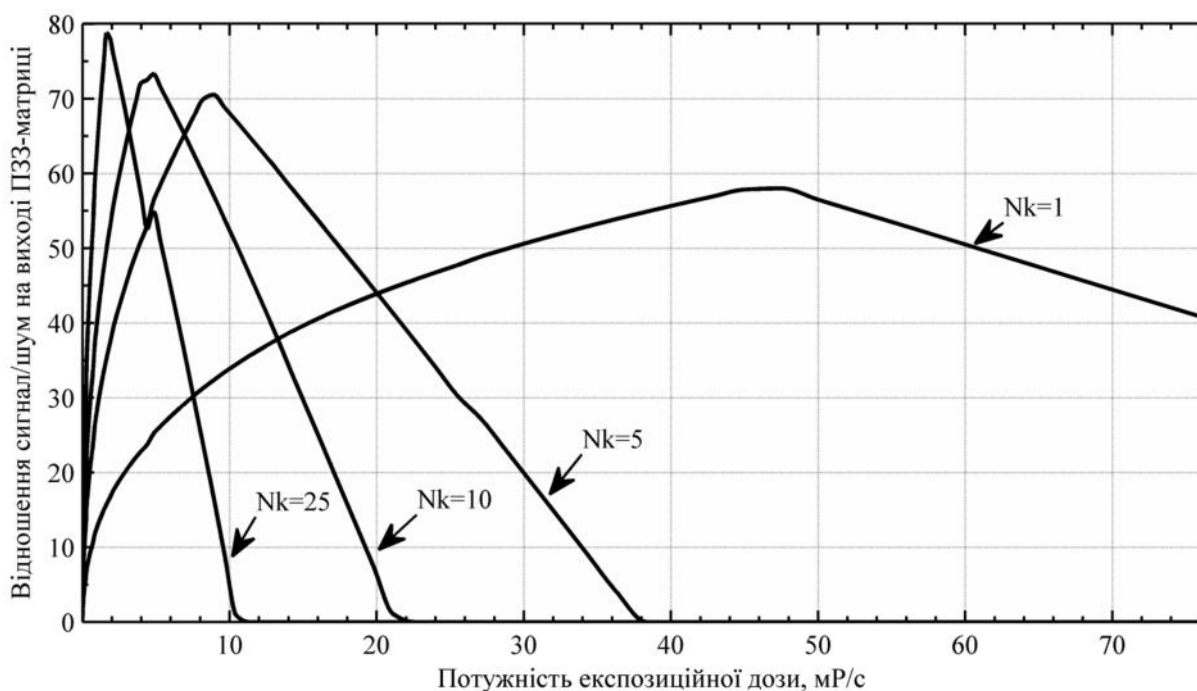
електрорадіографію та комп'ютерну радіографію з використанням запам'ятовувальних пластин).

Була розроблена математична модель перетворення рентгенівських зображень у рентгенотелевізійних системах типу «сцинтилятор – ПЗЗ». Модель дозволяє розраховувати характеристики рентгенівського випромінювання на виході рентгенівської трубки та за досліджуванним об'єктом, інтенсивність світіння екрана, інтенсивність світла на поверхні ПЗЗ-матриці після проходження оптики, розраховувати зарядовий пакет в певному пікселі та вихідний сигнал з нього, відношення сигнал/шум на виході системи та квантову ефективність детектування рентгенівського перетворювача. Можливість рентгенотелевізійної системи виявляти дефекти визначається відношенням величини сигналу до величини шумів. За допомогою моделі були розраховані залежності відношення сигнал/шум від потужності експозиційної дози за об'єктом, які дозволяють встановити взаємно однозначну відповідність між тривалістю накопичення та оптимальною потужністю експозиційної дози випромінювання, що забезпечує найкраще виявлення дефектів.

На рис. 1 приведено залежності відношення сигнал/шум на виході рентгенівського перетворювача при різних тривалостях накопичення для випадків з екранами CsI та Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S (товщини 0,4 та 0,02 см відповідно). Ці залежності розраховувалися для сталюого об'єкта товщиною 10 мм з

вольфрамовим включенням (дефектом) розміром 0,2 мм. З графіків видно, що при збільшенні тривалості експозиції покращується відношення сигнал/шум. Це узгоджується з твердженням, що для фотонних шумів відношення сигнал/шум пропорційно  $\sqrt{Nk}$ . Максимуми (перегини графіків) відповідають обмеженню сигналу. Поставивши вимогу отримання найбільшого значення відношення сигнал/шум, робочий режим РТВС обирається на зростаючій ділянці залежності поблизу її перегину. Такий підхід дозволяє максимізувати ймовірність виявити дефект, не спотворюючи при цьому вихідний сигнал.

При потужності експозиційної дози, що відповідає максимальному значенню відношення сигнал/шум (точка перегину графіків), відбувається обмеження сигналу. При цьому зарядовий пакет пікселя ПЗЗ-матриці повністю заповнений, на цифровому зображенні отримуємо білий піксель. Подальший спад відношення сигнал/шум відбувається до повної засвітки ПЗЗ-матриці. Оскільки використання цифрових рентгенівських зображень, отриманих з обмеженням сигналу – недопустиме, тому робочий діапазон РТВС знаходиться в межах ділянки росту графіка.



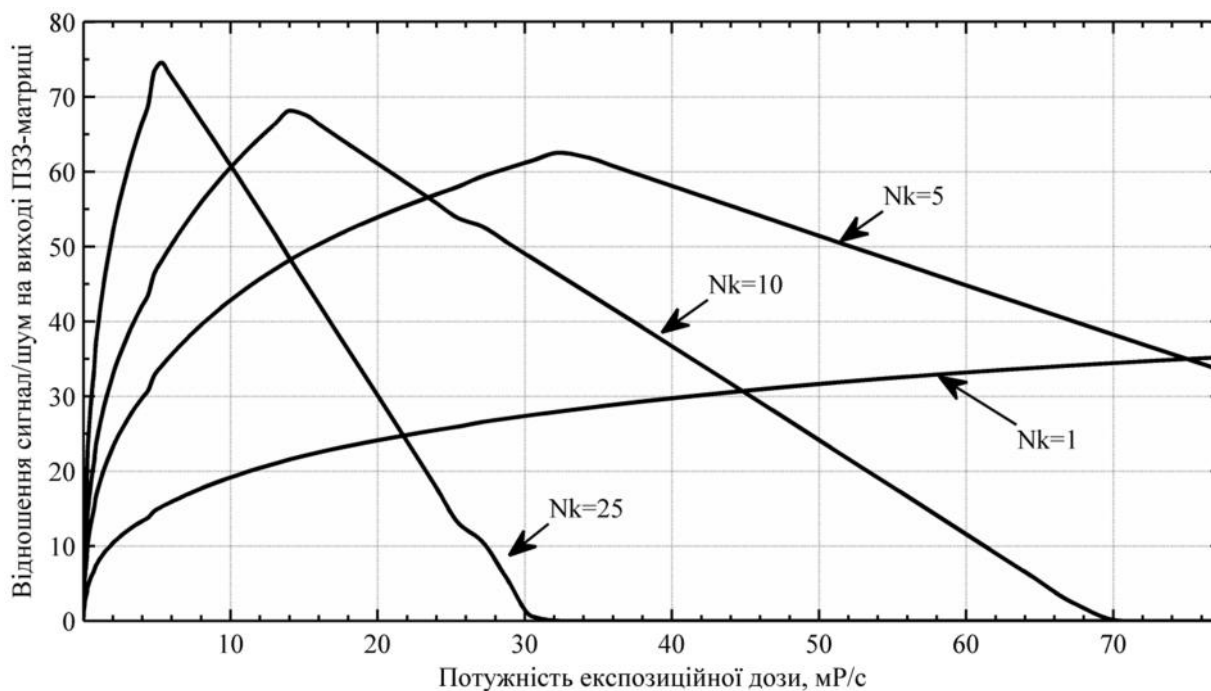


Рис. 1. Залежність відношення сигнал/шум на виході детектора від потужності експозиційної дози за об'єктом дослідження (дефект типу вольфрамове включення) для РТВС з екраном CsI (рис. 1 а) та  $Gd_2O_2S(Tb)$  (рис. 1 б) при різних кількості кадрів накопичення

## Література

1. Майоров А.А. Цифровые технологии в радиационном контроле // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 3 (45). – С. 5 - 12.
2. Комплекс цифровой радиографии для ревизии сварных соединений действующих трубопроводов / Е.Ю. Усачев, В.В. Валиков, Е.Г. Точинский и др. // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 6. – С. 60 - 64.
3. Высокочувствительные рентгентелевизионные системы на основе рентгеновских экранов и ПЗС-камер с накоплением изображений / В.А. Троицкий, Н.Г. Белый, В.Н. Бухенский и др. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2009. – № 3. – С. 41 - 46.