

УДК 658.562.6

Апаратна обробка рентгентелевізійних зображень в системах дефектоскопічного контролю якості виробів

Козлюк М.І., доц. к.т.н. Терлецький О.В.

В умовах масового виробництва, наприклад, при виробництві зварних труб, балонів, цистерн і т.п., для контролю якості виробів зазвичай застосовують рентгентелевізійні дефектоскопічні установки, найбільш важливими параметрами яких є контрастна чутливість і роздільна здатність. Ці параметри в основному визначають здатність системи реєструвати мінімальні перепади яскравості елементів мало контрастних тінювих рентгенівських зображень. Саме ці параметри рентгентелевізійних дефектоскопічних установок визначені сучасними європейськими стандартами на апаратуру даного типу [1]. Вирішення задачі підвищення якості продукції обумовлює необхідність підвищення чутливості та роздільної здатності рентгентелевізійних систем дефектоскопічного контролю її якості. Однак ці параметри обмежують шуми рентгентелевізійного каналу і подальше їх підвищення потребує спеціальних засобів оброблення тінювого рентгентелевізійного зображення.

Для рентгентелевізійних дефектоскопічних систем контролю якості виробів характерні шуми,

обумовлені флуктуаціями рентгенівських квантів на вході детектора рентгенівського випромінювання, шуми сенсора зображення та шуми телевізійного каналу. Ці шуми можна умовно розділити на флуктуаційні, що мають випадковий розподіл по полю зображення, та структурні, що мають стаціонарний характер і обумовлені структурою і неоднорідністю елементів фото чутливої матриці сенсора зображення та нерівномірністю променя рентгенівського випромінювання по полю зображення. Ці шуми маскують малі та мало контрастні елементи зображення, що і обумовлює обмеження чутливості рентгентелевізійного контролю якості виробів. Слід зазначити, що флуктуаційна складова шуму грає значно більшу роль в обмеженні чутливості рентгентелевізійного контролю якості виробів. Зазвичай для фільтрації флуктуаційних шумів рентгентелевізійного зображення застосовують статистичні методи обробки тінювого рентгентелевізійного зображення вже на виході рентгентелевізійної системи шляхом накопичення заданої кількості телевізійних кадрів зображення. При цьому застосовують апаратно програмні засоби з використанням

комп'ютерної технологій, наприклад, системи реєстрації та обробки рентгенівських зображень «Відеорен», «Сова+» та інші [2]. Фільтрація флуктуаційних шумів за рахунок статистичної обробки рентгенотелевізійного зображення в реальному часі дає можливість суттєво підвищити відношення сигнал/шум на виході рентгенотелевізійної системи і, в цілому, підвищити чутливість рентгенотелевізійного контролю якості виробів, довівши її до рівня чутливості радіографічних методів контролю з використанням рентгенівської плівки та багаторазових детекторів рентгенівського випромінювання на основі фосфорних пластин. Окрім того, обробка тінєвих рентгенівських зображень в системах радіоскопічного контролю якості виробів з використанням комп'ютерних технологій дозволяє отримати цифрову рентгенограму виробу, що контролюється, як документ радіаційного контролю. Але слід зазначити, що використання комп'ютерної техніки в заводських умовах, а тим більше в польових умовах для модернізації діючих рентгенотелевізійних систем дефектоскопічного контролю якості виробів мають серйозні проблеми, пов'язані із системою живлення, а також потребують суттєві витрати на придбання та інсталяцію комп'ютерної системи обробки рентгенотелевізійних зображень.

В лабораторії індикаторних пристроїв кафедри «Електронні прилади та пристрої» проводиться

науково-дослідна робота, метою якої є апаратна реалізація статистичної обробки рентгенотелевізійного зображення в реальному масштабі часу [3]. Слід зазначити, що вирішення цієї задачі з використанням сучасної елементної бази та сучасних комп'ютерних технологій проектування не є простою задачею. Статистична обробка рентгенотелевізійного сигналу в реальному масштабі часу потребує високої швидкодії обробки відеоданих, які з врахуванням формату і роздільної здатності телевізійного зображення може складати 25...30 мВ/сек. При цьому необхідно забезпечити жорстку синхронізацію відео процесора з телевізійною системою, що формує відеосигнал, фіксацію відеосигналу на вході АЦП, математичну обробку відеоданих між тактами роботи АЦП, роботу генератора адреси для запису результатів обробки в банки статичної пам'яті, роботу синхрогенератора режиму зчитування, формування стандартного телевізійного сигналу для виводу обробленої інформації на екран стандартного телевізійного монітора. Окрім того, необхідно забезпечити зручний інтерфейс управління відео процесором, можливість збереження результатів радіаційного контролю та передачу цифрових рентгенограм через USB-інтерфейс в середовище персонального комп'ютера для їх подальшого оброблення та архівування.

На рис.1 представлена функціональна схема

відеопроцесора VP-063, яка включає в себе систему синхронізації, аналоговий сигнальний процесор вхідного сигналу (ASP), цифровий сигнальний процесор (DSP), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), формувач вихідного композитного телевізійного сигналу (ФТС) і мікропроцесорну систему управління. Мікропроцесорна система управління реалізує основні режими роботи пристрою, а також вирішує завдання, пов'язані з нормуванням вхідного телевізійного сигналу і визначенням оптимальної тривалості накопичення.

Аналоговий сигнальний процесор ASP AD9821 фірми AnalogDevises забезпечує оптимальне узгодження рівня і амплітуди вхідного відеосигналу з динамічним діапазоном 12-ти розрядного аналого-цифрового перетворювача. Він включає в себе відео підсилювач з програмованим коефіцієнтом підсилення, схему фіксації рівня сигналу на вході АЦП і керуючі регістри, які пов'язані з керуючим контролером через стандартний послідовний інтерфейс. Контролер визначає параметри відеосигналу, що надходить на вхід DSP, порівнює їх з граничними значеннями динамічного діапазону АЦП, визначає необхідне значення коефіцієнта підсилення і рівня чорного сигналу, і завантажує ці параметри в керуючі регістри ASP. При цьому вхідний відеосигнал автоматично вписується в динамічний діапазон АЦП, що і забезпечує його оптимальне перетворення в цифрову форму.

Цифровий сигнальний процесор (DSP) містить арифметично-логічний пристрій (АЛП), контролер ОЗП і 2-х банковий оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) K6R4008V1D-44 фірми Samsung, в якому і здійснюється у цифровій формі інтегрування рентгенотелевізійного зображення. Функціональні блоки АЛП і контролер оперативної пам'яті виконані на основі програмованої логічної інтегральної схеми MAXII фірми Altera, що забезпечило можливість реалізації алгоритму цифрової обробки телевізійного відеосигналу в реальному часі. Алгоритм інтегрування рентгенотелевізійного зображення здійснюється шляхом накопичення кадрів рентгенотелевізійного зображення в ОЗП. Процес накопичення контролюється мікропроцесорною системою управління. Після закінчення процесу інтегрування оброблене зображення з ОЗП через 10-ти розрядний цифро-аналоговий перетворювач AD9821 фірми AnalogDevises і формувач телевізійного сигналу (ФТС) подається на вхід штатного відеоконтрольного пристрою рентгенотелевізійної установки. Оброблене рентгенотелевізійне зображення зберігається в ОЗП до початку наступного циклу інтегрування, який ініціалізується натисканням відповідної кнопки управління. Це дозволяє при вимкненому джерелі рентгенівського випромінювання зберігати на екрані телевізійного монітора рентгенотелевізійного

зображення контролюваного
об'єкта.

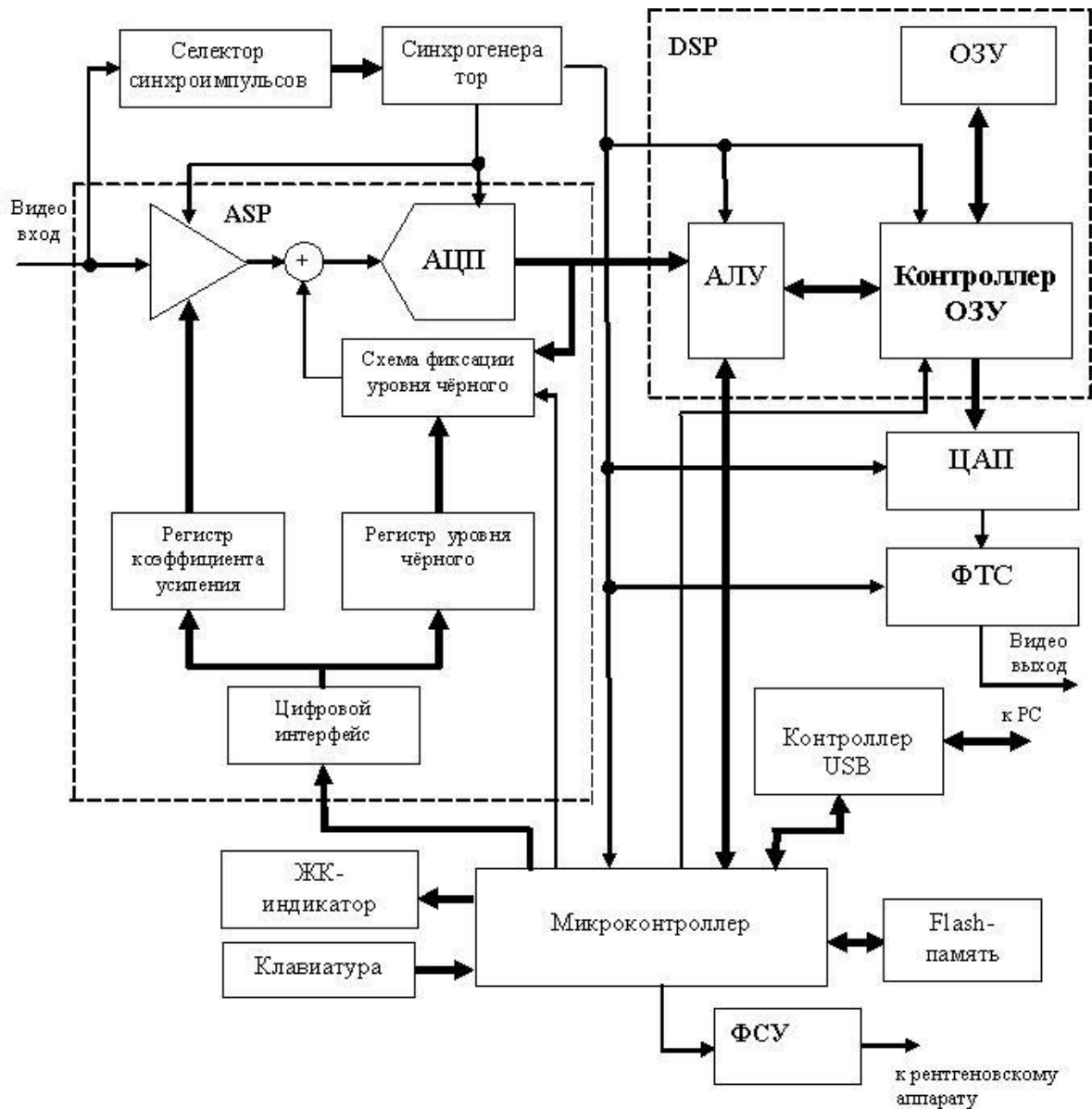


Рис.1. Структурна схема відеопроцесора VP-063.

Відеопроцесор забезпечує постійний рівень вихідного сигналу незалежно від рівня та амплітуди вхідного сигналу, що дозволяє варіювати в широких межах потужність дози рентгеновського випромінювання на вході детектора і коефіцієнт підсилення ASP. При

цьому буде змінюватися тільки тривалість експозиції рентгенотелевізійного зображення, а рівень вихідного сигналу відеопроцесора буде незмінний, оптимально вписаний в динамічний діапазон телевізійного монітора. Тривалість інтегрування

рентгенотелевізійного сигналу може лежати в діапазоні від 16 кадрів до 512 кадрів, що забезпечує досить ефективну фільтрацію шумів рентгенотелевізійного каналу дефектоскопічної установки. Таким чином, оператору не потрібно вирішувати складні завдання, пов'язані з визначенням тривалості експозиції, підбором потужності дози рентгенівського випромінювання для контрольованого виробу. Процесор сам підбирає параметри інтегрування рентгенівського зображення і видасть нормований за рівнем чорного і амплітуді відеосигнал без характерних для рентгеноскопії флуктуаційних шумів рентгенотелевізійного каналу. За рахунок цього досягається істотне підвищення якості рентгенотелевізійного зображення, поліпшуються умови аналізу рентгенотелевізійного зображення контрольованого виробу, що, в свою чергу, призводить до суттєвого підвищення чутливості і продуктивності радіаційного контролю якості виробів.

При переміщенні контрольованого виробу відносно детектора рентгенівського випромінювання відеопроцесор переводиться в режим прямого каналу передачі даних. У цьому режимі роботи мікропроцесор аналізує параметри вхідного відеосигналу, визначає необхідний ступінь корекції амплітуди і рівня вхідного сигналу і записує відповідні значення коефіцієнта підсилення і рівня чорного в

реєстри управління ASP. З виходу ASP нормовані відеодані вже без накопичення в DSP передаються через цифро-аналоговий перетворювач і формувач телевізійного сигналу (ФТС) на вихід відеопроцесора. В результаті на екрані телевізійного монітора оператор спостерігає нормоване по динамічному діапазону телевізійного індикаторного пристрою рентгенотелевізійного зображення контрольованого виробу. Ініціалізація режиму прямого каналу здійснюється шляхом натискання кнопки на панелі управління відеопроцесора. Коефіцієнт підсилення ASP відображається на екрані рідкокристалічного дисплея (рис.2.).

У цьому пристрої використаний 12-ти розрядний АЦП для обробки рентгенотелевізійного зображення апаратними засобами відеопроцесора. Реалізований рівень квантування визначає величину або ступінь втрати інформації при аналого-цифровому перетворенні аналогового відеосигналу вихідного рентгенотелевізійного зображення. Чим менше рівень квантування, тим більше інформації зберігається при перетворенні відеосигналу в цифрову форму і тим більшою мірою цифрове рентгенотелевізійне зображення може бути за якістю наближене до якості рентгенограми на рентгенівській плівці. Це виявляється дуже важливим і для реалізації режиму накопичення рентгенотелевізійного зображення в цифровій формі, а також проявляється при подальшій

комп'ютерній обробці цифрової рентгенограми

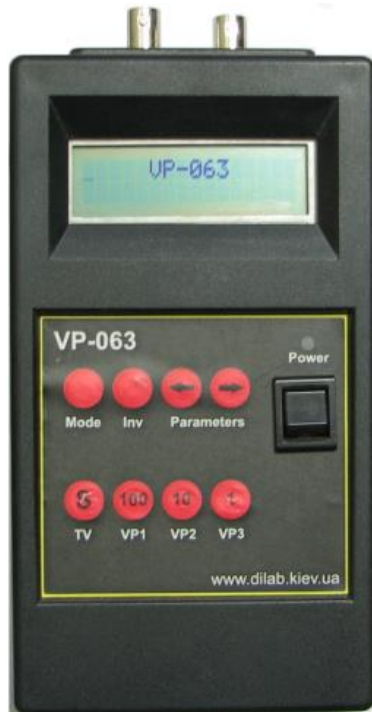


Рис 2. Зовнішній вигляд відео процесора

- Амплітуда вхідного композитного телевізійного відеосигналу..... 1В.
- Амплітуда вихідного композитного телевізійного відеосигналу1В.
- Аналого-цифрове перетворення вхідного РТС 12 біт.
- Цифро-аналогове перетворення вихідного сигналу 10 біт.
- Пам'ять 2 банки 512Kx16.

- Формат кадру 800x600.
- Кількість кадрів накопичення 16-512.
- Інверсія рентгенотелевізійного зображення (позитив-негатив).
- Автоматичне нормування вхідного відеосигналу по динамічному діапазону АЦП.
- Мікропроцесорне управління режимами роботи пристрою.
- 4 програмованих режиму роботи пристрою.
- Вбудована Flash-пам'ять 2000 рентгенограм.
- Стандартний USB-інтерфейс.
- Індикація параметрів і режимів обробки рентгенотелевізійного зображення за допомогою рідкокристалічного дисплея.
- Розміри пристрою. 100x170x30 мм.
- Живлення + 5В (450 мА).

Відеопроцесор має вбудований USB - інтерфейс для введення рентгенограми контрольованого виробу в персональний комп'ютер (PC). Ініціалізація цього режиму роботи відеопроцесора здійснюється через графічний інтерфейс спеціального програмного забезпечення «Direcon-S01», яке встановлюється на звичайний персональний комп'ютер. Взаємодія відеопроцесора зі спеціальним програмним забезпеченням реалізується за допомогою стандартного USB-драйвера

операційної системи сімейства Windows. Ця функція відеопроцесора відкриває можливість реалізації сучасних комп'ютерних технологій для обробки та архівування рентгенограм, а також забезпечує можливість реалізації

автоматизованих баз даних рентгентелевізійного контролю якості виробів. Відеопроцесор може поставлятися з програмним забезпеченням «Direcon-S01» для комп'ютерної обробки та архівування рентгенограм.

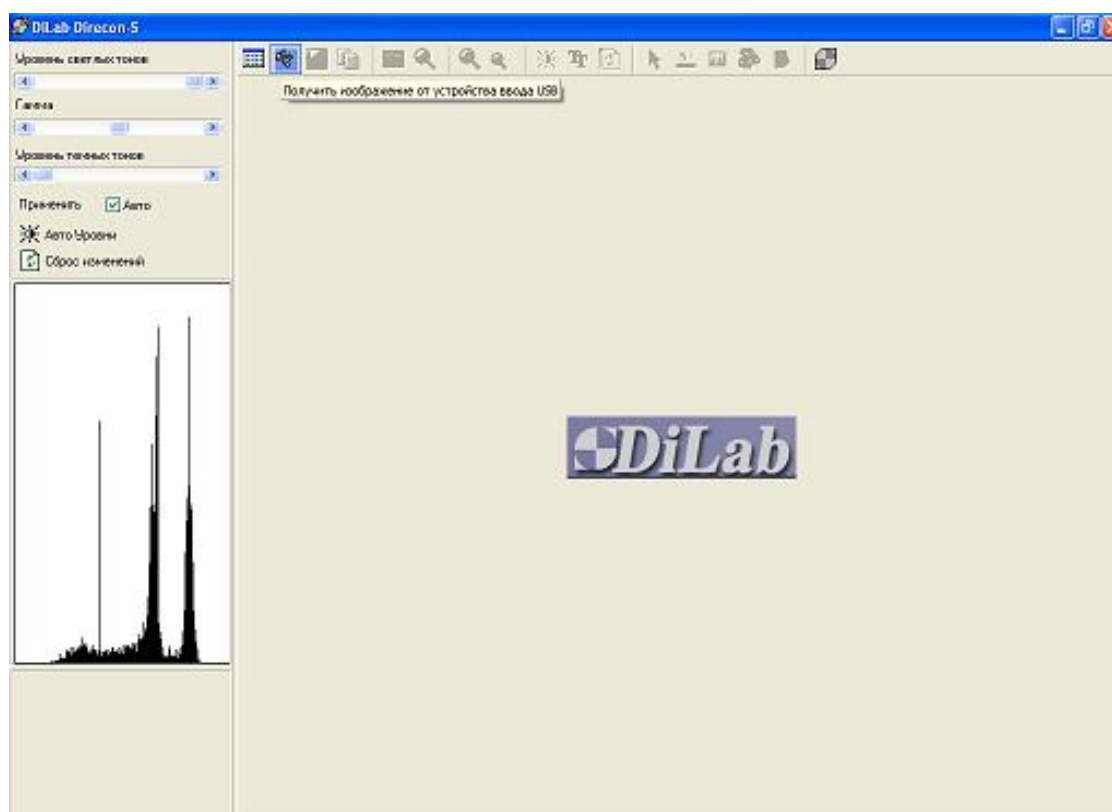


Рис.3. Графічний інтерфейс програмного забезпечення «Direcon-S01» для вводу цифрової рентгенограми в РС та її комп'ютерної обробки.

Відеопроцесор VP-063 може ефективно працювати у складі як стаціонарних, так і мобільних рентгентелевізійних установок (рис.3), що забезпечує можливість модернізації діючого парку рентгентелевізійної апаратури даного типу. Причому модернізація рентгентелевізійної дефектоскопічної установки шляхом

включення до її складу відеопроцесора не вимагає ніяких додаткових переробок штатного рентгентелевізійного каналу, так як вхідні кола відеопроцесора VP-063 розраховані на підключення стандартного композитного телевізійного сигналу рентгентелевізійної установки, а на виході відеопроцесора після обробки

формується такий же композитний телевізійний відеосигнал. Це забезпечує можливість виведення обробленого рентгенотелевізійного

зображення контрольованого виробу на штатний телевізійний монітор рентгенотелевізійної дефектоскопічної установки (рис.4).

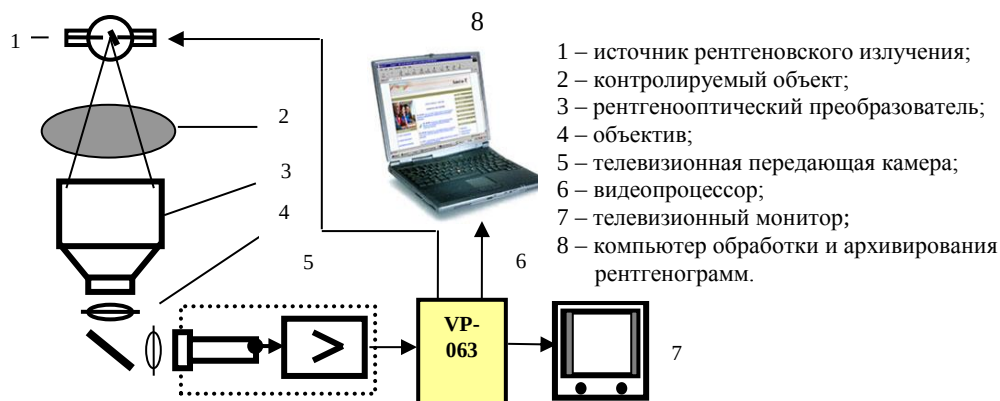


Рис.4. Схема підключення відеопроцесора у складі устаткування рентгенотелевізійної дефектоскопічної установки.

На рис. 4 представлена структурна схема рентгенотелевізійної дефектоскопічної установки, до складу якої включено відеопроцесор VP-063. Телевізійний відеосигнал надходить на відеовхід відеопроцесора, який реалізує в цифровому вигляді на апаратному рівні алгоритми обробки рентгенотелевізійного зображення в процесі дефектоскопічного контролю якості виробу. Відеопроцесор реалізує два основних режими обробки рентгенотелевізійного зображення. Перший режим призначений для перегляду динамічних фрагментів рентгенотелевізійного зображення, а також використовується при позиціонуванні контрольованого виробу щодо детектора рентгеновського випромінювання. У цьому режимі вхідний відеосигнал автоматично нормується за амплітудою і рівнем, і передається

на відеоконтрольний пристрій без інтегрування. Другий режим роботи реалізує алгоритм цифрової регульованої експозиції тінювого рентгеновського зображення контрольованого виробу. Цей режим призначений для обробки рентгенотелевізійного зображення контрольованого виробу, який знаходиться в статичному положенні. Інтегрування рентгенотелевізійного сигналу практично повністю прибирає нестаціонарні шуми рентгенотелевізійного каналу і забезпечує підвищення чутливості дефектоскопічного контролю. При цьому мікропроцесорна система управління контролює процес інтегрування і автоматично визначає оптимальну для поточних умов контролю тривалість експозиції.

Дослідний зразок відеопроцесора пройшов попередні випробування в складі рентгенотелевізійної

дефектоскопічної установки, в якій в якості детектора рентгенівського випромінювання використовувався РЕОП, а в якості датчика телевізійного сигналу використовувалася телевізійна камера на основі ПЗС-сенсора зображення. Без цифрової обробки рентгенотелевізійного зображення рентгенотелевізійна дефектоскопічна установка при контролі алюмінію завтовшки 20 мм забезпечувала чутливість контролю 2.5%. При цьому зображення зварного шва і дефектометра спостерігалось на тлі шумів рентгенотелевізійного каналу, які значно перевершували за рівнем корисний сигнал. Обробка рентгенотелевізійного сигналу відеопроцесором дозволила практично повністю прибрати з зображення флуктуаційні шуми рентгенотелевізійного каналу і отримати при тих же умовах контролю чутливість контролю 0,7%, що вже впритул наближається до чутливості контролю з використанням рентгенівської плівки.

У висновку можна відзначити, що представлений відеопроцесор, який реалізує алгоритм цифрової апаратної обробки рентгенотелевізійного зображення в реальному часі шляхом інтегрування рентгенотелевізійного зображення протягом регульованого часу експозиції, дозволяє досить просто модернізувати діючі рентгенотелевізійні дефектоскопічні установки з метою підвищення якості рентгенотелевізійного

зображення і чутливості радіаційних методів контролю якості виробів. Крім того, дуже корисним в реальних умовах проведення радіаційного контролю якості виробів є запис після обробки в ОЗУ рентгенотелевізійного зображення контрольованого об'єкта. При цьому може проводитися аналіз рентгенівського зображення контрольованого виробу при вимкненому джерелі рентгенівського випромінювання. Це дозволяє істотно знизити витрати на рентгенотелевізійний контроль, а так само продовжити термін служби обладнання рентгенотелевізійної дефектоскопічної установки. Можливість передачі записаного рентгенотелевізійного зображення контрольованого об'єкта в середовище персонального комп'ютера через стандартний USB - порт дозволяє реалізувати комп'ютерні технології обробки та автоматизованої розшифровки цифрових рентгенограм, а так само забезпечує вирішення дуже важливого завдання — створення електронної бази даних рентгенограм радіаційного контролю якості виробів.

Література

1. Національний стандарт України. Неруйнівний контроль. Радіоскопічний контроль. Частина 1. Кількісне вимірювання властивостей зображення (EN 13068-1:1999, IDT), ДСТУ EN 13068-1:2009. Переклад і науковотехнічне редагування: М.Білий,

- О.Терлецький, В.Троїцький,
Н.Троїцька. Київ,
Днржспожтвстандарт України.
2009.
2. А.В.Терлецкий,
О.И.Кучеренко, А.С.
Подосельник. Видеопроцессор
для записи и обработки
фрагментов
рентгенотелевизионных
изображений. // Электроника и
связь. 2001, №13. - с. 40-43.
3. А.В.Терлецкий,
С.Н.Давиденко, А.А.Сушко.
Цифровая реализация
регулируемой экспозиции
рентгенотелевизионного
изображения. // Электроника и
связь. Тематический сборник
«Проблемы электроники» ,
часть 1, 2006. – с. 65-68.