

ПРИСТРОЇ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ РАДІОГРАФІЇ ДЛЯ МИТНОГО КОНТРОЛЮ

До заборонених для вивезення предметів відносяться культурні і матеріальні цінності, а також предмети, що загрожують здоров'ю і безпеці громадян та держави в цілому. До останніх можна віднести зброю, боєприпаси, вибухівку, наркотики. Саме ці особливо небезпечні предмети є метою виявлення без огляду багажу за допомогою цифрових радіографічних пристроїв. Термін "цифровий" означає, що візуалізація зображення в рентгеновських променях (а саме на цьому засновується принцип дії даних пристроїв) відбувається шляхом перетворення первинного аналогового сигналу на цифровий код. Потім цифрований сигнал вводиться в комп'ютер і може спостерігатися на екрані монітора, вводиться в електронну пам'ять, бути роздрукованим на паперовому носії [1, 2, 42-51].

Є чотири типи приладів, які використовуються у цифровій радіографії.

1. Система, у якій об'єкт за допомогою транспортного пристрою переміщується через колімований пучок рентгеновських променів між їхнім джерелом і лінійкою мініатюрних (від 100 до 1000 і більше шт.) детекторів (див. мал. 1) [3, 4].

2. Цифровий радіограф, у якому об'єкт опромінюється, а зображення візуалізується на люмінесцентному екрані з наступним фокусуванням через оптичну систему на ПЗС-матрицю, що охолоджується, з цифруванням і реєстрацією сигналу (див. мал. 2).

3. Системи контролю, засновані на розсіяному рентгеновському випромінюванні, у яких після опромінення об'єкта розсіяне випромінювання реєструється координатно-чутливим об'ємним детектором з подальшим перетворенням сигналу за традиційною схемою [3, 5].

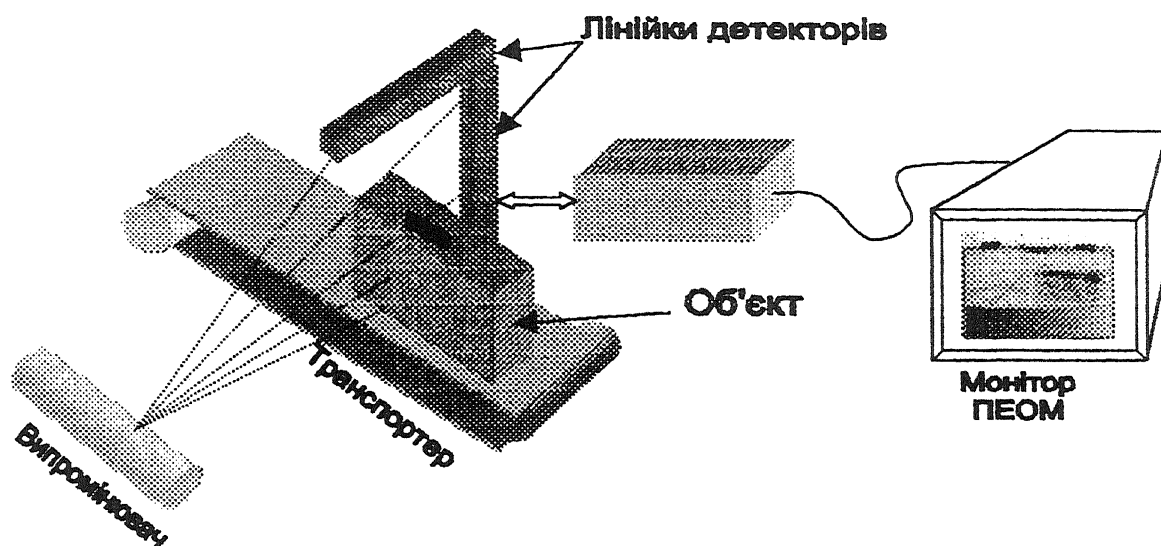
4. Системи, що використовують принцип опромінення об'єкта джерелом нейтронів, які збуджують ядерні реакції. Реакція супроводжується гама-випромінюванням, енергія та інтенсивність якого залежить від атомного номера і щільності об'єкта. Приймальний спектрометричний тракт аналізує ці величини і дозволяє визначити елементний склад об'єкта, просторовий розподіл у ньому елементів таблиці Менделєєва і співвідношення між ними [6].

Конструкція розглянутих пристроїв має такі основні вузли: джерело випромінювання, механічну систему переміщення об'єкта або електронну систему сканування, приймально-детектуючий тракт з підсилювачами, систему аналого-цифрового перетворення, блок реєстрації і візуалізації зображення.

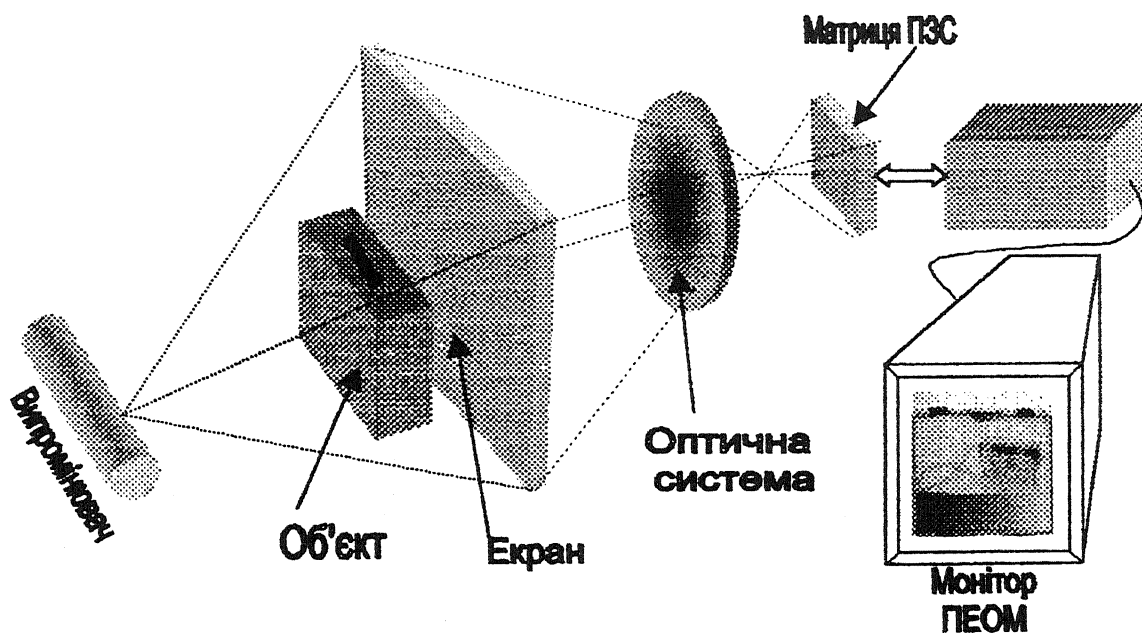
Системи першого типу відносяться до найбільш поширених. У залежності від енергії випромінювання (від 70 кеВ до 8 МеВ) і габаритних розмірів лінійки детекторів вони дозволяють просвічувати вантажі від малогабаритних поштових відправлень до великих морських контейнерів і автофургонів з поперечним перетином 2,5 x 2,5 м і довжиною до 12 м. Такі системи в залежності від кількості, взаємного розташування та енергії випромінювачів можна розділити на такі типи:

- одноракурсна одноенергетична;
- дворакурсна одноенергетична;
- одноракурсна двоенергетична;
- дворакурсна двоенергетична;
- двоенергетична з одночасною реєстрацією розсіяного випромінювання.

Дворакурсна система підвищує в 1,5-2 рази можливість виявлення заборонених предметів, що мають плоску форму. Вона складається з двох випромінювачів, розміщених під кутом 40-90° і двох просторово розділених лінійок детекторів. До таких при-



Мал. 1. Цифровий радіограф з лінійкою детекторів



Мал. 2. Цифровий радіограф з люмінесцентним екраном

строїв відносять вироблені в Росії інтроскопи типу контроль-1 та контроль-2 для огляду багажу і ручної поклажі, інтроскопи фірми Heimaпп для огляду автомобілів.

Двоенергетична система містить два детектуючі тракти. Наявність низькоенергетичного тракту істотно підвищує можливість виявлення небезпечних речовин органічного походження (вибухівка, наркотики), а системи попереднього типу можуть упевнено виявляти тільки метал. Двоенергетичні системи вважаються найбільш прогресивними і саме такими пристроями зараз оснащуються митно-пропускні пункти і служби безпеки в розвинених країнах.

Співдружність вчених НТЦ РП концерну "Інститут монокристалів" і НТ СКБ "Полісвіт" ВО "Комунар" (Україна) завдяки підтримці Державної митної служби України і на її замовлення дозволила в стислий термін розробити і почати виробництво рентгеноінтроскопічних систем усіх вищезазначених типів. Тим самим Україна увійшла до обмеженої кількості держав з розвинутою економікою і технологією, що дозволяє випускати дані пристрої. Вироблено перший апарат для контролю автомобілів і мікроавтобусів. Технічні дані цих систем наведено нижче. За основними характеристиками вони не поступаються закордонним (див. табл. 1-3).

Табл. 1

Система контролю багажу "Поліскан"

Розмір багажу	700 x 950 x 2000 мм
Вага багажу	120 кг
Здатність проникати відносно сталі	До 15 мм
Контрастна чутливість	20 градацій сірого
Здатність виявляти, Ø мідного дроту	0,1 мм
Кількість каналів лінійки детекторів	896
Швидкість транспортера	0,2 м/сек
Анодна напруга випромінювача	140 кВ
Анодний струм випромінювача	1 мА
Кількість експозицій фотоплівки (без її пошкодження)	100
Рівень рентгенівського випромінювання на поверхні апарату	≤0,1 мР/год.

Табл. 2

Двоенергетична система контролю багажу "Поліскан-4"

Розмір багажу	700 x 950 x 2000 мм
Вага багажу	100 кг
Здатність проникати відносно сталі	До 25 мм
Контрастна чутливість	20 градацій сірого
Здатність виявляти, Ø мідного дроту	0,1 мм
Кількість каналів лінійки детекторів	2 x 864
Швидкість транспортера	0,2 м/сек
Анодна напруга випромінювача	140 кВ
Анодний струм випромінювача	1 мА
Кількість експозицій фотоплівки (без її пошкодження)	100
Рівень рентгенівського випромінювання на поверхні апарату	≤0,1 мР/год.

Табл. 3
Система контролю легкових автомобілів та мікроавтобусів "Поліскан-2"

Розмір об'єкта	700 x 950 x 2000 мм
Вага об'єкта	120 кг
Кількість ракурсів	До 15 мм
Здатність проникати відносно сталі	До 25 мм
Контрастна чутливість	20 градацій сірого
Здатність виявляти, Ø мідного дроту	3 мм
Кількість каналів лінійки детекторів	2 x 512
Швидкість пересування об'єкта	0,3 м/сек
Анодна напруга випромінювача	300 кВ (максимальна)
Анодний струм випромінювача	6 мА

Системи з використанням люмінесцентних екранів мають перевагу миттєвого одержання зображення. Поряд з цим використання плоского екрана замість лінійки детекторів обмежує до 40-50 кеВ енергію випромінювання і, відповідно, габарити об'єкта, що перевіряється. Існують і мобільні портативні апарати контролю ручної поклажі, але вітчизняна промисловість поки що таких апаратів не випускає. Як можливий аналог можна навести апарат медичного призначення, його технічні характеристики наведено в табл. 4. Системи мають високе просторове (до 10 мкм) розділення, але обмежену проникаючу спроможність та вартість, що не поступається стаціонарним апаратам.

Табл. 4
Мамограф КРМЦ-200

Розмір робочого поля	200 x 180 мм
Просторове розділення	2,8 мм
Пороговий контраст	2 % і менше
Динамічний діапазон	100
Поверхнева експозиційна доза пацієнта	5-50 мР
Діапазон автоматичного регулювання анодної напруги рентгенівської трубки	28-40 кВ
Діапазон автоматичного регулювання часу експозиції	0,1-0,2 сек

Системи з використанням розсіяного випромінювання кращі для виявлення забронених укладень у біологічних об'єктах і дозволяють миттєво одержати зображення. Проте за сучасними нормами міжнародного права потрібна згода власника об'єкта на його обстеження з використанням опромінення.

Існують дані про застосування даного методу у поєднанні з проникаючим випромінюванням у приладах контролю багажу і ручної поклажі. У цьому випадку вартість пристрою підвищується орієнтовно в 3-4 рази.

Одним з найбільш актуальних і технічно складних для рішення є завдання виявлення невеликої кількості наркотиків і вибухівки, особливо на фоні металу. Жодний з описаних методів не дає повної гарантії такого виявлення.

За ствердженням ряду авторів, нейтронно-активаційний метод забезпечує більш ніж 90 % можливість виявлення вибухівки і наркотиків. Даний метод використовує той

факт, що вибухівка і наркотики не тільки містять обмежену кількість “легких” елементів таблиці Менделєєва (водень, вуглець, азот і кисень), але містять їх для основних речовин у визначеній пропорції [6, 174-182]. Такі ж елементи, але в іншій пропорції містяться у ряді органічних матеріалів (пластик, мило, цукор тощо). Двоенергетичний інтроскоп виявляє органіку, але не в змозі виділити співвідношення між елементами, що властиве нейтронному аналізу. У таблиці 5 наведено технічні дані одного з таких мобільних (загальна вага 130 кг) пристроїв, що використовуються армією США для контролю вмісту снарядів і невідомих об’єктів. Недоліком є висока вартість (5-10 млн. доларів США) таких систем і необхідність захисту персоналу від нейтронного випромінювання. Відомо використання нейтронного інтроскопа для контролю контейнерів в аеропорту Кеннеді (США).

Табл. 5

Портативний ізотопний нейтронний спектроскоп

Гама-спектрометр				
Детектор	Германій n-типу			
Ефективність	>40 % на 1332 кеВ			
Розділення	<1,95 кеВ на 1332 кеВ			

Нейтронне джерело	
Ізотоп	Каліфорній-252
Час напіврозкладу	2,6 року
Активність	5 мікрограм (2,7 міллікюри або 99 МБк)
Капсула	Зварка 304L SS, сертифіковано як IAEA “special form”
Контейнер	Тип А, сертифікація 7А

Розміри та вага				
	Гама-детектор	Електроніка	Комп’ютер	Стійка
Довжина	58 см (23")	45 см	28 см	73 см
Ширина	15 см (6")	35 см	21 см	34 см
Висота	22 см (7")	16 см	5 см	Регульована 15-177 см
Вага	4,2 кг	12 кг	2,9 кг	32 кг

Таким чином, сучасні засоби технічного контролю, що базуються на принципі цифрової радіографії, дозволяють з високою імовірністю виявляти заборонені вкладки як у малогабаритні вантажі, так і в автомобілі, автофургони, контейнери. Науково-технічний потенціал нашої країни дозволяє забезпечити митні органи системами контролю з параметрами, що відповідають міжнародним вимогам, тобто вирішити дане завдання за ініціативою Державної митної служби України.

Примітки

1. Л. Атрощенко, Л. Гальчинецкий, В. Рыжиков и др. Кристаллы сцинтиляторов и детекторы ионизирующих излучений на их основе. – К., Наукова думка, 1998.
2. M. Pfeiler, P. Marhoff. Digital radiography: review, present status and future prospects. Electronica. 1989, V. 57, № 2.
3. The world leader in specialized X-ray systems, ECC, Astrophysics, 1991, ed. TREE Consulting, Paderborn-Dahe.
4. Scientific & Technological Center for Radiation Instruments, Institute Single Crystals, STC RI, 1999, Kharkov.
5. Microdose X-ray Inspection System, - American Science and Engineering, Inc, 1997.
6. T. Cozani, Neutron-based nonintrusive inspection techniques, Proceedings Int, Conf. Neutrons in Research and Industry, 9-15 June 1996, Crete, Greece, Published by SPIE, 1997, v. 2867.