Детекторы радиации и цифровая радиография в борьбе с терроризмом

## Рыжиков Владимир Диомидович

заведующий НИО РП ИСМА



Институт сцинтилляционных материалов НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины <u>stcri@isc.kharkov.com</u> Тел. (057)340-23-79, факс. (057)719-59-97

## НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины



#### Аннотация

В течение последних 20 лет НТК «Институт монокристаллов» в рамках государственных программ Советского Союза, а впоследствии НАН Украины, Госкоматома Украины, Минчернобыль Украины, а затем МЧС Украины, Государственной таможенной службы Украины, выполнил разработку и, совместно с конверсионными предприятиями Украины производство твердотельных кристаллических детекторов регистрации ионизирующих излучений и приборов на из основе. Создано семейство приборов, в основном на базе прогрессивных твердотельных детекторов типа сцинтиллятор-фотодиод, ряд ИЗ которых соответствует современному международному уровню и успешно эксплуатируется в Чернобыльской зоне, на предприятиях ядерной энергетики, подразделениями Государственной таможенной Службы и службами безопасности Украины.

Возрастающая угроза международного терроризма потребовала создания современных технических средств для контроля перемещаемых через границу изделий и грузов с целью выявить запрещенные и опасные для населения предметы и материалы. В первую очередь, взрывчатку, оружие, радиоактивные вещества.

#### Аннотация

Наиболее эффективными системами выявления таких всем мире принять считать <u>цифровые</u> материалов во радиографические устройства. НТК «Институт монокристаллов» разработки и, инициатором выступил совместно C конверсионными предприятиями г. Харькова, серийного выпуска таких систем. В настоящее время их номенклатура насчитывает более десятка и обеспечивает невскрывающий контролы перемещаемых через границу грузов – от малогабаритных почтовых изделий до тяжелых траков.

Наряду с воспроизводством систем, в известной мере повторяющих технические характеристики западных аналогов в Институте проводятся поисковые работы по реализации принципиально новых возможностей цифровой радиографии, не имеющие мировых аналогов, а именно развитие двух- и мультиэнергетической цифровой радиографии.

### Содержание доклада

- 1. Основные направления развития цифровой радиографии.
- 2. Рентген-телевизионные инспекционные сканеры.
- 3. Системы контроля морских контейнеров и тяжелых автомобилей на базе ускорителей.
- 4. Системы контроля контейнеров и автомобилей на базе рентгеновских излучателей.
- 5. Системы контроля багажа и ручной клади.
- 6. Двух- и мультиэнергетическая цифровая радиография.
- 7. Новое в контроляе делящихся ядерных материалов.
- 8. Современные тенденции развития инспекционных сканеров.





Цифровой радиограф с люминесцентным экраном.

КРМЦ-200 Mammography Numerical Complex







#### Цифровой радиограф с плоской панелью детекторов на аморфном кремнии









Ключевым элементом во всех приборах регистрации излучений является детектор излучений, чувствительность и избирательность которого определяет характеристики всего прибора в целом. Твердотельные кристаллические детекторы являются, практически, единственным типом датчиков, обеспечивающих как обнаружение невидимых излучений, так и определение их типа и спектра излучения, т.е. решение всех перечисленных задач. Поэтому виток развития ядерного приборостроения, происходящий Β последние годы, коснулся, прежде всего, создания новых типов кристаллов и детекторов излучений на их основе.



# Разработка и изготовление 16-канальных детекторов и модулей предусилителей для линейки детекторов длиною 400 мм



# Сопоставительные параметры разных типов устройств цифровой радиографии

Тип приемнодетек- тирующего тракта	Рабочий диапазон энергий, кВ	Проника- ющая способ- ность по стали, мм	Площадь пикселя	Простран- ственное разреше- ние	Контраст- ная чувстви- тельность	Габарит- ные размеры объекта контроля	Возмож- ность разделе- ния органики/ неорга- ники	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оптика с ПЗС матрицей	40-80	5-6	1-2 мкм	10-12 пар линий/мм (50 мкм)	до 10%	400х400 мм²	нет	<b>Медицина,</b> микроэлек- троника
Матричный экран на аморфном кремнии (до 10 <sup>7</sup> пикселей 5х5 мкм)	40-120	7-8	10x10 20x20 мкм	< 10 мкм	до 10%	400х400 мм²	нет	<b>Медицина</b> , техническая диагностика службы безопас- ности
Линейка детекторов со сканированием	40-10 <sup>7</sup>	5-350	1,6-100 мм²	1-2 пар линий/мм (0,3 мм)	<1%	от 400х400 <sub>мм²</sub> до 4х20 м²	да	Службы безопас- ности, техника, диагностика медицина





## **Physical operation principles of «Poliscan-3»**

















# Функциональные возможности программного обеспечения:

- управление аппаратом;
- тестирование аппаратных средств;
- просмотр багажа в реальном времени;
- анализ изображения просмотренного багажа;
- архивация информации;
- восстановление информации

#### Дополнительные возможности программного обеспечения (отсутствуют в зарубежных аналогах):

- получение твердых копий изображения;
- обмен информацией между различными аппаратами и возможность централизованного сбора;
- увеличение фрагмента изображения объекта контроля с сохранением размера пикселя.

### Основные параметры

•	Размеры объекта контроля2000×2500×7000 мм
•	Масса контролируемого объектадо 3000 кг
•	Проникающая способность по сталидо 60 мм
•	Контрастная чувствительность градаций серого
	цветадо 22
•	Обнаружительная способностьдо 3 мм
•	Число каналов системы детектирования 2×512
•	Скорость движения объекта 0,3 м/с
•	Анодное напряжение излучателя
•	Анодный ток излучателя4 мА

# Мобильный вариант Heimann









25

#### Основные характеристики

•	Размеры туннеля	700х950 мм
•	Масса контролируемого объекта	100 кг
•	Проникающая способность по стали	до 25 мм
•	Контрастная чувствительность	до 20 градаций
		серого цвета
•	Обнаруживающая способностьпровол	выявление медной юки диаметром 0,1мм
•	Число каналов системы детектирования	
•	Скорость транспортера	0,2 м/сек
•	Анодное напряжение излучателя	140 кВ
•	Анодный ток излучателя	1 мА
•	Уровень рентгеновского излучения на внеш аппарата	лей поверхности до 0,1мР/час

#### Hi-Scan EDtS10080



### Hi-Scan 6040aTiX





Рентгеновское изображение, полученное с использованием линейки детекторов на ZnSe(Te)



Рентгеновское изображение, полученное с использованием линейки детекторов на Csl(Tl)

### Сканирующий интроскоп

#### А.С. СССР № 1583806 от 7.08.1990 г., МНТПО «Спектр»

Цель изобретения

Повышение информативности за счет выявления в контролируемом объекте областей с заданным химическим составом.

Цель достигается благодаря определению коэффициентов ослабления материала объекта контроля для двух различных энергий излучения.

Излучатель один, но модулируется подача двух различающихся напряжений на трубку. Линейка детекторов одна, но сигнал регистрируется синхронно для разных напряжений на излучатель.

Harrison R., NIM, 1991, A310, p.24-34. Digital radiography – a review of detector design.





US006445765B1

#### (12) United States Patent Frank et al.

#### (54) X-RAY DETECTING APPARATUS

- (75) Inventors: Andreas Frank, Alsfeld-Leusel; Patricia Schall, Weiterstadt; Georg Geus, Wiesbaden, all of (DE)
- (73) Assignee: Heimann Systems GmbH, Wiesbaden (DE)

#### (10) Patent No.: US 6,445,765 B1 (45) Date of Patent: Sep. 3, 2002

#### (57) ABSTRACT

The detector materials (8, 9) of a low energy detector (5) and a high energy detector (6) are coordinated with one another to permit better separation of lower and higher energy fractions of polychromatic X-ray (X') radiation, and consequently, create a better determination of a material of an object through which the X-rays are passed. Thus, a negligible persistence in comparison with the integration time between two detector readings is achieved.





#### Аннотация

Детекторы из материала ZnSe(Te) (8) CsI(Te) (9) для регистрации низких (5) и высоких (6) энергий расположенные один за другим для лучшего разделения полихроматического рентгеновского излучения, прошедшего через объект с вложениями. Съем информации производится в реальном времени



Рис. а) Сложность классификации отдельных материалов путем использования только метода Zefective.

 б) Комбинация двух распознаваемых рентгеновских изображений обеспечивает более высокую степень идентификации отдельных материалов.

#### Принцип действия EDtS системы

Использование классификации материалов с помощью Zeffective и алгоритмов по объему и плотности, приводит, в результате, к использованию стационарной компьютерной томографии. Эта технология обеспечивает необычную высокую степень обнаружения при одновременной высокой пропускной способности.

Пять независимых друг OT друга веерообразных лучей рентгеновских просвечивают каждую единицу багажа. Три рентгеновских источника, смонтированные в обеспечивают определенном положении, рентгеновского излучения под генерацию пятью различными углами. Эти пять углов обеспечивают излучения получение информации, необходимой для обеспечения наивысшего уровня обнаружения.

#### A model of the two-energy detector array



#### **Digital radiograph with detector array**

With the S-PD receiving circuit, we used a 16-channel photodiode FD-321 produced by CCB "Ritm" and Institute of Microdevices, Ukraine, step 1.65 mm, total number of channels – 128, and a 32-channel PD of the same producer, step o.8.mm, total number of channels - 256. Scintillators used were crystals Csl(Tl), CdWO₄ and ZnSe(Te) produced by STC "Institute for Single Crystals", Ukraine.





General scheme of two-energy radiography with reconstruction of the effective atomic number of the material. Conventional "synthesis" scheme consists in mixing of the fitting basic elements with L – "light", M – "middle" and H – "heavy" atomic mass. "Black-and-white" synthesis corresponds to the two-energy radiography, "three-color" scheme (R – red, G – green, and B – blue) corresponds to 3 – radiography, etc. For the direct method ("analysis") proposed in unambiguous (one to one correspondence) reconstruction of  $Z_{eff}$ . <sup>32</sup>



Теоретически, модель мультиэнергетической радиографии описывается системой линейных уравнений, в которые введен некий параметр радиографический рефлекс

 $R_i = ln[F_0(E_i)/F(E_i)]$ 

где *Fo* и *Fi* – сигналы от детекторов в отсутствие объекта (фоновый) и при его наличии.

На рис. приведены теоретические зависимости Z<sub>eff</sub> как функция отношения R=R<sub>1</sub>/R<sub>2</sub> для выходных сигналов от LED и HED детекторов в диапазонах Z<sub>eff</sub> [1-10] – кр.1 [10-18] – кр.2 [18-40] – кр.3 и суммарная – кр. 4.









Расчетная зависимость отношения сигналов ВД/НД от суммарного сигнала ВД+НД для различных веществ.

Расчетная зависимость отношения сигналов ВД/НД от суммарного сигнала ВД+НД для сахара и железа, с указанием погрешности, обусловленной шумами квантования 12 разрядного АЦП (±1ед. АЦП).

## Identification of different substances using the two-energy method



# **Scanned object**

![](_page_37_Picture_1.jpeg)

# Three-dimensional image of the contents of a bag

![](_page_38_Picture_1.jpeg)

# Обработка и визуализация теневого изображения

![](_page_39_Picture_1.jpeg)

# Программа идентификации веществ по эффективному атомному номеру

![](_page_40_Picture_1.jpeg)

# Идентификация веществ по эффективному атомному номеру

![](_page_41_Figure_1.jpeg)

Таким образом, теория и эксперимент демонстрируют возможность двух- и мультиэнергетическрй радиографии выявлять вещества, различающиеся по Z<sub>eff</sub>.

Однако, если теория предсказывает точность разделения по Z<sub>eff</sub>. В единицы процентов, то эксперимент дает деятки.

Принципиальным недостатком практически используемых двухэнергетических устройств является влияние высокоэнергетической части спектра X-ray на низкоэнергетический, что искажает его показания.

Для выявления возможной точности данного метода нами был проведен эксперимент в спектрометричесом режиме. Поток квантов из рентгеновской трубки 1 проходил через коллиматор 2, исследуемый образец 3, коллиматор детектора 9 и регистрировался детекторной системой на основе ФЭУ 4 и сцинтилляционного кристалла 5. Полезный сигнал с анода ФЭУ усиливался линейным спектро-метрическим усилителем 6, обрабатывался АЦП 7 и накапливался в памяти ЭВМ 8. В качестве источника рентгеновского излучения использовалась рентгеновская трубка, работающая при напряжении 120 кВ, ток анода 15 мкА. Рабочие загрузки спектрометрического тракта не превышали 3000 с<sup>-1</sup>.

На рис. представлена схема экспериментальной установки и аппаратный энергетический спектр X-ray фотонов.

В процессе обработки выделялись сигналы от фотонов, прошедших через исследуемые образцы в интервале энергий ~20-50 кэВ и 50-100 кэВ.

![](_page_43_Figure_3.jpeg)

![](_page_43_Figure_4.jpeg)

Структурная схема эксперимента.

- 1-рентгеновская трубка;
- 2, 9 свинцовые коллиматоры;
- 3-исследуемый реперный образец;
- 4-ФЭУ;
- 5 сцинтилляционный кристалл ZnSe(O, Te);
- 6-линейный спектрометрический усилитель;
- 7 АЦП; 8 анализатор импульсов.

Аппаратный энергетический спектр фотонов от рентгеновской трубки и радиоактивных источников Am-241, Cs-137, Co-57.

![](_page_44_Figure_0.jpeg)

Fig. 4 Experimental energy spectra measured after X-ray tube radiation passed through samples: 34.7 mm polymethyl metacrylate (plexiglass), 18.4 mm teflon, 9.8 MM aluminum.

Из рисунка 4 можно сделать вывод, что ожидаемый эффект в области низких энергий 20-50 кэВ должен быть весьма заметным, хотя в этом случае также имеется источник погрешности в виде небольшого сдвига на величину ~ 10 кэВ положения максимума энергетического спектра в сторону высоких энергий.

![](_page_44_Figure_3.jpeg)

Рис. 5 Спектрометрический подход. Теоретическая (О) и экспериментальная () зависимости параметра Р, пропорционального комбинации сигналов от "тонкого" (низкоэнергетического) детектора как функция эффективного атомного номера Z<sub>eff</sub> для широкого набора "легких" веществ. Пунктирная линия – линейная зависимость.

![](_page_45_Figure_0.jpeg)

Fig. A scheme of a Multi-energy X-ray Filter with each coated mirror designed (Bragg's Law) for a differ

образом, экспериментальные Таким результаты, полученные в данной работе. TO, использование **УКАЗЫВАЮТ** на ЧТО спектрометрического подхода может заметно качество идентификации улучшить эффективному органических веществ ПО атомному номеру.

Предлагаемая методика использования массива значений параметра Р, пропорционального величине ослабления потока квантов в низкоэнергетичной области специальных, подготовленных заранее B реперных образцах, сможет использоваться, например, для калибровки цветовой палитры наблюдения досмотровых мониторов таможенных систем. Это позволит расширить уверенной идентифицируемых диапазон в сторону легких органических веществ материалов, в т.ч. взрывчатых, наркотических С точностью единиц процентов, в И Т.Д. соответствии с теорией.

B TO же время очевидно, ЧТО практическая реализация спектрометрической методики данного эксперимента затруднительна из-за сложности измерений и невозможности их проводить в реальном времени.

Однако, существует возможность его применения с использованием оригинальных фильтров, разработанных компанией МХFtechnology и по схеме, приведенной на рис., что планируется нами провести в ближайшее время.

#### MIXETECHNOLOGIES

## Inspection of Gold

#### K-edge Subtraction Images

- K-edge of Gold (Au) 80.7keV
- K-edge subtraction with dual monochromatic X-ray can "erase" non-golden materials from the images and show "Gold" image only.

![](_page_46_Figure_5.jpeg)

![](_page_46_Picture_6.jpeg)

### **Potential Future Terrorist Threat**

#### Explosives Inside Body Cavities

- Currently over 7000 individuals in the Mid East & Caribbean have been arrested for being Drug Mules.
- As terrorist technologies evolve, terrorists may do the same with explosives to transfer them to public targets (airport. Train stations, public events and public and government buildings).

# Сканирующая система контроля тела (ССКТ)

![](_page_48_Picture_1.jpeg)

#### Сканирующая система контроля тела (ССКТ)

![](_page_49_Picture_1.jpeg)

![](_page_49_Picture_2.jpeg)

## Технические характеристики ССКТ :

•	Размер цифрового изображения1	536×500(3000×1000)*
•	Время сканирования	8 c (16 c)*
•	Пространственное разрешение	1,2 мм (0,6 мм)*
•	Габариты	2820×1840×2550 мм
•	Macca	650 кг
•	Потребляемая мощность	0,7 кВт
•	Рабочее анодное напряжение	140 кВ
•	Рабочий анодный ток	0,5 мА
•	Доза облучения за одно сканирование	0,4 мкЗв

![](_page_51_Picture_0.jpeg)

## **Terrorist Explosives**

![](_page_51_Picture_2.jpeg)

#### Technology Exists Today for Detection of Explosives Outside the Body

![](_page_52_Picture_0.jpeg)

### Explosives inside Body Cavities

![](_page_52_Picture_2.jpeg)

Condoms filled with Cocaine or Explosives

![](_page_52_Picture_4.jpeg)

X-ray of condoms filled with Cocaine inside drug mule stomach

X-ray Technologies may Detect Presence of Explosives. But Normal X-ray Radiation Dose is NOT Acceptable for Routine Public Scanning

#### Processing of interlaced images in 4–10 MeV dual energy customs system for material recognition

S. Ogorodnikov and V. Petrunin Efremov Scientific Research Institute, St.-Petersburg, Russia

![](_page_53_Figure_2.jpeg)

FIG. 2. (Color) Total attenuation coefficient as a function of energy for four elements. Grey curves are spectral distributions of bremsstrahlung quanta from a thick tungsten target of 8 and 4 MeV energies of an electron beam.

$$R(E_1, E_2, t, Z) = \frac{\ln T(E_1, t, Z)}{\ln T(E_2, t, Z)} = \frac{\overline{\mu}_{\text{eff}}(E_1, t, Z)}{\overline{\mu}_{\text{eff}}(E_2, t, Z)}$$

Т – интенсивность радиации Т до и после поглощения потока

- t массовая толщина вещества
- Z-атомный номер
- Е<sub>1</sub>, Е<sub>2</sub> энергия излучения

![](_page_54_Figure_5.jpeg)

FIG. 4. (Color) Ratio  $R(E_1, E_2, t, Z)$  vs mass thickness t at 8/4 MeV for different elements. Analytical calculation for pencil beams geometry.

![](_page_55_Picture_0.jpeg)

FIG. 8. (Color) Photograph of shipping container with cargo and hidden contraband.

![](_page_55_Picture_2.jpeg)

FIG. 9. (Color) An image of a shipping container with the assignment of colors according to Table II. Colorization of dual data is fulfilled on pixel-by-pixel basis without any processing. Left to right: oscillograph on sacks filled with sawdust, wheel, rifle cartridges hidden in the inner tube of the wheel, two lead bars, large fire extinguisher, liquid filled bottles on a TV set, case with plastic inside, a revolver below, hidden in sacks filled with sawdust.

TABLE II.	Benchmarks	for	material-to-color	conversion.

Media	Material	Ζ	Hue
Organics	Hydrocarbon	5.3	Orange
Organics-inorganics	Aluminum	13	Green
Inorganics	Iron	26	Blue
Heavy substances	Lead	82	Lilac

#### ПЕШЕХОДНО - ТРАНСПОРТНЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОР «ПОРТАЛ-4»

<ul> <li>и аладон внергий регистрируемых гамма-квантов, кэВ,</li> <li>условия эксплуатации (интервал температур), °С,</li> </ul>	70-3000 - 40 ÷ +50 370*600*3000
комплектность системы (стойка с детекторами излучения),	шт 1
• число каналов регистрации гамма – излучения, шт,	4
<ul> <li>максимальная загрузка измерительного тракта, имп./с,</li> </ul>	1*10°
<ul> <li>устройства светового и звукового оповещения</li> </ul>	
<ul> <li>система обработки и накопления на базе персонального ком</li> </ul>	ипьютера
средняя наработка на отказ, ч,	6000
<ul> <li>граница зоны регистрации, м</li> </ul>	3
•датчик присутствия	нет
•питание системы -	220 В, 50 Гц
•порог регистрации системы по Cs-137, гамма-квант*(см <sup>-2*</sup> с <sup>-1</sup>	0.45
•скорость движения автомобиля, м/с	3
•частота ложных срабатываний, сут <sup>-1</sup>	1
	57

Результаты испытаний Портал-4 для радиоактивных материалов

#### на границе зоны регистрации (L= 3 м)

Радиоизотоп	Активность, тыс. Бк	Активность, мкКи	Масса, г	
Cs-137	406	11,6	<b>0,127</b> *10 <sup>-6</sup>	
Co-60	Co-60 203		0,0058 *10 <sup>-6</sup>	
U-235	754	17,4	8,12	
U-238	9860	261	754	
Pu-239	0,93·10 <sup></sup>	0,29 Ки	4,06	

Предварительные испытания проводились на основании письма директора Департамента охраны Государственной границы Администрации Государственной пограничной службы Украины от 03.10.2003 р. за №> 7/3-3962 в присутствии представителей ИСМА и в/ч 9951 по утвержденным "Программе и методике проведения испы--таний" № У88.23756539/32.23.00.000.ПМ.

Испытания проводились на пограничной пункте пропуска "Гоптовка"

Во время проведения испытаний "Портал-4" все системы функционировали нормально. Ложных срабатываний не происходило. Замечаний не было.

74

Объединенная структурная схема всех проведенных нами экспериментов приведена на рис. 2. Расстояние между центрами источника нейтронов и кристалла было выбрано равным 200 мм. В качестве защиты от сопутствующего гамма-излучения источника использовался экран 5 из свинца толщиной 4 см, который участвовал во всех экспериментах. Остальные компоненты, – замедлители 3 и 9, свинцовые экраны 2 и 4 (защита от низко-энергичного рассеянного гаммаизлучения источника нейтронов) гадолиниевые экраны 7 и 8 (защита детектора от тепловых нейтронов) использовались по мере необходимости.

![](_page_58_Picture_1.jpeg)

### Рис. 2. Объединенная структурная схема выполненных экспериментов.

- 1 источник «быстрых» нейтронов типа 239Pu-Be(α, nγ);
- 2 защитный экран, Pb, d=3 мм;
- 3 замедлитель из полиэтилена, диаметр d = 15 см;
- 4-защитный экран, Pb, d=3 мм;
- 5 защитный экран, Pb, d=4 см;
- 6 исследуемый кристалл;
- 7 защитная колодец из окиси гадолиния, толщина d=1 см;
- 8 защитная крышка из окиси гадолиния, толщина d=1 см;
- 9-замедлитель детектора из пластмассы, толщина d=3 см.

В ходе экспериментов проводилась оценка эффективности регистрации и чувствительности исследуемых сцинтилляторов на основе тяжелых оксидов к быстрым нейтронам с помощью детекторной системы сцинтиллятор-ФЭУ.

Измерения проведены на кристаллах GSO, BGO, CWO, ZnWO размерами 10x10x10 мм, CWO – размером 45x42 мм, CsI(TI) размером 10x10x10 мм, NaI(TI) размером Ø15x15 мм, LiI(Eu) размером ф15x6.5 мм, ZnSe(O, Te) размером 10x10x4 мм.

#### Результаты измерений эффективностей регистрации потоков нейтронов различными сцинтилляторами в эквивалентном энергетическом диапазоне для электронов (гамма-квантов) 20 – 300 кэВ.

	ZnSe	NaJ	LiJ	CsI	GSO	ZnWO	CWO	BGO
$Z_{ m app}$	33	51	52	54	59	61	66	75
Эфф.регистрации полная, %	54	23	27	21.6	47	58	45	50
Эфф.регистрации б.н., %	43	18	25	20	46	54	42	48
Эфф.регистрации б.н., при наличии замедлителя дет.	75	24	30	25	90	70	46	83
Эфф.регистрации тепловых нейтронов, %	0	30	90	0	65	44	67	34

## выводы

- НТК «Институт монокристаллов», который в 2005 г. отметил 50 лет своего существования, всегда являлся лидером в Советском Союзе, затем СНГ, и одной из ведущих в мире организаций по созданию и опытно-промышленному производству кристаллов и детекторов радиации на их основе.
- Институт впервые в Советском Союзе (затем СНГ) разработал и освоил опытно-промышленное производство данного типа детекторов, являющихся базовыми в рентгеновской компьютерной томографии (РКТ), инспекционных систем антитеррористического назначения, технической цифровой радиографии.
- Усилиями ученых НТК «Институт монокристаллов» совместно с конверсионными предприятиями г. Харькова (НТ СКБ «Полисвит» ПО «Коммунар» и др.) с 1997 г. на Украине начат выпуск инспекционных рентген-телевизионных сканеров. В настоящее время это семейство сканеров обеспечивает невскрывающий контроль широкого класса объектов от почтовых бандеролей, багажа, ручной клади до тяжелых автофургонов. Тем самым Украина вышла в узкий круг высокоразвитых держав, способных выпускать современную аппаратуру антитеррористического назначения.

# Перспективы создания новых технических средств таможенного контроля

- 1. Исследование и разработка принципов построения средств экспресс-анализа химического состава веществ.
- 2. Исследование и разработка принципов построения средств идентификации драгоценных металлов в составе систем «ПОЛІСКАН».
- 3. Исследование и разработка принципов построения средств экспресс-контроля металлопродукции промышленных предприятий.
- 4. Создание инспекционных систем с возможностью визуализации 3D-изображения.

![](_page_62_Picture_0.jpeg)

# *a*

BHUMAHUe!