

РЕНТГЕНОВСКИЕ ДОСМОТРОВЫЕ СИСТЕМЫ:

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Емельянов Юрий Леонидович
(emelianov@adani.by)

НПЧУП “АДАНИ”, Минск,
Беларусь



Основные классы рентгеновских досмотровых систем по типу объекта инспекции



Системы для досмотра багажа и грузов



Системы для персонального досмотра



Системы для досмотра транспортных средств



**Системы для
досмотра багажа и
грузов**

Классификация и области применения

Универсальные системы



- Аэропорты
- Почтамты
- Суды
- Учреждения исполнения наказаний
- Банки
- Стратегические объекты
- Другие объекты

Специализированные системы

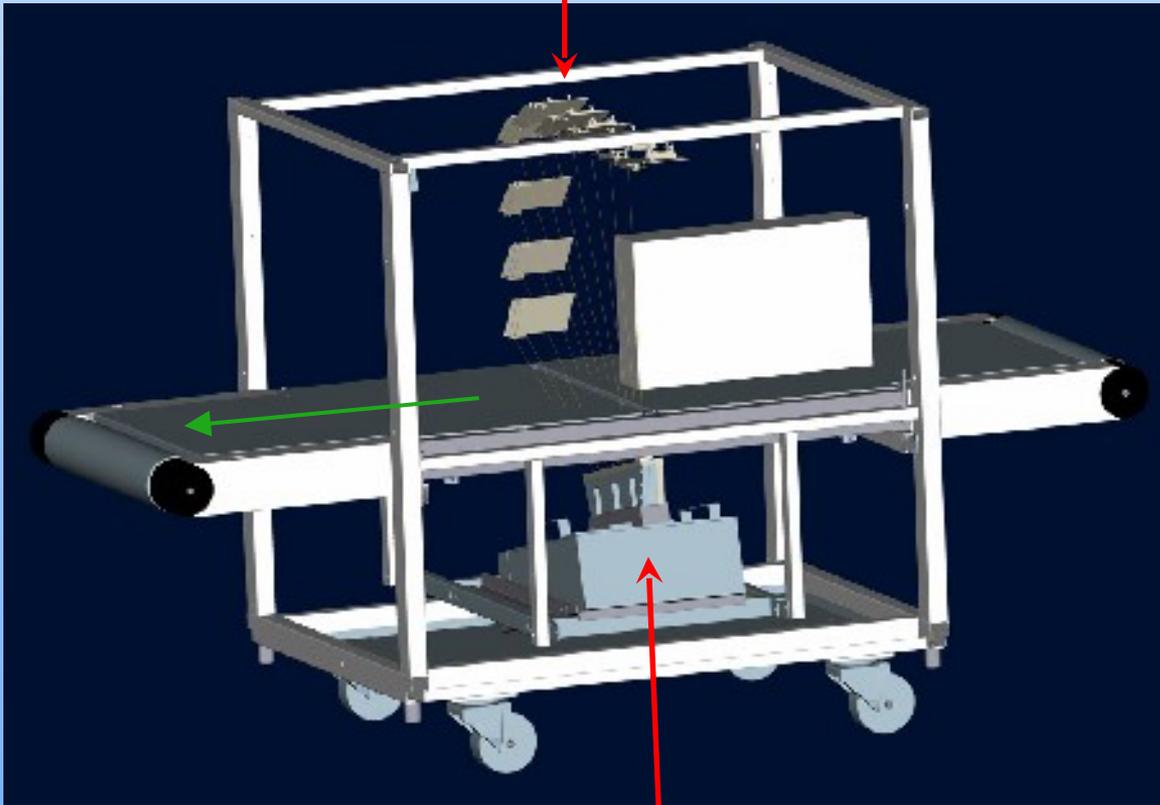
- Рентгеновские томографы
- Рентгеновские дифрактометрические системы
- Нейтронные системы
- Системы на квадрупольном резонансе

Предназначены для автоматического обнаружения взрывчатых веществ.

Применяются в аэропортах, как правило, для вторичной инспекции багажа, вызвавшего подозрение после досмотра на системе общего назначения.

Конструкция и принцип работы

Г-образный детектор



Источник излучения

Инспекционный
тоннель

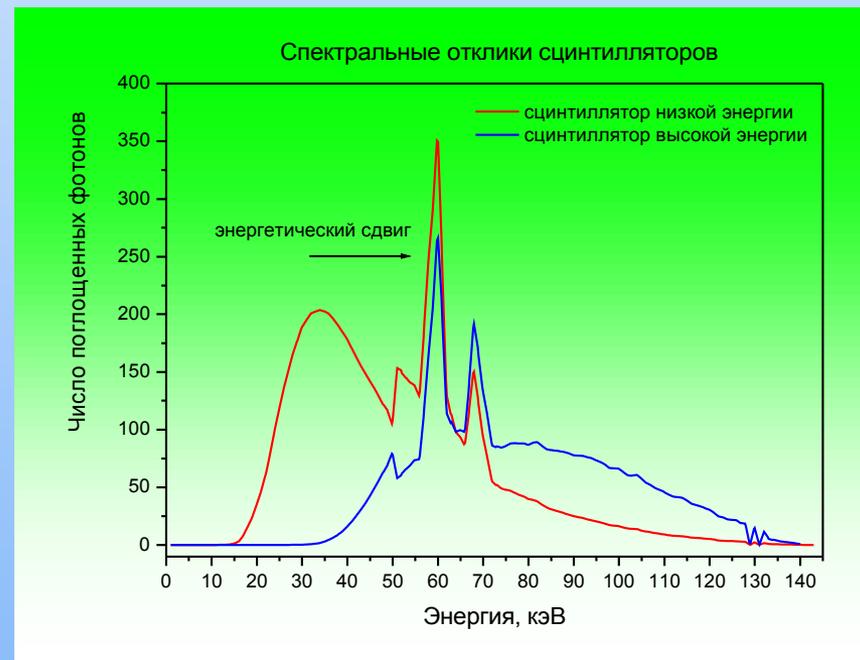
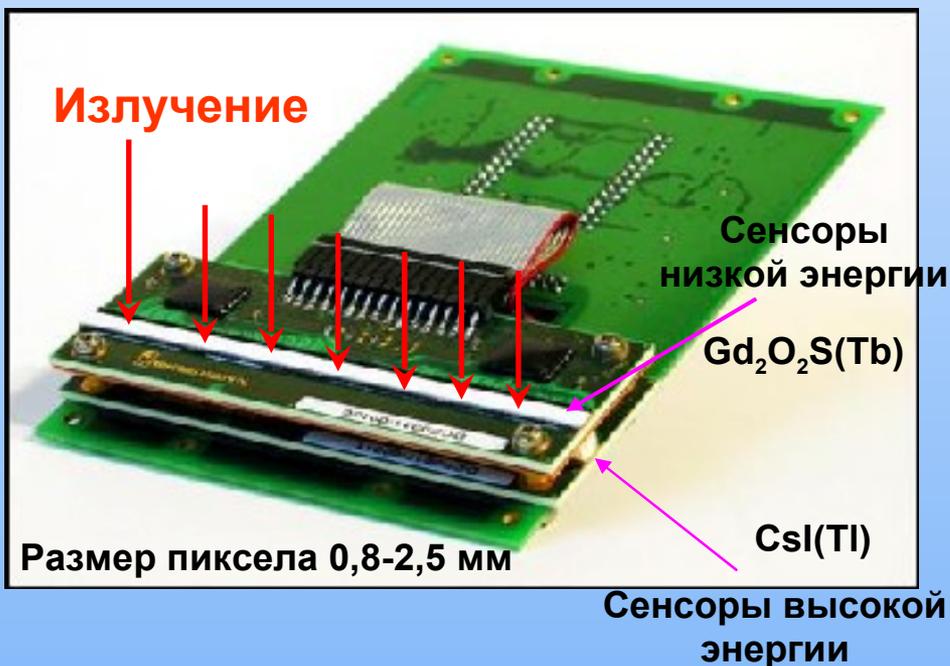


Конвейер

Рентгенозащитный
корпус

Двухэнергетическая технология

2E-детектор типа “сэндвич”



- Конструкция двухэнергетического детектора позволяет получить одновременно два изображения объекта, соответствующих различным эффективным энергиям излучения.
- Сигналы детектора на двух энергиях используются для расчета эффективного атомного номера вещества в каждом пикселе изображения.

Распознавание материалов по эффективному атомному номеру

$Z_{\text{эфф}}$

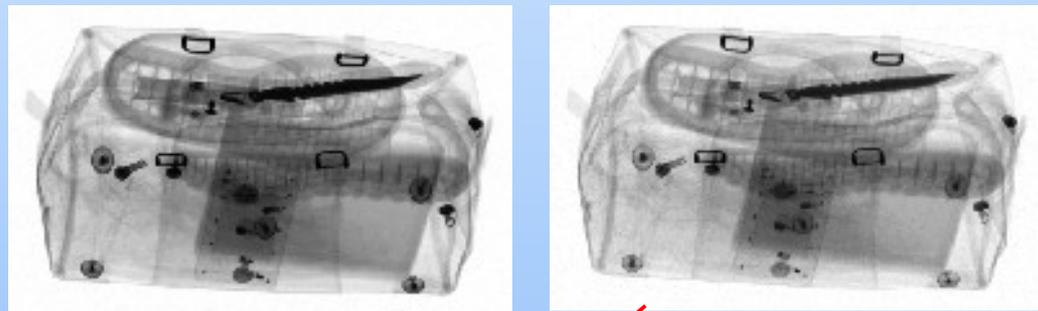
- Эффективный атомный номер сложного вещества – это атомный номер такого воображаемого простого вещества, для которого коэффициент ослабления излучения является таким же, как и для данного сложного вещества.

- Примеры:

Оргстекло ($C_5H_8O_2$) – $Z_{\text{эфф}} = 6,48$

Соль ($NaCl$) – $Z_{\text{эфф}} = 15,19$

Сталь 10 – $Z_{\text{эфф}} = 25,97$



$Z_{\text{эфф}} \leq 10$ (органика)



$10 < Z_{\text{эфф}} \leq 20$ (неорганика)



$Z_{\text{эфф}} > 20$ (металлы)

Типичные модели



- Тоннель 60X45 см
- 140-160 кВ
- Источник снизу

- Тоннель 60X80 см
- 140-160 кВ
- Источник сбоку



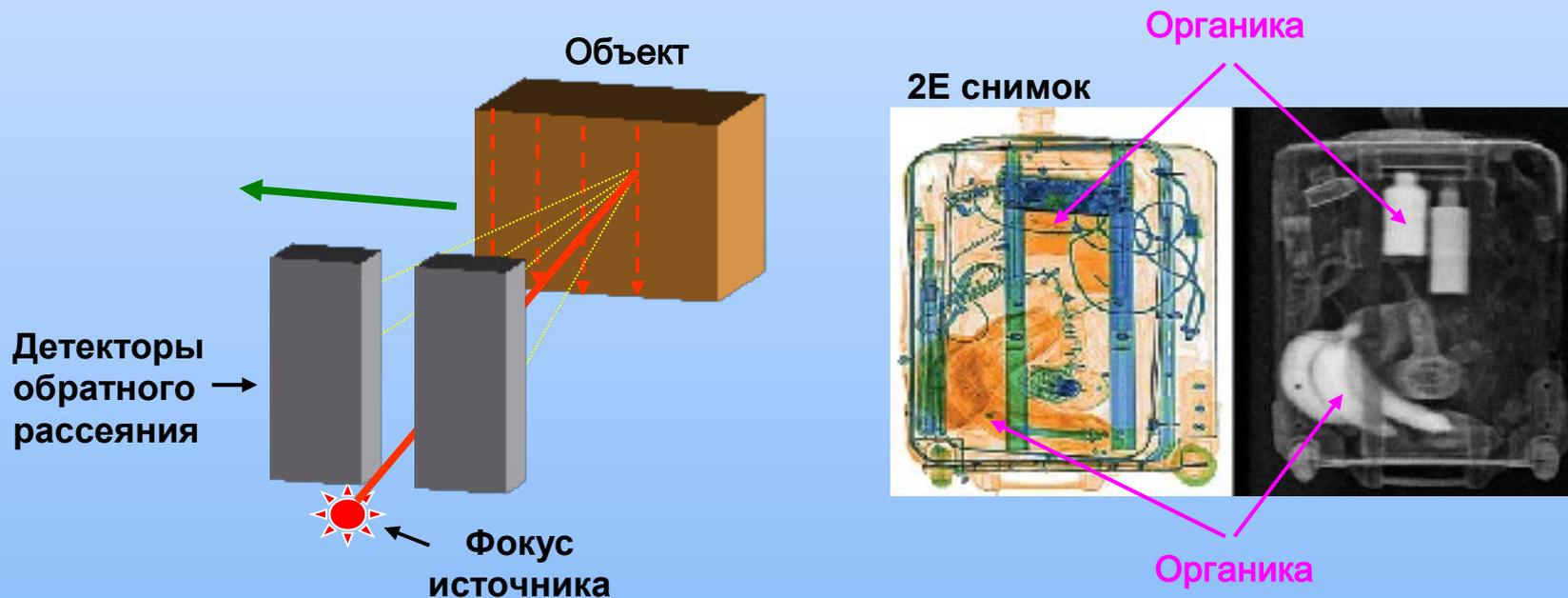
- Тоннель 165X160 см
- 140-300 кВ
- Источник сбоку



- Тоннель 100X100 см
- 140-160 кВ
- Источник сверху

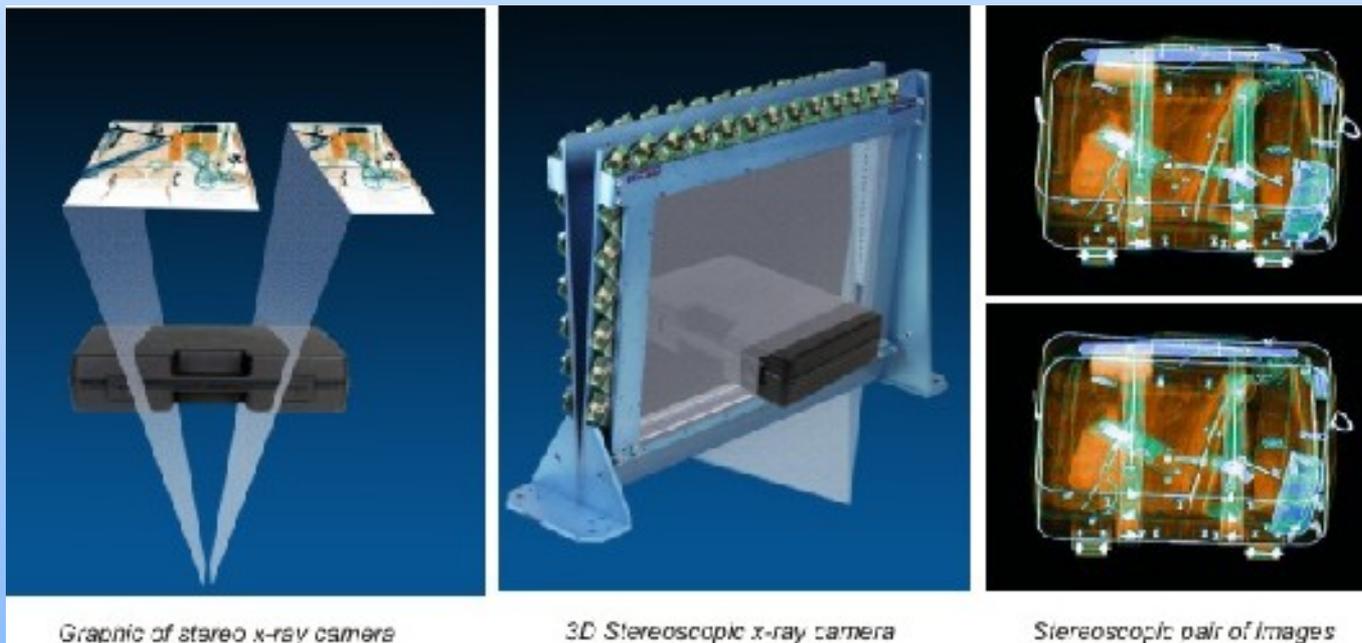


Системы с обратным рассеянием



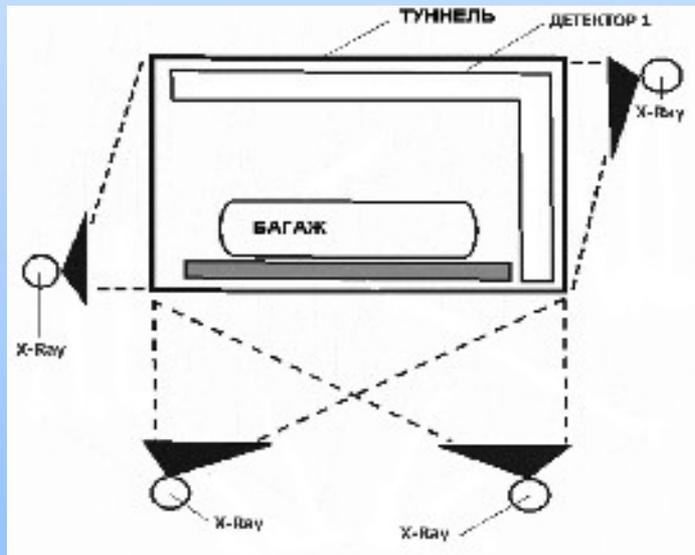
- Объект сканируется точечным пучком, перемещающимся по вертикали. Детекторы регистрируют излучение, рассеянное в обратном направлении.
- Материалы с низким атомным номером (органика) и высокой плотностью рассеивают сильнее, что позволяет выделить их на снимке на фоне других объектов.
- Объекты, экранированные другими объектами (находящиеся в глубине багажа), не выявляются.

Системы со стереоизображением



- Сканирование объекта двумя или более пучками, расходящимися под небольшим углом от одного фокуса, позволяет получить его стереоскопическое (трехмерное) изображение.
- Стереоскопическое изображение облегчает идентификацию подозрительных объектов за счет улучшенного зрительного восприятия трехмерной структуры объекта.

Малопроекционная томография



Эффективный атомный номер
Физическая плотность

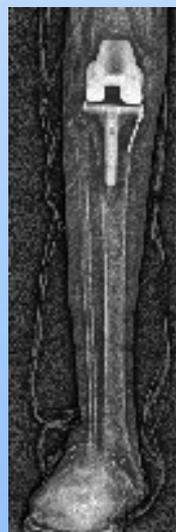


- Использование нескольких пространственных проекций позволяет рассчитать не только эффективный атомный номер, но и физическую плотность материалов, находящихся в объекте досмотра.
- Два физических параметра обеспечивают значительное увеличение надежности обнаружения пластиковой и жидкой взрывчатки.
- Малопроекционная томография рассматривается как наиболее перспективная технология досмотра в настоящее время.



Системы для персонального досмотра

Недостатки металлодетекторов



Ложные тревоги



**Неметаллические
предметы не
обнаруживаются**



Следствие – усложнение процедуры досмотра



Классификация и назначение

Универсальные системы

Специализированные системы

Сканеры поверхности тела

Сканеры - интроскопы

Обнаружение любых предметов, спрятанных под одеждой

Обнаружение любых предметов, спрятанных под одеждой и внутри человеческого тела



- Газоанализаторы
- Металлодетекторы

Предназначены для поиска:

- взрывчатых веществ и наркотиков;
- металлических предметов.

Сканеры поверхности тела



Сканеры на обратном рассеянии рентгеновского излучения



Радары (отражение миллиметрового излучения)



Активные / пассивные системы на терагерцовом излучении

Принцип действия

Регистрация излучения, рассеянного (отраженного, излученного) от поверхности тела и предметов, находящихся под одеждой, с визуализацией результатов сканирования на мониторе.

Недостатки

- Невозможность обнаружить объекты, спрятанные внутри человеческого тела (в анатомических полостях, имплантированных, проглоченных) и в протезах.
- Предметы могут быть замаскированы материалами, имитирующими человеческое тело (напр., имитация беременности).

Сканеры - интроскопы



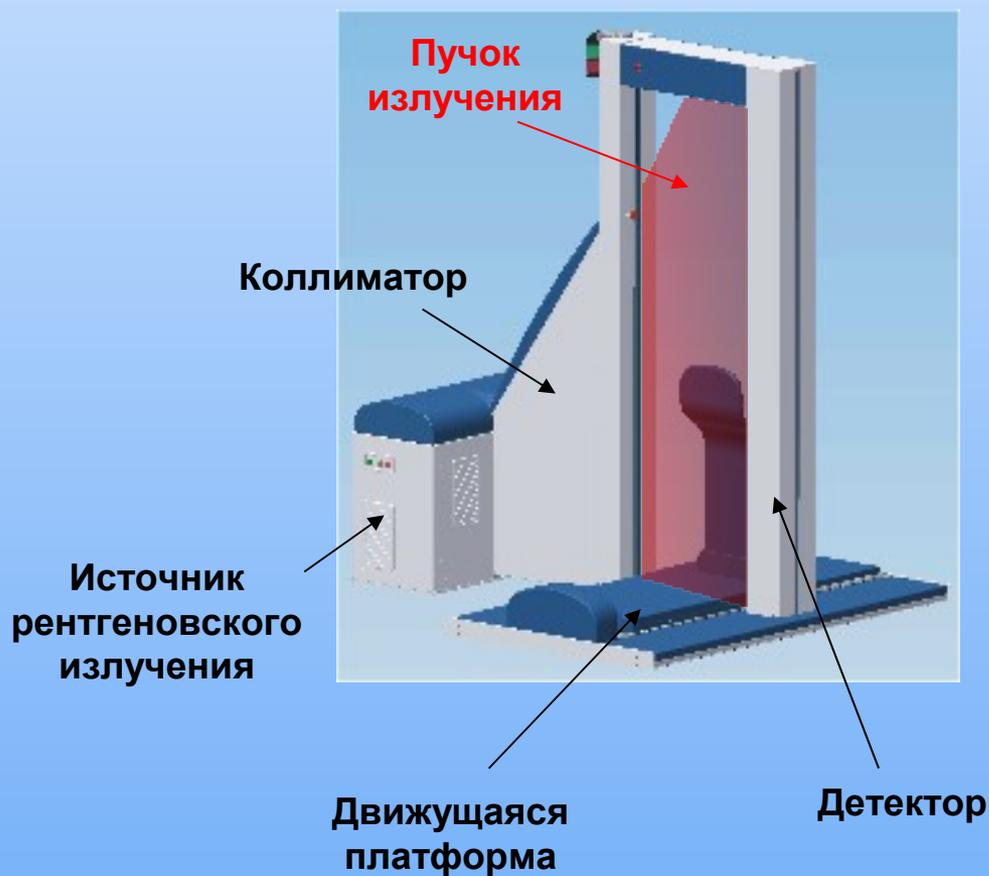
Принцип действия

Человек сканируется веерообразным пучком рентгеновского излучения. Прошедшее излучение регистрируется детектором, сигналы которого передаются в компьютер для реконструкции теневого двумерного изображения.

Преимущества просвечивающей технологии

Любые предметы, спрятанные под одеждой либо внутри человека, могут быть обнаружены на рентгеновском снимке

Конструкция и иллюстрация сканирования



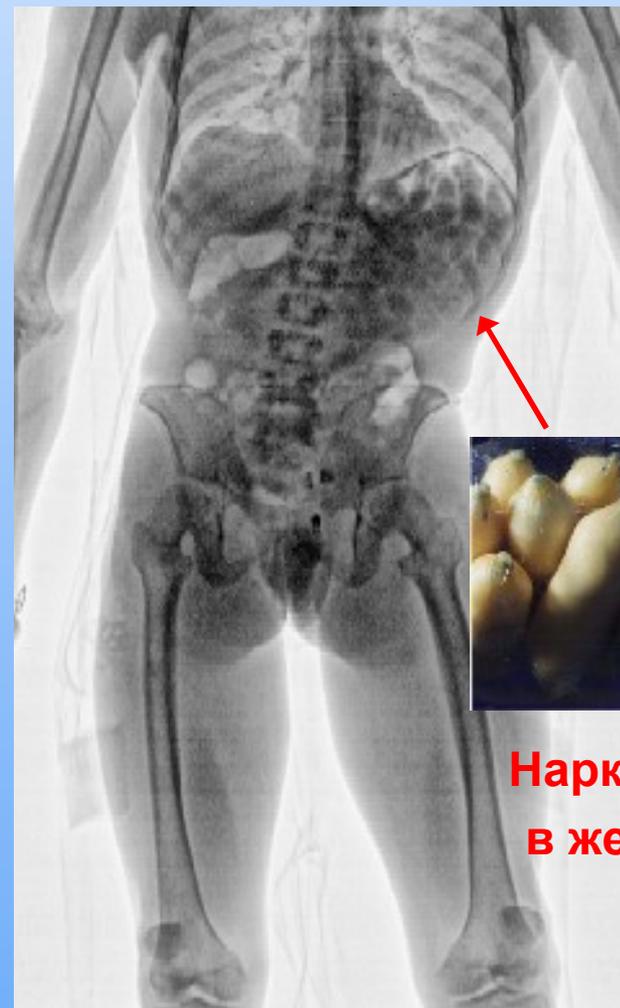
Детектор

Линейка сенсоров (фотодиод + сцинтиллятор CsI(Tl) или $Gd_2O_2S(Tb)$), размер пиксела 0,8-2,5 мм

Энергия излучения

140-200 кВ

Примеры изображений



**Наркотики
в желудке**

Доза за сканирование



0,25 $\mu\text{Зв}$ = 1 ч на открытом воздухе

0,25 $\mu\text{Зв}$ = 3 мин. полета на самолете

100 $\mu\text{Зв}$
(1 рентгеновский снимок грудной клетки)



~60 $\mu\text{Зв}$

(Лондон – Лос-Анджелес, 10 ч)

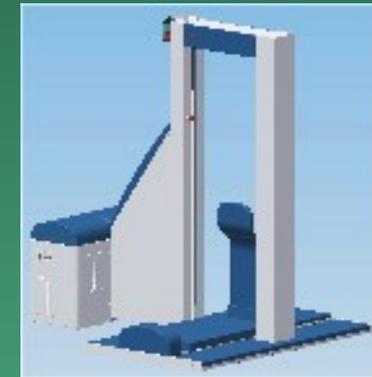
(6,5 $\mu\text{Зв/ч}$ в среднем на высоте 10000 м)



6,6 $\mu\text{Зв}$ / 24 ч

(средний естественный радиационный фон)

(типично – 2,7-27 $\mu\text{Зв}$, 24 ч)



0,25 $\mu\text{Зв}$
1 сканирование

Внедрение двухэнергетической технологии



- Новым шагом в развитии просвечивающей рентгеновской технологии для досмотра людей может быть внедрение двухэнергетической технологии.
- Необходимость поддерживать очень низкую дозу на сканирование предъявляет высокие требования к характеристикам детекторов.
- Разработка новых или улучшенных сцинтилляционных материалов, обладающих высокой эффективностью преобразования энергии, отсутствием послесвечения, низкой гигроскопичностью и другими необходимыми качествами, является важным фактором в развитии технологии.

Сканеры для досмотра большегрузных автомобилей



Классификация и назначение

Универсальные системы



- **Сканеры на основе рентгеновской просвечивающей технологии**
- **Сканеры на обратном рассеянии рентгеновского излучения**
- **Комбинированные сканеры**
Предназначены для поиска:
 - Обнаружение опасных и запрещенных объектов
 - Обнаружение контрабанды и нелегальных мигрантов

Специализированные системы



- **Системы на основе нейтронного излучения**
- **Радиационные мониторы портального типа**

Предназначены для поиска:

- Взрывчатых материалов (нейтронная технология);
- Радиоактивных материалов и компонентов ядерного оружия.

Типичные модели

Фиксированные системы



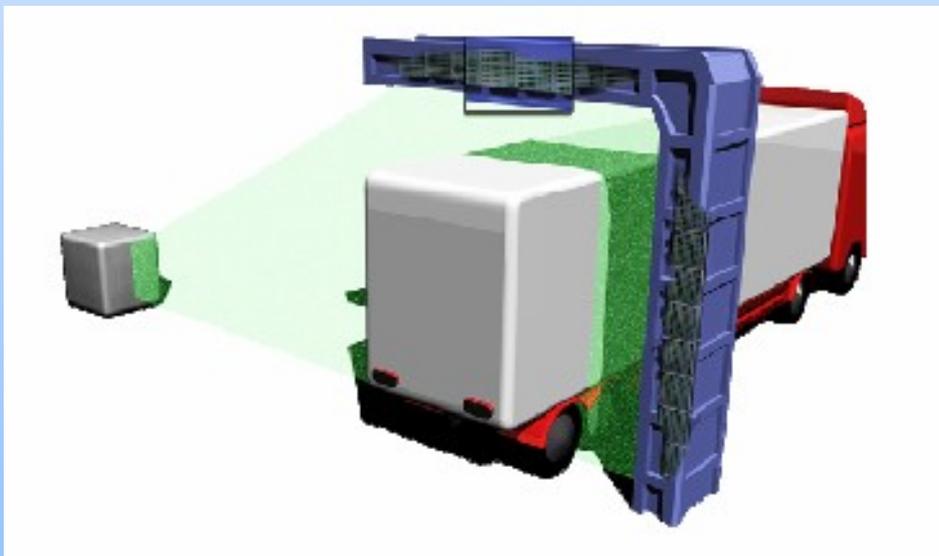
Мобильные системы



Перезагружаемые системы



Сканирование в потоке - новая тенденция



Сканирование в потоке реализуется путем движения транспортного средства через радиационный портал сканера своим ходом под управлением водителя.

Пропускная способность значительно больше, так как водитель не покидает кабину во время досмотра.

Радиационная защита водителя обеспечивается системой датчиков. Пучок излучения включается после кабины водителя.

В малодозовых моделях сканеров возможно сканирование кабины вместе с водителем.

Основной состав и характеристики перебазируемых систем нового типа

Источник излучения

Малогабаритный импульсный ускоритель электронов.

Энергия от 1 до 6 МэВ (в зависимости от назначения сканера)

Детектор

Фотодиод + сцинтиллятор (CsI, CdWO₄)

Пиксел 2,5 - 5 мм

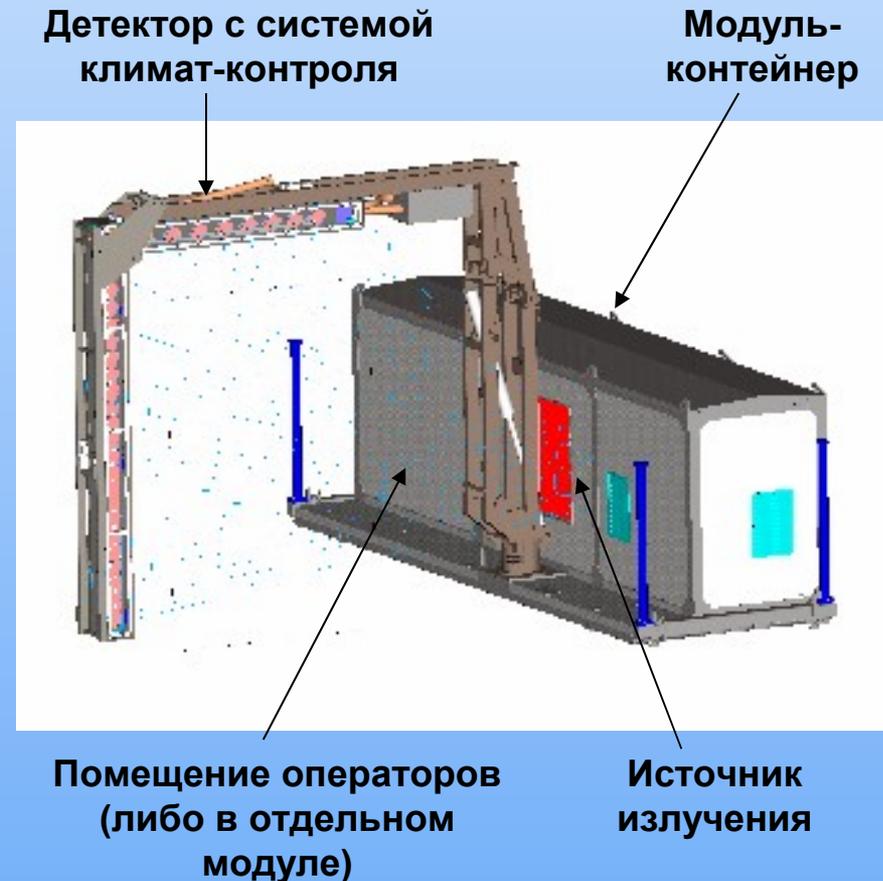
Проникающая способность

От 90 до 450 мм стали (в зависимости от энергии и дозы)

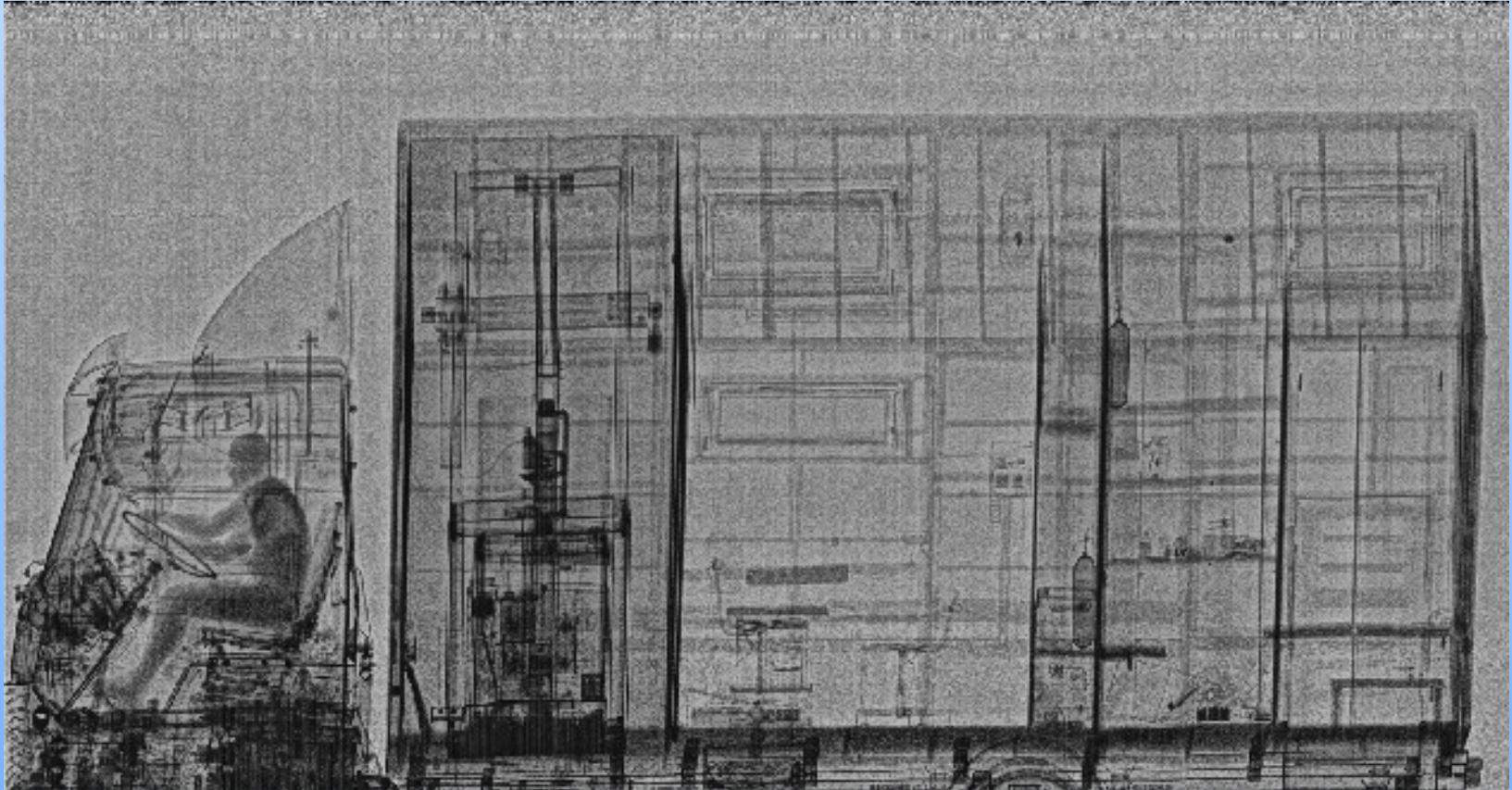
Скорость сканирования

5-15 км/ч (сканирование в потоке)

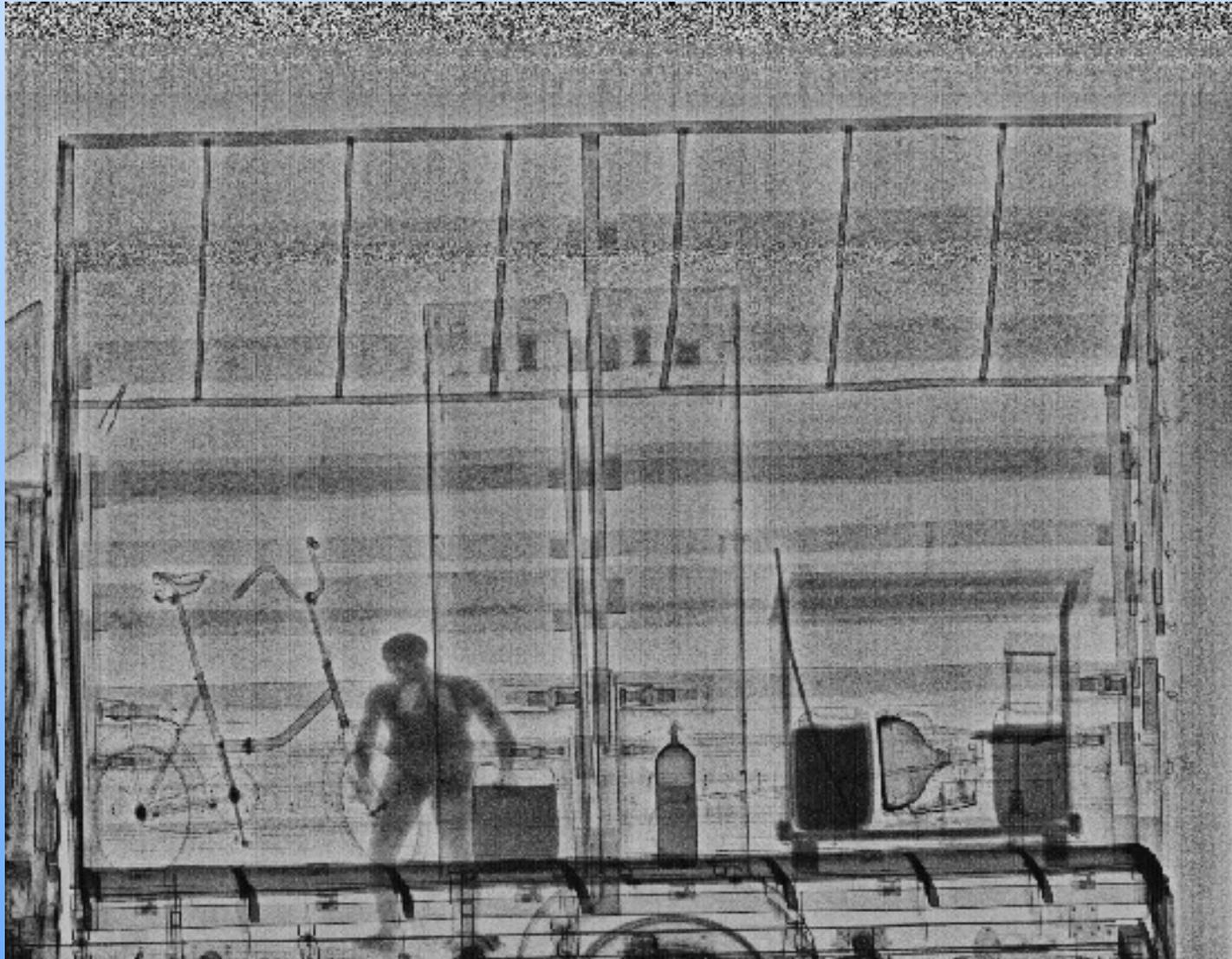
0,2-0,8 м/с (другие системы)



Примеры изображений

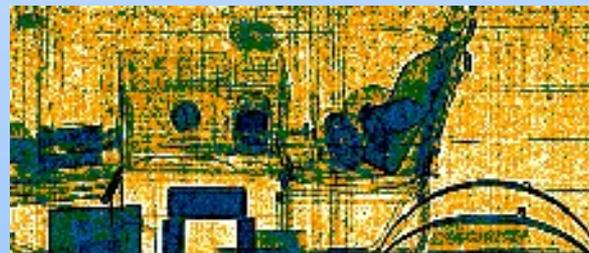


Примеры изображений

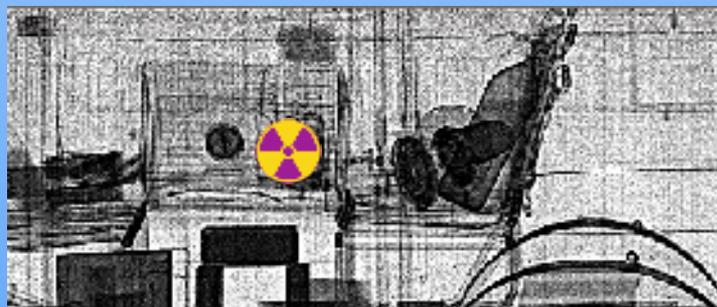
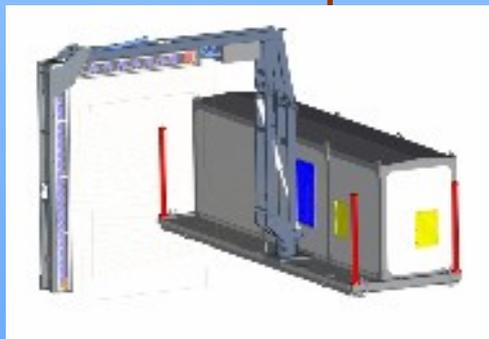


Развитие просвечивающей технологии

Двухэнергетическая технология



Интеграция с радиационным порталом



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

**НПЧУП “АДАНИ”
пр. Рокоссовского 166, 220101
Минск, Беларусь**

**info@adani.by
www.adani.by**


ADANI
ConPass