

УДК 519.7:004.8

**В.М. СВИЩ¹, С.Я. ЯЦЕНКО¹, Н.А. ШУМЕЙКО¹, В.И. ПЕТРЕНКО¹,
В.Ф. СИМОНОВ²**

¹*Научно-техническое специальное конструкторское бюро «ПОЛИСВИТ»
Государственного научно-производственного предприятия «Объединение Коммунар»*
²*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

РЕНТГЕНОИНТРОСКОПИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ СЕМЕЙСТВА «ПОЛИСКАН»

В статье изложены состояние проблемы таможенного контроля, пути и средства решения задач обнаружения оружия, взрывчатки, наркотиков и других запрещенных вложений с помощью рентгеноинтроскопических установок семейства «Полискан».

рентгеноинтроскопическая установка, неразрушающий контроль, рентгеновское излучение, интенсивность излучения, спектральная плотность излучения

Имеющийся в эксплуатации таможенных служб Украины арсенал технических средств таможенного контроля зарубежного и отечественного производства в основном обеспечивает контроль провозимых через границы Украины грузов, однако некоторые виды продукции в силу своих особенностей по составу и свойствам могут контролироваться только частично или вообще быть неконтролируемыми. Поэтому для контроля такой продукции, особенно если она экспортируется на значительные суммы, целесообразна разработка новых специальных оперативных технических средств таможенного контроля.

В качестве основного и наиболее информативного и эффективного инструмента таможенного досмотра используют различного типа рентгеновские интроскопы, позволяющие в режиме реального времени контролировать внутреннюю структуру досматриваемых объектов.

В 1996 году Научно-техническое специальное конструкторское бюро «ПОЛИСВИТ» Государственного научно-производственного предприятия «Объединение Коммунар» совместно с Научно-техническим концерном «Институт монокристаллов» по заказу Государственной таможенной службы Украины начали разрабатывать

рентгеноинтроскопические системы таможенного контроля.

Первой разработкой была система «Полискан-1», которая обеспечила просмотр содержимого багажа и ручной клади в режиме реального времени по теневому изображению контролируемых объектов и возможность выделения отдельных предметов по коэффициенту ослабления рентгеновского излучения.

В создании последующих систем (системы досмотра легковых автомобилей и микроавтобусов «Полискан-2», системы досмотра морских контейнеров и автофургонов «Полискан-3») кроме «Института монокристаллов» были задействованы и другие предприятия:

- ООО «Биостерильные технологии», г. Москва – по разработке линейного ускорителя электронов с энергией до 7,5 МэВ для излучательных установок;
- НПФ «Пеленг» и ККБ «Искра», г. Запорожье – по разработке и изготовлению систем питания излучательных установок;
- Днепропетровский государственный проектный институт, г. Днепропетровск – по разработке проекта сооружения;
- завод им. Малышева, г. Харьков – по изготовлению биозащит излучательных установок и

систем транспортирования контролируемых объектов.

Системы «Полискан-1» в 1997-1999 гг. эксплуатируются на станции Ягодин, в аэропорту г. Джанкой, морском порту г. Евпатория, на товарной станции г. Симферополь.

Система «Полискан-2» с 2001 г. эксплуатируется на магистральном автомобильном переходе «Гоптовка».

Установка и ввод в эксплуатацию системы досмотра морских контейнеров и автофургонов «Полискан-3» планируется в Ильичевском морском торговом порту Одесской области.

За последние годы семейство «Полискан» пополнено новыми разработками, такими, как «Полискан-4», «Полискан-5», «Полискан-6», «Полискан-7». Общим для систем «Полискан-4», «Полискан-5», «Полискан-6» является возможность идентификации органических и неорганических веществ в объектах контроля. Различие систем состоит в размерах и массе контролируемых объектов. Так, для системы «Полискан-4» максимальные размеры объекта по высоте и ширине составляют 900×600 мм с массой до 120 кг, а для системы «Полискан-6» – 270×420 мм с массой до 30 кг.

Пользователями этих систем семейства «Полискан» являются Киевская, Львовская, Криворожская, Днепропетровская, Харьковская, Галицкая, Восточная, Подольская, Хмельницкая, Тернопольская, Ягодинская и Южная таможни.

Кроме таможенных служб Украины к системам «Полискан» проявляют интерес таможенные службы Казахстана, спецслужбы Индии, промышленные предприятия Украины (для использования в качестве средств неразрушающего контроля промышленной продукции), взрывотехнические службы МВД Украины, службы безопасности аэропортов и т. д.

Хотелось бы обратить внимание на то, что ГНПП «Объединение Коммунар» является единственным предприятием в Украине, имеющим лицензию на право разработки, изготовления и сбыта рентгеноинтроскопических систем. Системы семейства «Полискан» имеют соответствующие санитарно-гигиенические разрешения на их применение, обеспечивают безопасные условия эксплуатации как для обслуживающего персонала, так и для контролируемого объекта. Системы семейства «Полискан» дешевле аналогичных систем ведущих зарубежных фирм и не уступают им по своим техническим характеристикам.

Перспективы развития рентгеноинтроскопических систем можно сформулировать в соответствии с задачами, которые поставлены потенциальными потребителями, а именно:

- создание мобильных систем досмотра большегрузных автомобилей;
- создание мобильных систем досмотра малогабаритных объектов;
- внедрение в системы средств идентификации наркотических и взрывчатых веществ;
- внедрение в системы средств обнаружения оружия;
- автоматическое отключение систем при обнаружении опасных предметов;
- внедрение в системы встроенных средств программного обучения;
- внедрение в системы средств удаленного администрирования и диагностики.

Решение этих задач возможно только при выполнении комплекса научно-исследовательских работ как по совершенствованию основных компонент рентгеноинтроскопических систем, так и по созданию новых программно-аппаратных средств, которые позволят улучшить технические характеристики и расширить функциональные возможности.

В связи с большими потоками контрабанды и попытками провоза через границы наркотических, взрывчатых веществ и драгоценных металлов в ближайшем будущем наиболее востребованными будут системы, способные обнаруживать перечисленные запрещенные вложения.

Существующие рентгеновские системы, которые регистрируют два и больше уровней энергии ионизированного излучения (мультиэнергетические), помимо классической визуализации внутренней структуры объектов контроля дают возможность различать органические и неорганические материалы. В современных мультиэнергетических системах реализованы алгоритмы, которые позволяют с удовлетворительной точностью определить состав материалов по виду – органика, неорганика или композиты.

Наиболее надежными и эффективными для распознавания химического состава материалов по-прежнему считаются рентгеновские томографы, использующие возможности современных вычислительных средств. Главным недостатком таких систем является их малая производительность и высокая (около 1 млн.долларов) стоимость.

Системы таможенного контроля «Полискан» построены на принципах цифровой рентгеновской интроскопии и мультирадиографии.

В системах «Полискан» реализован способ распознавания веществ по эффективному атомному номеру для содержимого контролируемого объекта. Данный способ позволяет определять эффективный атомный номер с вероятностью до 90% для органических веществ и для легких неорганических веществ.

Способ распознавания основан на теории взаимодействия рентгеновского излучения с веществами. Интенсивность рентгеновского излучения при прохождении через слой вещества уменьшается из-за двух процессов: поглощение и

рассеяние. Изменение интенсивности монохроматического рентгеновского излучения, прошедшего через слой вещества, определяется зависимостью

$$I_0 = I_0 \cdot \exp(-\mu \cdot d), \quad (1)$$

где d – толщина материала;

μ – массовый коэффициент ослабления;

$$\mu = \tau + \sigma;$$

τ – коэффициент поглощения;

σ – коэффициент рассеяния.

Зависимость линейного коэффициента поглощения

τ от атомного номера вещества Z и длины волны рентгеновского излучения λ

$$\tau \sim Z^3 \lambda^3 \quad (2)$$

является тем параметром, который можно использовать для идентификации вещества.

Источники рентгеновского излучения, используемые в рентгеноинтроскопических системах, имеют широкий спектр излучения, граничная энергия которого соответствует граничной длине волны. Полная нормированная интенсивность ослабленного излучения, значение K которой для всех энергий фотонов содержащихся в энергетическом спектре излучения, определяется выражением с учетом чувствительности приемников рентгеновского излучения

$$K = \frac{\int_{E_{min}}^{E_{max}} G(E) \cdot J(E) \cdot \exp\{-\mu(E) \cdot \rho \cdot x\} dE}{\int_{E_{min}}^{E_{max}} J(E) dE}, \quad (3)$$

где E , E_{min} , E_{max} – энергия излучения фотонов в рабочем диапазоне источника рентгеновского излучения;

$G(E)$ – функция спектральной чувствительности приемников рентгеновского излучения;

$J(E)$ – спектральная функция интенсивности излучения;

$\mu(E)$ – зависимость массового коэффициента ослабления веществом от энергии фотонов;

ρ – плотность вещества;

x – толщина слоя вещества.

Поток энергии фотонного пучка, генерируемого рентгеновской трубкой, прямо пропорционален величине анодного тока и квадрату анодного напряжения [3]:

$$J(E) = kzu^2 I_a,$$

где k – константа;

z – атомный номер вещества анода рентгеновской трубки;

U – анодное напряжение;

I_a – анодный ток рентгеновской трубки.

Из этого следует, что для решения задачи идентификации вещества по массовому коэффициенту ослабления требуются высокостабильные источники рентгеновского излучения.

Кроме перечисленных задач актуальным является также снижение временных и финансовых затрат на обслуживание систем, находящихся в эксплуатации.

С учетом широкой географии мест эксплуатации ежегодные затраты на ремонт и восстановление работоспособности на каждую систему могут составлять от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч гривен.

По опыту сопровождения эксплуатации систем максимальные временные затраты приходятся на поиск неисправностей, что в настоящее время обусловлено несовершенством встроенных средств диагностики и средств автоматического восстановления работоспособности. Поэтому для обеспечения конкурентоспособности на мировом рынке систем семейства «Полискан», кроме

повышения их технических характеристик, расширения функциональных возможностей, особенно важной задачей является оперативное восстановление работоспособности в эксплуатации.

Специалистами НТ СКБ «ПОЛИСВИТ» совместно с учеными Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» решаются задачи исследования динамических характеристик систем, проектирования встроенных средств диагностики и встроенных средств восстановления работоспособности.

Литература

1. Рентгенотехника. Книга 1 / Под общей ред. чл.-кор. АН СССР В. Л. Ключева. – М.: Машиностроение, 1992.
2. Комбинированный детектор для рентгеноэксцинометрии / Рыжиков В. Д., Сохин В.П., Квятковская Е. Ф., Фурсенко В. Д. // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – № 4.
3. Ключев В.В., Соснин Ф.Р. Теория и практика радиационного контроля. – М.: Машиностроение, 1998.

Поступила в редакцию 13.02.2007

Рецензент: лауреат Государственной премии Украины, д-р техн. наук, проф. А.С. Кулик, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.