

# НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНЕГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ПРОВЕРОК ГРУЗА/ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

*Резюме и рекомендации*



Загреб, 2012

Г-н Ивица Прлича  
Начальник группы по радиационной  
дозиметрии и радиобиологии  
Института медицинских исследований  
и гигиены труда  
Ksaverska Cesta 2 HR 10001 Zagreb  
Республика Хорватия



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

## **Введение**

Таможенные, пограничные, портовые и другие инспекционные органы все чаще используют эффективные гамма- и рентгеновские неразрушающие (бесконтактные) технологии контроля (NDT) с целью получения высококачественных изображений интерьеров коммерческих транспортных средств, с грузом или без груза на борту. Ионизирующее излучение легко проникает сквозь грузы и закрытые контейнеры. Таким образом, целью этой проверки является борьба с кражами, выявление контрабанды и других видов незаконной торговли, включая незаконный трафик людей - нелегальных иммигрантов - безбилетных пассажиров, оружия и опасных грузов, ядерных устройств и био-угрозы.

После событий 11 сентября 2001 года в США и последующих террористических актов количество просканированных грузовых транспортных средств резко возросло. Таким образом, инспекционные органы считают данные средства сканирования эффективным дополнением своей достаточно сложной ручной проверке. Это означает, что стандартное таможенное сканирование широко распространяется, чтобы соответствовать современным требованиям безопасности.

На самом деле, коммерческие грузовые автомобили могут быть просканированы несколько раз в день на одном и том же маршруте и во время одной и той же поездки. Это приводит к значительному росту озабоченности представителей отрасли автомобильного транспорта, так как зачастую им не представлены превентивные меры по защите водителей, равно как нет доступной информации о процедурах контроля и возможных рисках и последствиях ионизирующего излучения для их здоровья.

## **Цель и метод исследования**

Целью данного научного исследования является изучение опасностей и рисков, связанных с транспортной деятельностью, которые неизбежно связаны с возможным воздействием на водителей и других лиц ионизирующего излучения при прохождении процесса сканирования груза / автомобиля.

В течение нескольких месяцев ученые исследовали на практике процедуры рентгеновского сканирования и уровни радиационного воздействия на отдельных пунктах пересечения границы и провели научные измерения воздействия радиации и остаточной радиации на отдельных транспортных средствах, с помощью профессионального оборудования радиационного контроля и индивидуальных дозиметров, в том числе активных электронных дозиметров (AED). В дополнение к количественным измерениям уровня радиации, ученые наблюдали и записывали все методы и процедуры, связанные с рентгеновским сканированием на избранных пунктах пересечения границы, и сравнили их с утвержденными международными стандартами, такими как IEC<sup>1</sup> 62523 "Приборы радиационной защиты - рентгенографические системы контроля груза / транспортного средства" в части производства, и Комментарий № 20 NCRP<sup>2</sup> "Вопросы радиационной защиты и измерения, связанные со сканированием грузов с помощью ускорителя на основе высокоэнергетического рентгеновского излучения», в части использования и защиты.

Кроме того, исследование инициирует дискуссии о том, подвержены ли водители грузовиков профессиональному риску, в то время как грузовики сканируются, а водитель выполняет свои профессиональные обязанности, а также следует ли рассматривать водителя в качестве члена широкой общественности, поскольку он не подвергается первичному облучению и не работает в определенных контролируемых областях, защищенных от радиации.

В этом отношении исследование ссылается на определение рабочих мест, данное Международной организацией труда (МОТ), для которых существует высокая вероятность случайного воздействия ионизирующего излучения, используемого для сканирования грузов / транспортных средств.

*1 Международная электротехническая комиссия*

*2 Национальный совет по радиационной защите*

Рабочие (водители) определяются в соответствии с Директивой ЕС<sup>3</sup> по основным стандартам безопасности (Директива Совета ЕС 96/29 / Евратом), устанавливающей базовые нормы безопасности для защиты здоровья работников и широкой общественности от опасности, связанной с ионизирующим излучением (Официальный журнал, L-159, 29.06.1996,) и Проектом Директивы Евратома по основным стандартам безопасности; версия от 24 февраля 2010 (Final), устанавливающей базовые нормы безопасности для защиты от опасности, возникающей в результате воздействия ионизирующего излучения.

Оценивается также возможное наличие зоны радиационного облучения внутри кабины грузовика. Важно отметить, что в исследовании не рассматриваются перевозки ядерных и радиоактивных материалов, т.к. профессиональный риск и транспортные технологии подчиняются многочисленным специализированным национальным и международным правилам.

Наконец, исследование не углубляется конкретно в специальные транспортные процедуры контроля ПРМ (природные радиоактивные материалы), но признает, что радиоактивные отходы могут присутствовать во время сбора научных измерений, поскольку ранее в изучаемом контейнере перевозились ПРМ.

## Методология

### *Измерительные приборы:*

Инструменты, выбранные для исследования, соответствуют справочнику NCRP и ICRU<sup>4</sup> для электромагнитных импульсных полей. Кроме того, активные личные электронные дозиметры (AEPD), ALARA OD, специально разработанные в целях измерений данного исследования, были подготовлены в качестве уникальных измерительных приборов, которые предоставили новый набор надежных дозиметрических данных, с особым акцентом на точное время, когда сканирование произошло. Используемые термо-люминесцентные дозиметры (TLD) были откалиброваны с точностью до  $Co^{60}$ , чтобы иметь возможность их использования в фотонном поле. Также была использована ионизационная камера (для импульсных фотонов высокой энергии), трубы GM и сцинтилляционные счетчики.



Для того чтобы надлежащим способом откалибровать измерительную аппаратуру радиационного контроля и индивидуальные дозиметры, а также обеспечить надежность измерений, специалистами по радиационной защите были заранее проведены консультации, а также была запрошена документация по сертификации сканера и протоколы по радиационной защите. На фото 1 показана канистра с водой, заменяющая водителя, и дозиметр на водительском сиденье в кабине сканируемого грузовика.

### **Техническое исследование:**

В настоящем исследовании оцениваются два типа современных технологий сканирования. Один из них тот, где водитель должен вести грузовик / транспортное средство мимо сканера - с возможностью воздействия рассеянного излучения. Второй тот, где водитель должен ждать за пределами зоны отчуждения сканирующего устройства. В последнем случае доза ожидается не выше, чем приемлемо для населения<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Работники, подвергшиеся воздействию радиации: лица, наемные или работающие на работодателя, подвергающиеся воздействию излучения на работе или на практике, входящие в компетенцию настоящей Директивы, и получающие дозу, превышающую один из уровней дозы, равной лимитам доз для представителей общественности.

<sup>4</sup> Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям

<sup>5</sup> Представители общественности индивидуумы в популяции, за исключением работников, подвергшихся воздействию облучения, учеников и студентов во время их работы, а также физических лиц во время облучения, упомянутых в Статье 6 (4) (a), (b) и (c) Директивы Совета 96/29 / Евратом от 13 мая 1996

В ходе проверки пересечения границы следующие сканирующие устройства были исследованы и их работа задокументирована:

- Двухэнергетический рентгеновский аппарат до 450 кэВ, работающий в непрерывном режиме экспозиции-рентгеноскопии (также известный как силуэтный мобильный сканер). Те же типы изображений производятся с гамма-технологией сканирования.

- Линейный ускоритель, производящий высокоэнергетическое рентгеновское излучение от 2,5 МэВ до 9 МэВ, работающий в импульсном режиме до 400 Гц (например, мобильный сканер LINAC 4,5 МэВ, производится в США, ЕС, Китае, Японии).



Фото 2 демонстрирует силуэтный метод сканирования - (300 кэВ) двухэнергетический рентгеновский аппарат, непрерывное воздействие. Водитель сидит внутри сканирующегося при движении транспортного средства.

Оперативным различием между этими двумя устройствами является то, что двухэнергетические рентгеновские устройства 450 кэВ расположены таким образом, что водитель должен вести грузовик с установленной низкой скоростью вдоль сканирующего устройства (фото 2) и через постоянное поле излучения, которое автоматически запускается после того, как кабина грузовика проходит лазерный указатель. Это гарантирует то, что кабина с водителем внутри не сканируется, а только грузовой прицеп / контейнер.



оперативного блока обозначена на фото.



Следует отметить, однако, что есть вероятность того, что водитель подвергается воздействию рассеянного излучения от грузового прицепа за кабиной. Инцидент может возникнуть, если не правильно сработал механизм начала сканирования, имеется неисправность камеры или автоматический контроль экспозиции (АЕС) начинается преждевременно, подвергая кабину грузовика вместе с водителем облучению. Все другие лица, участвующие в процессе проверки, должны быть за пределами запретной зоны сканирования транспортного средства. Фото 3 демонстрирует силуэтный метод сканирования – рентгеновский аппарат 300 кэВ, непрерывное воздействие. Зона отчуждения вокруг всего

Мобильные сканеры LINAC работают по-разному. Грузовой автомобиль остается припаркованным на указанной стоянке и грузовик с мобильным сканером LINAC везет сканирующее устройство (типа Mi Linatron или другое) с постоянной скоростью вдоль грузовика. Весь грузовик подвергается облучению. Водитель не находится в салоне. На фото 4 – LINAC, устройство рентгеновского сканирования, тип: линейный ускоритель высоких энергий - 4,5 МэВ, импульсное воздействие. Водитель не находится внутри грузовика.



Чтобы ускорить процесс сканирования (процесс проверки), мобильные технологии LINAC позволяют инспекторам сканировать очередь из выровненных, припаркованных транспортных средств, как показано на фото 5. Водители не находятся внутри кабины. Фото 5 демонстрирует LINAC, устройство рентгеновского сканирования (тип - 4,5 МэВ, импульсное воздействие), которое сканирует очередь, выстроенную из грузовиков.

### ***Исследование на месте:***

Измерения проводились с помощью двух различных подходов. В случаях, когда проверка транспортных средств рассматривалась в качестве вопроса национальной безопасности, исследование проводилось после общего утверждения национальными таможенными органами и специалистами по радиационной защите.

В этом случае, грузовые автомобили, участвующие в процедуре измерения, выбирались таможенными инспекторами. Критерии таможенного отбора были не прозрачными, но следовали определенному шаблону, который не относится к данному исследованию. Чтобы обеспечить разнообразие сканируемых транспортных средств и учесть худший вариант облучения во время измерения, ученым также было предложено сделать выбор транспортного средства. Выбранные грузовики были либо совершенно пустыми, либо везли груз с высокой плотностью материала, что обеспечило максимальную силу облучения при сканировании, либо контейнер был изготовлен из стали, и т.д.

В этих «контролируемых» условиях был измерен радиационный фон и выполнен полный перечень дозиметрических измерений, в том числе измерение с макетом водителя (фото 1). Во втором подходе, водители грузовиков везли дозиметры на себе, а другие дозиметры были помещены в кабины грузовиков во время их поездок. После поездки показания дозиметров были зафиксированы.

В обоих случаях сравнение измерений проводились с помощью специально подготовленных активных электронных дозиметров, измерения с которых показали точное время, когда транспортное средство сканировалось. Эти данные потом сравнили с первоначально сделанными измерениями.

Кроме того, в обоих случаях была выбрана точка наблюдения, и процедуры таможенного досмотра изучались независимо друг от друга с целью получения дополнительных данных об общем поведении должностных лиц таможенных органов и водителей грузовиков.

В дополнение к измерениям и наблюдениям, на каждом пункте пересечения границ было проведено интервью с таможенниками, операторами блока рентгеновского сканирования, обсуживающим персоналом и водителями. Операторов опросили по поводу процедур сканирования, об их знании мер защиты от излучения и их обязательствах в отношении водителей. Их попросили представить тот минимум информации, который они должны дать водителям грузовика, в случае, когда транспортное средство выбрано для сканирования.

Водителям был задан вопрос: если они ничего не знали о процедуре проверки, сколько раз груз был отсканирован во время поездки, какие возникли проблемы, а также были заданы другие неформальные вопросы с целью сбора информации и мнений водителей о сканирующих устройствах и порядке таможенного досмотра.

## Результаты

Результаты полевых исследований показывают, что не существует опасности для профессионального здоровья и безопасности водителей в том случае, если сканирование их грузов / транспортных средств проводилось с использованием технологии LINAC.

На графике 1 показаны результаты измерения дозиметром после нескольких сканирований транспортного средства во время поездки. Каждое сканирование и соответствующее время было зафиксировано. В этом тесте электронный дозиметр, представляющий водителя, находился внутри кабины грузовика во время поездки, но водителя в ней не было.



График 1 - мощность дозы по времени; частота и точное время повторного сканирования одним и тем же дозиметром

График 2 показывает общую накопленную дозу около 20 мкЗв, измеренную с помощью электронного дозиметра во время сканирования, и это означает, что описанная процедура сканирования может быть повторена много раз, без какого-либо дополнительного риска для здоровья водителей.



График 2 - ALARA OD накопленная доза, соответствующая частоте сканирования и времени сканирования, показанная на графике 1. Измерительный прибор был помещен в кабину грузовика и / или на сиденье водителя во время нескольких процессов сканирования LINAC в течение одного дня.

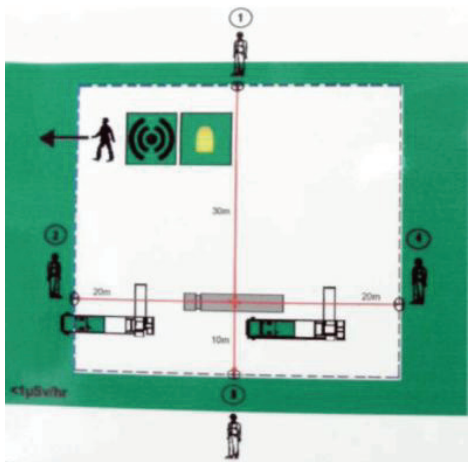
В дополнение к накопленному фоновому излучению, предельно допустимые нормы облучения членов общества, равные 1 мЗв / год, обозначены на графике 4 ярко-красной областью. Предельные нормы установлены в 100 мЗв в течение пяти лет (20 мЗв в год). При этом, даже указанная профессиональная доза облучения не будет иметь никакой опасности для здоровья водителей, тем более, что водитель не подвергнется профессиональному облучению в 1 мЗв / год.

Более старая технология (силуэтные мобильные сканеры, показанные на графике 1, или современные гамма-сканеры), где водитель должен вести транспортное средство вдоль сканирующего устройства, может способствовать возможному увеличению дозы облучения водителя. Это воздействие было измерено на рабочем месте водителя (сиденье в кабине), и возникло из-за рассеянного рентгеновского излучения от



груза и самого транспортного средства. Во время аварии водители могут быть частично подвергнуты облучению, если обслуживание систем безопасности сканера проведено плохо, или если перевозчики не соблюдают процедуры радиационной безопасности, а водители не следуют указаниям. Даже если такие инциденты случаются, и даже если водитель подвергается воздействию рассеянного излучения, уровень экспозиции не превышает установленный<sup>6</sup> уровень в 1 мЗв / год, даже если случайное облучение кабины грузовика повторяется несколько раз в течение одной поездки (графики 1 и 2). Только если водитель достигает уровня в 1 мЗв / год, то это будет рассматриваться как профессиональное облучение работника. Водитель должен проходить контроль, а его максимально допустимый уровень облучения будет увеличен до 50 мЗв / год. Данный уровень до сих пор не считается опасным.

Кроме того, измерения и анализ показывают, что после того, как транспортное средство и груз были отсканированы (рентген до 9 МэВ), остаточное излучение, которое могло бы возникнуть после прохождения процедур сканирования, не обнаруживается в грузе или кабине грузовика.



Было также отмечено, что процедуры сканирования не всегда соответствовали признанным международным стандартами радиационной защиты, таким как стандарты МАГАТЭ, МЭК, ЕС или NCRP по рентгеновскому сканированию. В качестве простого примера неприменения этих стандартов ученые отметили, что водителей не всегда просили покинуть зону безопасности (рис. 6), или зона вокруг сканера была обозначена произвольно. Это происходило зачастую тогда, когда сканирование выполнялось в местах вдоль дорог, на полосе стоянки или по соображениям безопасности.

Как можно видеть на фото 7, нет четкой, видимой, обозначенной зоны безопасности вокруг сканирующего устройства. На фото 7 водитель получил указание покинуть запретную зону, и был на самом деле в пределах зоны безопасности.



Его постоянно сопровождали должностные лица таможенного органа, что является стандартным протоколом в такой ситуации. Водители, как правило, не знакомы со стандартами радиационной защиты, сканирования или проверки, но они подчиняются указаниям инспекторов.

Кроме того, было отмечено, что водители часто не говорят на языке оператора сканера; у них отсутствует знание английского или другого международно признанного языка. Кроме того, водители желают оставаться рядом со своим транспортным средством, потому что боятся за сохранность своих вещей и груза.

<sup>6</sup> Регулируемый уровень для членов общественности, а не профессиональный

## **Рекомендации**

Защита водителей от болезней и травм, связанных с их деятельностью, и как справляться с опасностями и риском, связанными с транспортной деятельностью, которые неизбежно возникают из-за возможного воздействия ионизирующего излучения во время процесса сканирования грузов / транспортного средства - являются ключевыми вопросами этого исследования.

Таким образом, все заинтересованные стороны играют важную роль в повышении осведомленности в части радиационной защиты в отрасли автомобильного транспорта. Т.к. водители, включенные в исследование, не рассматриваются в качестве специалистов, профессионально контактирующих с ионизирующим излучением, ученые рекомендуют следующее:

### ***Рекомендации для заинтересованных министерств и компетентных пограничных органов:***

- Необходимо установить соответствующие информационные панели, которые включают в себя пиктограммы, тем самым указывая, что в данном месте выполняется рентгеновское сканирование, и давать четкие указания о том, что водитель должен сделать, чтобы избежать ненужного облучения;
- На соответствующих пунктах пересечения границы сделать доступными многоязычные информационные брошюры, в том числе пиктограммы, описывающие процессы рентгеновского сканирования, а также информацию о риске и безопасности;
- Разработать и внедрить взаимно признанные сертификаты рентгеновского сканирования, чтобы предотвратить повторное сканирование, тем самым облегчая и ускоряя процесс проверки;
- Обеспечить, при поддержке Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Европейской комиссии (ЕК), Международной организации труда (МОТ) и Всемирной таможенной организации (ВТО), правильное выполнение процедур рентгеновского сканирования, утвержденных на международном уровне;
- Гарантировать, что таможенники и операторы рентгеновского оборудования имеют надлежащую подготовку по вопросам функционирования сканеров и возникновения рисков, что позволит им безопасно работать с оборудованием, и предоставить адекватные инструкции по технике безопасности для водителей;
- В сотрудничестве с производителями рентген-аппаратов обеспечить надлежащую работу (настройку) рентгеновского оборудования.

### ***Рекомендации для производителей рентгеновского оборудования***

- Провести обучение сотрудников таможни и операторов рентгеновского оборудования по надлежащему функционированию и возникающим рискам, и предоставить инструкции по технике безопасности рентгеновского сканирования;
- В сотрудничестве со специалистами по радиационной защите и в ходе консультаций с заинтересованными сторонами, участвующими в процессе сканирования, разработать актуальные брошюры на нескольких языках, в том числе с пиктограммами, для рентгеновских операторов, таможенников и водителей.

### ***Рекомендации для перевозчиков:***

- За счет максимально эффективного обучения в компетентных учебных заведениях, таких как Академия МСАТ, и при помощи соответствующих карт по безопасности водителей улучшить базовое образование водителей по процессу сканирования, рискам и инструкции по технике безопасности рентгеновского сканирования.