

Научное исследование:
**ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНЕГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ
РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ГРУЗА/ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Резюме и рекомендации



**Загреб,
апрель 2012 года**

Г-н Ивица Прлич
Руководитель отдела радиационной
дозиметрии и радиобиологии
**Институт медицинских
исследований
и гигиены труда**
Ksaverska cesta 2
HR 10001 Zagreb
Republic of Croatia



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Введение

В настоящее время действующие таможенные, пограничные и портовые контрольные органы все шире и шире используют неразрушающие (без вскрытия) технологии контроля (НДТ) с помощью гамма- и рентгеновских лучей в целях получения высококачественных изображений внутреннего пространства коммерческих транспортных средств, как содержащих, так и не содержащих груз. Ионизирующее излучение легко проникает сквозь груз и закрытые контейнеры. Цель такого сканирования – пресечь хищение, выявить контрабанду и другие виды незаконной торговли, включая противоправный провоз людей – незаконных иммигрантов, тайно проникших на борт, – оружие и опасные грузы, ядерные устройства и опасные биоматериалы.

После драматических событий, произошедших 11 сентября 2001 года в США, и последующих террористических актов число коммерческих транспортных средств, которые подвергаются сканированию, резко возросло. В этой связи инспекционные органы считают средства сканирования в качестве эффективного подспорья в их трудоемкой работе по физическому досмотру. Это означает, что стандартное сканирование в таможенных целях получает все более широкое применение, охватывая современные проблемы безопасности.

Фактически, большегрузные коммерческие транспортные средства могут подвергаться сканированию несколько раз в день на одном и том же маршруте и в ходе одного и того же рейса. Это вызывает существенное беспокойство в отрасли автомобильного транспорта, поскольку зачастую никакие профилактические меры в целях предохранения водителей не принимаются, а сами водители не имеют возможности получить по легкодоступным информационным каналам нужные сведения о процедурах контроля и возможных рисках и последствиях инспекций с использованием радиационного излучения для их здоровья.

Цель и метод исследования

Цель настоящего научного исследования – изучить опасности и риски, ассоциируемые с теми видами транспортной работы, которые неизбежно связаны с возможностью подвергнуть водителей и других работников воздействию ионизирующего излучения в процессе сканирования груза/транспортных средств.

В течение нескольких месяцев научные работники изучали практические методы и процедуры сканирования методом рентгеновского просвечивания и уровни радиационного воздействия на отдельных приграничных пунктах пропуска и проводили научные замеры воздействия остаточной радиации на отдельных транспортных средствах с использованием профессионального оборудования радиационного контроля и индивидуальных дозиметров, в том числе активных электронных дозиметров (АЭД). В дополнение к измерению количественных параметров радиационного воздействия, научные работники проводили наблюдения и регистрировали все практические методы и процедуры, связанные с рентгеновским сканированием на отдельных приграничных пунктах пропуска, и сопоставляли их с признанными международными стандартами, например такими, как IEC¹ 62523 «Аппаратура радиационной защиты – система радиографической инспекции груза/транспортных средств» для целей изготовления и Комментарий № 20НСРП² «Вопросы радиационной защиты и измерения, связанные со сканированием груза с помощью рентгеновских лучей высокой энергии на основе ускорителя» для целей использования и защиты.

Кроме того, данное исследование положило начало дискуссиям по вопросу о том, подвергаются ли водители грузовых транспортных средств риску, обусловленному их работой, поскольку грузовики подвергаются сканированию как раз в то время, когда они выполняют свои служебные обязанности, или же их следует рассматривать в качестве обычных членов общества, поскольку они не подвергаются первичной радиации и не работают в определенных зонах с контролируемым уровнем радиационной безопасности.

¹ Международная электротехническая комиссия.

² Национальный совет по радиационной защите.

В этой связи авторы исследования ссылаются на определение рабочего места, принятое Международной организацией труда (МОТ), в котором существует высокая вероятность непроизвольного воздействия ионизирующего излучения, используемого для сканирования груза/транспортного средства. Работники (водители) определяются в соответствии с базовыми стандартами безопасности, содержащимися в Директиве ЕС³ (Директива Совета Евратома 96/29), которая устанавливает базовые стандарты безопасности в области охраны здоровья работников и населения в целом от опасностей ионизирующего излучения («Официальный журнал», L-159 29.06.1996), и проект директивы Евратома по базовым стандартам безопасности; вариант от 24 февраля 2010 года (окончательный), устанавливающий базовые стандарты безопасности в области защиты от опасностей, обусловленных воздействием ионизирующего излучения.

Проведена оценка возможного наличия зоны воздействия радиационного излучения внутри кабины грузовика. В этой связи важно отметить тот факт, что данное исследование не охватывает перевозку ядерных и радиоактивных материалов, поскольку профессиональный риск и технология перевозок в этой области регламентируются многочисленными специализированными национальными и международными правилами.

И последний момент. Данным исследованием не предусматривалось проведение конкретного обзора специальных процедур контроля в ходе перевозок РМЕП (радиоактивных материалов естественного происхождения). Вместе с тем в нем признается, что в ходе осуществления научных замеров может обнаруживаться радиоактивный остаточный фон, поскольку в том или ином контейнере ранее могли перевозиться РМЕП.

Методология

Контрольно-измерительная аппаратура:

Выбранная контрольно-измерительная аппаратура для проведения исследования соответствовала руководству НСРП и МКРЕ⁴ для импульсных полей. Кроме того, для целей осуществления замеров в связи с данным научным исследованием был специально изготовлен активный электронный индивидуальный дозиметр (АЭИД) типа ALARA OD, который представляет собой уникальный измерительный инструмент, позволивший снять новый комплекс надежных дозиметрических данных с особым акцентом на регистрацию точного времени проведения сканирования. Использованные термолюминесцентные дозиметры (ТЛД) были откалиброваны по уровню энергии Co^{60} для замеров в условиях фотонных полей высокой энергии. В ходе исследования использовались также ионизационная камера (для импульсных фотонных полей высокой энергии), трубка Гейгера-Мюллера и быстродействующие сцинтилляционные счетчики. Калибровка трех различных измерительных датчиков показана на рисунке 1.

³ *Работники, подверженные воздействию:* лица, работающие на самостоятельной основе или на работодателя, которые подвергаются соответствующему воздействию на рабочем месте в результате применения тех видов практики, которые охватываются настоящей Директивой и могут привести к получению доз, превышающих тот или иной уровень дозы, равный предельному уровню, установленному для населения в целом.

⁴ Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям.

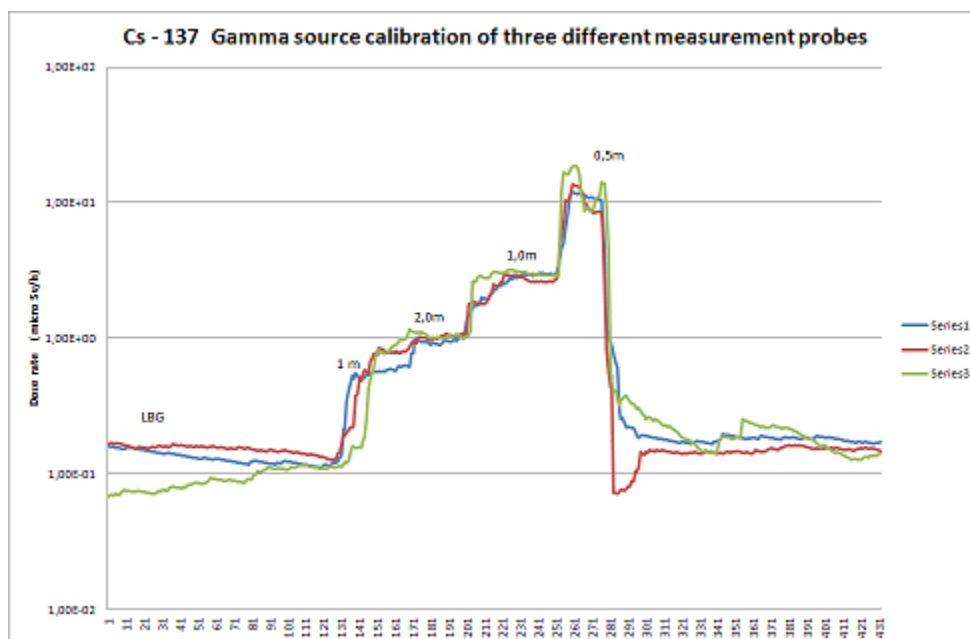


Рисунок 1 – Калибровка аппаратуры в прямом луче известного экранированного калибровочного источника на различных расстояниях от источника. (Проверка трех измерительных датчиков – серии 1, 2 и 3).

В целях подготовки к проведению надлежащей калибровки (фотография 1) контрольно-измерительной радиационной аппаратуры и индивидуальных дозиметров и обеспечения достоверности снятых данных в условиях импульсных фотонных полей высокой энергии были проведены заблаговременные консультации с компетентными органами, ответственными за радиационную защиту, и направлен запрос на сертификационные документы на сканеры и протоколы радиационной защиты.



Фотография 1 – «Водяной фантом», моделирующий водителя, и дозиметр на сиденье водителя в кабине сканируемого грузовика.

Техническая проверка:

В ходе данного исследования была проведена оценка двух видов современных технологий сканирования. Первая: водитель должен вести грузовик/транспортное средство после проверки сканером в условиях возможного воздействия рассеянной радиации на его здоровье. Вторая: водитель должен ждать снаружи в зоне ограничения доступа к сканеру. Доза облучения в последнем случае не должна превышать дозу, допустимую для посторонних лиц⁵.

⁵ Под посторонними лицами подразумеваются обычные представители населения, за исключением работников, подверженных воздействию, учеников и студентов в рабочее время и лиц во время воздействия, указанных в статье 6(4)(a), (b) и (c) Директивы Совета Евратома 96/29 от 13 мая 1996 года.

В ходе инспекции на приграничных пунктах пропуска были опробованы обе технологии сканирования. Полученные результаты были оформлены документально. Для этих целей были использованы следующие конкретные измерительные аппараты:

- рентгеновский инспекционно-досмотровый комплекс с двумя уровнями энергии до 450 кэВ, работающий в режиме постоянного воздействия – режиме рентгеноскопии (известен также под названием «контурный мобильный сканер»). Аналогичным образом можно получить те же типы изображений методом гамма-сканирования.
- линейный ускоритель, работающий по принципу рентгеновского излучения высокой энергии в диапазоне от 2,5 кэВ до 9 МэВ, работающий в импульсном режиме с частотой до 400 Гц (например, мобильный сканер LINAC мощностью 4,5 МэВ, изготавливаемый в США, ЕС, Китае и Японии).



Фотография 2 – Сканер контурного типа – (300 кэВ): рентгеновский инспекционно-досмотровый комплекс с двумя уровнями энергии, работающая в режиме постоянного воздействия. Водитель сидит в кабине и ведет грузовик через арку сканера.

Эксплуатационные различия между этими двумя устройствами заключаются в том, что рентгеновский инспекционно-досмотровый комплекс с двумя уровнями энергии до 450 кэВ устанавливается таким образом, что водитель должен вести грузовик с заданной скоростью на малом ходу рядом со сканирующим устройством (фотография 2) и в условиях радиационного поля постоянной интенсивности, которое включается после того, как кабина пройдет через лазерные индикаторы. Это исключает возможность сканирования кабины, в которой находится водитель. В этом случае сканируется только грузовое пространство трейлера/контейнера.

Вместе с тем следует иметь в виду, что водитель может подвергаться воздействию рассеянного излучения со стороны грузового пространства трейлера, расположенного сзади кабины. Нештатная ситуация может также возникнуть в случае сбоя в работе механизма включения сканера и камер, в результате чего система автоматического сканирования (АЕС) срабатывает преждевременно, подвергая облучению кабину грузовика вместе с водителем. Все другие лица, принимающие участие в процессе инспекции, должны находиться за пределами зоны ограничения доступа вокруг сканируемого грузовика (фотография 3).



Фотография 3 – Сканер контурного типа – 300 кэВ: рентгеновский инспекционно-досмотровый комплекс с двумя уровнями энергии, работающий в режиме постоянного воздействия. На фотографии показана зона ограничения доступа вокруг комплекса, работающего в режиме сканирования.

Мобильные сканеры LINAC работают иначе. Грузовик с грузом запаркован внутри заданной зоны стоянки, а тележка мобильного сканера LINAC передвигает сканирующее устройство (линатрон типа Mi или иного типа) на постоянной скорости вдоль грузовика по всей его длине (фотография 4). Облучению подвергается весь грузовик. В этом случае водитель в кабине не находится.



Фотография 4 – Сканирующая установка рентгеновского излучения высокой энергии типа LINAC – 4,5 МэВ, работающая в импульсном режиме. Водитель в кабине остановленного грузовика не находится.

В целях ускорения процесса сканирования (досмотра) мобильный сканер LINAC позволяет инспекторам сканировать колонну правильно установленных в одну линию запаркованных транспортных средств, как показано на фотографии 5. Водители в кабине остановленных грузовиков не находятся.



Фотография 5 – Сканирующая установка рентгеновского излучения высокой энергии (типа LINAC – 4,5 МэВ, работающая в импульсном режиме) сканирует надлежащим образом выровненную колонну грузовиков.

Обследование на местах:

Замеры производились с применением двух различных подходов. В тех случаях, когда сканирование транспортных средств считалось вопросом национальной безопасности, обследование осуществлялось с согласия национальных таможенных органов и органов по радиационной защите. Однако поездки на места проводились по первому требованию, поэтому можно утверждать, что за такой короткий период времени вряд ли можно было устранить процедурные недоработки и нехватку оборудования.

В этом случае грузовики, на которых проводились замеры, отбирались таможенными инспекторами. Критерии их отбора таможней были не ясны, однако они вписывались в определенную схему, которая не входила в круг вопросов, охватываемых исследованием. Для того чтобы обеспечить разнообразие сканируемых транспортных средств и охватить максимально неблагоприятные случаи воздействия в ходе замеров, научный работник также предлагал свои варианты отбора. Отобранные грузовики были либо полностью разгружены или полностью заполнены грузом с большой плотностью заполнения с целью провести сканирование в условиях полной загрузки, либо это были стальные контейнеры и т.п.

В этих «контролируемых» условиях производились замеры фоновой радиации (рисунок 2) и полный комплекс дозиметрических измерений, включая замеры на «фантоме» (фотография 1). В случае второго подхода водители грузовиков сами имели при себе дозиметры, в то время как другие дозиметры устанавливались в кабины грузовиков на время рейса. По завершении рейса показания дозиметров снимались.

В обоих случаях проводились сравнительные замеры с помощью специально настроенных активных электронных дозиметров, которые позволяли регистрировать точное время сканирования транспортного средства (если оно производилось). Эти замеры сопоставлялись с замерами, сделанными в начале.

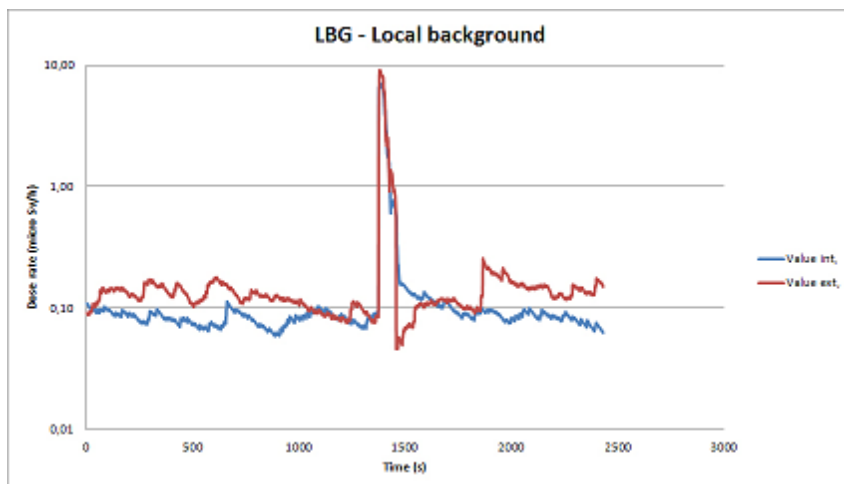


Рисунок 2 – Локальный замер фоновой радиации (два датчика) на месте проверки. Пиковое значение представляет собой контрольную калибровку по известному экранированному источнику ^{137}Cs .

В обоих случаях также выбирался пункт наблюдения, а процедуры таможенного досмотра отслеживались отдельно в целях сбора дополнительных данных о поведении таможенных служащих и водителей грузовиков в целом.

В дополнение к измерениям и наблюдениям, на каждом приграничном пункте пропуска, на который приезжали исследователи, проводились собеседования с таможенными служащими, операторами рентгеновских досмотровых установок, инспекторами и водителями. Операторам задавали вопросы по процедурам сканирования, их знаниям в области радиационной защиты и их обязательствам по отношению к водителям. Их просили изложить минимум информации, которую они должны давать водителям грузовиков в том случае, если его транспортное средство выбиралось для досмотра методом сканирования.

Водителям задавали вопросы о том, знают ли они что-либо о процедурах сканирования, сколько раз сканировался перевозимый ими груз в ходе данного рейса, испытывают ли они какое-либо чувство беспокойства, а также многие другие неофициальные вопросы, которые имели целью собрать информацию и мнения водителей о сканирующих устройствах и повседневных обыденных фактах во время таможенного досмотра.

Результаты

Результаты полевого исследования показывают, что в настоящее время нет каких-либо профессиональных рисков, которые подвергали бы опасности здоровье или безопасность водителей, если досмотр их грузовиков/транспортных средств производится с помощью сканирующей установки рентгеновского излучения высокой энергии типа LINAC.

На рисунке 3 показаны результаты дозиметрических измерений после нескольких сеансов сканирования транспортного средства во время данного рейса. Каждый сеанс сканирования, и соответствующее время регистрировались. В ходе этой проверки электронный дозиметр, моделирующий водителя, находился в кабине грузовика в течение всего рейса, но водителя во время проверки в кабине не было.



Рисунок 3 – Мощность дозы излучения в зависимости от времени; график показывает частоту и точное время очередного сканирования одного и того же дозиметра.

На рисунке 4 отображена общая суммарная доза порядка 20 мЗв, измеренная с помощью электронного дозиметра в ходе зарегистрированных сеансов сканирования, что свидетельствует о возможности многократных повторных процедур сканирования с помощью установок рентгеновского излучения высокой энергии, не подвергая при этом здоровье водителя дополнительному риску (рисунки 3 и 4).

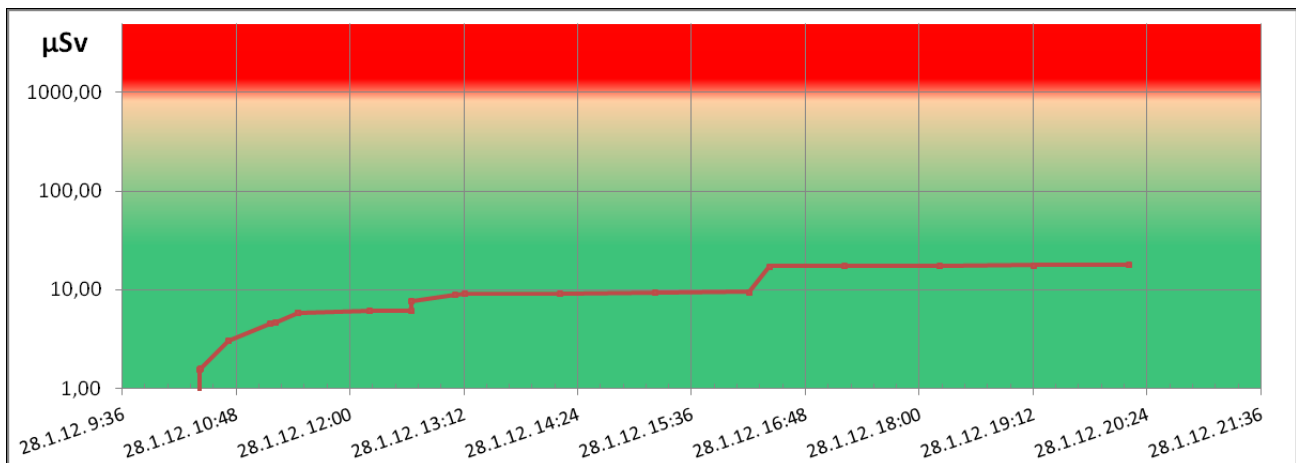


Рисунок 4 – Суммарная доза по показаниям дозиметра ALARA OD, соответствующая данным о частоте и времени сканирования, отраженным на рисунке 3. Измерительный прибор находился в кабине грузовика и/или на сиденье водителя во время нескольких сеансов сканирования с помощью установки LINAC на протяжении более одних суток.

В дополнение к суммарной фоновой радиации, допустимые предельные значения воздействия на посторонних составляют 1 мЗв/год, что отражено в виде выделенной красной зоны на рисунке 4. Предельные значения, предусмотренные нормами гигиены труда, установлены на уровне 100 мЗв за пятилетний период (20 мЗв/год). Таким образом, никаких проблем для здоровья водителей не создаст даже доза, предусмотренная нормами производственной санитарии, не говоря уже о предельной дозе воздействия на водителя на уровне 1 мЗв/год, которая просто не достигается.

Несколько более старая технология (использование контурных мобильных сканирующих комплексов, показанных на рисунке 3, или современных гамма-лучевых сканеров), в случае которых водителю приходится вести транспортное средство вдоль сканирующей установки, может в какой-то мере способствовать увеличению воздействия на водителя. Это воздействие должно измеряться на месте работы водителя (т.е. на сиденье в кабине). Оно обусловлено

рассеянной рентгеновской радиацией, излучаемой грузом и самим транспортным средством. Нештатные ситуации, в которых водители могут подвергнуться частичному воздействию первичного луча, могут возникнуть в случае неудовлетворительного технического обслуживания систем безопасности, несоблюдения операторами процедур радиационной защиты или невыполнения водителями, данных им инструкций. Тем не менее, даже если возникнут такие штатные ситуации и если водитель подвергнется рассеянному излучению, уровень воздействия в этом случае не превысит установленную⁶ действующими правилами дозу на уровне 1 мЗв/год, даже если произвольное воздействие радиации на кабину грузовика повторяется несколько раз в ходе одного и того же рейса (рисунки 3 и 4). Водитель будет рассматриваться в качестве профессионального работника, подверженного облучению, только в том случае если он получит дозу, установленную правилами, на уровне 1 мЗв/год. В этом случае его нужно держать под контролем, и его максимально допустимый нормативный уровень будет увеличен до 50 мЗв/год, который все еще считается не опасным.

Кроме того, результаты измерения и анализа показывают, что после сканирования грузовика и груза с помощью установки рентгеновского излучения высокой энергии мощностью до 9 МэВ остаточная радиация, которая, как предполагается, генерируется в результате сканирования, в грузе или кабине грузовика не обнаруживается.

В ходе исследования отмечались также случаи несоблюдения признанных на международном уровне стандартов радиационной защиты в случае рентгеновского сканирования таких организаций, как МАГАТЭ, МЭК или НСРЗ. В качестве одного из простых примеров несоблюдения этих стандартов можно отметить, что, по наблюдениям научных работников, водителей не всегда просили выйти за пределы установленной опасной зоны (фотография 6) или что эта зона устанавливалась произвольно вокруг сканера. Это зачастую происходило в тех случаях, когда сканирование производилось в точках, расположенных вдоль автомобильных дорог, на полосах парковки или по соображениям безопасности.

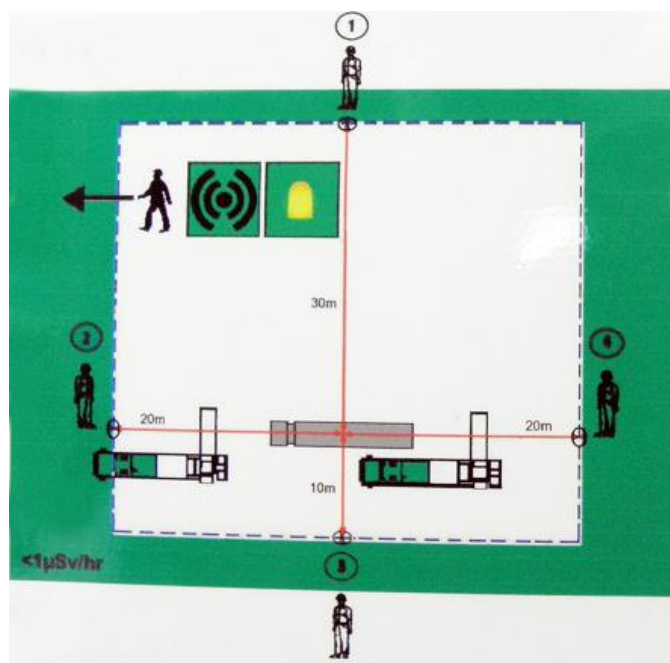


Рисунок 6 – Нормативная зона ограничения доступа со сканером LINAC, схема сканирования грузовиков и требуемое местоположение оператора и водителя за пределами зоны ограничения доступа, которая должна быть четко обозначена на площадке сканирования.

Как видно на фотографии 7 ниже, четкого, видимого обозначения безопасной зоны вокруг сканирующей установки нет. На той же фотографии 7 видно, что водитель, которому было предложено, согласно инструкции, покинуть зону отчуждения, фактически находится в безопасной зоне. Его постоянно сопровождает таможенный сотрудник, что соответствует

⁶ Доза, установленная для посторонних лиц, а не для профессиональных работников.

требованиям стандартного протокола в данной ситуации. Водители в целом не знакомы с правилами радиационной защиты, системой сканирования или инспекционными требованиями, но они должны выполнять инструкции, которые им дают инспекторы. Кроме того, отмечались случаи, когда водители зачастую не знали язык, на котором разговаривал оператор сканера; случаи знания английского или другого принятого на международном уровне языка наблюдаются редко. Кроме того, водители предпочитали оставаться рядом со своим грузовиком, поскольку они боялись за свои вещи и груз.



Фотография 7 – Зона ограничения доступа, в которой находится сканер LINAC и сканируемый грузовик, и местоположение операторов и водителя за пределами зоны ограничения доступа: реальная ситуация, которая наблюдалась в ходе исследования.

Рекомендации

Поскольку предохранение водителей от болезней и телесных повреждений, которые могут быть причинены в результате их профессиональной деятельности, является важным фактором, один из ключевых вопросов, который ставился в данном исследовании, заключался в поиске способов устранения опасностей и рисков, ассоциируемых с теми видами транспортной работы, которые неизбежно связаны с возможностью подвергнуть водителей и других работников воздействию ионизирующего излучения в процессе сканирования груза/транспортных средств.

В этой связи все участники должны играть свою роль в укреплении культуры радиационной защиты в транспортном секторе. Поскольку очевидно, что водители, на которых было нацелено это исследование, не могут рассматриваться в качестве лиц, подверженных ионизационному воздействию, научный руководитель рекомендует следующее:

Рекомендации для соответствующих министерств и компетентных пограничных органов:

- установить соответствующие информационные щиты с пиктограммами, указывающими на проведение сканирования методом рентгеноскопии, и четкими инструкциями для водителей о том, что они должны сделать для того, чтобы избежать ненужного воздействия;
- предусмотреть наличие на соответствующих пограничных переходах информационных проспектов на разных языках, включая пиктограммы, в которых описывается процесс сканирования методом рентгеноскопии и связанные с этим риски и содержится информация по технике безопасности;
- разработать и ввести в практику признаваемый на взаимной основе сертификат сканирования методом рентгеноскопии, с тем чтобы избежать повторных сеансов сканирования и тем самым облегчить и ускорить процесс контроля;
- обеспечить, при поддержке Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Европейской комиссии (ЕК), Международной организации труда (МОТ) и Всемирной

таможенной организации (ВТамО), правильное выполнение признанных на международном уровне процедур сканирования методом рентгеноскопии;

- обеспечить надлежащую подготовку таможенных служащих и операторов рентгеновских установок по вопросам, касающимся работы рентгеновского оборудования для сканирования и рисков, связанных с его использованием, с целью научить их безопасному обращению с этим оборудованием и надлежащему инструктажу водителей по технике безопасности; и
- обеспечить, в сотрудничестве с изготовителями рентгеновских установок, надлежащее техническое обслуживание этого оборудования.

Рекомендации для изготовителей рентгеновских установок:

- обеспечивать надлежащую подготовку таможенных служащих и операторов рентгеновских установок по вопросам, касающимся работы рентгеновского оборудования для сканирования, рисков, связанных с его использованием, и инструктажа по технике безопасности;
- разрабатывать, в сотрудничестве со специалистами в области радиационной защиты и в консультации с заинтересованными сторонами, которые занимаются сканированием транспортных средств, новые информационные проспекты на разных языках, включая пиктограммы, для операторов рентгеновских установок, таможенных служащих и водителей.

Рекомендации для операторов автомобильного транспорта:

- Улучшить, посредством надлежащего использования компетентных учебных центров, таких как Академия IRU, базовое обучение водителей по вопросам, касающимся процесса сканирования, связанных с ним рисков и инструктажа водителей по технике безопасности во время сканирования методом рентгеноскопии с помощью соответствующих карточек водителей по технике безопасности.

* * * * *