

Обеспечение радиационной безопасности при использовании лучевых досмотровых установок и лучевых сканеров для персонального досмотра людей

А.Н. Барковский, Б.Ф. Воробьев, Ю.П. Добренякин, А.С. Мишин, Н.В. Титов
ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

В статье изложены основные подходы к радиационно-гигиеническому нормированию в области обращения с лучевыми досмотровыми установками, использованные при разработке нормативных и методических документов Роспотребнадзора, регламентирующих эту деятельность. Рассмотрены некоторые проблемы, возникающие в связи с развитием технического оснащения этого вида деятельности и потребности в расширении сферы ее применения, в том числе и для персонального досмотра людей. Предложены возможные пути решения этих проблем, позволяющие эффективно использовать данную технику при безусловном обеспечении приемлемого уровня радиационной безопасности персонала и населения.

Ключевые слова: лучевые досмотровые установки, рентгеновские установки для досмотра багажа и товаров, инспекционно-досмотровые ускорительные комплексы, лучевые сканеры для персонального досмотра людей, допустимые уровни облучения, радиационный контроль.

Лучевые досмотровые установки в настоящее время широко используются для досмотра ручной клади и багажа авиапассажиров, почтовых отправлений, а также различных изделий и товаров для определения наличия в них запрещенных к перевозке или опасных изделий, а также для проверки достоверности заносимых в таможенную декларацию сведений о товаре при таможенном контроле. В течение многих лет для этого успешно используются рентгеновские установки для досмотра багажа и товаров (РУДБТ), позволяющие оперативно получать теневое рентгеновское изображение внутреннего содержимого контролируемых объектов путем просвечивания их широким пучком рентгеновского излучения либо путем сканирования их узким верным пучком рентгеновского излучения. Со временем установки этого типа совершенствовались. Для получения трехмерной картины внутреннего содержимого в них могут использоваться несколько разнонаправленных пучков излучения (многопроекционные системы) или системы спиральной томографии. Для разделения легких и тяжелых материалов в РУДБТ могут использоваться несколько пучков рентгеновского излучения различных энергий либо несколько линеек детекторов с различной энергетической чувствительностью. Все эти системы представляют собой установки, в которых рентгеновский контроль происходит в закрытом досмотровом туннеле, обеспечивающем радиационную защиту персонала и окружающих людей.

Регламентация обращения с РУДБТ до недавнего времени обеспечивалась санитарными правилами СП 2.6.1.697-98 [1]. Основным требованием безопасности при этом было ограничение мощности дозы рентгеновского излучения в 10 см от любой доступной точки внешней поверхности РУДБТ при ее работе величиной, которая не должна превышать 2,5 мкЗв/ч. Радиационный контроль РУДБТ осуществляется с использованием методики [2] и направлен, в основном, на контроль выполнения этого требования.

В последние годы широкое распространение получили лучевые досмотровые установки, основанные на просвечивании крупногабаритных грузов пучком тормозного излучения, источником которого являются импульсные ускорители электронов – инспекционно-досмотровые ускорительные комплексы (ИДУК). Они имеют ряд особенностей, которые потребовали разработки нового документа, регламентирующего требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с ними.

Более высокая энергия пучка излучения (энергия ускоренных электронов от 3,8 до 9,0 МэВ) обуславливает большую проникающую способность и возможность контролировать полностью загруженные грузовые автомобили и крупногабаритные контейнеры, но порождает определенные сложности в проведении радиационного контроля. Они усугубляются и импульсным характером излучения. В мобильных установках такого типа отсутствует стационарная радиационная защита зоны контроля, а защита окружающих людей обеспечивается удалением их на безопасное расстояние от источника излучения.

Большинство используемых в настоящее время ИДУК осуществляют сканирование объекта контроля за счет перемещения источника излучения при неподвижном объекте контроля. Это исключает возможность нормирования допустимых уровней излучения по мощности дозы, т.к. в процессе сканирования мощность дозы в любой точке непрерывно изменяется. Использование нормирования по максимальной мощности дозы приводит к неоправданному увеличению зоны контроля и практически нереализуемо. Максимальные значения мощности дозы имеют место при прохождении пучка излучения через точку измерения, и результаты измерения этой величины при сканировании узким пучком излучения существенно зависят от размеров датчика прибора и особенностей процесса измерения.

В реально используемых в настоящее время в России ИДУК ширина пучка излучения составляет 2 мм, а скорость

сканирования – 40 см/с (24 м/мин). При этом излучение импульсное с длительностью импульса 3 мкс и частотой следования 300 импульсов в секунду. На границе зоны ограничения доступа ширина пучка излучения составляет 10–15 мм. Диаметр чувствительной области датчика рентгеновского и гамма-дозиметра ДКС-АТ1123, используемого для радиационного контроля лучевых досмотровых установок, составляет 30 мм, а время одиночного замера – 2 с. При проведении измерений этим прибором происходит занижение измеренного максимального значения мощности дозы примерно в 2–3 раза за счет воздействия излучения лишь на небольшую часть чувствительного объема датчика прибора. Кроме того, при указанной скорости сканирования и размерах датчика прибора пучок излучения при сканировании пересечет датчик прибора менее чем за 0,1 с, а время замера составляет 2 с. За счет этого максимальное значение мощности дозы тормозного излучения при измерении будет занижено еще в 20 раз. Таким образом, измеренное максимальное значение мощности дозы будет существенно занижено, и величина этого занижения будет заметно зависеть от используемого дозиметрического прибора.

При разработке нового нормативного документа в качестве нормируемой величины для ИДУК с движущимся источником излучения и неподвижном объекте контроля (ИДУК второго типа) была выбрана максимальная величина дозы тормозного излучения, накопленной в точке измерения за час работы установки с максимальной интенсивностью. Эта величина непосредственно характеризует возможное радиационное воздействие на человека, которое определяется именно дозой, а измеренное ее значение слабо зависит от размеров датчика прибора и характеристик процесса измерения. В качестве измеряемой величины при этом используется доза за сканирование, умножение которой на максимальное число сканирований за час работы ИДУК дает незаниженную оценку нормируемой величины максимальной дозы за час работы.

В качестве нормируемой величины для ИДУК с неподвижным источником и движущимся объектом контроля (ИДУК первого типа) по-прежнему используется максимальная мощность дозы, т.к. в этом случае конфигурация поля излучения при работе установки достаточно стабильна и величина мощности дозы адекватно характеризует ее потенциальную радиационную опасность.

Вышеописанный подход был использован в разработанных специалистами ФГУН НИИРГ и введенных в действие в 2008 г. санитарных правилах и нормативах СанПиН 2.6.1.2369-08 [3]. Действие их распространяется как на РУДБТ, требования к которым сохранены практически без изменений, так и на ИДУК. В соответствии с СанПиН 2.6.1.2369-08 различают стационарные и мобильные ИДУК. В стационарных ИДУК процедура контроля происходит в досмотровом зале, стены которого обеспечивают необходимую радиационную защиту и выполнение требований радиационной безопасности для населения вне досмотрового зала. Процедура контроля с использованием мобильных ИДУК осуществляется на открытой площадке, а радиационная защита обеспечивается наличием зоны ограничения доступа, за пределами которой выполняются требования радиационной безопасности для населения при работе установки. В соответствии с СанПиН

2.6.1.2369-08 для ИДУК первого типа мощность дозы на границе зоны ограничения доступа мобильных ИДУК и на внешней поверхности стен досмотрового зала стационарных ИДУК не должна превышать 1,0 мкЗв/ч. Для ИДУК второго типа доза за час работы установки на границе зоны ограничения доступа мобильных ИДУК и на внешней поверхности стен досмотрового зала стационарных ИДУК не должна превышать 1,0 мкЗв. Поскольку большинство используемых в настоящее время ИДУК позволяют совершать не более 25 сканирований в час, допустимая доза за сканирование составит 40 нЗв.

Существуют ИДУК первого типа, в которых перемещение контролируемых транспортных средств при сканировании осуществляется за счет движения автомобиля, за рулем которого находится водитель. Поэтому в санитарных правилах предусмотрены требования по радиационной защите водителя при таком методе контроля автомобиля. В соответствии с СанПиН 2.6.1.2369-08 ИДУК первого типа, в которых перемещение контролируемого транспортного средства при проведении контроля осуществляется его водителем, должны быть оснащены техническими средствами, исключающими возможность генерации излучения при нахождении кабины автомобиля в зоне контроля и обеспечивающими сканирование пучком излучения только грузового отсека автомобиля. Доза облучения водителя за счет проведения контроля управляемого им автомобиля не должна превышать 1,0 мкЗв. При этом при 250 процедурах контроля в год (ежедневно по рабочим дням) годовая доза водителя не превысит четверти среднегодового предела дозы техногенного облучения населения за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения (1 мЗв в год). В методических рекомендациях [4] определен порядок проведения радиационного контроля ИДУК. В них предусмотрено проведение радиационного контроля на границе зоны ограничения доступа мобильных ИДУК (внешней поверхности стационарной радиационной защиты стационарных ИДУК) и на рабочих местах персонала. Для мобильных ИДУК дополнительно предусмотрена необходимость ежедневного (после каждого развертывания) контроля максимального значения мощности дозы на границе зоны ограничения доступа в зоне прямого пучка излучения. Целью этого является контроль состояния теневой радиационной защиты, установленной за линейкой детекторов на стреле мобильного ИДУК, т.к. этот элемент является потенциально наиболее слабым элементом конструкции мобильного ИДУК и существенно влияет на уровни излучения.

Для упрощения процедуры контроля и обеспечения разумной консервативности получаемых результатов предусмотрены следующие требования к проведению радиационного контроля:

– измерение мощности дозы (дозы за сканирование) на границе зоны ограничения доступа мобильных ИДУК и на внешней поверхности стационарной защиты досмотрового зала стационарных ИДУК проводится без объекта контроля;

– измерение мощности дозы на рабочих местах персонала проводится с объектом контроля, загруженным материалами или изделиями, хорошо рассеивающими фотонное излучение (например, вода, бензин, пищевая продукция и т.п.);

– из измеренных значений дозы (мощности дозы) не производится вычитание вклада в нее радиационного фона в точке измерения.

Авторами были проведены многочисленные измерения на мобильных (типа HCV Mobile) и стационарных (типа HCV Gantry) ИДУК, эксплуатируемых в таможенных органах Российской Федерации. В соответствии с технической документацией мобильные ИДУК типа HCV Mobile должны располагаться внутри зоны ограничения доступа размером 30 на 50 м так, чтобы расстояние от выступающей задней части радиационной защиты ускорителя до задней длинной границы зоны ограничения доступа составляло 4,4 м. Некоторые результаты измерений, выполненных в соответствии с методическими рекомендациями [4], приведены в таблице.

Как видно из приведенных результатов, максимальная доза за сканирование на передней границе зоны ограничения доступа мобильных ИДУК составляет 25–29 нЗв за сканирование, а на задней границе – 13–17 нЗв за сканирование. Максимальная доза за сканирование на внешней поверхности стен досмотрового зала стационарных ИДУК составляет 4–5 нЗв за сканирование, а на внешней поверхности защитных ворот стационарных ИДУК – 11–14 нЗв за сканирование. Погрешность представленных результатов измерения составляет 40%.

Как показывает практика, при существующей технологии таможенного контроля с использованием ИДУК реально можно проконтролировать не более 10 автомобилей в час. При этом для выполнения требований СанПиН 2.6.1.2369-08 (доза за час работы не более 1 мкЗв) достаточно ограничить дозу за сканирование на границе зоны ограничения доступа величиной 100 нЗв за сканирование. А это позволяет без применения дополнительной радиационной защиты уменьшить ширину зоны ограничения доступа с 30 м до 20 м.

В настоящее время происходит интенсивное развитие конструкции лучевых досмотровых установок в направлении повышения информативности и качества получаемых изображений, снижения доз облучения персонала и населения и расширения области использования таких установок. Появились установки, контролируемые объекты не по прошедшему, а по отраженному излучению, которые

обеспечивают снижение дозы облучения объекта контроля на порядок. Разработаны лучевые сканеры для персонального досмотра людей и установки для контроля проходящих автомобилей в потоке вместе с водителем и пассажирами. Предлагаемые технологии контроля предусматривают облучение людей как необходимый элемент процедуры контроля. Это требует разработки специальных санитарных правил, определяющих допустимые области применения таких систем контроля, требования к технологии его проведения и к используемой при этом технике, а также допустимые уровни облучения людей за счет применения таких систем контроля.

В соответствии со сформулированным в НРБ-99/2009 [5] принципом обоснования должны быть запрещены все виды деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением. Поэтому новый вид деятельности, связанный с использованием лучевых сканеров для персонального досмотра людей, может быть разрешен только для таких применений, при которых польза для контролируемого человека или для общества гарантированно превышает риск возможного вреда, связанного с облучением. В настоящее время единственной областью использования лучевых сканеров для персонального досмотра людей, удовлетворяющей этому требованию, официально признан выборочный предполетный контроль авиапассажиров, проводимый при их добровольном согласии. При этом доза облучения людей за один контроль не должна превышать 1 мкЗв. При таких условиях, даже при ежедневном контроле годовая доза не превысит 0,4 мЗв в год, т.е. будет в 2,5 раза меньше среднегодового предела дозы для населения. Реальное число контролей значительно меньше. Это позволяет отказаться от труднореализуемого учета индивидуальных доз за счет повторных контролей. Но, с учетом ожидаемого в ближайшее время существенного расширения области применения лучевых сканеров, контроль вклада данного источника излучения в дозу населения целесообразно вести путем учета числа досмотренных на них людей и использования величины средней дозы за контроль, периодически уточняемой путем измерений.

Таблица

Измеренные значения максимальной дозы за сканирование (МДС) на границе зоны ограничения доступа (ЗОД) мобильных ИДУК и на внешней поверхности стационарной защиты стационарных ИДУК, нЗв за сканирование

Мобильные ИДУК типа HCV Mobile			Стационарные ИДУК типа HCV Gantry		
Зав. №	МДС на передней границе ЗОД	МДС на задней границе ЗОД	Зав. №	МДС на внешней поверхности передней стены	МДС на внешней поверхности защитных ворот
851510	26	15	MGR609	4	11
851513	25	14	MGR610	5	13
851515	26	13	MGR611	4	14
850591	26	15			
850592	29	14			
850595	28	17			
WD 9506141L140714	27	13			

Целесообразно расширить перечень источников облучения населения, учитываемых в рамках Единой государственной системы контроля и учета доз облучения населения (ЕСКИД), включив в него дозу за счет персонального досмотра с использованием лучевых сканеров, и ввести дополнительную форму федерального государственного статистического наблюдения № 5-ДОЗ для учета этого компонента дозы.

Реальные дозы от используемых в настоящее время в России для предполетного досмотра авиапассажиров лучевых сканеров составляют 0,3–0,8 мкЗв за сканирование. Для сканеров, работающих на отраженном излучении, доза за контроль составляет менее 0,1 мкЗв. При этом при 100 контролях в год годовая доза техногенного облучения за счет данного вида деятельности не превысит 10 мкЗв в год. Это в соответствии с п.1.4 НРБ-99/2009 позволяет вообще не учитывать данный компонент дозы как соответствующий безусловно приемлемому риску.

Таким образом, выдача разрешения на использование персональных сканеров для досмотра людей зависит от дозы, получаемой человеком за один акт контроля (т.е. от конструкции сканера), ожидаемой частоты его применения (т.е. от условий использования) и от величины пользы, получаемой контролируемым человеком и/или обществом от данного вида деятельности с использованием персональных сканеров.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать следующие подходы к решению вопроса о допустимости использования лучевых сканеров для персонального досмотра людей в различных видах деятельности:

1. Использование лучевых сканеров для персонального досмотра людей будет всегда оправдано, если оно приносит пользу досматриваемому человеку или обществу и годовая доза техногенного облучения людей за счет осуществления данного вида использования лучевых сканеров не превышает 10 мкЗв в год.

2. Использование лучевых сканеров для персонального досмотра людей может быть оправдано, если оно приносит пользу досматриваемому человеку или обществу и годовая доза техногенного облучения людей за счет осуществления данного вида использования лучевых сканеров не превышает 1,0 мЗв в год. В этом случае необходимо сравнивать ожидаемый риск возможного вреда и пользу от данного вида деятельности.

3. Использование лучевых сканеров для персонального досмотра людей не может быть оправдано, если не приносит пользу досматриваемому человеку или обществу (например, осуществляется в интересах человека или организации, проводящей досмотр) или если годовая доза техногенного облучения людей за счет осуществления данного вида использования лучевых сканеров может превысить 1,0 мЗв в год.

Эти критерии могут применяться при решении вопроса о возможности и условиях использования лучевых сканеров для персонального досмотра людей при осуществлении различных видов деятельности, а также при разработке соответствующих санитарных правил, проект которых специалисты ФГУН НИИРГ планируют подготовить в 2011 г.

Сходная задача возникает и при решении вопроса о допустимости использования лучевых досмотровых ус-

тановок для контроля транспортного средства с водителем и пассажирами. В этом случае, в отличие от использования лучевых сканеров для персонального досмотра людей, происходит не облучение человека с целью персонального досмотра, а облучение человека в связи с нормальной эксплуатацией лучевой досмотровой установки, которое ограничивается пределом дозы для населения. Но результатом в обоих случаях является дополнительное техногенное облучение людей, причем если при персональном досмотре людей можно говорить об обязательной добровольности такого контроля, то при контроле потока машин возможность осуществления принципа добровольности практически исключена. Решение о допустимости использования лучевых досмотровых установок для контроля транспортных средств с людьми может приниматься на основе тех же критериев, что и для персонального досмотра людей. Это может потребовать внесения изменений и в СанПиН 2.6.1.2369-08 в части обязательности оснащения всех ИДУК, на которых контролируется автомобиль с водителем, техническими средствами, исключающими возможность генерации излучения при нахождении кабины автомобиля в зоне контроля и обеспечивающими сканирование пучком излучения только грузового отсека автомобиля. Это требование не является существенным, если выполняется требование по ограничению дозы за процедуру контроля. Например, многопроекционная инспекционная система для рентгеновского контроля автотранспорта «Застава-1» (Z Portal) производства American Science and Engineering, Inc. обеспечивает дозу облучения водителя при проведении контроля транспортного средства не более 0,05 мкЗв за контроль, т.е. в 20 раз менее допустимой величины в соответствии с СанПиН 2.6.1.2369-08. Вряд ли в этом случае следует дополнительно требовать обязательного обеспечения сканирования пучком излучения только грузового отсека автомобиля.

Возрастание опасности террористических угроз приводит к необходимости увеличения частоты и расширения сферы применения лучевых досмотровых установок и лучевых сканеров для персонального досмотра людей, совершенствования конструкции таких систем. При этом очень важно обеспечить радиационную безопасность населения и не допустить необоснованного применения этого вида техники в тех областях, где оно не приносит реальной пользы или не гарантируется соблюдение требований безопасности для населения. Решение этих вопросов является важной задачей Управлений Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации, осуществляющих выдачу санитарно-эпидемиологических заключений на условия использования данных технических средств в определенных областях деятельности. Роль Управлений Роспотребнадзора при решении этой задачи еще более возросла после отмены санитарно-эпидемиологических заключений на продукцию, содержащую источники ионизирующего излучения, оформлявшихся на федеральном уровне.

До принятия специальных санитарных правил по использованию лучевых сканеров для персонального досмотра людей при решении вопроса о возможности выдачи санитарно-эпидемиологического заключения на определенный вид их применения рекомендуется использовать вышепри-

A.N. Barkovsky, B.F. Vorobyev, Yu.P. Dobrenyakin, A.S. Mishin, N.V. Titov
**Radiation safety provisions during the use of radiation inspection installations
and radiation scanners for the people personal inspection**

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev»
of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. The article presents basic approaches to the radiation hygienic regulation in the field of radiation inspection installation management, used during development of Rospotrebnadzor regulatory and methodical documents, regulating this activity. Some problems arising from the development of technical equipment for this activity and needs for the broadening of its application area, including people personal inspection, are considered. Possible ways of solving of these problems, allowing for effective use of this equipment with the definitive provision of acceptable level of population and personnel radiation safety are proposed.

Key words: radiation inspection installations, X-ray installations for the luggage and goods inspection, inspection accelerating complexes, radiation scanners for the people personal inspection, allowable exposure levels, radiation control.

Поступила 29.11.2010 г.

А.Н. Барковский
Тел: (812) 232-04-54
E-mail: ANBarkovski@yandex.ru