

Оценка адекватности действующих подходов к проведению индивидуального дозиметрического контроля персонала

Бажин С.Ю., Шлеенкова Е.Н., Богатырёва В.Ю., Некрасов В.А.

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Широкий диапазон задач, стоящих при организации и проведении досмотра, привёл к разработке большого количества моделей лучевых досмотровых установок, различающихся областью применения и характеристиками входящих в их состав источников ионизирующего излучения. По данным радиационно-гигиенической паспортизации в Российской Федерации в 2023 году использовалось 7 095 досмотровых рентгеновских установок. Большой аппаратный парк и отсутствие специального нормативно-методического документа, разъясняющего вопросы организации и проведения индивидуального дозиметрического контроля персонала, обеспечивающего работу рентгеновских установок по досмотру багажа и товаров, побудили к проведению исследования по оценке адекватности действующих подходов к оценке доз персонала. Материалы и методы: Проведён производственный радиационный контроль рабочих мест операторов 11 рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров различных моделей. Представлены результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала, обеспечивающего работу рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров, с помощью индивидуальных термолюминесцентных дозиметров. Результаты и обсуждение: Представленные модели рентгеновских установок в условиях нормальной эксплуатации не представляют радиационной опасности для персонала и населения. Среднее значение индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ у операторов лучевых досмотровых установок практически соответствует его значению для природной фоновой компоненты дозы — техногенная компонента дозы облучения пренебрежимо мала. Для всех рассматриваемых моделей рентгеновских установок среднее значение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на рабочих местах операторов составляло: 0,14 мкЗв/ч и 0,13 мкЗв/ч для операторов рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров 1-го и 2-го типа соответственно. Таким образом, по результатам производственного радиационного контроля представленных моделей рентгеновских установок и результатам индивидуального дозиметрического контроля можно сделать вывод о должном соблюдении условий радиационной безопасности в поле излучения этих источников для операторов и лиц, не отнесённых к персоналу.

Ключевые слова: лучевые досмотровые установки, индивидуальный дозиметрический контроль, производственный радиационный контроль, индивидуальный эквивалент дозы.

Введение

Досмотр багажа, товаров и пассажиров с помощью лучевых досмотровых установок (ЛДУ) является неотъемлемой частью мероприятий по обеспечению безопасности организованных перевозок населения и грузов, проведения массовых мероприятий, а также обеспечивает экономическую безопасность, препятствуя перевозке запрещённых и контрафактных товаров через государственную границу [1]. Широкий диапазон задач, стоящих при организации и проведении досмотра, привёл к разработке большого количества моделей ЛДУ, различающихся областью применения и характеристиками входящих в их состав источников ионизирующего излучения (ИИИ) [2]. По данным радиационно-гигиенической паспортизации в Российской Федерации

в 2023 году использовалось 7 095 досмотровых рентгеновских установок [3]. На рисунке 1 представлена динамика изменения численности досмотровых рентгеновских установок по данным радиационно-гигиенической паспортизации в Российской Федерации за период 2013–2023 гг. [3–13].

За последние 11 лет количество досмотровых рентгеновских установок в Российской Федерации увеличилось более чем в 2 раза. С расширением аппаратного парка увеличилось количество персонала, обеспечивающего работу досмотровых установок. Для данных лиц надлежащим образом должен быть организован и проведён контроль профессионального облучения для достоверного определения доз облучения персонала и подтверждения, что техногенный ИИИ находится под контролем.

Бажин Степан Юрьевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E mail: s.bazhin@niirg.ru

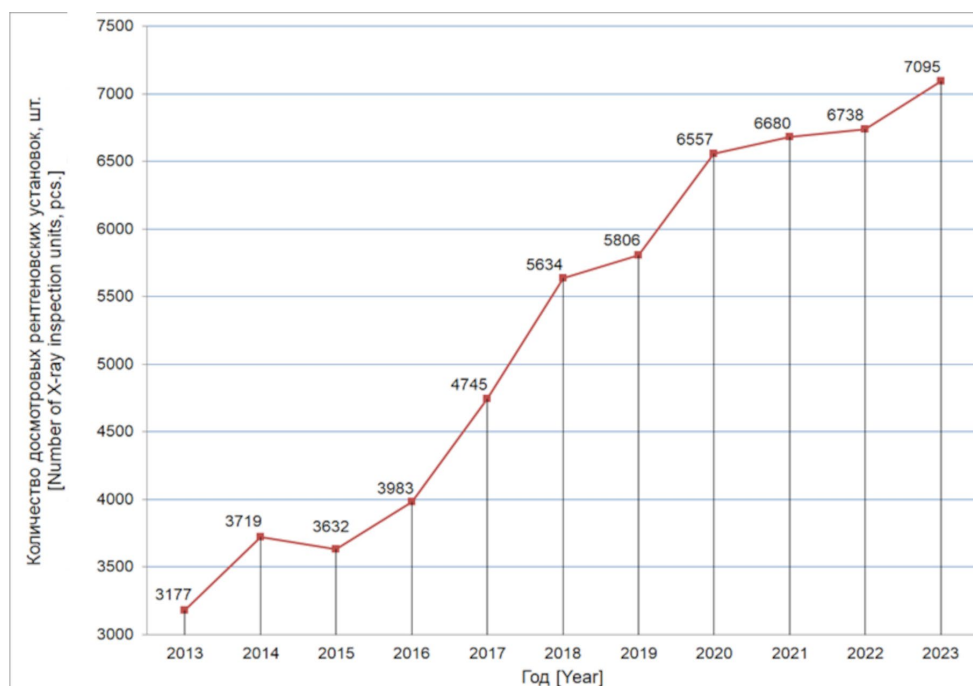


Рис. 1. Количество досмотровых рентгеновских установок в Российской Федерации по данным [3–13]
[Fig. 1. Number of X-ray inspection units in the Russian Federation according to data from [3–13]]

Подтверждение выполнения соответствия организации рабочего процесса установленным требованиям НРБ-99/2009¹ и ОСПОРБ-99/2010² осуществляется посредством радиационного контроля, включающего производственный радиационный контроль и индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК). Для организации проведения производственного радиационного контроля утверждены методические документы МУК 2.6.1.3731-21 «Радиационный контроль лучевых досмотровых установок»³ и МР 2.6.1.0334-23 «Проведение радиационного контроля при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей»⁴, а в отношении организации ИДК для персонала, обеспечивающего работу ЛДУ, методических документов нет. Поэтому в большинстве случаев при организации и проведении ИДК подконтрольные организации и аккредитованные лаборатории в вопросах выбора необходимых операционных величин [14–19], количества индивидуальных дозиметров на

одного работника, места их расположения на рабочей форме работника, периодичности проводимого контроля, а также трактовки полученных результатов измерений руководствуются положениями действующих для персонала медицинских организаций МУ 2.6.1.3015-12 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций»⁵. Из этого следует, что к различным специальностям и профессиональным отраслям применяются одинаковые методические подходы в организации и проведении ИДК, которые не учитывают сценарии облучения и специфику работы всех специальностей при различных условиях работы. Использование МУ 2.6.1.3015-12 к другим отраслям деятельности является некорректным также с юридическими позиций. Научная информация по оценке адекватности подходов в организации и проведении ИДК для операторов ЛДУ в отечественных научных публикациях также практически не представлена.

¹ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 № 47 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14.08.2009, регистрационный № 14534). [Norms of radiation safety (NRB-99/2009). Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2523-09. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 07.07.2009 No. 47 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 14.08.2009, registration No. 14534). (In Russ.)].

² Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 № 40. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 г., регистрационный № 18115 [Basic sanitary rules for the provision of radiation safety (OSPORB 99/2010). Sanitary rules and norms SP 2.6.1.2612-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 26.04.2010 No. 40. Registered with the Ministry of justice of the Russian Federation on August 11, 2010, registration No. 18115. (In Russ.)].

³ Методические указания МУК 2.6.1.3731-21 Радиационный контроль лучевых досмотровых установок. М.: Роспотребнадзор, 2021. 13 с. [Methodical guidelines MUK 2.6.1.3731-21 Radiation monitoring of radiation inspection installations. Moscow: Rospotrebnadzor; 2021. 13 p. (In Russ.)].

⁴ Методические рекомендации 2.6.1.0334-23 Проведение радиационного контроля при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей. М.: Роспотребнадзор, 2023. 10 с. [Methodological recommendations 2.6.1.0334-23 Conducting radiation monitoring when using X-ray scanners for personal search of people. Moscow: Rospotrebnadzor; 2023. 10 p. (In Russ.)].

⁵ МУ 2.6.1.3015-12. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций // Радиационная гигиена. 2012. Т. 5, № 3. С. 77-86 [Methodical guidelines 2.6.1.3015-12. "Organization and management of individual dosimetry of medical staff". Radiation Hygiene. 2012;5(3): 77-86. (In Russ.)].

Цель исследования – оценка адекватности существующих подходов к организации и проведению индивидуального дозиметрического контроля для персонала, обеспечивающего работу досмотровых рентгеновских установок.

Задачи исследования

1. Выбор объектов для проведения производственного радиационного контроля и индивидуального дозиметрического контроля;
2. Проведение практических измерений мощности амбиентного эквивалента дозы и индивидуального эквивалента дозы облучения персонала по согласованному списку организаций;
3. Анализ результатов измерений индивидуальных эквивалентов доз персонала, работающего на лучевых досмотровых установках;
4. Составление рекомендаций по организации и проведению индивидуального дозиметрического контроля для этой группы персонала.

Материалы и методы

Объект контроля и объём исследования

При организации работы была использована классификация ЛДУ, основанная на используемых ИИИ, из СанПиН 2.6.1.3488-17⁶:

1. Рентгеновские установки для досмотра багажа и товаров, содержащие источник рентгеновского излучения (РУДБТ);
2. Инспекционно-досмотровые комплексы, содержащие импульсные ускорители электронов;
3. ЛДУ, содержащие радионуклидные или генерирующие источники нейтронов (НЛДУ).

В исследование были включены 11 установок РУДБТ следующих моделей:

- интроскоп рентгенотелевизионный конвейерного типа ТС-СКАН 6040;
- рентгенотелевизионная досмотровая установка HI-SCAN 145180;
- система рентгеновской инспекции «ПРОДИС.ЭЛЕКТРО»;
- настольная система микротомографии «ПРОДИС.КОМПАКТ».

Необходимо отметить, что все РУДБТ были представлены комплексами с закрытым досмотровым туннелем для рентгеновского контроля объектов, конструкция которых способна обеспечить надёжную радиационную защиту персонала и населения. То есть защита, предусмотренная на этапе создания и приёмки самого комплекса, должна обеспечивать не превышение мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) рентгеновского излучения более 2,5 мкЗв/ч на расстоянии 0,1 м от внешней поверхности установки и более 0,5 мкЗв/ч на рабочих местах лиц, не от-

несённых к персоналу групп А и Б при всех возможных сценариях эксплуатации установок.

В зависимости от движения объекта контроля выделяют два типа РУДБТ:

- РУДБТ 1-го типа – движущийся объект контроля, облучение производится узким веерообразным пучком. Возможно использование нескольких пучков рентгеновского излучения различной энергии и/или направленности. Некоторые установки работают по принципу спиральной томографии и способны создавать 3D-изображение контролируемого объекта;
- РУДБТ 2-го типа – объект контроля остаётся неподвижным, облучение производится широким конусообразным пучком.

Инструментальные исследования, проводимые в рамках настоящей работы, были выполнены в соответствии с МУК 2.6.1.3731-21 «Радиационный контроль лучевых досмотровых установок» и МУ 2.6.1.3015-12 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций» с применением средств измерений утверждённого типа, внесённых в государственный реестр средств измерений и имеющих действующее свидетельство о поверке. Все измерения были выполнены в соответствии с требованиями к проведению измерений для аккредитованных испытательных лабораторий.

Измерения МАЭД фотонного излучения были выполнены с помощью дозиметра рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1123⁷. Дозиметр измеряет МАЭД в диапазоне от 50 нЗв/ч до 10 Зв/ч и дозу непрерывного, кратковременно действующего непрерывного и импульсного рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне от 0,1 нЗв до 100 Зв. Дозиметр способен достоверно регистрировать измеряемые параметры рентгеновского и гамма-излучения в диапазонах энергий: от 15 кэВ до 3 МэВ для режимов измерения непрерывного и кратковременно действующего непрерывного излучения; от 15 кэВ до 10 МэВ – для режима измерения импульсного излучения.

Измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ были выполнены методом термолюминесцентной дозиметрии с использованием индивидуальных термолюминесцентных дозиметров типа DTU-1, откалиброванных в терминах индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ в поле источника гамма-излучения (^{137}Cs). Индивидуальный термолюминесцентный дозиметр (ТЛ-дозиметр) представляет собой корпус (кассету), выполненный из тканезквивалентного материала (1000 мг/см²), внутри которого размещены два детектора ДТГ-4⁸. Детектор ДТГ-4 представляет собой кристалл фторида лития, активированного магнием и титаном (LiF: Mg, Ti). Диапазон измерения индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения $H_p(10)$ составлял от 20 мкЗв до 10 Зв для энергий фотонного излучения от 15 кэВ до 18,0 МэВ. Считывание показаний с экспонированных индивидуальных ТЛ-дозиметров проводилось на термолюминесцентной дозиметрической установке Harshaw (США). Основная погрешность при проведении измерений не превышала 20 %.

⁶ СанПиН 2.6.1.3488-17 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с лучевыми досмотровыми установками» утверждённые постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 04.09.2017 № 124, зарегистрировано Минюстом России 14.11, регистрационный номер 48883 [SanPIN 2.6.1.3488-17 "Hygienic requirements for ensuring radiation safety when handling radiation inspection units" approved by the decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 09.04.2017 No. 124, registered by the Ministry of Justice of Russia on 11/14, registration number 48883 (In Russ.)].

⁷ Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1123. Руководство по эксплуатации ТИАЯ.412118.012 РЭ [X-ray and gamma radiation dosimeter DKS-AT1123. Operation manual ТИАЯ.412118.012 РЭ (In Russ.)].

⁸ Термолюминесцентные монокристаллические детекторы ДТГ-4. Паспорт ТУ 95 2511-94 [Thermoluminescent monocrystalline detectors ДТГ-4. Passport ТУ 95 2511-94 (In Russ.)].

Инспекционно-досмотровые комплексы и НЛДУ в исследование не были включены из-за недостаточной достоверности существующих средств измерения для данных условий облучения. Измерение МАЭД для импульсных ИИИ высоких энергий до сих пор является нерешённой задачей в практике производственного радиационного контроля [20].

Измеряемые параметры и условия проведения измерений

1. Для интроскопа рентгентелевизионный конвейерного типа ТС-СКАН 6040 и рентгентелевизионной досмотровой установки HI-SCAN 145180 измерения МАЭД непрерывного рентгеновского излучения проводились с имитатором объекта контроля (бутылка воды объёмом 5 л) по периметру ЛДУ при $U_a = 160$ кВ:

а) на всех доступных поверхностях объекта исследования (на расстоянии 0,1 м от поверхности) в контрольных точках, намеченных после предварительного сканирования интроскопа дозиметром в поисковом режиме;

б) на рабочем месте оператора на высоте 70 см от пола.

2. Для системы рентгеновской инспекции «ПРОДИС.ЭЛЕКТРО» измерения МАЭД непрерывного рентгеновского излучения проводились с имитатором объекта контроля при $U_a = 150$ кВ и $I_a = 150$ мкА:

а) измерения проводились на всех доступных поверхностях объекта исследования (на расстоянии 0,1 м от поверхности) в контрольных точках, намеченных после предварительного сканирования установки дозиметром в поисковом режиме;

б) измерения проводились на рабочем месте оператора на 70 см от поверхности пола.

3. Для настольной системы микротомографии «ПРОДИС.КОМПАКТ» измерения МАЭД непрерывного рентгеновского излучения проводились с имитатором объекта контроля при $U_a = 130$ кВ и $I_a = 250$ мкА:

а) измерения проводились на всех доступных поверхностях объекта исследования (на расстоянии 0,1 м от поверхности) в контрольных точках, намеченных после предварительного сканирования установки дозиметром в поисковом режиме;

б) измерения проводились на рабочем месте оператора на 70 см от поверхности пола.

В части индивидуального дозиметрического контроля были выполнены квартальные измерения значений $H_p(10)$ у 31 человека из числа штатного персонала двух организаций из Санкт-Петербурга и 922 разовых измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ – для лиц, привлечённых к обеспечению досмотра в период подготовки и проведения массовых мероприятий. Индивидуальный ТЛ-дозиметр размещался на рабочей одежде персонала на уровне груди слева (нагрудный карман).

Анализ полученных данных был проведён с помощью пакетов для статистической обработки данных Statistica 10 и MS Excel.

Результаты и обсуждение

Анализ данных, полученных в результате проведения производственного радиационного контроля рабочих мест операторов РУДБТ различных моделей и результатов ИДК персонала, обеспечивающего работу РУДБТ, показал, что в условиях нормальной эксплуатации установки не представляют радиационной опасности для персонала и населения.

Для всех рассматриваемых в исследовании моделей РУДБТ по результатам производственного радиационного контроля среднее значение МАЭД фотонного излучения на рабочих местах операторов составляло:

- 0,14 мкЗв/ч (максимальное – 0,15 мкЗв/ч, минимальное – 0,12 мкЗв/ч) для операторов РУДБТ 1-го типа;
- 0,13 мкЗв/ч (максимальное – 0,14 мкЗв/ч, минимальное 0,12 мкЗв/ч) для операторов РУДБТ 2-го типа.

Полученные значения оказались всего лишь менее чем на 20 % выше фоновых значений мощности дозы природного гамма-излучения в Санкт-Петербурге [21].

В ходе радиационного контроля не было обнаружено мест превышения установленных нормативов ни в одной точке измерения по границе зоны ограничения доступа или на расстоянии 0,1 м от внешней поверхности установок и в контрольных точках.

Индивидуальный дозиметрический контроль был проведён для 31 сотрудника двух организаций, занимающихся досмотром багажа и товаров. Данные сотрудники были включены в штат и отнесены к персоналу группы А. Результаты ИДК, проводившегося в течение года, представлены в таблице.

Таблица

Результаты индивидуального дозиметрического контроля штатного персонала, обеспечивающего работу РУДБТ

[Table

Results of individual dosimetric monitoring of regular personnel ensuring the operation of the X-ray systems for inspection of baggage and goods]

№ п/п [Item No.]	Специальность [Speciality]	$H_p(10)$, мЗв (без вычитания природной фоновой компоненты) [$H_p(10)$, mSv (without subtracting the natural background component)]				
		1 квартал [1st quarter]	2 квартал [2nd quarter]	3 квартал [3rd quarter]	4 квартал [4th quarter]	Год [Year]
1	Ответственный за РБ* [Employee responsible for radiation safety]	0,11	0,13	0,11	0,32	0,67
2	Ответственный за РБ [Employee responsible for radiation safety]	0,12	0,10	0,11	–	0,33
3	Оператор [Operator]**	0,10	0,23	0,22	–	0,55

№ п/п [Item No.]	Специальность [Speciality]	H _p (10), мЗв (без вычитания природной фоновой компоненты) [H _p (10), mSv (without subtracting the natural background component)]				
		1 квартал [1st quarter]	2 квартал [2nd quarter]	3 квартал [3rd quarter]	4 квартал [4th quarter]	Год [Year]
4	Оператор [Operator]	0,11	–	0,11	–	0,22
5	Оператор [Operator]	0,12	0,24	0,23	0,24	0,83
6	Оператор [Operator]	0,10	0,14	0,20	0,35	0,79
7	Оператор [Operator]	0,12	0,21	0,20	0,26	0,79
8	Оператор [Operator]	0,11	0,28	0,24	0,34	0,97
9	Оператор [Operator]	0,11	0,11	0,24	–	0,46
10	Оператор [Operator]	0,11	0,13	0,16	0,22	0,62
11	Оператор [Operator]	0,13	0,14	0,17	0,23	0,67
12	Оператор [Operator]	0,13	0,17	0,15	–	0,45
13	Оператор [Operator]	0,11	0,15	–	–	0,26
14	Оператор [Operator]	0,12	0,11	–	–	0,23
15	Оператор [Operator]	–	–	0,18	0,22	0,40
16	Оператор [Operator]	–	–	0,14	0,23	0,37
17	Оператор [Operator]	–	–	–	0,16	0,16
18	Оператор [Operator]	0,20	0,16	0,24	0,17	0,77
19	Оператор [Operator]	0,23	0,23	0,27	–	0,73
20	Оператор [Operator]	0,19	0,24	0,22	0,27	0,92
21	Оператор [Operator]	0,27	–	–	–	0,27
22	Оператор [Operator]	0,24	0,22	0,27	0,20	0,93
23	Оператор [Operator]	0,28	0,22	0,41	0,26	1,17
24	Оператор [Operator]	0,17	0,18	0,21	0,24	0,80
25	Оператор [Operator]	0,22	0,20	0,25	0,22	0,89
26	Оператор [Operator]	0,23	0,25	0,28	0,23	0,99
27	Оператор [Operator]	0,20	0,17	0,22	0,19	0,78
28	Оператор [Operator]	0,23	0,26	0,31	0,22	1,02
29	Оператор [Operator]	0,28	0,25	0,28	0,17	0,98
30	Оператор [Operator]	–	0,28	0,36	0,25	0,89
31	Оператор [Operator]	–	–	–	0,17	0,17

* – Радиационная безопасность [Radiation safety].

** – Оператор РУДБТ [X-ray systems for inspection of baggage and goods Operator].

С учётом исключения из анализа персонала, который по различным причинам пропустил измерения индивидуального эквивалента дозы один и более кварталов, осталось 17 сотрудников, ИДК которым проводился весь год. Среднее значение годовой дозы для них составляло 0,86 мЗв (минимальное значение – 0,62 мЗв, максимальное значение – 1,17 мЗв). При этом необходимо учитывать, что представленные данные указаны без вычитания природной фоновой компоненты, которая в Санкт-Петербурге, где размещены ЛДУ двух представленных организаций, находится на уровне 0,88 мЗв/год [21]. Таким образом, техногенная компонента дозы облучения этих сотрудников практически равна нулю.

Разовые измерения индивидуального эквивалента дозы для персонала, привлеченного к обеспечению досмотра в период подготовки и проведения массовых мероприятий, по полученным результатам можно поделить на две группы. В первой группе, включающей 631 измерение, полученные значения были пренебрежимо малы (менее 0,10 мЗв). Наглядно разброс полученных значений всей выборки представлен на рисунке 2. Ко второй группе отнесено 291 измерение, значение измерений данной группы выше 0,10 мЗв (на рис. 2 эта группа выделена рамкой). Распределение результатов этих измерений отдельно масштабировано на рисунке 3.

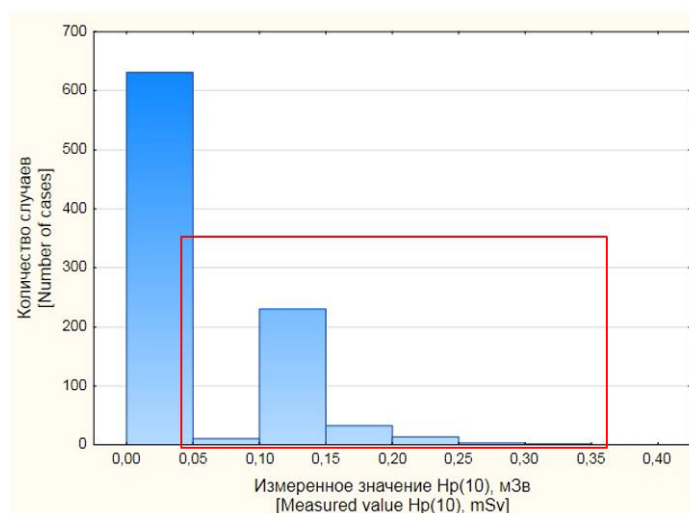


Рис. 2. Распределение полученных значений $H_p(10)$ для лиц, привлечённых к обеспечению досмотра
[Fig. 2. Distribution of the obtained values of $H_p(10)$ for persons involved in ensuring the inspection]

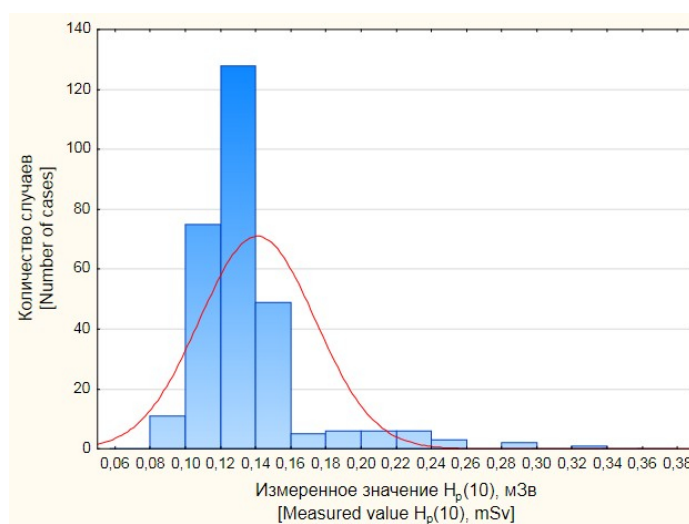


Рис. 3. Подробное распределение $H_p(10)$ со значениями более 0,10 мЗв
[Fig. 3. Detailed distribution of $H_p(10)$ with values greater than 0.10 mSv]

При анализе результатов второй выделенной группы среднее измеренное значение составило 0,14 мЗв (максимальное значение – 0,34 мЗв, минимальное значение – 0,10 мЗв).

Среднее значение индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ у операторов РУДБТ, согласно измерениям с помощью индивидуальных ТЛ-дозиметров, практически соответствует его значению для природной фоновой компоненты дозы, что хорошо согласуется с результатами независимых измерений МАЭД гамма-излучения.

Таким образом, по результатам производственного радиационного контроля представленных моделей РУДБТ можно сделать вывод о должном соблюдении условий радиационной безопасности в поле излучения этих источников для операторов и лиц, не отнесённых к персоналу.

Заключение

Несмотря на отсутствие нормативно-методического документа, регламентирующего проведение ИДК персонала, обеспечивающего работу РУДБТ, существующая организация такого контроля адекватна. Защита, предусмотренная на этапе

создания и приёмки самого комплекса РУДБТ конструктивно способна обеспечить надёжную радиационную защиту персонала и населения и обеспечивает не превышение МАЭД рентгеновского излучения более 2,5 мкЗв/ч на расстоянии 0,1 м от внешней поверхности установки и более 0,5 мкЗв/ч на рабочих местах лиц, не отнесённых к персоналу групп А и Б при всех возможных сценариях эксплуатации установок. При организации ИДК для персонала, обеспечивающего работу РУДБТ, достаточно применять общие принципы к такому контролю и культуру радиационной безопасности:

1. Экспонирование индивидуальных ТЛ-дозиметров в течение всего периода времени работы с ИИИ.
2. Недопущение использования одного индивидуального ТЛ-дозиметра разными лицами или обмен дозиметрами между персоналом.
3. Расположение индивидуального ТЛ-дозиметра на рабочей одежде персонала на уровне груди (нагрудный карман).
4. Недопущение умышленного или неумышленного облучения индивидуального ТЛ-дозиметра персоналом.

Изучение вопросов организации ИДК для операторов других типов ЛДУ (инспекционно-досмотровые комплексы

и НЛДУ) будет продолжено для сбора и анализа информации, необходимой для подготовки нового нормативно-методического документа, регламентирующего вопросы ИДК для различных отраслей деятельности.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Бажин С.Ю. осуществлял общее научное руководство исследованием, разработал дизайн исследования, определил цели и задачи, выполнил анализ данных, отредактировал и предоставил окончательный вариант рукописи для публикации в журнал.

Шлеенкова Е.Н. провела литературный поиск, осуществила подготовку средств измерения и выполнил градуировку детекторов, выполнила измерения индивидуальных эквивалентов доз, отредактировала промежуточный вариант рукописи.

Богатырёва В.Ю. провела литературный поиск и выполнила группировку и структурирование полученных данных.

Некрасов В.А. выполнил измерения мощности Ambient-ного эквивалента дозы.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при выполнении работы и подготовке данной статьи.

Сведения об источнике финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Романович И.К., Барковский А.Н., Титов Н.В. и др. Обеспечение радиационной безопасности и противодействие радиационному терроризму при проведении массовых спортивных мероприятий: монография / под ред. академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2016. 364 с.
2. Барковский А.Н., Воробьев Б.Ф., Добренякин Ю.П. и др. Обеспечение радиационной безопасности при использовании лучевых досмотровых установок и лучевых сканеров для персонального досмотра людей // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3, № 4. С. 37-41.
3. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2023 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2024. 122 с.
4. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2013 г. (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014.
5. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2014 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. 134 с.
6. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2015 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016. 125 с.
7. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2016 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 126 с.
8. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2017 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 128 с.
9. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. 130 с.
10. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2019 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 136 с.
11. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2020 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 135 с.
12. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2021 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2022. 132 с.
13. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2022 год: радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2023. 130 с.
14. BSS. International Atomic Energy Agency, Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, 2014.
15. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. 2007. Vol. 37, No (2-4).
16. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60 // Annals of the ICRP. 1990. Vol. 21, No 1-3. P. 1-201.
17. ICRU. Measurement of dose equivalents from external radiation sources, Part 2. ICRU Report 43. ICRU Publications: Bethesda, MD. 1988.
18. ICRU. Quantities and units in radiation protection dosimetry. ICRU Report ICRU Publications: Bethesda, MD. ICRU, 1997. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD. 1993b.
19. ICRU. Fundamental quantities and units for ionizing radiation. ICRU Report 60. ICRU Publications: Bethesda, MD. 1988.
20. Мартынюк Ю.Н., Нурлыбаев К., Ревков А.А. Дозиметрия импульсного излучения // АНРИ. 2018. Т. 92. № 1. С. 2-11.
21. Бажин С.Ю., Кайдановский Г.Н. Учёт вклада природного фона при контроле индивидуальных доз персонала // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 4. С. 122-128. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-122-128.

Поступила: 18.03.2025

Бажин Степан Юрьевич – заведующий лабораторией радиационного контроля, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: s.bazhin@niirg.ru
ORCID: 0000-0003-1778-4334

Шлеенкова Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральной служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0009-0006-6391-1639

Богатырёва Виктория Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральной служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0009-0003-6863-5192

Некрасов Владислав Аркадьевич – младший научный сотрудник лаборатории внешнего облучения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральной служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Бажин С.Ю., Шлеенкова Е.Н., Богатырёва В.Ю., Некрасов В.А. Оценка адекватности действующих подходов к проведению индивидуального дозиметрического контроля персонала // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 2. С. 47–55. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-47-55

Assessment of the adequacy of current approaches to individual dosimetric monitoring for personnel

Stepan Yu. Bazhin, Ekaterina N. Shleenkova, Victoria Yu. Bogatyreva, Vladislav A. Nekrasov

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

A wide range of tasks associated with organizing and conducting inspections has led to the development of a large number of models of beam inspection units differing in their scope of application and characteristics of the ionizing radiation sources included in their composition. According to the radiation and hygienic certification, 7,095 X-ray inspection units were used in the Russian Federation in 2023. The rich hardware fleet and the lack of a special regulatory and methodological document clarifying the issues of organizing and conducting individual dosimetric monitoring of personnel ensuring the operation of X-ray units for inspecting baggage and goods prompted a study to assess the adequacy of current approaches to assessing personnel doses. Materials and methods: Industrial radiation monitoring of operator workplaces of 11 X-ray units for inspecting baggage and goods of various models was carried out. The results of individual dosimetric monitoring of personnel ensuring the operation of X-ray units for inspecting baggage and goods using individual thermoluminescent dosimeters are presented. Results and Discussion: The presented models of X-ray units under normal operating conditions do not pose a significant radiation hazard to personnel and the population. The average value of the individual dose equivalent $H_p(10)$ for operators of radiation inspection units practically corresponds to its value for the natural background dose component – the man-made component of the radiation dose is negligible. For all the considered models of X-ray units, the average value of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation at the operators' workplaces was: 0.14 $\mu\text{Sv/h}$ and 0.13 $\mu\text{Sv/h}$ for operators of X-ray units for inspection of baggage and goods of types 1 and 2, respectively. Conclusion: Thus, based on the results of industrial radiation monitoring of the presented models of X-ray units and the results of individual dosimetric monitoring, it can be concluded that the conditions of radiation safety in the radiation field of these sources are properly observed by operators and persons not classified as personnel.

Key words: radiation inspection units, individual dosimetric control, industrial radiation control, individual dose equivalent.

Authors' personal contribution

Bazhin S.Yu. provided general scientific supervision of the study, developed the study design, defined goals and objectives, performed data analysis, edited and submitted the final version of the manuscript for publication in the journal.

Shleenkova E.N. conducted a literature search, carried out the preparation of measuring instruments and calibrated the detectors, performed measurements of individual dose equivalents, and edited an intermediate version of the manuscript.

Bogatyreva V.Yu. conducted a literature search and grouped

and structured the obtained data.

Nekrasov V.A. performed ambient dose equivalent rate measurements.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest when conducting the study and preparing this article.

Sources of funding

The study had no sponsorship.

Stepan Yu. Bazhin

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: s.bazhin@niirg.ru

References

1. Romanovich IK, Barkovsky AN, Titov NV, Shevchenko GT. Ensuring radiation safety and counteracting radiation terrorism during mass sports events: monograph / ed. by Academician of the Russian Academy of Sciences GG Onishchenko and Professor AYu Popova. Saint Petersburg: Research Institute of Radiation Protection named after prof. PV Ramzaev; 2016. 364 p. (In Russian).
2. Barkovsky AN, Vorobyev BF, Dobrenyakin YuP, Mishin AS, Titov NV. Radiation safety provisions during the use of radiation inspection installations and radiation scanners for the people personal inspection. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(4): 37-41. (In Russian).
3. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2023: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Budgetary Institution of Healthcare of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2024. 122 p. (In Russian).
4. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2013 (Radiation-hygienic passport of the Russian Federation). Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2014 (In Russian).
5. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2014: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2015. 134 p. (In Russian).
6. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2015: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2016. 125 p. (In Russian).
7. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2016: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2017. 126 p. (In Russian).
8. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2017: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2018. 128 p. (In Russian).
9. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2018: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2019. 130 p. (In Russian).
10. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2019: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2020. 136 p. (In Russian).
11. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2020: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2021. 135 p. (In Russian).
12. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2021: radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2022. 132 p. (In Russian).
13. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2022: radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2023. 130 p. (In Russian).
14. BSS. International Atomic Energy Agency, Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA; 2014.
15. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2-4).
16. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP*. 1990;21(1-3): 1-201.
17. ICRU. Measurement of dose equivalents from external radiation sources, Part 2. ICRU Report 43. ICRU Publications: Bethesda, MD; 1988.
18. ICRU. Quantities and units in radiation protection dosimetry. ICRU Report ICRU Publications: Bethesda, MD. ICRU, 1997. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD; 1993b.
19. ICRU. Fundamental quantities and units for ionizing radiation. ICRU Report 60. ICRU Publications: Bethesda, MD; 1988.
20. Martyniuk YuN, Nurlybaev K, Revkov AA. Dosimetry of Pulsed Radiation. *ANRI = ANRI*. 2018;1(92): 2-11. (In Russian).
21. Bazhin SYu, Kaidanovsky GN. Consideration of the contribution of the natural background component during individual control of radiation doses to personnel. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(4): 122-128. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-122-128.

Received: March 18, 2025

For correspondence: Stepan Yu. Bazhin – Head of the Laboratory of Radiation Control, Senior Researcher, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: s.bazhin@niirg.ru)
ORCID: 0000-0003-1778-4334

Ekaterina N. Shleenkova – Junior Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0009-0006-6391-1639

Victoria Yu. Bogatyreva – Junior Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0009-0003-6863-5192

Vladislav A. Nekrasov – Junior Researcher of the External Irradiation Laboratory, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0009-0003-3626-0699

For citation: Bazhin S.Yu., Shleenkova E.N., Bogatyreva V.Yu., Nekrasov V.A. Assessment of the adequacy of current approaches to individual dosimetric monitoring for personnel. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 2. P. 47–55. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-47-55