

УДК 615. 471.03

**АНАЛИЗ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИМИ ЛУЧАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ МОНИТОРИНГА**

**Рудой А.Д., Терещенко Н.Ф.**

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Київ, Україна*

**Аннотация.** Наиболее достоверным и используемым методом диагностики внутренних органов и систем является рентгенодиагностика. Основными плюсами данного метода является достаточно короткое время диагностики, доступность, минимальная вероятность допустить принятие врачом ложного диагноза. За последнее десятилетие, а особенно за время пандемии, средняя доза облучения увеличилась минимум в два раза, по сведениям ВОЗ. Важным аспектом является то, что медицинские учреждения перешли на более совершенные, малодозируемые, автоматизированные аппараты диагностики с использованием цифровых детектор-приемников, но средние дозы только увеличиваются. В работе рассмотрены современные принципы мониторинга уровня облучения. Используя результаты мониторинга доз в разных местах рентгенкабинета, смоделировано и проведено сравнение с полученными результатами эффективной дозы с ионизационной камеры.

**Ключевые слова:** дозиметрия, рентгенодиагностика, мониторинг доз облучения.

**ANALYSIS OF X-RAY RADIATION DOSES WITH DIFFERENT MONITORING METHODS**

**Rudoy A., Tereshchenko M.**

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Kiev, Ukraine*

**Abstract.** The most reliable and used method for diagnosing internal organs and systems is X-ray diagnostics. The main advantages of this method are a fairly short time of diagnosis, availability, and the minimum probability of allowing the doctor to make a false diagnosis. Over the past decade, and especially during a pandemic, the average radiation dose has increased at least twice, according to the WHO [1]. An important aspect is that medical institutions have switched to more advanced, low-dose, automated diagnostic devices using digital detector-receivers, but the average doses are only increasing. The paper discusses the modern principles of monitoring the level of exposure. Using the results of monitoring doses in different places of the X-ray room, the authors simulated and compared them with the results of the effective dose from the ionization chamber.

**Key words:** dosimetry, X-ray diagnostics, monitoring of radiation doses.

*Адрес для переписки: Рудой А.Д. ул.Елены Телиги 31/1 кв.36, г. Киев 04060, Украина  
e-mail: alexeyrudoy1998@gmail.com*

При проведении диагностических либо терапевтических процедур с использованием рентгенаппаратуры необходимо учитывать и строго фиксировать дозу облучения как пациента так и персонала. Так как гамма лучи направлены во все стороны, а не только по направлению светового пучка коллематора, то необходимо точно оценить уровень облучения, для создания эффективной защиты рентгенлаборантов [2]. В современных рентгенаппаратах используются ионизационные камеры которые измеряют эффективную дозу облучения. Но мы не можем определить в каком направлении и какой флюэкс был создан рентгеновской трубкой. Для определения уровня облучения в местах нахождения лаборанта а также по плоскости деки рентгеновского стола были установлены гамма-чувствительные детекторы (рис. 1).

Для настройки излучательной системы было выбрано автоматическую настройку параметров для диагностики правого предплечья, а именно напряжение трубки 55 кВ, ток трубки – 63 мА, время экспозиции 100 мс. Шторки коллиматора

были полностью открыты, высота трубки над цифровым детектором составляла 100 см.

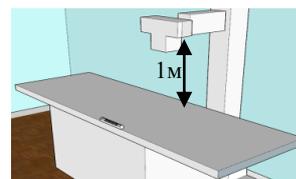


Рисунок 1 – Принцип расположения детекторов

После проведения ряда экспериментов была получена карта доз облучения по поверхности деки рентгенодиагностического стола (рис. 2).



Рисунок 2 – Карта доз облучения

При расчете значений эффективной дозы каждого органа было получено путем произведения полученной дозы на тканевый взвешивающий коэффициент определенного органа[4].

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T = \sum_T W_T \sum_R W_R \cdot \bar{D}_{T,R}, \quad (1)$$

где,  $E$  – эффективная доза для всего организма,  $W_T$  – тканевый взвешивающий коэффициент,  $H_T$  – эквивалентная доза, полученная органом или тканью,  $W_R$  – взвешивающий коэффициент излучения.

В итоге расчета полученных доз облучения некоторых органов были получены такие результаты: головной мозг 14,33 мГр, хрусталик 13,22 мГр, щитовидная железа 19,57 мГр, легкие 15,53 мГр, печень 15,68 мГр, почки 12,04 мГр, двенадцатиперстная кишка 14,56 мГр, гонады (яички 15,62 мГр, яичники 14,26 мГр), кожа сосков 13,97 мГр и кожа пуповины 19,44 мГр. Полученные данные были представлены в виде круговой диаграммы (рис. 3).



Рисунок 3 – Среднее значение полученной дозы на отдельные органы

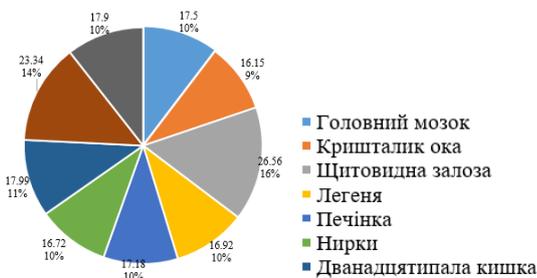


Рисунок 4 – Среднее значение полученной дозы на отдельные органы

Также зная выходные характеристики аппарата, можно рассчитать теоретические поглощенные дозы  $D_n$  облучения некоторых органов с помощью формул

$$D_n = W/(V \cdot m), \quad (2)$$

где  $W$  – поглощенная энергия излучения в  $V$  – объеме с массой  $m$ .

Но для практической оценки уровня облучения и подальшего сравнения с дозами полученными экспериментальным путем используем эквивалентную дозу:

$$D_{\text{екв}} = D_n \cdot K_T, \quad (3)$$

где  $K_T$  – коэффициент качества излучения и определенной биологической ткани.

Проведя расчет получили базу теоретических данных уровня облучения и построили диаграмму (рис. 4).

Исходя из полученных данных было установлено что смоделированные дозы на отдельные органы при рентгенснимке выше чем экспериментальные значения доз. Однако медицинские учреждения не учитывают облучение от рассеивающих рентгеновских лучей, которые так же имеют свойство накапливаться и вскоре привести к нежелательным последствиям.

Входе исследования распространения рентгеновских лучей по плоскости деки рентгенстола было проведено моделирование эффективных доз облучения и всего организма в целом. Выявлено, что при обследовании определенной части тела пациента остальные органы получают пассивное облучение ионизирующим излучением. Если пренебрегать защитой не обследуемых органов то в будущем возможно возникновение не доброкачественных образований, которые могут привести к летальным последствиям.

## Литература

1. Рудий, О. Д. Оцінка ефективності моніторингу доз опромінення людини при комп'ютерній томографії / О. Д. Рудий, М. Ф. Терещенко // Вісник КПІ. Серія: приладобудування. – 2021. – Вип. 61, № 1. – С. 85–90.
2. Рудий, О. Д. Принципи моніторингу рівня експозиційної дози в рентгендіагностиці / О. Д. Рудий, М. Ф. Терещенко // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Погляд у майбутнє приладобудування”, 13–14 травня 2020 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – С. 228–232.
3. Direct measurement of radiation exposure dose to individual organs during diagnostic computed tomography examination // Scientific Reports. – Vol. 8. – № 1.
4. Спосіб моніторингу при діагностиці та терапії захворювання молочної залози : пат. 143438 Україна / Терещенко М. Ф., Рудий О. Д., Яковенко І. О. – Опубл. 27.07.2020.