

УДК 687.157:613.648

КОЖУШКО Р.Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ  
СПЕЦІАЛЬНОГО ОДЯГУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД  
РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

***Мета.** Визначення величини свинцевого еквівалента та встановлення залежності його значення від щільності почорніння матеріалів одягу для захисту від рентгенівського випромінювання.*

***Методика.** Використано метод дозиметрії для перевірки свинцевого еквівалента та метод рентгенограми.*

***Результати.** Обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення одягу важкого типу для захисту від рентгенівського випромінювання.*

***Наукова новизна.** Встановлено залежність величини свинцевого еквівалента матеріалів одягу для захисту від рентгенівського випромінювання від щільності почорніння*

***Практична значимість.** Запропоновано свинцевмісткий вініловий матеріал для виготовлення одягу для захисту від рентгенівського випромінювання для ефективного захисту медичних працівників.*

***Ключові слова:** рентгенівське випромінювання, свинцевий еквівалент, спеціальний одяг, радіаційно-захисні матеріали.*

**Вступ.** За час, що пройшов з моменту відкриття рентгенівського випромінювання (РВ), людство накопичило величезний практичний та теоретичний досвід його використання в різноманітних сферах діяльності, особливо у медицині, промисловості, системах безпеки та інших галузях. Опромінення в медичних цілях за даними Наукового комітету з питань дії атомної радіації займає друге місце (після природного радіаційного фону) за вкладом в опромінення населення на Землі. В останні роки радіаційні навантаження від медичного використання випромінювання виявляють тенденцію до зростання, що відображає все більшу поширеність і доступність рентгено-радіологічних методів діагностики у всьому світі. При цьому медичне використання джерел іонізуючого випромінювання робить найбільший внесок в антропогенне опромінення. Усереднені дані опромінення, зумовлені медичним використанням випромінювань в розвинених країнах еквівалентні 50% глобального середнього рівня опромінення від природних джерел. Це пов'язано, в основному, з широким застосуванням у цих країнах комп'ютерної томографії [1].

Один з можливих способів зменшення доз опромінення персоналу та пацієнтів, це наявність в установах, що використовують РВ у медичних цілях, якісних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). В Україні останнім часом склалася досить критична ситуація з цього питання. За останні 10-15 років майже не проводилось закупівель нових ЗІЗ від РВ через їх значну вартість, а наявні засоби захисту в більшості випадків не придатні до використання через свою надто велику масу [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковці провідних організацій упродовж тривалого часу займалися дослідженням медичних аспектів дії рентгенівського випромінювання, створенням методів та обладнання для вивчення властивостей, розробкою нових видів одягу для захисту від РВ. Роботи Третьякової Л.Д., Селіверстова А.Є., Литвиненко Г.Є., Пишнева В.М. присвячено вивченню наслідків дії небезпечного іонізуючого випромінювання, дослідженню властивостей рентгенозахисних матеріалів та нових видів ЗІЗ від іонізуючого випромінювання. Протягом багатьох років над цією проблемою працює інститут медичної радіології ім. Григор'єва, науковий центр радіаційної медицини Академії наук України (м. Київ) і провідні закордонні компанії, такі як «Mavig» (Німеччина), «Wolf» (США), «Dr. Goos-Suprema» (Німеччина) та українські – «Оніко», «Крас».

**Постановка завдання.** Дослідження захисних властивостей матеріалів спеціального одягу для захисту від РВ дозволить виконати їх порівняльну оцінку та рекомендувати для застосування в одязі важкого типу для медичних працівників, що проводять діагностику, лікування на обладнанні з використанням РВ.

**Результати дослідження.** Показником захисних властивостей матеріалів є свинцевий еквівалент матеріалу – товщина свинцю (в мм), яка послаблює потужність дози іонізуючого випромінювання так само, як і певна товщина захисного матеріалу.

Свинцевий еквівалент визначають за формулою:

$$d_{Pb} = d \cdot M / M_{Pb}, \quad (1)$$

де  $d$  – товщина захисного матеріалу, мм;

$M$  – лінійний коефіцієнт послаблення випромінювання у захисному матеріалі;

$M_{Pb}$  – лінійний коефіцієнт послаблення свинцю;

Згідно з даними [2,3], свинцевий еквівалент спецодягу для захисту від РВ при потужності опромінення до 100 кВ повинен бути не менше 0,3мм, а при збільшенні потужності свинцевий еквівалент потрібно збільшувати на 0,1 мм на кожні 10 кВ.

Свинцевий еквівалент ЗІЗ вимірюють шляхом визначення керми «Ке» і порівняння свинцевого еквіваленту з товщиною шару свинцю (ГОСТ 51532-99), що забезпечує таке ж значення «Ке», що і ЗІЗ. Керма – сума початкових кінетичних енергій усіх заряджених часток, звільнених незарядженим іонізуючим випромінюванням (таким як фотони або нейтрони) в зразку речовини, віднесена до маси зразка. Визначається керма коефіцієнтом:

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}, \quad (2)$$

де  $E_{tr}$  - передана зарядженим часткам енергія.

Перевірку свинцевого еквіваленту матеріалів спецодягу для захисту від РВ проведено методом дозиметрії. В якості випромінювача використовувалась трубка рентгенівського медичного терапевтичного апарату типу РУМ-17. Вимірювання потужності керми «Ке» проводилось медичним дозиметром VA-J-18 (із погрешністю не більше 10 %) [4].

Перевірку неоднорідності захисного матеріалу виконують шляхом вимірювання свинцевого еквіваленту не менш ніж в 5 точках по рентгенограмі матеріалу. При цьому пучок випромінювання повинен мати діаметр 10 мм. Вимірювання здійснюють в точках,

розміщених на відстані 20 мм одна від одної. Неоднорідність визначається як відношення максимального відхилення одиничного значення свинцевого еквіваленту від середнього значення до середнього значення, отриманого при вимірюванні в декількох точках полотна поглинаючого матеріалу.

Значення однорідності обчислюється за формулою:

$$V = \frac{|\delta - \delta_i|}{\delta} \cdot 100, \quad (3)$$

де  $\delta$  – середнє значення свинцевого еквіваленту, виміряного в 5-ти точках;

$\delta_i$  – одиничне значення свинцевого еквіваленту, виміряне в одній із 5-ти точок.

Результати вимірювань вважають позитивними, якщо неоднорідність захисного матеріалу не більше 20% [5].

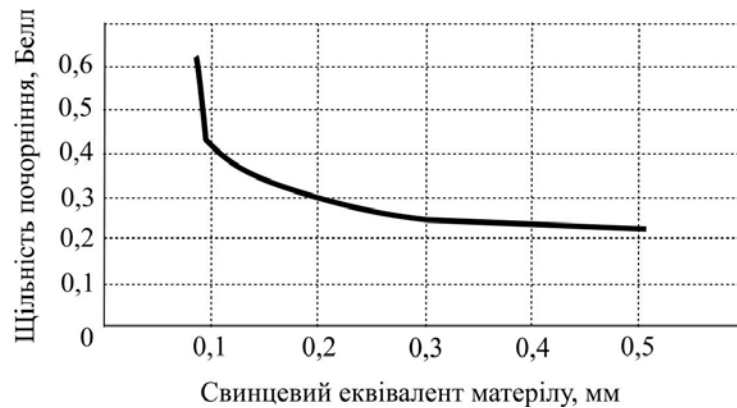
Упродовж останніх кількох років більшість європейських країн прийняли вельми жорсткі обмеження використання свинцевмісних матеріалів у медицині. Виробники рентгенозахисних матеріалів і продукції медичного призначення почали виготовляти індивідуальні та колективні засоби захисту від РВ на основі безсвинцевих наповнювачів. Метою експериментальних досліджень було кількісне порівняння захисних характеристик матеріалів зі свинцевими та безсвинцевими наповнювачами. Для досліду було взято зразки матеріалу МРЗ1 основі термопласта з високим вмістом багатоелементної суміші дрібнодисперсного наповнювача з оксидів рідкоземельних матеріалів (виробництво РФ) та зразки свинцевмісткого вінілового матеріалу «Primax» (виробництва Великобританія). Порівнювались вони по показнику свинцевого еквіваленту із контрольними зразками свинцю. Тестування проводили в Київській обласній клінічній лікарні в кабінеті хірургічного відділення на рентгеновському апараті РУМ-17. Дослід виконувався згідно з методикою ТУ У 33.1-19242964-002-2001 [6] методом рентгенограми при анодній напрузі трубки  $U_{\text{анодн}} = 100$  кВ, анодному струмі  $I_{\text{анодн}} = 200$  мА і часі випромінювання  $t = 1$  с. Результати проведених досліджень було оброблено методами математичної статистики [7].

Результати проведеного експерименту представлено в табл. 1, у графічному вигляді – на рисунку 1.

**Таблиця 1.** Кодування, характеристика та результати дослідження матеріалів

Найменування матеріалу	Код матеріалу	Свинцевий еквівалент, мм	Кількість шарів (товщина)	Щільність почорніння, Белл
Безсвинцевий матеріал МРЗ1	МРЗ1 (1)	0,175	1	0,620
	МРЗ1 (2)	0,25	1	0,530
	МРЗ1 (3)	0,35	2	0,460
	МРЗ1 (4)	0,5	2	0,420
Свинцевмісткий вініловий матеріал «Primax»	СВ (1)	0,175	1	0,304
	СВ (2)	0,25	1	0,264
	СВ (3)	0,35	2	0,238
	СВ (4)	0,5	2	0,228
Свинець	С (1)	0,18	0,18	0,324
	С (2)	0,35	0,35	0,240
	С (3)	0,5	0,5	0,218

З таблиці видно, що у порівнянні з контрольними зразками свинцю матеріал на основі рідкоземельних елементів (MP31) має більшу щільність почорніння, ніж свинцевмісткий вініловий матеріал «Primax», що означає його нижчий рівень захисту від рентгенівського випромінювання.



**Рис. 1.** Графік залежності свинцевого еквіваленту матеріалу від щільності почорніння

Згідно встановлених Державними санітарними правилами і нормами значень свинцевого еквіваленту для ЗІЗ фартух захисний двосторонній виготовляється важкого ( $Pb = 0,35\text{мм}$ ) і легкого ( $Pb = 0,25\text{мм}$ ) типів в залежності від виду рентгенівського обладнання, потужності дози випромінювання та часу роботи в шкідливих умовах.

**Висновки.** Результати проведених досліджень і їх аналіз дозволили рекомендувати свинцевмісткий вініловий матеріал «Primax» (виробництво Великобританія) для створення спеціального одягу для захисту від РВ.

Для двостороннього фартуха важкого типу рекомендується використовувати два шари захисного матеріалу із свинцевим еквівалентом  $0,175\text{мм}$  ( $0,175 \times 2 = 0,35\text{мм}$ ) для переду виробу і два шари захисного матеріалу із свинцевим еквівалентом  $0,175\text{мм}$  ( $0,175 \times 2 = 0,35\text{мм}$ ) або один шар свинцевим еквівалентом  $0,25\text{мм}$  для спинки. Для фартуха легкого типу рекомендується використовувати один шар захисного матеріалу із свинцевим еквівалентом  $0,25\text{мм}$  для переду і один шар захисного матеріалу із свинцевим еквівалентом  $0,25\text{мм}$  для спинки.

### Список використаних джерел

1. Актуальні питання радіаційної безпеки рентгенодіагностичних досліджень / О. А. Федько, О. А. Макаровська, С. І. Мірошниченко, Ю. М. Коваленко // Радіологічний вісник. – 2009. – 1(30). - С. 18 -21.
2. Литвиненко Г. Є. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування : навч. посіб. / Г. Є. Литвиненко, Л. Д. Третякова. – К. : Лібра, 2008. – 320 с.
3. Чубарова З. С. Методы оценки качества специальной одежды / З. С. Чубарова. - М. : Легпромбытиздат, 1988. – 160 с.

4. ГОСТ 20790-93 Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1993.- 22с.
5. Бенецкий Б. А. Исследования в области создания текстильных материалов / Б. А. Бенецкий, А. Н. Кузнецов, М. Н. Лифанов. – М. : ЦНИИТЭлегпром, 1992.
6. ТУ У 33.1-19242964-002-2001 Засоби індивідуального захисту при проведенні рентгенологічних досліджень ЗІЗ – Р «Оніко».- К. : [ б. в. ], 2001. - 33с.
7. Головка Д. Б. Основы научных исследований : навч. посіб. / Д. Б. Головка, В. О., Дібровний, Ю. О. Скрипник .– К. : ДАЛПУ, 1999. – 68 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

КОЖУШКО Р.Ю.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Методика.** Использован метод дозиметрии для проверки свинцового эквивалента и метод рентгенограммы.

**Результаты.** Обоснован выбор материала для изготовления одежды тяжелого типа для защиты от рентгеновского излучения.

**Научная новизна.** Установлена зависимость величины свинцового эквивалента материалов одежды для защиты от рентгеновского излучения от плотности почернения.

**Ключевые слова:** рентгеновское излучение, свинцовый эквивалент, спецодежда, радиационно-защитные материалы.

## STUDING OF QUALITY INDEX FOR CLOTHING WITH X-RAY PROTECTION

KOZHUSHKO R.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Methods.** The method for dosimetry verification lead equivalent and X-ray method.

**Results.** The choice of material for the manufacture of heavy-duty garment for X-rays protection.

**Scientific novelty.** The dependence of the magnitude of lead equivalent materials clothing for protection against X-rays the density of blackening

**Keywords:** X-rays, the lead equivalent, special clothing, radiation protective materials.