



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81644 (13) C2

(51) МПК (2006)

G21F 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) МАТЕРІАЛ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД РЕНТГЕНІВСЬКОГО І ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ (ВАРІАНТИ)

1

2

(21) а200505733

(22) 13.06.2005

(24) 25.01.2008

(72) АЛЕКСЕЄВ ЮРІЙ СЕРГІЙОВИЧ, UA, ДЖУР ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ІВАНОВ ВАЛЕРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, КРИКУН ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, МЕЖУЄВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ТКАЧЕНКО ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA, ХОХЛОВ ЛЕОНІД ТИМОФІЙОВИЧ, UA, ЧМИЛЕНКО ФЕДІР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(73) АЛЕКСЕЄВ ЮРІЙ СЕРГІЙОВИЧ, UA, ДЖУР ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ІВАНОВ ВАЛЕРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, КРИКУН ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, МЕЖУЄВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ТКАЧЕНКО ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA, ХОХЛОВ ЛЕОНІД ТИМОФІЙОВИЧ, UA, ЧМИЛЕНКО ФЕДІР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(56) RU, патент №2172990, G21F1/10, публ. 27.08.2001.

(57) 1. Матеріал для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання, що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетично взаємозв'язаними частками з розмірами

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, який відрізняється тим, що матриця виконана з діелектричного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, і охоплена безперервним енергетично активним шаром захисного наповнювача товщиною

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

2. Матеріал за п. 1, який відрізняється тим, що шар захисного наповнювача покритий запобіжним шаром із зносостійкого діелектричного матеріалу.

3. Матеріал для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання, що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетично взаємозв'язаними частками з розмірами

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, який відрізняється тим, що матриця виконана з електропровідного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, і покрита суцільним шаром діелектричного матеріалу, поверхня якого, у свою чергу, охоплена безперервним енергетично активним шаром захисного наповнювача товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

4. Матеріал за п. 3, який відрізняється тим, що шар захисного наповнювача покритий запобіжним шаром із зносостійкого діелектричного матеріалу.

5. Матеріал для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання, що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетично взаємозв'язаними частками з розмірами

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, який відрізняється тим, що матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді щонайменше двох, охоплених діелектричним матеріалом, автономних безперервних енергетично активних шарів товщиною

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, сформованих у вигляді розміщених один в одному із зазором об'ємних сферичних елементів або у вигляді трансформованих з останніх інших елементів довільної замкнутої форми, поверхні яких мають радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного

(13) C2

(11) 81644

(19) UA

наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

6. Матеріал за п. 5, який **відрізняється** тим, що шари захисного наповнювача включають суміші однакового або різного хімічного складу.

7. Матеріал для захисту від рентгенівського й гамма-випромінювання, що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетично взаємозв'язаними частками з розмірами

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, який **відрізняється** тим, що матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді автономного безперервного енергетично

активного шару товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці щонайменше одного об'ємного проміжного носія з діелектричного матеріалу, виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

8. Матеріал за п. 7, який **відрізняється** тим, що шари захисного наповнювача включають суміші однакового або різного хімічного складу.

9. Матеріал за п. 7, який **відрізняється** тим, що проміжні носії виконані у вигляді суцільних або порожнистих об'ємних елементів.

10. Матеріал для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання, що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетично взаємозв'язаними частками з розмірами

$(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, який **відрізняється** тим, що матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді автономного безперервного енергетично

активного шару товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці щонайменше одного об'ємного проміжного носія з електропровідного матеріалу, покритого суцільним шаром діелектричного матеріалу і виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

11. Матеріал за п. 10, який **відрізняється** тим, що шари захисного наповнювача включають суміші однакового або різного хімічного складу.

12. Матеріал за п. 10, який **відрізняється** тим, що проміжні носії виконані у вигляді суцільних або порожнистих об'ємних елементів.

Винахід належить до радіаційно-захисних матеріалів (РЗМ) і може бути використаний для виготовлення індивідуальних і колективних засобів захисту людей і устаткування від рентгенівського й гамма-випромінювання.

Відомий РЗМ, що включає матрицю й пов'язаний з нею захисний металовмісний наповнювач у вигляді дисперсних часток [1]. Недолік цього РЗМ полягає у високому процентному вмісті свинцю в наповнювачі в загальному об'ємі матеріалу (66-89%), що веде до збільшення маси матеріалу й до його обважнення, а це, у свою чергу, викликає певні незручності при експлуатації таких виробів. Поряд із цим, у цього РЗМ має місце нерівномірний розподіл важкого наповнювача в об'ємі легкої матриці, що порушує однорідність його структури й, як наслідок, обмежує можливості використання такого матеріалу для виготовлення всіляких захисних засобів.

Відомі РЗМ, що включають матрицю й пов'язані з нею важкі захисні наповнювачі, найпоширенішим з яких є свинець (2). Крім токсичності, наприклад, того ж свинцю, щільність такого наповнювача різко відрізняється від

щільності матриці (наприклад, бетону, полімерів і т. п.), що спричиняє нерівномірний його розподіл в об'ємі матриці, а це, у свою чергу, приводить до зниження захисних властивостей матеріалу в цілому.

Відомий РЗМ, що включає полістирольну полімерну матрицю та свинець як наповнювач (3). Цей матеріал має ті ж недоліки, що й вищевказані матеріали [2]. Відомий РЗМ, що включає матрицю у вигляді штучної шовкової нитки з віскози, що містить у вигляді механічної домішки від 15 до 65% по масі захисного наповнювача у вигляді сульфату барію (BaSO_4) (4). Однак введення сульфату барію в текстильну основу матеріалу приводить до різкого зменшення його міцності.

Відомі РЗМ, що включають проміжні носії у вигляді ниток, які вводяться у матричну сировину у вигляді полімерної композиції і мають домішки у вигляді окису вісмуту, колоїдного срібла [5]. Дослідження властивостей текстильної основи з такими домішками показали, що вони мають обмежену галузь застосування, тому що мають невисоку міцність.

РЗМ, що включає матрицю у вигляді ниток, призначений, зокрема, для виготовлення тканого

захисного матеріалу, з якого, у свою чергу, може бути пошитий спецодяг для захисту від рентгенівського й гамма-випромінювань.

Причини, що викликають погіршення фізико-механічних властивостей захисних ниток [4, 5], обумовлені негативним впливом часток захисного наповнювача, що порушують однорідність структури матричного матеріалу-нитки.

Відомий РЗМ, що включає матрицю у вигляді нитки, що містить захисне покриття з важких захисних наповнювачів [6]. Цей РЗМ позбавлений недоліків вищерозглянутих РЗМ [4, 5], завдяки тому, що захисне покриття виконане з ультрадисперсних часток з розмірами ($10^{-6} \div 10^{-7}$) м, що мають, відповідно до відкриття (7), властивість аномально сильно (у порівнянні з відомою класичною залежністю Бугера) послабляти рентгенівське випромінювання. Однак використання ультрадисперсної суміші, що є хімічно активною й, як наслідок, пірофорною, технологічно утруднене, тому що вимагає особливих умов при виготовленні, транспортуванні, зберіганні й технологічному використанні.

У результаті зробленого відкриття в галузі фізики полідисперсних середовищ із розмірами часток ($10^{-5} \div 10^{-3}$) м (8, 9), було встановлено, що останні також проявляють здатність аномально сильно (у порівнянні з відомою класичною залежністю Бугера) змінювати інтенсивність проникаючого випромінювання.

Відома залежність Бугера (10), що характеризує експонентне ослаблення вузького пучка квантів шаром РЗМ, має вигляд:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Де: I - інтенсивність випромінювання, що пройшло через шар РЗМ товщиною x ;

I_0 - інтенсивність падаючого випромінювання;

μx - перетин фотопоглинання, де μ - лінійний коефіцієнт ослаблення (класична регламентована таблична величина для кожного РЗМ), а x - товщина шару РЗМ.

При цьому масштаб зміни інтенсивності проникаючого випромінювання визначається ступенем дисперсності, сегрегованості й просторовим розташуванням часток полідисперсної суміші. У даному випадку сегрегованість полідисперсної суміші - це нерівномірний розподіл часток, що викликається перемішуванням полідисперсної суміші, внаслідок чого відбувається самоорганізація часток у систему енергетичне взаємопов'язаних ансамблів, що забезпечує збільшення (у порівнянні з класичними табличними значеннями) перетину фотопоглинання. Експерименти показали, що сегрегована шляхом перемішування металовмісна полідисперсна суміш із розмірами часток у діапазоні ($10^{-5} \div 10^{-3}$) м, що (на відміну від ультрадисперсних часток) широко використовують у сучасних технологіях без спеціальних обмежень (у процесі виготовлення, транспортування, зберігання й використання), при взаємодії із проникаючим випромінюванням проявляє істотні відхилення від відомої класичної залежності Бугера.

Надалі було встановлено, що при розширенні діапазону розмірів часток у полідисперсній суміші до ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м (при вмісті в ній до $10 \div 30$ % ультрадисперсних часток) хімічна активність суміші не досягає того рівня, що накладає спеціальні обмеження в процесі її виготовлення, транспортування, зберігання й використання (і в першу чергу, з погляду пірофорності суміші).

На базі відкриття (8, 9) був розроблений РЗМ (11), що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем у вигляді металовмісної полідисперсної суміші з енергетичне взаємопов'язаних часток з розмірами ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м.

Однак на шляху використання вищевказаного відкриття (8, 9) для створення РЗМ із аномально високими стабільними РЗ-властивостями виникли серйозні технологічні утруднення. Справа в тому, що зафіксовані істотні відхилення від відомої залежності Бугера при взаємодії рентгенівського й гамма-випромінювань із полідисперсними середовищами (ПДС) проявляються в обидва боки від експоненти (15). Інакше кажучи, при певних, технологічно важко контрольованих умовах стану ПДС (тобто при певній дисперсності, сегрегованості й просторовому розташуванні часток середовища), можуть мати місце аномалії, пов'язані як зі збільшенням поглинання РВ (або гамма - випромінювання), так і зі зменшенням поглинання. Цілком зрозуміло, що аномальне зменшення поглинання проникаючого випромінювання зовсім неприпустимо для РЗМ.

Цей стан підсилюється у негативному плані ще й тим, що аномальне зменшення поглинання проникаючого випромінювання (так званий, „простір“ випромінювання) може обумовлювати не тільки вищевказаними технологічними факторами при виготовленні РЗМ, але й експлуатаційними. Так, у результаті експериментів (15) було зафіксовано аномальне поширення рентгенівського випромінювання по геометрії (тобто по кривизні) шару, який попередньо був підданий деформації дотичними зусиллями, що обумовило анізотропну перебудову структури гуми по перетині шару. Ця перебудова полягає у зростанні щільності впакування металовмісного наповнювача диспергованого в об'ємі матриці, а саме в тій частині, яка прилягає до приклеєних країв (приклеїв) шару гуми.

Для того, щоб реально уявити собі цю ситуацію подумки розмістимо досить товстий шар гуми між двома криволінійними з великим радіусом кривизни ($R \geq 1000$ мм) жорсткими металевими листами, які нерухомо закріплені, причому шар гуми, що перебуває між ними, нерухомо приклеєний до поверхні листів, а до виступаючого краю шару гуми прикладена навантаження, що розтягує. При такій схемі навантаження середня частина гумового шару буде розтягуватися, а в приклеєних ділянках - стискатися. Очевидно, на ділянках шару гуми, що прилягають до приклеїв, зі зростанням деформації буде збільшуватися й щільність упакування диспергованого в об'ємі гумової матриці металовмісного наповнювача (в експерименті - ZnO). У процесі експериментів (15) було

встановлено, що зазначений аномальний ефект спостерігається тільки при суворо певній величині деформації. Аномалія не спостерігалася, якщо величина деформації була менше або більше цього певного значення. Цілком зрозуміло, що при зміні концентрації металовмісного наповнювача в гумовій матриці мінялося й значення деформації, при якій спостерігався „простріл” випромінювання.

Уявляється логічним зробити висновок про те, що при зсувній деформації гумового шару біля границь його приклеїв дисперговані у матриці частки металовмісного наповнювача встановлюються на деякій оптимальній відстані одна від другої, що відповідає енергетичне активним відстаням між частками, при яких під дією первинного проникаюче випромінювання (ППВ) генерується інтенсивне вторинне проникаючого випромінювання (ВПВ), тобто виникають умови для прояву, так званого, з ефекту „тунелювання” квантів випромінювання (13) (у нашому випадку - „прострілу” випромінювання).

Найбільш близьким до передбачуваного винаходу є РЗМ, прийнятий за прототип (12), що включає матрицю із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-5} \div 10^{-3})$ м.

РЗМ-прототип (12) має істотно менші параметри щодо захисних властивостей, ніж РЗМ-аналог (11), що видно з регламентованого в широкому діапазоні співвідношення загальної маси M сегрегованої полідисперсної суміші із часток захисного наповнювача й маси m тієї ж полідисперсної суміші із часток захисного наповнювача несеґрегованої суміші, що має рівні захисні властивості з масою M , а саме:

$$M = (0,51 \div 0,99)m \quad (2)$$

Таким чином, обидва технічних рішення (і аналог (11), і прототип (12)) через неможливість одержання стабільних, наперед заданих параметрів, що характеризують аномально високі радіаційно-захисні властивості, регламентують загальну масу M захисного спеціально підготовленого наповнювача у частках від насипної невідготовленої маси m того ж захисного наповнювача у дуже широких діапазонах, а саме:

$$M = (0,05 \div 0,5)m \text{ для (11) і } M = (0,51 \div 0,99)m \text{ для (12).} \quad (3)$$

Цим забезпечується розташування величин фактичних захисних параметрів РЗМ, що виготовляються (11, 12) (значення яких через дію випадкових факторів коливаються в широких межах), у наведених широких діапазонах співвідношень між масами M і m .

Поряд із цим, РЗМ-прототип (12) має ще одну ваду, що полягає в тім, що замість того, щоб з користю застосувати для забезпечення високоефективного захисту таке явище, як «тунелювання» квантів (фотонів) проникаючого випромінювання, у РЗМ (12) прийняті спеціальні конструктивні заходи для його ліквідації, що без збільшення захисних властивостей веде до його значного подорожчання цього РЗМ.

В основу винаходу поставлені задачі:

1) створення таких варіантів матеріалу для захисту від рентгенівського й гама - випромінювань, у яких, завдяки виконанню:

- матриці з діелектричного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, і охоплена зафіксованим на ній безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші;

- матриці з електропровідного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, і покрита суцільним шаром діелектричного матеріалу, поверхня якого, у свою чергу, охоплена зафіксованим на ній безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші;

- матриці з діелектричного матеріалу, а захисного наповнювача у вигляді, щонайменше, двох, охоплених діелектричним матеріалом автономних безперервних енергетичне активних шарів товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, сформованих у вигляді розміщених один в одному із зазором об'ємних сферичних елементів або у вигляді трансформованих з останніх інших елементів довільної замкнутої форми, поверхні яких мають радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, при цьому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші;

- матриці з діелектричного матеріалу, а захисного наповнювача у вигляді автономного безперервного енергетичне активного шару товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці, щонайменше, одного об'ємного проміжного носія з діелектричного матеріалу, виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента

довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, при цьому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші;

- матриці з діелектричного матеріалу, а захисного наповнювача у вигляді автономного безперервного енергетичне активного шару товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці, щонайменше, одного об'ємного проміжного носія з електропровідного матеріалу, покритого суцільним шаром діелектричного матеріалу й виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, при цьому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші.

Забезпечується підвищення захисних властивостей запропонованих варіантів матеріалу в цілому і усталеності системи енергетичне взаємозалежних часток полідисперсної суміші захисного наповнювача, зокрема, шляхом реалізації ефекту «тунелювання» квантів (13), що полягає у трансформації потоку квантів ППВ в енергію потоку квантів ВПВ, що генерується, у замкнутому шарі (шарах) й поширюється в ньому (в них) по багаторазово збільшеній довжині шляху з відповідною втратою енергії, оскільки поширення квантів відбувається по замкнутої самій на себе поверхні об'ємного елемента, виконаного із часток захисного наповнювача, а за рахунок цього забезпечується:

а) підвищення перетину взаємодії проникаючого випромінювання із запропонованими варіантами РЗМ (тобто збільшення μx у вираженні (1), де μ - лінійний коефіцієнт ослаблення, а x - довжина шляху квантів ВПВ (на відміну від товщини шару, що опромінюється, по Бугеру);

б) підвищення технологічності виготовлення запропонованих варіантів РЗМ із можливістю одержання стабільних і аномально високих (у порівнянні із класичною залежністю Бугера по вираженню (1)) захисних характеристик.

Поставлені задачі вирішуються тим, що:

1) у матеріалі для захисту від рентгенівського й гама - випромінювань, що включає матричний матеріал із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно - або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, відповідно до винаходу, матриця виконана з діелектричного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, і охоплена

безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші; шар захисного наповнювача може бути покритий запобіжним шаром зі зносостійкого діелектричного матеріалу;

2) у матеріалі для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань, що включає матричний матеріал із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, відповідно до винаходу, матриця виконана з електропровідного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, і покрита суцільним шаром діелектричного матеріалу, поверхня якого, у свою чергу, охоплена безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші; шар захисного наповнювача може бути покритий запобіжним шаром зі зносостійкого діелектричного матеріалу;

3) у матеріалі для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань, що включає матричний матеріал із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно - або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, відповідно до винаходу, матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді, щонайменше, двох, охоплених діелектричним матеріалом автономних безперервних енергетичне активних шарів товщиною $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, сформованих у вигляді розміщених один в одному із зазором об'ємних сферичних елементів або у вигляді трансформованих з останніх інших елементів довільної замкнутої форми, поверхні яких мають радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші; шари захисного наповнювача можуть включати суміші однакового або різного хімічного складу;

4) у матеріалі для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань, що включає матричний матеріал із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами $(10^{-9} \div 10^{-3})$ м, відповідно до винаходу, матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді автономного безперервного

енергетичне активного шару товщиною (10^{-9} - 10^{-3}) м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці, щонайменше, одного об'ємного проміжного носія з діелектричного матеріалу, виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші; шари захисного наповнювача можуть включати суміші однакового або різного хімічного складу; проміжні носії можуть бути виконані у вигляді суцільних або порожніх об'ємних елементів;

5) у матеріалі для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань, що включає матричний матеріал із зафіксованим захисним наповнювачем з металовмісної полідисперсної моно- або багатоелементної суміші з енергетичне взаємопов'язаними частками з розмірами (10^{-9} - 10^{-3}) м, відповідно до винаходу, матриця виконана з діелектричного матеріалу, а захисний наповнювач виконаний у вигляді автономного безперервного енергетичне активного шару товщиною (10^{-9} - 10^{-3}) м, що охоплює поверхню, щонайменше, одного об'ємного проміжного носія з електропровідного матеріалу, покритого суцільним шаром діелектричного матеріалу й виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{мм}$, де R - радіус кривизни, причому загальна маса сформованого таким способом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші; шари захисного наповнювача можуть включати суміші однакового або різного хімічного складу; проміжні носії можуть бути виконані у вигляді суцільних або порожніх об'ємних елементів.

Наведені вище ознаки, що характеризують групу винаходів, істотні, тому що кожний з них впливає на відповідний технічний результат, що у сукупності з іншими технічними результатами, забезпечує рішення поставлених задач.

Так, у першому варіанті матеріалу для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань виконання матриці з діелектричного матеріалу у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1\text{м}$, де R - радіус кривизни, і охоплена безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача товщиною (10^{-9} - 10^{-3}) м, забезпечує у захисного наповнювача прояв якісно нового ефекту, а саме: внаслідок поширення по замкнутому (самого на себе) шару захисного наповнювача квантів вторинного випромінювання (у яке трансформується первинне

випромінювання, що обумовлено проявом ефекту «тунелювання» квантів (13)) багаторазово зростає довжина їхнього шляху (тобто величина x у формулі Бугера, див. (1) на с. 2). При цьому зростає перетин взаємодії рентгенівського й гама-випромінювань із речовиною, завдяки чому досягається підвищення питомих характеристик захисних властивостей пропонованого РЗМ.

Крім того, створення замкнутого навколо матричного матеріалу шару із часток полідисперсного металовмісного захисного наповнювача не викликає технологічних утруднень, що дозволяє забезпечити стабільну якість аномально високих питомих захисних характеристик пропонованого РЗМ.

Регламентация ж значення радіуса кривизни R покликана (залежно від конкретних технічних умов, як у першому, так і у всіх наступних пропонованих варіантах РЗМ) забезпечити плавність зміни напрямку енергетичне активного шару захисного наповнювача, що підвищує технологічність виготовлення пропонованого РЗМ і поліпшує умови для прояву ефекту «тунелювання» квантів.

Особливо слід зазначити, що в пропонованому варіанті ефект «тунелювання» квантів проявляє себе не в якості шкідливого й небезпечного явища, для ліквідації якого в прототипі (12) передбачають додаткові заходи, що дорого коштують, а в якості корисного ефективного засобу підвищення РЗ-властивостей.

У формулі винаходу під безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача на відміну від, наприклад, суцільного шару розуміється такий шар, у якого частки суміші перебувають на енергетичне активних відстанях, вимірюваних десятками й сотнями ангстрем (залежно від дисперсності й енергії Фермі енергетичне взаємозалежних часток суміші). Саме така безперервність шару під дією ППВ забезпечує генерування в ньому ВПВ, тобто забезпечує реалізацію ефекту «тунелювання» квантів.

В першому варіанті матеріалу для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань матриця виконана з діелектричного матеріалу.

У відомого аналога (14) шар часток полідисперсної металовмісної суміші захисного наповнювача охоплює поверхню матриці, виконаної також з діелектричного матеріалу у вигляді текстильної основи, тобто поверхні нитки, а в аналога (11) подібний шар охоплює поверхні окремих філамент, що скручуються потім у нитку. При цьому в шарі полідисперсних часток (які, на відміну від ультрадисперсних часток (16), є електропровідними), зафіксованих на енергетичне активних відстанях друг від друга на поверхні нитки (або на поверхні окремої філаменти), і сформованих в енергетичне взаємозалежні рентгенопоглинаючі ансамблі (так само, як і в пропонованому варіанті матеріалу), завдяки діелектричній основі, не перемикаються (не є коротко замкненими) електростатичні потенціали окремих часток і їхніх ансамблів. Однак у зазначених аналогах небезпечно вторинне випромінювання, виникнення якого обумовлено

ефектом «тунелювання» квантів, поширюється по шару захисного наповнювача до торців нитки або окремих філаментів (у тому числі скручених у нитку), через які й випромінюється, що з погляду радіаційного захисту зовсім неприпустимо.

На відмінність від цього, у пропонованому першому варіанті захисного матеріалу матриця з діелектричного матеріалу виконана у вигляді об'ємного сферичного елемента (або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми), тобто відкриті випромінюючі торці у виконаній таким способом матриці відсутні. Природно, вони відсутні й у шарі полідисперсної суміші захисного наповнювача, що охоплює цю матрицю. При цьому окремі частки полідисперсної суміші захисного наповнювача, утворюючи шар товщиною ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м, зафіксовані в діелектричному матеріалі на поверхні матриці (займаючи, по суті, її приповерхній шар) на енергетичне активних відстанях як у тангенціальних напрямках, так і по висоті шару. У результаті небезпечне вторинне випромінювання, виникнення якого обумовлено ефектом «тунелювання» квантів, поширюється по замкнутих (самої на себе) поверхні шару, не виходячи за її межі.

Як у першому варіанті, так і в нижчеподаних варіантах запропонованого матеріалу як діелектричний матеріал можуть бути використані:

- природні полімери типу колагену, альбуміну, казеїну, камеді, деревної смоли, крохмалю, декстрину, латексу, гутаперчі, зеїну, соєвого казеїну й композиції на їхній основі;
- синтетичні полімери типу поліакрилатів, поліамідів, поліетиленів, поліефірів, поліуретанів, синтетичних каучуків, фенол-формальдегідних смол, карбамідних або епоксидних смол і композицій на їхній основі;
- елементоорганічні полімери типу кремнійорганічних полімерів;
- газонаповнені пластмаси типу пінопластів і поропластів;
- плівкоутворювальні речовини типу ефіроцелюлозних лаків;
- рідкі неполярні матеріали типу бензолу, трансформаторного масла тощо.

У металовмісного захисного наповнювача, сформованого згідно пропонованого винаходу, загальна маса при рівних захисних властивостях менше маси несформованого того ж захисного наповнювача.

Відомо, що в прототипі [12] загальна маса сегрегованого (тобто теж по своєму сформованого) захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого того ж захисного наповнювача в $(1,01 \div 1,96)$ рази. А в аналога [11] загальна маса сегрегованого (сформованого) захисного наповнювача при рівних захисних властивостях ще у більшій степені менше маси несформованого того ж захисного наповнювача, а саме, в $(2-20)$ разів.

На відміну від відомих технічних рішень [11, 12] у пропонованому першому варіанті матеріалу зниження загальної маси захисного наповнювача

досягається, завдяки використанню принципово нового конструктивно-технологічного підходу, у результаті реалізації якого безперервний енергетичне активний шар захисного наповнювача, заданої (залежно від конкретних технічних умов) товщини ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м охоплює матрицю по її безперервній, плавно замкнутої самої на себе поверхні. Це, у свою чергу, викликає прояв якісно нового ефекту - багаторазове зростання довжини шляху квантів проникаючого випромінювання, внаслідок чого забезпечується більш високий рівень захисту при меншій масі захисного наповнювача. Однак, на відміну від відомих технічних рішень [11, 12], у пропонованого РЗМ проявляється ще й додатковий ефект, а саме: підвищення його технологічності виготовлення з можливістю одержання стабільних питомих характеристик захисних властивостей.

Варто також підкреслити, що в цьому випадку заявленому РЗМ неправомірно протиставляти декілька порізно відомих аналогів (зокрема, (11,12)), тому що якісно новий позитивний ефект досягається лише при використанні всіх без винятку ознак, зазначених у п. 1 формули пропонованого винаходу.

Так наприклад, якщо з наведеної сукупності ознак вилучити ознаку, що стосується того, що загальна маса сформованого захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші, то прояв якісно нового ефекту, пов'язаного з багаторазовим зростанням довжини шляху квантів проникаючого випромінювання, виявиться неможливим. Якщо зазначена загальна маса сформованого захисного наповнювача буде не менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші, а, скажемо, буде більше, то в шарі захисного наповнювача, що охоплює матрицю по її безперервній, плавно замкнутої самої на себе поверхні, через надлишок енергетичне взаємозалежних часток з розмірами ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м неможливо буде витримати енергетичне активні відстані між ними, у результаті чого пропадуть умови для виникнення ефекту «тунелювання» квантів. Внаслідок цього потік квантів ППВ не буде трансформуватися в енергію потоку квантів ВПВ, що генерується в замкнутому шарі. А сам вторинний потік квантів, у свою чергу, не буде поширюватися по шару по багаторазово збільшеній (у порівнянні з товщиною шару) довжині шляху з відповідною втратою енергії. Це свідчить про те, що розглянута ознака тісно взаємозалежна як структурно, так і функціонально з іншою сукупністю ознак; його не можна розглядати у відриві від останніх, тому що позитивний ефект досягається тільки за допомогою всієї сукупності ознак.

У другому варіанті матеріалу для захисту від рентгеновського й гама-випромінювань на відміну від першого варіанта матриця виконана з електропровідного матеріалу, але покрита суцільним шаром діелектричного матеріалу. З погляду фізики взаємодії $1111B$ з безперервним енергетичне активним шаром захисного

наповнювача, зафіксованого на зазначеному суцільному шарі діелектричного матеріалу, розходжень між першими й другим пропонованими варіантами РЗМ немає. Однак другий варіант відкриває перспективи для надання високотехнологічними методами аномально високих радіаційно-захисних (РЗ) властивостей виробам на основі таких електропровідних матриць, як силкатна маса, гіпс, бетон і т. п., надання яким радіаційно-захисних властивостей відомими методами досить проблематично.

У першому й у другому варіантах пропонованого РЗМ, відповідно до винаходу, для запобігання механічного ушкодження шару захисного наповнювача під час експлуатації останній може бути покритий запобіжним шаром зі зносостійкого діелектричного матеріалу, наприклад, гуми, поліаміду, склопластику тощо.

Ознака, що стосується виконання матриці у вигляді об'ємного сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми з регламентацією нижнього значення радіуса кривизни, причому цей елемент або безпосередньо охоплений безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача (якщо матриця виконана з діелектричного матеріалу, як у першому варіанті пропонованого РЗМ), або цей елемент попередньо охоплений суцільним шаром з діелектричного матеріалу, а потім зверху охоплений безперервним енергетичне активним шаром захисного наповнювача (якщо матриця виконана з електропровідного матеріалу, як у другому варіанті пропонованого РЗМ), є новим стосовно прототипу [12], тому що зазначена ознака в останньому взагалі відсутня.

В третьому варіанті матеріалу для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань виконання захисного наповнювача у вигляді, щонайменше, двох, охоплених діелектричним матричним матеріалом автономних шарів товщиною ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м, сформованих у вигляді розміщених один в одному із зазором об'ємних сферичних елементів або у вигляді трансформованих з останніх інших елементів довільної замкнутої форми, поверхні яких мають радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, забезпечує прояв у використовуваного захисного наповнювача якісно нового ефекту. Суть цього ефекту полягає в наступному: потік квантів ППВ, потрапивши на перший шар захисного наповнювача, виконаного у вигляді замкнутого елемента, трансформується в енергію потоку квантів ВПВ, що генерується, в цьому замкнутому шарі (відповідно до ефекту „тунелювання” квантів); ВПВ поширюється в шарі по багаторазово збільшеній (у порівнянні з товщиною шару) довжині шляху з відповідною втратою енергії. Частина квантів ППВ, що не поглинулася першим шаром захисного наповнювача, попадає на другий шар, також виконаний у вигляді замкнутого елемента, розміщеного із зазором усередині замкнутого першого шару. При цьому процес повторюється: ППВ трансформується в енергію

потоку ВПВ, що генерується, в замкнутому другому шарі (відповідно до ефекту „тунелювання” квантів); ВПВ поширюється по другому шару по багаторазово збільшеній (у порівнянні з товщиною шару) довжині шляху з відповідною втратою енергії. Оскільки таких шарів у вигляді замкнутих елементів, розміщених із зазором усередині один одного, може бути 3, 4, 5 і більше, то частина квантів, що не поглинулася кожним попереднім замкнутим шаром, генерує в кожному наступному шарі ВПВ, кванти якого, поширюючись по замкнутих поверхнях цих наступних шарів, також проходять багаторазово більшу довжину шляху (у порівнянні з товщиною шару) і відповідно втрачають енергію, що, в остаточному підсумку, приводить до різкого зростання питомих характеристик РЗ - властивостей пропонованого РЗМ.

Ознака, що стосується виконання шарів захисного наповнювача в третьому варіанті у вигляді декількох об'ємних замкнутих елементів, розміщених один в одному із зазором і охоплених об'ємом діелектричної матриці, є новим стосовно прототипу (12), тому що зазначена ознака в останньому взагалі відсутня.

Завдяки такому виконанню захисного наповнювача в пропонованому РЗМ, останній здобуває якісно новий, більш високий рівень питомих характеристик РЗ - властивостей у порівнянні із прототипом (12)). Інакше кажучи, технічним результатом другого варіанта винаходу є одержання запропонованого РЗМ із невисоким процентним вмістом металовмісного наповнювача, що забезпечує без погіршення захисних властивостей зниження маси РЗМ у цілому на більше високому рівні, ніж це має місце в прототипі (12).

Виконання умови, при якій в третьому варіанті загальна маса сформованого вищеописаним образом захисного наповнювача при рівних захисних властивостях менше маси несформованого захисного наповнювача з тієї ж суміші дозволяє залежно від конкретних технічних умов (при збереженні рівня ослаблення рентгенівського й гама-випромінювань) знизити масу відомих рентгенопоглинаючих наповнювачів у РЗМ навіть більше, ніж це має місце (зокрема, від 2-х до 20-ти разів) в аналога (11). Відповідно до винаходу, у третьому варіанті пропонованого РЗМ такий результат досягається шляхом зміни числа автономних безперервних енергетичне активних шарів захисного наповнювача, розміщених усередині один одного із зазором і охоплених об'ємом матриці.

Відомий також РЗМ (17, 18), у якому матриця виконана з діелектричного матеріалу (гуми), а полідисперсний захисний наповнювач – у вигляді часток складного оксиду рідкоземельних елементів (РЗЕ), охоплених діелектричною матрицею й зафіксованих у ній.

Однак у пропонованому третьому варіанті РЗМ охоплені діелектричною матрицею полідисперсні частки захисного наповнювача, на відміну від аналога [17, 18], сформовані у вигляді декількох об'ємних замкнутих елементів товщиною

($10^{-9} \div 10^{-3}$) м, розміщених один в одному із зазором, що дозволяє багатократно використати ефект „тунелювання” квантів для підвищення питомих характеристик РЗ-властивостей.

Залежно від конкретних технічних умов у пропонованому третьому варіанті РЗМ шари захисного наповнювача можуть включати суміші однакового або різного хімічного складу. При цьому, крім можливості одержання в третього варіанта пропонованого РЗМ більш розтягнутого спектра поглинання ППВ, досягається ще й додатковий ефект, не властивий ні прототипу [12], ні аналогу (11). Як відомо, у полідисперсній суміші розходження в розмірах часток спричиняє розходження й у їхніх рівнях енергії Фермі, що викликає перехід електронів від часток з більшими розмірами до часток з меншими розмірами. У результаті частки з більшими розмірами заряджаються позитивно, а частки з меншими розмірами - негативно, а ансамбль часток у цілому в результаті такого їхнього перезарядження здобуває енергетичну усталеність. У реальних умовах на цей механізм перезарядження часток впливає ще цілий ряд факторів, зокрема, наявність на частках оксидної плівки, наявність примісних атомів і адсорбованих на поверхні молекул тощо. Тому процес вирівнювання електрохімічного потенціалу в ансамблі, при якому відбувається їх заряджання, строго говорячи, носить випадковий характер. Величина ж і знак заряду в більшій мірі залежить від топології системи. Однак визначальною все ж таки у цьому механізмі є дисперсність, тобто розмір часток суміші.

По аналогії із цим, розходження хімічного складу часток у розташованих поруч автономних шарах також спричиняється їхнє розходження в рівнях енергії Фермі. У результаті перезарядження суміжних автономних шарів часток різного хімічного складу відносно один одного останні одержують різноименні заряди: „плюс” - шари, що мали більший рівень енергії Фермі, і „мінус” - навпаки, шари, що мали менший рівень енергії Фермі. Між такими шарами виникають сили взаємного притягання.

Така система є більш стійкою, тому що положення шарів додатково стабілізується ще й силами кулонівської взаємодії.

У четвертому варіанті виконання матриці з діелектричного матеріалу, а захисного наповнювача у вигляді автономного безперервного енергетичне активного шару товщиною ($10^{-9} \div 10^{-3}$) м, що охоплює поверхню розміщеного в об'ємі матриці, щонайменше, одного об'ємного проміжного носія з діелектричного матеріалу, виконаного у вигляді сферичного елемента або у вигляді трансформованого з останнього іншого елемента довільної замкнутої форми, поверхня якого має радіус кривизни, обумовлений залежністю $R \geq 0,1$ мм, де R - радіус кривизни, забезпечує у пропонованому РЗМ досягнення використовуваним захисним наповнювачем якісно нового результату, а саме:

- реалізацію ефекту „тунелювання” квантів у якості корисного ефективного засобу підвищення РЗ-властивостей.

У пропонованому четвертому варіанті РЗМ кожний проміжний носій з діелектричного матеріалу покритий безперервним енергетичне активним полідисперсним шаром захисного наповнювача й виконаний з такою конфігурацією, що випромінюючі торці в нього відсутні. У результаті цього (відповідно до ефекту „тунелювання” квантів) під дією ППВ інтенсивне ВПВ, що генерується, поширюється по замкнутій (самої на себе) поверхні шару, не виходячи за її межі, з багаторазовим збільшенням (у порівнянні з товщиною шару) довжини шляху квантів і з відповідною втратою енергії.

Таким чином, ефект „тунелювання” квантів відіграє важливу роль у наданні пропонованому четвертому варіанту РЗМ більш високих питомих характеристик РЗ-властивостей у порівнянні із прототипом (12), у якому ефект „тунелювання” квантів, навпаки, відіграє роль шкідливого й небезпечного фактора, для усунення якого приймаються спеціальні заходи, що дорого коштують.

Дійсно, у прототипа (12) під впливом ППВ в шарі захисного наповнювача, зафіксованого на проміжному носії, внаслідок площинної орієнтації ансамблів його часток (відповідно до ефекту „тунелювання” квантів) генерується інтенсивне ВПВ, що, випромінюючись із торців проміжних носіїв, попадає в матрицю, у якій ансамблі часток захисного наповнювача мають об'ємну орієнтацію, що виключає можливість прояву ефекту „тунелювання” квантів, у результаті чого останній не виявляється. Однак такі спеціальні заходи усунення прояву ефекту „тунелювання” квантів як шкідливого фактора (на відміну від використання цього ефекту в четвертому варіанті пропонованого РЗМ для підвищення питомих характеристик РЗ-властивостей) без збільшення захисних властивостей ведуть лише до подорожчання РЗМ.

В аналога (11), у якого як проміжні носії використовують текстильну основу (у вигляді відрізків нитки або відрізків філамент), або мінеральне волокно у вигляді його відрізків, під впливом ППВ в полідисперсному захисному покритті цих проміжних носіїв генерується інтенсивне ВПВ, що випромінюється через торці зазначених проміжних носіїв, що зовсім неприпустимо для РЗМ.

На відміну від аналога (11) у пропонованому четвертому варіанті РЗМ випромінюючі торці у проміжних носіїв, покритих шаром захисного полідисперсного наповнювача, відсутні з усіма очевидними звідси перевагами, що впливають, про які згадувалося вище.

У п'ятому варіанті матеріалу для захисту від рентгенівського й гамма-випромінювань на відміну від четвертого варіанта об'ємні проміжні носії виконані з електропровідного матеріалу, але покриті суцільним шаром діелектричного матеріалу. З погляду відмінностей з фізики взаємодії ППВ з кожним безперервним енергетичне активним шаром захисного

наповнювача, зафіксованому на суцільному шарі діелектричного матеріалу, що покриває кожний замкнутий об'ємний проміжний носій, то в п'ятому варіанті пропонованого РЗМ у порівнянні з вищерозглянутим четвертим варіантом таких немає. Однак п'ятий варіант пропонованого РЗМ розширює можливості використання в якості проміжних носіїв різного роду, електропровідні сферичні об'ємні елементи або інших замкнутих об'ємних елементів (відповідно до п. 5 формули винаходу), що випускаються серійно в суміжних галузях. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню технологічності й зниженню вартості виготовлення пропонованого варіанта РЗМ.

У четвертому й у п'ятому варіантах шари захисного наповнювача, зафіксованого на проміжних носіях, можуть включати суміші однакового або різного хімічного складу. У цьому випадку, за аналогією із третім варіантом, крім можливості одержання за четвертим і п'ятим варіантами пропонованого РЗМ більш розтягнутого спектра поглинання ППВ, може досягатися ще й додатковий ефект, не властивий ні прототипу [12], ні аналогу [11].

Однак, як було показано на прикладі третього варіанта пропонованого РЗМ, усталеність систем у вигляді безперервних енергетично активних шарів з полідисперсних сумішей часток захисного наповнювача різного хімічного складу, зафіксованих (у четвертому й п'ятому варіантах) на поверхні різних проміжних носіїв, розміщених, у свою чергу, в об'ємі діелектричної матриці, забезпечується (крім дії інших сил) ще й силами кулонівської взаємодії (тобто силами взаємного притягання шарів). У цьому випадку проміжні носії найбільше важливо виконати у вигляді елементів плитоподібної форми із закругленими торцями, на поверхнях яких зафіксовані безперервні енергетично активні шари захисного наповнювача у повній відповідності з конфігурацією проміжних носіїв. Очевидно, що проміжні носії із зафіксованими на них вищевказаними шарами, що одержали після перезарядження шарів (відповідно до їх рівнів енергії Фермі) заряди протилежного знака, повинні розміщатися в матриці за черговим порядком (плюс, мінус) на відстанях, при яких діелектрична проникність матриці не перешкоджає переходу електронів з одного шару на другий.

У четвертому й у п'ятому варіантах винаходу в металовмісного захисного наповнювача, який сформований згідно пропонованого винаходу, загальна маса при рівних захисних властивостях менше маси несформованого того ж захисного наповнювача. На відміну від відомих технічних рішень [11, 12], у яких загальна маса сегрегованого (сформованого) захисного наповнювача при рівних захисних властивостях теж менше маси несформованого того ж захисного наповнювача, у пропонованих четвертому й п'ятому варіантах зниження загальної маси захисного наповнювача досягається, завдяки використанню принципово нового конструктивно-технологічного підходу. Суть цього підходу полягає в наступному. У матриці з діелектричного матеріалу розміщені проміжні носії, які виконані у

вигляді сферичних елементів або у вигляді трансформованих з останніх інших елементів довільної замкнутої форми. Зазначені елементи виконані або цілком з діелектричного матеріалу (відповідно до четвертого варіанта пропонованого РЗМ), або з електропровідного матеріалу, але покритого суцільним шаром діелектричного матеріалу (відповідно до п'ятого варіанта пропонованого РЗМ). Виконані таким способом автономні проміжні носії охоплені безперервними енергетично активними шарами полідисперсного захисного наповнювача товщиною (10^{-9} – 10^{-3}) м. Наведені вище істотні ознаки четвертого й п'ятого варіантів пропонованого РЗМ забезпечують у захисному наповнювачі прояв якісно нового ефекту, а саме: внаслідок поширення по замкнутому (самого на себе) шару захисного наповнювача квантів ВПВ, що генеруються, на кожному автономному проміжному носії (що обумовлено трансформацією ППВ відповідно до прояву ефекту «тунелювання» квантів) багаторазово зростає довжина їхнього шляху (тобто величина x у формулі Бугера, див. (1) на с. 2). При цьому зростає перетин взаємодії рентгенівського й гама-випромінювань із речовиною, завдяки чому досягається підвищення питомих характеристик захисних властивостей пропонованих варіантів РЗМ.

Крім того, конструкція проміжних носіїв повністю виключає можливість виходу випромінювання за межі РЗМ на відміну від (11), у якому випромінювання може вийти за межі РЗМ через торці проміжних носіїв. На відміну ж від прототипу (12) у пропонованих варіантах РЗМ ефект «тунелювання» квантів використовується як ефективний засіб підвищення РЗ-властивостей.

У той же час у прототипу (12) ефект «тунелювання» квантів грає шкідливу й небезпечну роль, для нейтралізації якої вживають спеціальні заходи, які дорого коштують.

У четвертому й у п'ятому варіантах винаходу проміжні носії можуть бути виконані у вигляді суцільних або порожніх об'ємних елементів. Останнє виконання особливо доцільне, коли необхідно забезпечити мінімальну вагу РЗМ.

Технічним результатом четвертого й п'ятого варіантів винаходу є одержання матеріалу для захисту від рентгенівського й гама-випромінювань із невисоким процентним вмістом захисного наповнювача, що забезпечує високу надійність захисту без застосування додаткових заходів, які дорого коштують.

Вищеописані варіанти винаходу ілюструють наступні приклади.

Приклад 1

Із сирової гуми на основі синтетичного каучуку був сформований об'ємний сферичний елемент (куля) діаметром 4 см, на поверхню якого шляхом обкатування його на плоскій скляній поверхні у порошок полідисперсної суміші із часток розміром 10^{-9} – 10^{-3} м був нанесений шар складного оксиду рідкоземельних елементів (РЗЕ) товщиною близько 0,5 мм. Потім на поверхні зразка без порушення сферичної форми був сформований запобіжний шар товщиною 4 мм із тієї ж сирової

гуми. Для цього з попередньо прокатаного на каландрі листа сирової гуми товщиною 4 мм за допомогою шаблона вирізалася профільна заготовка, яку обгортали навколо матриці за умови збереження сферичної форми й забезпечення щільної сполуки стику. У результаті був отриманий сферичний елемент, під запобіжним шаром сирової гуми якого був зафіксований замкнутий (сам на себе) шар РЗЕ у кількості 13% по масі щодо маси всього зразка. Далі, сферичний зразок був повільно деформований під пресом (за умови відкритого з його боків просторі) до утворення плитоподібної заготовки з заокругленими торцями товщиною близько 2 см. Після цього на лабораторному каландрі із зазначеної заготовки був сформований лист товщиною 0,32 см по ТУ 38-105455-72 з розмірами (12 x 16) см², що був поміщений в автоклав, де піддався вулканізації в атмосфері гарячого повітря. При цьому радіус кривизни на торцях листа становив $\approx 0,16$ см, а радіус кривизни шару РЗЕ усередині листа $R \gg 0,1$ мм.

Маса зразка склала - 108,4 г, а маса складного оксиду РЗЕ в ньому - 14,1 г. Отриманий зразок першого пропонованого варіанта РЗМ був підданий тестуванню при наступних режимах: напруга на аноді рентгенівської трубки $U = 128$ кВ, енергія квантів рентгенівського випромінювання $E = 85$ KeV. Опромінення зразка здійснювалося широким пучком рентгенівського випромінювання. Час опромінення 0,5 с.

Складний оксид містить РЗЕ у середньому 81,4%, що у зразку при масі складного оксиду 14,1 г, становить $14,1 \times 0,814 = 11,48$ г. Тоді поверхнева щільність РЗЕ при розмірах зразка (12 x 16) см² становить $11,48 / (12 \times 16) = 0,06$ г/см², а середня пікнометрична щільність РЗЕ при хімічному складі складного оксиду (CeO₂ - 52%, La₂ - 23%, Nd₂ - 19%, Pr₂ - 5%; мех. домішки - 1%) становить: $0,814 \times (6,789 \times 52 + 6,18 \times 23 + 6,908 \times 19 + 6,475 \times 5) / 99 = 0,814 \times 6,65 = 5,4$ г/см³. У результаті розрахунка захисна товщина РЗЕ в пропонованому першому варіанті РЗМ становить: $X_p = 0,06 / 5,4 = 0,011$ см.

Рентгенографічний контроль із наступним порівнянням зі східчастим свинцевим послаблювачем показав, що пропонований перший варіант РЗМ має фактичний захисний свинцевий еквівалент $X_{\text{ф}} = 0,01$ см. Відповідно цьому захисному свинцевому еквіваленту наведена захисна товщина РЗЕ становить: $X_{\text{пр}} = 0,01 \times 11,34 / 5,4 = 0,021$ см. У результаті захисний еквівалент пропонованого першого варіанта РЗМ при даних режимах тестування ($U = 128$ кВ і $E = 85$ KeV) щодо фактичної захисної товщини РЗЕ в ньому становить $K = X_{\text{пр}} / X_p = 0,021 / 0,011 = 1,9$.

Потім той же зразок був підданий тестуванню при наступних режимах:

напруга на аноді рентгенівської трубки - 40 кВ, енергія квантів рентгенівського випромінювання - 27 KeV. Опромінення аналогічно здійснювалося широким пучком рентгенівського випромінювання протягом 0,5с.

Рентгенографічний контроль із наступним порівнянням зі східчастим свинцевим

послаблювачем показав, що той же зразок РЗМ за даних умов тестування має захисний свинцевий еквівалент $X_{\text{ф}} = 0,06$ см. Відповідному цьому захисному свинцевому еквіваленту наведена захисна товщина РЗЕ становить: $X_{\text{пр}} = 0,06 \times 11,34 / 5,4 = 0,126$ см.

У результаті захисний еквівалент пропонованого першого варіанта РЗМ при даних режимах тестування ($U = 40$ кВ і $E = 27$ кеВ) щодо тієї ж фактичної захисної товщини РЗЕ в ньому становить: $K = X_{\text{пр}} / X_p = 0,126 / 0,011 = 11,4$.

Таким чином, внаслідок поширення по замкнутому (самого на себе) шару захисного наповнювача квантів ВПВ (у яке трансформується ППВ, що обумовлено проявом ефекту «тунелювання» квантів) багаторазово зростає довжина їхнього шляху, внаслідок чого зростає перетин взаємодії рентгенівського й гамма-випромінювань із речовиною. А це, у свою чергу, приводить до того, що при різних режимах опромінення той самий зразок першого варіанта РЗМ має аномально високі величини захисного еквівалента стосовно однієї ж фактичної захисної товщини РЗЕ в цьому ж РЗМ.

Оскільки робота замкнутого (самого на себе) шару захисного наповнювача, яка обумовлена проявом ефекту «тунелювання» квантів, у другому пропонованому варіанті РЗМ не відрізняється від першого варіанта, розглядати її на прикладі випробування спеціально виготовленого зразка немає необхідності.

Приклад 2

З тієї ж сирової гуми й захисного наповнювача у вигляді полідисперсного складного оксиду РЗЕ з використанням тих самих технологічних прийомів, що й у прикладі 1, був сформований об'ємний сферичний елемент діаметром 3,5 см із зафіксованими усередині його трьома замкнутими концентрично розміщеними один в одному із зазором шарами зі складного оксиду РЗЕ кожний товщиною близько 0,5 мм. При цьому зазори між зазначеними шарами й товщина зовнішнього запобіжного шару із сирової гуми становила 2 мм. Загальний вміст РЗЕ склав 35,5% по масі щодо маси всього зразка.

Після цього сферичний зразок був повільно деформований під пресом за умови відкритого з його боків просторі до утворення плитоподібної заготовки з округленими торцями товщиною близько 2 см. Далі (за аналогією із прикладом 1), на лабораторному каландрі із зазначеної заготовки був сформований лист товщиною 0,32 см по ТУ 38-105455-72 з розмірами (8 x 8,8) см², що був поміщений в автоклав, де піддався вулканізації в атмосфері гарячого повітря. При цьому радіус кривизни на торцях листа склав $\approx 0,16$ см, а радіуси кривизни на краях деформованих і розміщених один в одному шарів захисного наповнювача у вигляді полідисперсного складного оксиду РЗЕ-Р $\approx 0,1$ мм.

Маса зразка склала 47,9 г, а маса складного оксиду РЗЕ в ньому - 17,0 г.

Отриманий зразок пропонованого третього варіанта РЗМ був підданий тестуванню при режимах, аналогічних режимам у прикладі 1: (а) U

= 128 кВ, E = 85 кеВ, t = 0,5 з; б) U = 40 кВ, E = 27 кеВ, t = 0,5 с. Кількість чистих РЗЕ у зразку становить: $17,0 \times 0,814 = 13,8$ г. Тоді поверхнева щільність РЗЕ становить: $13,8/8 \times 8,8 = 0,196$ г/см² при пікнометричній щільності РЗЕ - 5,4 г/см³, У результаті розрахунку захисна товщина РЗЕ у пропонованому третьому варіанті РЗМ становить: $X_p = 0,196 / 5,4 = 0,036$ см.

Рентгенографічний контроль із наступним порівнянням зі східчастим свинцевим послаблювачем показав, що пропонований третій варіант РЗМ при режимах опромінення (а) має фактичний захисний свинцевий еквівалент $X_{\text{ф}} = 0,07$ см, а при режимі опромінення (б) - $X_{\text{ф}} = 0,51$ см. Далі (за аналогією із прикладом 1), маємо:

а) при U = 128 кВ, E = 85 кеВ і t = 0,5 с:

$X_{\text{пр}} = 0,07 \times 11,34/5,4 = 0,147$ см; $K = X_{\text{пр}} / X_p = 0,147 / 0,036 = 4,1$.

б) при U = 40 кВ, E = 27 кеВ і t = 0,5 с:

$X_{\text{пр}} = 0,51 \times 11,34/5,4 = 1,07$ см; $K = X_{\text{пр}} / X_p = 1,07/0,036 = 29,7$.

Таким чином, у пропонованому третьому варіанті РЗМ наявність зафіксованих у діелектричній матриці декількох розміщених один в одному із зазором безперервних замкнутих шарів дисперсного захисного наповнювача забезпечує більше високий рівень захисту.

Приклад 3

З тієї ж сирової гуми й захисного наповнювача у вигляді полідисперсного складного оксиду РЗЕ з використанням тих самих технологічних прийомів, що й у прикладі 1, був сформований об'ємний циліндричний елемент діаметром 4,4 см і шириною 2,7 см, у середині якого в одній площині в контакті один з одним були розміщені 3 сферичних проміжних носії.

Кожний проміжний носій являв собою сферичний елемент (куля) діаметром 2 см, на який був нанесений шар полідисперсного складного оксиду РЗЕ товщиною близько 0,5 мм. Сферичні елементи були поміщені у циліндричну обойму із сирової гуми з товщиною стінки 0,2 см, торці якої урівень з торцями циліндричної обойми були заіплені кришками з тієї ж гуми товщиною 0,2 см.

Загальний вміст РЗЕ склав 20,4 % по масі щодо маси всього зразка.

Циліндричний зразок був повільно деформований під пресом за умови відкритого з його боків простору: спочатку в осьовому напрямку (з 2,7 см до 2,2 см), а потім у радіальному напрямку до утворення плитоподібної заготовки із заокругленими торцями товщиною близько 2 см.. Після цього (за аналогією із прикладом 1) на лабораторному каландрі із зазначеної заготовки був сформований лист товщиною 0,32 см по ТУ 38-105455-72 з розмірами (10 x 8,8) см², що був поміщений в автоклав, де піддався вулканізації в атмосфері гарячого повітря. При цьому радіус кривизни на торцях листа склав $\approx 0,16$ см, а радіус кривизни на краях деформованих шарів захисного наповнювача зафіксованих у проміжних носіях - $R \geq 0,1$ мм. Маса зразка склала 52,0 м, а маса складного оксиду РЗЕ в ньому 10,6 г.

Отриманий зразок пропонованого четвертого варіанта РЗМ був підданий тестуванню при режимах, аналогічних режимам у прикладі 1:

а) U = 128 кВ, E = 85 кеВ, t = 0,5 с; б) U = 40 кВ, E = 27 кеВ, t = 0,5 с. Тестування зразка здійснювалося широким пучком рентгенівського випромінювання з колімацією його за допомогою коліматора діаметром 30 мм за умови проходження випромінювання через два деформованих проміжних носії із зафіксованими в них замкнутими шарами полідисперсного захисного наповнювача.

Кількість чистих РЗЕ у зразку становить: $10,6 \times 0,814 = 8,6$ г. Тоді поверхнева щільність РЗЕ становить: $8,6/10 \times 8,8 = 0,098$ г/см² при пікнометричній щільності РЗЕ - 5,4 г/см³.

У результаті розрахунку захисна товщина РЗЕ у пропонованому четвертому варіанті РЗМ становить: $X_p = 0,098 / 5,4 = 0,018$ см.

Рентгенографічний контроль із наступним порівнянням зі східчастим свинцевим послаблювачем показав, що пропонований четвертий варіант РЗМ при режимах опромінення (а) має фактичний захисний свинцевий еквівалент $X_{\text{ф}} = 0,03$ см, а при режимі опромінення (б) - $X_{\text{ф}} = 0,2$ см. Далі (за аналогією із прикладом 1), маємо:

а) при U = 128 кВ, E = 85 кеВ і t = 0,5 с:

$X_{\text{пр}} = 0,03 \times 11,34/5,4 = 0,063$ см; $K = X_{\text{пр}} / X_p = 0,063 / 0,018 = 3,5$.

б) при U = 40 кВ, E = 27 кеВ і t = 0,5 с:

$X_{\text{пр}} = 0,2 \times 11,34/5,4 = 0,42$ см; $K = X_{\text{пр}} / X_p = 0,42/0,018 = 23,3$.

Як бачимо, при даному виконанні пропонований четвертий варіант має аномально високий рівень захисту.

Оскільки обумовлена проявом ефекту «тунелювання» квантів робота замкнутих (самих на себе) шарів захисного наповнювача, зафіксованих на проміжних носіях, у п'ятому пропонованому варіанті РЗМ не відрізняється від розглянутого вище четвертого варіанта, розглядати неї на прикладі випробування спеціально виготовленого зразка п'ятого варіанта немає необхідності.

Джерела інформації:

1. RU №2063074 G21, F 1/10, 27.06.96., Б. №18
2. Технічний прогрес в атомній промисловості, сер. «Ізотопи в СРСР», 1987, вип. 1(72), с.85
3. GB №1260342, G 21F 1/10, 1972 р.
4. SU №349366, G 21F 1/10, 1960 р.
5. Виткульська А. В. Одержання й дослідження синтетичних волокон із включеними при формуванні антимікробними й рентгеноконтрастними препаратами: Автореф. канд. техн. наук.- Л.-1974.
6. SU №1826173, A 61 B 17/56
7. Явище аномального ослаблення рентгенівського випромінювання ультрадисперсними середовищами. - Бюлетень Державного ВАК РФ, 1994, № 5-6.
8. Явище аномальної зміни інтенсивності потоку квантів проникаючого випромінювання моно- і багатоеlementними середовищами. - Бюлетень Державного ВАК РФ. 1997, №7-8

9. Явище аномальної зміни багатоелементними середовищами (Диплом № 57). Наукові відкриття вчених України (збірник коротких описів за 1992-1997 р.). Міжнародна асоціація авторів наукових відкриттів. Асоціація авторів наукових відкриттів України. Дніпропетровськ, КБЮ, 1997. с. 15-17.

10. Воробйов В. А., Голованов Б. Є., Воробйова С. І. Методи радіаційної гранулометрії й статистичного моделювання в дослідженні структурних властивостей композиційних матеріалів. М. Енергоатоміздат, 1984 р.

11. RU №2121177,0 21F 1/10, 27.10.1998 р.

12. RU №2172990, 0 21 F 1/10, 27.08.2001 (прототип)

13. Ткаченко В. І., Пілипенко М. І., Крикун Ю. О., Іванов В. А. Ефект „тунелювання” фотонів рентгенівського випромінювання в полідисперсному шарі (Effect of x-ray photon "tunneling" in polydispers layer). - Український Радіологічний Журнал. - 1998, №1. - с. 10-14 (Ukrainian Journal of Radiology).

14. SU №1826173, A 61Y 17/56, 17/00, 1980 р.

15. Закономірність поширення рентгенівського випромінювання в полімері з металевими включеннями (Диплом № 208). Наукові відкриття (збірник коротких описів наукових відкриттів - 2002 р.). Міжнародна асоціація авторів наукових відкриттів. Вип.2.- М.,2002,-48 с.

16. Морохов І. Д., Трусов І. Л., Чижик С. П. Ультрадисперсні металеві середовища. - М.: Атоміздат, 1977. -246с.

17. RU №22082540 21 F 1/10, 27.11.2000, Б. №

19.

18. UA №324690 21 F 1/10, 15.12.2000, Б.№ 7