

УДК : 699.887

Захист від випромінювання природніх радіонуклідів в приміщеннях будинків

д.т.н. Сердюк В.Р., асп. Христинч О.В. (ВДТУ)

Наявність підвищеної концентрації природніх радіонуклідів в будівельних матеріалах і сировині для їх виготовлення призводить до підвищення потужності поглинутої дози зовнішнього гамма-фону всередині приміщень будинку. Радіаційний фон в приміщенні формується в основному за рахунок природніх джерел іонізуючих випромінювань, які зустрічаються в гірських породах. Це радіоактивні елементи K^{40} , Rb^{37} , а також ізотопи сімейства U^{238} і Th^{232} . Максимальна потужність енергії гамма-квантів $E_{\gamma} = 1.46$ МЕв у K^{40} , період напіврозпаду ізотопа 1.39×10^9 років.

Як відомо, основними процесами взаємодії γ -випромінювань потужністю від 20 до 10000 кЕв (область штучних і природніх джерел випромінювань) з речовиною являються фотоелектричне поглинання, некогерентне (комптонівське) розсіювання і утворення пари електрон-позитрон. Ймовірність фотоефекту має місце для речовин з великим Z в діапазоні малих E_{γ} (до 1 МЕв), комптонівське розсіювання характерне для середніх E_{γ} (1 - 10 МЕв) і зростає пропорційно Z . Утворення електрон-позитронних пар може відбуватись при $E_{\gamma} \geq 1.024$ МЕв і зростає із збільшенням енергії гамма-квантів пропорційно Z^2 поглинаючої речовини.

При потужності енергії випромінювання 1 МЕв для деяких матеріалів значення лінійного коефіцієнту послаблення (μ) складає : свинець - 0.799, парафін (насичені вуглеводні $-C_{18}H_{38}$) - 0.646, сталь - 0.46, баритовий бетон - 0.213, вапняк - 0.187, граніт - 0.155, бетон звичайний - $0.154 \text{ см}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Послаблення потужності енергії іонізуючих випромінювань характеризується ефективним перерізом взаємодії, який показує ймовірність взаємодії частинок з одним атомом, електроном, ядром атома або всіма атомами (електронами, ядрами), що знаходяться в даному об'ємі речовини. Отже, захистні властивості матеріалу від іонізуючих випромінювань залежать від його

для парафіну, захистні властивості якого при $E_{\gamma} = 1 \text{ Мев}$ співрозмірні з металевим екраном, а щільність менша у 87 разів. Донедавна за кордоном стали відомі матеріали щільність яких в порівнянні із звичайними бетонами збільшується в 1.3 - 1.7 раз, а радіаційнозахистні властивості збільшені в 3 - 3.3 рази. В'яжучим в таких матеріалах є розплавлена маса сірки, а важкими наповнювачами є порошки сталі і свинцю.

З літературних джерел відомо: підвищені захистні властивості від n і γ -випромінювань спостерігаються в матеріалах, які складаються з різних сумішей речовин з малими і середніми атомними номерами. До таких матеріалів слід віднести і бетони, вони являють собою суміш окислів легких елементів і елементів із середньою атомною вагою. Звичайні бетони з середньою щільністю 2.35 г/см^3 в основному складаються з 50% кисню, 30% кремнію, 10% кальцію, всі інші 10% розподіляються між воднем, сіркою, натрієм, калієм і залізом. В спеціальних бетонах по мірі збільшення щільності частина кисню заміщається залізом, барієм, бором, хромом та ін., в залежності від виду наповнювачів.

Розроблений в Вінницькому державному технічному університеті бетон (1 - тон електропровідний металонасичений (бетел-м) може бути представлений, як модель спеціальних радіаційнозахистних матеріалів. Використання в якості важкого наповнювача металевих порошоків призводить до підвищення щільності матеріалу і отримання залізовміщуючих гідросилікатів з підвищеною кількістю хімічно зв'язаної води. Останнє забезпечується завдяки високому вмісту кисню в металі, який виявлений в гематиті, магнетиті, юститі і лапідокриті. Міцність металоцементної суміші забезпечується хорошою адгезією цементного каменя і сталевих мікрофібр наповнювача, що дозволяє збільшити концентрацію металу до 78% від загального об'єму при задовільній міцності. Ефективний атомний номер суміші при цьому збільшується до 17.6. Відомо, що для гематитового, сталегематитового і баритового бетонів $Z_{\text{эф}}$ відповідно дорівнює: 17, 21 і 24.

Для дослідження і оцінки захистних властивостей бетелу-м від n і γ -випромінювань виготовлялись моделі звичайних цементних і

металонасичених штукатурок. Концентрація металу в сумішах зразків складала від 9 до 78% по об'єму. З метою збільшення щільності (зменшення ВД) використовувались добавки поверхневоактивних речовин (1% розчин господарського мила і С-3).

Послаблення радіаційних випромінювань зразками штукатурок досліджувалось для енергій γ -випромінювань потужністю 59, 121 і 662 кЕв. Експеримент проводився в лабораторії Радіаційної гігієни Українського науково-гігієнічного центру в м. Києві. Згідно даних результатів досліджень використовуючи закон послаблення потужності випромінювань розраховувались лінійний коефіцієнт послаблення (μ) і товщина шару половинного послаблення ($\Delta 1/2$) іонізуючих випромінювань. В дослідках і розрахунках не враховувався фактор накопичення В (дивись формули).

$$\mu = \frac{\ln(I_0/I)}{X} \quad ; \quad \Delta_{1/2} = \frac{0.693}{\mu}$$

де I_0 і I - потужності дози випромінювання відповідно при $X=0$ і X , рівному товщині матеріалу.

Результати досліджень показані на рисунку 1, дані для спеціальних бетонів, заліза і свинцю взяті з літературних джерел.

Таким чином, теоретичні обґрунтування підвищених захистних властивостей бетелів-м підтвердились результатами експериментальних досліджень, які відображені на графіку. При однаковій щільності штукатурок товщина шару половинного послаблення бетелу-м зменшується в 2 рази для енергій випромінювання до 121 кЕв. Захистний ефект відчутний, але дещо зменшується при збільшенні E_γ , останнє може свідчити про зменшення фотоелектричного поглинання і збільшення долі комптонівського розсіювання, яке характерне для матеріалів з малими і середніми Z в області енергій від 0.1 до 18 Мев. Екрануюча здатність бетелів-м при потужності гамма-квантів до 120 кЕв співрозмірна з захистними властивостями важких бетонів з щільністю - 5.3 г/см^3 , важким наповнювачем яких є дріб.

Як показали результати досліджень, металонасичені штукатурки

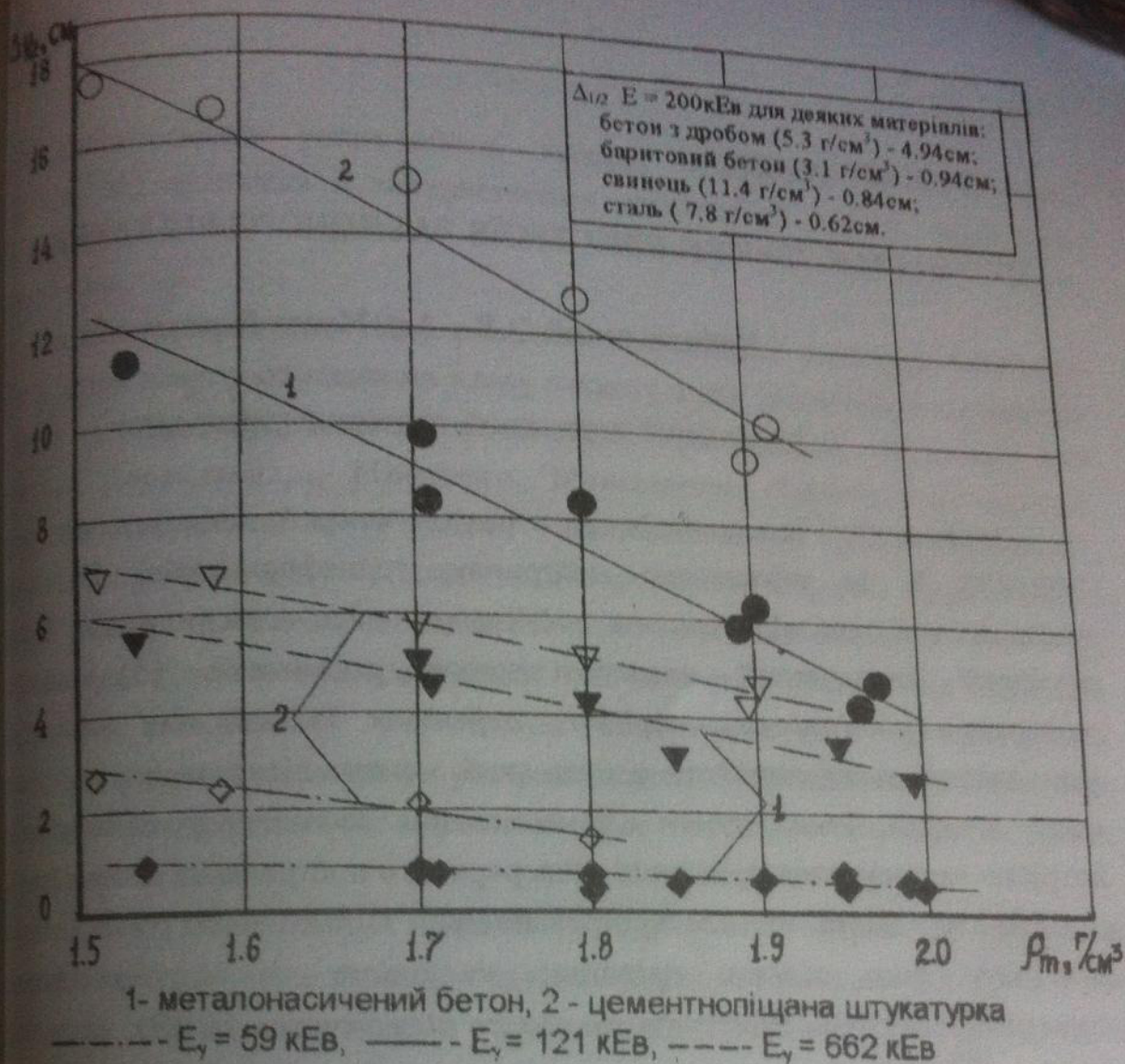


Рис. 1. Залежність $\Delta_{1/2}$ випромінювання від ρ_m штукатурки.

можуть використовуватись в якості радіаційнозахистних покриттів огорожуючих конструкцій в приміщеннях будівель для зниження потужності поглинутої дози зовнішнього гамма-фону викликаного підвищеною концентрацією природніх радіонуклідів в будівельних матеріалах. Ефективність таких екранів характеризується зменшенням товщини захистного шару в порівнянні із звичайними цементними штукатурками і зниженням витрат в порівнянні із баритовими. Значна вартість яких викликана відсутністю баритових руд на Україні, для приготування штукатурного розчину 25% піску необхідно молоти, процес оздоблювальних робіт ускладнюється внаслідок великої щільності розчину ($2.0-2.5 \text{ г/см}^3$).