

1. Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшінгер А. Деревинознавство - Київ: РВВ УкрДЛТУ, 2005. – 256с.

2. ГОСТ 28815-96 Растворы водные защитных средств для древесины. Технические условия – М.: Из-во стандартов, 1998.

3. ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Киев: Из-во стандартов, 2000.

4. Коперин Ф.И. Огнезащита древесины и древесных материалов. – Архангельск, 1963-118с.

5. Крейшман К.К. Защита деревянных конструкций от гниения, древоточцев и огня. - Ленинград: Стройиздат, 1967-135с.

УДК 699.887.3; 546.296

В.В.Кошеленко, Б.О.Білінський, к.т.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ РАДОНОНАДХОДЖЕННЯ З ПІДСТИЛАЮЧИХ ГРУНТІВ ПІД БУДИНКАМИ В ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ

У статті систематизовано методи визначення радононадходження з підстилаючих ґрунтів під будинками в повітря приміщень. Інформація про величину даного регламентованого радіаційного параметра необхідна для вирішення задачі забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівництва на стадії проектування.

Проблема. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується ростом техногенних навантажень. Все це впливає на організм людини і навколишнє середовище та веде до зниження рівня безпеки життєдіяльності населення.

Актуальність. Одним з найбільш значимих техногенних видів навантаження є джерела іонізуючих випромінювань. При цьому найбільший внесок у створювану ефективну дозу опромінення вносять іонізуючі джерела будівельного виробництва, до яких належать природні радіонукліди (ПРН) які містяться у будівельних матеріалах несучих і огорожуючих конструкцій будинків та підстилаючому ґрунті. Дана група іонізуючих джерел підлягає регулюванню бо є результатом діяльності людини. Розпад домінуючих ПРН у джерелах (радій-226, торій-232, калій-40 і радон-222) супроводжується різного характеру іонізуючим випромінюванням, яке вони обумовлює зовнішню і внутрішню складові ефективної дози опромінення в приміщеннях будинків (табл.1).

Таблиця 1. Характеристика природних радіонуклідів, що визначають радіоактивність будівельної сировини і матеріалів

Радіонуклід	Період напіврозпаду $T_{1/2}$	Енергія випромінювання, МеВ (інтенсивність, %)	Припустима питома активність у будівельних матеріалах $A_{\text{тип.бм}}$, Бк/кг	Гамма-постійна радіонукліда K_{γ} , $\frac{P \times \text{см}^2}{\text{ч} \times \text{мКи}}$
Радій-226	1600 років	$E_{\alpha}=4,8$ (96)	370	9,36

$^{226}_{88}\text{Ra}$		$E_{\gamma}=0,186$ (4)		
Торій-232 $^{232}_{90}\text{Th}$	$1,4 \cdot 10^{10}$ років	$E_{\alpha}=4,08$ (99) $E_{\gamma}=0,09$ (1)	259	12,26
Калій-40 $^{40}_{19}\text{K}$	$1,28 \cdot 10^9$ років	$E_{\alpha}=1,3$ (89) $E_{\gamma}=1,46$ (11)	4810	0,77

При цьому внутрішня складова дози перевищує за величиною зовнішню складову дози та обумовлена радононадходженням із джерел будівельного виробництва (підстилаючий ґрунт під будинком і будівельні матеріали огорожуючих конструкцій). Регламентований параметр радононадходження з джерел – швидкість ексхаляції радону $q_{\text{ексх.}}$, Бк/м²·с, характеризує активність виходу радону з одиниці площі джерела за одну секунду в повітря приміщень будинку. Швидкість ексхаляції радону з підстилаючого ґрунту під будинком значно перевищує радононадходження з будівельних матеріалів огорожуючих конструкцій, через розбіжність їх фізико-механічних характеристик. Тому забезпечити радіаційну безпеку об'єктів будівництва можна тільки на основі знання параметрів домінуючих іонізуючих джерел виробництва.

Мета роботи – дослідження методів визначення регламентованого радіаційного параметра - швидкості ексхаляції радону з підстилаючого ґрунту під будинком у повітря приміщень, знання якого дозволяє вибрати доцільний варіант вирішення задачі забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівництва.

Встановлено, що радон-222 є основним дозоутворювальним з відомих нам природних радіонуклідів [2]. Він є продуктом розпаду радію-226



високотоксичним радіоактивним газом, як це видно з його фізичних і радіаційних характеристик (табл.2). У періодичній системі хімічних елементів він розташований у VIII ряді і є інертним газом.

Таблиця 2. Фізичні і радіаційні характеристики радону-222

Радіонуклід	Щільність ρ , г/см ³	Енергія випромінювання $E_{\text{випр.}}$, МеВ (відсоток виходу)	Період напіврозпаду $T_{1/2}$	Постійна розпаду $\lambda_0 = 0,693/T_{1/2}$, с ⁻¹	Коефіцієнт якості, $Q_{\text{ів}}$
Радон-222	$9,76 \cdot 10^{-3}$	$E_{\alpha}=5,49$	3,8 доби	$2,1 \cdot 10^{-6}$	20

Щільність радону в 7,5 разів більша від щільності повітря, що зумовлює можливість накопичення його в повітрі приміщень будинків при надходженні з іонізуючих джерел. Розпад радону супроводжується високоенергетичним 100% альфа-випромінюванням, що становить найбільшу небезпеку для організму людини в порівнянні з бета- і гамма-випромінюванням ($Q_{\beta,\gamma}=1$, а $Q_{\alpha}=20$). Практично організм людини піддається постійному впливові радону-222 і його дочірніх продуктів розпаду (полоній-218, свинець-214, вісмут-

214), що представляють короткоіснуючі радіонукліди і їх розпад супроводжується високоенергетичними α -, β -, γ – випромінюваннями (табл.3).

Таблиця 3. Характеристика радіонуклідів дочірніх продуктів розпаду радону-222

Радіонуклід	Період напіврозпаду $T_{1/2}$	Енергія випромінювання E, MeV (% виходу)		
		α	β	γ
Радон-222	3,8 доби	5,49 (100)	-	-
Полоній-218	3,05 хв	6,00 (100)	-	0,51 (0,67)
Свинець-214	26,8 хв	-	1,0 (23) 1,51 (40), 3,26 (19)	0,609 (47), 1,12 (17), 1,76 (17)
Вісмут-214	19,9 хв	5,45 (0,012), 5,51 (0,008)	1,0 (23), 1,51 (40), 3,26 (19)	0,609 (47), 1,12 (17), 1,76 (17)

Значимість внеску радону-222 і його дочірніх продуктів розпаду у величину внутрішньої складової ефективної дози опромінення визначила необхідність введення регламентування радіаційних параметрів джерел радононадходження і створеної ними об'ємної активності в повітрі приміщень.

Процес утворення радону-222 при розпаді радію-226, що міститься в іонізуючих джерелах будівельного виробництва, і надходження його в повітря приміщень включає:

- еманацию утвореного радіоактивного газу радону при розпаді радію-226 у пори матеріалу джерела, яку оцінюють за величиною радоновмісту - ефективна питома активність радію-226 $A_{\text{эф. Ra}}$, Бк/кг:

$$A_{\text{эф. Ra}} = A_{\text{уд. Ra}} \times \eta, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт еманування, характеризує ту частину радону, що надходить з ядра атома радію при його розпаді в пори ґрунту;

- дифузійний процес надходження радону по порах матеріалу джерела в повітря приміщень, який визначається величиною швидкості ексхаляції радону з джерела $Q_{\text{ексх. гр.}}$, Бк/м²×с:

$$Q_{\text{ексх. гр.}} = A_{\text{пит. Ra}} \times \eta_{\text{гр}} \times \rho_{\text{гр}} \times \lambda_{\text{оRn}} \times \ell_{\text{диф. гр.}}, \quad (3)$$

де ρ – щільність ґрунту, кг/м³; $\ell_{\text{диф. гр.}}$ – довжина дифузії радону в ґрунті, м.

Визначення радононадходження з підстиляючого ґрунту у повітря приміщень будинку можливе різними методами в залежності від рівня апріорної інформації про фізико-механічні і радіаційні параметри ґрунтів, наявності необхідного метрологічного забезпечення. При цьому вирішення задачі оцінки радононадходження з підстиляючих ґрунтів базується на загальноприйнятих геологічному і радіаційно-гігієнічному підходах [3].

Геологічний підхід заснований на знанні фізико-механічних і радіаційних параметрів ґрунтів і його використання доцільне на перших кроках вирішення радонової програми на досліджуваній території, для визначення ймовірних радононебезпечних зон. Даний підхід покладений в основу двох методів визначення радононадходження з підстиляючих ґрунтів: геолого-літологічного і результатів виконання інженерно-геологічних робіт на території ділянки під будівництво.

Геолого-літологічний метод визначення радононадходження заснований на використанні систематизованих даних про фізико-механічні параметри на досліджуваній території для вибору оптимальних фундаментів будинків (споруд) [4]. В основу картування досліджуваної території покладений структурно-речовинний аналіз складу гірських порід, що дозволяє визначити границі типових ділянок. Накопичений рівень інформації про фізико-механічні параметри ґрунтів ($\rho_s, \rho, W, \rho_d, p$), доповнений знанням рівня питомої активності радію-226 дозволяє визначити величину радононадходження з ґрунту. Через одиницю площі підстилаючого ґрунту за одиницю часу проходить дифузійний потік радону j_{Rn} , Бк/м²×с, що дорівнює зменшенню його концентрації на одиницю ∇ довжини $A_{V_{Gr-прм}}$, Бк/м⁴:

$$j_{Rn} = -V_{диф} \times \nabla A_{V_{Gr-прм}}, \quad (4)$$

де $V_{диф}$ – коефіцієнт дифузії радону в ґрунті, м²/с; $\nabla A_{V_{Gr-пом}} = A_{питRaгр} \times \eta \times \rho_{гр} \times 1/h_{един}$.

Визначення радононадходження з підстилаючих ґрунтів на досліджуваній території дозволяє оцінити ступінь їх радононебезпеки що служить базою для вирішення задачі забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівництва на стадії їх проектування відповідно до вимог нормативних документів України [1]. Використовуючи можливості сучасних комп'ютерних технологій і геоінформатики, отримані дані можуть служити базою для картування досліджуваної території щодо радононебезпеки ґрунтів, чим досягається оперативність і доступність одержання інформації проектними і будівельними організаціями і населенням.

Метод визначення швидкості ексхаляції радону з підстилаючого ґрунту, за результатами виконання обов'язкових інженерно-геологічних робіт на земельній ділянці, відведеній під будівництво, забезпечує підвищення вірогідності даних як про величини фізико-механічних ($\rho_s, \rho, W, \rho_d, p$) і радіаційних ($A_{питRa}, \eta, V_{диф}$) характеристик ґрунту на розглянутій ділянці, так і про швидкість ексхаляції радону з даного ґрунту у повітря приміщень проєктованого будинку (3).

Радіаційно-гігієнічний підхід до забезпечення радонової безпеки об'єктів будівництва [1,3] передбачає проведення великої кількості замірів об'ємної активності радону і його ДПР у повітрі приміщень будинків і швидкості ексхаляції радону з джерел, які представляють також методи визначення радононадходження з підстилаючих ґрунтів.

Так результати вимірів об'ємної активності радону і його ДПР у повітрі приміщень будинків, які здаються в експлуатацію, дозволяють визначити на основі зворотного аналізу величину швидкості ексхаляції з підстилаючих ґрунтів:

$$Q_{ексх.гр} = \frac{(A_{V_{Rn}}^{перш.пов} - A_{V_{Rn}}^{верх.пов}) \times \lambda_v}{0,37}, \quad (5)$$

де $A_{V_{Rn}}^{перш.пов}$, $A_{V_{Rn}}^{верх.пов}$ – результати вимірів об'ємної активності радону в повітрі приміщень першого і верхніх поверхів будинку, Бк/м³;

0,37 – середнє значення відносини $S_{підл./вприм}$, М;

λ_v – кратність повітрообміну в приміщенні, с⁻¹.

Отримані розрахункові значення $Q_{ексх.гр}$ дозволяють уточнити значення радононебезпечності ґрунтів для однотипних конструкцій будинків.

Найбільшу достовірність визначення швидкості ексхаляції радону з підстилаючого ґрунту забезпечує вимірювання радонопоступлення на території ділянки, виділеної під будівництво, за допомогою накопичувальних камер з активованим вугіллям з використанням радіометрів. Середнє значення швидкості ексхаляції $Q_{ексх.гр}$, мБк/м²×с з досліджуваної поверхні визначається за формулою:

$$Q_{\text{ексх.}} = \frac{A \times \exp(\lambda_{\text{орн}} \times t)}{K_{\text{норр}} \times n_{\text{н.к}} \times [1 - \exp(-\lambda_{\text{орн}} \times t_{\text{експ}})]}, \quad (6)$$

де A – активність сорбенту, Бк;

t – інтервал часу між закінченням експонування і початком вимірювання, год.;

$t_{\text{експ}}$ – час експонування накопичувальної камери, год.;

$n_{\text{н.к}}$ – число камер які використовувались одночасно.

Висновок. Кожен з розглянутих методів визначення швидкості ексхаляції з підстилаючого ґрунту має свої переваги і недоліки. Практично доцільно використовувати розглянуті методи визначення $Q_{\text{ексх.гр}}$ комплексно з урахуванням апріорної інформації про геологічні структури ґрунтів, типових конструкцій будинків, наявність вимірювальної техніки та інших факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система норм і правил зниження рівнів іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів у будівництві. – Київ: Госкомградостроительства, 1997
2. Крисяк Е.М. Радіаційний фон приміщень. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Жуковський М.В., Ярмошенко І.В. Радон: вимір, дози, оцінка ризику. – Екатеринбург, 1997.
4. Карта типізації інженерно-геологічних умов, будівельних властивостей ґрунтів і оптимальних фундаментів території м. Дніпропетровська // За редакцією Кравченко А.И. – Днепропетровск: ДИСИ. 1980.

УДК 614.84

*С.Л.Кусковець, В.І.Мандрус, к.т.н., доцент, А.С.Кусковець, курсант
(Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)*

ГІДРАВЛІЧНІ ОПОРИ ПОЖЕЖНИХ СТВОЛІВ

В статті наведені схема лабораторної установки та результати експериментального визначення значень гідравлічних опорів пожежних стволів типу РС-50, РС-70, РСК-50.

В наш час використовується багато типів пожежних стволів. В [1] наведено опис найбільш вживаних ручних пожежних стволів РС-50, РС-70, комбінованих ручних пожежних стволів РСК-50, СРК-50 тощо.

Така їх різноманітність спричинена потребою застосування в різних умовах.

При русі води через ствол в ньому втрачається напір. Знання значень втрат напору необхідне при розрахунках потрібного напору рукавної лінії і визначення напору (тиску) насоса або висоти водонапірної башти. Для цього використовується спрощена формула [2]

$$h = SQ^2, \quad (1)$$

де h – втрати напору в стволі, м, Q – витрата води через ствол, л/с, S – гідравлічний опір ствола, $\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$.