

## УПРАВЛІННЯ ЗАХОДАМИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Лялюк О.Г., к.т.н., доцент,  
Ратушняк О.Г., к.т.н., доцент  
*Вінницький національний технічний університет*  
Lyalyuk@list.ru

**Анотація.** В статті розглянуті техніко-економічні порівняння конструкцій підлоги, стін, оздоблювальних матеріалів для захисту від радону. Розроблена класифікація заходів щодо зниження радону з урахуванням впливу експертно-лінгвістичних змінних. Розроблена структурна модель багаторівневої системи управління заходами щодо зменшення радононебезпеки, яка дозволяє оцінювати ефективність впровадження організаційно-технологічних протирадіаційних заходів і забезпечувати головну вимогу – різниця між ефектом зменшення шкоди здоров'ю населення і вартістю захисних заходів у грошовому співвідношенні буде максимальною.

**Ключові слова:** радононебезпека, радіаційний захист, система прийняття рішень, структурна модель, експертно-лінгвістичні змінні, нормативні параметри.

## УПРАВЛЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПО УМЕНЬШЕНИЮ РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Лялюк Е.Г., к.т.н., доцент,  
Ратушняк О.Г., к.т.н., доцент  
*Винницкий национальный технический университет*  
Lyalyuk@list.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены технико-экономические сравнения конструкций пола, стен, отделочных материалов для защиты от радона. Разработана классификация мероприятий по снижению радона с учетом экспертно лингвистических переменных. Разработанная структурная модель многоуровневой системы управления мероприятиями по уменьшению радоноопасности позволяет оценивать эффективность внедрения организационно-технологических противорадиационных мероприятий и обеспечивает главное требование – разница между эффектом уменьшения вреда здоровью населению и стоимостью защитных мероприятий в денежном соотношении будет максимальной.

**Ключевые слова:** радоноопасность, радиационная защита, система принятия решений, структурная модель, экспертно лингвистические переменные, нормативные параметры.

## EVENT MANAGEMENT TO REDUCE REGULATED RADIATION PARAMETERS IN THE OPERATION OF BUILDINGS

Lyalyuk E.G., Ph. D., Assistant Professor,  
Ratushnyak O.G., Ph. D., Assistant Professor  
*Vinnitsa National Technical University*  
Lyalyuk@list.ru

**Abstract.** The technical and economic comparison of designs floor and wall, finishing materials to protect from radon are considered in the article. Classification of measures to reduce

radon expert with regard to linguistic variables was developed. Planning characteristics of buildings are analyzed and changes in the design solutions of the existing buildings were made. Structural model of multilevel system of control measures on reduction of radon was developed and used to evaluate the effectiveness of implementing organizational and technological radon measures. The structural model provides the main requirement – the difference between the effect of reducing harm to the population and cost of protective measures in the cash ratio will be maximized.

**Keywords:** the danger of radon, radiation protection, decision making system, structural model, expert linguistic variables, normative settings.

**Вступ.** Відповідно до вимог ДБН В.1.4-1.01.97 при здачі об'єкта в експлуатацію в кожному приміщенні будинку вимірюється потужність поглиненої дози (ППД) гамма-випромінювання до закінчення опоряджувальних робіт [1].

Результати випромінювань оформляються у вигляді акта із зазначенням приладу, який використовувався, і дати його державної перевірки. Один примірник акта додається до документів приймально-здавальної комісії при прийманні будівлі в експлуатацію, а другий, за необхідністю, передається в територіальну санітарно-епідеміологічну станцію.

При проведенні систематичних радіаційних обстежень результати вимірів повинні вводитись в пам'ять електронних обчислювальних машин і зберігатись в банках даних з метою використання їх для обґрунтованого встановлення контрольних рівнів радіаційних параметрів об'єктів будівництва і загальної оцінки якості будівництва.

ДБН В.1.4-1.01-97 регламентують допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) зовнішнього гамма-випромінювання в повітрі приміщень для наступних об'єктів будівництва [2]:

ППД  $\leq 30$  мкР/год – для побудованих, реконструйованих та капітально відремонтованих об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення при введенні їх в експлуатацію;

ППД  $\leq 50$  мкР/год – для об'єктів житлово-цивільного та промислового або іншого призначення, які введені в експлуатацію до 01.01.1992 року.

Якщо ППД всередині приміщень будинків і споруд з постійним перебуванням людей, що експлуатуються, перевищує 50 мкР/г, то в них обов'язкове проведення протирадіаційних заходів. Такі заходи реальні у випадках, коли підвищений рівень гамма-фону обумовлений використанням матеріалів для засипання або влаштування цокольної внутрішньої і зовнішньої частини фундаменту з підвищеним вмістом природних радіонуклідів, які можна видалити. Якщо такий матеріал входить в склад стін і елементів перекриттів, то єдиним заходом може бути зміна призначення приміщення або всього будинку в цілому. Радіаційна якість приміщень, в яких ППД перевищує 50 мкР/г, може бути поліпшена нанесенням на конструкції будівель плівок та сумішей з відповідними захисними властивостями.

**Метою роботи** є підвищення радіаційної якості будівельної продукції та ефективності захисту приміщень від радіаційної небезпеки шляхом створення теоретичних основ та розробка й впровадження в практику управління будівельної галузі науково обґрунтованої системи прийняття ефективних організаційно-технологічних рішень по зменшенню радононебезпеки на об'єктах житлово-цивільного і промислового призначення.

**Об'єкти і методи дослідження.** Важливою складовою частиною роботи, яка проводилась у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ), є не тільки оцінки величин еквівалентної рівноважної об'ємної активності (ЕРОА) радону-222, але й розробка рекомендацій для проектних інститутів, збудованого житлового фонду щодо зменшення радононебезпеки існуючого житла. Рекомендації ВНТУ були враховані під час будівництва житла в с. Нові Обіходи (с. Самчинці) у Вінницькій області для переселенців з Чорнобильської зони. Концентрація радону вимірювалась трековим методом в повітрі житлових приміщень і коливалась від 18 до 400 Бк/м<sup>3</sup>, що значно перевищує встановлені норми 50 Бк/м<sup>3</sup>.

**Результати досліджень.** Аналіз геологічних особливостей місцевості під забудову

показав, що основним джерелом надходження радону-222 є ґрунт: досить часто спостерігається вихід гранітогнейсів в ярах, балках, у вигляді порогів на річці Південний Буг, розломи та скиди. Були проаналізовані планувальні характеристики будинків: наявність чи відсутність вентиляваного простору під підлогою, тип покриття між підлогою і підстилаючим ґрунтом, вид стінового матеріалу, а також були внесені корективи в проектні рішення існуючих будов та будов, що проектуються.

Техніко-економічне порівняння протирадонових конструкцій підлоги та оздоблювальних матеріалів стін та перегородок наведені в табл. 1 та табл. 2. Вибір протирадонової конструкції підлоги має взаємозв'язок з експертно-лінгвістичними змінними (табл. 3). На вибір оздоблювальних матеріалів стін та перегородок впливають експертно-лінгвістичні змінні  $s_1, s_2, y_7$  (табл. 3) [3].

В табл. 1 наведено конструктивне виконання підлог для різних приміщень житлових будинків серії 183-24-190.84, що побудовані в с. Нові Обходи [4]. Відповідно до проектного варіанта представлена радонозахисна конструкція підлоги. Виконано за допомогою кошторисних норм та одиничних розцінок України економічне порівняння конструктивних рішень підлоги. Різниця вартості проектних рішень коливається в межах 0,7...2 рази. Збільшення вартості протирадонових конструкцій в 2 рази пояснюється принципом, що “зменшення шкоди здоров'ю населення в результаті протирадіаційних організаційно-технологічних рішень (ОТР) повинно бути не менше вартості ОТР” (1). Впровадження захисних заходів доцільно, коли задовольняється умова їх ефективності [5]:

$$S \leq Z, \quad (1)$$

де  $Z$  – зменшення шкоди здоров'ю населення;

$S$  – вартість протирадіаційних заходів.

Таблиця 1 – Техніко-економічне порівняння протирадонових конструкцій підлоги

Проектні рішення		Запропоновані рішення	
схема	конструктивне виконання, вартість в грн.	схема	конструктивне виконання, вартість в грн.
<p><math>S = 7,716 \text{ м}^2</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дошки підлоги за ГОСТ 8242-75-28.</li> <li>2. Лаги 40x100 крок 500мм.</li> <li>3. Два шари толю.</li> <li>4. Цегляні стовпці 120x250x65 на розчині М50 з кроком 500 мм, вздовж лаг шлакова підсипка, <math>\gamma=1000 \text{ кг/м}^3 - 80 \text{ мм}</math></li> <li>5. Плита покриття</li> </ol> <p>4146, в т.ч. на <math>1 \text{ м}^2</math> 537</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підлога по лагах.</li> <li>2. Два шари толю.</li> <li>3. Вентиляційний простір.</li> <li>4. Поліетилен по глино-цементній стяжці.</li> <li>5. Монолітна бетонна плита.</li> </ol> <p>5248, в т.ч. на <math>1 \text{ м}^2</math> 680,23</p>
<p><math>S = 9,49 \text{ м}^2</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лінолеум за ГОСТ 7251-77 на холодній мастиці.</li> <li>2. Стяжка з легкого бетону кл. В7,5 <math>\gamma=1200 \text{ кг/м}^3 - 45 \text{ мм}</math>.</li> <li>3. Шлакова підсипка <math>\gamma=1000 \text{ кг/м}^3 - 80 \text{ мм}</math>.</li> <li>4. Плита покриття</li> </ol> <p>4146, в т.ч. на <math>1 \text{ м}^2</math> 753</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лінолеум.</li> <li>2. Підлога по лагах.</li> <li>3. Вентиляційний простір.</li> <li>4. Поліетилен по глино-цементній стяжці.</li> <li>5. Монолітна бетонна плита.</li> </ol> <p>144,26, в т.ч. на <math>1 \text{ м}^2</math> 15,2</p>

Із усіх можливих технологічних і організаційних рішень щодо зменшення радіаційної небезпеки повинен бути вибраний той захід, за якого різниця між зменшенням шкоди здоров'ю населення ( $\Delta Z$ ) і збільшенням вартості протирадіаційних заходів ( $\Delta S$ ) буде максимальною.

У випадку, коли вартість захисних заходів перевищує користь від зекономленої дози, сектор управління експертно-моделюючої системи (ЕМС) ОТР повинен провести додатковий і більш детальний аналіз комплексу заходів. Сектор управління ЕМС ОТР повинен постійно аналізувати, який саме фактор дешевий на даному етапі і в даних умовах. З цією метою для обґрунтування економічних витрат, пов'язаних із забезпеченням радіаційної безпеки при спорудженні та експлуатації будівельних об'єктів, нами розроблена модель системи, яка включає множинність полідімensionальних (несумірних) організаційно - технологічних та економічних факторів і параметрів (ОТЕФ), що має певні властивості і дозволяє проводити динамічне коректування ОТЕФ, які входять до неї з метою досягнення конкретних результатів (рис. 1).

Таблиця 2 – Техніко-економічне порівняння радонозахисних оздоблювальних матеріалів стін та перегородок

Тип приміщення	Оздоблювальні матеріали стелі, площа (м <sup>2</sup> )	Матеріал підлоги	Оздоблювальні матеріали стін та перегородок, площа (м <sup>2</sup> )			
			Проектний варіант		Запропонований варіант	
			Вид матеріалу, площа (м <sup>2</sup> )	Вартість грн	Вид матеріалу	Вартість грн
Житлові кімнати	Вапно 48,0	Дошки	Клеєве фарбування поліпшене 150,9	4103	Миючі шпалери (зменшують швидкість емісії радону на 30%), 150,9	26267
Кухня	Вапно 9,5	Лінолеум	Вапняна побілка, панель – h = 1,6 Олійна фарба 33,3	813	Керамічна плитка 19,74 Пластикові матеріали 11,11	5207
Підсобні	Вапно 3,6	Керамічна плитка	Вапняна побілка панель – h = 1,6 Олійна фарба 20,6	658	Три шари олійної фарби 20,6	1637

В результаті впровадження заходів по зменшенню радононебезпеки величини ЕРОА радону-222 в повітрі приміщень, які експлуатуються, повинні зменшитися на 30...40%, що відповідно зменшить річну ефективну еквівалентну дозу опромінення людей в приміщенні, що побудоване за технологією альтернативного варіанта. В табл. 2 наведено техніко-економічне порівняння оздоблювальних матеріалів стін та перегородок. Вартість запропонованих оздоблювальних робіт в деяких випадках більша проектних. Але окрім суттєвого зменшення опромінення населення вони поліпшують інтер'єр приміщень. При відсутності необхідних обсягів інвестування на впровадження запропонованих протирадонових заходів (табл. 1 та 2) доцільно у відповідності з моделлю системи організаційно-технологічних факторів (рис. 1), що впливають на радіаційну якість будівництва, виконати динамічне корегування ОТЕФ.

Перспективними і недорогими технічними заходами по відношенню до радіаційної якості житлових будинків в сільській місцевості є влаштування радоновловлювачів під підлогою, вентиляваного цоколю, дренажів під будівлею та захисного приямка вздовж усієї зовнішньої стіни. Також зменшити радононебезпеку дозволяє збільшення кратності повітрообміну. Але в холодну пору року цей захід потребує його оптимізації з урахуванням затрат на підтримання необхідного режиму в приміщеннях. Організаційно-технологічні рішення щодо зменшення радіаційної небезпеки повинні забезпечувати дотримання встановлених нормативних рівнів на регламентовані радіаційні параметри для відповідних умов виконання будівельно-монтажних та оздоблювальних робіт. Оптимізація систем радіаційного захисту передбачає пошук найбільш ефективних контрзаходів, які дозволяють звести до мінімуму радіаційні ризики для здоров'я людини.

Таблиця 3 – Класифікація заходів щодо зменшення радононебезпеки з урахуванням впливу експертно-лінгвістичних змінних

Експертно-лінгвістична змінна		Заходи зменшення радононебезпеки
Фактори впливу	Фактори впливу	
Архітектурно-планувальні рішення	Ефективна питома активність радю-226 матеріалу стін ( $s_1$ )	Обмазка гарячим бітумом, поліетиленова плівка на мастиці); житлові кімнати (оклеювання стін вологостійкими шпалерами зменшує швидкість емісії радюну на 30%, пластиковими матеріалами типу поліаміди, полівінілхлориду, поліетилену чи трьома шарами олійної фарби – у 10 разів).
	Коефіцієнт еманції радюну-222 для матеріалу стін ( $s_2$ )	
	Коефіцієнт дифузії радюну-222 для будівельних матеріалів оздоблення стін ( $y_7$ )	
Інженерно-технологічні рішення	Кратність повітрообміну ( $z_1$ )	Провітрювання приміщень: – крізь сходові клітки; – улаштування ефективного наскрізного або кутового природного провітрювання. Вентиляція у під підлоговому просторі: – природна – крізь отвори в стінах; – примусова; – припливно-витяжна вентиляція з забором повітря в нижній зоні підвалу.
	Тиск в приміщенні ( $z_2$ )	Створення підвищеного тиску – розташування вентилятора 60 Вт для надходження повітря з горища в будинок. Зменшення тиску в під підлоговому просторі – розташування в підлозі вентилятора, який створює градієнт тиску, спрямований назовні.

Такі головні функції захисту, як запобігання, зменшення і локалізація опромінення, реалізуються заходами щодо зменшення радіаційної небезпеки з урахуванням умов і вимог щодо проектування, технічного обладнання і експлуатації приміщень житлово-цивільного й промислового призначення.

Концептуальний підхід до стратегії пошуку оптимальних організаційно-технологічних рішень повинен ґрунтуватися на формуванні пакета методів та заходів з врахуванням природно-географічних, архітектурно-планувальних і інженерно-технологічних рішень, що впливають на величину радіаційної небезпеки. Реалізація цих рішень дозволить зменшити вплив іонізуючого опромінення населення з наступним відбором найбільш ефективних з точки зору зниження дози і прийнятих за економічними, соціальними та іншими критеріями заходів щодо зменшення радіаційних ризиків.

На стадії прийняття організаційно-технологічного рішення суттєве значення має визначення очікуваної величини ЕРОА радюну-222 в повітрі приміщень в залежності від реалізованого режимно-технологічного та конструктивно-планувального контрзаходів.

З метою оптимізації прийняття ОТР при виборі протирадонового заходу виконана їх класифікація в залежності від лінгвістичних вхідних змінних, які є експертно-лінгвістичною інформацією для прогнозування радононебезпеки в залежності від факторів, що її обумовлюють, відповідно запропонованим моделям функцій належності [3]. Методи зменшення радононебезпеки реалізуються розробкою протирадонових заходів за основними напрямками: максимальне скорочення виділення радюну-222 з ґрунту; локалізація місць надходження радюну-222 в будову; зниження різними шляхами концентрації радюну-222 в повітрі приміщень; зменшення розповсюдження радюну-222, що надійшов в приміщення.

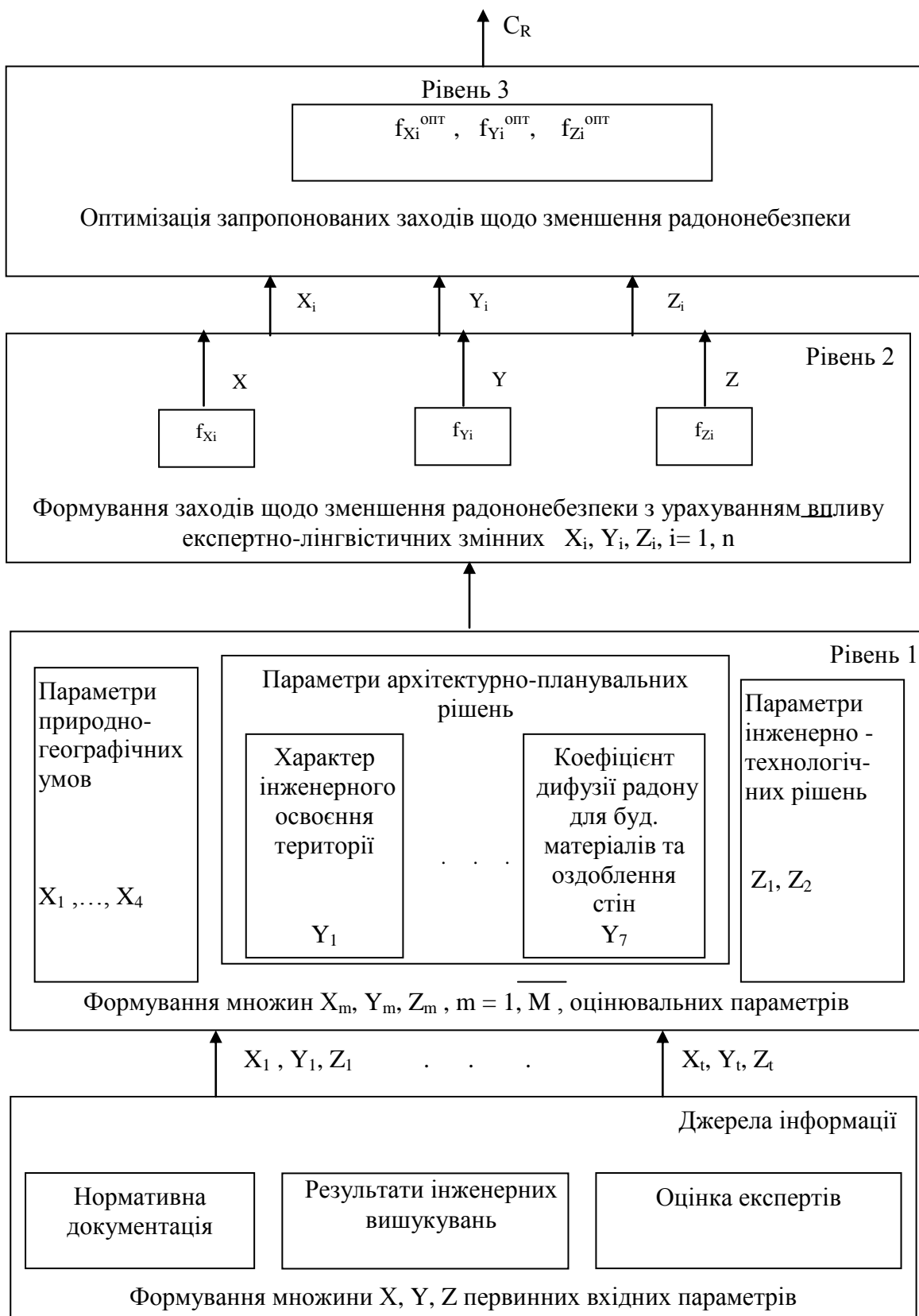


Рис. 1. Структурна модель багаторівневої системи управління заходами щодо зменшення радононебезпеки

Заходи щодо зменшення радононебезпеки з урахуванням умов і вимог щодо проектування, технічного обладнання і експлуатації приміщень житлово-цивільного й

промислового призначення можна поділити на режимно-технологічні й конструктивно-планувальні. Протирадонові заходи вибирають в залежності від вхідних даних, що визначаються умовами проектування чи експлуатації об'єктів житлово-цивільного й промислового призначення.

Режимно-технологічні пов'язані з впровадженням заходів по видаленню радону-222, а конструктивно-планувальні передбачають ізоляцію приміщень з тривалим перебуванням людей. Режимно-технологічні заходи реалізуються за такими напрямками: зниження ексхаляції радону-222 з ґрунту, природне провітрювання та локальні системи витяжної вентиляції.

Задачі прийняття організаційно-технологічних рішень щодо зменшення радононебезпеки належить до складних задач внаслідок того, що необхідно оцінювати множини вхідних  $(X, Y, Z)$  та вихідних параметрів  $C_R$ , а також відповідно й функцій відображення  $(X \rightarrow C_R, Y \rightarrow C_R, Z \rightarrow C_R)$ . Перспективним шляхом розв'язання цієї задачі є декомпозиційне розбиття складної проблеми на простіші підпроблеми. При цьому рішення будь-якої проблеми нижчого рівня однозначно визначає відповідні параметри у проблемі більш високого рівня. Рішення первинної проблеми досягається тоді, коли всі підпроблеми розв'язані.

Ефективність протирадіаційних заходів досягається завдяки радіаційному контролю, який передбачає: вхідний контроль сировини, будівельних матеріалів; контроль в процесі виробництва будівельних виробів та конструкцій, будівництва об'єктів; остаточний контроль закінчених будівництвом об'єктів. Контрольні рівні випромінювання встановлюються адміністрацією підприємств за погодженням з органами державного санітарного нагляду. Забезпечення якості на належному рівні – це завдання проходить весь життєвий цикл будівництва екологічно-чистої будівлі [6].

**Висновки.** Оптимізація прийняття організаційно-технологічних рішень щодо зменшення радононебезпеки здійснюється у відповідності із класифікацією протирадонових заходів з урахуванням експертно-лінгвістичних змінних. Виконано техніко-економічне порівняння запропонованих та впроваджених в практику будівництва житла проти радонових заходів. Достовірність основних теоретичних та практичних положень роботи підтверджуються повторним моніторингом радіаційної небезпеки після корекції проектних рішень за результатами моделювання за допомогою експертно-моделюючої системи управління при будівництві житла.

## Література

1. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Основні положення: ДБН А.3.1-3-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1994. – 65 с.
2. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві: ДБН В.1.4-0.01-97. – [Чинний від 1998-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1997 – 100 с.
3. Лялюк О.Г. Управління проектами зменшення радононебезпеки в будівництві. Монографія / О.Г. Лялюк. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 139 с. Іл.30.: Бібліограф.: 77.
4. Сердюк В.Р. Організаційно-технологічне забезпечення зниження радіаційної небезпеки в будівництві: Навчальний посібник / В.Р.Сердюк, О.Г. Лялюк. Вінниця: ВДТУ, 1999. – 74 с.
5. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. – М.: Энергоиздат, 1989. – 120 с.
6. Лялюк О.Г. Еколого-економічні аспекти будівництва України / О.Г. Лялюк, О.Г. Ратушняк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2004. – С. 146 – 153.