

О. Г. РАТУШНЯК

**УПРАВЛІННЯ ЗМІСТОМ
ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. Г. Ратушняк

**УПРАВЛІННЯ ЗМІСТОМ
ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 658.015:338.24

Р 25

Рецензенти:

С. В. Цюцюра, доктор технічних наук, професор (КНУБА)

О. В. Мороз, доктор економічних наук, професор (ВНТУ)

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерством освіти і науки України (протокол № від 2009 р.)

Ратушняк О. Г.

Р 25 Управління змістом інноваційних проектів термомодернізації будівель: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 114с.

ISBN

Проаналізовано стан і перспективи управління і реалізації інноваційних енергозберігаючих проектів з термомодернізації будівель. Наведені результати експертно-аналітичної оцінки управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель та експериментальні дослідження фактичних тепловтрат через огорожуючі конструкції існуючих будівель. Розроблено математичну модель інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень менеджером проекту щодо вибору теплоізоляційного матеріалу.

Запропоновано методику інтелектуальної підтримки управління проектом термомодернізації будівель, яка реалізується за допомогою комп'ютерних програмних засобів, механізмів організаційно-фінансового й технічного забезпечення реалізації проектів термомодернізації будівель, структурно-логічної моделі управління вартістю інвестиційних енергозберігаючих проектів.

УДК 658.015:338.24

ISBN

© О. Г. Ратушняк, 2010

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
Розділ 1. Оцінка стану і перспектив управління реалізацією інноваційних енергозберігаючих проектів	7
1.1. Об'єкт дослідження.....	7
1.2. Аналіз існуючих моделей і методів управління інноваційними енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель	10
1.3. Методи моделювання підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель.....	15
Розділ 2. Концептуально-теоретичні основи дослідження	25
2.1. Методологічні аспекти та організаційно-технологічні фактори впливу на прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель.....	25
2.2. Експертно-аналітична оцінка управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель.....	36
2.3. Експериментальна оцінка фактичного стану об'єктів проектів термомодернізації будівель	41
Розділ 3. Математична формалізація задачі, побудова моделі управління проектами термомодернізації будівель	43
3.1. Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів, що впливають на прийняття рішення в проектах термомодернізації будівель	43
3.1.1. Ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термомодернізації будівель, що впливають на інтелектуальну підтримку прийняття рішень в проектах термомодернізації будівель.....	43
3.1.2. Побудова функції належності нечітких оцінок впливу управлінських рішень щодо еколого-економічної доцільності проектів термомодернізації будівель	48
3.2. Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель....	55
3.3. Аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань, що впливають на механізм управління проектом термомодернізації будівель	63
3.4. Методика підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель щодо вибору теплоізоляційного матеріалу	71
3.5. Оцінка адекватності моделі підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель	77
Розділ 4. Методика управління реалізацією проектів	

термомодернізації будівель.....	82
4.1. Програма реалізації моделі підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель	82
4.2. Організаційно-економічне забезпечення реалізації управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель.....	85
4.2.1. Оцінка ефективності реалізації проекту термомодернізації житлового будинку	85
4.2.2. Організаційно-економічні чинники реалізації проектів термомодернізації будівель.....	89
4.3. Управління вартістю інвестиційних проектів термомодернізації будівель.....	94
Висновки.....	100
Література	102

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку світових і національних програм енергозбереження та впровадження інноваційних технологій зумовлюють використання технологій управління проектами для забезпечення їх успішної та ефективної реалізації. Україна лише на 43% може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Основна частина цього потенціалу припадає на будівельну галузь. Так, на опалення 100 м² загальної площі житлових будинків щорічно витрачається приблизно 6-9 т умовного палива, що в 1,5–3 рази більше, ніж в інших розвинутих країнах світу. Основним резервом енергозбереження в житловому будівництві є впровадження інноваційних проектів термомодернізації будівель із врахуванням досягнень проектного менеджменту.

Питанням стратегії та методології управління інноваційними енергозберігаючими проектами присвячені наукові праці багатьох авторів: Арсірія В. А., Бушуєва С. Д., Данченко О. Б., Меркушова В. Т., Пономаренка Л. А., Поколенка В. О., Польшакова В. І., Рача В. А., Савицького М. В., Теслі Ю. М., Тяна Р. Б., Цюцюри С. В. та ін.

Однією з причин недостатнього впровадження інноваційних енергозберігаючих проектів у житловому будівництві є відсутність методології управління середовищем реалізації проекту та ризиками на всіх етапах його життєвого циклу. Чим вище інноваційність проектів енергозбереження, тим більше економічних і екологічних ризиків може бути закладено в проектно-кошторисну документацію з проекту термомодернізації будівель, які сьогодні не враховуються при їх реалізації. Теорія, методологія та практика управління проектами дозволяють із чисельних факторів внутрішнього та зовнішнього оточення проекту термомодернізації будівель визначити провідні та на них спрямувати головні зусилля менеджменту проекту та ресурсів замовника. В такий спосіб забезпечуватиметься раціоналізація організаційно-технологічних та інших параметрів підготовки та впровадження проектів термомодернізації будівель.

Науково-теоретичні, методичні та практичні переваги застосування інструментів управління проектів для оцінки еколого-економічної та організаційно-технологічної доцільності реалізації програм термомодернізації будівель на всіх етапах їх життєвого циклу є актуальними.

В роботі розглядається створення моделей та методів підвищення ефективності інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень у процесі реалізації інноваційних проектів термомодернізації будівель. В цьому напрямку автором проведені теоретичні та прикладні дослідження з метою:

- аналізу стану формування і реалізації стратегії управління проектами енергозбереження в житловому будівництві та визначення невирішених питань, що виникають при формуванні інноваційного проекту;

- експертно-аналітичного та експериментального дослідження концептуально-методологічних засад ефективності управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель;

- виявлення провідних факторів динамічного оточення проектів термомодернізації будівель та виконання їх класифікації, що дозволить установити закономірності використання теоретико-методологічних інструментів управління проектами в процесі прийняття управлінських рішень щодо їх реалізації;

- розроблення математичної моделі підтримки прийняття управлінського рішення в проектах термомодернізації щодо вибору теплоізоляційного матеріалу з врахуванням множини чинників зовнішнього оточення проекту, що дозволяє знизити рівень невизначеності при виборі альтернатив щодо заходів з його реалізації;

- розроблення структурної моделі управління вартістю та управління раціоналізацією витрат на вибір проекту термомодернізації будівлі, що забезпечує досягнення максимально позитивного ефекту з мінімальними затратами інвестицій;

- удосконалення структури управління проектами термомодернізації будівель шляхом створення структурних підрозділів в системі місцевого самоврядування, що дає можливість підвищити ефективність вирішення організаційно-фінансового забезпечення їх реалізації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблена методика інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення в проектах термомодернізації дозволяє менеджеру проекту оперативно діяти за умов аналізу значної кількості чинників оточення проекту.

РОЗДІЛ 1.

ОЦІНКА СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ УПРАВЛІННЯ РЕАЛІЗАЦІЄЮ ІННОВАЦІЙНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЕКТІВ

1.1. Об'єкт дослідження

Проблема підвищення енергоефективності суспільного виробництва є сьогодні однією з головних у процесі відродження економіки України, що стримує подальший економічний розвиток, наявність постійно зростаючих втрат енергоресурсів у житловому секторі та комунальних мережах внаслідок погіршення їх технічного стану, повного зносу та аварійності. Обсяги втрат енергоресурсів із цих причин сягають 40% загальних обсягів спожитих енергоресурсів [1,2]. Однією з найважливіших ланок реформування житлово-комунального господарства повинно стати зниження витрат на виробництво послуг, а його економічною основою – енергоресурсозбереження [3–9].

Серед основних галузей матеріального виробництва будівництво та житлово-комунальне господарство є найбільш енергоспоживачими. Щорічно на опалення в Україні витрачається біля 75 млн. т умовного палива, це практично 30 % від його загального споживання усією країною. Структуру споживання енергоресурсів в цих галузях наведено на рис. 1.1 [10].

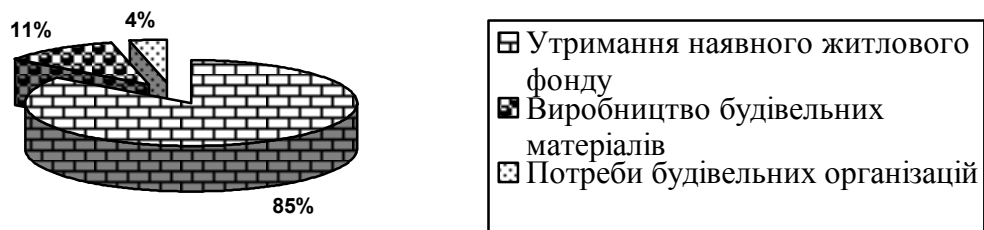


Рис. 1.1. Структура споживання енергоресурсів у будівництві та житлово-комунальному господарстві

У порівнянні з розвинутими країнами в Україні на 1 мешканця на рік витрачається 1,4 т умовного палива, що в перерахунку на 1 м² загальної площі в 1,5 раза більше, ніж в США і в 2,5-3 рази більше, ніж у Скандинавських країнах [10].

Житлово-комунальним сектором народного господарства України споживається понад 25% паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) від загальної кількості їх споживання, в тому числі близько 8% електроенергії,

33% тепла, 5,4% газу. При цьому найбільше енергії витрачається на опалення будівель [11].

На сучасному етапі розвитку техніки та технологій резерв енергозбереження для об'єктів житлово-цивільного будівництва тільки в системах опалення теоретично складає 57,4%. На частку теплової ізоляції будівель та мереж з цього резерву припадає 52,3% [12].

Вітчизняний та закордонний досвід показує, що пріоритетним і результативним напрямком енергозбереження є модернізація систем опалення, теплових пунктів, теплотрас і джерел теплозабезпечення, економічно обгрунтоване поєднання централізованих і локальних джерел енергозбереження. Пріоритетним напрямком енергозбереження [13–19] є додатковий ефективний теплозахист огороджуючих конструкцій існуючих будівель.

У 1993 році набули чинності нові вимоги щодо теплозахисту будівель, якими встановлено значення термічних опорів огорожувальних конструкцій. Ці вимоги перевищують попередні в 2–2,5 рази [11]. В існуючих будівлях цегляні стіни товщиною 0,38–0,51 м (1,5–2 цеглини) та з легкого бетону товщиною 30–35 см не відповідають вимогам сучасних стандартів щодо опору теплопередачі [20]. Згідно з новими нормативами, стіни з монолітної цегляної кладки для північних регіонів повинні бути товщиною близько 1,5 м, а товщина одношарових легкобетонних панелей має становити близько 0,65 м. На практиці дотриматися цих вимог неможливо, тому єдиним способом утеплення стін повинно стати застосування шару з ефективного утеплювача [21–23].

Підвищення теплозахисних властивостей стінових огорожувальних конструкцій полягає у збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень ($2,0\text{--}2,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) [24]. Це досягається шляхом впровадження проектів термомодернізації існуючих будівель. Термомодернізація – це комплекс організаційно-економічних заходів по виконанню ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності чинним нормам [25].

Ефективність розроблених на сьогодні проектних рішень систем теплоізоляції житлових будівель є досить суттєвою і має різний характер [26–28]. Завдяки підвищенню теплозахисту (підвищенню термічного опору) зовнішніх огорожувальних поверхонь досягається значна економія енергії та палива, а внаслідок зменшення обсягів продуктів згорання знижується загальне забруднення довкілля. Скорочення втрат тепла дає змогу знизити температуру обігрівальних приладів, потужність систем кондиціонування та енерговитрати з одночасним покращенням санітарно-гігієнічних умов у приміщенні. При цьому ізольовані стіни характеризуються властивістю акумулювати тепло, а ор-

ганізація теплових потоків в об'ємі приміщення та паропроникність системи утеплення забезпечують комфортний мікроклімат у приміщенні [24]. Тому сьогодні постає питання реалізації та управління ефективними проектами енергозбереження в житловому будівництві.

Основною задачею науково-технічної програми «Енергозбереження в будівництві» [29] є зміна нормативної бази з метою підвищення теплозахисних якостей житлових будинків, переведення будівельної індустрії, крупнопанельного, блочного та цегляного будівництва на використання енергоефективних багатошарових конструкцій зовнішніх стін із щільних теплоізоляційних матеріалів. З метою реалізації цієї науково-технічної програми Київ ЗНІЕПом затверджені і введені в дію нові, більш наближені до сучасного закордонного рівня, нормативи опору теплопередачі захисних конструкцій, які є обов'язковими для проектування нових і реконструкції існуючих житлових і громадських будинків [10].

Основні напрями реалізації проектів енергозбереження в житловому комунальному господарстві (ЖКГ) є такі:

- теплова ізоляція, збільшення термічного опору конструкцій будинків, що огорожують; теплоізоляційні роботи по реконструкції будинків старої забудови [30]; підвищення теплозахисту вікон і балконних дверей за сучасними вимогами по теплозахисту;
- модернізація систем тепло- водопостачання (поступова заміна центрального теплопостачання на індивідуальне теплопостачання у блок-модульному виконанні; впровадження там, де це економічно доцільно, децентралізованих джерел теплопостачання; зниження тепловитрат в інженерних мережах шляхом поступового переходу на сучасні трубопроводи; оптимізація режимів роботи мереж тепло - і водопостачання; реконструкція теплових пунктів із застосуванням ефективного тепломеханічного устаткування; застосування комбінованої теплоаккумуляційної електричної системи опалення [31]; широке використання апарату контролю і діагностики стану внутрішньої поверхні устаткування і систем тепло - і водопостачання та ін.);
- використання нетрадиційних джерел енергії, як одного з перспективних напрямів енергозбереження в ЖКГ, а також вирішення екологічних проблем; важлива роль у скороченні витрат енергоресурсів належить також теплонасосним установкам, що забезпечують ефективну утилізацію потенційного тепла навколишнього середовища, промислових і побутових стоків.

В Україні велику кількість складають будівлі перших масових серій забудови загальною площею 71,4 млн.м², що становить близько 20% від всієї загальної площі багатоквартирного житлового фонду. Такі будівлі не відповідають сучасним вимогам і не є енергоефектив-

ними [32–37]. Для вирішення цих проблем в Україні в травні 1999 року було прийнято постанову Кабінету Міністрів № 820, якою затверджено Програму реконструкції житлових будинків масових серій [38].

Для забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків і споруд було прийнято норми ДБН В.2.6 – 31:2006 «Конструкції будинків і споруд, теплова ізоляція будівель» [25]. Ці норми встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд і порядку їх розрахунку.

Законом України «Про загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004–2010 рр.» визначено орієнтовні обсяги державного фінансового забезпечення розвитку житлово-комунального господарства, у тому числі у житловій сфері [39]. Мета програми – здійснення державної політики з реформування житлово-комунального господарства, підвищення ефективності та надійності його функціонування, забезпечення сталого розвитку для задоволення потреб населення і господарського комплексу в житлово-комунальних послугах відповідно до встановлених нормативів і національних стандартів.

Програма передбачає постійне щорічне фінансування проектів: модернізації житлового господарства; модернізації систем теплозабезпечення житлових будинків; встановлення будинкових засобів обліку споживання води і теплової енергії; енергозбереження на підприємствах житлово-комунального господарства.

Таким чином, при управлінні проектами енергозбереження необхідно враховувати досить обширну нормативно-правову базу щодо підвищення теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій будівель. При впровадженні енергозберігаючих проектів у житловому будівництві обов'язковою є термомодернізація існуючих будівель із використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів, еколого-економічні характеристики яких відповідають вимогам сьогодення.

1.2. Аналіз існуючих методів та моделей управління інноваційними енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель

Аналіз існуючих методів і моделей управління інноваційними проектами розглядалися в наукових працях С. Д. Бушуєва, С. В. Цюцюри, В. А. Рача, Ю. М. Теслі, В. В. Морозова, Р. Б. Тяна та інших [40–64]. Комплексна методологія управління інноваційними

проектами має охоплювати весь життєвий цикл проекту [44]. Для реалізації проектів енергозбереження шляхом термомодернізації суттєвим є такі стадії, як формування цілей проекту, маркетинг ринку теплоізоляційних технологій та матеріалів, аналіз еколого-економічних ризиків при його реалізації. Для управління інноваційним енергозберігаючим проектом на кожній стадії його життєвого циклу характерними є цілісний підхід до проекту в фінансових, організаційно-технологічних, екологічних та інших його аспектах [65–67].

Управління середовищем реалізації інноваційного проекту для успішного його завершення обов'язково включає в себе аналіз середовища реалізації проекту, тобто визначення структури даного середовища і всіх його компонентів як основи майбутніх рішень, що забезпечують реалізуємість проекту. Управління фінансами містить у собі процеси, обов'язковим елементом яких є визначення кількісних показників, що визначають оцінку економічної ефективності реалізації проекту енергозбереження шляхом термомодернізації. Фінансування проекту включає попереднє вивчення життєздатності інвестиційного проекту; розробку плану фінансування проекту; оцінку ризиків; планування ресурсного забезпечення; організацію фінансування; контроль виконання плану і умов фінансування [41,68]. Управління ризиками проекту енергозбереження містить виявлення ризиків та обов'язково вимагає оцінювання кількісних факторів, пов'язаних з ризиками у реалізації проекту та їх впливом на можливі результати проекту. Управління матеріально-технічним забезпеченням містить процес, необхідний для матеріально-технічного забезпечення проекту термомодернізації будівель, включаючи маркетинговий аналіз ринку теплоізоляційних матеріалів з врахуванням еколого-економічних вимог проекту.

Проект термомодернізації – це система обумовлених його межами цілей з економії паливно-енергетичних ресурсів, фізичних об'єктів, технологічних прийомів, організаційної та технологічної документації, трудових й матеріальних ресурсів, а також управлінських рішень та заходів щодо їхньої реалізації. Реалізація проекту енергозбереження здійснюється при взаємодії всіх учасників на кожному із його етапів (життєвих циклів проекту). Учасниками проекту є: державні органи; замовник; організація, що фінансує проект та підрядники (проектні, будівельні та інші організації). Координація дій з реалізації кожної із фаз проекту здійснюється шляхом управління [41,43].

Управління проектом термомодернізації – мистецтво керівництва людськими та матеріальними ресурсами упродовж життєвого циклу проекту, яке здійснюється за допомогою системи сучасних методів і техніки управління з метою досягнення передбачених проектом ре-

зультатів з енергозбереження. Такими результатами є склад і обсяг робіт, вартість, термін впровадження результатів проекту, якість і задоволення учасників проекту з енергозбереження [41,46]. Взаємодія систем і рівнів управління інноваційною енергозберігаючою діяльністю в проектах термомодернізації будівель наведена на схемі 1.2.



Рис. 1.2. Схема взаємодії систем і рівнів управління інноваційною енергозберігаючою діяльністю в проектах термомодернізації будівель

Структура будівельного проекту з термомодернізації – це ієрархічні змінні організаційні зв'язки, які формуються відповідно до умов функціонування. Структура проекту включає компоненти продукції проекту, етапи життєвого циклу проекту та елементи організаційної структури.

Факторами невизначеності та ризиків інноваційних проектів термомодернізації є: помилки у проектно-кошторисній документації; недостатня кваліфікація спеціалістів; форс-мажорні обставини (природно-кліматичні, соціально-політичні; зовнішньо- та внутрішньоекономічна цінова політика); низька якість вихідних матеріалів, комплектувальних виробів і технологічних процесів.

Ідентифікація можливих ділянок ризику в конкретному проекті виконується за допомогою експертних методів із залученням знань про проекти-аналоги. Алгоритм методу експертної оцінки ризиків проекту містить: розробку повного переліку можливих ризиків за фазами життєвого циклу проекту; ранжування ризиків за ступенем важливості з визначенням імовірності та небезпеки даного ризику, а також важливості ризику як добутку імовірності на небезпеку його настання [69–78]. Основні способи мінімізації ризиків проектів енергозбереження за допомогою управлінських методів подано на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Система методів управління еколого-економічними ризиками в інноваційних енергозберігаючих проектах на рівні інвестора

Результативне управління інноваційними проектами термомодернізації може здійснюватися на основі достовірної інформації. Сучасні інформаційні технології дозволяють забезпечити процеси прийняття управлінських рішень в проектах в конкретній ситуації на основі оперативної і достатньо повної інформації [43].

Завдання та функції державного управління енергозбереженням визначаються Законом України «Про енергозбереження» [39] і здійснюються за допомогою відповідних елементів управління (рис.1.4): розробки та проведення політики ціноутворення; сертифікації обладнання та приладів; енергетичної експертизи проектів; ліцензування роботи консалтингових та аудиторських фірм; вирішення питань надання податкових та кредитних пільг; розробка стандартів енергоспоживання.

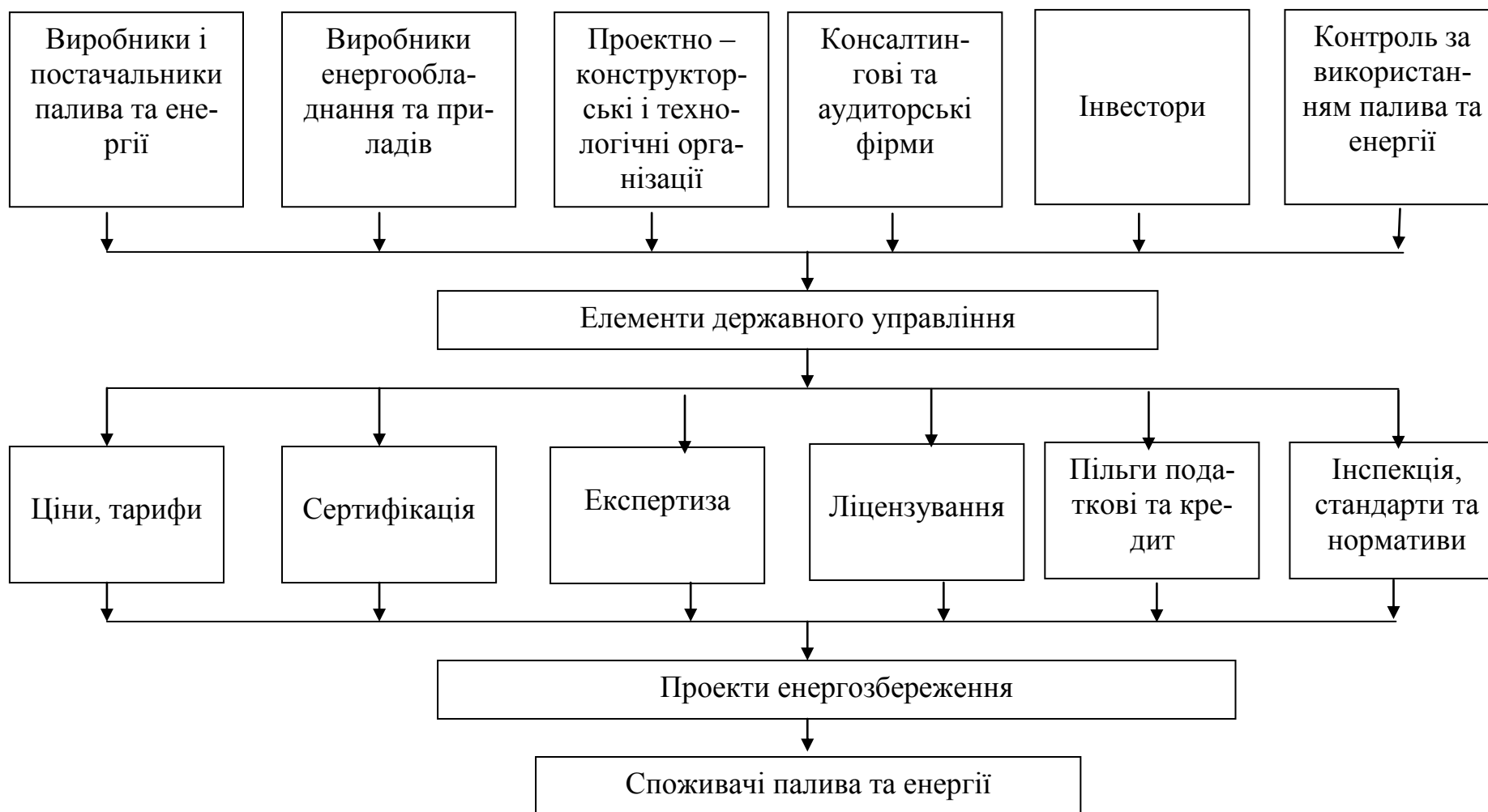


Рис. 1.4. Функціональна схема управління проектами енергозбереженням

1.3. Методи моделювання підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

Математичне моделювання є важливим інструментом еколого-економічного аналізу, що дозволяє отримати чітке уявлення про проект, охарактеризувати та кількісно описати його внутрішню структуру і зовнішні зв'язки. Економіко-математична модель повинна бути адекватна дійсності та відображати суттєві сторони і зв'язки проекту.

Процес моделювання включає три етапи: аналіз теоретичних закономірностей, властивих досліджуваному об'єкту і емпіричних даних про його структуру та особливості, на основі якого формується модель; визначення методів; аналіз отриманих результатів [73, 79–81].

Суттєвим на першому етапі моделювання є чітке формулювання кінцевої мети побудови моделі та визначення критерію, за яким будуть порівнювати різні варіанти розв'язку. При формуванні кінцевої мети побудови моделі необхідно враховувати необхідність створення досліджуваного об'єкту, виключення із аналізу даних другорядних особливостей з тим, щоб піддати математичному описанню й аналізу його як класу вже відомих структур. При еколого-економічному аналізі проектів енергозбереження як порівняльними критеріями можуть бути: найбільший прибуток, найменші витрати виробництва та збитки довіллю, продуктивність праці, оптимальне технічне рішення, найменший ризик впровадження інноваційних технологій тощо [82–84]. В задачах математичного програмування такий критерій відображається цільовою функцією, що передбачає обмеженість ресурсів, які необхідно розподілити на виробництво продукції щодо впровадження енергозберігаючих технологій. В зв'язку з цим важливим є визначення ресурсів, які є вирішальними та лімітованими для досліджуваного процесу, та витрат виду ресурсу на одиницю продукції. Всі обмеження, які характеризують еколого-економічний процес, не повинні бути суперечними. Крім того, необхідно мати хоча б один розв'язок моделюваної задачі, який задовольняє всі обмеження. Після об'єднання рівняння цільової функції та системи обмежень можна отримати математичну модель еколого-економічного процесу.

На другому етапі моделювання вибирають найраціональніший математичний метод розв'язання поставленої задачі. Найкращою моделлю вважається не найскладніша та неподібна реальному об'єкту, а така, що дозволяє отримати найраціональніший розв'язок та найточнішу еколого-економічну оцінку. Надмірна деталізація ускладнює побудову математичної моделі та часто не дає суттєвих переваг при аналізі взаємозв'язків. Надмірне укрупнення моделі є причиною втрати суттєвої

еколого-економічної інформації, що призводить до неадекватного відображення реальних умов об'єкта дослідження.

Третім етапом моделювання є всебічний аналіз результату, який отриманий при дослідженні еколого-економічних ризиків в управлінні проектами. Критерієм достовірності та якості математичної моделі є відповідність отриманих результатів і висновків реальним умовам виробництва та економічна змістовність отриманих результатів. У разі отримання результатів, що не відповідають реальним умовам виробництва, виконують математичний аналіз причин невідповідності. Такими причинами можуть бути недостатня інформація вхідної еколого-економічної інформації та невідповідність використаних математичних методів й схем особливостям і суті досліджуваних ризиків в управлінні проектами.

Для аналізу і кількісної оцінки еколого-економічних ризиків в управлінні проектами найбільшого поширення набули такі математичні методи: статистичний метод, у тому числі метод статистичних іспитів або метод Монте-Карло; метод оцінки фінансової стійкості або доцільності витрат; аналітичний метод; метод використання аналогів; нормативний метод; метод аналізу чутливості або метод критичних значень; метод експертних оцінок; метод байєсівського підходу; метод штучних нейронних мереж; метод нечіткої логіки; метод використання дерева рішень та імовірнісного підходу.

Статистичний метод [85,86] базується на аналізі варіації оціночного показника за певний проміжок часу. Діяльність господарського суб'єкта за аналізований період часу характеризується однією з п'яти зон ризику: безризикова зона, зона мінімального ризику, зона підвищеного ризику, зона критичного ризику, зона неприпустимого ризику. Кількісна характеристика зон ризику характеризується коефіцієнтом ризику. Він дозволяє визначати рівень втрат та проводити кількісне оцінювання ризику. Згідно з прийнятими зонами ризику коефіцієнт ризику набуває значень: 0...0,25; 0,25...0,5; 0,5...0,75; 0,75...1,0 (0 – відсутність втрат; 1,0 – банкрутство). Цей метод дозволяє точно визначати ризики при дотриманні таких умов: наявність достовірних статистичних даних не менше ніж за 3–5 попередніх періодів господарювання; наявність чітко визначених тенденцій зміни ризику в минулому і сьогодні; виявлені тенденції змін оцінюваного показника зберігаються протягом прогнозованого періоду часу. В умовах різких різноспрямованих змін зовнішнього і внутрішнього середовища господарювання, особливо при управлінні проектами енергозбереження, застосування цього методу не доцільно, оскільки він більшою мірою орієнтований на констатацію існуючого положення, ніж на прогнозування очікуваних результатів.

Метод оцінки фінансової стійкості або доцільності витрат [85,86] ґрунтується на ідентифікації потенційних зон фінансової стійкості та відповідних їм зон ризику фінансової діяльності підприємства при впровадженні інноваційних технологій. Співвідношення фактичного або прогнозованого за результатами впровадження інноваційного проекту стану підприємства з однією із зон фінансової стійкості (нестійкості) та, відповідно, зон ризику виконується на підставі аналізу достатності обігових власних або позичкових коштів для формування запасів і покриття витрат при виконанні робіт із реалізації проекту. Цей метод не враховує впливу конкретних факторів ризику на зростання чи зменшення ступеня ризику при управлінні інноваційними проектами енергозбереження.

Аналітичний метод [85] базується на застосуванні традиційних показників для оцінки ефективності таких інвестиційних та інноваційних проектів, як: термін окупності, внутрішня норма прибутковості, індекс прибутковості та чистий приведений дохід. Шляхом порівняння значення цих показників для альтернативних проектів визначають їхній ступінь ризику. Наприклад, менше значення внутрішньої норми прибутковості або більший період окупності за інших умов свідчать про більший ризик. При зовнішній переконливості розрахунків за впливом кількісних факторів не враховується вплив конкретних кількісних та якісних факторів ризиків. Цей метод не дозволяє адекватно оцінити ступінь ризику інноваційного проекту, для якого характерно багато факторів впливу на прийняття менеджерського рішення.

Метод використання аналогів [86] ґрунтується на порівнянні ризиків аналогічних проектів, що запроваджені в адекватних умовах. Він використовується для попереднього оцінювання ризиків інноваційних проектів. Його основним недоліком є те, що кожен інноваційний проект має свої техніко-економічні особливості та специфіку реалізації. Це не дозволяє достовірно прогнозувати сценарій розвитку подій у майбутньому, ґрунтуючись лише на досвіді реалізації інноваційних проектів у минулому.

Нормативний метод [87] заснований на використанні системи фінансових коефіцієнтів ліквідності, заборгованості, автономії тощо. Шляхом порівняння відхилення їх фактичних значень від нормативних визначають величину ризику проекту. Цей метод не враховує впливу окремих факторів ризику на прийняття рішень при управлінні інноваційними проектами термомодернізації будівель.

Метод аналізу чутливості проекту [88] полягає у виявленні чутливості конкретних оцінок показників проекту до змін значень вхідних величин. Даний метод дозволяє знайти відповіді на такі питання: які значення відхилень однієї чи декількох вхідних величин від зада-

них значень за умови, що оцінений показник залишається у припустимих межах; наскільки зміниться значення оціненого показника при заданому відхиленні однієї чи декількох вхідних величин від наперед заданих їх значень? Цей метод дозволяє встановити діапазон припустимих змін вхідних величин, але неможливо встановити, якою буде ця зміна при реалізації інноваційного проекту.

Метод експертних оцінок [89] дозволяє оцінювати ступінь ризику в управлінні проектами в умовах дефіциту інформації, використовуючи положення теорії логічного програмування. За мову високого рівня прийнята логіка предикатів першого порядку, яка дозволяє виконувати пошук ланцюга правил, що веде від факторів до прогнозу або від прогнозу до факторів. Для реалізації дедуктивного логічного висновку є операція пошуку “ЯКЩО-ТО”. Мова логічного програмування не забезпечує логічного висновку в проміжних точках, що характеризують параметри управлінських рішень. У більшості випадків метод експертних оцінок використовується, коли іншим способом оцінити ризик неможливо, але необхідна попередня оцінка, яка буде уточнюватися в міру накопичення інформації, яка стосується реалізації даного проекту.

Метод байєсівського підходу дозволяє визначити апріорні імовірності різних ризиків проектів у апостеріорні імовірності цих подій при наявності інформації про вхідні фактори, стан яких визначається вектором параметрів ризику. Після обчислення апостеріорних імовірностей всіх можливих ризиків вибирається ризик із найбільшою імовірністю. Використання цього методу обмежене необхідністю накопичення значної кількості статистичної інформації та експериментальних даних про умови реалізації проектів. При прогнозуванні ризиків проекту на базі байєсівського підходу кожне імовірне значення параметрів проекту має свій набір факторів, що не перетинаються. Ця умова не завжди виконується, оскільки однакові групи факторів можуть зустрічатися за різних прогнозів ризиків. Виникають також певні труднощі при необхідності доповнення моделі додатковою інформацією при реалізації проекту, що потребує повторного обчислення всіх імовірностей ризику.

Метод використання дерева рішень та імовірнісного підходу [86,90] дозволяє розглядати різноманітні сценарії управління проектами, що зумовлені впливом різних факторів ризику. Дерево логічних рішень – це графове зображення гілчастого алгоритму прийняття рішення, кінцеві вершини графа якого відповідають класам рішень. У процесі аналізу ризику проекту виділяють варіанти прийнятих управлінських рішень та варіанти подій, що можуть бути реалізовані як наслідок прийнятих рішень. Можливі рішення та їх результати графічно

зображують на дереві рішень, яке залежно від ступеня складності проблеми має різну кількість гілок. Гілкам дерева ставлять у відповідність суб'єктивні або об'єктивні ймовірності оцінки можливості реалізації кожного управлінського рішення. Рухаючись від вихідної точки вздовж гілок дерева до вершин та комбінуючи оцінки свідочств відповідно до можливості чи неможливості реалізації проектів за відомими правилами, можна вибрати оптимальний варіант шляху за результативністю та ступенем ризику. Екстракція дерева рішення є швидкою процедурою навіть при великих вибірках даних і дозволяє відсікти мало інформовані параметри стану проекту. Для реальних задач дерево рішень не гарантує високої безпомилковості прийняття рішення за експериментальними даними та не дозволяє виявити їх вплив на розвиток подій у майбутньому.

Метод штучних нейронних мереж як універсальний апроксиматор складається з взаємопов'язаної сукупності простих обчислювальних елементів – нейронів. Кожен елемент мережі функціонує за простими правилами. В більшості типів мереж вихідний сигнал нейрона залежить від зваженої суми вхідних сигналів. Для нейронних мереж характерна фундаментальна властивість – здатність до навчання. Нейронну діагностичну модель ризиків будують через навчання мережі за вибіркою експериментальних даних. Кількість нейронів на вихідному шарі дорівнює числу можливих причин ризиків при реалізації проекту. Для достовірного прийняття управлінського рішення при реалізації проекту необхідно враховувати значну кількість факторів, що є причиною значної громіздкості нейронної мережі. Навчання такої мережі базується на величезній вибірці експериментальних даних, накопичення яких не завжди можливе. Стимує широке застосування нейронних мереж при оцінці ризиків проектів також неможливість змістовної інтерпретації процесу прийняття рішення.

За структурою комплексні еколого-економічні моделі є балансовими, оптимізаційними та імітаційними.

Міжгалузева модель Леонтьєва-Форда [91] описує галузі матеріального виробництва та галузі знищення шкідливих факторів:

$$x_1 = A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + y_1, \quad (1.1)$$

$$x_2 = A_{21}x_1 + A_{22}x_2 - y_2. \quad (1.2)$$

Рівняння (1.1) відображає баланс розподілу виготовленої продукції x_1 : на споживання основним виробництвом $A_{11}x_1$, допоміжним виробництвом – $A_{12}x_2$ і кінцевий продукт y_1 , який визначається попитом на продукцію. Рівняння (1.2) є балансом забруднювачів і відображає об'єм забруднювачів всіх видів виробничої діяльності $A_{21}x_1 + A_{22}x_2$ та

допустимі розміри незнищених забруднювачів y_2 , які визначаються прийнятими санітарно-гігієнічними нормативами.

Модель Леонтьєва-Форда ефективно використовується для створення ринкових механізмів еколого-економічної взаємодії, а саме для ціноутворення продукції з урахуванням необхідних екологічних затрат, пов'язаних з виробництвом цієї продукції, та визначення екологічного податку. Вона дозволяє також дослідити оптимальну регіональну структуру виробництва у зв'язку з можливістю міжрегіонального обміну продукцією та з метою збереження захисту довкілля від результатів антропогенної діяльності.

Модель Моно-Ієрусалимського [92] використовується для найагрегованішого описання динамічної взаємодії суспільства і природи за допомогою системи рівнянь:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \mu x - ux, \\ \dot{y} &= -a\mu x + u(y^o - y), \quad y > y^o \\ \dot{z} &= (a-1)\mu x - uz, \\ \alpha &= \text{const} > 1, \\ \mu(y, z) &= \frac{\mu_m y k_z}{(k_y + y)(k_z + z)}.\end{aligned}\tag{1.3}$$

Система рівнянь (1.3) пов'язує між собою концентрації біомаси x , поживного субстрату y та продуктів життєдіяльності (метаболітів) z . Функціональна залежність $\mu(y, z)$ характеризує нелінійні особливості виробництва, використання ресурсів і утворення забруднення.

Основним питанням при побудові оптимізаційних моделей є формування критерію оптимальності еколого-економічної системи. Ряд вчених пропонують за критерій оптимальності прийняти умови рівноваги між збалансованим зростанням економіки та біосфери.

Моделі, які описують динаміку економіки та природних ресурсів, які здатні поновлюватися, запропоновані як система рівнянь:

$$\begin{aligned}v &= Av + Bu + A^{(z)}z + B^{(z)}w + p, \\ \dot{\Phi} &= u - \Delta\Phi, \quad \dot{\Phi}^{(z)} = w - \Delta^{(z)}\Phi^{(z)}, \\ \dot{R} &= Q(R - R_*) - (Cv + Du + Fp + F^{(L)}L) - D^{(z)}w + z, \\ 0 &\leq v \leq V(t, \Phi, R), \quad 0 \leq z \leq Z(t, \Phi^{(z)}, R), \\ u &\geq 0, \quad w \geq 0.\end{aligned}\tag{1.4}$$

У системі рівнянь (1.4) v , Φ , p – вектор потоку виробничого продукту, наявних основних фондів та інтенсивності невиробничого споживання; R – узагальнений показник стану природних ресурсів; u – швидкість капіталовкладень; A, B, Δ – відповідно матриці коефіцієн-

ти прямих затрат, фондоемності та амортизації; $C, D, F, F^{(L)}$ – відповідно витратні коефіцієнти, що пов’язані з поточним виробництвом, капіталовкладеннями, споживанням та домашнім господарством, відповідно; Q – коефіцієнт відтворення; R^* – незбурений стан ресурсу; Z – інтенсивність екзогенного поновлення або додаткового споживання ресурсу; $A^{(Z)}, B^{(Z)}, D^{(Z)}$ – коефіцієнти витрат на відтворення ресурсу та розширення відтворювальних потужностей; $\Phi^{(Z)}$ – вектор основних фондів відтворювальної галузі; w – інвестиції на її розвиток; $V(t, \Phi, R)$ – продуктова виробнича функція; $Z(t, \Phi^{(Z)}, R)$ – виробнича функція процесу відновлення ресурсу.

Розв’язуючи питання побудови еколого-економічних функцій складних об’єктів, слід зазначити, що при цьому розглядається абстрактна технологія. На практиці виробничі функції застосовуються як самостійні математичні моделі виробничих об’єктів та як елементи більш складних моделей економічних систем. Методологічною базою комплексного дослідження найбільш важливих сторін еколого-екологічної взаємодії при управлінні проектами енергозбереження є системний аналіз, що дозволяє аналізувати складні кібернетичні системи.

Метод формалізованого опису невизначеності “Монте-Карло” [88] застосовується у найбільш складних для прогнозування проектах. Він ґрунтується на використанні імітаційних моделей, що дозволяють створити багато сценаріїв, узгоджуваних із заданими обмеженнями на вихідні змінні. За очікуваний інтегральний ефект інвестиційного проекту ($E_{оч}$) приймаються: імовірнісні величини показників ефективності проекту, як правило, чистий дисконтований дохід (ЧДД); інтегральний ефект ЧДД при i -му прогоні створеної імітаційної моделі (E_i); константа для кожного прогону ($P_i = 1/n$, де n – загальне число прогонів моделі).

У загальному випадку очікуваний інтегральний ефект розраховується за формулою

$$E_{оч} = \lambda E_{\max} + (1 - \lambda) E_{\min}, \quad (1.5)$$

де $E_{\max}, E_{\min}$ – найбільше та найменше з математичних очікувань інтегрального ефекту за припустимими ймовірними розподілами;

λ – спеціальний норматив для врахування невизначеності ефекту, який відбиває переваги відповідного господарського суб’єкта в умовах невизначеності.

Нечітка логіка та теорія нечітких множин й лінгвістичних змінних набули широкого розвитку при моделюванні управління складними процесами, на характер зміни яких впливає значна множина кількісних та якісних факторів [93, 94]. До цих процесів відносяться еколого-

економічні ризики в управлінні проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель.

Основою ідеєю нечітких множин є ідея про те, що для елементів певної множини, які належать їй різною мірою, спільна властивість характерно теж різною мірою. Моделювальна складова передбачає можливість проведення комп'ютерного моделювання з метою спостереження за зміною параметрів проекту, як об'єкта досліджень, при варіації факторів, що впливають на нього. Основні поняття теорії нечіткої логіки: універсальна множина, нечітка множина, функція належності, лінгвістична змінна та принцип лінгвістичних знань.

Універсальна множина (U) – це повна множина, що охоплює всю проблемну галузь. Нечіткою множиною $\tilde{A}$ на універсальній множині U називається сукупність пар $(\mu_A(u), u)$, де $\mu_A(u)$ – сукупність належності елемента $u \in U$ до нечіткої множини $\tilde{A}$. Ступінь належності – це число діапазону $[0, 1]$. Чим вище ступінь належності, тим більшою мірою елемент універсальної множини відповідає властивостям нечіткої множини.

Функцією належності називається така функція, яка дозволяє обчислювати ступінь належності довільного елемента універсальної множини до нечіткої множини. Функція належності відображає елементи з мінімальними U на множині дійсних чисел в інтервалі $[0, 1]$, кожне з яких вказує на ступінь належності кожного елемента $u \in U$ нечіткої множини $\tilde{A} \in U$. Нечітку множину $\tilde{A}$ можна записати так

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i) / u_i = \frac{\mu_A(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_A(u_k)}{u_k} \quad (1.6)$$

Доповненням нечіткої множини $\tilde{A}$ на універсальній множині U називається нечітка множина $\bar{A}$ з функцією належності $\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u)$ для усіх $u \in U$. Перетином нечітких множин $\tilde{A}$ та $\tilde{B}$, які задані на універсальній множині U , називається нечітка множина $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ з функцією належності $\mu_C(u) = \min(\mu_A(u); \mu_B(u))$ для усіх $u \in U$. Операція $\min$ показується символом $\wedge$, відповідно

$$\mu_C(u) = \mu_A(u) \wedge \mu_B(u). \quad (1.7)$$

Об'єднанням нечітких множин $\tilde{A}$ та $\tilde{B}$, які задані на універсальній множині U , називається нечітка множина $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ з функцією належності $\mu_D(u) = \max(\mu_A(u), \mu_B(u))$ для усіх $u \in U$. Операція $\max$ називається символом $\vee$, відповідно

$$\mu_D(u) = \mu_A(u) \vee \mu_B(u). \quad (1.8)$$

Лінгвістичною змінною називається така змінна, значеннями якої є слово або речення природної мови. Терм-множиною є множина усіх можливих значень лінгвістичних значень змінної. Кожний елемент

терм-множини називається термом. Використовуючи поняття функцій належності, кожний із лінгвістичних термів формують у вигляді нечіткої множини, що задана на універсальній множині U . При побудові функцій належності за експертними оцінками найбільше поширення отримали методи на основі парних порівнянь та статистичної обробки експертної інформації. Відповідно до принципу лінгвістичних знань причинно-наслідкові зв'язки між факторами, що впливають на параметри модельованого об'єкта, описуються за допомогою термів, а потім формалізуються у вигляді нечітких логічних висловлювань.

Особливість нечітких логічних висловлювань полягає в тому, що їх адекватність не змінюється при незначних варіюваннях параметрів об'єкта дослідження.

Структурна ідентифікація ієрархічних зв'язків параметрів універсальної множини U виконується у вигляді узагальненого елемента дерева логічного висновку, яке визначає систему вкладених в одне висловлювань знань меншої розмірності. Вершини дерева логічного висновку інтерпретуються таким чином: корінь дерева – прогнозований показник; термінальні вершини – частинні параметри стану.

Нечітка логіка – це різновид багатозначної логіки, в якій значення істинності задається термами лінгвістичної змінної «істинність», наприклад, «трохи хибно» тощо. Ці лінгвістичні значення приймаються за нечіткі множини. Правила виконання нечітких логічних операцій здійснюють із використанням узагальненого елемента нечіткого логічного висновку. Нечіткі логічні операції ТА ($\wedge$), АБО ($\vee$), НІ ($-$) та імплікація ($\Rightarrow$) виконуються з дотриманням таких правил:

$$\mu_{A \wedge B} = \min(\mu_A(u), \mu_B(u)), \quad (1.9)$$

$$\mu_{A \vee B} = \max(\mu_A(u), \mu_B(u)), \quad (1.10)$$

$$\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u), \quad (1.11)$$

$$\mu_{\Rightarrow B}(u) = \max(1 - \mu_A(u), \mu_B(u)). \quad (1.12)$$

Нечітким висновком називається апроксимація залежності $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ за допомогою нечітких правил «ЯКЩО-ТО» та нечітких логічних операцій. Логічний висновок описує залежність $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$ між причинами $X_i (i = \overline{1, n})$ та наслідком у вигляді системи нечітких логічних висловлювань.

$$\text{Якщо } \bigcup_{p=1}^{K_j} [\bigcap_{i=1}^n (x_i = X_i^{jp})], \text{ то } y = Y_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (1.13)$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j -го рівня вихідної змінної, m – кількість термів для оцінки Y ; X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_j в p -му рядку матриці знань, що відповідає терму Y_j , $p = \overline{1, K_j}$

; K_j – кількість рядків, що відповідає терму Y_j ; $\cup(\cap)$ - символ операції АБО (І).

Техніка нечіткого логічного висновку дозволяє отримати показник еколого-економічної доцільності проекту, який прогнозується як нечіткі множини. Для переходу від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки виконують процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму. Поширеним методом дефазифікації є знаходження «центру ваги» плоскої фігури, яка обмежена функцією належності нечіткої множини та горизонтального координатора. Модель нечіткого логічного висновку разом з процедурою дефазифікації забезпечує розроблення системи інтелектуальної підтримки управлінських рішень у проектах енергозбереження.

Застосування апарату нечіткої логіки та лінгвістичних змінних при прийнятті менеджером проекту управлінського рішення щодо реалізації проекту термомодернізації дозволить врахувати кількісні і якісні економічні, екологічні та теплофізичні параметри теплоізоляційних матеріалів.

РОЗДІЛ 2.

КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методологічні аспекти та організаційно-технологічні фактори прийняття управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель

У сучасних умовах потреба в енергоресурсах та постійне їхнє подорожчання обумовило необхідність розробки концептуальної моделі управління проектами термомодернізації будівель (рис. 2.1), яка включає наукові, державно-правові та практичні потреби в реалізації проектів термомодернізації будівель, об'єкт та предмет дослідження, інструменти та методику управління реалізацією проектів.

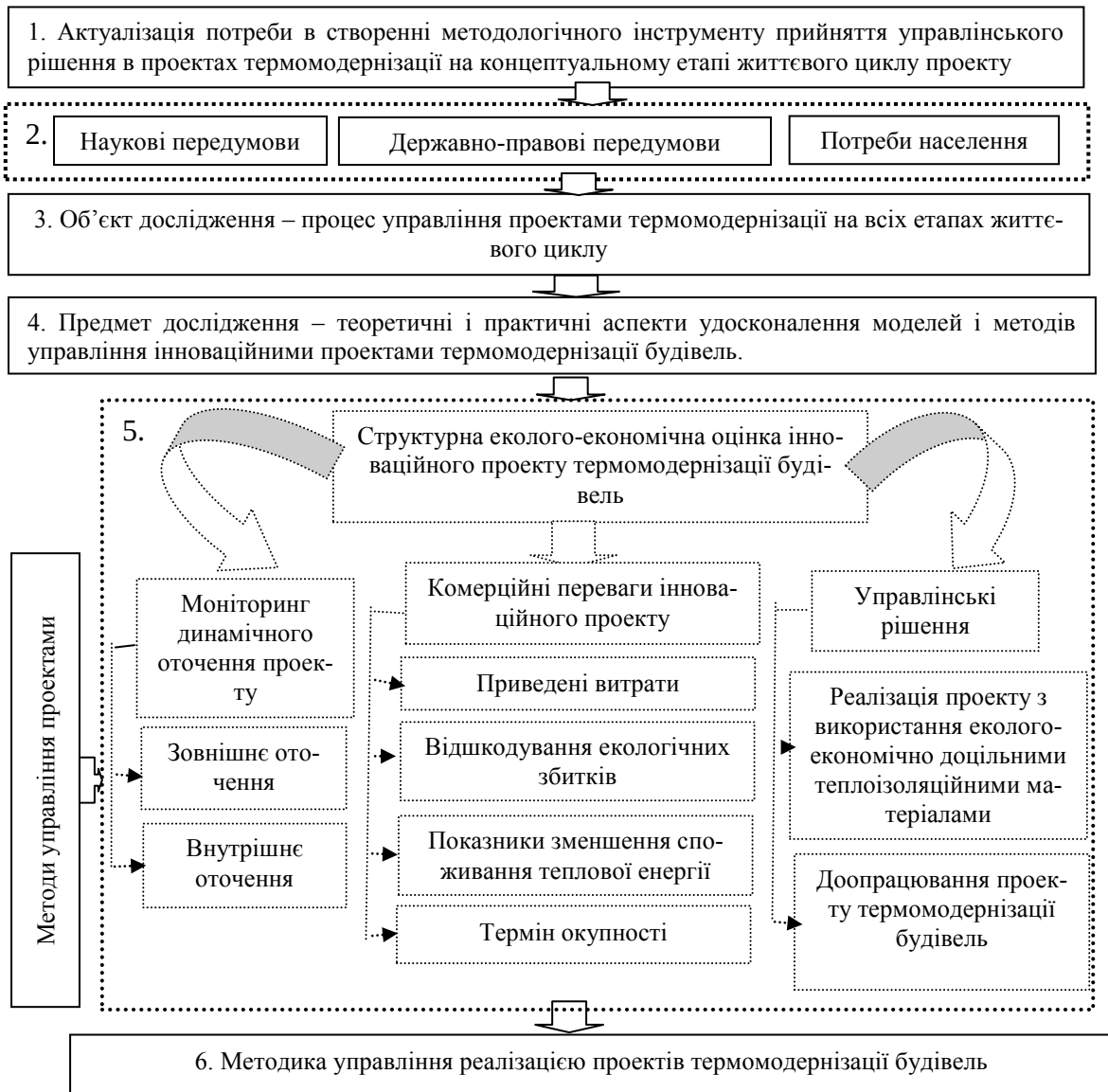


Рис. 2.1. Концептуальна модель управління проектами термомодернізації будівель

Удосконалення системи прийняття управлінських рішень з метою оптимізації витрат енергоресурсів на опалення будівель у сучасних умовах перехідної економіки є надзвичайно суттєвою задачею, вирішення якої потребує здійснення комплексу організаційно-економічних та технічних заходів, що оформлені як цілісний інноваційний енергозберігаючий проект. Ефективне вирішення цієї задачі потребує чіткої системи управління, яка б забезпечувала створення керуючого впливу на вихідні параметри системи на заданому рівні. Спрощену структурну схему управління в проектах термомодернізації будівель наведено на рис. 2.2.

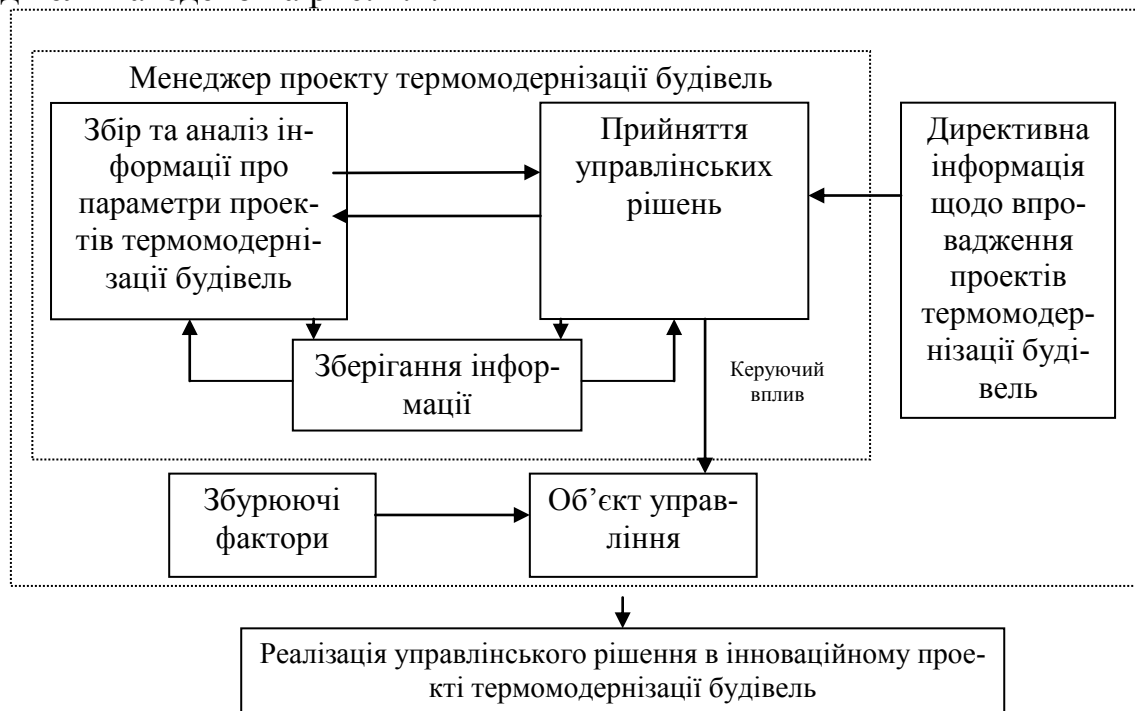


Рис. 2.2. Структурна схема системи управління проектом термомодернізації будівель

Оцінка закономірностей розвитку й функціонування об'єкта управління проектом термомодернізації будівель здійснюється через відповідну інформацію чинників, які впливають на прийняття управлінських рішень. Тому удосконалення системи управління передбачає проведення експертно-аналітичної оцінки та експериментальних досліджень ефективності управлінських рішень, які б забезпечували дотримання ефективних вимог щодо впровадження інноваційних проектів термомодернізації будівель.

Наступним етапом після виявлення чинників, що спричинили необхідність розроблення моделі управління проектами на концептуальному етапі життєвого циклу проекту необхідно проаналізувати мате-

ріальні ресурси, які необхідні для реалізації проекту. До цих ресурсів відносять теплоізоляційні матеріали.

В 2006 році об'єм українського ринку теплоізоляційних матеріалів склав біля 4 млн. м³ (без врахування технічної ізоляції). В грошовому виразі – це біля 120 млн. євро. За прогнозами експертів у 2007 р. місткість вітчизняного ринку скловолокна, базальтової вати, екструдованого пінополістиролу складе рис. 2.3 [95].

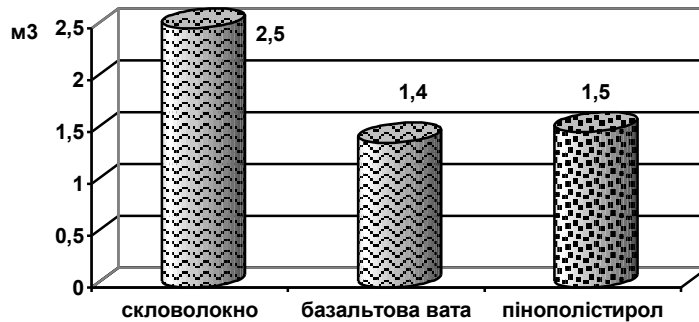


Рис. 2.3. Місткість вітчизняного ринку теплоізоляційних матеріалів, млн. м³

Усі теплоізоляційні матеріали для реалізації проектів термомодернізації будівель класифікуються згідно ГОСТу 16381-77 [96] за такими ознаками:

- за видом основної сировини: органічні; неорганічні;
- за структурою: волокнисті; комірчасті; зернисті (сипкі);
- за формою: рихлі (вата, перліт і ін.); плоскі (плити, мати і ін.); фасонні (циліндри, напівциліндри, сегменти і ін.); шнурові;
- за горючістю: горючі; не горючі; важко спалимі;
- за жорсткістю: м'які; напівжорсткі; жорсткі.

За способом пароутворення теплоізоляційні матеріали ділять на [97]: матеріали з волокнистим каркасом; спучені матеріали; спінені матеріали; матеріали з пористим заповнювачем; матеріали з вигораючими добавками; матеріали з просторовим каркасом.

При виборі теплоізоляційних матеріалів авторами Б. М. Шойхетом, Л. В. Ставрицькою, Е. Г. Овчаренко, П. В. Монастирьовим, О. Любімовою [98–100] виділяються основні показники, які характеризують властивості теплоізоляційних матеріалів. До цих показників належать: щільність (не більше 200–250 кг/м³); теплопровідність (розрахунковий коефіцієнт теплопровідності не вище 0,035–0,08 Вт/м°K); довговічний матеріал повинен зберігати стійку форму протягом всього терміну експлуатації; паропроникність шарів системи повинна зростати від внутрішнього шару до зовнішнього; міцність на стискування при 10 % деформації для жорстких виробів;

стискання і пружність для м'яких і напівжорстких матеріалів; володіння необхідною морозостійкістю (не менше 50 циклів); біостійкість і забезпечення відсутності токсичних виділень при експлуатації.

Теплоізоляційні матеріали в будівлях повинні відповідати вимогам пожежної безпеки згідно СНиП 2.01.02-85, мати гігієнічні сертифікати, не виділяти токсичні речовини під час експлуатації і при горінні [101].

Горючість теплоізоляційних матеріалів визначається за наступними параметрами горючості (ДСТУ Б В.2.7-19-95): температура димових газів (135–250 °С), ступінь пошкодження за довжиною (65–85%), ступінь пошкодження за масою (20–80%), тривалість самостійного горіння (0–60 с) [102].

Опір паропроникненню огорожувальної конструкції та окремих її шарів розраховується згідно ДБН В.2.6.-31:2006 „Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель” [25].

Теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДБН 6.6.1.-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-0.02, ДБН В.1.4-1.01, ДБН В.1.4-2.01 та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України.

При проектуванні будівель використовуються розрахункові характеристики теплоізоляційних матеріалів, які наведено в ДБН В.2.6.-31:2006. Крім коефіцієнта теплопровідності, розраховується і опір паропроникнення огорожуючої конструкції і окремих її шарів.

Серед технічних характеристик теплоізоляційних матеріалів [103] виділяють: густину, теплопровідність, міцність на стискання, стискуваність, водопоглинання, сорбоційну вологість, морозостійкість, паропроникність, вогнестійкість.

Крім теплофізичних характеристик, виділяють також хімічну і біологічну стійкість [104]. За хімічною стійкістю матеріали повинні протистояти руйнуючій дії лугів, кислот, розчинених у воді солей і газів, бензинів, масел та інші. Для термомодернізації матеріали повинні бути кислотостійкими при рН не нижче 2,0 для надземних споруд. За біологічною стійкістю матеріали повинні чинити опір руйнуючій дії грибків і бактерій.

А. І. Ананьєв, О. І. Лобов, В. П. Можаяев, П. А. В'язовеченко вважають, що при виборі теплоізоляційного матеріалу основну увагу необхідно надати теплофізичним характеристикам та довговічності. Теплофізичні характеристики теплоізоляційного матеріалу пінополістиролу залежать від технології його виготовлення і сумісності з іншими будівельними матеріалами в конструкціях стін та покриттів [105].

В. К. Черненко, М. Г. Єрмоленко, Г. М. Батура, О. Ф. Осипов, Ю. О. Піщаленко, Є. Г. Романушко, А. П. Снежко, В. І. Терновий, Б. Ф. Чувикін виділяють наступні види улаштування теплоізоляції: збірно-блокову, засипну, мастикову, монолітну, литу, обволікаючу, вакуумну теплоізоляцію[106].

Об'єктивна й виважена методика прийняття управлінського рішення, що враховує всі аспекти вибору теплоізоляційного матеріалу, є актуальною: для замовника (власника) – із метою вибору оптимального проекту термомодернізації з врахуванням рівня його маркетингових потреб і запитів; для фахівців із питань термомодернізації – для рейтингової оцінки теплоізоляційних матеріалів, в тому числі новостворених і впроваджених в ринок; для суб'єктів інноваційного бізнесу, що функціонують на ринку теплоізоляційних матеріалів, – для встановлення привабливої ринкової ніші, вірного позиціонування в обраних сегментах ринку, вибору оптимальної ціново-якісної стратегії, виробленню адекватної цінової політики; для органів державної влади та місцевого самоврядування – для обґрунтування вибору суб'єктів із метою надання державної підтримки, наприклад, щодо налагодження виробництва імпортозамінних товарів та поглибленої переробки сировинних матеріалів.

Сьогодні на українському ринку представлено широкий асортимент теплоізоляційних матеріалів із мінеральної, полімерної і композиційної сировини. Кожний із теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються в проектах термомодернізації будівель, має переваги і недоліки. Проаналізуємо переваги і недоліки найбільш поширених теплоізоляційних матеріалів.

Для реалізації проектів термомодернізації будівель переважно застосовують матеріали на основі мінеральної вати або скловати, пінополістиролу та пінополіуретану. Частку теплоізоляції в Європі з мінеральної вати, скловати, пінополістиролу та інших пінопластів наведено на рис. 2.4.

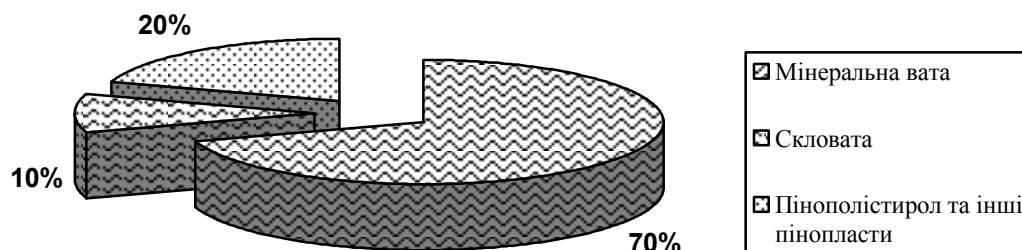


Рис. 2.4. Структура застосування теплоізоляційних матеріалів за видами у Європі

Аналіз галузей застосування теплоізоляційних матеріалів для термомодернізації будівель наведено в табл.2.1 [107].

Таблиця 2.1

Галузі застосування теплоізоляційних матеріалів в енергозберігаючих технологіях

Тип утеплювача	Вентильовані фасади	Зовнішнє утеплення «мокрого» типу	Внутрішнє утеплення (з боку приміщення)	Шарувате мурування	Тришарові залізобетонні панелі	Металеві сандвіч-панелі	Цокольний поверх, підвал
Мінераловатні (на базальтовій основі)	+	+	+	+	+	+	-
Скловолокнисті	+	+	+	+	+	+	-
Спінений пінополістирол	-	+	+	+	+	+	-
Екструдований пінополістирол	-	+	+	+	+	+	+
Пінополіуретан	-	+	+	-	-	+	+

Серед неорганічних теплоізоляційних матеріалів виділяють мінеральну та скловолоконну вату.

Основні відмінні властивості теплоізоляційних матеріалів із мінеральної вати – негорючість в поєднанні з високою тепло- і звукоізолюючою здатністю. Окрім цього, цей вид матеріалів володіє стійкістю до температурних деформацій, негігроскопічністю, хімічною і біологічною стійкістю, екологічністю і легкістю виконання монтажу. Мінераловатні матеріали також ефективно перешкоджають розповсюдженню полум'я, а тому вони застосовуються також як протипожежна ізоляція і вогнезахист.

Мінераловатні плити стійкі до впливу більшості хімічних речовин. Коефіцієнт паропроникності досить високий і становить близько $480 \times 10^{-6} \text{ г/(м/год/Па)}$. Це забезпечує вільне виведення водяної пари. Плити з мінеральної вати значно важчі за полістирольні, мають невисоку твердість і відносно невисоку міцність. При 10 % стискуванні напруження становить 30–40 кПа. Для мінераловатних плит, які застосовують у конструкціях теплоізоляції фасадів, українського стандарту немає, і вимоги до таких матеріалів, як правило, формулюють у технічних умовах на них. При зовнішньому утепленні використовують два види плит. Перший вид – це вата з безладним розміщенням волокон (щільність 120–160 кг/м³, міцність на розрив у напрямку, перпендикулярному до поверхні плит, – понад 10 кПа), плити завдов-

жки 100–120 см, завширшки 50–60 см. Другий вид – це плити з розміщенням волокон перпендикулярно до площини стіни, так звані ламельні (аналогічні параметри: 80–120 кг/м³ і понад 80 кПа), а розміри плит переважно 120 x 20 см [19].

Вироби із скловати, завдяки своїй структурі, мають підвищену пружність і міцність. Більшість цих виробів належить до категорії негорючих матеріалів. Скловолокно – легкий, м'який і еластичний матеріал, тому його можна застосовувати у конструкціях будь-якої форми і конфігурації. Теплоізоляція зі скловати відрізняється стабільністю форми, витримує старіння, не піддається деформації, характеризується високою хімічною стійкістю, не містить корозійних агентів, негігроскопічна. Після протилежної обробки цей матеріал не створює жодних запахів у будівельних конструкціях, у них не заводяться шкідники та пліснява. Завдяки волокнистій структурі скловата є чудовим звукоізолятором. Крім того, цей негорючий матеріал не виділяє токсичних речовин під дією вогню [108].

Пінополістирол використовується в будівництві більше 40 років. Теплозберігаючі властивості пінополістирола в 14 разів вищі, ніж у цегли [109]. Існує два види полістиролу – спінений і екструдований [110].

Пінополістирол негігроскопічний, тому під впливом вологи не втрачає теплоізоляційних властивостей. Він дуже легкий і має добрі характеристики (міцність на розрив – близько 80 кПа, міцність на стиснення – близько 130 кПа). Напруженість при 10 % стискуванні пінополістиролу становить близько 80 кПа. Недоліком його є невисокі звукоізоляційні властивості, низький коефіцієнт паропроникності – близько 12×10^{-6} г/(м год·Па); він не стійкий до впливу більшості органічних розчинів.

Пінополістирол є міцним матеріалом, характеризується низькими показниками теплопровідності (0,027–0,040 Вт/(м·К)) і густини (15–40 кг/м³), що дає змогу використовувати його як конструктивний елемент, здатний тривалий час витримувати значні навантаження [108].

Екструдований пінополістирол [110] відзначається нульовою капілярністю і виключно малим показником водопоглинання (менш ніж 0,2% за об'ємом), високою міцністю на стиснення і коефіцієнтом теплопровідності 0,03 Вт/(м·К), морозостійкістю, довговічністю, хімічною стійкістю до дії агресивних середовищ (за винятком органічних розчинників, безводних кислот і бензину), не піддається гниттю. Закрита ніздрювата структура матеріалу запобігає відчутним змінам теплопровідності у вологих умовах, що дає змогу використовувати екструдований пінополістирол у конструкціях підвалів, як зовнішню теплоізоляцію без додаткової гідроізоляції. Він зберігає свої теплоізоляційні влас-

тивості після 1000 циклів заморожування-розморожування, причому зміна термічного опору не перевищує 5 %. Екструдований пінополістирол легко різати і монтувати. З ним можна працювати за будь-яких погодних умов. Пінополістирол має низьку вогнестійкість. При температурі 80–90 °С в пінополістиролі починають розвиватися процеси термоокислення, деструкції зі зміною об'єму і виділенням шкідливих речовин [105, 111].

Перспективним ізоляційним матеріалом вважається піноізол (пінопласт карбамідний теплоізоляційний). Він характеризується низькою теплопровідністю ($0,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), густиною ($10\text{--}15 \text{ кг}/\text{м}^3$), довговічністю, стійкістю до впливу мікроорганізмів і більшості органічних розчинників, його легко обробляти. Піноізол відрізняється від традиційних теплоізоляційних матеріалів виключною м'якістю та еластичністю. Проте завдяки цій властивості він добре поглинає звукові коливання. Важлива властивість піноізолу – пожежобезпечність. Він здатний протистояти відкритому вогню, в полум'ї не плавиться, а лише обвуглюється [108].

Полістеролбетон – довговічний, володіє високими тепло-, звукоізоляцією і міцністю, екологічно безпечний, має низьку сорбційну вологість, морозостійкий, паропроникний [95].

Пінополіуретанові системи мають широкий діапазон густини – від 30 до $200 \text{ кг}/\text{м}^3$, витримують температури від -20 до $+150^\circ\text{C}$ а також значні й тривалі механічні навантаження. Пінополіуретанові покриття інертні до кислот і лугів, придатні до експлуатації в ґрунті. Термін експлуатації таких покриттів – 25–30 років і більше. Проте їх слід захищати від дії ультрафіолету й атмосферної вологи [108].

«Екофібер» (ековата) складається приблизно з 82 % целюлози (деревинне волокно) і 18 % з солей бору. Він використовується як утеплювач в будівництві різних приміщень: житлових будинках, промислових, торгових, сільськогосподарських будівлях, складах, ангарах та ін. Високі теплоізолюючі властивості «Екофіберу» (ековати) (теплопровідність $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$, для порівняння, мінвата – $0,040 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$) пояснюються гарною ізолюючою здатністю повітря, яке знаходиться в матеріалі, малим потоком повітря через шар «Екофіберу» (повітропроникність $65 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{МсПа}$, для порівняння мінвата $120\text{--}160 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{МсПа}$), що пояснюється тонковолокнистою структурою «Екофіберу» і гарною теплоізолюючою здатністю целюлозного волокна. Будучи органічним розсипним утеплювачем, «Екофібер» у поєднанні з дерев'яною конструкцією будівлі складає єдине ціле. Крім того, сполуки бору як складові «Екофіберу» захищають дерев'яні конструкції будівлі, що покриваються, від мікроорганізмів і цвілевих та дереворуйнівних грибів і гризунів. При пожежі він ефективно уповільнює розпо-

всюдження вогню через конструкцію і не виділяє токсичних газів [112].

Покращити теплотехнічні характеристики можна застосуванням теплої штукатурки. Штукатурку можна наносити як на зовнішню, так і на внутрішню поверхню будівель. При товщині шару 4–6 см опір теплопередачі цегляних стін може бути збільшений в 1,5...2,0 рази. Добре поєднуються перлітні штукатурки з газобетонним, пінобетонним та іншими матеріалами, особливо якщо необхідно забезпечити газопроникність [110].

Діаграму товщини матеріалів, які забезпечують еквівалентні теплоізоляційні характеристики при реалізації проекту термомодернізації будівель [108], наведено на рис. 2.5.

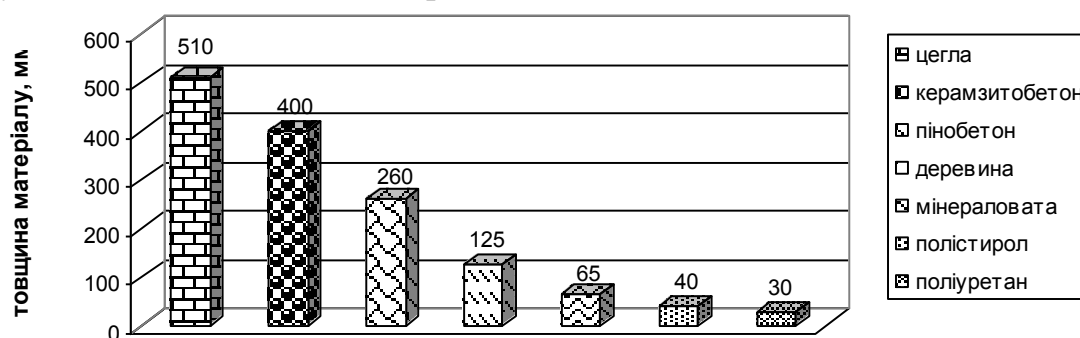


Рис. 2.5. Діаграма товщини матеріалів, які забезпечують еквівалентні теплоізоляційні характеристики в проектах термомодернізації будівель

Захисні конструкції будівель, на які припадає основна частина витрат палива 32 % (рис. 2.6) [113], що не забезпечують достатній рівень теплозбереження, потребують термомодернізації. Для цього використовують різні ізоляційні матеріали, які наведенні вище, розташовуючи їх із зовнішнього або внутрішнього боку захисної конструкції.

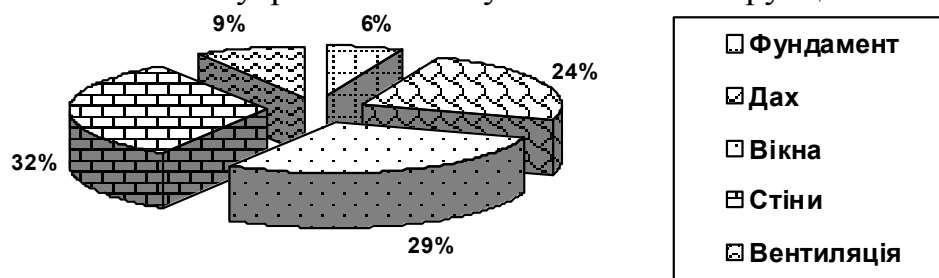


Рис. 2.6. Потреби в витратах палива різних частин конструкцій будівлі

У випадку внутрішнього утеплення, стіна, що розташована перед утеплювачем, знаходиться в зоні від'ємних температур. Ця зона частково захоплює й утеплювач. У результаті цього порушується природна дифузія водяної пари і в товщі конструкції на межі утеплювача та стіни утворюється конденсат. Встановити теплоізоляційний матеріал у місцях прилягання перекриття до зовнішньої стіни практично неможливо, тому тут зазвичай утворюються містки холоду. Втрати тепла в цих зонах перевищують втрати через інші площини захисної конструкції.

У випадку зовнішнього утеплення зниження температури по товщі захисної конструкції відбувається повільно і плавно. Різке зниження температури відзначається ближче до зовнішнього боку стіни, а зона від'ємних температур розташовується в шарі додаткової теплоізоляції. Встановлення з внутрішнього боку стіни щільних матеріалів, стійких до дифузії водяної пари, а із зовнішнього – легких і пористих сприятливо впливає на вологісний режим стіни і не створює умов для накопичення у ній вологи. Якщо теплоізоляційний матеріал надійно захищений від негативних атмосферних факторів (дощу, снігу, сонячного випромінювання), така стіна протягом року зберігатиме високі теплозахисні властивості.

Конструктивні рішення із захисту утеплювача поділяють на дві групи:

- системи утеплення фасадів з вентиляльованим повітряним прошарком (так звані вентиляльовані фасади);
- штукатурні системи зовнішнього утеплення.

Системи зовнішнього утеплення фасадів з вентиляльованим повітряним прошарком – це конструкція, в якій між утеплювачем і захисним облицюванням є вентиляльований повітряний прошарок. У холодну пору року водяна пара дифундує з приміщення назовні і потрапляє в утеплювач. У результаті вологість утеплювача зростає, а його теплозахисні властивості погіршуються. Завдяки наявності вентиляльованого повітряного прошарку волога не затримується в товщі утеплювача, а видаляється з неї висхідним потоком повітря. Така конструкція фасаду дає змогу стінам цілий рік залишатися сухими і зберігати високі теплозахисні властивості.

Вентильований фасад виконується так, щоб не було перешкод потоку води по внутрішній поверхні екрану і не відбувалося б розбрикування дощових крапель, що може привести до попадання вологи на внутрішній шар стіни. У повітряному зазорі між утеплювачем і дощовим екраном через різницю тиску відбувається рух повітря, що, власне, і є основною перевагою вентиляльованого фасаду. Рух повітря зві-

ляняє внутрішню поверхню стіни як від атмосферної вологи, так і від дифундуючої водяної пари, що йде з теплого приміщення [113].

Одним із поширених методів теплоізоляції каркасно-монолітних будівель є створення самонесучих стін за методом “сендвич”. Основним недоліком такої системи є міжповерхові стики. Стики протікають, промерзають і, відповідно, вимагають постійного ремонту. Вода через стики, а також через шви цегляної кладки зволожує утеплювач. Негативні температури завершують свою справу і поступово руйнують утеплювач, таким чином, знижується довговічність системи. Як правило, в таких системах утеплювач не кріпиться за допомогою клею і металевих елементів, а просто укладається. Тобто існує висока імовірність його ущільнення і утворення додаткових «містків холоду», які в процесі експлуатації приводять до передчасного руйнування системи [114].

Аналіз існуючих на ринку теплоізоляційних матеріалів свідчить, що вони характеризуються різноманітними кількісними та якісними характеристиками. Їх основними теплофізичними характеристиками, що визначають еколого-економічну привабливість, є теплопровідність, щільність, міцність на стискування, водопоглинання, сорбційна вологість, морозостійкість та паропроникливість. Основними економічними показниками теплоізоляційних матеріалів є вартість матеріалу, вартість та трудомісткість робіт з термомодернізації будівель та довговічність. Екологічну безпечність матеріалів для реалізації енергозберігаючих проектів будівель визначають вогнетривкість, хімічна і біологічна стійкість та шкідливість.

Вибір теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівель, із врахуванням природнокліматичних умов району будівництва, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів, пропонується здійснювати за структурною моделлю еколого-економічного моніторингу (рис.2.7) [115].

Механізм управління проектами термомодернізації будівель щодо вибору теплоізоляційних матеріалів для житлового будівництва є сукупністю форм і методів забезпечення його єдності на макро-, мезо- і мікрорівні як цілісної організаційно-економічної та еколого-економічної системи. Структурну модель параметричного еколого-економічного аналізу, що дозволить обґрунтувати вибір теплоізоляційного матеріалу, наведено на рис.2.8 [107].



Рис. 2.7. Структурна модель еколого-економічного моніторингу теплоізоляційних матеріалів для використання в проектах термомодернізації

Еколого-економічний моніторинг може бути реалізовано шляхом створення експертно-моделюючої системи аналізу параметрів теплоізоляційних матеріалів для інтелектуальної підтримки прийняття рішення при реалізації проектів термомодернізації будівель.

2.2. Експертно-аналітична оцінка управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

Для аналізу, яким варіантам управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель менеджери проектних, будівельних та експлуатаційних організацій віддають перевагу і за якими характеристиками їх відбирають, було розроблено анкету.

Анкета має наступні питання: «Якому типу теплоізоляційного матеріалу надаєте перевагу?», «Якому способу утеплення надаєте перевагу?», «Які екологічні, економічні параметри матеріалу враховуєте при виборі теплоізоляційного матеріалу?», «Яким виробникам теплоізоляційних матеріалів надаєте перевагу?».

Для даного дослідження було вибрано найбільш репрезентативні одинадцять експертів серед менеджерів проектів будівництва м. Вінниці, а саме: будівельний концерн «Поділля», ПП «Архітектурно-

проектну майстерню Ю. Плясовиця», проектну фірму «Архітектон», «Вінницький проектний інститут», «Проектно-конструкторський інститут», «Управління містобудування і архітектури м. Вінниці», «Облремпроект», «Дніпроцивільпромбуд», «Обласне управління архітектури», «Обласне головне управління житлово-комунального господарства, транспорту, енергетики та зв'язку», викладача архітектури кафедри «Містобудування та архітектури» Вінницького національного технічного університету.



Рис. 2.8. Структурна модель еколого-економічного аналізу інноваційних проектів термомодернізації будівель

За результатами проведення анкетування експертів з проектних, архітектурних та будівельних організацій була визначена наступна

пріоритетність використання теплоізоляційних матеріалів для впровадження енергозберігаючих проектів у житловому будівництві (рис.2.9) [112].

Пріоритетність якості теплоізоляційного матеріалу визначалась за п'ятибальною шкалою. Перше місце посідає матеріал, який, за оцінкою експертів, набрав більше балів. Експерти основну перевагу віддають мінераловатним теплоізоляційним матеріалам на базальтовій основі (5 балів). Ці матеріали є негорючими в поєднанні з високими тепло- і звукоізоляційними властивостями, що дає можливість використовувати їх для термомодернізації багатоповерхових будівель. Вони також стійкі до температурних деформацій, негігроскопічні, хімічно і біологічно стійкі, екологічні і легкі при монтажі. Основним недоліком мінераловатних плит є те, що коли в них потрапляє волога, вони втрачають свої теплоізоляційні властивості.

На другому місці – пінополістиролові плити. Вони не змінюють своїх властивостей і розмірів за тривалого контакту з водою та за умов багаторазової різкої зміни температур. Під час горіння пінополістиролу утворюються вода і вуглекислий газ.



Рис. 2.9. Шкала пріоритетності управлінських рішень щодо вибору теплоізоляційного матеріалу

Пінополістирол – екологічно чистий матеріал, виключно стійкий до дії агресивних хімічних середовищ. Недоліком пінополістиролу є те, що його не можна використовувати в багатоповерхових будівлях через його низьку вогнетривкість. Крім цього він не є біологічно стійким матеріалом. За результатами експертних оцінок менш за все як утеплювач використовують пінополіуретан, піноізол і скловолоконні теплоізоляційні матеріали [112]. Аналогічне експертне опитування може застосовуватись в інших районах України. Але при цьому слід враховувати наступні умови: природнокліматичні, архітектурно-конструктивні, організаційно-технічні питання, які виникають при реалізації проекту термомодернізації огорожуючих конструкцій.

Виділяють три способи утеплення будівлі – це зовнішній, внутрішній та комбінований. За результатами анкетування виявлено (рис.2.10), що 82 % експертів віддають перевагу зовнішньому способу утеплення.

Це обумовлено тим, що зовнішнє утеплення значно підвищує теплоізоляційну здатність стін і усуває містки холоду; повністю оновлює фасад та зберігає його архітектурну форму; дає можливість вирівнювати стіни у площині. Улаштування зовнішньої теплоізоляції має такі позитивні якості: гігієнічність, пожежобезпечність конструкцій, поглинання шуму теплоізоляційними матеріалами, створення комфортних умов і затишку [19].

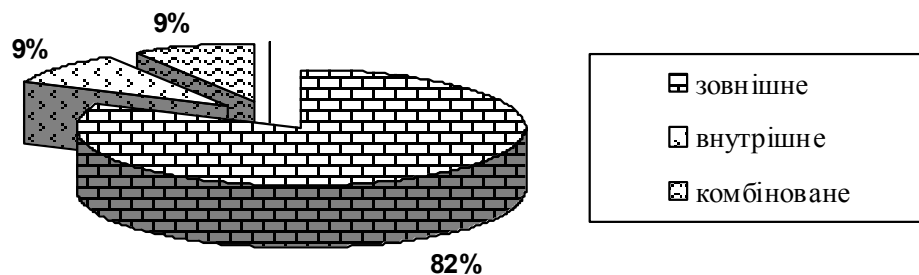


Рис. 2.10. Структура застосування методів утеплення огорожуючих конструкцій, за результатами опитування експертів

Внутрішньому способу утеплення віддають перевагу 9 % експертів, тому що він економічно вигідний і потребує менших трудовитрат. Сьогодні внутрішній спосіб утеплення є розповсюдженим на території Вінниччини. Комбінованому способу утеплення надають перевагу 9 % експертів, виходячи з того, що окремі елементи будівлі необхідно утеплювати по-різному.

При оцінці матеріалу за економічними параметрами експерти визначають наступну пріоритетність (рис. 2.11).

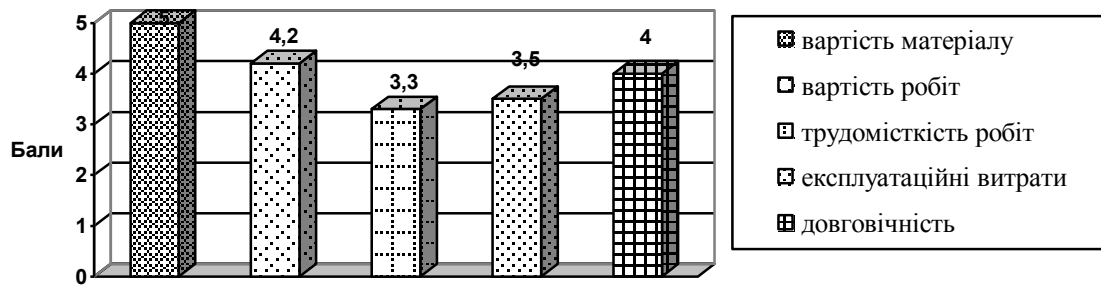


Рис. 2.11. Шкала пріоритетності управлінських рішень щодо економічних параметрів теплоізоляційного матеріалу

Пріоритетність економічних параметрів теплоізоляційних матеріалів визначалась за п'ятибальною шкалою. За цією шкалою перше місце посідає характеристика, яка, за оцінкою експертів, набрала більше балів. За результатами дослідження виявлено, що при виборі теплоізоляційного матеріалу в першу чергу звертають увагу на його вартість та довговічність (5 та 4 бали), а потім на вартість робіт (4,2), трудомісткість робіт (3,3) і експлуатаційні витрати (3,5).

При виборі теплоізоляційних матеріалів враховуються також екологічні параметри (рис.2.12).

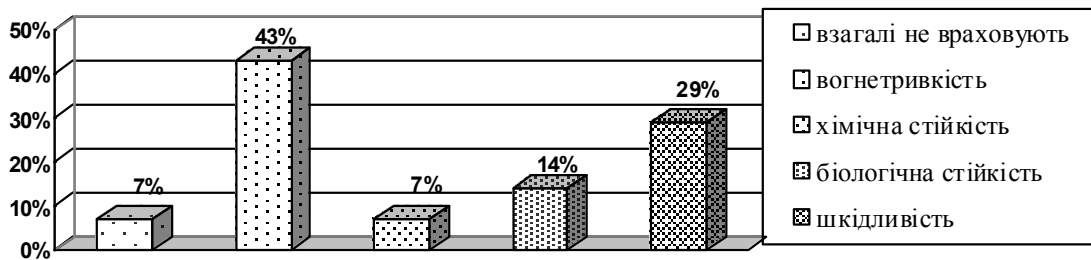


Рис. 2.12. Рівень оцінки управлінських рішень щодо екологічних параметрів теплоізоляційних матеріалів

У першу чергу 43 % експертів звертають увагу на вогнетривкі характеристики матеріалу, тому що коли будівля здається в експлуатацію, вона проходить пожежний нагляд, 29 % – на його шкідливість, 14 % – на біологічну стійкість, 7 % – на хімічну стійкість. Взагалі не враховують екологічні параметри при виборі теплоізоляційного матеріалу 7 % експертів.

Серед розповсюджених виробників теплоізоляційних матеріалів, які використовуються на території Вінниччини, є мінераловатні матеріали «Rockwool», «Isover» та пінополістиролові плити «Поділлязалізобетон», ЗАТ «Стирол Пак», ОАО «Житомирський завод силікатних виробів».

2.3. Експериментальна оцінка фактичного стану об'єктів проєктів термомодернізації будівель

З метою визначення рівня фактичних тепловтрат в м. Вінниці були обстежені будівлі типових проєктів різних років забудови, з різними матеріалами огорожувальних конструкцій та різні за призначенням (табл. 2.2) [117].

Якість теплоізоляції огорожувальних конструкцій оцінювалася методом тепловізійного контролю. Метод передбачає дистанційне вимірювання тепловізором полів температур поверхонь огорожувальних конструкцій, між внутрішніми та зовнішніми поверхнями яких існує перепад температур [118]. Як показник якості теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій прийнято обчислені значення відносних опорів теплопередачі ділянок конструкцій та значення температури внутрішньої поверхні. Температурні поля поверхонь огорожувальних конструкцій отримано на екрані тепловізора у вигляді кольорового зображення. Градація кольорового зображення теплограм відповідає різним температурам. При дослідженні використано тепловізор Сайклонс Т135+, який дозволяє отримати до 61 картинок в інфрачервоному зображенні за одне знімання. Точність вимірювання 1,25–1,5% залежно від температурного діапазону [119].

Таблиця 2.2

Характеристика обстежених будівельних об'єктів

№ об'єкта	Призначення	Кількість поверхів	Рік забудови	Будівельний об'єм, м ³	Матеріал стін	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м ² ·°К
1	Житловий (вул. Келецька, 60)	5	1970	17547	залізобетон	0,43
2	Обласна дитяча лікарня	5	1979	59371	цегла	0,49
3	Житловий (вул. Порики, 5а)	10	1996	21004	цегла	0,36
4	Житловий (вул. 9 січня, 29а)	5	1998	7580	залізобетон та полістирол	0,28

Фактичний опір теплопередач визначався за залежністю:

$$R_{\phi} = \frac{1}{K_{\phi}}, \quad (2.1)$$

де K_{ϕ} – фактичний коефіцієнт теплопередачі, значення якого розраховувалося за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{q}{t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}}, \quad (2.2)$$

де $t_{\text{вн}}, t_{\text{зов}}$ – відповідно температура внутрішнього та зовнішнього повітря в приміщенні (табл. 2.7), °С;

q – величина теплового потоку, Вт/м².

Величина теплового потоку обчислювалася за формулою:

$$q = \frac{t_{\text{вн}} + t_{\text{ст}}}{R_{\text{пр}} - 1/\alpha_2}, \quad (2.3)$$

де $t_{\text{ст}}$ – температура зовнішньої поверхні стіни будівлі, °С (табл. 2.3);

$R_{\text{пр}}$ – значення проектного термічного опору, м²·К/Вт;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни, який визначається із врахуванням швидкості вітру, Вт/м²·°К.

Результати визначення фактичного опору теплопередачі та порівняння його з проектним, для обстежених будівельних об'єктів, наведено в табл.2.3.

Таблиця 2.3

Теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій

№ об'єкта	Температура, °С			Термічний опір, м ² ·°К/Вт		
	в приміщенні, $t_{\text{вн}}$	зовнішнього повітря, $t_{\text{зов}}$	зовнішньої поверхні стіни, $t_{\text{ст}}$	проектний, $R_{\text{пр}}$	фактичний, R_{ϕ}	відхилення
1	18	1,0	2,8	2,32	1,50	-0,82
2	18	1,5	5,5	2,04	1,15	-0,89
3	18	1,5	5,9	2,75	1,55	-1,20
4	18	1,0	2,2	3,52	2,38	-1,14

Це є експериментальним підтвердженням необхідності впровадження проектів термомодернізації, які повинні ґрунтуватися на результатах науково-обґрунтованих методиках прийняття управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційних матеріалів. Для цього необхідно розробити модель прийняття менеджером проекту управлінських рішень із врахуванням доступної інформації про якісні й кількісні економічні, екологічні та теплофізичні параметри теплоізоляційних матеріалів, які є матеріальними ресурсами проекту.

РОЗДІЛ 3.

МАТЕМАТИЧНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ, ПОБУДОВА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

3.1. Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів, що впливають на прийняття рішення в проектах термомодернізації будівель

3.1.1. Ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термомодернізації будівель, що впливають на інтелектуальну підтримку прийняття рішень в проектах термомодернізації будівель.

Вирішення проблеми управління енергозбереженням в житлово-комунальному господарстві шляхом термомодернізації будівель повинно базуватися на результатах багатофакторного процесу організаційно-економічного механізму прийняття управлінського рішення щодо обґрунтування теплоізоляційного матеріалу на базі даних, що реєструються як вихідні показники. Організаційно-управлінські рішення щодо реалізації проектів термомодернізації будівель визначаються факторами, що впливають на цей процес, і ґрунтуються на результатах ієрархічної класифікації параметрів теплоізоляційних матеріалів.

З метою створення експертно-моделюючої системи підтримки прийняття рішень (СППР) щодо оптимального еколого-економічного варіанту проекту термомодернізації будівель використано математичний апарат, що базується на основі теорії нечіткої логіки [93, 94, 120–122]. Метод ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань як взаємопов'язана сукупність математичних моделей, алгоритмів і формалізованих методик, дозволяє використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для моделювання прийняття управлінського рішення під час реалізації проектів термомодернізації будівель на етапі техніко-економічного обґрунтування від факторів, що їх обумовлюють, за результатами віртуального експерименту.

Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на СППР щодо вибору теплоізоляційного матеріалу, виконано їх ієрархічну класифікацію за кількісними та якісними ознаками: економічними, екологічними, теплофізичними (рис.3.1) [108, 112, 115–116, 123–125].

Розглядаючи управлінські рішення щодо еколого-економічної доцільності (ЕЕД) матеріалу для термомодернізації будівель на системному рівні, лінгвістичну зміну (Y), що характеризує ЕЕД, можна подати у вигляді співвідношення:

$$Y=f_y(X_1,X_2,X_3), \quad (3.1)$$

де X_1 – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує управлінські рішення із врахуванням економічних параметрів;

X_2 – ЛЗ, що описує управлінські рішення із врахуванням екологічних параметрів;

X_3 – ЛЗ, що описує управлінські рішення із врахуванням теплофізичних параметрів.

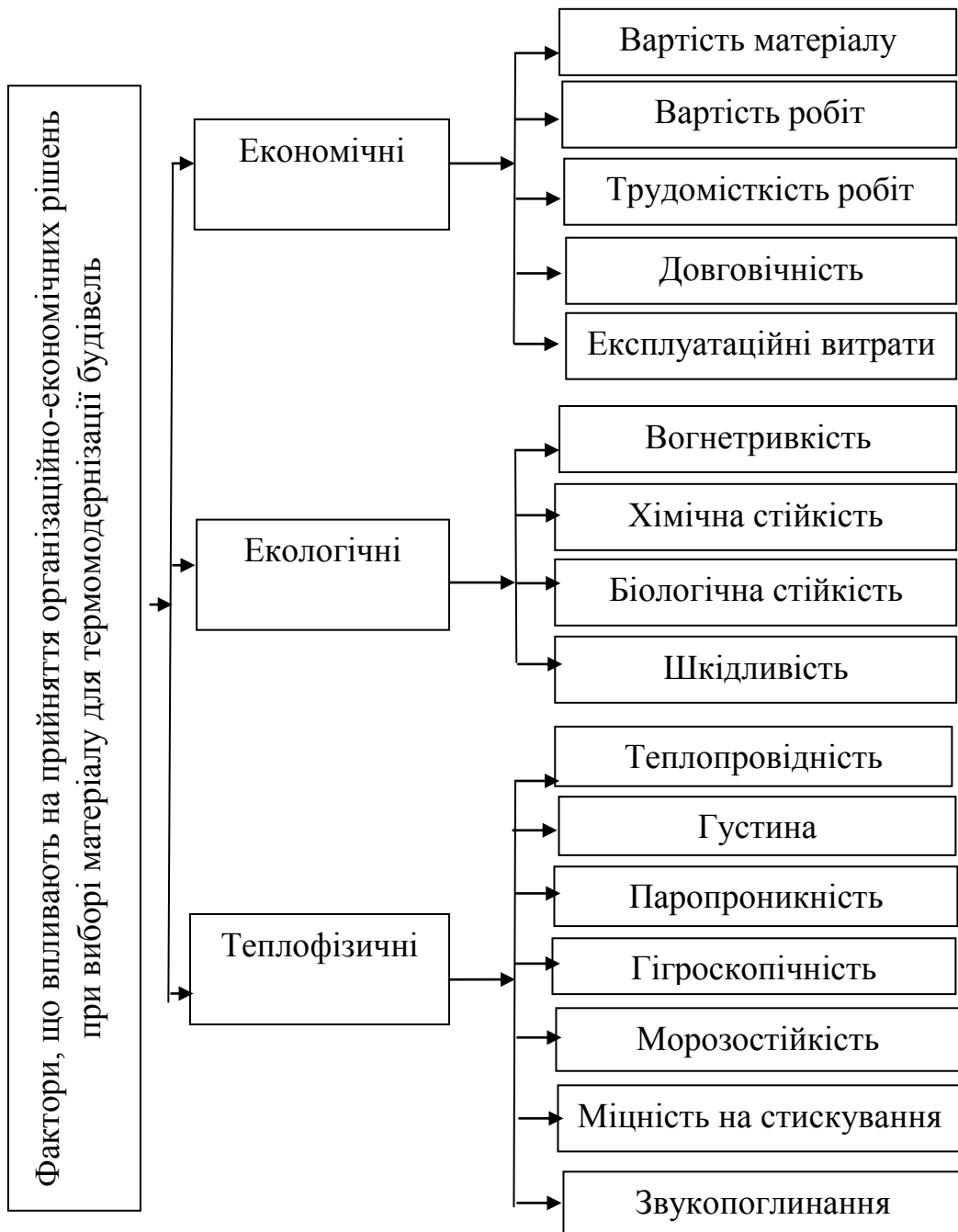


Рис. 3.1. Класифікація факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі матеріалів для термомодернізації будівель

Лінгвістичну змінну, що описує управлінські рішення з реалізації проекту термомодернізації будівель із врахуванням економічних параметрів, можна подати виразом:

$$X_1 = f_{x1}(X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}), \quad (3.2)$$

де X_{11} – ЛЗ «вартість матеріалу»;

X_{12} – ЛЗ «вартість робіт»;

X_{13} – ЛЗ «трудомісткість робіт»;

X_{14} – ЛЗ «довговічність»;

X_{15} – ЛЗ «експлуатаційні витрати».

Лінгвістичну змінну, що описує управлінські рішення з реалізації проекту термомодернізації будівель із врахуванням екологічних параметрів, можна розгорнути в співвідношення

$$X_2 = f_{x2}(X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}), \quad (3.3)$$

де X_{21} – ЛЗ «вогнетривкість»;

X_{22} – ЛЗ «хімічна стійкість»;

X_{23} – ЛЗ «біологічна стійкість»;

X_{24} – ЛЗ «шкідливість».

Лінгвістична змінна, що описує управлінські рішення з реалізації проекту термомодернізації будівель з врахуванням теплофізичних параметрів, може бути подана співвідношенням:

$$X_3 = f_{x3}(X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}), \quad (3.4)$$

де X_{31} – ЛЗ «теплопровідність»;

X_{32} – ЛЗ «густина»;

X_{33} – ЛЗ «паропроникність»;

X_{34} – ЛЗ «гігроскопічність»;

X_{35} – ЛЗ «морозостійкість»;

X_{36} – ЛЗ «міцність на стискування»;

X_{37} – ЛЗ «звукопоглинання».

За результатами сукупності факторів, що характеризують ЕЕД і подані співвідношеннями (3.1–3.4) на етапі структурної ідентифікації, модель інтелектуальної підтримки управління проектами представлено як узагальнений елемент у вигляді дерева логічного висновку ієрархічних зв'язків управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель з врахуванням кількісних та якісних параметрів теплоізоляційних матеріалів (рис 3.2).

Корінь дерева логічного висновку відповідає ЕЕД управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівель, а висячі вершини є параметрами, що впливають на інтелектуальну підтримку механізму управління економічністю та екологічністю в проектах термомодернізації будівель.

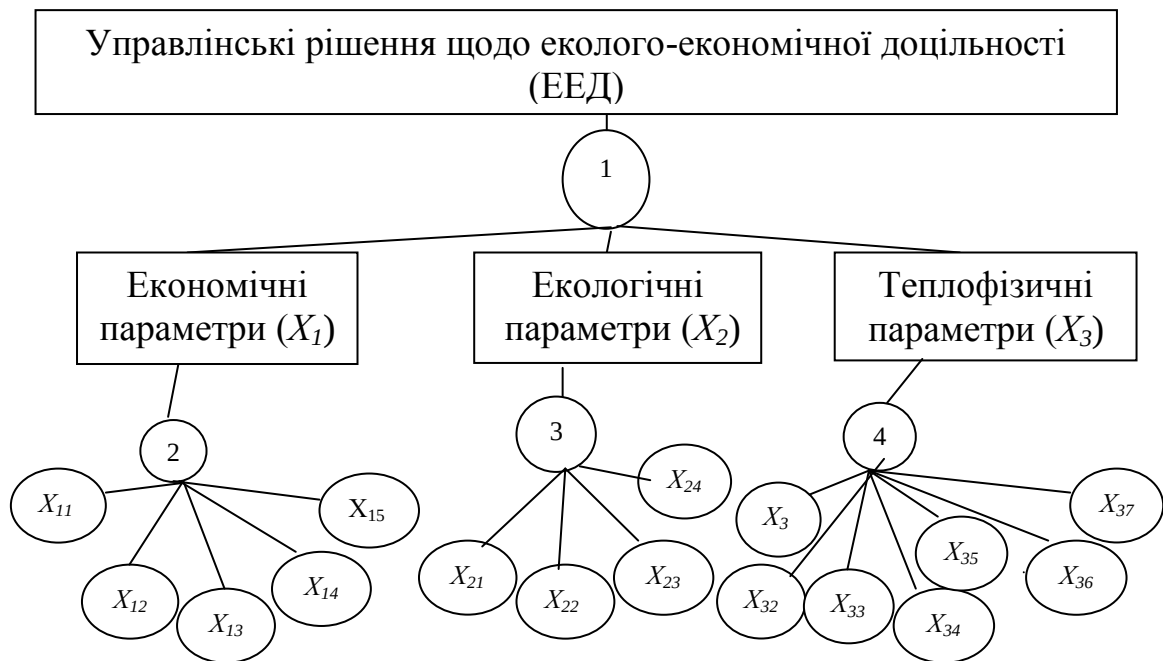


Рис. 3.2. Модель ієрархічних зв'язків параметрів, що впливають на організаційно-управлінське рішення при реалізації проектів

Всі фактори впливу, які впливають на управлінське рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівель, розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Якісний нечіткий терм є лінгвістичною змінною, значення якої виражається словом. Як нечіткі терми для оцінювання лінгвістичних змінних в співвідношеннях (3.1–3.4) прийняті кількісні вирази «низька» (Н), «нижче середньої» (НС), «середня» (С), «вище середньої» (ВС) та «висока» (В). Використання нечітких термів дозволяє побудувати експертні нечіткі бази знань, які віддзеркалюють зв'язки між вхідними та вихідними змінними. Змістовну інтерпретацію параметрів, що впливають на організаційно-технологічне управлінське рішення відносно ЕЕД теплоізоляційних матеріалів для забезпечення економічності та екологічності в проектах термомодернізації, та відповідні множини лінгвістичних оцінок (термів), наведено в табл. 3.1.

Виконана формалізація та ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для реалізації проектів термомодернізації будівель, що впливають на прийняття організаційно-управлінських рішень щодо забезпечення економічності та екологічності в житловому будівництві, дозволяє побудувати функції належності нечітких оцінок впливу параметрів.

Таблиця 3.1

Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Пара- метри	Позначення та назва лі- нгвістичної змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
1	2	3	4
Економічні	X_{11} – вартість матеріалу	110–1000 грн/м ³	низька, нижче се- редньої, середня, вище середньої, ви- сока
	X_{12} – вартість робіт	60–300 грн/м ³	низька, середня, висока
	X_{13} – трудомісткість ро- біт	15–35 люд. – годин/м ³	низька, середня, висока
	X_{14} – довговічність	50–100 років	низька, середня, висока
	X_{15} – експлуатаційні ви- трати	0–10 грн/м ³	низька, середня, висока
Екологічні	X_{21} – вогнетривкість	100–1400 °С	низька, середня, висока
	X_{22} – хімічна стійкість	0–80 %	низька, середня, висока
	X_{23} – біологічна стій- кість	0–10 умовних оди- ниць	низька, середня, висока
	X_{24} – шкідливість	0–5 умовних оди- ниць	низька, середня, висока
Теплофізичні	X_{31} – теплопровідність	0,03–0,9 Вт/(м ² К)	низька, нижче се- редньої, середня, вище середньої, ви- сока
	X_{32} – густина	10...1700 кг/м ³	низька, середня, висока
	X_{33} – паропроникність	0,01–0,06 Н/м ²	низька, середня, висока
	X_{34} – гігроскопічність	0–100 %	низька, середня, висока
	X_{35} – морозостійкість	200–1000 циклів	низька, середня, висока
	X_{36} – міцність на стис- кування	0,05–20 мПа	низька, середня, висока
	X_{37} – звукопоглинання	10–40 дБ	низька, середня, висока

Ці функції будуть використані при моделюванні інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель.

3.1.2 Побудова функцій належності нечітких оцінок впливу управлінських рішень щодо еколого-економічної доцільності проектів термомодернізації будівель

При моделюванні інтелектуальної підтримки управління організаційно-економічними рішеннями щодо підвищення енергозбереження житлових будівель шляхом реалізації проектів термомодернізації як джерело інформації використовуються експертні оцінки, які мають якісний та кількісний характер і доступні менеджеру проекту на етапі техніко-економічного обґрунтування. Використовуваний метод побудови функцій належності передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Етап фазифікації включає вибір нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, що задані на відповідних універсальних множинах. Нечітка множина, за допомогою якої формалізується терм $\tilde{F}$, є сукупність параметрів [94]:

$$\tilde{F} = \frac{\mu_F(u_1)}{(u_1)} + \frac{\mu_F(u_2)}{(u_2)} + \dots + \frac{\mu_F(u_n)}{(u_n)}, \quad (3.5)$$

де $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – універсальна множина, на якій задається нечітка множина $F \in U$;

$\mu_F(u_i)$ – ступінь належності елемента $u_i \in U$ до нечіткої множини $\tilde{F}$.

Невідому функцію належності складає сукупність значень $\mu_F(u_i)$ для всіх $i = \overline{1, n}$, яку необхідно визначити. Метод розв'язання цієї задачі базується на ідеї розподілу ступенів належності універсальної множини відповідно до їх рангів. Під рангами елемента $u_i \in U$ розуміється число $r_F(u_i)$, яке характеризується значимістю цього елемента у формуванні властивості, що описується нечіткими термами $\tilde{F}$. При цьому виконується припущення, що чим вищий ранг елемента, тим вищий ступінь його належності.

Правило розподілу ступенів належності при умові нормування ($\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1$) задається у вигляді співвідношення [94]:

$$\frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n}, \quad (3.6)$$

де $r_i = r_F(u_i)$; $\mu_i = \mu_F(u_i)$; $i = \overline{1, n}$.

Ступені належності $\mu_F(u_i)$ елементів $u_i \in U$ до нечіткого терму $\tilde{F}$ обчислюються за формулами:

(3.7)

$i, j = 1, n$, що створюють матрицю:

(3.8)

ристуються дев'яти бальною шкалою Сааті [116].

МНОЖИНА :

 $\kappa a > .$

бути подана у вигляді (3.9).

$$A_{\text{«низька»}}(X_{11}) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 6/8 & 4/8 & 2/8 & 1/8 \\ u_2 & 8/6 & 1 & 4/6 & 2/6 & 1/6 \\ u_3 & 8/4 & 6/4 & 1 & 2/4 & 1/4 \\ u_4 & 8/2 & 6/2 & 4/2 & 1 & 1/2 \\ u_5 & 8 & 6 & 4 & 2 & 1 \end{array} \quad (3.9)$$

Використовуючи формулу (3.8) до матриці $A_{\text{«низька»}}(X_{11})$, знаходимо окремі належності u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 до терму «низька»:

$$\mu_{\text{низька}}(u_1) = \frac{1}{1 + \frac{6}{8} + \frac{4}{8} + \frac{2}{8} + \frac{1}{8}} = 0,38;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_2) = \frac{1}{\frac{8}{6} + 1 + \frac{4}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6}} = 0,29;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_3) = \frac{1}{\frac{8}{4} + \frac{6}{4} + 1 + \frac{2}{4} + \frac{1}{4}} = 0,19;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_4) = \frac{1}{\frac{8}{2} + \frac{6}{2} + \frac{4}{2} + 1 + \frac{1}{2}} = 0,10;$$

$$\mu_{\text{низька}}(u_5) = \frac{1}{8 + 6 + 4 + 2 + 1} = 0,05.$$

Відповідно до методики знаходження ступенів належності до терму «низька» визначаємо матриці парних порівнянь для термів «нижче середньої», «середня», «вище середньої» та «висока» й відповідні ступені належності. Отримані матриці та ступені належності наведено в табл. 3.2.

Обчислені функції належності для різних термів лінгвістичної змінної «вартість матеріалу» пронормовані на одиницю шляхом ділення їх на максимальний ступінь належності. В результаті нормування лінгвістичну змінну «вартість матеріалу» подано у вигляді таких нечітких множин:

$$\begin{aligned} & \text{- вартість матеріалу «низька»} = \left\{ \frac{1}{110}; \frac{0,75}{330}; \frac{0,50}{555}; \frac{0,25}{775}; \frac{0,13}{1000} \right\}; \\ & \text{- вартість матеріалу «нижче середньої»} = \left\{ \frac{0,78}{110}; \frac{1}{330}; \frac{0,56}{555}; \frac{0,33}{775}; \frac{0,11}{1000} \right\}; \\ & \text{- вартість матеріалу «середня»} = \left\{ \frac{50}{110}; \frac{0,75}{330}; \frac{1}{555}; \frac{0,75}{775}; \frac{0,50}{1000} \right\}; \end{aligned}$$

$$- \text{вартість матеріалу «вище середньої»} = \left\{ \frac{0,25}{110}; \frac{0,50}{330}; \frac{0,75}{555}; \frac{1}{775}; \frac{0,13}{1000} \right\};$$

$$- \text{вартість матеріалу «висока»} = \left\{ \frac{0,11}{110}; \frac{0,33}{330}; \frac{0,56}{555}; \frac{0,78}{775}; \frac{1}{1000} \right\}.$$

Отримані нечіткі множини свідчать про те, що на прийняття управлінського рішення щодо вибору матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівель за оптимальним еколого-економічним показником вартість матеріалу впливає за наступним рейтингом: 1000 грн/м³ на першому місці за впливом; 775 грн/м³ на другому місці за впливом; 555 грн/м³ – на третьому; 330 грн/м³ – на четвертому; 110 грн/м³ – на п'ятому.

Таблиця 3.2

Матриці парних порівнянь та ступенів належності

Терми для оцінки	Матриця парних порівнянь	Ступені належності																									
нижче середнього	<table><tr><td>1</td><td>9/7</td><td>5/7</td><td>3/7</td><td>1/7</td></tr><tr><td>7/9</td><td>1</td><td>5/9</td><td>3/9</td><td>1/9</td></tr><tr><td>7/5</td><td>9/5</td><td>1</td><td>3/5</td><td>1/5</td></tr><tr><td>7/3</td><td>9/3</td><td>5/3</td><td>1</td><td>1/3</td></tr><tr><td>7</td><td>9</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	1	9/7	5/7	3/7	1/7	7/9	1	5/9	3/9	1/9	7/5	9/5	1	3/5	1/5	7/3	9/3	5/3	1	1/3	7	9	5	3	1	$\mu(u_1) = 0,28$ $\mu(u_2) = 0,36$ $\mu(u_3) = 0,20$ $\mu(u_4) = 0,12$ $\mu(u_5) = 0,04$
1	9/7	5/7	3/7	1/7																							
7/9	1	5/9	3/9	1/9																							
7/5	9/5	1	3/5	1/5																							
7/3	9/3	5/3	1	1/3																							
7	9	5	3	1																							
середня	<table><tr><td>1</td><td>6/4</td><td>8/4</td><td>6/4</td><td>1</td></tr><tr><td>4/6</td><td>1</td><td>8/6</td><td>1</td><td>4/6</td></tr><tr><td>4/8</td><td>6/8</td><td>1</td><td>6/8</td><td>4/8</td></tr><tr><td>4/6</td><td>1</td><td>8/6</td><td>1</td><td>4/6</td></tr><tr><td>1</td><td>6/4</td><td>8/4</td><td>6/4</td><td>1</td></tr></table>	1	6/4	8/4	6/4	1	4/6	1	8/6	1	4/6	4/8	6/8	1	6/8	4/8	4/6	1	8/6	1	4/6	1	6/4	8/4	6/4	1	$\mu(u_1) = 0,14$ $\mu(u_2) = 0,21$ $\mu(u_3) = 0,29$ $\mu(u_4) = 0,21$ $\mu(u_5) = 0,14$
1	6/4	8/4	6/4	1																							
4/6	1	8/6	1	4/6																							
4/8	6/8	1	6/8	4/8																							
4/6	1	8/6	1	4/6																							
1	6/4	8/4	6/4	1																							
вище середнього	<table><tr><td>1</td><td>4/2</td><td>6/2</td><td>8/2</td><td>1/2</td></tr><tr><td>2/4</td><td>1</td><td>6/4</td><td>8/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>2/6</td><td>4/6</td><td>1</td><td>8/6</td><td>1/6</td></tr><tr><td>2/8</td><td>4/8</td><td>6/8</td><td>1</td><td>1/8</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td><td>1</td></tr></table>	1	4/2	6/2	8/2	1/2	2/4	1	6/4	8/4	1/4	2/6	4/6	1	8/6	1/6	2/8	4/8	6/8	1	1/8	2	4	6	8	1	$\mu(u_1) = 0,10$ $\mu(u_2) = 0,19$ $\mu(u_3) = 0,29$ $\mu(u_4) = 0,38$ $\mu(u_5) = 0,05$
1	4/2	6/2	8/2	1/2																							
2/4	1	6/4	8/4	1/4																							
2/6	4/6	1	8/6	1/6																							
2/8	4/8	6/8	1	1/8																							
2	4	6	8	1																							
висока	<table><tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr><tr><td>1/3</td><td>1</td><td>5/3</td><td>7/3</td><td>9/3</td></tr><tr><td>1/5</td><td>3/5</td><td>1</td><td>7/5</td><td>9/5</td></tr><tr><td>1/7</td><td>3/7</td><td>5/7</td><td>1</td><td>9/7</td></tr><tr><td>1/9</td><td>3/9</td><td>5/9</td><td>7/9</td><td>1</td></tr></table>	1	3	5	7	9	1/3	1	5/3	7/3	9/3	1/5	3/5	1	7/5	9/5	1/7	3/7	5/7	1	9/7	1/9	3/9	5/9	7/9	1	$\mu(u_1) = 0,04$ $\mu(u_2) = 0,12$ $\mu(u_3) = 0,20$ $\mu(u_4) = 0,28$ $\mu(u_5) = 0,36$
1	3	5	7	9																							
1/3	1	5/3	7/3	9/3																							
1/5	3/5	1	7/5	9/5																							
1/7	3/7	5/7	1	9/7																							
1/9	3/9	5/9	7/9	1																							

Графічне зображення нечітких множин для різних лінгвістичних змінних таких параметрів еколого-економічної доцільності реалізації проектів термомодернізації будівель, як економічні, екологічні, теплофізичні у вигляді функцій належності наведено на рис. 3.3 – 3.7.

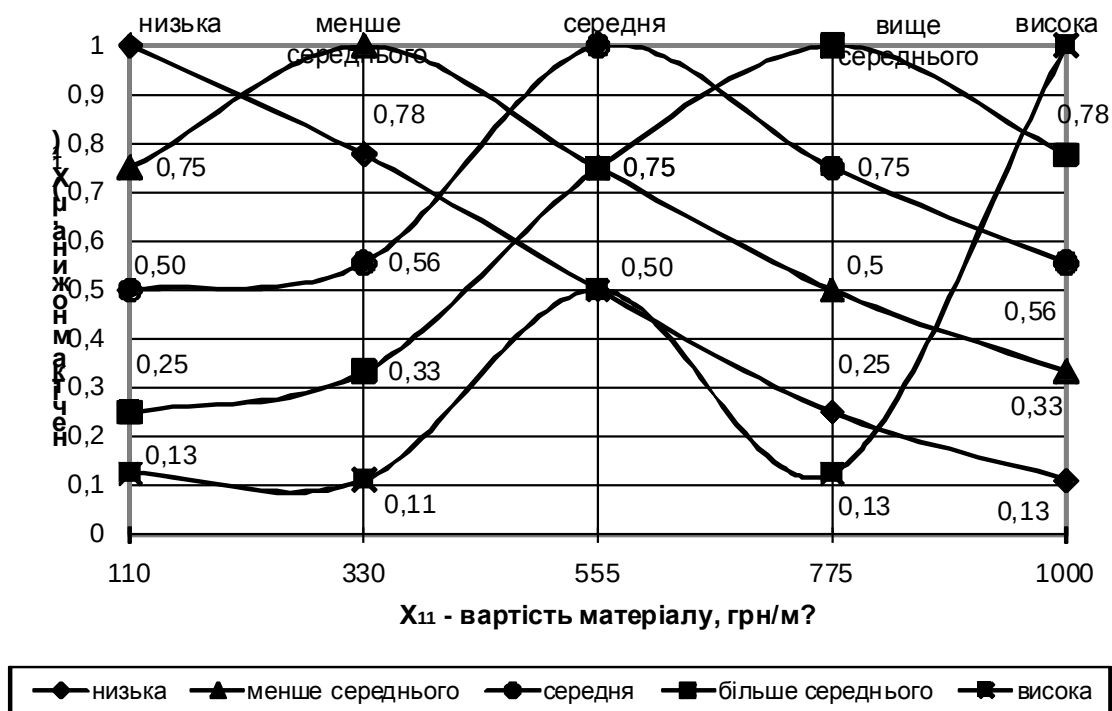


Рис. 3.3. Функції належності для ЛЗ «вартість матеріалу»

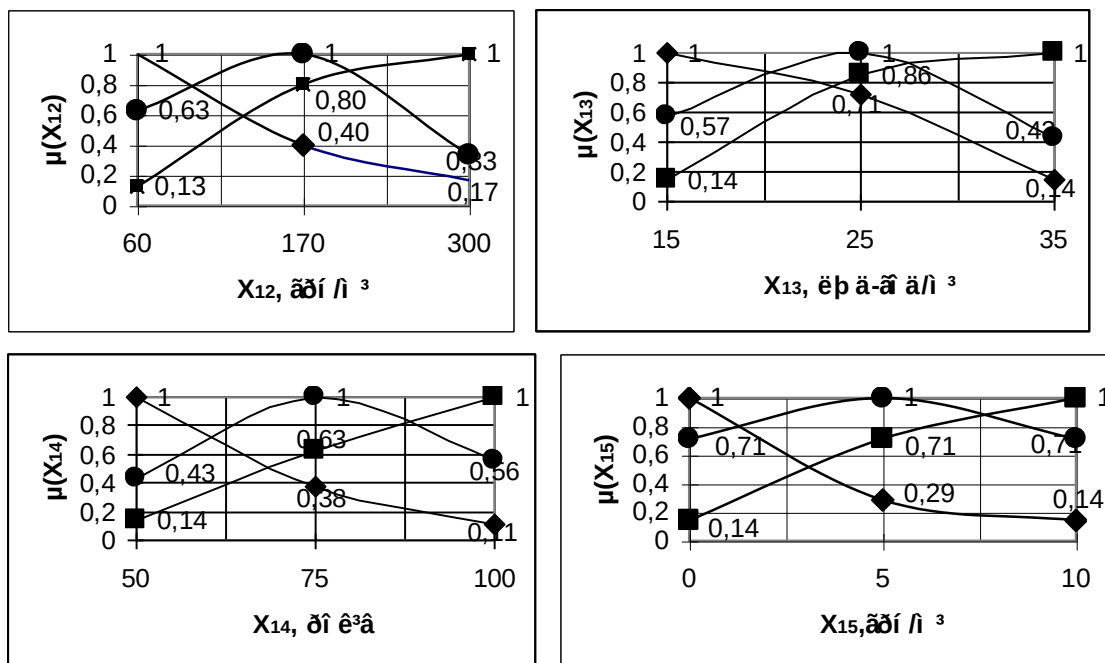


Рис. 3.4. Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують економічні параметри

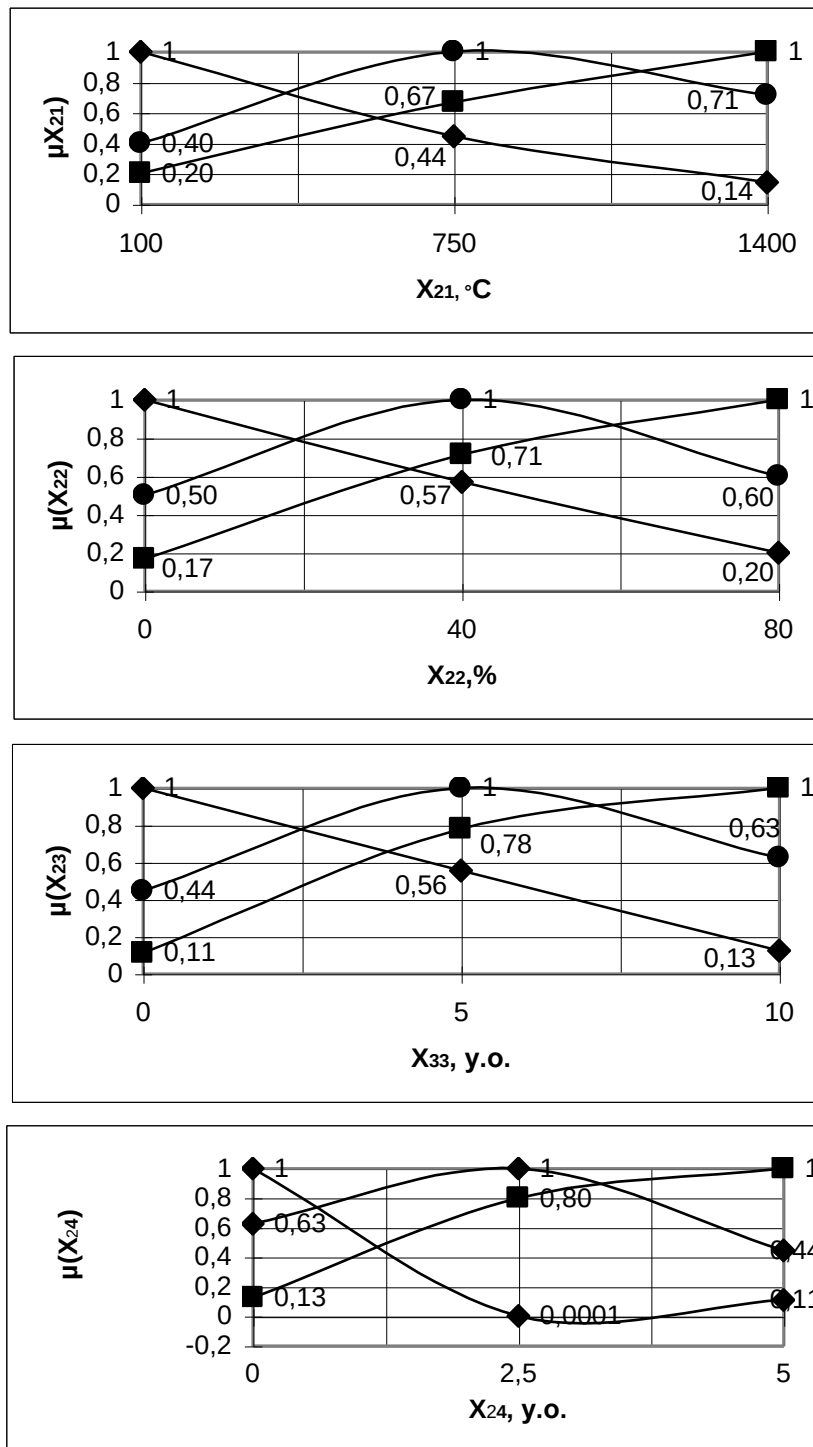


Рис. 3.5. Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують екологічні параметри

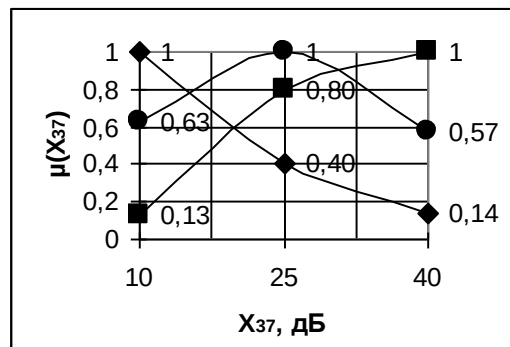
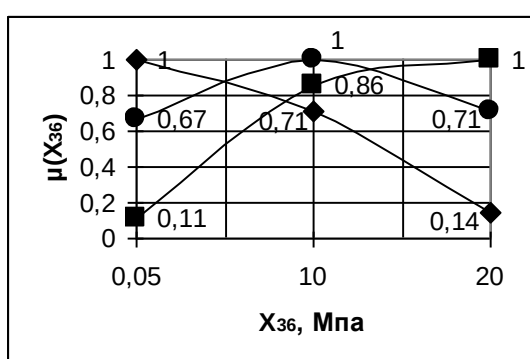
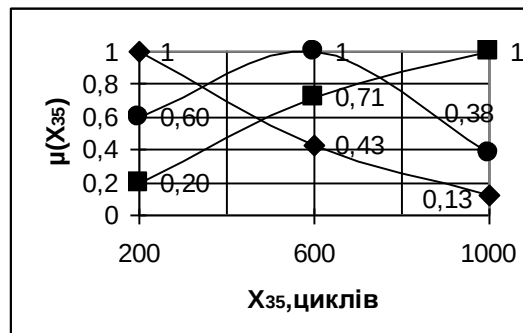
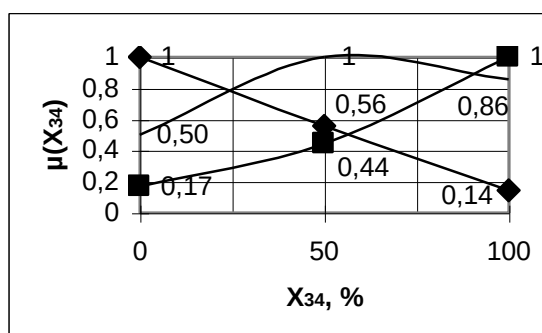
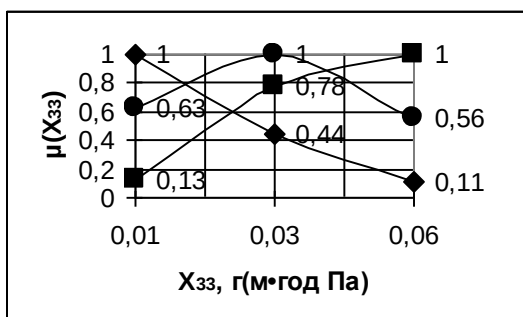
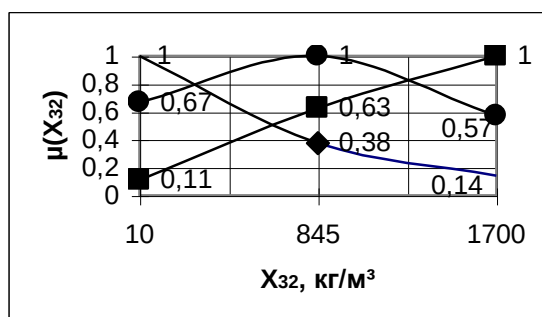
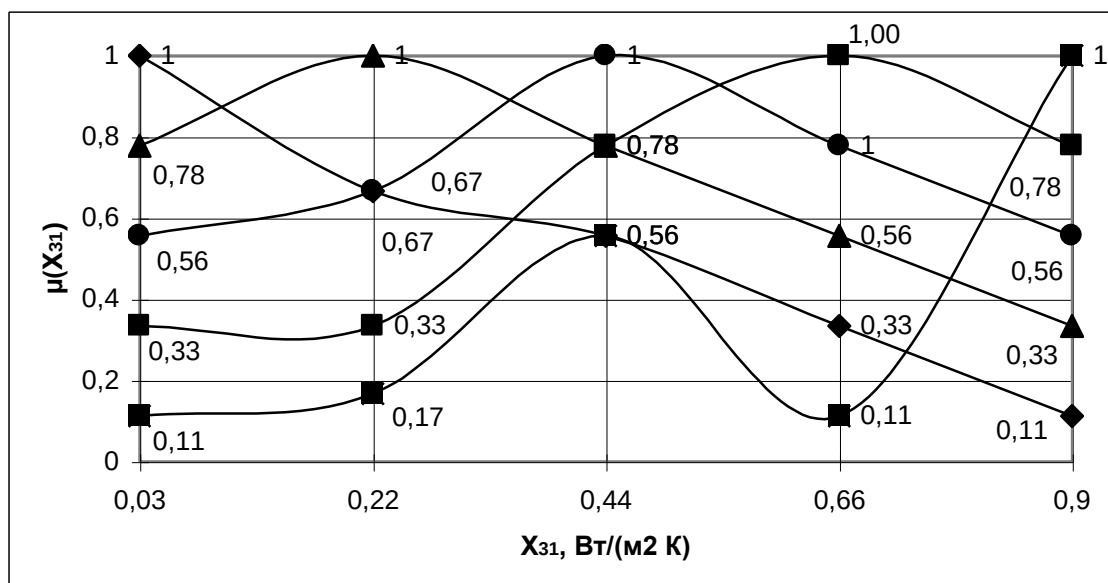


Рис. 3.6. Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують теплофізичні параметри

Побудовані функції належності нечітких оцінок впливу параметрів проектів термомодернізації, що характеризують їх еколого-економічну доцільність, дозволяють виконати моделювання інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу при реалізації проектів термомодернізації будівель із врахуванням кількісних та якісних факторів впливу.

3.2 Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

При моделюванні інтелектуальної підтримки прийняття рішення з підвищення енергозбереження житлових будівель використано нечіткі логічні рівняння. За допомогою цих рівнянь пов'язують функції належності різних рівнів вхідних та вихідних змінних, що подані на запропонованому дереві логічного висновку ієрархічних зв'язків параметрів, які впливають на організаційно-управлінське рішення при реалізації проектів термомодернізації будівель (рис.3.2). Кожному нечіткому логічному рівнянню передуює база знань у вигляді експертних висловлювань про зв'язки нечітких термів вхідних та вихідних лінгвістичних змінних у співвідношеннях (3.1) – (3.4).

Оцінку рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між організаційно-технологічними та еколого-економічними управлінськими чинниками щодо реалізації проекту з використанням відповідного матеріалу для термомодернізації будівлі за економічними, екологічними та теплофізичними параметрами, виконано з використанням системи терм-множини:

$T(Y) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$

$T(X_1) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$

$T(X_2) = \langle \text{низька, середньої, висока} \rangle;$

$T(X_3) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle.$

Нечітку матрицю знань, з врахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.1), наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Матриця знань для залежності (3.1)

ЯКЩО			ТО
X_1	X_2	X_3	Y
1	2	3	4
Н	Н	Н	Низькі (Н)
нС	Н	Н	
Н	Н	нС	

Продовження таблиці 3. 3

1	2	3	4
нС	Н	С	Нижче середніх (нС)
нС	С	Н	
С	С	Н	
С	Н	нС	
С	С	Н	
нС	Н	нС	
нС	С	вС	
нС	С	С	Середні (С)
вС	Н	С	
С	С	С	
вС	В	Н	
вС	С	С	
Н	С	вС	
С	С	вС	
В	С	вС	Вище середніх (вС)
вС	С	В	
вС	С	вС	
В	С	С	
вС	В	С	
С	В	В	Високі (В)
В	В	вС	
вС	В	В	
В	В	В	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведено в табл. 3.3, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(Y) = \mu_H(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \vee \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \vee \mu_H(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_{нС}(X_3), \quad (3.10)$$

$$\mu_{нС}(Y) = \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_{нС}(X_3) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \vee \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_{нС}(X_3), \quad (3.11)$$

$$\mu_C(Y) = \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{вС}(X_3) \vee \mu_{нС}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_{вС}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_{вС}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \vee \mu_{вС}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_H(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{вС}(X_3) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{вС}(X_3), \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \mu_{BC}(Y) = & \mu_B(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \vee \\ & \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_C(X_3), \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned} \mu_B(Y) = & \mu_C(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \vee \\ & \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_B(X_3). \end{aligned} \quad (3.14)$$

Оцінку рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язують управлінські рішення з реалізації проектів термомодернізації будівель із врахуванням економічних параметрів (X_1), які характеризують вартість матеріалу (X_{11}), вартість робіт (X_{12}), трудомісткість робіт (X_{13}), довговічність (X_{14}), експлуатаційні витрати (X_{15}), виконано з використанням системи терм-множин:

$T(X) = < \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} >$;

$T(X_{11}) = < \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} >$;

$T(X_{12}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{13}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{14}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{15}) = < \text{низька, середня, висока} >$.

Нечітку матрицю знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (3.2) наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Матриця нечіткої бази знань на рівні економічних параметрів

ЯКЩО					ТО
X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_1
1	2	3	4	5	6
Н	Н	Н	Н	Н	Низькі (Н)
С	Н	Н	Н	Н	
Н	С	Н	Н	Н	
Н	Н	С	Н	Н	
Н	Н	Н	С	Н	
Н	Н	Н	Н	С	
С	С	Н	Н	Н	
Н	С	С	Н	Н	
Н	Н	С	С	Н	
нС	С	С	Н	Н	Нижче середніх (нС)
нС	Н	С	С	Н	
нС	Н	С	Н	С	
нС	С	Н	Н	С	
нС	С	Н	Н	С	
С	С	С	С	С	Середні (С)
Н	С	С	С	С	

Продовження таблиці 3. 3

1	2	3	4	5	6
С	Н	С	С	С	Середні (С)
С	С	Н	С	С	
С	С	С	Н	С	
С	С	С	С	Н	
В	С	С	С	С	
С	В	С	С	С	
С	С	В	С	С	
С	С	С	В	С	
С	С	С	С	В	
В	С	С	С	С	
вС	В	С	С	С	Вище середніх (вС)
вС	С	В	С	С	
вС	С	С	В	С	
вС	С	С	С	В	
С	В	В	В	В	Високі (В)
В	С	В	В	В	
В	В	С	В	В	
В	В	В	С	В	
В	В	В	В	С	
вС	В	В	В	В	
В	В	В	В	В	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведено в табл.3.4, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\begin{aligned}
 \mu_H(X_1) = & \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \\
 & \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}),
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{HC}(X_1) = & \mu_{HC}(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \\
 & \vee \mu_{HC}(X_{11}) \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_{HC}(X_{11}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{HC}(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_{HC}(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}),
 \end{aligned} \tag{3.16}$$

$$\begin{aligned}
\mu_C(X_1) = & \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \\
& \vee \mu_H(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \\
& \wedge \mu_H(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \\
& \wedge \mu_H(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge \mu_H(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \\
& \wedge \mu_H(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \\
& \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}),
\end{aligned} \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned}
\mu_{BC}(X_1) = & \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \\
& \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}),
\end{aligned} \tag{3.18}$$

$$\begin{aligned}
\mu_B(X_1) = & \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \\
& \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \\
& \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \\
& \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \\
& \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \\
& \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}).
\end{aligned} \tag{3.19}$$

Оцінку рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує управлінські рішення з реалізації проектів термомодернізації будівель із врахуванням екологічних параметрів (X_2), які характеризують вогнетривкість (X_{21}), хімічну стійкість (X_{22}), біологічну стійкість (X_{23}), шкідливість (X_{24}), виконано з використанням системи терм-множин:

$T(X_2) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$

$T(X_{21}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$

$T(X_{22}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$

$T(X_{23}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$

$T(X_{24}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$

Нечітку матрицю знань з урахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.3) наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Матриця нечіткої бази знань на рівні екологічних параметрів

ЯКЩО				ТО
X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_2
1	2	3	4	5
С	Н	Н	Н	Низькі (Н)
Н	С	Н	Н	
Н	Н	С	Н	
Н	Н	Н	С	
Н	Н	Н	Н	
С	С	С	С	Середні (С)
Н	С	С	С	
С	Н	С	С	
С	С	Н	С	
С	С	С	Н	
В	В	В	В	Високі (В)
С	В	В	В	
В	С	В	В	
В	В	С	В	
В	В	В	С	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведено в табл.3.5, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\begin{aligned} \mu_H(X_2) = & \mu_C(X_{21}) \wedge \mu_H(X_{22}) \wedge \mu_H(X_{23}) \wedge \mu_H(X_{24}) \vee \mu_H(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_H(X_{23}) \wedge \mu_H(X_{24}) \vee \mu_H(X_{21}) \wedge \mu_H(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_{24}) \vee \mu_H(X_{21}) \wedge \mu_H(X_{22}) \wedge \mu_H(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}) \vee \mu_H(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_{22}) \wedge \mu_H(X_{23}) \wedge \mu_H(X_{24}), \end{aligned} \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned} \mu_C(X_2) = & \mu_C(X_{21}) \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}) \vee \mu_H(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}) \vee \mu_C(X_{21}) \wedge \mu_H(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{24}) \vee \mu_C(X_{21}) \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_H(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}) \vee \mu_C(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \mu_H(X_{24}), \end{aligned} \quad (3.21)$$

$$\begin{aligned} \mu_B(X_2) = & \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_C(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}). \end{aligned} \quad (3.22)$$

Оцінку рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує управлінські рішення з реалізації проектів термомодернізації будівель із врахуванням теплофізичних параметрів (X_3), які характеризують теплопровідність (X_{31}), густину (X_{32}), паропроникність (X_{33}), гігроскопічність (X_{34}), морозостійкість (X_{35}), міцність на стискування (X_{36}), звукопоглинання (X_{37}), виконано з використанням системи терм-множин:

$T(X_3) = < \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} >$;

$T(X_{31}) = < \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} >$;

$T(X_{32}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{33}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{34}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{35}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{36}) = < \text{низька, середня, висока} >$;

$T(X_{37}) = < \text{низька, середня, висока} >$.

Нечітку матрицю знань з урахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.4) наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Матриця нечіткої бази знань на рівні теплофізичних параметрів

ЯКІЦО							ТО
X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}	X_3
1	2	3	4	5	6	7	8
нС	Н	Н	Н	С	Н	Н	Низькі (Н)
Н	В	Н	Н	Н	С	Н	
Н	С	Н	В	Н	Н	Н	
нС	Н	С	Н	Н	С	Н	
нС	С	Н	Н	Н	С	Н	Нижче середньої (нС)
Н	С	С	С	Н	Н	Н	
Н	Н	С	С	С	Н	Н	
Н	Н	Н	С	С	С	Н	
нС	С	Н	С	Н	С	Н	Середні (С)
С	С	Н	С	Н	С	Н	
Н	Н	В	С	В	Н	Н	
Н	Н	Н	В	С	В	Н	
Н	Н	Н	Н	В	С	В	Вище середньої (вС)
Н	Н	Н	Н	Н	В	С	
Н	С	С	В	В	В	В	
вС	Н	С	С	В	В	В	
вС	В	Н	С	С	В	В	
В	В	В	В	С	С	С	

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8
С	С	В	В	В	В	В	Високі (В)
В	С	С	В	В	В	С	
В	В	С	С	В	С	В	
В	В	С	С	С	В	В	
В	С	В	В	С	С	Н	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведено в табл.3.6, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\begin{aligned}
 \mu_H(X_3) = & \mu_{HC}(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_H(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_H(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_{HC}(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.23}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{HC}(X_3) = & \mu_{HC}(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_H(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_{HC}(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.24}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_C(X_3) = & \mu_C(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \\
 & \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_H(X_{34}) \wedge \mu_H(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_C(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.25}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{BC}(X_3) = & \mu_H(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \mu_{BC}(X_{31}) \wedge \mu_H(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \\
 & \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \mu_{BC}(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_H(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \\
 & \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \\
 & \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_C(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.26}$$

$$\begin{aligned}
\mu_B(X_3) = & \mu_C(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\
& \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_C(X_{37}) \vee \\
& \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\
& \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\
& \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}).
\end{aligned} \tag{3.27}$$

Отримані нечіткі логічні рівняння на відповідному ієрархічному рівні: системному (3.10–3.14), економічному (3.15–3.19), екологічному (3.20–3.22), теплофізичному (3.23–3.27) пов'язують функції належності вхідних і вихідних змінних, що обумовлено використанням при їх побудові операцій $\max$ та $\min$. Ієрархічна система логічних рівнянь (3.10–3.27) оцінює ступінь належності прогнозованого показника управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності матеріалу при реалізації проекту термомодернізації будівлі.

3.3 Аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань, що впливають на механізм управління проектом термомодернізації будівель

Використання нечітких логічних рівнянь передбачає визначення функції належності $\mu_T(u)$ всіх нечітких термів, що наведено в табл. 3.1. Функції належності (рис. 3.3–3.6) не можуть бути використані, якщо вхідна змінна змінюється безперервно. Вхідна змінна може набувати значення не тільки u_i ($i = \overline{1,5}$), але й проміжні. Використання лінійної інтерполяції дозволяє знехтувати цим обмеженням.

Якщо відомо, що $\mu_T(u_i) = \mu_i$ та $\mu_T(u_{i+1}) = \mu_{i+1}$, то значення $\mu_T(u^*)$, де $u^* \in (U_i, U_{i+1})$, знаходиться з співвідношення [94]

$$\mu_T(u^*) = \frac{u^*(\mu_{i+1} - \mu_i) + \mu_i(u_{i+1} - u_i) - u_i(\mu_{i+1} - \mu_i)}{u_{i+1} - u_i}. \tag{3.28}$$

Аналіз змінних (X_1, X_2, X_3) тільки на дискретній універсальній множині не дозволяє враховувати випадки, коли на прийняття управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу впливають змішані фактори. З метою уникнення цього обмеження задаємо як область визначення змінної умовний інтервал, на якому кожному елементу множини відповідають певні значення. Використовуючи функції належності (рис. 3.3–3.6) та формулу (3.28), знаходимо аналітичні моделі функцій належності оцінок вхідних змінних для всіх термів, які описуються системою рівнянь виду:

$$\mu_T(u^*) = \frac{au^* + b}{c}, \quad (3.29)$$

де $a = \mu_{i+1} - \mu_i$;

$b = \mu_i (u_{i+1} - u_i) - u_i(\mu_{i+1} - \mu_i)$;

$c = u_{i+1} - u_i$.

Параметри, що входять в систему рівнянь (3.10–3.27), які описують моделі функції належності щодо прийняття управлінського рішення з реалізації проекту термомодернізації будівлі із врахуванням економічних, екологічних та теплофізичних чинників, наведено в табл. 3.7–3.9

Таблиця 3.7

Параметри рівняння моделі функцій належності на економічному рівні

Фактори впливу	$\mu_T(u^*)$	$\mu_T(u^*) = \frac{au^* + b}{c}$			$u^* \in (u_i, u_{i+1})$
		a	b	c	
1	2	3	4	5	6
Вартість матеріалу	$\mu_H(X_{11})$	-0,25	247,5	220	110...330
		-0,25	251,25	225	330...555
		-0,25	248,75	220	555...775
		-0,13	153,13	225	775...1000
	$\mu_{HC}(X_{11})$	0,22	146,67	220	110...330
		-0,44	371,67	225	330...555
		-0,22	245,56	220	555...775
		-0,22	247,22	225	775...1000
	$\mu_C(X_{11})$	0,25	82,50	220	110...330
		0,25	86,25	225	330...555
		-0,25	358,75	220	555...775
		-0,25	362,50	225	775...1000
	$\mu_{6C}(X_{11})$	0,25	27,50	220	110...330
		0,25	30	225	330...555
		0,25	26,25	220	555...775
		-0,88	903,13	225	775...1000
	$\mu_B(X_{11})$	0,22	0	220	110...330
		0,22	1,67	225	330...555
		0,22	-1,11	220	555...775
		0,22	2,78	225	775...1000
Вартість робіт	$\mu_H(X_{12})$	-0,19	66,25	55	60...115
		-0,19	66,25	55	115...170
		-0,25	83,13	65	170...235
		-0,25	83,13	65	235...300
	$\mu_C(X_{12})$	0,30	4	55	60...115

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6
Вартість робіт	$\mu_C(X_{12})$	0,30	4	55	115...170
		-0,10	82	65	170...235
		-0,10	82	65	235...300
	$\mu_B(X_{12})$	0,08	4,17	55	60...115
		0,08	4,17	55	115...170
		0,33	-35	65	170...235
		0,33	-35	65	235...300
Трудомісткість робіт	$\mu_H(X_{13})$	-0,21	8,21	5	15...20
		-0,21	8,21	5	20...25
		-0,21	8,21	5	25...30
		-0,21	8,21	5	30...35
	$\mu_C(X_{13})$	0,30	-0,93	5	15...20
		0,30	-0,93	5	20...25
		-0,41	16,93	5	25...30
		-0,10	7,50	5	30...35
	$\mu_B(X_{13})$	0,08	-0,54	5	15...20
		0,08	-0,54	5	20...25
		0,40	-8,57	5	25...30
		0,29	-5	5	30...35
Довговічність	$\mu_H(X_{14})$	-0,29	26,79	12,5	50...62,5
		-0,29	26,79	12,5	62,5...75
		-0,14	16,07	12,5	75...87,5
		-0,14	16,07	12,5	87,5...100
	$\mu_C(X_{14})$	0,31	-10,94	12,5	50...62,5
		0,31	-10,94	12,5	62,5...75
		-0,19	26,56	12,5	75...87,5
		-0,19	26,56	12,5	87,5...100
	$\mu_B(X_{14})$	0,22	-9,72	12,5	50...62,5
		0,22	-9,72	12,5	62,5...75
		0,22	-9,72	12,5	75...87,5
		0,22	-9,72	12,5	87,5...100
Експлуатаційні витрати	$\mu_H(X_{15})$	-0,14	2,50	2,5	0...2,5
		-0,14	2,50	2,5	2,5...5
		-0,29	3,21	2,5	5...7,5
		-0,29	3,21	2,5	7,5...10
	$\mu_C(X_{15})$	0,36	0,71	2,5	0...2,5
		0,36	0,71	2,5	2,5...5
		-0,14	3,21	2,5	5...7,5
		-0,14	3,21	2,5	7,5...10
	$\mu_B(X_{15})$	0,29	0,36	2,5	0...2,5

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6
	$\mu_B(X_{15})$	0,29	0,36	2,5	2,5...5
		0,14	1,07	2,5	5...7,5
		0,14	1,07	2,5	7,5...10

Таблиця 3.8

Параметри рівняння моделі функції належності на екологічному рівні

Фактори впливу	$\mu_T(u^*)$	$\mu_T(u^*) = \frac{au^* + b}{c}$			$u^* \in (u_i, u_{i+1})$
		a	b	c	
1	2	3	4	5	6
Вогнетривкість	$\mu_H(X_{21})$	-0,3	355,00	325	100–425
		-0,3	355,00	325	425–750
		-0,1	205,00	325	750–1075
		-0,1	205,00	325	1075–1400
	$\mu_C(X_{21})$	0,28	116,67	325	100–425
		0,28	116,67	325	425–750
		-0,17	450,00	325	750–1075
		-0,17	450,00	325	1075–1400
	$\mu_B(X_{21})$	0,29	17,86	325	100–425
		0,29	17,86	325	425–750
		0,14	125,00	325	750–1075
		0,14	125,00	325	1075–1400
Хімічна стійкість	$\mu_H(X_{22})$	-0,25	20	20	0–20
		0,25	20	20	20–40
		-0,17	16,67	20	40–60
		-0,17	16,67	20	60–80
		0,21	11,43	20	0–20
	$\mu_C(X_{22})$	0,21	11,43	20	20–40
		-0,14	25,71	20	40–60
		0,14	25,71	20	60–80
	$\mu_B(X_{22})$	0,20	4	20	0–20
		0,20	4	20	20–40
		0,20	4	20	40–60
		0,20	4	20	60–80
Біологічна стійкість	$\mu_H(X_{23})$	-0,28	2,50	2,5	0–2,5
		-0,28	2,50	2,5	2,5–5
		-0,17	1,94	2,5	5–7,5
		-0,17	1,94	2,5	7,5–10

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6
Біологічна стійкість	$\mu_C(X_{23})$	0,22	1,39	2,5	0–2,5
		0,22	1,39	2,5	2,5–5
		-0,11	3,06	2,5	5–7,5
		-0,11	3,06	2,5	7,5–10
	$\mu_B(X_{23})$	0,25	0,31	2,5	0–2,5
		0,25	0,31	2,5	2,5–5
		0,25	0,31	2,5	5–7,5
		0,13	1,25	2,5	7,5–10
Шкідливість	$\mu_H(X_{24})$	-0,19	1,25	1,25	0–1,25
		-0,19	1,25	1,25	1,25–2,5
		-0,25	1,41	1,25	2,5–3,75
		-0,25	1,41	1,25	3,75–5
	$\mu_C(X_{24})$	0,50	0	1,25	0–1,25
		0,50	0	1,25	1,25–2,5
		-0,10	1,5	1,25	2,5–3,75
		-0,10	1,5	1,25	3,75–5
	$\mu_B(X_{24})$	0,17	0,14	1,25	0–1,25
		0,17	0,14	1,25	1,25–2,5
		0,28	-0,14	1,25	2,5–3,75
		0,28	-0,14	1,25	3,75–5

Таблиця 3.9

Параметри рівняння моделі функції належності на теплофізично-му рівні

Фактори впливу	$\mu_T(u^*)$	$\mu_T(u^*) = \frac{au^*+b}{c}$			$u^* \in (u_i, u_{i+1})$
		a	b	c	
1	2	3	4	5	6
Теплопровідність	$\mu_H(X_{31})$	-0,22	0,20	0,19	0,03–0,22
		-0,22	0,22	0,22	0,22–0,44
		-0,22	0,22	0,22	0,44–0,66
		-0,22	0,23	0,24	0,66–0,9
	$\mu_{HC}(X_{31})$	0,33	0,12	0,19	0,03–0,22
		-0,33	0,29	0,22	0,22–0,44
		-0,33	0,29	0,22	0,44–0,66
		-0,17	0,19	0,24	0,66–0,9
	$\mu_C(X_{31})$	0,22	0,10	0,19	0,03–0,22
		0,22	0,12	0,22	0,22–0,44
		-0,22	0,32	0,22	0,44–0,66

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6
	$\mu_C(X_{31})$	-0,22	0,33	0,24	0,66–0,9
Теплопровідність	$\mu_{BC}(X_{31})$	0,22	0,06	0,19	0,03–0,22
		0,22	0,07	0,22	0,22–0,44
		0,22	0,07	0,22	0,44–0,66
		-0,89	0,83	0,24	0,66–0,9
	$\mu_B(X_{31})$	0,22	0,01	0,19	0,03–0,22
		0,22	0,02	0,22	0,22–0,44
		0,22	0,02	0,22	0,44–0,66
		0,22	0,04	0,24	0,66–0,9
Густина	$\mu_H(X_{32})$	-0,17	416,66	415	10–425
		-0,17	426,70	425	425–850
		-0,28	518,28	425	850–1275
		-0,28	516,68	425	1275–1700
	$\mu_C(X_{32})$	0,31	152,52	415	10–425
		0,32	156,19	425	425–850
		-0,19	590,08	425	850–1275
		-0,19	582,51	425	1275–1700
	$\mu_B(X_{32})$	0,21	57,16	415	10–425
		0,22	58,53	425	425–850
		0,21	62,92	425	850–1275
		0,21	62,84	425	1275–1700
Паропроникність	$\mu_H(X_{33})$	-0,09	0,01	0,005	0,01–0,015
		-0,28	0,02	0,015	0,015–0,03
		-0,25	0,02	0,015	0,03–0,045
		-0,25	0,02	0,015	0,045–0,06
	$\mu_C(X_{33})$	0,14	0	0,005	0,01–0,015
		0,42	0	0,015	0,015–0,03
		-0,11	0,02	0,015	0,03–0,045
		-0,11	0,02	0,015	0,045–0,06
	$\mu_B(X_{33})$	0,11	-0,001	0,005	0,01–0,015
		0,33	-0,002	0,015	0,015–0,03
		0,22	0,002	0,015	0,03–0,045
		0,22	0,002	0,015	0,045–0,06
Гігроскопічність	$\mu_H(X_{34})$	-0,25	25	25	0–25
		-0,25	25	25	25–50
		-0,17	20,83	25	50–75
		-0,17	20,83	25	75–100
	$\mu_C(X_{34})$	0,22	13,89	25	0–25
		0,22	13,89	25	25–50

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6
Гігроскопічність	$\mu_C (X_{34})$	-0,28	38,89	25	50–75
		-0,28	38,89	25	75–100
	$\mu_B (X_{34})$	0,36	3,57	25	0–25
		0,36	3,57	25	25–50
		0,07	17,86	25	50–75
		0,07	17,86	25	75–100
Морозостійкість	$\mu_H (X_{35})$	-0,2	240	200	200–400
		-0,2	240	200	400–600
		-0,2	240	200	600–800
		-0,2	240	200	800–1000
	$\mu_C (X_{35})$	0,29	28,57	200	200–400
		0,29	28,57	200	400–600
		-0,14	285,71	200	600–800
		-0,14	285,71	200	800–1000
	$\mu_B (X_{35})$	0,13	0	200	200–400
		0,13	0	200	400–600
		0,31	-112,5	200	600–800
		0,31	-112,5	200	800–1000
Міцність на стискування	$\mu_H (X_{36})$	-0,17	4,96	4,95	0,05–5
		-0,17	5,01	5	5–10
		-0,28	6,11	5	10–15
		-0,28	6,11	5	15–20
	$\mu_C (X_{36})$	0,14	3,53	4,95	0,05–5
		0,14	3,56	5	5–10
		-0,07	5,71	5	10–15
		-0,07	5,71	5	15–20
	$\mu_B (X_{36})$	0,28	0,69	4,95	0,05–5
		0,29	0,7	5	5–10
		0,14	2,14	5	10–15
		0,14	2,14	5	15–20
Звукопоглинання	$\mu_H (X_{37})$	-0,19	9,38	7,5	10–17,5
		-0,19	9,38	7,5	17,5–25
		-0,25	10,94	7,5	25–32,5
		-0,25	10,94	7,5	32,5–40
	$\mu_C (X_{37})$	0,30	0	7,5	10–17,5
		0,30	0	7,5	17,5–25
		-0,1	10	7,5	25–32,5
		-0,1	10	7,5	32,5–40
	$\mu_B (X_{37})$	0,21	-1,07	7,5	10–17,5

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6
	$\mu_B(X_{37})$	0,21	-1,07	7,5	17,5–25
		0,21	-1,07	7,5	25–32,5
		0,21	-1,07	7,5	32,5–40

Техніка нечіткого логічного висновку, що застосовувалася до інформації, яка зібрана на попередніх етапах, дозволяє обчислювати показник, який прогнозується, як нечіткі множини. Нечіткі множини визначають рівень прийняття управлінського рішення із врахуванням еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу, який використовується при термомодернізації будівель для фіксованого вектора впливаючих факторів. Для того, щоб перейти від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки, необхідно виконати процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму. Серед різних методів дефазифікації найпоширенішим є знаходження «центра ваги» плоскої фігури, яка обмежена функцією належності нечіткої множини та горизонтальною координатою. Модель нечіткого логічного висновку разом із процедурою дефазифікації забезпечує можливість спостереження за змінами вихідного показника при варіації факторів впливу.

Дефазифікація нечітких множин по принципу «центра ваги» дає кількісну оцінку прийняття управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівлі EED_m^* при заданих значеннях факторів впливу [94]:

$$EED_m^* = (X_1, X_2, X_3) = \frac{\sum_{i=1}^l EED_m^{d_i} \cdot \mu_{d_i}(EED_m)}{\sum_{i=1}^l \mu_{d_i}(EED_m)}, \quad (3.34)$$

де l – кількість нечітких термів для оцінки змінної EED_m ;

d_i – назва i -го терму, $i = \overline{1, l}$;

$\mu_{d_i}(EED_m)$ – ступінь належності EED_m до терму d_i .

Запропонована модель альтернативна існуючим і дозволяє менеджеру на етапі техніко-економічного обґрунтування проекту термомодернізації будівлі приймати управлінське рішення щодо еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу при обмеженій кількості експериментальних даних. При цьому організаційно-технологічне управлінське рішення менеджером проекту приймається за результатами віртуального експерименту, який базується на експертній базі знань.

3.4. Методика підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель щодо вибору теплоізоляційного матеріалу

Модель інтелектуальної підтримки управлінського рішення в проектах термомодернізації будівель на базі теорії нечіткої логіки та теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних щодо вибору еколого-економічного теплоізоляційного матеріалу подано у вигляді структурної моделі експертно-моделюючої системи (рис. 3.7) [108, 128].



Рис. 3.7. Структурна модель підтримки управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу в проектах термомодернізації

Блоки експертно-моделюючої системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення в проектах термомодернізації щодо вибору теплоізоляційного матеріалу (рис.3.7) виконують такі функції:

«газифікатор» перетворює вектор частинних параметрів управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель (X) у вектор ступенів належності параметрів стану до нечітких множин термів ($\tilde{X}$);

«функції належності» – це бібліотека аналітичних залежностей та параметрів функцій належності, термів із нечітких правил;

«система нечіткого логічного висновку» визначає еколого-економічну доцільність управлінського рішення в проектах термомодернізації у вигляді нечіткої множини рішення ($\tilde{D}$);

«дерево логічного висновку» визначає ієрархічну послідовність зв'язків факторів, що впливають на прийняття управлінського рішення в проектах термомодернізації будівель;

«нечіткі бази знань» – це бібліотека експертних правил типу <ЯКІЦО-ТО>, які формалізовано засобами теорії нечітких множин й лінгвістичних змінних;

«дефазифікатор» визначає найбільш ЕЕД теплоізоляційного матеріалу для реалізації проектів термомодернізації будівель (D) з нечіткої множини рішення ($\tilde{D}$);

«підсистема пояснення» обґрунтовує інтелектуальну підтримку управління проектом термомодернізації будівлі щодо вибору теплоізоляційного матеріалу шляхом визначення групи правил, які мають найбільший вплив на прийняття управлінського рішення.

Методика інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення щодо обґрунтування вибору теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівель реалізується за таким алгоритмом:

Крок 1. Визначити значення частинних параметрів теплоізоляційних матеріалів $X_{11}...X_{37}$.

Крок 2. Побудувати дерево логічного висновку (рис. 3.2).

Крок 3. Знайти ступені належності частинних параметрів матеріалів лінгвістичним термам (табл.3.1).

Крок 4. Побудувати функції належності нечітких оцінок впливу параметрів матеріалів (рис. 3.3–3.6).

Крок 5. За результатами віртуального експерименту побудувати нечіткі матриці знань (табл.3.3–3.7).

Крок 6. Описати лінгвістичні висловлювання щодо нечітких матриць знань системою нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом (рівняння 3.10–3.27).

Крок 7. Обчислити параметри рівняння моделі належності на відповідному рівні (табл. 3.7–3.9).

Крок 8. Виконати дефазифікацію вихідного показника з метою переходу одержаної нечіткої множини до кількісної оцінки параметра,

який впливає на прийняття управлінського рішення щодо реалізації проекту термомодернізації будівлі.

Модель прийняття організаційно-технологічного рішення при реалізації проекту термомодернізації будівель щодо визначення ЕЕД теплоізоляційного матеріалу розглядається на прикладі отримання кількісної оцінки величини ЕЕД полістиролу для факторів, що впливають на значення і функції належності які наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Значення функції належності, що впливають на величину ЕЕД полістиролу в проектах термомодернізації

Фактор (U^*)	Значення фактора U^*	Значення функції належності термів для оцінки фактора U^*	Значення функції на- лежності змінної ($X_{11}, X_{12}, X_{13},$ X_{14}, X_{15})
1	2	3	4
Вартість матеріалу (X_{11})	150 грн/м ³	$\mu_H(X_{11}) = 0,95$	$\mu_H(X_1) = 0,95$ $\mu_{HC}(X_1) = 1$ $\mu_C(X_1) = 0,63$ $\mu_{BC}(X_1) = 0,63$ $\mu_B(X_1) = 0,29$
		$\mu_{HC}(X_{11}) = 0,82$	
		$\mu_C(X_{11}) = 0,55$	
		$\mu_{BC}(X_{11}) = 0,30$	
		$\mu_B(X_{11}) = 0,15$	
Вартість робіт (X_{12})	100 грн/м ³	$\mu_H(X_{12}) = 0,86$	
		$\mu_C(X_{12}) = 0,62$	
		$\mu_B(X_{12}) = 0,23$	
Трудомісткість робіт (X_{13})	20 люд- год/м ³	$\mu_H(X_{13}) = 0,79$	
		$\mu_C(X_{13}) = 1$	
		$\mu_B(X_{13}) = 0,23$	
Довговічність (X_{14})	60 років	$\mu_H(X_{14}) = 0,77$	
		$\mu_C(X_{14}) = 0,63$	
		$\mu_B(X_{14}) = 0,29$	
Експлуатаційні витрати (X_{15})	0 грн/м ³	$\mu_H(X_{15}) = 1$	
		$\mu_C(X_{15}) = 0,29$	
		$\mu_B(X_{15}) = 0,14$	
Вогнетривкість (X_{21})	100 °C	$\mu_H(X_{21}) = 1$	$\mu_H(X_2) = 1$ $\mu_C(X_2) = 0,93$ $\mu_B(X_2) = 0,7$
		$\mu_C(X_{21}) = 0,44$	
		$\mu_B(X_{21}) = 0,14$	
Хімічна стійкість (X_{22})	50 %	$\mu_H(X_{22}) = 0,42$	$\mu_H(X_2) = 1$ $\mu_C(X_2) = 0,93$ $\mu_B(X_2) = 0,7$
		$\mu_C(X_{22}) = 0,93$	
		$\mu_B(X_{22}) = 0,70$	

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4
Біологічна стійкість (X_{23})	5 у.о.	$\mu_H(X_{23}) = 0,44$	
		$\mu_C(X_{23}) = 1$	
		$\mu_B(X_{23}) = 0,63$	
Шкідливість (X_{24})	0 у.о.	$\mu_H(X_{24}) = 1$	
		$\mu_C(X_{24}) = 0,21$	
		$\mu_B(X_{24}) = 0,11$	
Теплопровідність (X_{31})	0,03 Вт/(мК)	$\mu_H(X_{31}) = 1$	$\mu_H(X_3) = 0,99$ $\mu_{HC}(X_3) = 0,86$ $\mu_C(X_3) = 0,81$ $\mu_{BC}(X_3) = 0,86$ $\mu_B(X_3) = 0,72$
		$\mu_{HC}(X_{31}) = 0,67$	
		$\mu_C(X_{31}) = 0,56$	
		$\mu_{BC}(X_{31}) = 0,33$	
		$\mu_B(X_{31}) = 0,11$	
Густина (X_{32})	30 кг/м ³	$\mu_H(X_{32}) = 0,99$	
		$\mu_C(X_{32}) = 0,39$	
		$\mu_B(X_{32}) = 0,15$	
Паропроникність (X_{33})	0,02 г(м*год Па)	$\mu_H(X_{33}) = 0,81$	
		$\mu_C(X_{33}) = 0,72$	
		$\mu_B(X_{33}) = 0,33$	
Гігроскопічність (X_{34})	1 %	$\mu_H(X_{34}) = 0,99$	$\mu_H(X_3) = 0,99$ $\mu_{HC}(X_3) = 0,86$ $\mu_C(X_3) = 0,81$ $\mu_{BC}(X_3) = 0,86$ $\mu_B(X_3) = 0,72$
		$\mu_C(X_{34}) = 0,56$	
		$\mu_B(X_{34}) = 0,16$	
Морозостійкість (X_{35})	1000 цик- лів	$\mu_H(X_{35}) = 0,2$	
		$\mu_C(X_{35}) = 0,71$	
		$\mu_B(X_{35}) = 1$	
Міцність на стискування (X_{36})	0,1 мПа	$\mu_H(X_{36}) = 1$	
		$\mu_C(X_{36}) = 0,72$	
		$\mu_B(X_{36}) = 0,15$	
Звукопоглинання (X_{37})	35 дБ	$\mu_H(X_{37}) = 0,29$	
		$\mu_C(X_{37}) = 0,87$	
		$\mu_B(X_{37}) = 0,86$	

Використовуючи аналітичні формули (3.11)–(3.15) та значення функції належності і змінних X_1 , X_2 , X_3 (табл.3.11), отримано значення функції належності терм-оцінок змінної Y :

$$\begin{aligned}
\mu_H(Y) &= 0,95 \cdot 1 \cdot 0,99 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,86 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \\
\mu_{HC}(Y) &= 1 \cdot 1 \cdot 0,81 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \vee \\
&\vee 0,63 \cdot 1 \cdot 0,86 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \vee 1 \cdot 1 \cdot 0,86 = 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 1 = 0,93; \\
\mu_C(Y) &= 1 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \vee 0,63 \cdot 1 \cdot 0,81 \vee \\
&\vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,99 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \vee \\
&\vee 0,95 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,93 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 0,93; \\
\mu_{BC}(Y) &= 0,29 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,72 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \vee \\
&\vee 0,29 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,81 = 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,81 = 0,81; \\
\mu_B(Y) &= 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \vee \\
&\vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \vee 0,72 \cdot 0,86 \cdot 0,72 \cdot 0,72 = 0,72 \cdot 0,86 \cdot 0,72 \cdot 0,72 \cdot 0,72 = 0,72.
\end{aligned}$$

Якісну оцінку управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівлі отримуємо у вигляді нечіткої множини:

$$EED_m = \left\{ \frac{\mu_{q_1}(EED_m)}{d_1}, \frac{\mu_{q_2}(EED_m)}{d_2}, \dots, \frac{\mu_{q_n}(EED_m)}{d_n} \right\}, \quad (3.35)$$

де n - число нечітких термів для змінної EED_m (в даному випадку $n=5$);

q_i - назва i -го терму, $i = \overline{1, n}$;

$\mu_{q_i}(EED_m)$ - ступінь належності змінної EED_m терму q_i ;

d_i - кількісне значення, яке відповідає терму q_i .

Ця нечітка множина визначає оптимальність управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності вибору теплоізоляційного матеріалу для реалізації проектів термомодернізації будівлі з фіксованим вектором впливаючих факторів. Відповідно методу дефазифікації – «центр ваги» нечіткої множини (3.29) відповідає така кількісна оцінка управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу в реалізації проектів термомодернізації будівель:

$$EED_m^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{q_i}(EED_m) \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{q_i}(EED_m)}. \quad (3.36)$$

Після підстановки у 3.35 формулу d_i для i -го терма q_i отримаємо:

$$d_i = \left[\frac{EED_m}{n-1} + \frac{EED_m - EED_m}{n-1} \cdot (i-1) \right],$$

де $\overline{EED_m}$ – найменше (найбільше) значення змінної EED_m , рівняння (3.36) буде мати вигляд:

$$EED_m^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{qi}(EED_m) \cdot \left[EED_m + \frac{\overline{EED_m} - EED_m}{n-1} \cdot (i-1) \right]}{\sum_{i=1}^n \mu_{qi}(EED_m)}. \quad (3.37)$$

Для нашого прикладу, при умові, що $\overline{EED_m} = 150$ грн/м³, $\overline{EED_m} = 400$ грн/м³, дефазифікація за формулою (3.37) дає таке прогнозоване управлінське рішення щодо еколого-економічної доцільності полістиролу як теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівель [103,116]:

$$EED_m^* = \frac{1 \cdot 150 + 0,93 \cdot 195 + 0,93 \cdot 221 + 0,81 \cdot 325 + 0,72 \cdot 400}{1 + 0,93 + 0,93 + 0,81 + 0,72} = 248,48 \text{ грн/м}^3.$$

Оптимальність управлінського рішення щодо еколого-економічної доцільності полістиролу як теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівлі з параметрами, що були вибрані для прикладу, становить 248,48 грн/м³. Суть даного результату – це не ціна матеріалу, а грошове вираження оптимальності управлінського рішення. Таким чином, чим більше значення, тим більше доцільний матеріал для термомодернізації, виходячи із комплексу вимог до нього. За даною методикою було проведено моделювання оптимальних управлінських рішень щодо еколого-економічної доцільності таких теплоізоляційних матеріалів [112], як мінеральна вата, скловата, екофібер (див табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Управлінські рішення щодо еколого-економічної доцільності теплоізоляційних матеріалів

п/п	Теплоізоляційний матеріал	ЕЕД, грн./м ³
1	Мінеральна вата	273,43
2	Пінополістирол	248,48
3	Скловата	238,62
4	Екофібер	270,24

Як видно з проведеного моделювання, найбільш оптимальним управлінським рішенням щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для реалізації проекту термомодернізації будівлі є мінераловатні плити, тому що їх ЕЕД є найвищою.

Приклад моделювання ЕЕД теплоізоляційного матеріалу показав, що дана модель дозволяє із врахуванням величин універсальних множин, які характеризують економічні, екологічні, теплофізичні параметри, приймати управлінське рішення щодо термомодернізації будівель, яке буде відповідати вимогам еколого-економічної доцільності впровадження інноваційних енергозберігаючих заходів в житлово-комунальному господарстві.

3.5. Оцінка адекватності моделі підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

Метод парних порівнянь є базовим для запропонованих Сааті методів аналітичних ієрархічних процесів [128] і аналітичних сітьових процесів [129] інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень. Суть його полягає в наступному. Експерту проекту послідовно надаються пари альтернатив (X_i, X_j) і пропонують визначити ступінь d_{ij} переваги альтернативи X_i над альтернативою X_j відносно деякого якісного критерію управлінського рішення щодо ЕЕД теплоізоляційного матеріалу. При цьому, якщо експерту була пред'явлена пара (X_i, X_j) , і він визначив ступінь переваги d_{ij} , то пара (X_i, X_j) вже не пред'являється, а ступінь переваги d_{ij} визначається, виходячи з метризованого мультиплікативного відношення (3.38). Таким чином, за наявності n альтернатив експерт повинен виконати $n(n-1)/2$ порівнянь. Відзначимо, що співвідношення

$$d_{ij} = \frac{1}{d_{ji}} \quad (3.38)$$

є фундаментальним для методу Сааті визначення відносних вагів альтернатив управлінських рішень.

Елементи d_{ij} , $i, j=(1, n)$ утворюють сверхтранзитну квадратну матрицю парних порівнянь D [130]. При цьому елемент d_{ij} можна трактувати як відношення вагів альтернатив X_i і X_j , тобто w_i/w_j :

$$D = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}. \quad (3.39)$$

Якщо значення $w_1, w_2, \dots, w_n$ невідомі, тоді попарне порівняння здійснюється з використання суб'єктивних суджень експертів, чисельно оціненою по шкалі, що запропонована в [131].

Проблема оцінки ЕЕД при прийнятті організаційно-управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівель представлена ієрархічно (рис. 3.8).

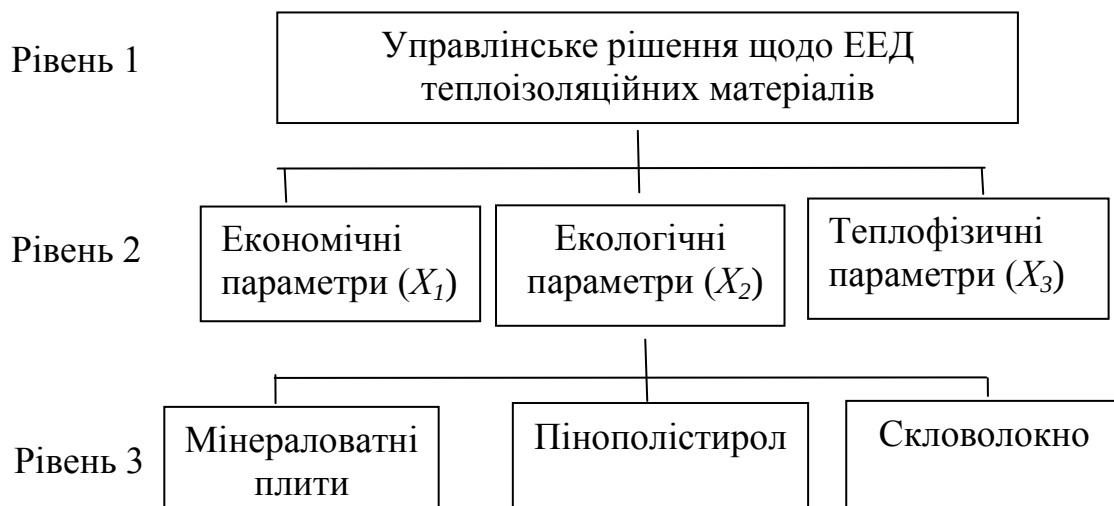


Рис.3.8. Ієрархічна модель прийняття управлінського рішення щодо вибору матеріалу в проекті термомодернізації будівель

Матриця складається для порівняння відносної важливості критеріїв (табл. 3.1) на другому рівні, по відношенню до загальної мети на першому рівні. Подібні матриці повинні бути побудовані для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня [131]. Для визначення ЕЕД теплоізоляційного матеріалу, який характеризується економічними, екологічними, теплофізичними параметрами необхідно побудувати сімнадцять матриць, одна – для другого рівня ієрархії (табл. 3.12) і шістнадцять – для третього рівня (табл. 3.13).

Таблиця 3.12

ЕЕД теплоізоляційного матеріалу: матриця попарних порівнянь для рівня 2

Фактори впливу	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X_{11}	1	7	9	1/5	9	8	5	5	3	2	7	8	7	7	8	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X_{12}	1/7	1	3	1/7	7	3	1/5	1/5	1/5	1/7	5	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X_{13}	1/9	1/3	1	1/7	7	1/5	1/3	1/3	1/5	1/7	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5
X_{14}	5	7	7	1	9	1/3	1/3	1/3	3	1/3	5	1/3	5	1/3	7	5
X_{15}	1/9	1/7	1/7	1/9	1	1/5	1/5	1/5	1/7	1/8	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/5
X_{21}	1/8	1/3	5	3	5	1	5	3	1/3	1/5	3	2	2	3	3	1/3
X_{22}	1/5	5	3	3	5	1/5	1	5	2	1/3	1/3	1/3	1/2	3	3	5
X_{23}	1/5	5	3	3	5	1/3	1/5	1	1/5	1/7	1/5	1/4	1/4	1/3	4	5
X_{24}	1/3	5	5	1/3	7	3	1/2	5	1	1/5	5	3	3	5	5	5
X_{31}	1/2	7	7	3	8	5	3	7	5	1	5	7	5	4	6	5
X_{32}	1/7	1/5	3	1/5	5	1/3	3	5	1/5	1/5	1	3	2	4	5	1/4
X_{33}	1/8	3	3	3	6	1/2	3	4	1/3	1/7	1/3	1	3	5	5	1/3
X_{34}	1/7	5	3	1/5	6	1/2	2	4	1/3	1/5	1/2	1/3	1	1/3	4	1/4
X_{35}	1/7	5	3	3	3	1/3	1/3	3	1/5	1/4	1/4	1/5	3	1	3	1/3
X_{36}	1/8	3	3	1/7	3	1/3	1/3	1/4	1/5	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1	1/5
X_{37}	1/7	3	5	1/5	5	3	1/5	1/5	1/5	1/5	4	3	4	3	5	1

Таблиця 3.13

ЕЕД теплоізоляційного матеріалу: матриця парних порівнянь
для рівня 3

X_{11}	A	B	B	X_{12}	A	B	B	X_{13}	A	B	B	X_{14}	A	B	B
A	1	5	7	A	1	5	4	A	1	5	4	A	1	7	2
B	1/5	1	3	B	1/5	1	1/3	B	1/5	1	1/3	B	1/7	1	1/5
B	1/7	1/3	1	B	1/4	3	1	B	1/4	3	1	B	1/2	5	1
X_{15}	A	B	B	X_{21}	A	B	B	X_{22}	A	B	B	X_{23}	A	B	B
A	1	1/3	2	A	1	8	6	A	1	5	5	A	1	7	1
B	3	1	3	B	1/8	1	1/5	B	1/5	1	1	B	1/7	1	1/7
B	1/2	1/3	1	B	1/6	5	1	B	1/5	1	1	B	1	7	1
X_{24}	A	B	B	X_{31}	A	B	B	X_{32}	A	B	B	X_{33}	A	B	B
A	1	1/5	1	A	1	1/2	4	A	1	1/7	1/5	A	1	1/3	3
B	5	1	5	B	2	1	5	B	2	1	5	B	3	1	5
B	1	1/5	1	B	1/4	1/5	1	B	1/4	1/5	1	B	1/3	1/5	1
X_{34}	A	B	B	X_{35}	A	B	B	X_{36}	A	B	B	X_{37}	A	B	B
A	1	1/5	3	A	1	1/7	2	A	1	1/3	5	A	1	1/3	1
B	5	1	5	B	7	1	7	B	3	1	7	B	3	1	3
B	1/3	1/5	1	B	1/2	1/7	1	B	1/7	1/5	1	B	1	1/3	1

Із групи матриць парних порівнянь формується набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив елементів ($X_{11}...X_{37}$) на елемент, який примикає до верхнього рівня. Знаходимо цінність кожного окремого об'єкту через «рішення» матриць. Для цього необхідно визначити власні вектори для кожної матриці, а потім нормалізувати результат до одиниці, отримуючи цим сам вектор пріоритетів.

Для отримання векторів пріоритетів необхідно зробити оцінку компонентів власного вектора по рядкам [131], яка здійснюється для першого рядка матриці за наступною формулою:

$$\sqrt[n]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \dots \times \frac{w_1}{w_n}} = m_1. \quad (3.40)$$

Далі знаходимо вектор пріоритету для першого рядка матриці [19] за формулою:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = x_1. \quad (3.41)$$

Аналогічно визначаються компонент власного вектору та вектор пріоритету для інших m_n рядків.

У [128, 129] пропонується в якості множини відносних вагів альтернатив використати компоненти власного вектора, які відповідають максимальному характеристичному числу $\lambda_{\max}$. Для неузгодженої матриці завжди $\lambda_{\max} \geq n$. Сааті запропонував в якості показника ступеня узгодженості елементів матриці D використати величину індексу узгодженості (consistency index – CI)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / n - 1. \quad (3.42)$$

Для оцінки достатності ступеня узгодженості Сааті пропонує використовувати відношення узгодженості (consistency ratio – CR), яке дорівнює:

$$CR = CI / CIS, \quad (3.43)$$

де CIS – середнє значення CR, яке обчислено для великої кількості випадковим чином матриць парних порівнянь, що згенеровані у фундаментальній шкалі [131]. Рекомендується результуючий вектор щодо вагів вважати прийнятним, якщо CR рівне 0,10 (але не перевищує 0,20).

Для матриці ЕЕД теплоізоляційних матеріалів другого рівня вектор пріоритетів складає [132]: $X_{11} = 0,2$; $X_{12} = 0,02$; $X_{13} = 0,02$; $X_{14} = 0,08$; $X_{15} = 0,0005$; $X_{21} = 0,06$; $X_{22} = 0,06$; $X_{23} = 0,03$; $X_{24} = 0,1$; $X_{31} = 0,19$; $X_{32} = 0,04$; $X_{33} = 0,06$; $X_{34} = 0,04$; $X_{36} = 0,02$; $X_{37} = 0,05$ та $\lambda_{\max} = 21,9$, індекс узгодженості $CI = 0,39$, відношення узгодженості $CR = 0,20$, що задовольняє вимогам. Для матриці третього рівня ці показники наведено в табл. 3.14.

Наступним етапом попарних порівнянь є застосування принципу синтезу. Для виявлення складових або глобальних пріоритетів теплоізоляційних матеріалів у матриці локальні пріоритети розташовуються по відношенню до кожного критерію, кожний стовпчик векторів множить на пріоритет відповідного критерію і результат сумується уздовж кожного рядка. Отримані глобальні пріоритети для теплоізоляційних матеріалів складають: мінераловатні плити (А) – 0,44; пінополістирол (Б) – 0,40; скловолокно (В) – 0,15. Мінераловатні плити отримали найвищу оцінку за глобальними пріоритетами і тому можна їх вважати найбільш еколого-економічно доцільним матеріалом в проекті термомодернізації будівель. По результатам опитування експертів (п. 2.2) та моделювання, з допомогою апарату нечіткої логіки, на лінгвістичних змінних мінераловатні плити також займають перше місце з застосування їх в житловому будівництві. Отримані результати свідчать, що розроблена методика є адекватною моделі інтелектуальної підтримки управління проектами на базі нечіткої логіки.

Таблиця 3.14

ЕЕД теплоізоляційних матеріалів: матриця для третього рівня, рішення та узгодженість

Показники	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
Вектор переваг А	0,73	0,67	0,67	0,59	0,25	0,74	0,72	0,47	0,14	0,33	0,07	0,26	0,2	0,14	0,28	0,2
Вектор переваг Б	0,19	0,10	0,10	0,08	0,59	0,06	0,14	0,07	0,72	0,57	0,71	0,64	0,7	0,77	0,65	0,6
Вектор переваг В	0,08	0,23	0,23	0,33	0,16	0,19	0,14	0,47	0,14	0,09	0,22	0,11	0,1	0,09	0,07	0,2
$\lambda_{\max}$	3,08	3,09	3,10	3,02	3,06	3,24	3	3	3	3,03	3	3	3,14	3,05	3,09	3
CI	0,04	0,05	0,05	0,01	0,03	0,12	0	0	0	0	0	0	0,07	0,02	0,05	0
CR	0,07	0,09	0,09	0,02	0,05	0,2	0	0	0	0,02	0	0	0,12	0,04	0,08	0

У результаті віртуального експерименту методом попарного порівняння теплоізоляційних матеріалів найкращим за своїми економічними, екологічними, теплофізичними параметрами є мінераловатні плити для застосування їх в проектах термомодернізації будівель.

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ РЕАЛІЗАЦІЄЮ ПРОЕКТІВ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

4.1. Програма реалізації моделі підтримки прийняття управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

Описана методика організаційно-управлінської реалізації проектів термомодернізації будівель (п. 3.4) є достатньо громіздкою. Оперативне вирішення даної задачі можливо тільки з використанням ЕОМ і відповідного програмного продукту. Застосування ЕОМ для вирішення організаційно-управлінських задач при реалізації проектів термомодернізації будівлі дає багато переваг [133, 134], до яких відноситься можливість замовникам і менеджерам проектної організації приймати рішення, що підвищує ефективність і якість результату; суттєво зменшує витрати часу на визначення ЕЕД теплоізоляційного матеріалу, так як ЕОМ передаються рутинні обчислювальні задачі; забезпечує надійність і достовірність отриманих результатів. Розроблену структурну модель підтримки управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу (рис. 4.1) трансформовано в програмний продукт [135]. Інтерфейс програми є досить простим для користувача (рис.4.2 – 4.4).

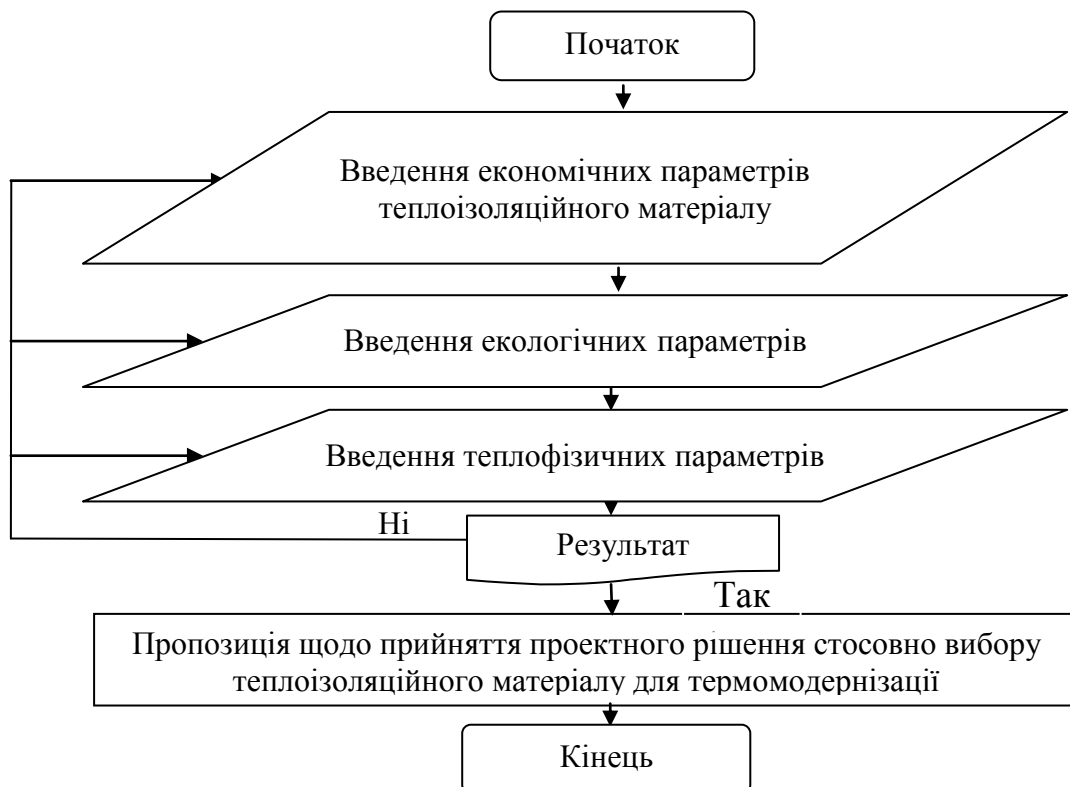


Рис. 4.1. Алгоритмічна модель визначення управлінських рішень щодо ЕЕД теплоізоляційного матеріалу в проектах термомодернізації будівель

EED

Економічні фактори | Екологічні фактори | Теплофізичні фактори | Художньо-естетичні фактори

	Мінімум	Максимум	Розрахункове значення
Вартість матеріалу, грн/м ³	110	1000	150
Вартість робіт, грн/м ³	60	300	100
Трудомісткість робіт, людино-годин/м ³	15	35	20
Довговічність, років	50	100	60
Експлуатаційні витрати, грн/м ³	0	10	0

Мінімум Максимум Розраховане значення

Результат, грн/м³ 150 400 0

Рис. 4.2. Економічні фактори проекту термомодернізації будівлі

EED

Економічні фактори | Екологічні фактори | Теплофізичні фактори | Художньо-естетичні фактори

	Мінімум	Максимум	Розрахункове значення
Вогнетривкість, градуси С	100	1400	100
Хімічна стійкість, %	0	80	50
Біологічна стійкість, умовних одиниць	0	10	5
Шкідливість, умовних одиниць	0	5	0

Мінімум Максимум Розраховане значення

Результат, грн/м³ 150 400 0

Рис. 4.3. Екологічні фактори проекту термомодернізації будівлі

	Мінімум	Максимум	Розрахункове значення
Теплопровідність, Вт/(м ² *К)	0.03	0.9	0.03
Густина, кг/м ³	10	1700	30
Паропроникність, г(м ² *год*Па)	0.01	0.06	0.02
Гігроскопічність, %	0	100	1
Морозостійкість, циклів	200	1000	1000
Міцність на стискування, мПа	0.05	20	0.1
Звукопоглинання, дБ	10	40	35
Результат, грн/м ³	150	400	248.481

Рис. 4.4. Теплофізичні фактори проекту термомодернізації будівлі

Робота з програмою розпочинається з вибору закладки економічних факторів (рис. 4.2), де в колонці «Розрахункове значення» вводяться характеристики теплоізоляційного матеріалу (вартість матеріалу, вартість робіт, трудомісткість робіт, довговічність, експлуатаційні витрати), який вибраний для дослідження.

Як приклад, у віконці введено характеристики пінополістиролу. Аналогічно вводяться значення характеристик матеріалу для реалізації проектів термомодернізації у вікна для екологічних та теплофізичних факторів.

В комірках «мінімум» і «максимум» відповідно введено мінімальне та максимальне значення показника, яке може приймати теплоізоляційний матеріал. Після введення усіх економічних, екологічних і теплофізичних характеристик в нижньому рядку натискаємо кнопку «Результат, грн./м³» і отримуємо еколого-економічну доцільність теплоізоляційного матеріалу, який досліджується. В нашому прикладі для пінополістиролу вона складає 248,48 грн./м³.

Запропонована методика підтримки прийняття управлінського рішення дозволяє менеджеру на етапі техніко-економічного обґрунтування вибрати найкращий теплоізоляційний матеріал на ринку для реалізації проекту термомодернізації будівлі. Оптимальне рішення про еколого-економічну доцільність теплоізоляційного матеріалу прийма-

ється по результатами віртуального експерименту, який базується на експертній базі знань щодо їх кількісних та якісних екологічних, економічних та теплофізичних параметрів.

4.2. Організаційно-економічне забезпечення реалізації управлінських рішень в проектах термомодернізації будівель

4.2.1. Оцінка ефективності реалізації проекту термомодернізації житлового будинку

Житловий фонд будинків перших масових серій в Україні складає 72 млн. кв. м загальної площі, що становить 23 % від масового багатоквартирного житлового фонду [136]. Житлові будинки перших масових серій забудови побудовані за старими теплотехнічними нормами і потребують проведення термомодернізації з метою економії енерговитрат.

Розглянемо впровадження проекту термомодернізації будівлі для існуючого п'ятиповерхового панельного житлового будинку 1970 року забудови, об'ємом 17547 м³ в м. Вінниця. Проведені експериментальні дослідження [119] показали, що існуючий термічний опір будівлі складає 1,5 м²°C/Вт, що не відповідає сучасним нормам 2,0–2,8 м²°C/Вт [25].

Для реалізації проекту термомодернізації було вибрано зовнішній метод утеплення. У випадку зовнішнього утеплення зниження температури по товщі захисної конструкції відбувається повільно і плавно. Встановлення із внутрішнього боку стіни щільних матеріалів, стійких до дифузії водяної пари, а із зовнішнього – легких і пористих сприятливо впливає на вологісний режим стіни і не створює умов для накопичення у ній вологи. Якщо теплоізоляційний матеріал надійно захищений від негативних атмосферних факторів (дощу, снігу, сонячного випромінювання), така стіна незалежно від пори року зберігатиме високі теплозахисні властивості. В якості теплоізоляційного матеріалу було вибрано мінеральну вату, як найкращий за еколого-економічними параметрами (див. табл. 3.11).

При визначенні кошторисної вартості робіт для проведення термомодернізації було складено одиничну розцінку, яку наведено в табл. 4.1.

Загальна площа стін будівлі, яку необхідно утеплити, складає 2157,08 м². Відповідно, загальні витрати на утеплення п'ятиповерхового панельного житлового будинку (вул. Келецька 60) складають 282738,40 грн.

Таблиця 4.1

Одинична розцінка розрахунку вартості утеплення будівлі за адресою вул. Келецька, буд. 60, об'ємом 17547 м³

Одиниця виміру 100 м²

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимірювання	Ресурсна норма	Вартість одиниці, грн.	Всього, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Витрати праці робітників будівельників	люд.-год.	100,81	9,1	917,37
2	Середній розряд робіт	3,9	-	-	-
3	Витрати праці машиністів	-	4,67	9,1	42,5
4	Машини і механізми	-	-	-	-
5	а) автомобільна вишка	маш.-год.	4,67	15,09	70,47
6	Матеріали:				
	а) ґрунтовка для поверхні стіни Ceresit СТ 17	л	10	6,4	64
	б) вода	м ³	0,35	3,25	1,14
	в) суміш для закріплення мінеральних плит Ceresit СТ 190	кг	240	2,4	576
	г) утеплювач з мінеральної вати Rockwool (50 мм)	м ²	100	55	5500
	д) армована сітка зі скловолокна	м ²	100	4,3	430
	е) дюбеля для кріплення теплоізоляційної плити	шт.	1510	0,50	755
	ж) фарба-ґрунтовка для створення перехідного шару між захисним і ративним шаром Ceresit СТ 16	л	33,33	10,6	253,30
	з) декоративна штукатурка Ceresit СТ 63	кг	450	8,4	3780
7	Всього прями витрати		-	-	12389,9
8	Загальновиробничі витрати (ЗВВ)	грн.	-	-	717,68
	а) зарплата робітників в ЗВВ	грн.	(100,81+4,67)•0,12	12,35	156,32
	б) нарахування на зарплату (917,37+42,5+156,32)•0,4037	грн.	-	-	450,61
	в) інші ЗВВ	грн.	(100,81+4,67)•1,05	-	110,75
9	Всього за одиницю робіт	грн.	-	-	13107,5

Розрахуємо експлуатаційні витрати на опалення, а саме на відновлення тепла, що витрачається протягом року через 1 м² огорожі [137]:

$$E = B_{\text{тепл}} \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{о.п.}}) Z_{\text{о.п.}} \cdot 24 \cdot 3600}{R_{\text{к}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}}, \quad (4.1)$$

де $B_{\text{тепл}}$ – вартість теплової енергії, грн/ГДж; $R_{\text{к}}$ – термічний опір захисної огорожі без шару теплоізоляції, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$; $t_{\text{в}}$, $t_{\text{о.п.}}$ – розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря за опалювальний період, °C ; $Z_{\text{о.п.}}$ – тривалість опалювального періоду, діб; $\lambda_{\text{із}}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляційного шару, $\text{Вт/(м}^2\text{°C)}$; $\delta_{\text{із}}$ – товщина теплової ізоляції, м.

Витрати на опалення вказаного будинку без реалізації проекту термомодернізації складають:

$$E = 195 \cdot 4,18 \frac{21 \cdot 190 \cdot 24 \cdot 3600}{1,5 \cdot 10^9} = 18,73 \text{ грн./м}^2.$$

Витрати на опалення будинку після реалізації проекту термомодернізації відповідно:

$$E = 195 \cdot 4,18 \frac{21 \cdot 190 \cdot 24 \cdot 3600}{2,69 \cdot 10^9} = 10,45 \text{ грн./м}^2.$$

Отриманні витрати на 8,28 грн/м² (18,73–10,44) менші, ніж у звичайному залізобетонному будинку без термомодернізації. Загальна сума витрат на опалення будинку, що аналізується, після проведення його термомодернізації $10,44 \cdot 3016 = 31487,04$ грн. (3016 м² – житлова площа будинку). До термомодернізації вказані витрати становлять 56489,68 грн. Відповідно ми отримаємо економію коштів за рахунок реалізації проекту термомодернізації будівлі 25002,64 грн. в рік.

Використовуючи отримані за результатами розрахунків дані, визначимо термін окупності проекту термомодернізації із врахуванням ставки дисконтування, використовуючи програму Project Expert. Витрати на проект термомодернізації для будинку об'ємом 17547 м³ складають 282738,40 грн., економія експлуатаційних витрат в рік 25002,64 грн., ставка дисконтування складає 13,8 % (середня депозитна ставка), звідси термін окупності [108] складе 10 років. На рис. 4.5 визначено термін окупності проекту термомодернізації при його реалізації, починаючи з травня 2008 року.

Прогнозований план прибутку і витрат при реалізації даного проекту термомодернізації терміном 10 років наведено в табл. 4.2.

Впровадження даного проекту термомодернізації будівлі є досить актуальним на сьогоднішній день. З постійним зростанням цін на сві-

товому ринку на енергетичні ресурси комунальні платежі на опалення також будуть зростати.

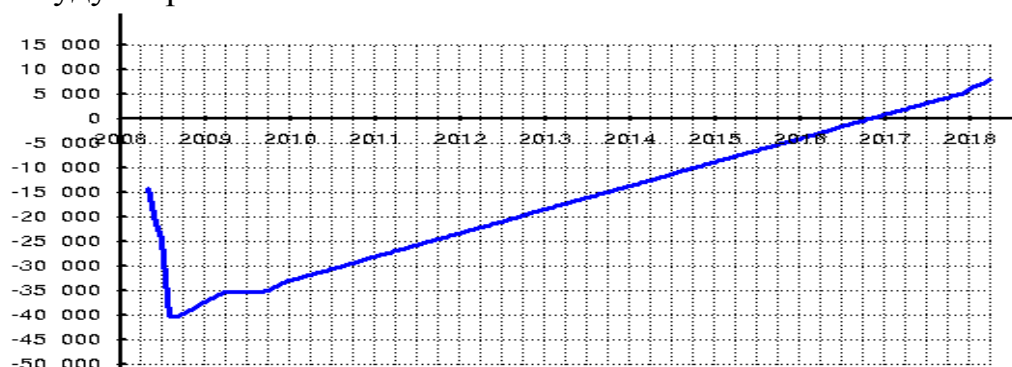


Рис. 4.5. Термін окупності проекту термомодернізації будинку

Таблиця 4.2

Прогнозований план прибутку і витрат, грн.

Роки	Показники							
	Валовий прибуток	Зарплатня виробничого персоналу	Зарплатня робітників в ЗВВ	Інші ЗВВ	Сумарні постійні	Інші витрати	Збитки попередніх періодів	Чистий прибуток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05-06 2008р.		20704,4	3372	36185	12109	73813,6		-109998
3 кв. 2008р.						982002	109998,4	-208201
4 кв. 2008р.	10418						208200,6	-197782
2009 р.	25003						197782	-172780
2010 р.	25003						172780	-147777
2011 р.	25003						147777	-122775
2012 р.	25003						122775	-97772
2013 р.	25003						97772	-72769
2014 р.	25003						72769	-47767
2015 р.	25003						47767	-22764
2016 р.	25003						22764	2238

Впровадження даного проекту термомодернізації будівлі є досить актуальним на сьогоднішній день. З постійним зростанням цін на світовому ринку на енергетичні ресурси комунальні платежі за опалення також будуть зростати. Впровадження проекту термомодернізації забезпечує економію споживання енергетичних ресурсів протягом всьо-

го терміну експлуатації будівлі. Слід відзначити, що крім економічної та екологічної вигоди досягаються сукупні соціальні ефекти: комфортні умови проживання; заощадження на відновлювальних енергетичних ресурсах.

4.2.2. Організаційно-економічні чинники реалізації проектів термомодернізації будівель

Для запровадження ефективної системи енергозберігаючих заходів у житлово-комунальному господарстві необхідно вирішити цілу низку організаційних й економічних проблем у комплексі та за участю всіх учасників проекту термомодернізації, що є складним питанням (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Проблеми впровадження проектів термомодернізації будівель

Види інвесторів	Проблеми
Держава	1. Недостатня кількість бюджетних коштів (постійне недофінансування заходів щодо належного утримання та ремонту житлового фонду, його реконструкції та модернізації призвело до занедбаного стану практично 90 % житла в країні)[120]. 2. Недосконала нормативно-правова база. 3. Відсутність регулювання взаємовідносин власників приватизованих квартир, власників будинків, місцевих органів самоврядування стосовно організації та проведення термомодернізації об'єктів житлового фонду [34]. 4. Технічні проблеми, а саме необхідність проведення енергоаудиту всієї будівлі та систем, вибір найдоцільнішої системи утеплення (утеплювача), виходячи з екологічних, економічних, теплотехнічних та естетичних міркувань. 5. Відсутність дієвого механізму іпотечного кредитування для реконструкції житлових будинків перших масових серій.
Органи місцевого самоврядування	1. Відсутність реального фінансування із місцевих бюджетів робіт із реалізації регіональних програм, у першу чергу, проведення експериментальної реконструкції окремих житлових будинків. 2. Не відпрацьовано фінансово-інвестиційний механізм кредитування і залучення різних, у т. ч. нетрадиційних джерел фінансування [34].
Населення	1. Недостатня проінформованість населення. 2. Малозабезпечені сім'ї. 3. Відсутність об'єднань співвласників багатоквартирного будинку.
Інші комерційні інвестори	1. Вкладання коштів у об'єкти з найменшими енерговитратами, тобто в отриманні максимального прибутку. 2. Забезпечення гарантій прибутковості проекту.

В Україні як на державному, так і на рівні органів місцевої влади застосовуються не фахові, вибіркові методи підходу до ремонту і реконструкції будівель. Законодавчо не встановлено порядок, за яким слід реалізовувати проекти термомодернізації будівель.

На регіональному рівні відсутня можливість фінансування з місцевого бюджету, що стримує проведення перевірки фізичного та морального стану будівлі, застосування прогресивних енергоефективних проектів термомодернізації будівель.

Існуюча в Україні система управління житловим фондом не стимулює енергозбереження як вид комерційної діяльності внаслідок того, що житлові експлуатаційні організації займають монопольне становище на ринку послуг і без лімітування тих чи інших витрат, які оплачуватиме кінцевий споживач, а не комерційний посередник. Внаслідок цього відсутня мотивація до впровадження ринкових відносин у житловій сфері. Надходженню інвестицій та кредитів в енергозбереження сприятиме послідовна інвестиційна політика держави та загальна стабілізація економіки.

У житловому секторі мають місце дуже незначні інвестиції на реконструкцію і модернізацію інженерної інфраструктури, спрямовані на реалізацію заходів з енергозбереження. Серед основних проблем, які гальмують здійснення енергозбереження, слід назвати відсутність в Україні детально розроблених та відпрацьованих механізмів реалізації та фінансування енергозберігаючих проектів, а також механізмів економічного стимулювання ощадливого споживання енергоносіїв. Програми, які приймаються Урядом України з питань енергозбереження, і заходи, які плануються місцевою виконавчою владою різних рівнів поки що не забезпечують досягнення основної мети: залучення в дану сферу інвестиційної діяльності приватних інвесторів. Вдосконаленню фінансового забезпечення та інвестиційної політики енергозбереження в житловому фонді сприятиме державна підтримка організацій та підприємств усіх форм власності, які інвестують кошти в енергозберігаючі заходи у житловому фонді, захист інвестицій та зменшення ризиків.

Для управління проектами термомодернізації необхідно провести зміну існуючої системи пільг та дотацій на житлово-комунальні послуги адресною соціальною допомогою, а також створити для цього відповідну законодавчо-нормативну базу.

Найбільш поширеними фінансовими механізмами проведення енергозберігаючих заходів є:

- фінансування за рахунок власних коштів;
- залучення кредитних коштів;
- фінансування енергозберігаючою установою згідно з угодою;
- державна або муніципальна підтримка.

Власники квартир багатоповерхового будинку можуть використувати власні кошти для фінансування проектів термомодернізації будівель. Власники квартир, які є членами об'єднань співвласників багатоквартирних будинків, можуть створити резервний фонд для утримання свого житла. У цей фонд кожен домовласник повинен робити внески щомісяця. Впровадження проектів термомодернізації будівель може бути проведене лише за умови згоди більшості членів об'єднань співвласників будинку, а розмір цільових внесків на фінансування проекту термомодернізації встановлюється для кожного власника відповідно до його пайової частки в загальному фонді.

Іншим напрямком залучення коштів для проектів термомодернізації будівель є іпотечні кредити. Іпотечні кредити – це кредити із регулярним погашенням рівними частками, причому позичальник сплачує встановлену річну суму, яка включає відсотки та основну суму кредиту [2]. Максимальна сума іпотечного кредиту та відсоткова ставка залежить від ризиків, пов'язаних із конкретним позичальником, а також від вартості заставленого майна.

Фінансування проектів термомодернізації енергозберігаючою організацією полягає в тому, що підрядник бере на себе повністю відповідальність щодо енергозберігаючих заходів. Підрядник відповідно до своїх власних інтересів зобов'язується: використовувати наявні можливості економії енергоресурсів; повністю відшкодовувати витрати щодо інвестицій за рахунок зекономлених витрат на енергоресурси; забезпечувати довгострокове ефективне енергозбереження протягом терміну дії угоди. Фінансування проектів термомодернізації шляхом залучення зовнішніх підрядників – найбільш перспективний для об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (рис.4.6) [2].

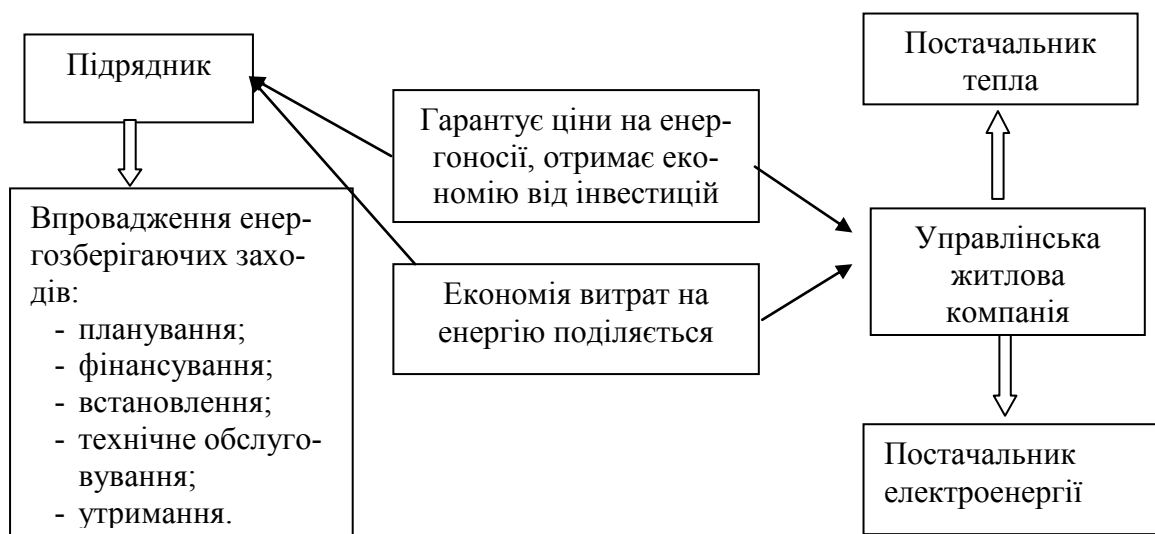


Рис.4.6. Системна модель договірних відносин при фінансуванні енергозберігаючих заходів за рахунок постачальника ресурсів

Державна підтримка, крім надання бюджетних коштів на впровадження проектів термомодернізації, полягає в наданні низьковідсоткових кредитів, податкових пільг або грантів. У цьому випадку дуже важливо, щоб інвестор отримував прибуток з власного капіталовкладення, і таким чином фінансова підтримка матиме економічну ефективність. Якщо інвестор не отримає прибутку від інвестицій, то фінансова підтримка не сприятиме економічному ефекту. У разі отримання коштів від економії енерговитрат, тобто прибутку від вкладених інвестицій в термомодернізацію, може бути досягнутий і результат у сфері покращання навколишнього середовища, а саме екологічний ефект.

Державна підтримка енергозбереження полягає у:

- прийнятті відповідної законодавчої бази для запровадження енергозбереження (стандартів);
- наданні фінансової допомоги для запровадження заходів з енергозбереження за умов дотримання певних умов;
- інформуванні інвесторів та споживачів;
- встановленні чіткої процедури оподаткування в цій галузі.

Державна фінансова підтримка може бути надана тільки в межах наявних бюджетних ресурсів, вона повинна діяти лише тимчасово та мати цільове використання.

Ефективним і стимулюючим механізмом фінансової підтримки є гранти (Гранти – це одноразові фінансові виплати, які відповідають певному відсотку відповідних витрат). Як правило, бюджетні ресурси незначні, і впровадження цього механізму не може бути забезпечено політичними методами. Це також стосується податкових пільг. Якщо бюджетні кошти обмежені, то більш доцільно впроваджувати програми бюджетної підтримки на зворотній основі, а саме кредити з низькою відсотковою ставкою, тому що вони не навантажують занадто бюджет.

На регіональному і місцевому рівнях слід:

- забезпечити проведення експериментальної реконструкції окремих житлових будинків з метою відпрацювання фінансово-інвестиційного механізму, архітектурно-технічних рішень для створення умов переходу на масове відновлення житла та залучення нетрадиційних джерел фінансування [34];
- створити ефективне конкурентне середовище у житловій сфері шляхом роздержавлення існуючих та залучення приватних експлуатаційних житлових організацій на конкурсних засадах та договірних засадах з метою впровадження заходів з енергозбереження та зменшення витрат енергоносіїв;

- залучити кошти населення для фінансування заходів, які не вимагають значних капіталовкладень, з подальшою компенсацією втрат за рахунок економії від енергозбереження і, як наслідок, зменшення вартості послуг.

Для вирішення усіх проблем з організаційно-фінансовим та технічним забезпеченням термомодернізації будівель, управлінням і контролем необхідно створити структурний підрозділ при місцевому самоврядуванні – систему корпоративного енергозберігаючого менеджменту (КЕМ) (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Структурна модель етапів формування рішень системи КЕМ.

До основних функцій КЕМ входять:

- відбір проектів термомодернізації будівель для фінансування;

- детальна обробка проектів з урахуванням енергозберігаючих вимог;

- обґрунтування оціночного висновку проекту;
- проведення переговорів із надання фінансової підтримки;
- оперативний контроль і моніторинг.

Переваги впровадження системи КЕМ:

- надання споживачам гарантії;
- задоволення інвесторів і розширення доступу до грошових капіталів;

- збереження природних ресурсів та енергії;
- виявлення потенціалів зниження затрат;
- сприяння щодо отримання дозволу та повноважень;
- поліпшення зв'язків між державними органами та промисловістю;

- збільшення мотивації співробітників.

Підрозділ КЕМ допоможе забезпечити активну інвестиційну діяльність з боку приватних інвесторів та залучення бюджетних коштів для фінансування проектів термомодернізації, надати інвесторам гарантії прибутковості проекту та проконтролювати його реалізацію.

4.3. Управління вартістю інвестиційних проектів термомодернізації будівель

Управління проектами термомодернізації будівель необхідно здійснювати із врахуванням витрат для досягнення необхідного ефекту енергозбереження та їх екологічності. При еколого-економічній оцінці інвестиційних проектів енергозбереження шляхом термомодернізації будівель доцільно враховувати зміну вартості теплової енергії на опалення та матеріалів огорожувальних конструкцій із заданими теплоізоляційними властивостями і відшкодування екологічних збитків, а також ставки дисконту.

Ефективність проектів термомодернізації будівель з метою зменшення паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) визначається економічними, організаційними, технологічними та екологічними чинниками. Існує декілька методів оцінки ефективності інвестицій у впровадження інноваційних енергозберігаючих проектів [139,140]. Як правило, у всіх методиках показником найкращого варіанту проекту термомодернізації, що визначається на підставі порівняння економічної ефективності капітальних вкладень, є мінімум приведених витрат. При цьому капітальні вкладення порівнюються з щорічними експлуатаційними витратами через нормативний термін окупності. Приведені затрати за

весь період окупності проекту термомодернізації будівель визначаються як:

$$\sum S_{it} = S_{Ki} + S_{Ei} T_H \rightarrow \min, \quad (4.2)$$

де S_{Ki} – капітальні затрати;

S_{Ei} – щорічні експлуатаційні витрати;

T_H – нормативний термін окупності;

t – термін експлуатації.

У практиці при оцінці ефективності капіталовкладень використовують метод, який враховує дисконтування, тобто приведення економічних показників до певного одного моменту часу. Відповідно до [141] інвестування в енергозберігаючі організаційно-технологічні проекти є доцільними, якщо граничні витрати не вище дисконтної вартості ПЕР, які економляться завдяки цим інвестиціям

$$I_o \leq \int_0^T \Delta E(t) P_e(t) e^{-rt} dt, \quad (4.3)$$

де I_o – граничні витрати (капітальні вкладення), що обумовлені енергозберігаючими інвестиціями;

$\Delta E(t)$ – економія ПЕР в залежності від часу t ;

T – термін використання енергозберігаючого проекту;

$P_e(t)$ – номінальні граничні витрати (вартість), зв'язані з ПЕР в залежності від часу t ;

r – реальна процентна ставка на найбільш вигідне вкладення капіталу (розрахункова ставка) плюс темп інфляції.

При оцінці економічної ефективності термомодернізації будівель пропонується [13,142] сукупні затрати на термомодернізацію та опалення будівель визначати за формулою:

$$S_{it} = S_{Ki} g^t + S_{Ei} \frac{(g^t - 1)}{(g - 1)}, \quad (4.4)$$

де S_{it} – капітальні вкладення (інвестиції) на термомодернізацію будівель за i -м проектом;

S_{Ei} – річні експлуатаційні витрати на опалення будівель при i -му проекті термомодернізації будівель;

g – коефіцієнт накопичення, що визначається з врахуванням норми дисконта ($g=1+p$);

g^t – коефіцієнт дисконтування на кінець розрахункового періоду ($g^t = (1 + p^t)$).

Структурний аналіз залежностей для оцінки ефективності проектів термомодернізації (38, 143–144) свідчить, що вони не враховують екологічних чинників енергозбереження та опосередковано враховують зменшення витрат на ПЕР шляхом збільшення опору теплопере-

дачі огорожуючих конструкцій будівель. Основним фактором, що найбільш суттєво впливає на організаційно-технологічне забезпечення проектів термомодернізації, є матеріали огорожуючих конструкцій будівель. Матеріали, що використовуються для термомодернізації будівель, крім основних кількісних та якісних економічних та теплофізичних параметрів, характеризуються архітектурно-планувальними, естетичними, екологічними факторами, нехтування якими не дозволяє в повному обсязі оцінити ефективність впровадження енергозберігаючих організаційно-технологічних заходів [108].

Для визначення параметрів управління вартістю проекту термомодернізації будівлі із врахуванням еколого-економічних ризиків необхідно враховувати такі витрати, як [145]: капітальні витрати на реалізацію інноваційних енергозберігаючих проектів термомодернізації; експлуатаційні витрати на опалення будівлі; витрати на відшкодування екологічних збитків. Еколого-економічну оцінку проектів термомодернізації при прийнятті управлінських рішень доцільно здійснювати згідно запропонованої структурно-логічної моделі (рис. 4.8).

Еколого-економічна доцільність одного із альтернативних проектів термомодернізації будівель визначається тим, що сукупні дисконтні затрати на реалізацію інвестиційних проектів шляхом впровадження інноваційних екологічних та енергозберігаючих технологій протягом розрахункового терміну їх експлуатації повинні бути мінімальними [108, 138, 145]:

$$\sum S_T = \left[\sum_{i=1}^n S_{Ki} X_{Ki} g^t + \sum_{j=1}^n S_{Ej} y_j \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right) + \sum_{p=1}^n S_{zp} Z_p \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right) \right] \rightarrow \min, \quad (4.5)$$

де S_{Ki} – капітальні одноразові та поточні витрати на реалізацію варіанта енергозберігаючих заходів, грн.; X_i – шукані параметри за i -м енергозберігаючим проектом; S_{Ej} – експлуатаційні витрати на опалення житлових будівель, грн.; y_j – шукані параметри за j -м енергозберігаючим заходом; S_{zp} – витрати на відшкодування екологічних збитків, грн.; Z_p – шукані параметри за p -м енергозберігаючим заходом; $g = 1+d$ – коефіцієнт накопичення із врахуванням норм дисконту d , що визначається із врахуванням прийнятої для інвестора норми прибутку на капітал; t – термін служби проекту термомодернізаційних інновацій з енергозбереження.

Експлуатаційні витрати на опалення житлових будинків при впровадженні інноваційних проектів термомодернізації

$$S_{Ej} = S_{npj} + S_{mpj}, \quad (4.6)$$

де S_{npj} – витрати на поточний ремонт, грн.; S_{mpj} – витрати на підтримання нормативного теплового режиму в житлових будівлях, які визначаються залежно від природнокліматичних умов району, термо-

модернізаційних властивостей матеріалів та обсягів огорожувальних конструкцій за формулою 4.7.

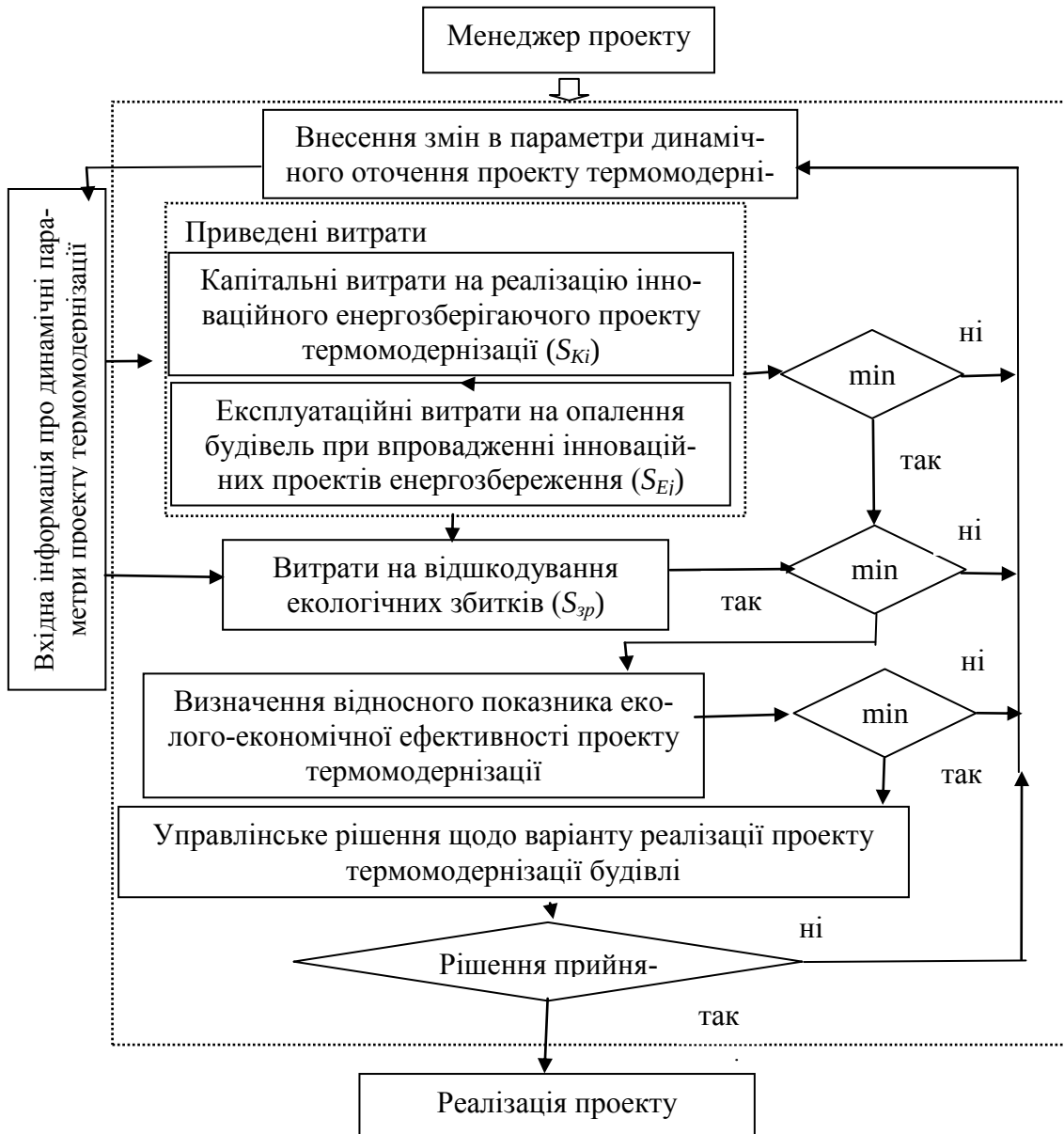


Рис. 4.8. Структурно-логічна модель управління вартістю інноваційного проекту термомодернізації будівель

$$S_{mpj} = \left[\Delta t N F_K \left(\frac{\lambda_{Tj}}{\delta_{Tj}} + \sum \frac{\lambda_K}{\delta_K} \right) \right] S_T, \quad (4.7)$$

де Δt – різниця розрахункових температур внутрішнього та зовнішнього повітря за опалювальний період, °K; N – тривалість опалювального періоду, діб; F_K – площа огорожувальних конструкцій, для яких передбачається термомодернізація будівель, м²; λ_K , λ_{Tj} – коефіцієнти теплопровідності матеріалів, Вт/м·°K.

енти теплопровідності відповідно до матеріалу фактичних огорожувальних конструкцій та теплоізоляційного шару матеріалу для термомодернізації, Вт/м²К; δ_K , δ_{Ti} – відповідно товщина фактичної огорожувальної конструкції та шару матеріалу для термомодернізації, м; S_T – вартість теплової енергії для опалення, грн. Величина витрат на підтримання оптимального теплового режиму (S_{mpj}) визначається за умови, що опір теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових будівель (R_{Ti}) із врахуванням впровадження інноваційних термомодернізаційних технологій не повинен перевищувати нормативних значень для даної температурної зони України

$$R_{Ti} = \left(\frac{\delta_{Ti}}{\lambda_{Ti}} + \sum \frac{\delta_K}{\lambda_R} \right) \geq R_n, \quad (4.8)$$

де R_n – нормативний опір теплопередачі, що рівний (2,0–2,8) м²К/Вт.

Витрати на відшкодування екологічних збитків при спалюванні теплогенеруючими підприємствами органічного палива визначаються за формулою

$$\sum_{p=1}^n S_{zp} = \sum_{p=1}^n S'_{zp} + \sum_{p=1}^n S''_{zp}, \quad (4.9)$$

де S'_{zp} – затрати на викиди в атмосферу в межах ліміту, грн.;

S''_{zp} – затрати на викиди в атмосферу за перевищення лімітів, грн.

Термін окупності інвестиційних проектів термомодернізації житлових об'єктів із врахуванням зменшення експлуатаційних витрат на їх опалення та витрат на відшкодування екологічних збитків визначається за формулою [146]:

$$T = \frac{R_n \left[\sum_{j=1}^n \Delta S_{Ej} / \sum_{i=1}^n S_{Ki} (1-g) + \sum_{j=1}^n \Delta S_{Ej} + \sum_{p=1}^n \Delta S_{zp} \right]}{\ln g}, \quad (4.10)$$

де ΔS_{Ej} – щорічна економія витрат на опалення житлових будинків при впровадженні j-го інноваційного проекту термомодернізації, грн.;

ΔS_{zp} – щорічна економія витрат на відшкодування екологічних збитків, грн.

Зменшення витрат теплової енергії через огорожуючі конструкції будівель при їх термомодернізації досягається збільшенням величини опору теплопередачі на величину

$$\Delta R = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} - R_\phi, \quad (4.11)$$

де δ_i – товщина шару утеплювача огорожуючих конструкцій, м;

λ_i – теплопровідність шару утеплювача, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$;

R_ϕ – фактичний опір теплопередачі огорожуючих конструкцій існуючих будівель, $\text{Вт/м}^2\text{°C}$.

Так як головним регулятивним показником в проекті термомодернізації є опір теплопередачі огорожуючих конструкцій будівель, то при оцінці організаційно-технологічної ефективності проектів енергозбереження будівель, поруч із врахуванням капітальних та експлуатаційних затрат, доцільно ці затрати оцінювати відносним показником на одиницю зменшення споживання теплової енергії шляхом збільшення опору теплопередачі [147]

$$E_{\Delta R} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{Ki} X_{Ki} g^t + \sum_{j=1}^n S_{Ej} y_j \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right) + \sum_{p=1}^n S_{zp} Z_p \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right)}{\Delta R}. \quad (4.12)$$

Прийняття менеджером проекту управлінського рішення щодо реалізації проекту термомодернізації будівлі повинно ґрунтуватися на аналізі стану будинку перед термомодернізацією, науково-обґрунтованому аналізі економічних, організаційно-технологічних та екологічних чинників, що впливають на зменшення споживання теплової енергії, яка витрачається на підтримання комфортних умов життєзабезпечення людини.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз літературних джерел у відповідності з актуальними напрямками досліджень дозволив виявити доцільність запровадження інновацій для вирішення цієї проблеми. Основою такої інновації визначено заміну складних, громіздких та багатофакторних розрахунків, що пропонуються в рамках традиційного вирішення проблеми.

2. Доведено, що джерелом основ пошуку нових моделей вибору оптимального проекту термомодернізації будівель є універсальні моделі прийняття рішень наукової галузі управління проектами, раціонально сполучивши їх з перевагами спеціальних моделей прийняття рішень на базі теорії нечіткої логіки й лінгвістичних змінних.

3. Виконано аналіз доцільності та ефективності чинників оточення проекту, що впливають на еколого-економічні ризики на етапах життєвого циклу проекту. Проведене експертно-аналітичне оцінювання ефективності прийняття управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель з урахуванням специфіки їх динамічного оточення, яке свідчить про те, що рішення менеджера проекту повинні прийматися із урахуванням особливостей природнокліматичних умов району та ряду інших чинників.

4. Серед факторів зовнішнього оточення проектів при визначенні змісту моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень було враховано економічні, екологічні, теплофізичні параметри теплоізоляційних матеріалів, що дало можливість побудувати модель із застосуванням нечіткої логіки і лінгвістичних змінних, яка дозволяє обрати раціональний еколого-економічний варіант проекту термомодернізації будівлі.

5. Адекватність математичної моделі інтелектуальної підтримки управління проектами термомодернізації будівель доведено за допомогою методу парних порівнянь Сааті. Отримані результати для конкретних лінгвістичних змінних свідчать про достовірність та практичну значимість запропонованої експертно-моделюючої системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень у проектах термомодернізації будівель з врахуванням еколого-економічних чинників.

6. Розроблено програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання еколого-економічної доцільності прийняття управлінського рішення на фазі концептуального проектування щодо вибору теплоізоляційного матеріалу.

7. Управління вартістю інвестиційних проектів термомодернізації будівель необхідно виконувати із врахуванням зміни вартості

матеріалів, енергоресурсів та дисконтної ставки, що дозволить досягнути максимального позитивного ефекту з мінімальними затратами на реалізацію проекту. Запропоновано здійснювати реалізацію проектів термомодернізації будівель шляхом створення нових структурних підрозділів у рамках системи місцевого самоврядування, згідно до розробленої структурної моделі системи корпоративного енергозберігаючого менеджменту.

Наукові положення, висновки, пропозиції і рекомендації дисертаційної роботи можуть бути використані для практичної організації діяльності по управлінню проектами енергозбереження в житловому будівництві України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маляренко В. А. Енерго- та ресурсозбереження при реформуванні житлово-комунального господарства України / В. А. Маляренко // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 1. – С. 3–8.
2. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник / «НДІпроектреконструкція», Duetsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
3. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2001. – 400с.
4. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. / М. П. Ковалко., С. П. Денисюк – Київ : Українські енциклопедичні знання, 1998. – 512с.
5. Шидловський А. К. Аналіз закономірностей та тенденцій підвищення енергетичної ефективності в Україні, країнах Центральної та Східної Європи / А. К. Шидловський, Г. М. Федоренко, Е. І. Удод // Новини енергетики. – 2001. – № 3. – С. 87–93.
6. Додаткові заходи та уточненні показники виконання Комплексної державної програми енергозбереження України // Енергоінформація – 2000. - № 22 (серпень).
7. Програма розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2003–2010 рр. / Колектив авторів під керівництвом Шатенка Л. М, Бабаєва В. М., Семенова В. Т. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 205 с.
8. Гершкович В. Ф. Друга Всеукраїнська науково-практична конференція «Енергозбереження в будинках і спорудах» / В. Ф. Гершкович, В. Б. Шевельов // Будівництво України. – 1998. – № 4. – С. 19–22.
9. Маліков В. М. Підвищення ефективності енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / В. М. Маліков, А. А. Худенко // Будівництво України. – 2003. – № 3. – С. 25–28.
10. Горбачовський О. П. Проблеми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві/ О. П. Горбачовський // Будівництво України. – 1998. – № 2. – С. 12-14.
11. Саджениця В. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України / В. Саджениця // Ринок інсталяцій. – 2005. – № 4. – С. 22–23.
12. Украина: Энергосбережение в зданиях. ЕС – Energy Center Kiew, Ukraine 27/6 Institutskays Str., Office 45, Kiew – 21, Ukraine – 241 с.
13. Меркушов В. Т. Методологія техніко-економічної оцінки проектів термореновації житлових будинків, які будуються: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління про-

ектами та розвиток виробництва». / В. Т. Меркушов. – Дніпропетровськ, 2000. – 20с.

14. Данилова Т. В. Обґрунтування доцільності реконструкції житлових будинків на доінвестиційній стадії управління проектами: : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 «Управління проектами та розвиток виробництва» / Т. В. Данилова. – Дніпропетровськ, 2001. – 23с.

15. Щеглова О. Ю. Організаційно-технологічні рішення реконструкції 5-ти поверхових житлових будинків з використанням надбудови: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / О. Ю. Щеглова. – Дніпропетровськ, 2006. – 16с.

16. Організація зведення і реконструкції будівель та споруд: Навч. посібник для вузів буд. спец. / [Ушацький С. А., Лубенець В. Г., Майданов В. М., та ін.] – К. : Вища шк., 1992. – 183с.

17. Ратушняк О. Г. Еколого-економічні аспекти запровадження ресурсозберігаючих технологій в будівництві / О. Г. Ратушняк // Перший всеукраїнський з'їзд екологів: міжнарод. наук.-практ. конф., 4 – 7 жовт. 2006 р.: матер. докл. – м. Вінниця, 2006. – С.36–40.

18. Ратушняк О. Г. Обґрунтування організаційно-економічних та технічних рішень впровадження проектів термореновації будівель / О. Г. Ратушняк // Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємства : IV регіональна наук.-практ. конф., 23 бер. 2007 р.: матер. докл. – м. Вінниця : ВНТУ, 2007. – Ч.2. – С.78–83.

19. Лялюк О. Г. Моделювання процесів створення екологізованого будівельного виробництва / О. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Островського. – 2007. – № 1. – С.137–139.

20. Матосов Ю. А. Новое поколение норм и стандартов теплозащиты зданий обеспечивает переход к энергоэффективному строительству/ Ю. А. Матосов // Бюллетень строительной техники. – 2004 – № 7. – С. 9 – 11.

21. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. – К., 1995. – 199 с.

22. Опоряджувальні роботи: Матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації. Монографія / [Лівінський О. М., Лівінський М. О., Друкований М. Ф. та ін.]. – К. : „МП Леся”, 2005. – 486 с.

23. Курбатов В. Л. Повышение эффективности энергосбережения совершенствованием теплозащиты наружных стен зданий / В. Л. Курбатов, В. Г. Шухова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 3. – С.46 – 47.

24. Савицька М. А. Енергозбереження в сучасному житловому будівництві / М. А. Савицька, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак // Ринок інсталяцій. – 2005. – № 5. – С. 46 – 48.

25. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Замість СНиП II-3-79: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 2006-09-09]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 65 с. – (Національний стандарт України).

26. Мхитарян Н. М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве / Н. М. Мхитарян – К. : Наукова думка, 2000. – 412 с.

27. Пат. 17230 Україна, кл. Е 04 В 2/02. Теплоізоляційна панель / Ратушняк Г. С, Анохіна К. В., Чухряєва О. Г.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u 2006 03243 ; заявл. 27.03.2006 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.

28. Пат. 26811 Україна, кл. Е 04 В 7/00 Теплогідроізоляційна покрівля / Ратушняк Г. С, Анохіна К. В., Ратушняк О. Г.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u 2007 04953 ; заявлено 03.05.2007 ; опубл. 10.10.2007.

29. Науково-технічна програма «Енергозбереження в будівництві»

30. Ратушняк Г. С. Проектування захисних конструкцій будівель за теплофізичними параметрами. Навчальний посібник. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 78 с.

31. Пат. 67492А Україна, МПК 7 F 24 D 12/00. Комбінована тепло акумуляційна система опалення / Ратушняк Г. С., Ратушняк О. Г., Тхор Т. В.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – 203109048 ; заявл.06.10.2003 ; одерж.15.06.2004.

32. Кірюшин В. М Деякі аспекти реконструкції будинків перших масових серій / В. М. Кірюшин, О. Б. Лотоцький, В. А. Руденко, І. М. Онищук // Реконструкція житла. – 2004. – Випуск 5. – С.4–9.

33. Балицький В. С. „Хрущовки” – реконструкція без відселення мешканців / В. С. Балицький, А. А. Франівський, Д. М. Скрипка // Будівництво України. – 2006. - № 7. – С. 11–17.

34. Авдієнко О. П. Реконструкція житла. Сучасний стан проблем / О. П. Авдієнко, Л. Н. Андріонова // Реконструкція житла. - 2004. – Випуск 5. – С.13–16.

35. Онищук Г. І. Проблеми комплексної реконструкції кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду / Г. І. Онищук, В. Г. Марочко, Л. М. Максимова // Реконструкція житла. – 2005. – Випуск 6. – С.4–9.

36. Кривошеєв П. І. Науково-технічні проблеми реконструкції житлових будинків / П. І. Кривошеєв, Ю. С. Слісаренко // Реконструкція житла. – 2005. – Випуск 6. – С.88–92.

37. Разумова О. В. О комплексной реконструкции жилой застройки первого периода индустриального домостроения / О. В. Разумова, И. Н. Могилевцева // Реконструкція житла. – 2004. – Випуск 5. – С.48–57.
38. Програма реконструкції житлових будинків перших масових серій: за станом на 14.05.1999 р. / Постанова Кабінету Міністрів України № 820 – [затвердж. від 20.12.00.]. – К.: ДержбудУкраїни.
39. Про енергозбереження: за станом на 1 липня 1994 р. № 75/94 / Верховна Рада України. – Офук. вид. 01.07.94.
40. Бушуев С. Д. Динамическое лидерство в управлении проектами. / С. Д. Бушуев, В. В. Морозов – К. : Украинская ассоциация управления проектами, 1999. – 312 с.
41. Словник-довідник з питань управління проектами / [авт.-уклад. Бушуєв С. Д.] – К. : Видавничий дім «Деловая Україна», 2001. – 640 с.
42. Бушуев С. Д. Управление проектами: Основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева. – К. : ІРІДІУМ, 2006. – 208 с. – [National Competence Baseline, NCB UA Version 3.0].
43. Тянь Р. Б. Управління проектами. Навчальний посібник. / Р. Б. Тянь, Б. І. Холод, В. А. Ткаченко – Дніпропетровськ : Дніпропетровська академія управління, бізнесу та права, 2000. – 224 с.
44. Пономаренко Л. А. Комп'ютерні технології управління інноваційними проектами. / Л. А. Пономаренко – К. : Київ. нац. торговельно-економ. ун-т, 2001. – 423 с.
45. Пономаренко Л. А. Стратегія управління проектами енергозбереження та реінжинірингу енергоємних виробництв промисловості / Л. А. Пономаренко, С. В. Цюцюра // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури: Зб. наук. праць. – К. : НАУ, 2007. – Вип. 14. – С. 40 – 44.
46. Балабанов И. Т. Инновационный менеджмент / И. Т. Балабанов. – СПб : Питер, 2000. – 208 с. – (Серия «Краткий курс»).
47. Бланк И. А. Управление использованием капитала / И. А. Бланк. – К. : «Ника-Центр», 2000. – 656 с. – (Серия «Библиотека финансового менеджера»; Вып. 5).
48. Бочаров В. В. Инвестиционный менеджмент/ В. В. Бочаров. – СПб : Питер, 2000. – 160 с. – (Серия «Краткий курс»).
49. Бурков В. Н. Как управлять проектами. / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков– М. : СИНЕРГ-ГЕО, 1997. – 187 с.
50. Научно-методическое обеспечение управления сложными проектами / [Е. А.Дружинин, В. Я.Жихарев, В. М. Илюшко и др.]; под ред. М. М. Митраховича. – К. : Техника, 2003. – 396 с.

51. O'Brien James A. Management Information Systems: managing information technology in the internetworked enterprise. / O'Brien James A. – 4th ed. – NY: McGraw-Hill, 1999. – 700 p.
52. Бирман Г. Экономический анализ инвестиционных приоритетов: Пер с англ. / Бирман Г., Шмидт С.; под ред. Л. П. Белых. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
53. Гриньев В. Ф. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / В. Ф. Гриньев– К. : МАУП, 2000. – 198 с.
54. Ковалев В. В. Методы оценки инвестиционных проектов / В. В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 1998.
55. Липсиц И. В. Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа: Учеб.-справоч. Пособие. / Липсиц И. В., Косов В. В. – М. : БЕК, 1996.
56. Лепейко Т. І. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. / Лепейко Т. І., Корда В. О., Лука шов С. В. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2005. – 400 с.
57. Микиктюк П. П. Інноваційний менеджмент. Навчальний посібник / П. П. Микиктюк. – К. : Центр навчальної літератури, 2007. – 440 с.
58. Стадник В. В. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. / Стадник В. В., Йохна М. А. – К. : Академвидав, 2006. – 464 с.
59. Управление проектами / [Н. И. Ильин, И. Г. Лукманова, А. М. Немчин и др.]. – СПб. : Два+Три, 1996.
60. Управление проектами: Учебник для студентов экономических направлений / Под ред. В. Д. Шапиро. – СПб : Два+Три, 1996. – 610 с.
61. Воропаев В. И. Методы и средства управления проектами XXI века / В. И. Воропаев. – М. : СОВНЕТ, 1997. – 385 с.
62. Управление проектами: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 061100 «Менеджмент организаций» / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге; под общ. ред.. И. И. Мазура. – 4-е изд., стер. – Москва: Издательство «Олига - Л», 2007. – 664 с. – (Современное бизнес-образование).
63. Кошкін К. В. Управління проектами та організація віртуальних виробництв у суднобудуванні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.13.22 – управління проектами та розвиток виробництва / К. В. Кошкін– Миколаїв, 2001. – 30 с.
64. Кобиляцький Л. С. Управління проектами: Навч. посіб. / Л. С. Кобиляцький– К. : МАУП, 2002. – 200 с.
65. Поколенко В. О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами / В. О. Поколенко. // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності

будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип. 9. – 2001. – С. 44–51.

66. Поколенко В. О. Втілення інноваційної моделі управління інвестиціями в структурі інвестиційно-будівельної корпорації. / В. О. Поколенко, А. В. Безуха, А. В. Шпаков // Будівельні матеріали та вироби. – 2003. – № 3. – С. 13–19.

67. Поколенко В. О. Проблеми впровадження та економічної діагностики інновацій в будівельному комплексі України. / В. О. Поколенко, А. В. Шпаков, С. В. Федоренко // Будівництво України. – 2003. – № 2. – С. 23–26.

68. Данченко О. Б. Формалізація інформаційного середовища систем управління проектами будівництва складних енергетичних об'єктів / О. Б. Данченко, Ю. Г. Лега, Ю. М. Тесля, О. А. Палагіна, С. В. Черниш // Вісник ЧІТІ. – Черкаси: "Графія України", 2001. – № 1. – С. 118–123.

69. Вітлинський В. В. Ризик у менеджменті. / В. В. Вітлинський, С. І. Наконечний – К. : «Бори сфен-М», 1996. – 325 с.

70. Ильяшенко С. Н. Хозяйственный риск и методы его измерения: Учеб. пособ. / С. Н. Ильяшенко – Сумы : ВВП «Мрія - 1» ЛТД, 1996. – 102 с.

71. Лапуста М. Г. Риск в предпринимательской деятельности. / М. Г. Лапуста, Л. Г. Шаршукова – М. : ИНФРА – М, 1996. – 224 с.

72. Риски в современном бизнесе / [Грабовий П. Г., Петрова С. Н., Полтавцев С. И. и др.] – М. : Изд-во “Аланс”, 1994. – 200 с.

73. Хлобистов Є. Екологічна безпека і засади визначення ризику техногенних катастроф / Є. Хлобистов // Економіка України. – 2000. – № 6. – С. 38–46.

74. Ушацький С. А. Алгоритм розрахунку ефективності і ступеня ризику інвестиційних проектів / С. А. Ушацький, В. О. Поколенко, О. І. Рубова // 36. наук. праць. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Вип. 2. – К. : КДТУБА, 1997. – С. 35–38.

75. Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ. / Під ред. С. Д. Бушуєва, - 2-е вид., перероб. – К. : Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. – 198 с.

76. Ратушняк О. Г. Управління еколого-економічними ризиками в проектах енергозбереження / О. Г. Ратушняк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2006. – С. 149–153.

77. Данченко О. Б. Управління ризиком в проектах будівництва складних енергетичних об'єктів в умовах України / О. Б. Данченко // Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник Хар-

ківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Випуск 75. – Харків : ХДПУ, 2000. – 200 с. – С.23–28.

78. Данченко О. Б. Методи управління бюджетними ризиками при будівництві складних енергетичних об'єктів / О. Б. Данченко, О. М. Донець, І. І. Оберемок. // Управління проектами та розвиток виробництва, 2004. – № 3. – С. 58–66.

79. Дубров А. М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособ. / [А. М. Дубров и др] – М. : Финансы и статистика, 1999. – 176 с.

80. Кігель В. Р. Математичні методи прийняття рішень у ефективному підприємстві: монографія / В. Р. Кігель. – К. : ІЕУГП, 1999. – 269 с.

81. Прокопенко А. И. Экономико-экологическое моделирование. / Прокопенко А. И., Вайнер В. Г., Галкин В. Л.– Харьков : АО «Бизнес-информ», 1997. – 357 с.

82. Лялюк О. Г. Модель інтегрованого еколого-економічного управління інвестиційним процесом будівництва / О. Г. Лялюк, О. Г. Чухряєва // Вісник ВПП. – 2005. – №6. – С. 60–65.

83. Лялюк О. Г. Шляхи удосконалення управління еколого-економічними проблемами / О. Г. Лялюк, О. Г. Чухряєва // Інвестиційно-інноваційна модель розвитку економіки Вінниччини : регіональна наук.-практ. конф., лист. 2004 р. : матер. докл. – м. Вінниця, 2004 р. – С. 279–281.

84. Чухряєва О. Г. Організаційні підходи забезпечення екологічної безпеки на підприємстві / О. Г. Чухряєва // Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємства: II регіон. наук.-практ. конф., 24 бер. 2005р.: матер. конф. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – С.94–98.

85. Романова М. В. Управление рисками инновационной деятельности / М. В. Романова // Финансы и кредит. – 2001. - № 1. – С. 14–24.

86. Іллященко С. М. Управління екологічними ризиками інновацій: Монографія / С. М. Іллященко, В. В. Бложкова – Суми : ВДТ «Університетська книга», 2004. – 214 с.

87. Севрук В. Т. Анализ кредитного риска / В. Т. Севрук // Бухгалтерский учет. – 1993. – № 10. – С. 15–19.

88. Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой / [Под ред. А. П. Градова, Б. И. Кузина]. – Спб : Специальная литература, 1996. – 510 с.

89. Ілляшенко С. Н. Метод експертних оцінок при виборі партнерів для делового співробітництва / С. Н. Ілляшенко // Економіка України. – 1996. – № 7. – С. 83–85.

90. Ильяшенко С. Н. Выведения нового товара на рынок. Фактора риска / С. Н. Ильяшенко // Машиностроитель. – 1997. – № 9. – С. 51–54.
91. Леонтьев В. В., Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду / В. В. Леонтьев, Д. Форд // Экономика и математические методы. – 1972. – Т.8. – № 3. – С. 370–400.
92. Степанова Н. Математическое моделирование при непрерывном культивировании. / Н. Степанова, Ю. Романовский, Н. Иерусалимский – ДАН СССР 163 (1965), № 5. – С. 1266–1269.
93. Митюшкин Ю. И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 145 с.
94. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн– Винниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.
95. Волочай О. Не дай себе замерзнуть! / О. Волочай // Строительство и реконструкция. – 2007. – № 3. – С.30–34.
96. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования: ГОСТ 16381–77* – [Чинний від 01.07.77.]
97. Момот И. Тепло! // Строительство и реконструкция. – 2004. – № 10. – С.24–30.
98. Шойхет Б. М. О технических требованиях к волокнистым теплоизоляционным материалам в строительстве / Б. М. Шойхет, Л. В. Ставрицкая, Е. Г. Овчаренко // Энергосбережение. – 2002. – № 1.
99. Монастырев П. В. Физико-технические и конструктивно-технологические основы термомодернизации ограждающих конструкций жилых зданий: диссертация на получение доктора тех. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / П. В. Монастырев. – Тамбов, 2005. – С.85–90.
100. Любимова О. Теплый прием / О. Любимова // Строительство и реконструкция. – № 12. – 2007. – С. 48–51.
101. Противопожарные нормы: СНиП 2.01.02-85. – [Чинний від 01.01.87.]. – Держбуд СРСР.
102. Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість: ДСТУ Б В.2.7-19-95
103. Технічні характеристики теплоізоляційних матеріалів // Ринок інсталяцій. – № 12 (84). – 2003. – С.27.
104. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. / [Бобров Ю. Л., Овчаренко Е. Г., Шойхет Б. М., Петухова Е. Ю.] – М. : ИНФРА–М, 2003. – 268 с.

105. Ананьев А. И. Влияние различных факторов на долговечность конструкций, утепленных пенополистиролом / А. И. Ананьев, О. И. Лобов, В. П. Можаяев, П. А. Вязовеченко // Жилищное строительство. – № 3. – 2003. – С. 5–10.
106. Технологія будівельного виробництва: Підручник / [В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та ін.]; За ред. В. К. Черенка, М. Г. Ярмоленко. – К. : Вища шк., 2002. – 430 с.
107. Мацієвська А. Матеріали для термореновації будинків / А. Мацієвська // Ринок інсталяцій. – 2003. – № 12. – С.11–13
108. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навч. посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк – Вінниця : ВНТУ, 2006. –106 с.
109. Илларионов В. Ф. Теплосберегающее домостроение / В. Ф. Илларионов // Жилищное строительство. – 2003. – № 3. – С.17–18.
110. Шилов Н. Н. Об экономии энергоресурсов и о материалах для утепления зданий / Н. Н. Шилов // Жилищное строительство. – 2004. – № 2. – С.16–18
111. Пономарев О. И. О техническом состоянии наружных стеновых панелей / О. И. Пономарев, А. В. Мслоу, О. М. Мартынов // Жилищное строительство. – 2004. – № 1. – С.10–12.
112. Несен Л. М. Еколого-економічна оцінка теплоізоляційного матеріалу «Екофібер» / Л. М. Несен, О. Г. Ратушняк // Будівництво України. – 2007. – № 5. – С.30–33.
113. Антонова Г. В. Утепление жилого дома / Г. В. Антонова // Жилищное строительство. – 2004. – № 1. – С.26–30.
114. Результаты исследования эффективности различных систем теплоизоляции, применяемых в строительном производстве Украины. Киев – 2005.
115. Ратушняк Г. С. Еколого-економічне обґрунтування вибору теплоізоляційних матеріалів для термореновації будівель / Г. С. Ратушняк, О. Г. Чухряєва // Вісник ВПІ. – 2005. – № 3. – С.31–34.
116. Чухряєва О. Г. Обґрунтування еколого-економічної доцільності оздоблювальних матеріалів для житлового будівництва / О. Г. Чухряєва // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2005. – С. 216–221.
117. Чурьянов Н. С. Способ оценки фактической величины приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий / Н. С. Чурьянов // Строительные материалы,

оборудования, технологии XXI века. – М. : ООО «РИА Композит», 2003. – № 12. – С.20–21.

118. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань: ДСТУ Б.В.2.7-38-95. – [Чинний від 03.04.96.]. – К.: Держкоммістобудування України.

119. Бешинська О. В. Оцінка фактичної якості теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій існуючих будівель / О. В. Бешинська, О. Г. Ратушняк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Київ. : КНУБА. – 2006. – Вип. 9. – С.107–111.

120. Ратушняк Г. С. Моделювання надійності системи теплопостачання на основі лінгвістичної інформації / Г. С. Ратушняк, О. А. Левицький, О. Г. Ратушняк // Сучасні технології, матеріали, і конструкції в будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004 – С. 179–192.

121. Азарова А. О. Математичні моделі ризику для системи підтримки прийняття рішень. Монографія. / А. О. Азарова, С. В. Юхимчук Вінниця : Універсам. – Вінниця, 2003. – 188с.

122. Ротштейн О. П. Проектування нечіткій баз знань. Лабораторний практикум та курсове проектування з дисципліни «Теорія нечітких множин та її застосування»: Навч. посібник. / О. П. Ротштейн, С. Д. Штовба – ВДТУ, 1999. – 63 с. Укр. мовою.

123. Ратушняк Г. С. Багатофакторний аналіз теплоізоляційних матеріалів для термореновації будівель на основі лінгвістичної інформації / Г. С. Ратушняк, О. Г. Чухряєва // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип. 8. – Київ. : КНУБА, 2005. – С.89–95.

124. Чухряєва О. Г. Модель багатофакторної еколого-економічної оцінки матеріалів для термореновації будівель / О. Г. Чухряєва // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2006. – № 1 – С.53–57

125. Чухряєва О. Г. Моделирование организационно-экономических аспектов обоснования термореновационных материалов для ресурсосберегающих строительных технологий / О. Г. Чухряєва // Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века: XIII Международный семинар Азиатско-Тихоокеанской академии материалов. Новосибирск, 19–21 сентеб. 2006г.: тези докл. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2006. – Т.1. – С.96–99.

126. Саати Т. Л. Взаимодействие в технических системах / Т. Л. Саати // Техническая кибернетика. – 1979. – № 1. – С.68–84.

127. Чухряєва О. Г. Позитивні та негативні наслідки для екологічності житлових об'єктів від їх термореновації / О. Г. Чухряєва // Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприєм-

ства: III регіон. наук.-практ. конф., 17 бер. 2006р. : матер. докл. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – С.44–46.

128. Saaty T. L. Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process. / T. L. Saaty– N.Y. : McGrawHill, 1990.

129. Saaty T. L. The Analytic Network Process./ T. L. Saaty – Pittsburgh : RWS Publications, 1996.

130. В. Г. Тоценко Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. / В. Г. Тоценко – Киев : Наукова думка, 2002. – 381 с.

131. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация системы: Пер. с англ. / Т. Саати, К. Керис– М. Радио и связь, 1991 – 224 с.

132. Ратушняк О. Г. Моделювання інтелектуальної підтримки організаційно-управлінського рішення в проектах термомодернізації будівель / О. Г. Ратушняк // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук.пр. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007. – № 4 (24). – С. 67–72.

133. Езерский Е. А. Инжиниринг в проектировании дополнительной защиты зданий: Сборник науч. трудов по мат. науч.-практ. семинара. Качество информационных услуг. / Е. А. Езерский, П. В. Монастырев, М. В. Монастырева – Тамбов: ТГТУ, 2002. – С. 46–51.

134. Монастырев П. В. Проектирование реконструкционных работ, направленных на снижение энергопотребления жилыми зданиями. / П. В. Монастырев // Мат. межд. наук.-практ. конференция. Строительство – 2000. – Ростов н/Д : РГСУ, 2000. – С. 55.

135. Ратушняк О. Г. САПР організаційного забезпечення вибору матеріалів для термореновації будівель на основі лінгвістичної інформації / О. Г. Ратушняк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 2. – С. 167–172.

136. Кривошеев П. І. Науково-технічні проблеми реконструкції житлових будинків / П. І. Кривошеев, Ю. С. Слісаренко // Реконструкція житла. – 2005. – Випуск 6. – С. 88–92.

137. Росковшенко Ю. К. Мінімальний опір теплопередачі будівельних огорожувальних конструкцій / Ю. К. Росковшенко, М. В. Степанов // Будівництво України. – 2005. – №2. – С. 41–44.

138. Франівський А. А. Инвестиции в реконструкцию «пятиэтажек» / А. А. Франівський // Строительство и реконструкция. – 2003. – № 6

139. Педан М. П. Управление экономикой строительства. / М. П. Педан, П. С. Рогожин, Н. А. Скурський – К. : Вища школа, 1990. – 635 с.

140. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження: ДСТУ 2155-93. – [Чинний від 01.01.95] – К. : Держстандарт України, 1994. – 18 с.
141. Бирман Г. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, Т. Шмид; [Пер. с англ. под ред. Л.П. Белых.] – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 631с.
142. Экономия энергии – новый ее источник (Экономические возможности и альтернативные технологии) / [под. общ. ред. К.М. Мейер-Абиха]. – М. : Прогресс. 1982. – 384 с.
143. Черных Л. Ф. Опыт повышения сопротивления теплопередаче стен и окон жилых зданий/ Л. Ф. Черных // Доповіді другої всеукр. науково-практичної конференції «Енергозбереження в будинках і спорудах.» – К. : Київ ЗНДІЕП, 1998. С.51–53.
144. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. / М. П. Ковалко, М. П. Денисюк. – К. : УЕЗ, 1998. – 506 с.
145. Ратушняк О. Г. Управління вартістю в проектах термомодернізації будівель з врахуванням еколого-економічних ризиків/ О. Г. Ратушняк // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук.пр. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. – № 1 (25). – С. 18–21.
146. Чухряєва О. Г. Еколого-економічна оцінка інвестиційних проектів термореновації житлових будинків / О. Г. Чухряєва // Економіка: проблеми теорії та практики. – 2005. – Вип. 210. – Т1. – С. 32–37
147. Ратушняк О. Г. Оцінка організаційно-технологічної ефективності проектів термореновації будівель / О. Г. Ратушняк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2007. – № 1 – С. 192–196.

Наукове видання

Ольга Георгіївна Ратушняк

УПРАВЛІННЯ ЗМІСТОМ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Монографія

Редактор

Оригінал-макет підготовлено О. Г. Ратушняк

Підписано до друку
Формат 29,7×42¹/₄ Папір офсетний
Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам №

Вінницький національний технічний університет,
Науково-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009