

Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк

**УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ
ПРОЕКТАМИ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ
БУДІВЕЛЬ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Г. С. Ратушняк
О. Г. Ратушняк

**УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ
ПРОЕКТАМИ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ
БУДІВЕЛЬ**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів спеціальності
«Теплогазопостачання і вентиляція» вищих
навчальних закладів

УНІВЕРСУМ-Вінниця 2009

УДК 728.1
Р 25

Рецензенти:

В. П. Корбут, доктор технічних наук, професор (КНУБА)

Е. С. Малкін, доктор технічних наук, професор (КНУБА)

С. Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

Рекомендовано до видання Міністерством освіти і науки України.
Лист № 1.4/18-Г-19 від 09.01.09.

Ратушняк Г. С., Ратушняк О. Г.

Р 25 **Управління енергозберігаючими проектами термореновації будівель.**
Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 130 с.

ISBN

Розглянуто загальні положення про управління проектами енергозбереження та методи моделювання еколого-економічних ризиків в управлінні проектами. Наведено механізми управління проектами енергозбереження, моніторинг матеріалів для термореновації захисних конструкцій будівель з метою підвищення їх енергоощадності та методика еколого-економічної оцінки інвестиційних проектів термореновації житлових будинків. Пропонується методика інтелектуальної підтримки рішень при впровадженні інноваційних енергозберігаючих технологій. Методика ґрунтується на моделюванні за результатами віртуального експерименту механізму управління енергозбереженням шляхом обґрунтування еколого-економічної доцільності матеріалів для термореновації будівель. Викладається методика розроблення енергетичного паспорту будівлі.

Електронний варіант посібника, розміщений на сайті кафедри теплогазопостачання ВНТУ, <http://www.vstu.vinnica.ua/ua/kaf/tgp/>, рекомендується для дистанційної форми навчання.

УДК 728.1

ISBN

© Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк, 2009

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Передмова..... | 4 |
| 1 Принципи управління проектами енергозбереження..... | 6 |
| Загальні положення про управління проектами енергозбереження..... | 6 |
| Напрямки удосконалення управління проектами енергозбереження в житловому будівництві | 16 |
| 2 Методологія управління проектами енергозбереження..... | 23 |
| Механізми управління проектами енергозбереження..... | 23 |
| Моніторинг матеріалів для термореновації захисних конструкцій будівель з метою підвищення їх енергоощадності..... | 30 |
| Еколого-економічна оцінка інвестиційних проектів термореновації житлових будівель..... | 45 |
| 2.4 Методи моделювання еколого-економічних ризиків в управлінні проектами..... | 52 |
| 3 Моделювання інтелектуальної підтримки організаційно-економічного механізму управління проектами енергозбереження при обґрунтуванні вибору матеріалів для термореновації будівель..... | 62 |
| Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів теплоізоляційних матеріалів..... | 62 |
| Ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термореновації будівель, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень..... | 62 |
| Побудова функції належності нечітких оцінок впливу параметрів еколого-економічної доцільності термореноваційних матеріалів..... | 67 |
| Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття рішень по управлінню організаційними механізмами підвищення енергоощадності будівель..... | 76 |
| Аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань, що впливають на організаційно-економічний механізм управління енергозбереженням..... | 85 |
| Методика підтримки прийняття управлінського рішення вибору матеріалу для термореновації будівель..... | 98 |
| 4 Енергетичний паспорт будинків..... | 101 |
| 4.1 Загальне положення про енергетичний паспорт будинків..... | 101 |
| 4.2 Розрахунки параметрів енергетичного паспорта будинків..... | 103 |
| 4.3 Визначення показників опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку..... | 111 |
| Словник | 116 |
| Література..... | 119 |
| Додатки..... | 124 |

ПЕРЕДМОВА

Поряд з екологічними проблемами все відчутнішою для людства стає загроза енергетичної кризи. В межах національної проблеми із забезпечення економічної та екологічної безпеки шляхом регулювання енергозбереження суттєва увага приділяється впровадженню інноваційних технологій в житловому будівництві. Це обумовлено тим, що Україна лише на 43% може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. На опалення 100 м² загальної площі житлових будинків щорічно витрачається приблизно 6...9 т. умовного палива, що в 1,5 рази більше ніж в США та 3 рази більше ніж в Швеції. Значні перевитрати паливно-енергетичних ресурсів є причиною забруднення навколишнього середовища викидами у повітря парникових газів, які утворюються внаслідок згорання органічного палива для одержання теплової енергії. Єдиний шлях стабілізувати стан енергоспоживання в Україні та поліпшити стан довкілля – це енергозбереження до 43-47% всього енергозбереження.

Існуюча система вітчизняного управління енергозбереженням не відповідає сучасним вимогам і потребує подальшого вдосконалення організаційно-економічного механізму. Немає науково обґрунтованих методів інтелектуальної підтримки прийняття рішень при управлінні проектами організаційно-технологічних заходів із впровадження енергозберігаючих технологій в житловому будівництві. У зв'язку з цим є суттєва необхідність дослідження менеджменту при впровадженні енергозберігаючих технологій в будівельній галузі, що набуває особливої актуальності при обмеженому державному інвестуванні програм екологічної безпеки та регулювання енергозбереження при зростаючих цінах на енергоносії на світовому ринку.

Вирішення цих проблем потребує розробки математичних моделей науково обґрунтованого організаційно-економічного механізму управління енергоощадністю в житловому будівництві шляхом впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Однією з перспективних енергозберігаючих технологій є термореновація огорожувальних конструкцій будівель.

Існуючі на ринку послуг матеріали для термореновації огорожувальних конструкцій будівель характеризуються кількісними та якісними характеристиками. Їх основними теплофізичними характеристиками, що визначають енергоощадність та еколого-економічну привабливість, є теплопровідність, щільність, міцність на стискування, водопоглинання, сорбційна вологість, морозостійкість та паропроникність. Основними економічними показниками теплоізоляційних матеріалів є вартість матеріалу, вартість та трудомісткість робіт з термореновації будівель та довговічність. Екологічну безпечність матеріалів для

термореновації будівель визначають вогнетривкість, хімічна і біологічна стійкість та шкідливість. Вибір теплоізоляційного матеріалу з врахуванням природнокліматичних умов району будівництва, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів повинен виконуватися за результатами еколого-економічного моніторингу.

В навчальному посібнику розглянуто загальні положення про управління проектами енергозбереження та методи моделювання еколого-економічних ризиків в управлінні проектами. Наведені механізми управління проектами енергозбереження, моніторинг матеріалів для термореновації захисних конструкцій будівель з метою підвищення їх енергоощадності та методика еколого-економічної оцінки інвестиційних проектів термореновації житлових будинків. Пропонується методика інтелектуальної підтримки рішень при впровадженні інноваційних енергозберігаючих технологій.

Методика ґрунтується на моделюванні за результатами віртуального експерименту механізму управління енергозбереженням шляхом обґрунтування еколого-економічної доцільності матеріалів для термореновації будівель. Наукове обґрунтування підходу до проблеми управління ризиками в проектах енергозбереження ґрунтується на використанні теорії нечітких множин та лінгвістичної змінної, які базуються на ідеях професора О. П. Ротштейна. Експертно моделювальна система підтримки управлінських рішень з енергозбереження дозволяє враховувати кількісні та якісні характеристики при виборі матеріалів для термореновації будівель.

При викладенні матеріалу навчального посібника використана сучасна нормативна база України, результатами наукових досліджень та практичний досвід впровадження енергозберігаючих технологій в будівництві. При цьому використовувалися результати наукових досліджень О. Г. Ратушняк з питань, що стосуються організаційно-економічних механізмів управління проектами енергозбереження в житловому будівництві. Професором кафедри теплогазопостачання Г. С. Ратушняком написано передмову, аспірантом О. Г. Ратушняк написано главу 3, а глави 1, 2 та 4 написані спільно.

Матеріал посібника враховує специфіку програм дисципліни підготовки інженерів-будівельників. Посібник призначений для активізації самостійної роботи студентів та буде сприяти розвитку енергоощадного мислення в отриманні навичок та умінь при проектуванні інноваційних технологій. В зв'язку з цим окремі теоретичні положення мають специфічну методику викладення та супроводжуються прикладами, що роз'яснюють теорію та суть питань, що розглядаються. Автори щиро вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту даного навчального посібника.

1 ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

1.1 Загальні положення про управління проектами енергозбереження

Удосконалення форм і методів управління, модернізація організаційних структур – характерний процес сучасного розвитку економіки. Основними напрямками реструктуризації будівельного комплексу нашої держави є трансформація монополізованих організаційних форм управління, а також забезпечення інтеграції будівельної діяльності на основі інноваційних технологій, методів управління та залучення для співпраці сучасних галузей економіки. Проект енергозбереження – це система обумовлених його межами цілей з економії паливно-енергетичних ресурсів, створюваних або модернізованих для їхньої реалізації 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 кожного його із етапів (життєвих циклів проекту). Учасниками проекту є: державні органи; замовник як майбутній власник; організація, що фінансує проект, та підрядчики (проектні, будівельні та інші організації). Координація дій з реалізації кожної із фаз проекту здійснюється шляхом управління.

Управління проектом – 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 результатів з енергозбереження. Такими результатами є склад і обсяг робіт, вартість, термін впровадження результатів проекту, якість і задоволення учасників проекту з енергозбереження.

Інвестиційні проекти енергозбереження як система організаційно-правових та розрахунково-фінансових документів класифікують за такими ознаками: масштаб, ступінь складності, строки реалізації, обсяги ресурсів, місце й умови реалізації. Спрямованість інвестиційного проекту може бути комерційна, соціальна або пов'язана з державними інтересами.

Життєвим циклом проекту енергозбереження є період часу між моментом виникнення проекту і моментом його ліквідації. Життєвий цикл проекту ділиться на основну діяльність та його забезпечення. Основна діяльність щодо реалізації проекту передбачає доінвестиційні дослідження, планування проекту, розробку проектно-кошторисної документації, проведення торгів і укладання контрактів, будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи, здавання проекту, експлуатацію проекту, закриття проекту. Забезпечення проекту включає такі блоки:

організаційний, правовий, кадровий, фінансовий, матеріально-технічний, маркетинговий й інформаційний.

В доінвестиційній фазі проекту виконуються такі роботи: вивчення прогнозів і напрямків розвитку програми енергозбереження; аналіз умов для втілення початкового задуму та розробка концепції проекту; оцінка життєздатності проекту; вибір і обґрунтування місця розташування проекту; екологічне обґрунтування; експертиза; попереднє інвестиційне рішення; розробка попереднього проекту.

Інвестиційну фазу проекту складають такі блоки робіт: розробка проектно-документації та підготовка для реалізації, проведення тендерів на проектно-дослідні роботи; поставка устаткування і підрядні роботи та укладання відповідних контрактів; будівельно-монтажні роботи, пусконаладжувальні та експлуатаційні роботи.

На етапі розробки концепції проекту енергозбереження визначаються кінцеві цілі проекту та шляхи їх досягнення. При цьому обов'язково передбачається можливість формування альтернативних цілей проекту з урахуванням не тільки екологічних чинників, а також політичних, соціальних і технічних. При визначенні кінцевих цілей проекту враховують їх масштаби, терміни реалізації та прибутки. При попередньому техніко-економічному обґрунтуванні розглядають два – три альтернативних варіанти. Кожна альтернатива оцінюється за певними критеріями: граничні умови, вартість проекту, екологічність проекту тощо.

План реалізації проекту енергозбереження розробляється за участю усіх зацікавлених сторін і є структурно визначеною послідовністю етапів робіт: види робіт та їх виконавці, характер робіт та термін виконання. План реалізації проекту розглядається, схвалюється та затверджується всіма учасниками. На цьому етапі проекту призначається керівництво роботою з реалізації проекту, створюються організації для роботи над втіленням проекту, вибираються експлуатаційні характеристики майбутніх об'єктів проекту. План реалізації проекту передбачає виконання кліматичних, інженерно-геологічних, екологічних та економічних досліджень та одержання документів, що дозволяють проведення робіт.

Виконується експертна оцінка обсягу робіт та коштів на реалізацію проекту. Підбір потенційних виконавців проекту здійснюється з врахуванням таких критеріїв: функціональні та архітектурні переваги передпроектних напрацювань; вартісні показники проекту; реальні інженерно-технічні можливості організації; надійність організації як партнера щодо реалізації попередніх проектів та її фінансове становище. Юридичні відносини між підрядними організаціями щодо реалізації проекту оформляються контрактом.

Тривалість життєвого циклу проекту визначається обсягом та трудомісткістю робіт окремих його фаз, які є своєрідними міні-проектами з новими цілями та обмеженнями. Тривалість концептуальної фази проекту

складає 3% від загального часу, фази планування – 5%, фази проектування – 20%, фази будівництва – 60%, завершальної фази – 12%. Трудомісткість реалізації проекту поступово зростає у трьох перших фазах, різко збільшується у фазі будівництва та зменшується на завершальній фазі. Основні фази життєвого циклу проекту та їх тривалість залежно від виду будівництва наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Фази життєвого циклу проекту

| Види будівництва | Тривалість реалізації проекту фаз, роки | | |
|--|---|---------------------------------------|-------------|
| | Концептуальна фаза | Контрактна фаза і робоче проектування | Будівництво |
| Приватний сектор | | | |
| 1. Житлові будинки | 0,5-6 | 0,5-4 | 0,5-1,5 |
| 2. Промислові об'єкти | 0,5-2 | 0,5-2,5 | 0,5-2 |
| 3. Комерційні будівлі | 1-10 | 1-4 | 0,5-3 |
| Державний сектор | | | |
| 1. Житлові багатоквартирні будинки | 1-4 | 1-3 | 1-4 |
| 2. Великі будівлі ділового призначення | 1-7 | 1-3 | 1,5-2,5 |
| 3. Невеликі та середні будівлі (контори, телефонні станції, публічні бібліотеки) | 0,5-3 | 0,5-2 | 0,5-1,5 |
| 4. Навчальні заклади | 1-4 | 0,5-3 | 0,5-2,5 |
| 5. Лікувальні установи | 1-5 | 0,5-4 | 0,5-5 |
| 6. Дороги та гавані | 1,5-10 | 1-4 | 0,5-3 |
| 7. Об'єкти водопостачання та каналізації | 1-4 | 0,5-3 | 0,5-2,5 |

Структура будівельного проекту з енергозбереження – 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. Основні завдання структуризації проекту передбачають:

- розбивку проекту на окремі блоки, що піддаються управлінню в процесі реалізації;
- розподіл відповідальності на різноманітні елементи проекту та корегування робіт із структурою організації;
- точна оцінка необхідних витрат часу, коштів і матеріальних ресурсів;

- створення єдиної бази для планування, складання кошторисів і контролю за витратами;
- погодження видів робіт проекту із системою ведення бухгалтерських рахунків в компанії;
- перехід від загальних до конкретно визначених завдань, що виконуються підрозділами компанії;
- забезпечення своєчасного та якісного виконання комплексів робіт з реалізації проекту.

Структуризація проекту – це певна послідовність дій з його реалізації, яка наведена на рис. 1.1.

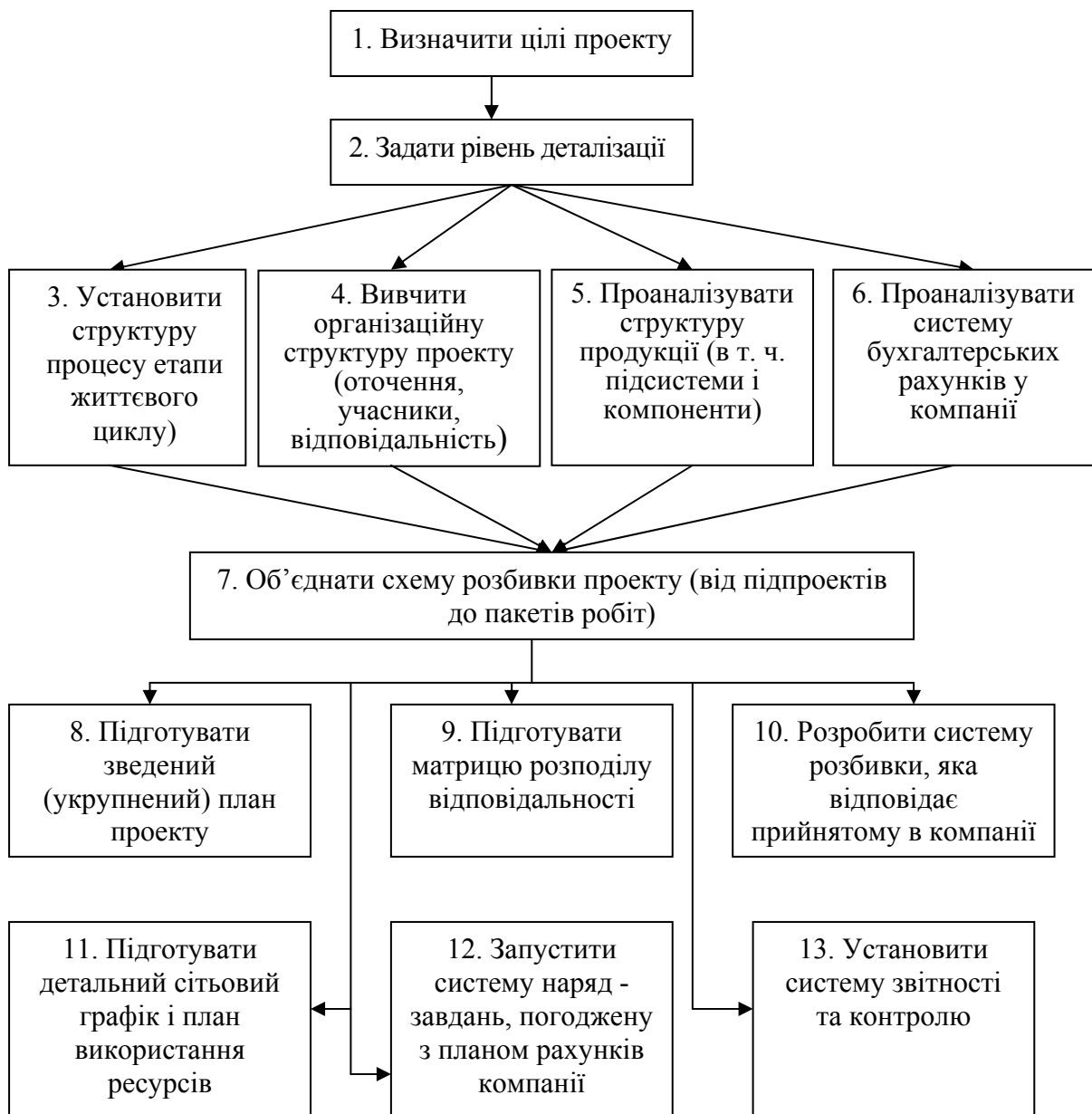


Рисунок 1.1 - Етапи планування і реалізації проекту

На організацію роботи щодо реалізації проекту впливають такі його властивості:

- проект виникає, існує та розвивається при взаємодії з зовнішнім середовищем, яке становить його оточення;
- склад проекту змінюється в процесі його реалізації та розвитку, а також в ньому можуть видалятися старі та з'являтися нові елементи;
- проект може бути поділений на складові елементи, що потребують певних зв'язків між собою.

Розгорнута схема оточення проекту з врахуванням перехідної зони між зовнішнім середовищем, через яку здійснюється зв'язок і переміщення елементів, що беруть участь в роботі з його реалізації наведено на рис.1.2.

Учасниками проекту, які забезпечують реалізацію проекту, може бути одна або декілька організацій зі своїм ступенем участі і мірою відповідальності за його реалізацію. Основними учасниками проекту є замовник (фізична або юридична особа), інвестор, проектувальник та підрядник. Планування, контроль і координацію робіт учасників проекту здійснює менеджер проекту.

Основним інструментом управління проектами є управлінське рішення, яке ґрунтується на фундаментальних законах управління:

- ці рішення повинні бути спрямовані на досягнення цілей, визначених проектом;
- управляти можна тільки частиною проекту, що не реалізована.

В процесі реалізації життєвих циклів проекту через неповноти й неточності інформації можуть виникати негативні ситуації та наслідки, що призводять до невизначеності та ризиків. Невизначеність обумовлюється неповнотою інформації про умови реалізації проекту, включаючи витрати і результати. Причиною ризику є невизначеність, яка пов'язана з можливістю виникнення в ході реалізації проекту несприятливих ситуацій та наслідків.

Ризик – це загроза втрати підприємством частини своїх ресурсів, недоотримання доходів чи появи додаткових втрат в результаті здійснення конкретних видів діяльності, які негативно впливають на навколишнє середовище.

Управління ризиками включає: аналіз ризиків, розроблення плану управління, організацію, регулювання, контроль і аналіз результатів управління.

Факторами невизначеності та ризиків проектів енергозбереження 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 з 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.

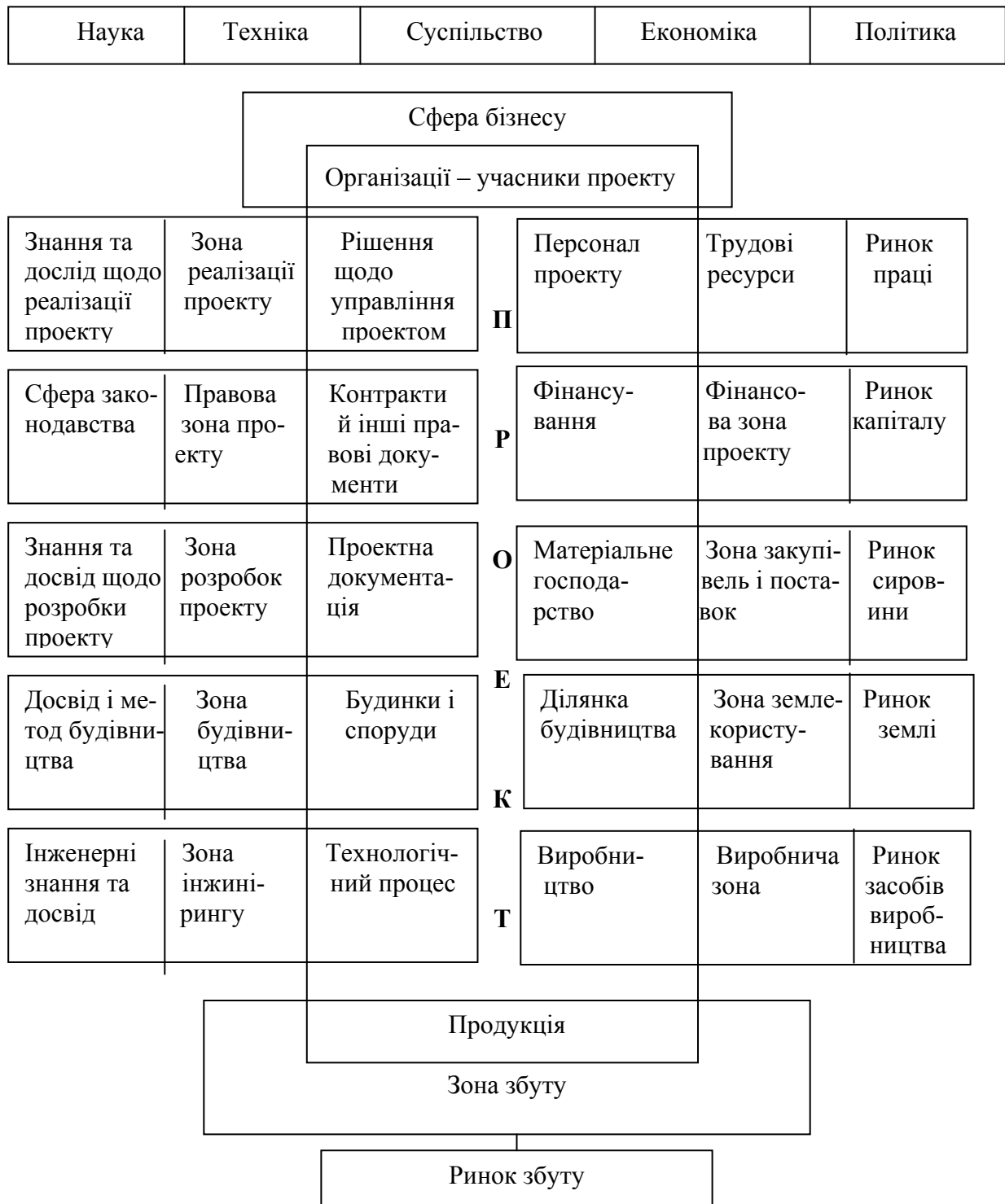


Рисунок 1.2 - Розгорнута схема проекту та його оточення

Якісний та кількісний аналіз ризику виконує замовник, інвестор та підрядник. При якісному аналізі ідентифікують фактори, ділянки й види ризику, а при кількісному – визначають чисельні параметри окремих ризиків і ризику проекту в цілому.

Аналіз ризиків виконують з використанням методу аналогій чи статистики. Метод аналогій використовують при наявності репрезентативних даних виконаних раніше проектів. Статистичний метод доцільний для визначення очікуваної тривалості кожної фази життєвого циклу проекту.

Система управління ризиком – це дії, спрямовані на зменшення впливу на кінцеві результати від впровадження проекту. Ця діяльність передбачає захист суб'єктів інноваційного процесу від дії ризиків, що загрожують прибутковості, та сприяє вибору оптимального рішення. Якісне управління ризиком підвищує шанси досягнення позитивних успіхів від реалізації проекту. Управління ризиками включає декілька етапів (рис.1.3).

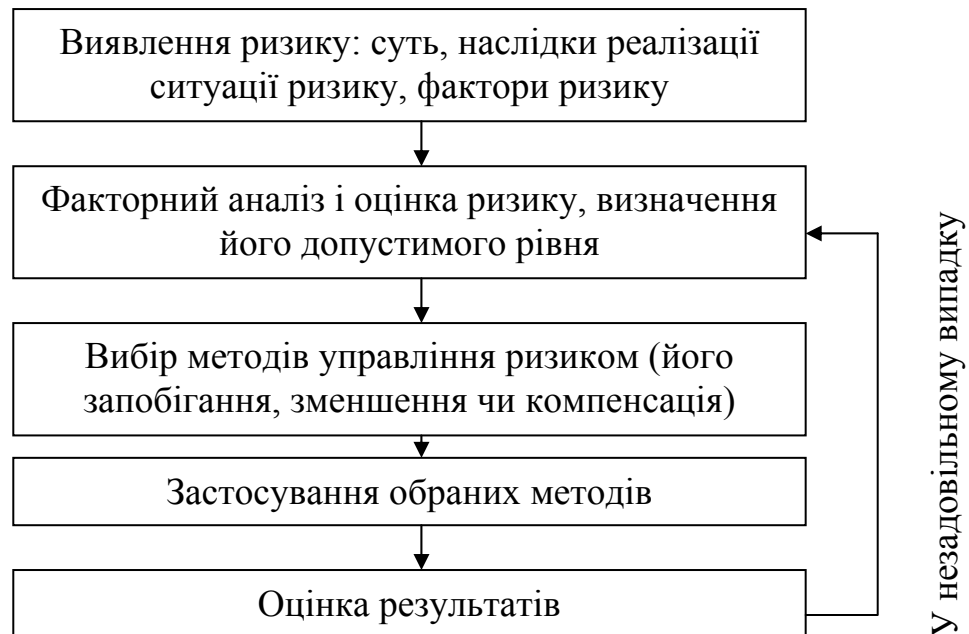


Рисунок 1.3 – Етапи процесу управління ризиком

На першому етапі процесу управління виконується ідентифікація ризику. При цьому визначаються види ризику конкретної енергозберігаючої інновації, а саме ступінь, наслідки реалізації та фактори, що визначають рівень ризику.

На другому етапі проводиться факторний якісний та кількісний аналіз і багатофакторна оцінка ризику за такими його ознаками: за сферами проявлення (економічний, екологічний, соціальний, технологічний); за видами діяльності (ресурсний, виробничий, фінансовий, інвестиційний); за масштабами впливу (регіональний, галузевий, окремого

господарюючого суб'єкта); за джерелами виникнення (систематичний, несистематичний); за характером самого ризику (активної чи пасивної діяльності). Визначаються допустимі межі ризику та загальна інтегральна оцінка. Наслідки ризику порівнюють із соціально-економічними перевагами інноваційного проекту. Можливі три варіанти прийняття рішення: ризик може бути повністю допустимий, частково допустимий та повністю недопустимий.

На третьому етапі вибирають конкретні методи зниження ризиків при впровадженні інноваційного проекту. Четвертий етап – прийняття регульовального рішення, яке передбачає визначення конкретних управлінських заходів згідно з проектними пропозиціями на третьому етапі процесу управління ризиком.

Інновації, пов'язані з сучасними енергозберігаючими науковими розробками, вже на стадії проектування повинні бути оцінені з метою визначення їх ризиків, особливо екологічних. Екологічна безпечність виробництва та притаманні йому екологічні ризики впливають на ринкову вартість проекту. Ефективне управління екологічними ризиками інновацій дозволяє підвищити інвестиційну привабливість проектів енергозбереження.

Для зниження ризику і пов'язаних з ним негативних наслідків створюється система організаційно-економічних стабілізуювальних механізмів. Ці механізми потребують від учасників проекту додаткових витрат, величина яких визначається умовами реалізації проекту та ступенем можливості ризику. Комплекс механізмів для зниження ризику проекту наведено на рис. 1.4.

Реалізація проекту енергозбереження ґрунтується на методі системного управління якістю. Цей метод передбачає здійснення таких процедур: аналіз на основі обстеження фактичного стану будівлі; вибір системи управління якістю та розробка програми якості, конкретизація з зацікавленими сторонами заходів з управління програмою якості; реалізація програми якості з періодичною перевіркою результатів та внесенням, при необхідності, уточнень; визначення ступеня задоволеності споживачів продукцією проекту.

Результативне управління інвестиційними проектами енергозбереження може здійснюватися на основі достовірної інформації. Сучасні інформаційні технології дозволяють забезпечити процеси прийняття управлінських рішень з енергозбереження в конкретній ситуації на основі оперативної і достатньо повної інформації.

Управління інформаційними потоками в проектах енергозбереження повинно забезпечувати своєчасне отримання, збирання, поширення, зберігання і кінцеву реалізацію інформації. Воно також забезпечує зв'язки між суб'єктами господарської діяльності для обміну ідеями та інформацією, що необхідно для успішної реалізації проекту.

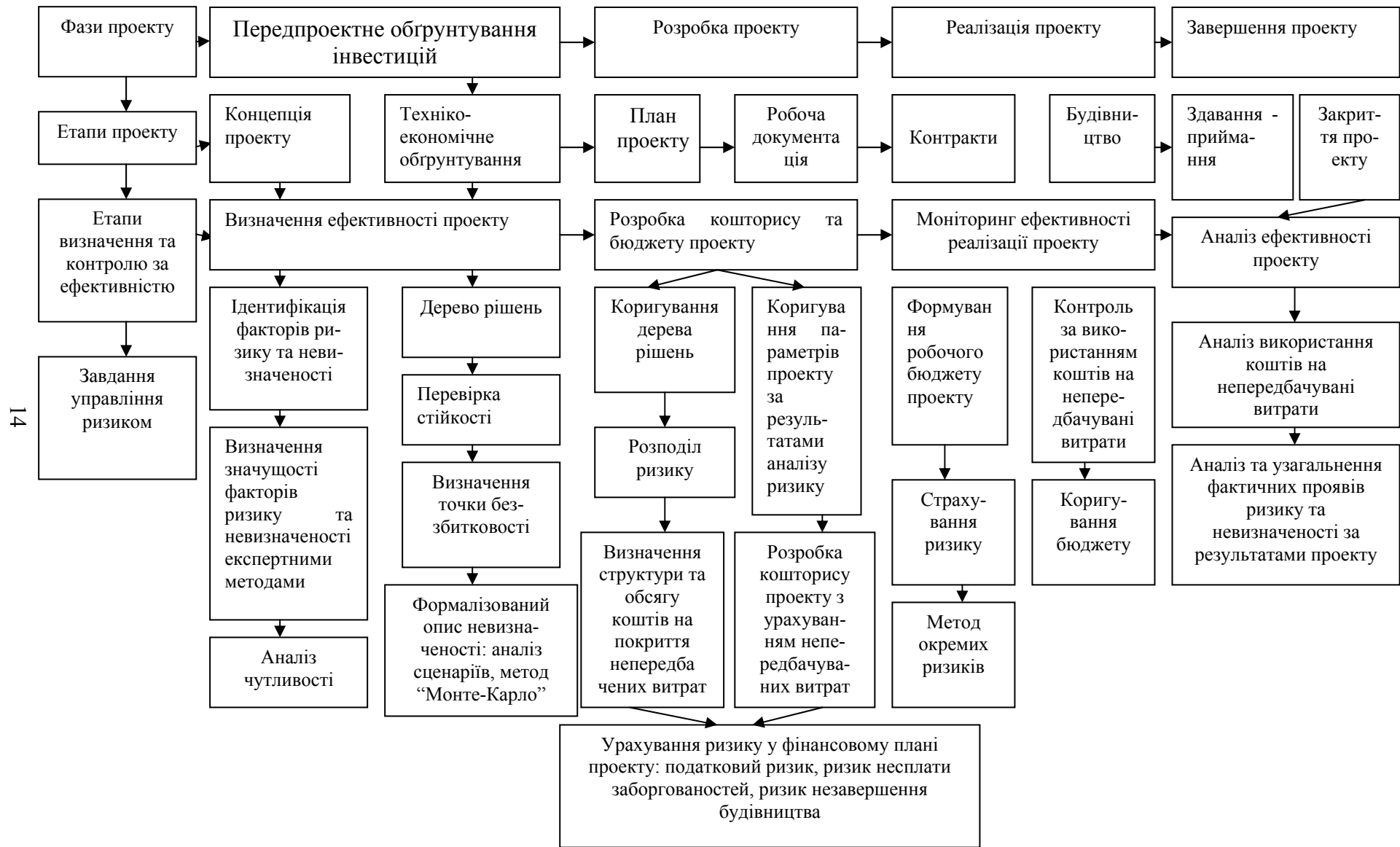


Рисунок 1.4 - Комплекс механізмів для зниження ризику проекту

Традиційні схеми управління повинні бути доповнені сучасними системами автоматизованого управління інвестиційними проектами, що дозволяють здійснювати поточний контроль та допомагають знаходити вихід з непередбачених ситуацій. Для того, щоб вибрати оптимальну стратегію управління проектами енергозбереження, щоб синтезувати комплекс оптимальних оптимально-технологічних заходів, спрямованих на поліпшення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівель, необхідно ідентифікувати адекватну математичну модель еколого-економічних ризиків.

Невід'ємною частиною проекту з енергозбереження є концепція організаційно-економічного управління його якістю на всіх життєвих циклах. Контроль якості – це комплекс технічних та технологічних заходів щодо перевірки, аналізу і внесення необхідних коригувальних впливів. Методи організації бездефектних процесів на основі методології управління проектами ґрунтується на таких основних принципах: якість – невід'ємний елемент проекту в цілому, а не самостійна функція управління; для реального підвищення якості потрібні інноваційні енергозберігаючі технології; завжди ефективніше контролювати якість процесу впровадження інноваційних технологій, а не кінцевий результат; якість – це те, що диктує споживач, а не виробник; відповідальність за якість повинна бути адресною.

Метод системного управління якістю проектів передбачає: обмеження виробництва та вибір за результатами аналізу фактичного стану системи управління якістю і розроблення програми якості; розроблення рекомендації з реалізації програми якості, в яких пропонується механізм функціонування систем управління якістю; узгодження програми реалізації якості з замовником; внесення необхідних коректив та прийняття рішення щодо її реалізації; періодична перевірка результатів під час реалізації програми якості та внесення необхідних уточнень.

Процес реалізації системного управління якістю проекту передбачає порівняння поточного рівня якості з запланованим. Підґрунтям для порівняння є інформація про результати врахування й аналізу витрат, які необхідні для забезпечення якості проекту. Відповідно до функцій витрати бувають: попереджувальні, які призначені для задоволення вимог замовника щодо виробництва якісної продукції; інформаційні, які пов'язані з інформованістю замовника щодо розвитку процесу реалізації проекту в запланованому напрямку; на усунення дефектів, що виникають через внутрішні причини і націлені на корегування процесу реалізації проекту і доведення якості продукції, яка передбачена нормативами.

Процес управління якістю проектів здійснюється з використанням сучасних комп'ютеризованих інформаційних технологій при вирішенні таких питань: моделювання з метою оптимізації розподілу у часі та за

видами продукції витрат, пов'язаних із забезпеченням якості; визначення видів і вартості окремих життєвих циклів проекту, що передбачають підвищення витрат; дослідження динаміки зміни собівартості продукції та ступеня задоволеності споживачів продукцією проекту.

1.2 Напрямки удосконалення управління проектами енергозбереження в житловому будівництві

Галузь будівництва має надзвичайно важливе значення для динамічного розвитку і розв'язання цілого комплексу соціальних проблем. Житлове будівництво у більшості економічно розвинутих країн світу є однією з провідних галузей економіки, а розміри капіталовкладень у цю сферу становлять третину всіх інвестицій. Житлова проблема є однією із найгостріших соціально-економічних проблем в Україні. Середня забезпеченість житлом становить 21,6 м² загальної площі на одну особу, що у 2-2,5 рази менше, ніж у розвинутих країнах світу. Параметри енергозбереження будівель не відповідають сучасним вимогам.

Кожний третій будинок потребує капітального або поточного ремонту. Через недостатність бюджетних коштів капітальний ремонт житла комунальної власності в порівнянні з 1991 р. скоротився в декілька разів, а в ряді областей практично повністю зупинений.

За останні роки в Україні є позитивна динаміка зростання обсягів інвестицій в основний капітал у більшості видів економічної діяльності. Намітилась позитивна тенденція до збільшення обсягів житлового будівництва. За останніх 5 років інвестиції у житлове будівництво зросли у 3 рази (рисунок 1.5).

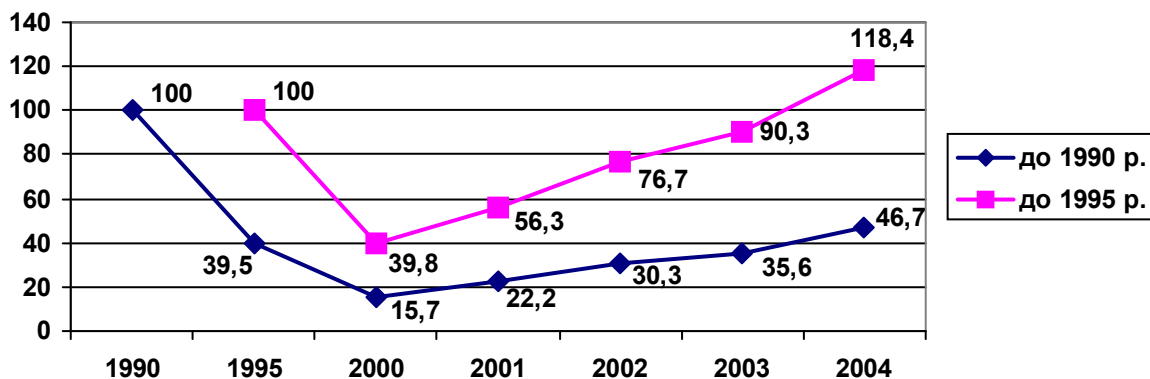


Рисунок 1.5 – Індеси обсягів інвестицій в основний капітал у житлове будівництво, %

Метою державної політики України є розробка програм регулювання енергозбереження, які б сприяли створенню сучасних організаційних форм управління відновленням та розвитком будівельного комплексу. Це дасть

можливість реалізувати державну програму розвитку енергозберігаючого житлового будівництва, яка передбачає введення в експлуатацію майже 50 млн. м² загальної площі.

Важливим напрямом поліпшення житлових умов усіх верств населення на перспективу є збільшення обсягів реконструкції і капітального ремонту житлового фонду, особливо житлових будинків перших масових серій індустріальної забудови 60-70 років, які не відповідають енергоощадним вимогам. На сучасному етапі розвитку архітектури житлових і громадських будинків традиційні архітектурно-будівельні системи (великопанельна, великоблочна, каркасна із збірного залізобетону та ін.) за своїми параметрами вже не відповідають новим вимогам щодо функціональних якостей об'єктів, показників енерго- і ресурсозбереження.

Основними завданнями щодо вирішення вказаних проблем є: розроблення й удосконалення нормативно-методичної бази з проектування і будівництва житлових будинків і комплексів, у тому числі для будівництва економічного житла; удосконалення архітектурно-планувальних, конструктивних та інженерних рішень житлових будинків на основі сучасних архітектурно-будівельних систем, матеріалів, технологій і обладнання; створення нової законодавчої та нормативно-технічної бази, а також інвестиційно-фінансового механізму для будівництва, реконструкції та капітального ремонту житлового фонду, в тому числі житлових будинків перших масових серій; поліпшення експлуатаційних якостей житла, економії основних будівельних матеріалів і енергоресурсів та здешевлення вартості будівництва житла.

Виконання вказаних робіт забезпечить умови для збільшення обсягів будівництва економічного і комфортного житла, покращення технічного стану існуючого житлового фонду за рахунок його реконструкції, капітального ремонту, зменшення витрат енергоресурсів на утримання житла. Крім того забезпечується стимулювання виробництва ефективних будівельних матеріалів і виробів на вітчизняних підприємствах, здешевлення вартості будівництва і житлово-комунальних послуг. Це в цілому забезпечить поліпшення житлових умов населення і забезпечить реалізацію нової енергозберігаючої житлової політики.

У зв'язку з тенденцією збільшення вартості енергоносіїв, а також особливостями централізованої системи теплопостачання, зараз набувають активного розвитку децентралізовані автономні системи опалення будинків і споруд, в яких значний економічний ефект досягається відсутністю капітальних витрат на будівництво протяжних теплових мереж та витрат паливно-енергетичних ресурсів при транспортуванні теплоносія тепловими мережами. Так, дахові газові котельні дають змогу економити до 40 % газу при їх експлуатації та мають термін окупності до 4-х років. Найбільш економічними є системи поквартирного опалення із

сучасним обладнанням котлами з коефіцієнтом корисної дії 90-92%, поширення яких з кожним роком зростає.

Сучасні технології дозволяють створити енергозберігаючі житлові утворення і житло, які забезпечують достойне людині життя та кардинально знижують негативний вплив на навколишнє середовище.

Екологічне житлове середовище – середовище житлових утворень, яке максимально гармоніє з природним середовищем, не забруднює і зберігає природу, використовує відновлювальні джерела енергії і являється ресурсозберігаючим, забезпечене маловідходними інженерними системами і обладнанням, включає екологічно чисті будівельні і оздоблювальні матеріали і не наносить шкоди здоров'ю людини. При цьому в поняття “житлове середовище” включені території, житлові споруди і споруди суспільного обслуговування, інженерні мережі і споруди, транспортні комунікації.

Екологічний будинок (екодом) – будинок, який органічно вписується в природу, не викликаючи забруднення навколишнього середовища, ресурсозберігаючий (використовує відновлювальні джерела енергії; економить витрати води, тепла і ін.); економить витрати енергії не тільки на експлуатацію, але й на виробництво будівельних матеріалів і будівництво, включаючи хімічно і фізично нешкідливі будівельні матеріали; комфортний і здоровий для людини.

Ресурсозберігаючі житлові утворення – це житлові забудови і будівля, в яких використовуються відновлювальні джерела енергії (енергія сонця, вітру, тепла енергія землі і ін.), економляться витрати електроенергії, води, газу, твердого і рідкого палива, при цьому економляться витрати енергії не тільки на експлуатацію, але і на виробництво будівельних матеріалів і виробів, застосовуються безвідходні чи маловідходні інженерні технології.

Екологічні житлові утворення (екорайони, екоквартали, екокомплекси) – характеризуються достойними умовами проживання: чисте повітря, вода, ґрунт; відсутність шуму, невелика густина населення, використовується ландшафт; будівлі масштабні природному середовищу, будівельні матеріали екологічно чисті і біопозитивні, відходи утилізуються, використовуються маловідходні технології; застосовуються альтернативні джерела енергозбереження, які не забруднюють природу; використовуються екологічно чисті види транспорту і енергетики.

Екологічне житлове середовище – нове екологічне, технологічне і соціальне середовище (інженерна і соціальна інфраструктура) для функціонування будинків, поселень і міст, які не знаходяться в антагонізмі з природним середовищем.

Здорове житлове середовище – житлове середовище, яке гармоніє з фізіологічними, психологічними і соціальними потребами людини, сім'ї і суспільства.

Для України розвиток екологічного житла і створення екологічних житлових утворень має велике значення. По-перше, це зумовлено необхідністю в найближчий час переходу до стійкого розвитку з метою збереження цивілізації. По-друге, до кінця не вирішена житлова проблема, оскільки велика кількість сімей не мають власної квартири чи будинку і не можуть його придбати. По-третє, низька енергоефективність сучасних багатоповерхових будівель, які забезпечені централізованими системами інженерного обладнання, що є неефективними щодо енерговитрат. На енергозабезпечення таких будинків витрачається близько третини всієї спожитої енергії в країні. У екобудинках енерговитрати низькі чи нульові, додаткове виробництво електроенергії можливо шляхом використання поновлюваних джерел. По-четверте, екобудинки здатні забезпечити високий рівень побутового комфорту в будь-яких, у т.ч. позаміських, поселеннях, що зробить проживання в сільських поселеннях дуже привабливим. Таким чином, будівництво екологічного житла — стратегічно важлива науково-технічна, економічна, соціальна і політична задача, яка знаходиться на початковій стадії вирішення.

Суттєвими економічними аспектами будівельної галузі є радіаційна небезпека та зменшення техногенного навантаження на довкілля шляхом використання нетрадиційних і поновлювальних джерел енергії. Особливе значення мають чинники, що забезпечують екологічність житла за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій.

Протягом тривалого часу питанням енергозбереження в будівництві, як і в цілому в народному господарстві, потрібної уваги не приділялося. Як наслідок маємо значні витрати паливно-енергетичних ресурсів при експлуатації житлового фонду. В зв'язку з цим на державному рівні законом “Про енергозбереження” встановлено правові, економічні, соціальні і екологічні основи енергозбереження для усіх підприємств, об'єднань і організацій, розташованих на території України, а також для усіх громадян. Законом передбачено: створення економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних і фізичних осіб; здійснення державного регулювання діяльністю в області енергозбереження на основі приймання економічних, нормативно-технічних способів управління; науково обумовлені стандарти і нормативно використані паливно-енергетичні ресурси; дотримання енергетичних стандартів і нормативів при використанні палива і енергії; вирішення проблем енергозбереження в поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва.

Основною задачею науково-технічної програми „Енергозбереження в будівництві” 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 виконана така робота: переглянута номенклатура житлових будинків, громадських будинків і вилучені з використання морально застарілі, енергозатратні, які не відповідають тепловим вимогам, типові проекти; для проектів, які рекомендуються для використання, затверджені та використані технічні рішення теплоефективних захисних конструкцій; для можливості використання прийнятних конструктивних рішень затверджена і використовується Програма розвитку виробництва ефективних теплоізоляційних матеріалів і виробів для утеплення стін і трубопроводів теплових мереж. Київ ЗНІЕПом затверджені і введені в дію нові, значно наближені до сучасного закордонного рівня, нормативи опору теплопередачі захисних конструкцій, обов'язкові для проектування нових і реконструкції існуючих житлових і громадських будинків; введенні в дію нові нормативи питомого теплоспоживання всіх видів будинків або контрольні показники питомих втрат тепла на опалення 1 м^2 загальної площі, Вт/м^2 . Це дає можливість оцінювати теплову ефективність будинків в цілому ще на стадії розробки проектів і широкого використання в практиці експертних органів.

Затверджена і поетапно реалізується галузева науково-технічна програма „Енергозбереження в житлово-цивільному будівництві”. Основними чинниками регулювання енергозбереження в житлово-комунальному господарстві є:

- теплова ізоляція, збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій будинків; теплоізоляційні роботи щодо реконструкції будинків старої забудови; підвищення теплозахисту вікон і балконних дверей за сучасними вимогами із теплозахисту;

- модернізація систем тепло-, водопостачання (поступова заміна центрального тепlopостачання на індивідуальне тепlopостачання у блочно-модульному виконанні; впровадження там, де це економічно доцільно, децентралізованих джерел тепlopостачання; 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, 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 теплонасосним установкам, що забезпечують ефективну

утилізацію потенційного тепла навколишнього середовища, промислових і побутових стоків.

Досвід західних країн показує, що в умовах ринкової економіки одними тільки ринковими механізмами неможливо досягти результатів в управлінні енергозбереженням. Ці механізми енергозбереження повинні поєднуватись з використанням системи адміністративних та організаційних заходів. До них відносяться: створення умов для вільної конкуренції і прийняття антимонопольних законів; встановлення спеціальних норм і енергетичних стандартів на енергоспоживаюче обладнання, ефективність електропобутової і промислової техніки; об'єднання всіх служб нагляду за використанням енергоустановок, обладнання і самих ресурсів в один незалежний орган; організація правового регулювання енергозбереження шляхом закріплення в законодавчих актах економічних і адміністративних заходів в управлінні енергозбереженням; організація цільових фондів енергозбереження. Завдання та функції державного управління енергозбереженням визначаються цим законом і здійснюються за допомогою відповідних елементів управління (рис.1.6): 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.

Реалізація заходів із регулювання енергозбереження в житловому будівництві в аспекті забезпечення екологічності можлива шляхом організаційного забезпечення управління еколого-економічною якістю будівель. Це потребує наукового обґрунтування організаційної структури, яка могла б контролювати параметри енергоощадності та екологічності. Суттєвим є розроблення методики обґрунтування вибору еколого-економічних матеріалів для термореновації з метою впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення проекту енергозбереження.
2. Перерахуйте фази життєвого циклу проекту.
3. Охарактеризуйте етапи планування і реалізації проекту.
4. Проаналізуйте розгорнуту схему проекту та його оточення.
5. Дайте характеристику станів процесу управління ризиком.
6. Принципи класифікації методів контролю якістю.
7. Охарактеризуйте основні напрямки удосконалення управління проектами енергозбереження в житловому будівництві.
8. Розкрийте суть функціональної схеми управління енергозбереженням.

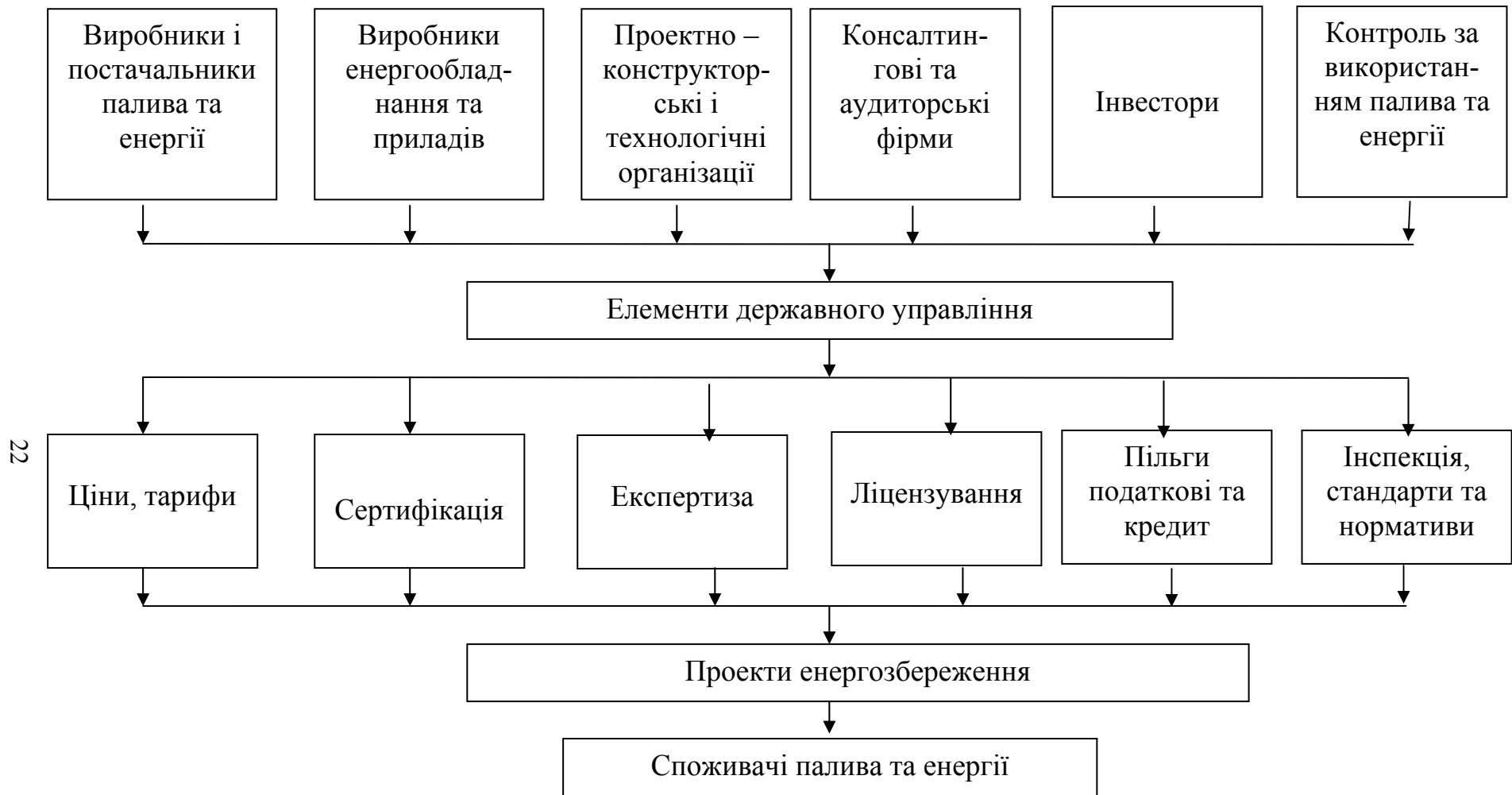


Рисунок 1.6 – Функціональна схема управління енергозбереженням

2 МЕТОДОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

2.1 Механізми управління проектами енергозбереження

В Україні значними є витрати паливно-енергетичних ресурсів при експлуатації житлового фонду. Сьогодні на одного мешканця в рік на утримання житла витрачається 1,3...1,4 т умовного палива, а на опалення 100 м² загальної площі житлових будинків в рік витрачається приблизно 5,6...8,7 т умовного палива. В розрахунку на 1 м² загальної площі на теплопостачання житла в Україні витрачається в 1,5 рази більше енергоресурсів, ніж в США і в 2,5...3,0 рази більше, ніж в Швеції.

Приблизно четверта частина палива, що спалюється в Україні, витрачається для теплопостачання житлових будинків. Значні витрати теплової енергії в Україні пов'язані з системами центрального теплопостачання, де спалюється більша частина палива (табл. 2.1), яка витрачається на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання.

Таблиця 2.1 – Розподіл теплової енергії між споживачами систем центрального теплопостачання на Україні з врахуванням втрат теплової енергії

| Джерело втрат | Втрата теплової енергії | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | млн. ГДж | частка в % |
| Опалення | 876 | 59,3 |
| Вентиляція | 23 | 1,5 |
| Гаряче водопостачання | 299 | 20,2 |
| Втрати: | | |
| - при виробництві тепла | 232 | - |
| - в теплових мережах | 47 | - |
| - загальні втрати | 247 | 19,0 |
| Взагалі | 1724 | 100 |

На сучасному рівні розвитку втрати тепла в будівлях можуть бути зменшені більш ніж на третину. Реалізувати ці резерви в повній мірі можливо за двома основними напрямками:

- утеплення захисних конструкцій будинків;
- модернізація систем теплоспоживання.

Найдоцільнішим є перший напрямок, після реалізації якого можна отримати ефект і для другого. Через захисні конструкції будинку, що опалюється, в атмосферу потрапляє значна кількість теплової енергії. Чим гірші теплоізоляційні якості захищень, тим більша втрата теплової енергії через них.

Залежність характеристики коефіцієнта теплопередачі багат шарової конструкції від її товщини наведена на рис. 2.1.

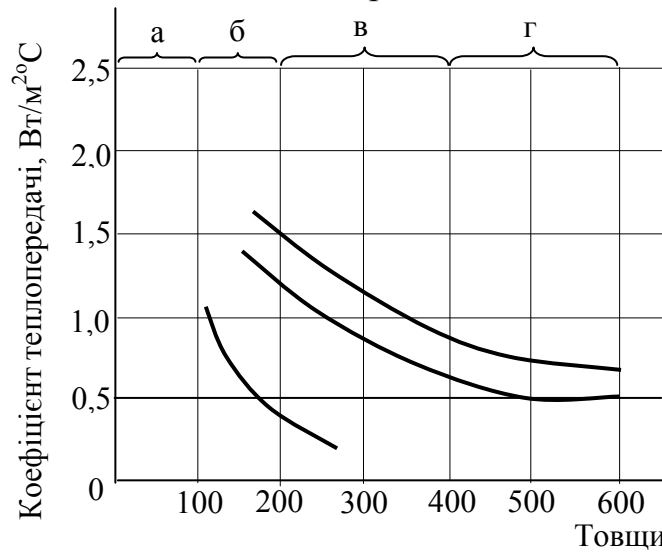


Рисунок 2.1 – Залежність характеристики коефіцієнта теплопередачі зовнішньої стіни (із шарів суцільної силікатної цегли, мінеральної вати та штукатурки) від загальної товщини стіни

На рис. 2.1 залежно від товщини стінки і її матеріалу виділені:

- а) зона надвисокої ефективності;
- б) зона високої ефективності;
- в) зона низької ефективності;
- г) зона неефективного будівництва.

Досвід реалізації енергозберігаючих програм в розвинутих країнах свідчить про необхідність розробки та реалізації комплексних механізмів управління та втілення в життя проектів енергозбереження з метою підвищення конкурентоспроможності та економічного росту. Складовими механізми управління проектами енергозбереження є правове регулювання, адміністративне управління, адміністративні та екологічні інструменти, розвиток інфраструктури енергозбереження, інструменти соціальної дії та управління інформацією (рис.2.2).

В усіх технічно розвинутих країнах протягом останньої чверті віку переглянуті вимоги нормативних документів до рівня теплозахисту будинків, які збільшуються з кожною новою редакцією. За кордоном проблема енергозбереження вирішується комплексно, за рахунок зниження енергоспоживання всіх побудованих та тих, що будуються, будинків. Найвищих результатів досягають при підвищенні теплозахисних якостей всіх зовнішніх захищень будинків: стін, покрить, перекриттів, заповнень світлових отворів.



Рисунок 2.2 – Складові механізми управління проектами енергозбереження

Такий підхід закріплений нормативами. За рахунок енергозбереження за останні 10...25 років у розвинутих країнах досягнуто зменшення енергоспоживання на експлуатаційні потреби будинків на 20%.

Основною задачею науково-технічної програми “Енергозбереження в будівництві” є зміни нормативної бази з метою підвищення теплозахисних якостей житлових будинків, переведення будівельної індустрії на використання енергоефективних теплоізоляційних матеріалів. З метою реалізації цих задач виконана така робота:

- переглянуто номенклатуру житлових будинків, громадських будинків і вилучено з використання морально застарілі, енергозатратні, які не відповідають тепловим вимогам, типові проекти;

- для проектів, які рекомендуються для використання, затверджено та використано технічні рішення теплоефективних захисних конструкцій;

- для можливості використання прийнятих конструктивних рішень затверджена і використовується Програма розвитку виробництва ефективних теплоізоляційних матеріалів і виробів для утеплення стін і трубопроводів теплових мереж;

- враховуючи різні кліматичні умови територія України диференційовано розділена на 4 кліматичні зони (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Поділ території України на температурні зони

| Температурні зони | Кількість градусодіб (г.-д.) | Географічний район (область України) |
|-------------------|------------------------------|---|
| I зона | >3501 | Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Житомирська, Вінницька, Київська, Чернігівська, Черкаська, Кіровоградська, Полтавська, Сумська, Харківська, Донецька, Волинська |
| II зона | 3001-3500 | Львівська, Івано-Франківська, Чернігівська, Дніпропетровська, Запорізька |
| III зона | 2501-3000 | Закарпатська, Одеська, Миколаївська, Північна частина Автономної республіки Крим |
| IV зона | <2500 | Південна частина Автономної республіки Крим |

- Київ ЗНІЕПом затверджено і введено в дію нові, значно наближені до сучасного закордонного рівня нормативи опору теплопередачі захисних конструкцій (табл. 2.3), обов’язкові для проектування нових і реконструкції існуючих житлових і громадських будинків;

- введено в дію нові нормативи питомого теплоспоживання всіх видів будинків або контрольні показники питомих втрат тепла на опалення 1 м² загальної площі, Вт/м², що дає можливість оцінювати теплову ефективність будинків в цілому ще на стадії розробки проектів і широко використовується в практиці експертних органів;

- затверджено і поетапно реалізується галузева науково-технічна програма “ Енергозбереження в житлово-цивільному будівництві”.

Таблиця 2.3 – **Нормативи опорів теплопередачі зовнішніх конструкцій житлово-громадських будинків і споруд нового будівництва, реконструкції і капітального ремонту**

| Захисні конструкції | Нормативні значення опорів теплопередачі захисних конструкцій, (м ² К)/Вт | | | |
|--|--|------|------|------|
| А. Нове будівництво | | | | |
| 1 Крупнопанельні, монолітні та об’ємно-блочні з утепленням: | | | | |
| а) з полімерних матеріалів | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| б) з мінераловати або інших матеріалів | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,8 |
| 2 Блочні: | | | | |
| а) з ніздрюватого бетону | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,5 |
| б) з пористим заповнювачем | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,3 |
| 3 Цегляні з керамічних каменів та дрібних блоків: | | | | |
| а) повнотілі з утепленням | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| б) багатошлінні | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| Покриття і перекриття | | | | |
| 4 Покриття і перекриття горищ (окрім “теплих”) | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,0 |
| 5 Перекриття над проїздами і холодними підвалами, які сполучені з зовнішнім повітрям | 3,0 | 2,9 | 2,4 | 2,2 |
| 6 Перекриття над підвалами, які не опалюються: | | | | |
| а) зі світловими отворами в стінах | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| б) без світлових отворів в стінах | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |
| Вікна і балконні двері | 0,5 | 0,42 | 0,42 | 0,39 |
| Б. Реконструкція, капітальний ремонт | | | | |
| 1 Зовнішні стіни | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| 2 Покриття і перекриття горищ | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| 3 Перекриття над проїздами і підвалами | Як для нового будівництва | | | |
| 4 Вікна і балконні двері | Як для нового будівництва | | | |

Значні тепловтрати, до 40%, несуть недосконалі конструкції вікон. Тому потрібно запроваджувати прогресивні теплозахисні вікна, які підвищують опір теплопередачі в 2,5...3 рази (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Витрати тепла за рахунок проникнення повітря через вікна

| Кратність повітрообміну | Оцінка інфільтрації | Річні втрати | |
|-------------------------|---------------------|--------------|------------|
| | | Тепла, ГДж | Мазуту, кг |
| 0,5 | мінімальна | 5,2 | 181 |
| 1,0 | допустима | 10,4 | 262 |
| 1,5 | надмірна | 15,6 | 393 |
| 2,0 | шкідлива | 20,8 | 524 |

Новими нормативами також підвищуються теплозахисні якості конструкцій перекриттів над підвалами, проїздами, а також покрить. Конструкції будівель, які опалюються з температурою до 18°C, повинні мати опори теплопередачі не більші за наведені в табл. 2.5.

Другий важливий напрямок економії енергоресурсів – це удосконалення систем інженерного забезпечення будинків та розроблення прогресивних технічних рішень з децентралізації тепlopостачання, виробництво і запровадження автоматичних регуляторів індивідуального обліку тепла, гарячої і холодної води, газу.

Таблиця 2.5 – Опори теплопередачі (R) для конструкцій опалюваних будинків

| Конструкції | R, м ² К /Вт |
|--|-------------------------|
| 1 Зовнішні стіни з питомою вагою матеріалу не менше 100 кг/м ³ | 5 |
| 2 Зовнішні стіни з питомою вагою матеріалу більше 100 кг/м ³ і стіни підвалів | 3,3 |
| 3 Стіни між опалюваними та неопалюваними приміщеннями | 2,5 |
| 4 Підлога над підвалом, перекриття між приміщенням і неопалюваним горищем | 5 |
| 5 Горище, конструкції даху | 6,3 |
| 6 Вікна, зовнішні двері, світлові ліхтарі, скляні стіни | 0,48 |

Основними напрямками програми “Енергозбереження в будівництві” є:

- подальше підвищення теплозахисних властивостей захисних конструкцій будинків масового будівництва;
- запровадження в будівництво приладів автоматичного регулювання витрат тепла, гарячої води, газу;
- комплексна модернізація існуючих схематичних технічних рішень систем тепlopостачання і опалення, включаючи підвищення технологічного рівня теплових джерел і теплових генераторів;

- використання нетрадиційних джерел енергії /поновлювальних/.

Програма включає в себе 4 підпрограми з умовними назвами “Теплоізоляція”, “Облік”, ”Модернізація”, “Нетрадиційні джерела енергії” (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Перелік програм і методів енергозбереження з визначенням їх питомої ваги в загальній програмі

| Програма “Енергозбереження в будівництві” | Підпрограми | Методи енергозбереження | Питома вага, % | Загальна питома вага, % |
|---|----------------------------|---|----------------------------|-------------------------|
| | Теплоізоляція | Підвищення термічних опорів захисних конструкцій: - зовнішніх стін - підлоги і покрівлі - вікон - теплопроводів | 34,2 10,8 5,0 2,3 | 54,3 |
| | Облік | Облік споживання тепла і газу: - квартирний облік гарячої води - квартирний облік тепла для опалення - квартирний облік споживання газу | 9,7 13,9 2,0 | 25,6 |
| | Модернізація | Модернізація інженерного обладнання: - удосконалення теплових пунктів і систем теплоспоживання - удосконалення теплогенераторів | 4,7 15,4 | 20,1 |
| | Нетрадиційні джерела тепла | Використання нетрадиційних джерел тепла в системах інженерного обладнання: - використання теплових насосів - використання сонячних колекторів | 1,3 0,7 | 2 |
| Всього | | | | 100 |

Всі завдання з енергозбереження забезпечують реальну окупність і значну економію об’ємів палива – до 12...15 млн. т в рік. Стратегічна мета впровадження енергозберігаючих технологій у будівельну індустрію –

зниження енергоємності економіки. У проекті енергоефективного житлового будинку рекомендується застосовувати енергоощадні технології та обладнання:

- індивідуальне джерело теплоенергопостачання (індивідуальна котельня або джерело когенерації енергії);
- теплові помпи, що використовують тепло землі, тепло витяжного вентиляційного повітря та тепло стічних вод;
- сонячні колектори в системі гарячого водопостачання та в системі охолодження приміщення;
- поквартирні системи опалення з лічильниками тепла та індивідуальне регулювання теплового режиму приміщень;
- система механічної витяжної вентиляції з індивідуальним регулюванням і утилізацією тепла витяжного повітря;
- поквартирні контролери, які оптимізують витрати тепла на опалення і вентиляцію квартир;
- огорожувальні конструкції з підвищеним теплозахистом і заданими показниками теплопровідності;
- утилізація тепла сонячного випромінювання за рахунок оптимально підібраних світлопроникних огорожувальних конструкцій;
- пристрої, що використовують розсіяну сонячну радіацію для підвищення освітленості приміщень і зменшення енерговитрат на освітлення;
- сонцезахисні пристрої оптимальної конструкції з врахуванням орієнтації та посезонного опромінення фасадів;
- використання тепла зворотної води системи теплопостачання для підлогового опалення у ванних кімнатах;
- система керування теплоенергопостачання, мікрокліматом приміщень та інженерним обладнанням будинку на основі математичної моделі будинку як єдиної теплоенергетичної системи.

2.2 Моніторинг матеріалів для термореновації захисних конструкцій будівель з метою підвищення їх енергоощадності

Управління проектами енергозбереження передбачає запровадження новітніх технологій модернізації систем теплопостачання та термореновації будівель.

Зменшити витрати енергоресурсів можливо за рахунок запровадження новітніх технологій модернізації систем теплопостачання та термореновації будівель шляхом підвищення теплоізоляційної здатності огорожувальних конструкцій будівель. З метою зниження в 1,5...2 рази витрат тепла на Україні введено в дію наближені до сучасного закордонного рівня нормативи опору теплопередачі захисних конструкцій, які повинні становити 2...2,5 м²К/Вт. На сьогоднішній день відсутня

науково обґрунтована методика вибору на ринку послуг теплоізоляційних технологій та матеріалів, яка за своїми властивостями та вартістю відповідає б оптимальним еколого-економічним вимогам.

Існуючі на ринку послуг теплоізоляційні матеріали характеризуються кількісними та якісними характеристиками. Їх основними теплофізичними характеристиками, що визначають еколого-економічну привабливість, є теплопровідність, щільність, міцність на стискування, водопоглинання, сорбційна вологість, морозостійкість та паропроникність. Основними економічними показниками теплоізоляційних матеріалів є вартість матеріалу, вартість та трудомісткість робіт з термореновації будівель та довговічність. Екологічну безпечність матеріалів для термореновації будівель визначають вогнетривкість, хімічна і біологічна стійкість та шкідливість. Вибір теплоізоляційного матеріалу з врахуванням природнокліматичних умов району будівництва, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів повинен виконуватися відповідно до структурної моделі еколого-економічного моніторингу (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Структурна модель еколого-економічного моніторингу теплоізоляційних матеріалів

Захисні конструкції будівель, що не забезпечують достатній рівень теплозбереження, потребують термореновації. Для цього використовують

різні ізоляційні матеріали, розташовуючи їх із зовнішнього або внутрішнього боку захисної конструкції.

У випадку внутрішнього утеплення стіна, розташована перед утеплювачем, знаходиться в зоні від'ємних температур. Ця зона частково захоплює й утеплювач. В результаті цього порушується природна дифузія водяної пари і в товщі конструкції на границі 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 цілорічно залишатися сухими і зберігати високі теплозахисні властивості.

Один із шляхів підвищення рівня теплозахисту дерев'яних і цегляних стін – облицювання їх із зовнішнього боку цеглою, дрібними блоками, керамічними або бетонними каменями. Плити з мінеральної або скловати часто використовують як утеплювач. Такі плити розташовують у просторі між облицюванням і стіною, залишаючи між ними вентиляльований повітряний прошарок товщиною 60 мм. Для захисту волокнистих утеплювачів від продування їх укривають з боку повітряного прошарку спеціальним склополотном.

Дерев'яні будинки з бруса також облицтовують цеглою, керамічними і бетонними каменями або дрібними блоками. Утеплювач розташовують між дерев'яною стіною й облицкуванням. Із зовнішньої сторони утеплювача необхідно передбачити вентиляований повітряний прошарок, що забезпечуватиме видалення вологи з деревини, інакше стіни будинку стануть вологими, покриються цвільлю, і деревина швидко зруйнується.

При термореновації будівель використовують вентилявані фасади з навісним захисним облицкуванням.

Зовнішнє облицкування, що захищає утеплювач від несприятливих атмосферних факторів, можна кріпити безпосередньо до стіни за допомогою спеціальних кронштейнів, металевих профілів або дерев'яних брусків, оброблених антисептиками. Завдяки тому, що облицкування навішується на фасад, все навантаження сприймається стіною, і спеціальний фундамент для захисного облицкування не потрібен.

На зовнішній поверхні стіни, з кроком, що відповідає розмірові утеплювача (або на 5 мм менше), монтують металеві напрямні зі спеціальними кронштейнами або дерев'яні рейки, оброблені антисептиками, між якими укладають теплоізоляцію. Плити утеплювача (з базальтового волокна або скловати) кріплять до стіни дюбелями. Потім встановлюють вітрозахисний паропроникний матеріал.

Якщо застосовуються утеплювальні плити, покриті склополотном, або плити з мінеральної вати високої густини, вітрозахисний матеріал не потрібен. На рейки або кронштейни навішують захисне облицкування: цементні дошки або плитки, цементно-фібролітові, гранітні або мармурові плитки, личкувальні листи або панелі, сайдинг, профільовані листи тощо. Між утеплювачем і облицкуванням обов'язково залишають вентиляований повітряний прошарок товщиною 60-150 мм.

Каркас навісного фасаду повинен бути міцним, легким, дещо рухомим, що необхідно для компенсації зміни лінійних розмірів личкувальних елементів, зумовленої коливаннями температури. Всім цим вимогам відповідає каркас, зібраний з перфорованих алюмінієвих профілів і монтажних елементів U-подібної форми.

Рекомендації з вибору товщини утеплювача залежно від матеріалу і товщини утеплюваної стіни наведені в таблицях 2.7 - 2.9.

Для захисту утеплювача від зволоження внаслідок дії атмосферних опадів вентиляований фасад улаштовують на висоті 300-500 мм від поверхні вимощення.

Штукатурна система утеплення фасадів передбачає кріплення теплоізоляційного матеріалу до стіни за допомогою анкерів, дюбелів і клейових сумішей з подальшим нанесенням штукатурного шару. Таке утеплення можна виконувати з використанням мокрих процесів за

температури зовнішнього повітря не нижче від 5°C. Нижній край штукатурної системи повинен бути на висоті 500 мм від поверхні землі.

Таблиця 2.7 – Цегляні стіни

| Внутрішній оздоблювальний шар | Штукатурка, гіпсокартонні листи, вагонка | | | | |
|--|---|-----|--|-----|-----|
| Матеріал стіни | Кладка з порожнистої цегли, товщиною, мм | | Кладка із звичайної глиняної цегли, товщиною, мм | | |
| | 380 | 510 | 380 | 510 | 640 |
| Утеплювач , товщиною не менше, мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К) | 90 | 80 | 90 | 85 | 80 |
| $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К) | 100 | 90 | 105 | 95 | 90 |
| $\lambda = 0,045$ Вт/(м·К) | 110 | 100 | 115 | 105 | 100 |
| $\lambda = 0,05$ Вт/(м·К) | 125 | 115 | 130 | 120 | 110 |
| Вітрозахисний матеріал | Вітрозахисна паропроникна мембрана | | | | |
| Вентильований повітряний прошарок | Товщина 60 мм | | | | |
| Зовнішня обробка | Вагонка, цементні декоративні плитки і дошки, сайдинг по дерев'яних або профільованих металевих брусках | | | | |

Таблиця 2.8 – Стіни з дрібних блоків

| Внутрішній оздоблювальний шар | Штукатурка, гіпсокартонні листи, вагонка | | | |
|--|---|-----|---|-----|
| Матеріал стіни | Керамзитобетонні блоки, товщиною, мм | | Блоки з ніздрюватого бетону, товщиною, мм | |
| | 250 | 400 | 300 | 400 |
| Утеплювач , товщиною не менше, мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К) | 80 | 60 | 65 | 55 |
| $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К) | 90 | 70 | 75 | 55 |
| $\lambda = 0,045$ Вт/(м·К) | 100 | 80 | 85 | 70 |
| $\lambda = 0,05$ Вт/(м·К) | 110 | 85 | 95 | 75 |
| Вітрозахисний матеріал | Вітрозахисна паропроникна мембрана | | | |
| Вентильований повітряний прошарок | Товщина 60 мм | | | |
| Зовнішня обробка | Вагонка, цементні декоративні плитки і дошки, сайдинг по дерев'яних або профільованих металевих брусках | | | |

Таблиця 2.9 – Дерев'яні брущаті блоки

| Внутрішній оздоблювальний шар | Штукатурка, гіпсокартонні листи, вагонка | | |
|--|--|-----|-----|
| Стіни з бруса, товщиною, мм | 100 | 150 | 200 |
| Утеплювач, товщиною не менше, мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К) | 90 | 80 | 70 |
| $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К) | 100 | 90 | 80 |
| $\lambda = 0,045$ Вт/(м·К) | 115 | 100 | 90 |
| $\lambda = 0,05$ Вт/(м·К) | 125 | 110 | 100 |
| Вітрозахисний матеріал | Вітрозахисна паропроникна мембрана | | |
| Вентильований повітряний прошарок | Товщина 60 мм | | |
| Зовнішня обробка | Вагонка, цементні декоративні плитки і дошки, сайдинг по дерев'яних брусах | | |

Слід звернути особливу увагу на якість горизонтальної гідроізоляції між цоколем і стіною, яка утеплена. У місцях прилягань штукатурної системи утеплення до карниза верхня частина ізоляції має бути захищеною спеціальною ущільнювальною стрічкою.

Товщина шару ізоляції залежить від конструкції стіни і виду утеплювача (таблиця 2.10).

Для термореновації будівель переважно застосовують матеріали на основі мінеральної або скловати, пінополістиролу та пінополіуретану. Частка теплоізоляції з мінеральної вати в Європі складає 60-80%, близько 10% - зі скловати, приблизно 20% - з пінополістиролу та інших пінопластів.

Мінеральна вата – волокнистий матеріал, що його отримують із силікатних розплавів гірських порід, металургійних шлаків тощо. Головні властивості виробів з мінеральної вати – високий рівень тепло- і звукоізоляційності, стійкість до температурних деформацій, негігроскопічність, хімічна і біологічна стійкість, екологічна безпечність і легкість у монтажі. І найголовніше – вони відносяться до класу негорючих матеріалів. Більш того, мінераловатні матеріали ефективно перешкоджають поширенню полум'я, тому застосовуються водночас як протипожежна ізоляція і вогнезахист. Теплопровідність матеріалу характеризується такими показниками: теплопровідністю твердої основи, теплопровідністю повітряного середовища і вологістю в порожнинах матеріалу та інтенсивністю передачі тепла випромінюванням. Теплопровідність твердої основи – головна складова – залежить від геометрії та орієнтації волокон у просторі. Тому найефективнішою

вважається мінеральна вата з хаотичним розташуванням і орієнтацією волокон.

Таблиця 2.10 – Товщина шару утеплювача

| Матеріал стіни | Кладка із звичайної глиняної цегли, товщиною, мм | | | | Кладка з порожнистої цегли, товщиною, мм | | | Кладка з блоків ніздрюватого бетону, товщиною, мм | | Кладка із керамзитобетонних блоків, товщиною, мм | |
|---|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|---|-----|--|-----|
| | 250 | 380 | 510 | 640 | 250 | 380 | 510 | 300 | 400 | 250 | 400 |
| Утеплювач, товщиною не менше, мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,035$ Вт/(м·°С) | 95 | 90 | 85 | 80 | 95 | 90 | 80 | 65 | 55 | 80 | 60 |
| $\lambda = 0,04$ Вт/(м·°С) | 110 | 105 | 95 | 90 | 105 | 100 | 90 | 75 | 55 | 90 | 70 |
| $\lambda=0,045$ Вт/(м·°С) | 125 | 115 | 110 | 105 | 120 | 110 | 105 | 85 | 70 | 100 | 80 |
| $\lambda = 0,05$ Вт/(м·°С) | 135 | 130 | 120 | 110 | 135 | 125 | 115 | 95 | 75 | 115 | 85 |

Діаграма товщини матеріалів, які забезпечують еквівалентні теплоізоляційні характеристики при термореновації будівель, наведена на рис. 2.4.

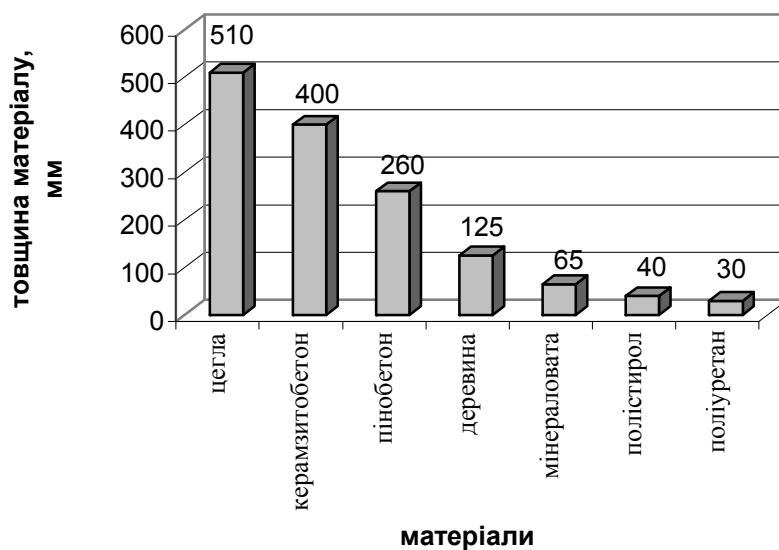


Рисунок 2.4 – Діаграма товщини матеріалів, які забезпечують еквівалентні теплоізоляційні характеристики

Таблиця 2.11 – Галузі застосування теплоізоляційних матеріалів

| 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 | - | + | + | - | - | + | + |

Орієнтація волокон впливає на характеристики міцності виробів із мінеральної вати. Міцність на стискання зростає зі збільшенням кількості вертикально орієнтованих волокон. Отже, чим більшим є відсоток вертикально орієнтованих волокон, тим з меншою густиною мінеральну плиту можна використати, щоб забезпечити задану міцність на стискання.

Важлива властивість мінераловатних матеріалів – надзвичайно мала усадка (у тому числі термічна) і збереження геометричних розмірів протягом всього періоду експлуатації утеплених будинків. Це гарантує відсутність “містків холоду” на стиках ізоляційних плит.

Вміст вологи у виробі з мінеральної вати за нормальних умов експлуатації – 0,5% за об’ємом. Однак іноді теплоізоляція зберігається на будівельному майданчику та монтується під час дощу. Щоб мінімізувати водопоглинання, мінеральну вату просочують кремнійорганічними сполуками або спеціальними маслами.

Мінераловатні матеріали характеризуються високою паропроникністю. Пара, що дифундує через утеплювач, конденсується в його товщі. У результаті зменшується термічний опір захисної конструкції. Щоб запобігти цьому, мінераловатний утеплювач слід захистити з “теплого” боку пароізоляційним бар’єром, а зовні, навпаки, створити умови для вільного виходу пари (висихання утеплювача). Ізоляційні матеріали з мінеральної вати є хімічно пасивними і не викликають корозію металів, що контактують з ними. Початкові теплоізоляційні і механічні властивості виробів з мінеральної вати зберігаються протягом десятків років.

Мінеральна вата суттєво знижує ризик виникнення в захисних конструкціях стоячих звукових хвиль, тим самим підсилюючи ізоляцію від повітряного шуму. Завдяки звукопоглинальним властивостям матеріалу акустичні хвилі швидше затухають, рівень шуму значно знижується. М’які

мінераловатні вироби легко ріжуться ножом, більш щільні – ножівкою, що значно полегшує монтаж ізоляції. Виготовлені на основі базальтових гірських порід, такі вироби є екологічно безпечними.

Залежно від сфери застосування і технічних характеристик випускаються теплоізоляційні матеріали з мінераловати різних марок. Наприклад, м'які плити і мати – для каркасних конструкцій, жорсткі й напівжорсткі плити – для фасадних конструкцій, де на ізоляцію під час монтажу та експлуатації діють навантаження. Для вентилязованих фасадів застосовуються також плити, що складаються з двох шарів різної густини. Ці плити встановлюються таким чином, щоб щільніша частина знаходилася зовні, а менш щільна – з боку стіни.

Видаляти вологу з конструкцій стінових панелей, де складно влаштувати повітряні зазори, можна за допомогою ізоляційних плит з вентиляційними канавками. Встановлені за зовнішнім шаром багатошарової конструкції, такі плити формують мережу каналів для видалення надлишків вологи. Це особливо важливо для залізобетонних тришарових панелей, де зовнішнє обличкування характеризується низькою паропроникністю. Є також спеціальні марки мінеральної вати для металевих панелей типу “сандвіч”. Матеріал ріжуть на ламелі (смуги), які встановлені як сердечник, потім повертають на 90°, що забезпечує вертикальне розташування волокон.

Вітчизняна та закордонна базальтова ізоляція

Вітчизняні вчені розробили негорючий і нетоксичний ізолятор на основі базальтових супертонких волокон (БСТВ), які раніше використовувалися у військово-промисловому комплексі. Елементарні волокна БСТВ забезпечують поєднання оптимальних тепло- і звукоізоляційних властивостей у широкому діапазоні густини. Цей матеріал характеризується й іншими важливими перевагами: вологовідштовхуванням, вібростійкістю, екологічною чистотою, хімічною інертністю. Вироби із БСТВ не виділяють шкідливих речовин під час нагрівання, в ході експлуатації, навіть тривалої, не вступають в реакцію з іншими речовинами, з котрими їм доводиться контактувати, не піддаються корозії. Базальтові волокна, що постачаються “Заводом ізоляції” (Ірпінь, Україна), виготовляються за технологією “Дуплекс”. Діаметр моноволокна складає 1,5-3 мкм. Довжина – 30...60 мм.

Завдяки геометричним розмірам волокна БСТВ створюють досить міцну і стабільну в часі сплутану структуру навіть без додаткового введення зв'язувальної субстанції. Саме тому більшість виробів із БСТВ не містить органічного в'язучого. Для порівняння: теплоізоляційні вироби, що імпортуються в Україну, містять від 3 до 10% в'язучого. Полотна з базальтового супертонкого волокна можуть успішно конкурувати з імпоротною ізоляцією в діапазоні густини 15-45 кг/м³.

Порівняльні характеристики базальтових та скляних волокон наведені в таблицях 2.12 - 2.15.

Теплозвукоізоляційні матеріали із базальтового супертонкого волокна практично не містять неволокнистих включень (так званого “королька”).

Близько 80% земної кори складається з базальту – найдешевшої природної сировини, використовуваної у багатьох сферах виробництва. Теплоізоляційні вироби із БСТВ широко застосовуються в суднобудуванні, авіації, ізолюванні трубопроводів та інших об’єктів, в тому числі й енергетичних.

Таблиця 2.12 – Вироби із базальту та скловолокна

| Показник | “Роквул” | “Ізовер” | “Завод ізоляції” |
|-------------------------------------|--------------|---------------|------------------|
| | ROCKMIN | КТ-11 | БСТВ ст |
| Розміри полотна, мм | 1000×600×100 | 1200×7000×100 | 1000×2000×100 |
| Можлива товщина, мм | 40-200 | 50-100 | 100-200 |
| Густина, кг/м ³ | 35 | 11 | 20 |
| Теплопровідність, Вт/(м·К) | 0,038 | 0,038 | 0,038 |
| Робоча температура, °С | до 250 | до 250 | до 700 |
| Тип в’язучого | органічний | органічний | - |
| Роздрібна ціна, грн./м ² | - | - | 13,20 |

Скловолокно – це матеріал, що за технологією отримання і властивостями подібний до мінеральної вати. Для його виробництва сировиною служить звичайне скло або відходи скляної промисловості. Неперервне скловолокно отримують методом витягування через фільтри, штапельне – з розплавленої скломаси способами вертикального роздування парою чи повітрям, відцентровим, відцентрово-фільтерно-дутьтевим методами, роздуванням первинних неперервних скляних волокон потоком розпечених газів.

Таблиця 2.13 – Порівняльні характеристики БСТВ із ізоляцією на основі скловолокна

| Показник | “Урса” | “Завод ізоляції” |
|-------------------------------------|---------------|------------------|
| | М-11 | БСТВ ст |
| Розміри полотна, мм | 9000×1200×100 | 1000×2000×100 |
| Можлива товщина, мм | 50-140 | 100-200 |
| Густина, кг/м ³ | 15 | 20 |
| Теплопровідність, Вт/(м·К) | 0,033 | 0,038 |
| Робоча температура, °С | до 280 | до 700 |
| Тип в’язучого | органічний | - |
| Роздрібна ціна, грн./м ² | - | 13,20 |

Таблиця 2.14 – Жорсткі мінераловатні вироби значної густини

| Показник | “Завод ізоляції” | |
|-------------------------------------|------------------|-------------|
| | ППЖ-175-ГС | ППЖ-200 |
| Розміри полотна, мм | 1000×500×50 | 1000×500×50 |
| Можлива товщина, мм | 50-80 | 50-80 |
| Густина, кг/м ³ | 175 | 200 |
| Теплопровідність, Вт/(м·К) | 0,051 | 0,052 |
| Робоча температура, °С | до 400 | до 400 |
| Тип в’язучого | органічний | органічний |
| Роздрібна ціна, грн./м ² | 25,38 | 27,30 |

Таблиця 2.15 – Закордонні мінераловатні вироби значної густини

| Показник | “Роквул” | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| | STROPROCK | DACHROCK |
| Розміри полотна, мм | 1000×500×50 | 1000×500×50 |
| Можлива товщина, мм | 30-100 | 50-100 |
| Густина, кг/м ³ | 165 | 200 |
| Теплопровідність, Вт/(м·К) | 0,042 | 0,042 |
| Робоча температура, °С | до 250 | до 250 |
| Тип в’язучого | органічний | органічний |
| Роздрібна ціна, грн./м ² | - | - |

Скловата відрізняється від кам’яної довжиною волокон: середня довжина скловолокна – 5 см, кам’яного – лише 1,5 см. Ця відмінність зумовлює ряд переваг у застосуванні скловолокнистих матеріалів. Одна з них – підвищена пружність виробів зі скловолокна. Це дає можливість транспортувати матеріал (спресований порівняно з первинним об’ємом у 4 рази) у формі рулонів або упаковок. У розгорнутому вигляді матеріал швидко відновлює первинний об’єм і форму.

Скловолокно випускається також у формі плит з високою жорсткістю, здатних витримувати значні навантаження. Їх застосовують переважно для ізоляції стін під штукатурку у вентиляованих фасадах. Скловолокнисті вироби (порівняно з мінераловатними) відзначаються вібростійкістю і більшою міцністю. Завдяки малій густині та значному вмісту повітря, скловолокно має незначний коефіцієнт теплопровідності. Тепловий опір виробів залишається незмінним тривалий час. Скловолокно – легкий, м’який і еластичний матеріал, тому виробами з нього можна обличковувати нерівні поверхні, а також застосовувати у конструкціях будь-якої форми і конфігурації. Разом з тим теплоізоляція зі скловати відрізняється стабільністю форми, витримує старіння, не піддається деформації, характеризується високою хімічною стійкістю, не містить корозійних агентів, негігроскопічна. Після противологісної обробки цей матеріал не створює жодних запахів у будівельних конструкціях, в них не

заводяться шкідники та пліснява. Завдяки волокнистій структурі, скловата є ще й чудовим звукоізолятором. Крім того, цей негорючий матеріал не виділяє токсичних речовин під дією вогню.

Пінополістирол – спінений і екструдований – вже понад сорок років застосовується як теплоізоляційний матеріал. Спінений пінополістирол виготовляють шляхом спінення гранулату стиропору з наступним спіканням спінених частинок. Він є міцним, 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. Міцність на стискання за лінійної деформації, що складає 10%, становить для різних марок від 65 до 250 кПа. Пінополістирол не гігроскопічний, ступінь водопоглинання при зануренні у воду на сім діб дорівнює 0,5...1,5% від об'єму. Рівень дифузії водяної пари в матеріалі надзвичайно низький. Важлива властивість пінополістиролу – довговічність. Він не змінює своїх властивостей і розмірів ані за тривалого контакту з водою, ані за умов багаторазової різкої зміни температур. За його горіння утворюються вода і вуглекислий газ. Пінополістирол – екологічно чистий матеріал, виключно стійкий до дії агресивних хімічних середовищ.

Нині застосовуються важкозапалювальні й самозагасні марки пінополістиролу. Вони містять спеціальні домішки – антипірени, що запобігають самостійному горінню. За 100°C і вище вироби з пінополістиролу розм'якшуються і зменшуються в розмірах. Пінополістирол не може довго протистояти дії ультрафіолету. Через два місяці сонячного опромінення поверхня плит набуває коричневого забарвлення і поступово руйнується. Екструдований пінополістирол отримують шляхом змішування гранул стиропору за підвищеної температури з подальшим витисканням із екструдера і введенням спінювального агента. Цей матеріал відзначається нульовою капілярністю і виключно малим показником водопоглинання (менш ніж 0,2% за об'ємом), високою міцністю на стискання 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 властивості 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. Матеріал хімічно досить стійкий до дії більшості матеріалів, що застосовуються у будівництві. Проте деякі розчинники (ацетон, етилацетат, нафтовий толуол,

уайт-спірит) можуть призвести до розм'якшення і навіть розчинення плит. Плити з екструдованого пінополістиролу можна зберігати просто неба, але при цьому оберегати від дії сонячного світла.

Пінополіуретан є неплавою термореактивною пластмасою ніздрюватої структури. Тільки 3% від його об'єму становить твердий матеріал, який і утворює каркас із ребер і стінок. Ця кристалічна структура надає матеріалові механічної міцності. Решта 97% об'єму – це порожнини і пори, заповнені газом фторхлорметаном з надзвичайно низькою теплопровідністю. Частка замкнених пор складає 90-95%.

Пінополіуретанові суміші – рідкі. Їх наносять на поверхню методом заливання або напилення за допомогою піногенератора, в якому змішуються і дозуються необхідні компоненти. Завдяки можливості замінювати складники можна отримувати пінополіуретани з широким спектром властивостей. Це, в свою чергу, уможлиблює застосування матеріалів для утеплення, паро- і гідроізоляції об'єктів зовні і всередині. Зазвичай процес спізнення триває 6-10 секунд – і в результаті утворюється безшовна ізоляція, яка не потребує кріплення і здатна витримувати значні навантаження.

Пінополіуретанові системи мають широкий діапазон густини – від 30 до 200 кг/м³, витримують температури від -20 до 150°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.

Перспективним ізоляційним матеріалом нині вважається піноізол (пінопласт карбамідний теплоізоляційний). Він характеризується низькою теплопровідністю (0,04 Вт/(м²·К)) і густиною (10-15 кг/м³), довговічністю, стійкістю до впливу мікроорганізмів і більшості органічних розчинників, його легко обробляти. Піноізол відрізняється від традиційних теплоізоляційних матеріалів виключною м'якістю та еластичністю (за точкового навантаження легко протикається). Проте завдяки цій властивості він добре поглинає звукові коливання. Важлива властивість піноізолу – пожежобезпечність: він здатен протистояти відкритому вогню, в полум'ї не плавиться, а лише обуглюється.

Сучасні будівельні матеріали, які випускаються в Україні, наприклад, перлітобетонні стінові вироби Броварського заводу будівельних конструкцій, коштують значно менше, ніж їх зарубіжні аналоги, й характеризується такими ж добрими теплозахисними показниками. Перлітові стінові камені, розміром 390×70...190×188 мм, поділяються, залежно від густини, на теплоізоляційні (густиною 400-500 кг/м³) та конструктивно-ізоляційні (густиною 600-800 кг/м³). Вони легко піддаються обробці, є негорючими й довговічними, мають рівномірну щільність. Плити з перлітобетону використовуються

споживачами для теплоізоляції горіщ, підвалів, перекриттів. Стіни з цього матеріалу “дихають”, є сухими, теплими і проникними для повітря, що створює відчуття теплої стіни. Основою цих виробів є перлітоволоконна порода з вмістом скла – екологічно чистий матеріал.

Пінобетон, виготовлений з перліту, відзначається високими теплоізоляційними показниками (2.16).

Таблиця 2.16 – Характеристика пінобетону, виготовленого з перліту

| Щільність, кг/м ³ | Марка бетону за міцністю | Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² ·°С) | | Волога по масі, % в умовах експлуатації | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|-------|--|----|
| | | А | Б | А | Б |
| 800 | M50 | 0,175 | 0,195 | 6 | 9 |
| 700 | M35 | 0,15 | 0,177 | 7 | 10 |
| 600 | M25 | 0,13 | 0,156 | 8 | 12 |
| 500 | M15 | 0,11 | 0,14 | 10 | 14 |

Через негерметичні вікна досі витрачається до 50% тепла. Щоб запобігти цьому, рекомендується декілька ефективних способів. У першу чергу через це утеплення та герметизація щілин вікон по периметру поліуретановою піною. Ефективний спосіб запобігти втратам тепла крізь вікно також встановлення додаткового скла або герметичних вакуумних склопакетів. Якщо під час ремонту або реконструкції будинку в старих дерев'яних рамах замінити одинарне скло на герметизовані склопакети, тепловитрати через вікна знизяться на 20-30%. Найкраще скористатись двокамерним склопакетом, який забезпечує опір теплопередачі в межах 0,5-0,8 м²К/Вт. Порівняння величин опорів теплопередачі склопакетів різних конструкцій наведено в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Опір теплопередачі склопакетів

| Склопакет | R, м ² К/Вт |
|---|------------------------|
| Однокамерний зі звичайного скла | 0,35 |
| Однокамерний зі звичайного скла, заповнений газом | 0,42 |
| Однокамерний з тепловідбивним покриттям на склі | 0,54 |
| Двокамерний зі звичайного скла | 0,50 |
| Двокамерний зі звичайного скла з тепловідбивним покриттям | 0,76 |
| Двокамерний з тепловідбивним покриттям і заповнений газом | 1,00 |

Знизити до 30% тепловитрати через вікна взимку можна, застосувавши тепловідбивні плівки. Влітку ж ці плівки значно зменшать проникання тепла у приміщення. Металопластикові вікна дають змогу знизити теплові витрати, але водночас перешкоджають надходженню свіжого повітря в приміщення, що створює певний дискомфорт. Для його

усунення застосовують припливно-витяжні системи вентиляції, які забезпечують приміщення свіжим повітрям, але їх встановлення спричиняє значні додаткові витрати, особливо на системи з утилізацією тепла повітря, яке виводиться назовні.

Заміна вікон на герметизовані склопакети з тепловідбивною плівкою або склом підвищать теплову ефективність квартири на 20-30%. Річне заощадження енергоносіїв, якого можна при цьому досягнути, наведено в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Економія енергоресурсів в розрахунку на 1 м² вікна за рік

| Тип вікна, що замінюється на герметизовані склопакети з тепловідбивною плівкою або склом | Економія на 1 м ² | | |
|--|------------------------------|---------------------|---------------|
| | Мазут, л | Газ, м ³ | Теплота, Гкал |
| Одинарне скло | 55 | 50 | 0,43 |
| Подвійне скло | 26 | 23 | 0,2 |
| Потрійне скло | 17 | 15 | 0,13 |
| Подвійне низькоенергетичне скло | 13 | 11 | 0,1 |
| Потрійне низькоенергетичне скло | 11 | 10 | 0,09 |

Заходи з утеплення будинків і квартир у новому будівництві або при реконструкції є швидкоокупними (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 – Окупність заходів з утеплення будинків та квартир

| Заходи | Термін окупності, роки |
|--|------------------------|
| Теплоізоляція даху мінеральною ватою (200 мм) | 2 |
| Збільшення теплоізоляції з 100 до 200 мм | 3 |
| Теплоізоляція зовнішніх стін (80 мм) | 3,5 |
| Встановлення додаткових рам на вікна з одним склом | 3 |
| Встановлення додаткових рам на вікна з кращими теплоізоляційними властивостями (склопакети з тепловідбивним склом) | 10 |

Реалізація моніторингу (рис.2.3) передбачає для вирішення поставленої задачі створення експертно-моделювальної системи для багатofакторного аналізу параметрів теплоізоляційних технологій матеріалів з метою інтелектуальної підтримки прийняття оптимального еколого-економічного рішення.

Механізм управління проектами щодо вибору теплоізоляційних матеріалів для житлового будівництва є сукупністю форм і методів забезпечення його єдності на макро-, мезо- і мікрорівні як цілісної еколого-економічної системи. В основі цієї системи лежать: управління

екологічною безпекою в житловому будівництві; управління технологічними процесами в галузі виробництва будівельних оздоблювальних матеріалів; управління технологічними процесами на будівельному майданчику; сукупність економічних інструментів екологічного регулювання та стандарти якості. Реалізація програми екологічного менеджменту в житловому будівництві можлива за результатами моделювання його складових, що включають екологічну експертизу, екологічний маркетинг, екологічний аудит та діагностику й еколого-економічний ситуаційний аналіз. Структурна модель параметричного еколого-економічного аналізу, що дозволить обґрунтувати вибір оздоблювального матеріалу, наведена на рис.2.5.

Зменшення витрат енергоносіїв для забезпечення екологічності в будівництві доцільно впроваджувати за рахунок запровадження новітніх технологій термореновації будівель шляхом підвищення теплоізоляційної здатності огорожувальних конструкцій будівель. Вибір теплоізоляційних матеріалів повинен виконуватися з врахуванням природно-кліматичних умов району будівництва, архітектурно-конструктивних рішень будівель до запропонованої структурної моделі еколого-економічного моніторингу. Управління щодо вибору теплоізоляційних матеріалів необхідно здійснювати відповідно до структурної моделі еколого-економічної доцільності використання теплоізоляційних матеріалів та з врахуванням структурної моделі грошових витрат для досягнення екологічності.

Реалізація еколого-економічного моніторингу здійснюється створенням експертно-моделювальної системи аналізу параметрів теплоізоляційних матеріалів для інтелектуальної підтримки прийняття рішення.

2.3 Еколого-економічна оцінка інвестиційних проектів термореновації житлових будинків

Повільні темпи реалізації закону України “Про енергозбереження” вимагають аналізу організаційно-економічних причин подальшого розвитку енергозбереження та оцінки інвестиційних проектів термореновації житлових будинків як одного із шляхів поліпшення еколого-економічних умов їх будівництва та експлуатації.

Житлова проблема є однією з найгостріших соціально-економічних проблем в Україні. Обсяги будівництва житла за останні 5 років мають позитивну тенденцію до зростання. Як видно з рис. 2.6, обсяги будівництва житла, починаючи з 2000 року, поступово нарощуються. За 2004 рік в Україні було введено в експлуатацію 7,566 млн. кв. м житла, що на 17,6% більше, ніж у 2003 році, але це у 2,3 рази менше порівняно з 1990 роком (17,4 млн. м²). Разом з тим, з кожним роком загострюється проблема відновлення та реконструкції існуючого житлового фонду. Наявний

житловий фонд здебільшого перебуває у незадовільному технічному стані, особливо що стосується енергозбереження.

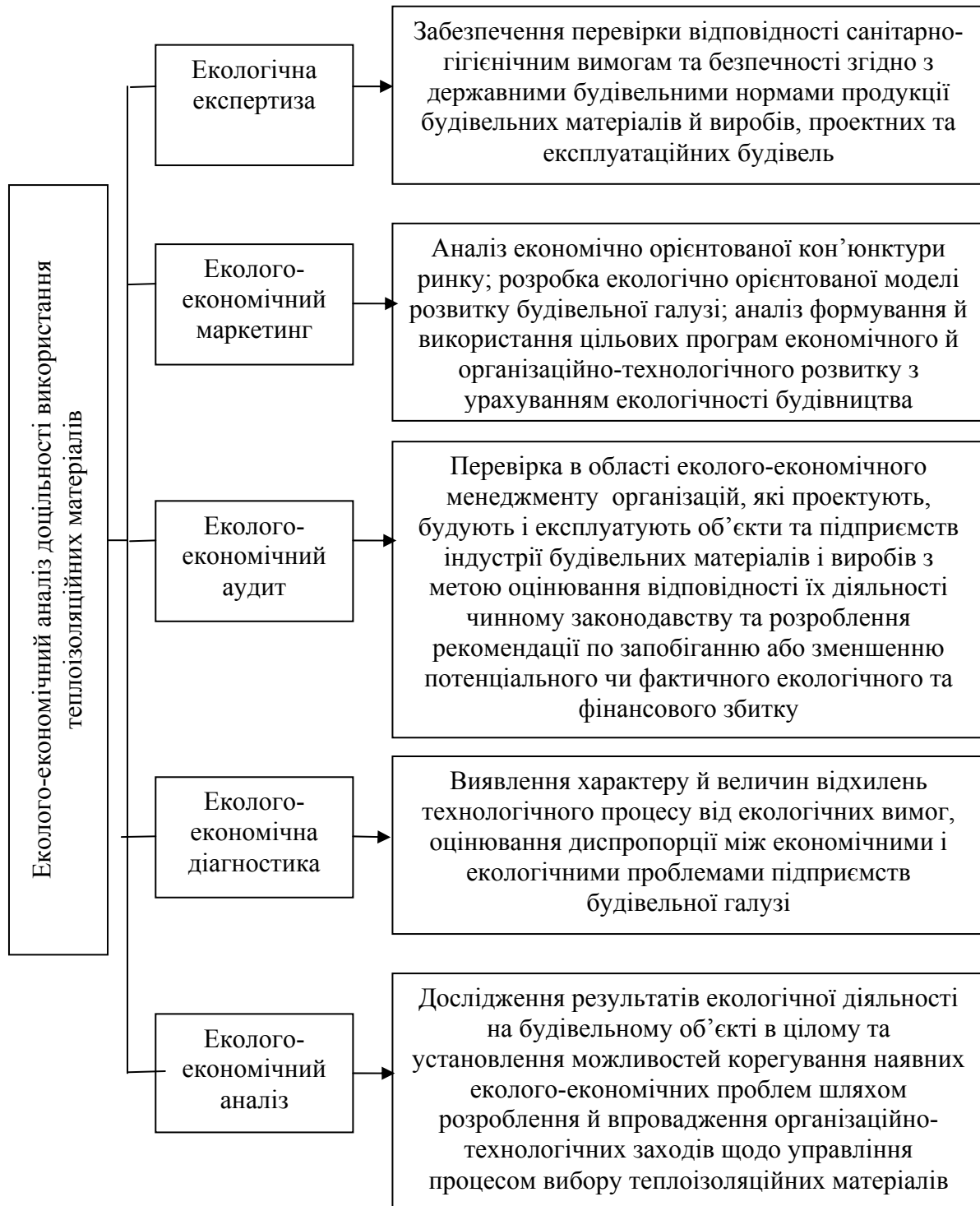


Рисунок 2.5 – Структурна модель еколого-економічного аналізу з метою управління проектами вибору теплоізоляційних матеріалів

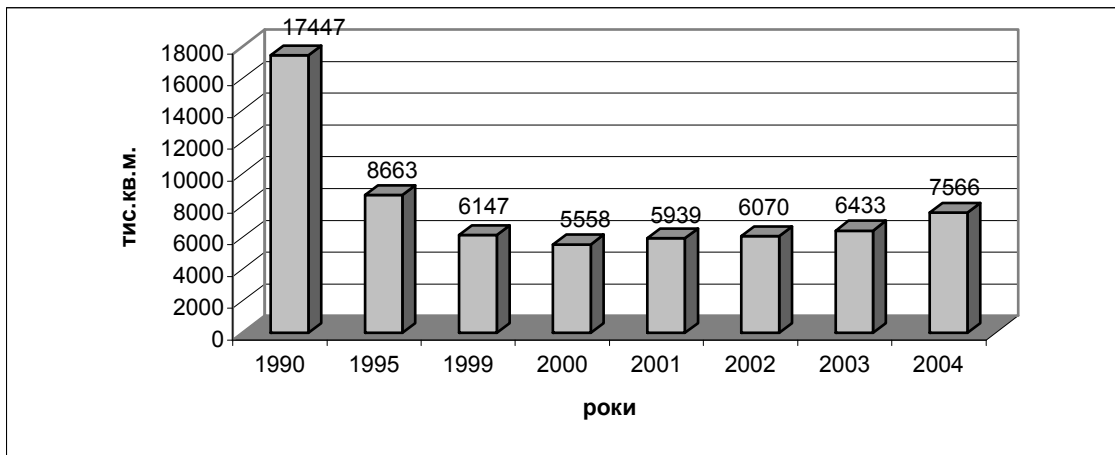


Рисунок 2.6 – Динаміка введення житла в Україні

Важливим напрямом енергозбереження є збільшення обсягів реконструкції і капітального ремонту житлового фонду. Резервом здешевлення вартості будівництва і послуг у житловому секторі є впровадження енергозберігаючих технологій, ефективних матеріалів та інженерного обладнання.

Будівельний сектор економіки витрачає близько 30% від споживання в Україні палива. Всього будівельна галузь України до початку економічної кризи (1999 р.) споживала 87,6 млн.т умовного палива на рік, з яких 74,4 млн.т (85%) витрачалося в експлуатованих будинках. Таким чином, основні резерви енергозбереження перебувають у сфері реконструкції об'єктів споживання та виробництва енергії. Із загальної кількості, що витрачається існуючим фондом палива, 34,3% припадає на ТЕЦ, 34% - районні котельні, 31,7% - місцеві теплогенератори. Це паливо витрачають (рис.2.7) на: опалення, постачання гарячої води, вентиляцію (при цьому витрати у виробництві та транспортування теплової енергії досягають 15 — 25%). З наведеного видно, що основні резерви економії паливних ресурсів треба шукати у сфері зниження витрат на системи опалення та постачання гарячої води, а також виробництва та транспортування теплової енергії.

Зменшити витрати енергоресурсів можливо за рахунок модернізації систем тепlopостачання та термореновації будівель шляхом підвищення теплоізоляційної здатності огорожувальних конструкцій будівель. З метою зниження в 1,5...2 рази витрат тепла на Україні введенні в дію наближені до сучасного закордонного рівня нормативи опору теплопередачі захисних конструкцій, які повинні становити 2...2,5 м²К/Вт. Але на сьогоднішній день відсутня науково обґрунтована методика вибору на ринку послуг теплоізоляційних технологій та матеріалів, які за своїми властивостями та вартістю відповідали б оптимальним еколого-економічним вимогам.

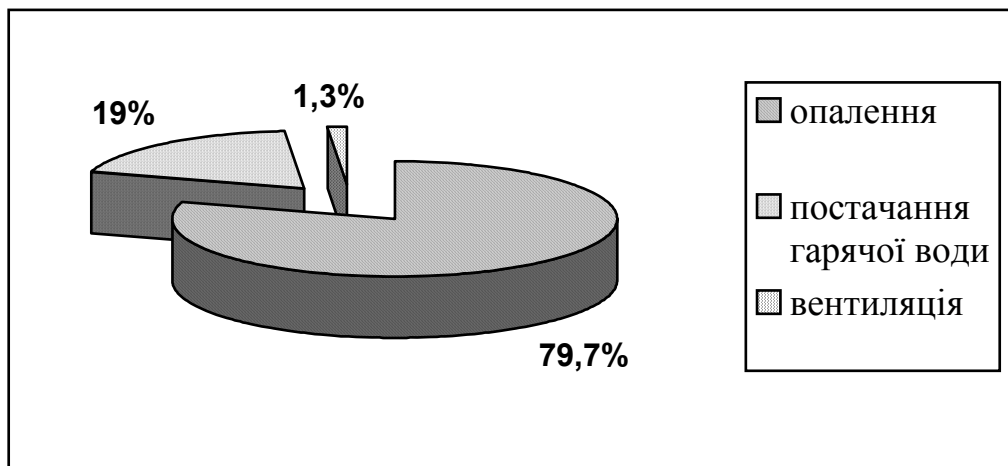


Рисунок 2.7 – Структура витрат палива на експлуатацію житлових будинків

Існуючі на ринку послуг теплоізоляційні матеріали характеризуються кількісними та якісними характеристиками. Їх основними теплофізичними характеристиками, що визначають еколого-економічну привабливість, є теплопровідність, щільність, міцність на стиск, водопоглинання, сорбційна вологість, морозостійкість та паропроникність. Основними економічними показниками теплоізоляційних матеріалів є вартість матеріалу, вартість та трудомісткість робіт з теплореновації будівель та довговічність. Екологічну безпечність матеріалів для термореновації будівель визначають вогнетривкість, хімічна і біологічна стійкість та шкідливість. Оцінка еколого-економічної ефективності теплоізоляційного матеріалу з метою енергозбереження повинна виконуватися з врахуванням природнокліматичних умов району будівництва, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів.

Характеристики теплоізоляційних властивостей та економічних показників матеріалів, які переважно застосовуються для термореновації будівель у вітчизняній та закордонній практиці, наведено в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Порівняльна характеристика теплоізоляційних властивостей та цін теплоізоляційних матеріалів

| Показник | Керамзитобетон | Пінобетон | Мінераловата | Скловата | Полістирол | Пінофол |
|-------------------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Теплопровідність, Вт/(м.К) | 0,2...0,7 | 0,1...0,4 | 0,04...0,07 | 0,03...0,04 | 0,03...0,04 | 0,03...0,04 |
| Ціна матеріалу, грн./м ² | 110...130 | 220...240 | 130...160 | 130...150 | 150...160 | 200...250 |

Процес планування проектів енергозбереження передбачає визначення його основних техніко-економічних показників, тривалості та ресурсів, організаційно-технологічних рішень, оцінки реалізованості проекту тощо. Розрізняють чотири типи оцінок реалізованості проекту: інтегральна оцінка надійності, ресурсна, економічна, фінансова. Ефективність проекту може бути оцінена за технологією його реалізації, що наведена на рис. 2.8.

Потенціал енергозбереження, що реалізується шляхом впровадження термореновації для будівель різного періоду забудови м. Дніпропетровська, за даними теплотехнічних та економічних розрахунків Меркушова В. Т. (2000 р.) наведено в табл. 2.21.

Таблиця 2.21 – Економія теплової енергії при підвищенні позитивного опору теплопередачі зовнішніх стін до 2,1 м²К/Вт

| Період забудови | Загальна площа, тис. м ² | Питома вага забудови, % | Опір теплопередачі, м ² К/Вт | Економія теплової енергії, ГДж | Частка в загальній економії, % |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 1956-1965 | 901,2 | 11,9 | 0,82 | 27338 | 14 |
| 1966-1975 | 1805,6 | 23,9 | 0,82 | 54775 | 28 |
| 1976-1985 | 2913,6 | 38,6 | 0,82 | 88387 | 46 |
| 1986-1991 | 1662,8 | 22 | 1,23 | 22857 | 12 |
| 1992-1996 | 268,8 | 3,6 | 2,1 | 0 | 0 |
| Разом | 7552 | 100 | | 193357 | 100 |

Еколого-економічна доцільність термореновації 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

$$\sum S_T = \left[\sum_{i=1}^n S_{Ki} X_{Ki} g^t + \sum_{j=1}^n S_{Ej} y_j \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right) + \sum_{p=1}^n S_{zp} Z_p \left(\frac{g^t - 1}{g - 1} \right) \right] \rightarrow \min. \quad (2.1)$$

де S_{Ki} - капітальні одноразові та поточні витрати на реалізацію варіанта енергозберігаючих заходів, грн.;

X_i - шукані параметри за i -м енергозберігаючим заходом;

S_{Ej} - експлуатаційні витрати на опалення житлових будівель, грн.;

y_i - 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 з врахуванням норм дисконту d , що визначається з врахуванням прийнятої для інвестора норми прибутку на капітал;

t – термін служби термореноваційних інновацій з енергозбереження.

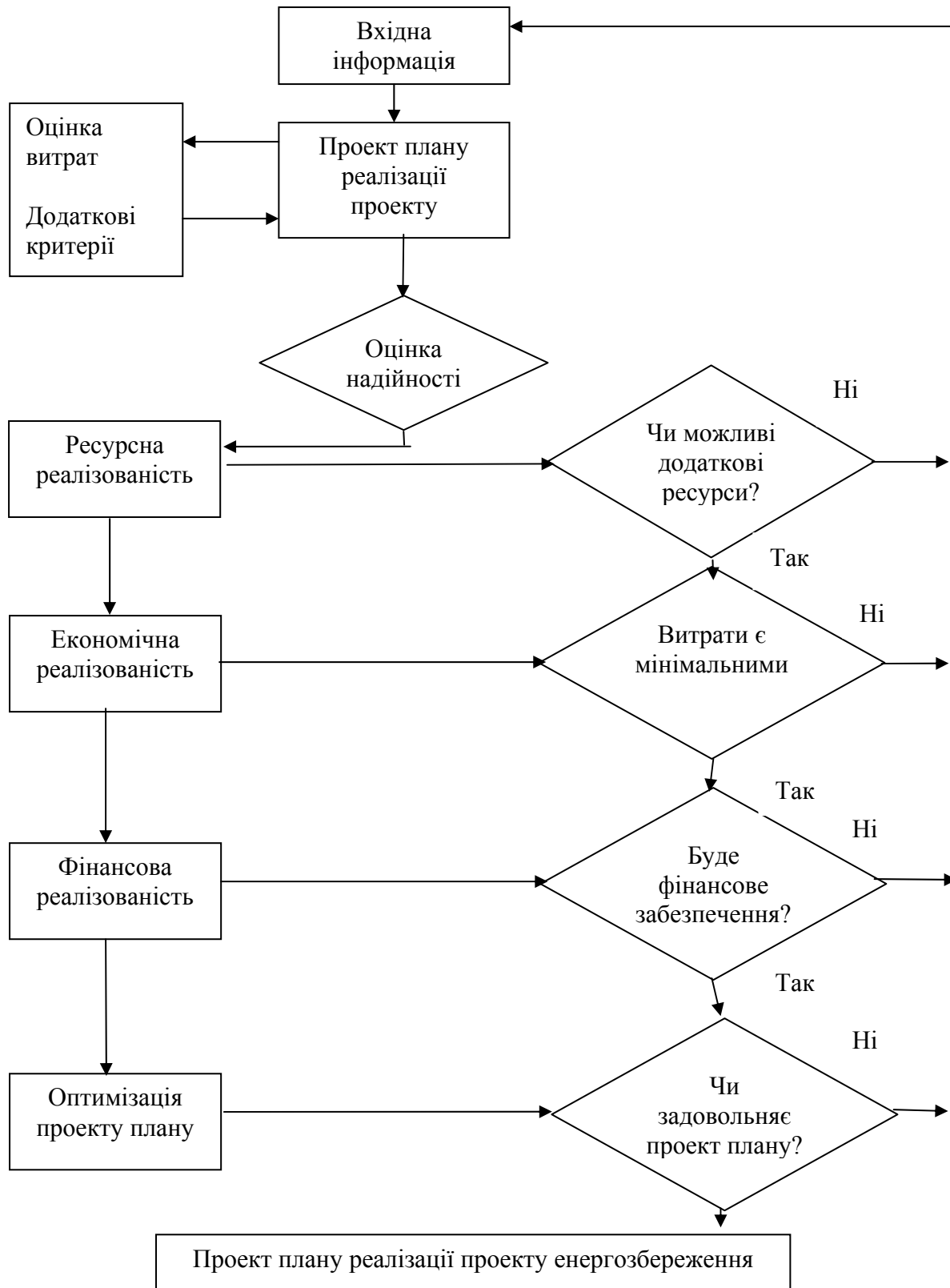


Рисунок 2.8 – Технологія оцінки реалізованості проекту

Експлуатаційні витрати на опалення житлових будинків при впровадженні проектів термореновації

$$S_{Ej} = S_{npj} + S_{mpj}, \quad (2.2)$$

де S_{npj} - витрати на поточний ремонт, грн.;

S_{mpj} - витрати на підтримання теплового нормативного теплового режиму в житлових будівлях, які визначаються залежно від природнокліматичних умов району, термореноваційних властивостей матеріалів та обсягів огороджувальних конструкцій за формулою:

$$S_{mpj} = \left[\Delta t N F_K \left(\frac{\lambda_{Tj}}{\delta_{Tj}} + \sum \frac{\lambda_K}{\delta_K} \right) \right] S_T, \quad (2.3)$$

де Δt - різниця розрахункових температур внутрішнього та зовнішнього повітря за опалювальний період, К;

N - тривалість опалювального періоду, діб;

F_K - площа огороджувальних конструкцій, для яких передбачається термореновація будівель, м²;

λ_K, λ_{Tj} - коефіцієнти теплопровідності відповідно до матеріалу фактичних огороджувальних конструкцій та теплоізоляційного шару матеріалу для термореновації, Вт/м²К;

δ_K, δ_{Ti} - відповідно товщина фактичної огороджувальної конструкції та шару матеріалу для термореновації, м;

S_T - вартість теплової енергії для опалення, грн.

Величина витрат на підтримання оптимального теплового режиму (S_{mpj}) визначається за умови, що опір теплопередачі огороджувальних конструкцій житлових будівель (R_{Ti}) з врахуванням впровадження інноваційних термореноваційних технологій не повинен перевищувати нормативних значень для даної температурної зони України

$$R_{Ti} = \left(\frac{\delta_{Ti}}{\lambda_{Ti}} + \sum \frac{\delta_K}{\lambda_K} \right) \geq R_n, \quad (2.4)$$

де R_n - нормативний опір теплопередачі, що дорівнює (2,0...2,5) м²К/Вт.

Витрати на відшкодування екологічних збитків визначаються за формулою

$$\sum_{p=1}^n S_{zp} = \sum_{p=1}^n S'_{zp} + \sum_{p=1}^n S''_{zp}, \quad (2.5)$$

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

S''_{zp} - затрати на викиди в атмосферу за перевищення лімітів.

Термін окупності інвестиційних проектів термореновації житлових об'єктів з врахуванням зменшення експлуатаційних витрат на їх опалення та витрат на відшкодування екологічних збитків визначається за формулою

$$T = \frac{R_n \left[\sum_{j=1}^n \Delta S_{Ej} / \sum_{i=1}^n S_{Ki} (1-g) + \sum_{j=1}^n \Delta S_{Ej} + \sum_{p=1}^n \Delta S_{зр} \right]}{\ln g}, \quad (2.6)$$

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

$\Delta S_{зр}$ - щорічна економія витрат на відшкодування екологічних збитків, грн.

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

2.5 Методи моделювання еколого-економічних ризиків в управлінні проектами

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. Модель – умовний образ об'єкта управління – конструюється суб'єктом управління так, щоб відобразити властивості, взаємозв'язки, структурні і функціональні параметри та інші характеристики об'єкту, які важливі для мети управління. 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, за допомогою яких можна розв'язати задачу визначення ризиків в управлінні проектами; аналіз отриманих результатів.

Суттєвим на першому етапі моделювання є чітке формування 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'єкта, виключення і аналізування даних його другорядних особливостей з тим, щоб піддати математичному описанню й аналізу його як класу вже відомих структур. При еколого-економічному аналізі проектів енергозбереження як порівняльні критерії можуть бути: найбільший прибуток, найменші витрати виробництва та збитки довкіллю, прибутковість праці, оптимальне технічне рішення, найменший ризик впровадження інноваційних технологій тощо. 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 лімітуючими для досліджуваного процесу, та витрат виду ресурсу на одиницю продукції. Всі обмеження, які характеризують еколого-економічний процес, повинні бути не суперечливі. Крім того, необхідно мати хоча б один розв'язок задачі, що моделюється, 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 не найсхожіша на реальний об'єкт, 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 отримали 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. В 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 застосовуваних 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 базується на аналізі варіації оцінного 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 недоцільно, оскільки він більшою мірою орієнтований на констатацію існуючого положення, ніж на прогнозування очікуваних результатів.

Метод оцінки фінансової стійкості або доцільності витрат 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 з реалізації проекту. Цей метод не враховує впливу конкретних факторів ризику на зростання чи зменшення ступеня ризику при управлінні інноваційними проектами енергозбереження.

Аналітичний метод базується на застосуванні традиційних показників для оцінки ефективності інвестиційних та інноваційних проектів: термін окупності, внутрішня норма прибутковості, індекс доходності та чистий приведений дохід. Шляхом порівняння значення цих показників 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 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 в майбутньому, спираючись тільки на досвід реалізації інноваційних проектів в минулому.

Нормативний метод 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 енергозбереження.

Метод аналізу чутливості проекту 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 заданих 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 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. В більшості випадків метод експертних оцінок використовується коли іншим способом оцінити ризик неможливо, але необхідна попередня оцінка, яка буде уточнюватися в міру накопичення інформації, що стосується реалізації даного проекту.

Метод байєсівського підходу дозволяє визначити апостеріорні імовірності різних ризиків проектів у апостеріорній імовірності цих подій при наявності інформації про вхідні фактори, стан яких визначається вектором параметрів ризику. Після обчислення апостеріорних

імовірностей всіх можливих ризиків вибирається ризик з 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 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. В 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 зображають 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 свідочтв 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 можливо. Стримує широке застосування нейронних мереж при оцінці ризиків проектів також неможливість змістовної інтерпретації процесу прийняття рішення.

За структурою комплексні еколого-економічні моделі є балансові, оптимізаційні та імітаційні.

Міжгалузєва модель Леонт'єва-Форда описує галузі матеріального виробництва та галузі знищення шкідливих факторів:

$$x_1 = A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + y_1, \quad (2.7)$$

$$x_2 = A_{21}x_1 + A_{22}x_2 - y_2. \quad (2.8)$$

Рівняння (2.7) 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 (2.8) 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 Леонт'єва-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 використовується для найагрегованішого описання динамічної взаємодії суспільства і природи за допомогою системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \mu x - ux, \\ \dot{y} &= -a\mu x + u(y^0 - y), \quad y > y^0, \\ \dot{z} &= (a-1)\mu x - uz, \\ \alpha &= \text{const} > 1, \\ \mu(y, z) &= \frac{\mu_m y k_z}{(k_y + y)(k_z + z)}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Система рівнянь (2.9) 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:

$$\begin{aligned}
 v &= Av + Bu + A^{(z)}z + B^{(z)}w + p, \\
 \dot{\Phi} &= u - \Delta\Phi, \quad \dot{\Phi}^{(z)} = w - \Delta^{(z)}\Phi^{(z)}, \\
 \dot{R} &= Q(R - R_*) - (Cv + Du + Fp + F^{(L)}L) - D^{(z)}w + z, \\
 0 &\leq v \leq V(t, \Phi, R), \quad 0 \leq z \leq Z(t, \Phi^{(z)}, R), \\
 u &\geq 0, \quad w \geq 0.
 \end{aligned} \tag{2.10}$$

У системі рівнянь (2.10) 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 коефіцієнтів прямих затрат, фондоємності 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 найважливіших сторін еколого-екологічної взаємодії при управлінні проектами енергозбереження є системний аналіз, що дозволяє аналізувати складні кібернетичні системи.

Метод формалізованого опису невизначеності “Монте-Карло” 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

$$E_{oc} = \lambda E_{max} + (1 - \lambda) E_{min}, \quad (2.11)$$

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. 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 характерна 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 нечітких множин: універсальна множина, нечітка множина, функція належності, лінгвістична зміна та принцип лінгвістичних знань.

Універсальна множина (U) – це повна множина, що охоплює всю проблемну область. 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 вища ступінь належності, тим більшою мірою елемент універсальної 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 $u \in U$ до нечіткої множини $\tilde{A} \in U$. Нечітку множини \tilde{A} можна записати так

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i) / u_i = \frac{\mu_A(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_A(u_k)}{u_k} \quad (2.12)$$

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

$$\mu_C(u) = \mu_A(u) \wedge \mu_B(u). \quad (2.13)$$

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

$$\mu_D(u) = \mu_A(u) \vee \mu_B(u). \quad (2.14)$$

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 в 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 здійснюються з використанням узагальненого елемента нечіткого логічного висновку. Нечіткі логічні операції ТА (\wedge), АБО (\vee), НІ (\neg) та імплікація (\Rightarrow) виконуються з дотриманням таких правил:

$$\mu_{A \wedge B} = \min(\mu_A(u), \mu_B(u)), \quad (2.15)$$

$$\mu_{A \vee B} = \max(\mu_A(u), \mu_B(u)), \quad (2.16)$$

$$\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u), \quad (2.17)$$

$$\mu_{\rightarrow B}(u) = \max(1 - \mu_A(u), \mu_B(u)). \quad (2.18)$$

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.

$$\text{якщо } \bigcup_{p=1}^{K_j} [\bigcap_{i=1}^n (x_i = X_i^{jp})], \text{ то } y = Y_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.19)$$

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 ; $\bigcup (\bigcap)$ – символ операції АБО (І).

Техніка нечіткого логічного висновку дозволяє отримати показник ризику в управлінні проектами, 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 “центра 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 в проектах енергозбереження.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Перерахуйте джерела витрат теплової енергії.
2. Охарактеризуйте механізми управління проектами енергозбереження.
3. Проаналізуйте нормативи опорів теплопередачі зовнішніх конструкцій.
4. Наведіть перелік програм і методів енергозбереження.
5. Наведіть структурну модель еколого-економічного моніторингу теплоізоляційних матеріалів.
6. Які матеріали використовують для термореновації будівель?
7. Наведіть структурну модель еколого-економічного аналізу з метою управління проектами вибору теплоізоляційних матеріалів.
8. Як може бути оцінена ефективність реалізованості проекту енергозбереження?
9. Розкрийте суть методики визначення еколого-економічної доцільності термореновації будівель.
10. Охарактеризуйте методи аналізу та кількісної оцінки еколого-економічних ризиків в управлінні проектами.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ОБГРУНТУВАННІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

3.1 Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів теплоізоляційних матеріалів

3.1.1 Ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термореновації будівель, що впливають на прийняття організаційно- економічних рішень

Вирішенню проблем управління енергозбереженням в житловому будівництві шляхом термореновації будівель сприяє моделювання багатofакторного процесу організаційно-економічного механізму обґрунтування теплоізоляційного матеріалу на базі даних, що реєструються як вихідні показники. Обґрунтування вибору матеріалу для термореновації будівель залежно від факторів, що впливають на цей процес, повинно ґрунтуватися на основі теплозахисних, економічних, екологічних та експлуатаційних оцінок, які мають кількісний та якісний характер.

З метою створення експертно-моделювальної системи для багатofакторного аналізу впливу параметрів теплоізоляційних матеріалів на інтелектуальну підтримку прийняття рішення щодо його вибору для термореновації будівель використано математичний апарат, що базується на основі теорії нечіткої логіки [20, 36, 37]. Метод ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань як взаємопов'язана сукупність математичних моделей, алгоритмів і формалізованих методик дозволяє використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для вибору матеріалу для термореновації будівель на етапі техніко-економічного обґрунтування від факторів, що їх обумовлюють за результатами віртуального експерименту.

Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічного рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу, і, значить, відповідного технологічного процесу за термореновації будівель, виконана їх класифікація за кількісними та якісними ознаками: економічними, екологічними, теплофізичними, художньо-естетичними (рис.3.1) [31].

Розглядаючи організаційно-технологічну та еколого-економічну доцільність (ОТЕЕД) матеріалу для термореновації будівель на системному рівні, лінгвістичну зміну (Y), що характеризує ОТЕЕД, можна подати у вигляді співвідношення:

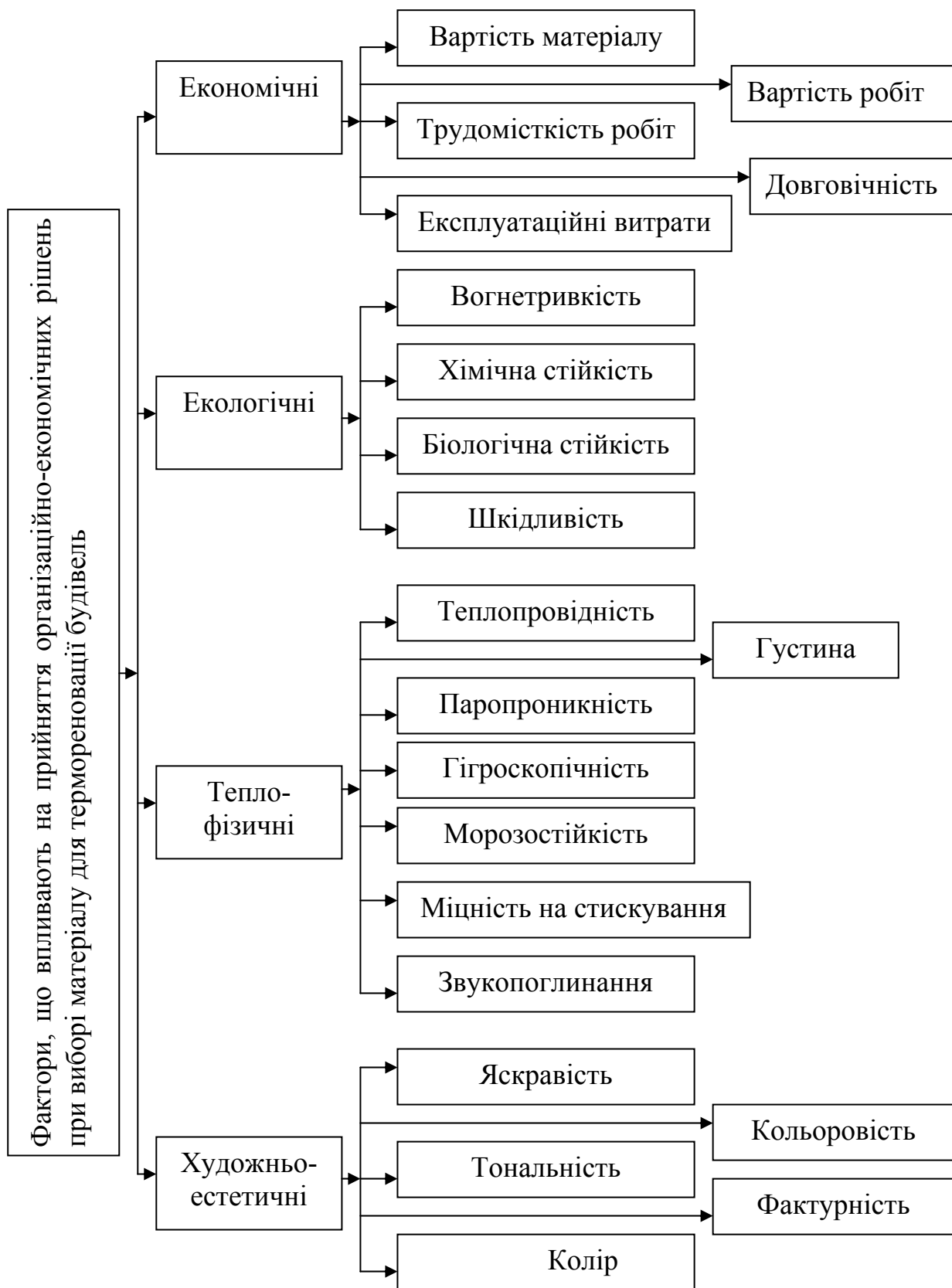


Рисунок 3.1 - Класифікація факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі матеріалів для термореновації будівель

$$Y=f_1(X_1, X_2, X_3, X_4), \quad (3.1)$$

де X_1 – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує економічні параметри;

X_2 – ЛЗ, що описує екологічні параметри;

X_3 – ЛЗ, що описує теплофізичні параметри;

X_4 – ЛЗ, що описує художньо-естетичні параметри.

Лінгвістичну змінну, що описує економічні параметри, можна подати виразом:

$$X_1 = fx_1(X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}), \quad (3.2)$$

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 екологічні параметри, можна розгорнути в співвідношення

$$X_2 = fx_2(X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}), \quad (3.3)$$

де X_{21} – ЛЗ “вогнетривкість”;

X_{22} – ЛЗ “хімічна стійкість”;

X_{23} – ЛЗ “біологічна стійкість”;

X_{24} – ЛЗ “шкідливість”.

Лінгвістичну змінну, що описує теплофізичні параметри, може бути подана співвідношенням:

$$X_3 = fx_3(X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}), \quad (3.4)$$

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”.

Лінгвістичну змінну, що описує художньо-естетичні параметри, може бути подана виразом:

$$X_4 = fx_4(X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}), \quad (3.5)$$

де X_{41} – ЛЗ “колір”;

X_{42} – ЛЗ “яскравість”;

X_{43} – ЛЗ “кольоровість”;

X_{44} – ЛЗ “тональність”;

X_{45} – ЛЗ “фактурність”.

За результатами сукупності факторів, що характеризують ОТЕЕД і поданими співвідношеннями (3.1-3.5) на етапі структурної ідентифікації, виконаний узагальнений елемент у вигляді дерева логічного висновку ієрархічних зв’язків кількісних та якісних параметрів теплоізоляційних матеріалів (рис 3.2). Корінь дерева логічного висновку відповідає ОТЕЕД

теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівель, а висячі вершини є факторами, що впливають на інтелектуальну підтримку механізму управління екологічністю в житловому будівництві.

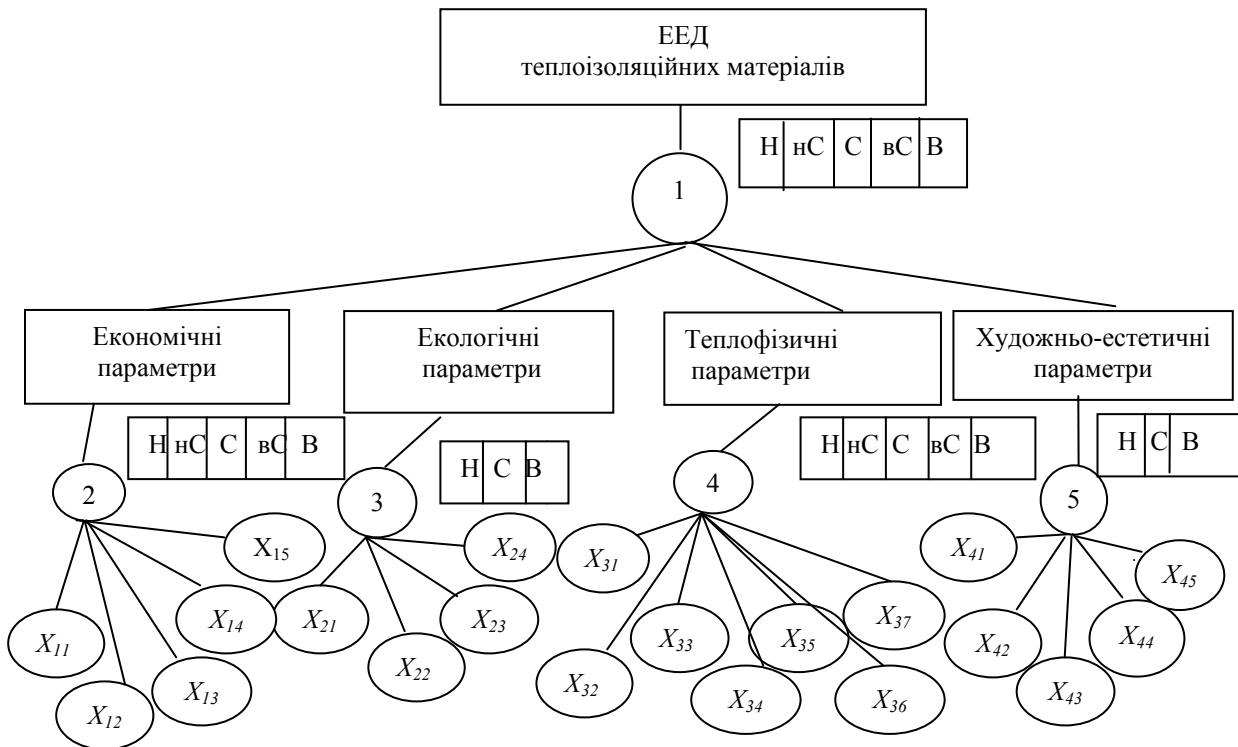


Рисунок 3.2 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на вибір теплоізоляційних матеріалів

Всі фактори впливу, що впливають на вибір теплоізоляційного матеріалу для термореновації 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 (3.1-3.5) 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. Змістовна інтерпретація параметрів, що впливають на ОТЕЕД теплоізоляційних матеріалів для забезпечення екологічності в житловому будівництві, та відповідні множини лінгвістичних оцінок (термів) наведені в таблиці 3.1.

Виконана формалізація та ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термореновації будівель, що впливають на прийняття організаційно-екологічних рішень щодо забезпечення екологічності в житловому будівництві, дозволяє побудувати функції належності нечітких оцінок впливу параметрів. Ці функції будуть використані при моделюванні

управління організаційно-екологічними механізмами із підвищення екологічності в житлових будівлях.

Таблиця 3.1 – Фактори впливу як лінгвістичні змінні

| Параметри | Позначення та назва лінгвістичної змінної | Універсальна множина | Терми для оцінки |
|--------------|---|-------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Економічні | X_{11} – вартість матеріалу | 110...1000 грн/м ³ | низька, менше середньої, середня, вище середньої, висока |
| | X_{12} – вартість робіт | 60...300 грн/м ³ | низька, середня, висока |
| | X_{13} – трудомісткість робіт | 15-35 людино – годин/м ³ | низька, середня, висока |
| | X_{14} – довговічність | 50...100 років | низька, середня, висока |
| | X_{15} – експлуатаційні витрати | 0...10 грн/м ³ | низька, середня, висока |
| Екологічні | X_{21} – вогнетривкість | 100...1400 °C | низька, середня, висока |
| | X_{22} – хімічна стійкість | 0...80 % | низька, середня, висока |
| | X_{23} – біологічна стійкість | 0...10 умовних одиниць | низька, середня, висока |
| | X_{24} – шкідливість | 0...5 умовних одиниць | низька, середня, висока |
| Теплофізичні | X_{31} – теплопровідність | 0,03...0,9 Вт/(м ² К) | низька, менше середньої, середня, вище середньої, висока |
| | 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 |

Продовження таблиці 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | |
|--------------------|------------------------------------|---------------|----------------|----------|
| Тепло-фізичні | X_{36} – міцність на стискування | 0,05...20 мПа | низька, висока | середня, |
| | X_{37} – звукопоглинання | 10...40 дБ | низька, висока | середня, |
| Художньо-естетичні | X_{41} – яскравість | 1...10 балів | низька, висока | середня, |
| | X_{42} – кольоровість | 1...10 балів | низька, висока | середня, |
| | X_{43} – тональність | 1...10 балів | низька, висока | середня, |
| | X_{44} – фактурність | 1...10 балів | низька, висока | середня, |
| | X_{45} – колір | 1...10 балів | низька, висока | середня, |

3.1.2 Побудова функції належності нечітких оцінок впливу параметрів еколого-економічної доцільності

При моделюванні управління організаційно-економічними рішеннями із підвищення екологічності житлових будівель шляхом їх термореновації як джерело інформації використовуються експертні оцінки, які мають якісний та кількісний характер і доступні проектувальникам на етапі техніко-економічного обґрунтування. Використовуваний метод побудови функції 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 [36]

$$\tilde{F} = \frac{\mu_F(u_1)}{(u_1)} + \frac{\mu_F(u_2)}{(u_2)} + \dots + \frac{\mu_F(u_n)}{(u_n)}, \quad (3.6)$$

де $(u_1, u_2, \dots, u_n) = U$ – 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 [36]

$$\frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n}, \quad (3.7)$$

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} обчислюється за формулами:

$$\begin{cases} \mu_1 = \left(1 + \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{r_1} + \dots + \frac{r_n}{r_1}\right)^{-1}; \\ \mu_2 = \left(\frac{r_1}{r_2} + 1 + \frac{r_3}{r_2} + \dots + \frac{r_n}{r_2}\right)^{-1}; \\ \dots \\ \mu_n = \left(\frac{r_1}{r_n} + \frac{r_2}{r_n} + \frac{r_3}{r_n} + \dots + 1\right)^{-1}. \end{cases} \quad (3.8)$$

За формулами (3.8) ступені належності $\mu_F(u_i)$ елементів $u_i \in (U)$ до нечіткого терму знаходять за відносними оцінками рангів $r_i / r_j = a_{ij}$; $i, j = \overline{1, n}$, що створюють матрицю:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \dots & \frac{r_n}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \dots & \frac{r_n}{r_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{r_1}{r_n} & \frac{r_2}{r_n} & \frac{r_3}{r_n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

За відомими елементами рядка матриці (3.9) обчислюють елементи всіх інших рядків. Довільний елемент a_{ij} , при відомих елементах a_{kj} , $k, i = \overline{1, n}$ певного i -ого рядка, обчислюється як $a_{ij} = a_{kj} / a_{ki}$, $i, j, k = \overline{1, n}$. Для експертної оцінки елементів матриці (3.9) користуються 9-ти бальною шкалою Сааті [38].

Метод побудови функції належності детально розглядається на прикладі фактора X_{11} – “вартість матеріалу”. Для фактора X_{11} – “вартість матеріалу” універсальною множиною є $U(X_{11}) = [110 \dots 1000 \text{ грн/м}^3]$. Для лінгвістичної оцінки фактора X_{11} “вартість матеріалу” використовується терм-множина :

$$T(X_{11}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$$

Матриця, яка характеризує парні порівняння різних величин вартості матеріалу з точки зору їх близькості до терму “низька” може бути подана у вигляді:

$$A_{\text{„низька”}}(X_{11}) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 6/8 & 4/8 & 2/8 & 1/8 \\ u_2 & 8/6 & 1 & 4/6 & 2/6 & 1/6 \\ u_3 & 8/4 & 6/4 & 1 & 2/4 & 1/4 \\ u_4 & 8/2 & 6/2 & 4/2 & 1 & 1/2 \\ u_5 & 8 & 6 & 4 & 2 & 1 \end{array} \quad (3.10)$$

Використовуючи формулу (3.9) 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 “менше середньої”, “середня”, “більше середньої” та “висока” й відповідні ступені належності. Отримані матриці та ступені належності наведені в таблиці 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 лінгвістична змінна “вартість матеріалу” подана у вигляді таких нечітких множин:

$$\text{- вартість матеріалу „низька”} = \left\{ \frac{1}{110}; \frac{0,75}{330}; \frac{0,50}{555}; \frac{0,25}{775}; \frac{0,13}{1000} \right\};$$

$$\text{- вартість матеріалу „менше середньої”} = \left\{ \frac{0,78}{110}; \frac{1}{330}; \frac{0,56}{555}; \frac{0,33}{775}; \frac{0,11}{1000} \right\};$$

- вартість матеріалу “середня” = $\left\{ \frac{50}{110}; \frac{0,75}{330}; \frac{1}{555}; \frac{0,75}{775}; \frac{0,50}{1000} \right\}$;

- вартість матеріалу “більше середньої” = $\left\{ \frac{0,25}{110}; \frac{0,50}{330}; \frac{0,75}{555}; \frac{1}{775}; \frac{0,13}{1000} \right\}$;

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

Таблиця 3.2 – Матриці парних порівнянь та ступенів належності

| Терми для оцінки | Матриця парних порівнянь | Ступені належності | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
| менше середнього | <table border="1"> <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 border="1"> <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 border="1"> <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 border="1"> <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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Отримані нечіткі множини свідчать про те, що на прийняття рішення щодо вибору матеріалу для термореновації будівель за оптимальними еколого-економічними показниками вартість матеріалу впливає за таким 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.

Графічне зображення нечітких множин для різних лінгвістичних змінних таких параметрів еколого-економічної доцільності як економічні, екологічні, теплофізичні, художньо-естетичні наведено на рис. 3.3 – 3.7.

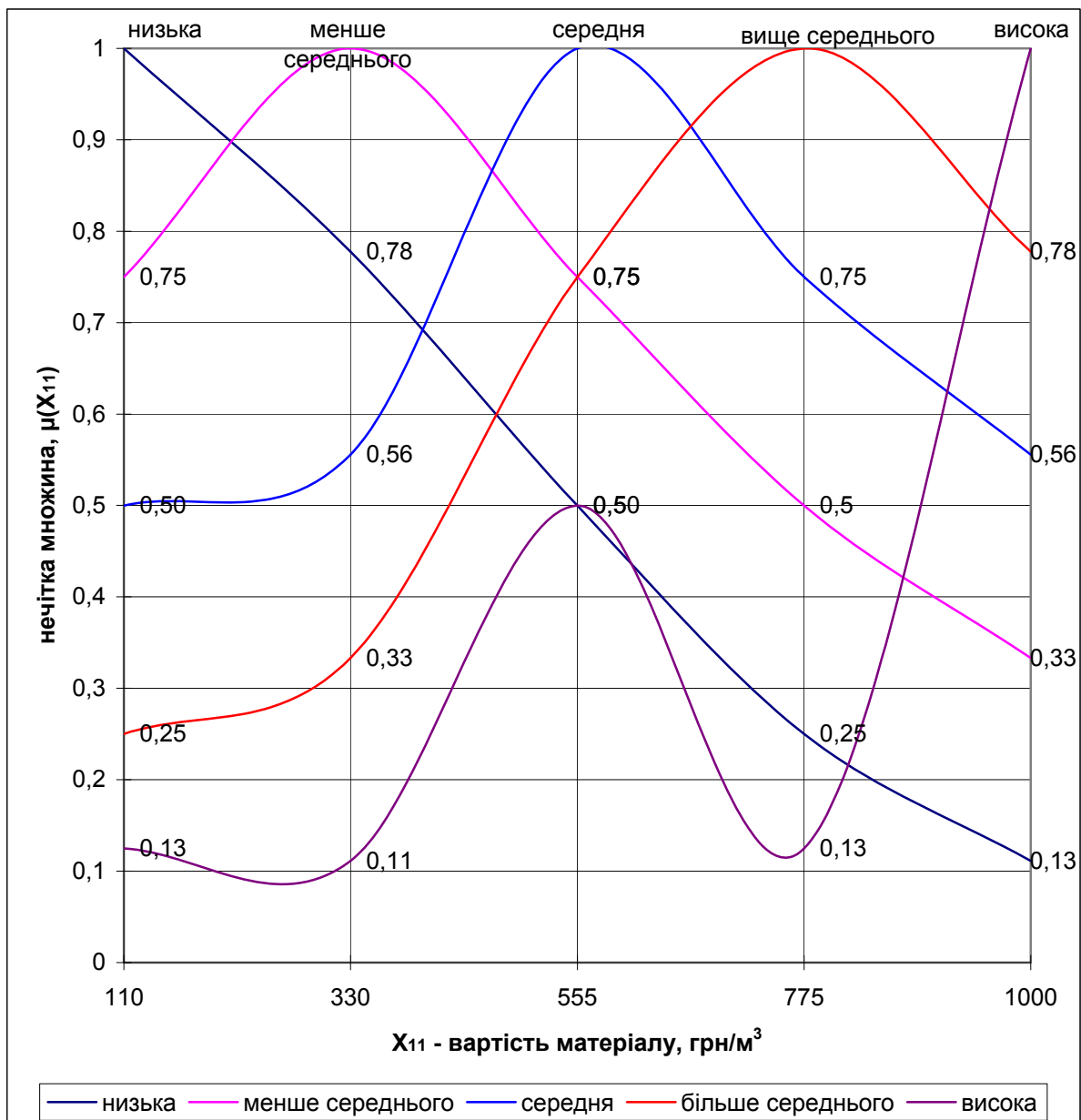


Рисунок 3.3 - Функції належності для ЛЗ "вартість матеріалу"

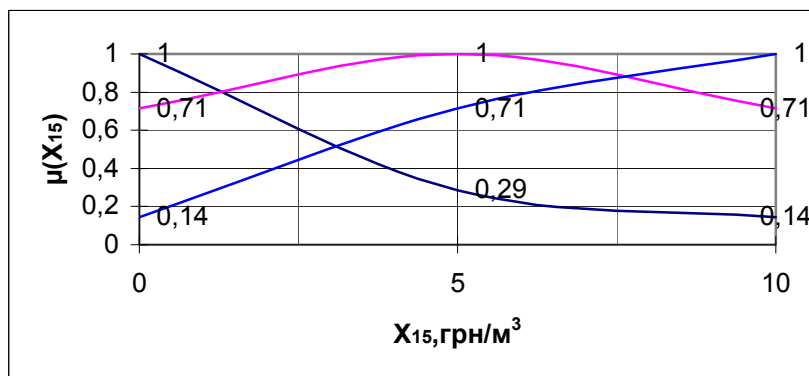
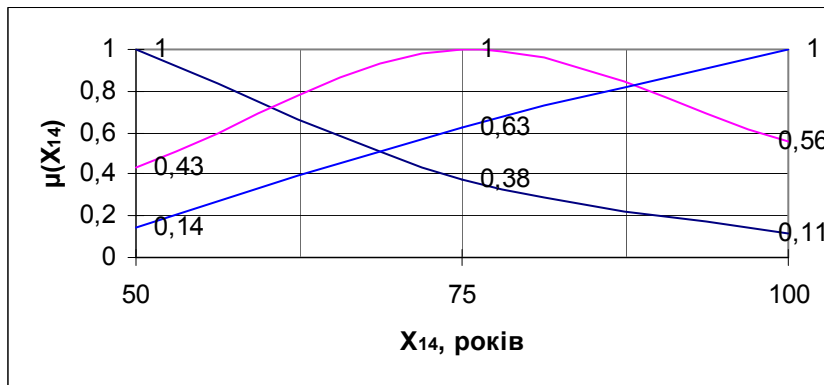
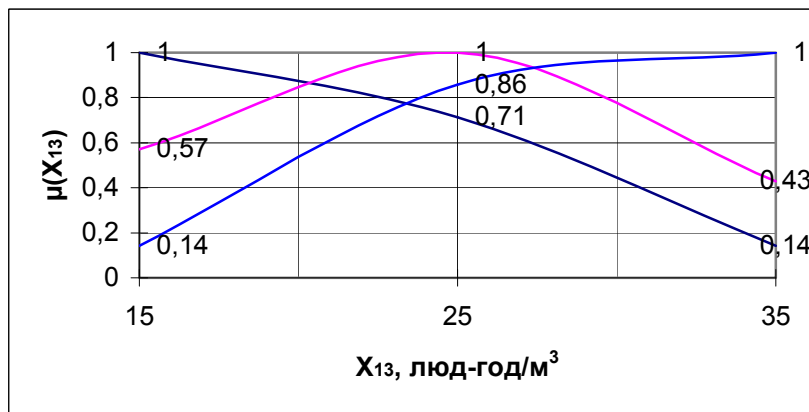
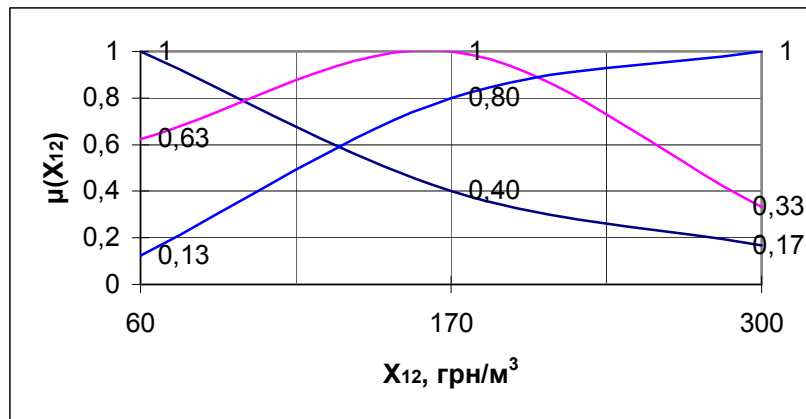


Рисунок 3.4 – Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують економічні параметри

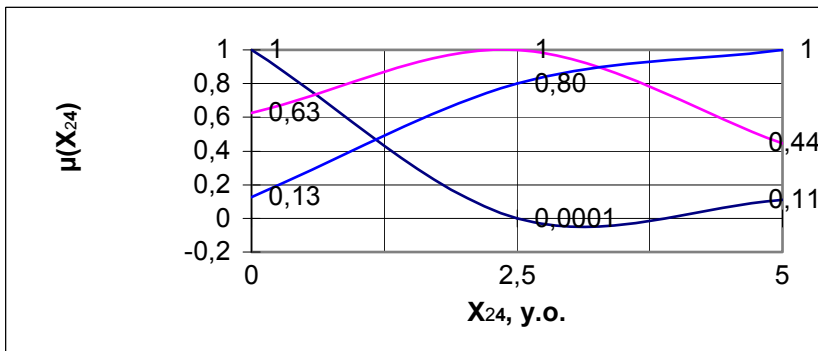
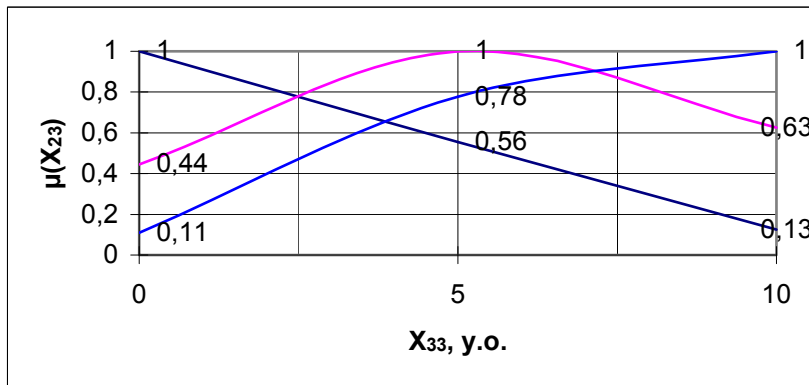
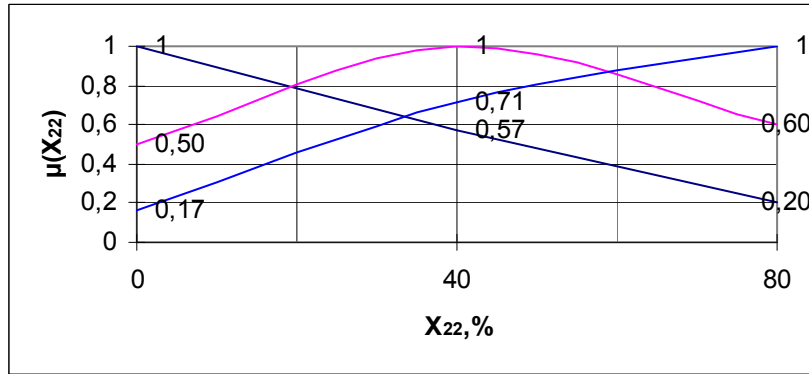
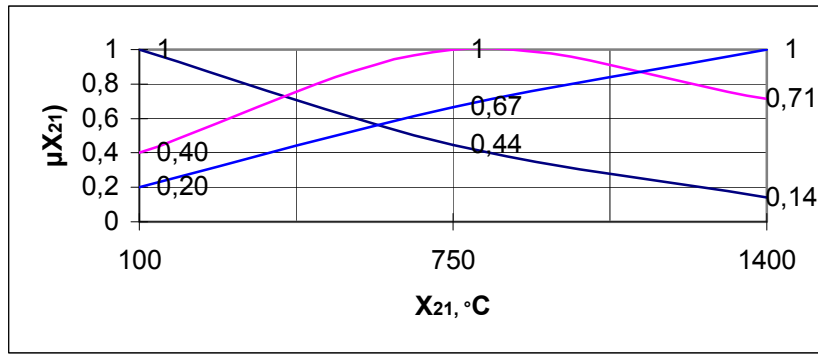


Рисунок 3.5 – Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують екологічні параметри

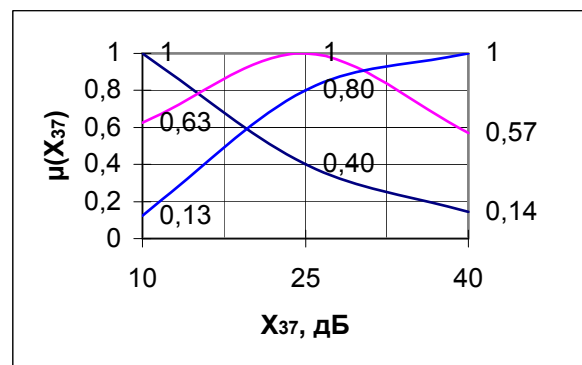
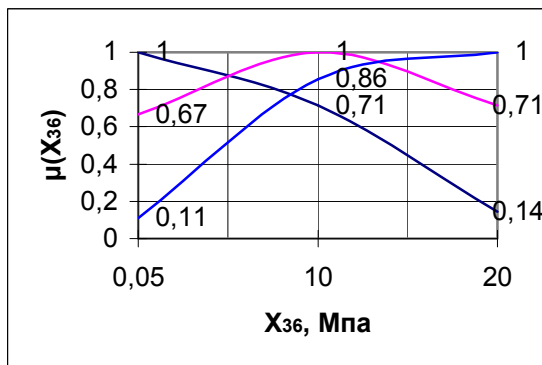
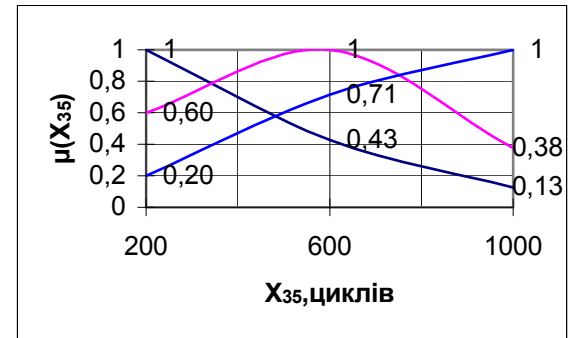
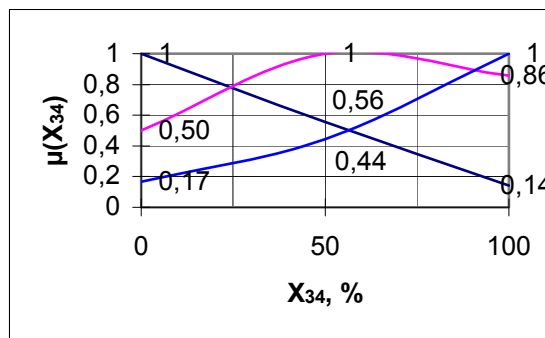
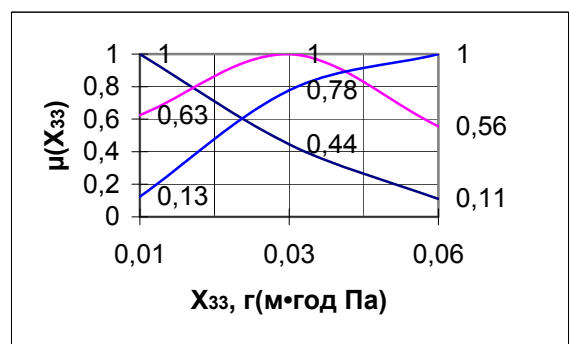
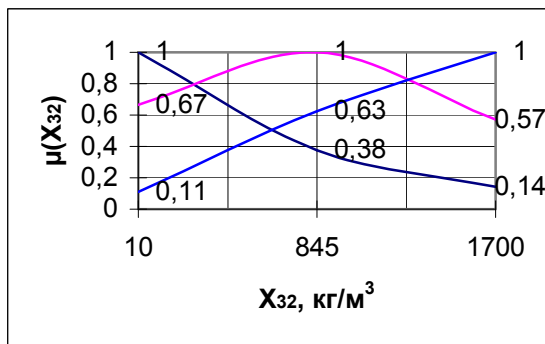
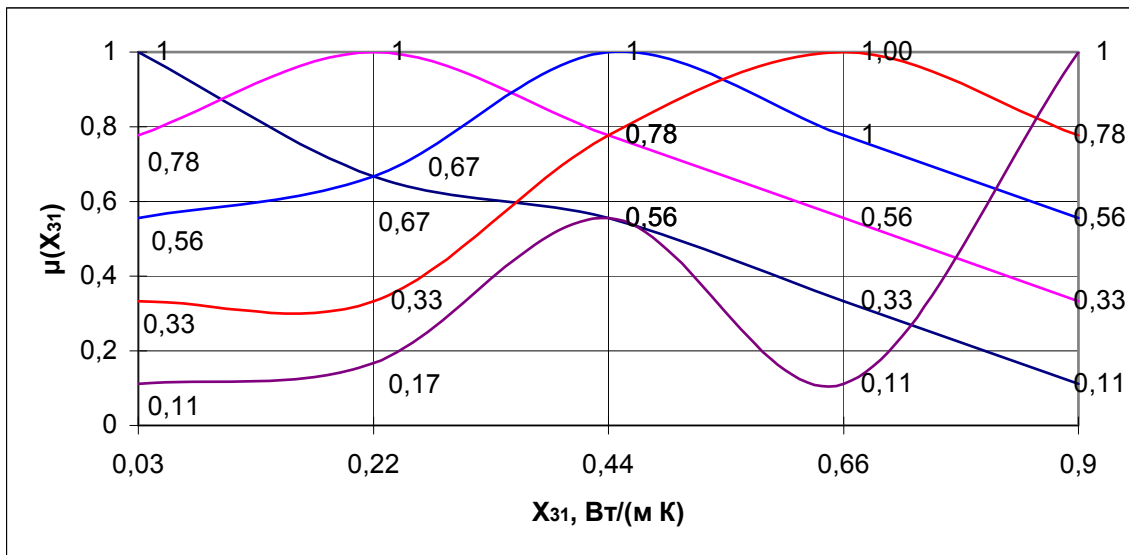


Рисунок 3.6 – Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують теплофізичні параметри

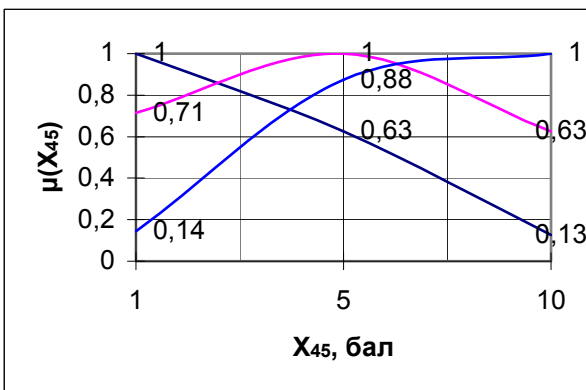
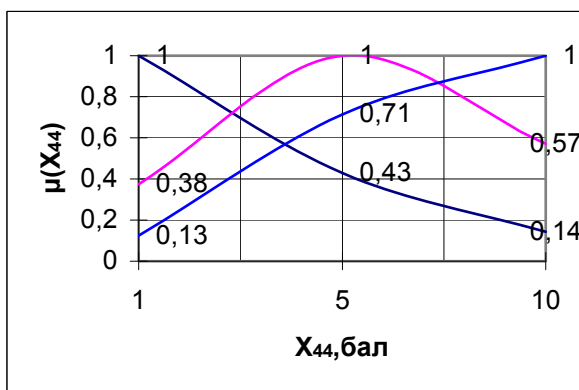
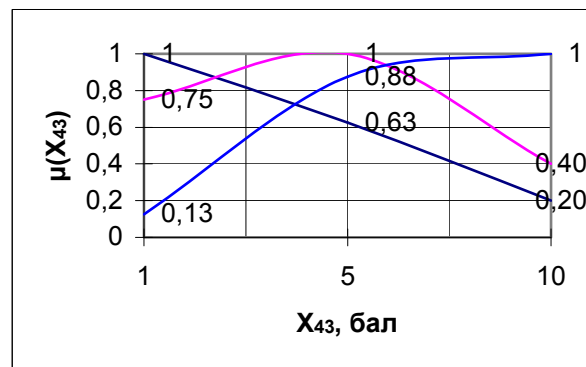
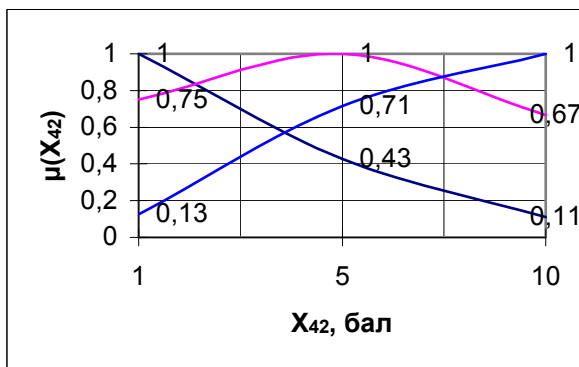
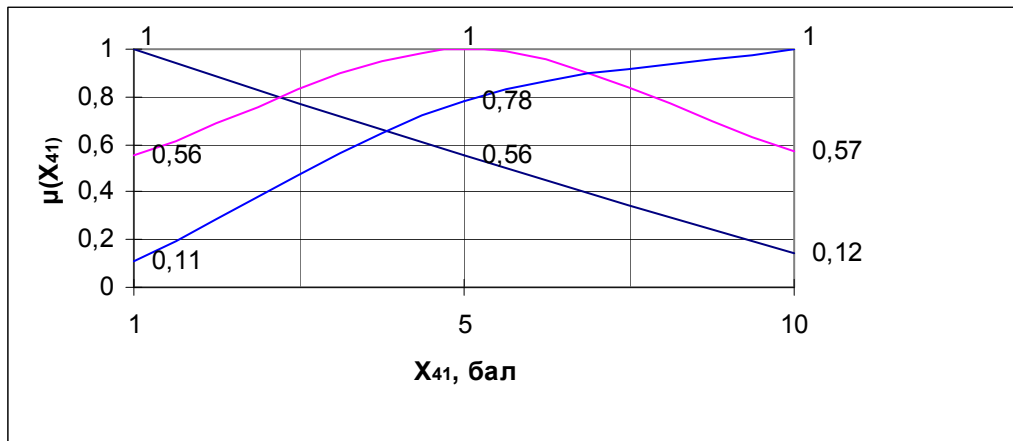


Рисунок 3.7 – **Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують художньо-естетичні параметри**

Побудовані функції належності нечітких оцінок впливу параметрів еколого-економічної доцільності дозволяють виконати моделювання управління організаційно-економічним механізмом із забезпечення екологічності в житловому будівництві з врахуванням кількісних та якісних факторів впливу.

3.2 Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття рішень з управління організаційними механізмами підвищення енергоощадності будівель

При моделюванні інтелектуальної підтримки прийняття рішення з підвищення екологічності житлових будівель використані нечіткі логічні рівняння. За допомогою цих рівнянь пов'язують функції належності різних рівнів вхідних та вихідних змінних, що подані на запропонованому дереві логічного висновку (рис.3.2). Кожному нечіткому логічному рівнянню передуює база знань у вигляді експертних висловлювань про зв'язки нечітких термів вхідних та вихідних лінгвістичних змінних в співвідношеннях (3.1) – (3.5).

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок між організаційно-технологічною та еколого-економічною доцільністю матеріалу для термореновації будівлі з економічними, екологічними, теплофізичними та художньо-естетичними параметрами, виконується з використанням системи терм-множини:

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

$T(X_1) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(X_2) = \langle \text{низькі, середні, високі} \rangle;$

$T(X_3) = \langle \text{низькі, нижче середніх, середні, вище середніх, високі} \rangle;$

$T(X_4) = \langle \text{низькі, середні, високі} \rangle.$

Нечітка матриця знань, з врахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.1), наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Матриця знань для залежності (3.1)

| ЯКЩО | | | | ТО |
|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | Y |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Н | Н | Н | Н | Низькі (Н) |
| нС | Н | Н | Н | |
| Н | Н | С | Н | |
| Н | Н | нС | Н | |
| Н | Н | Н | С | |
| нС | Н | С | С | |
| нС | С | Н | Н | Нижче середніх (нС) |
| С | С | нС | Н | |
| С | Н | нС | С | |
| С | С | Н | Н | |
| нС | С | С | С | Середні (С) |
| нС | С | С | В | |

Продовження таблиці 3.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|----|---|--------------------|
| нС | С | В | С | Середні (С) |
| С | С | С | С | |
| вС | В | Н | С | |
| С | В | вС | Н | |
| Н | С | вС | С | |
| С | С | вС | С | |
| В | С | вС | С | Вище середніх (вС) |
| вС | С | В | С | |
| вС | С | С | В | |
| В | С | С | С | |
| вС | В | С | С | |
| С | В | В | В | Високі (В) |
| В | В | вС | В | |
| вС | В | С | В | |
| вС | В | В | С | |
| В | В | В | В | |

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

$$\begin{aligned} \mu_H(Y) = & \mu_H(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_H(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_H(X_1) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_{HC}(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_H(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_C(X_4), \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \mu_{HC}(Y) = & \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{HC}(X_3) \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_2) \wedge \mu_{HC}(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_H(X_4), \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \mu_C(Y) = & \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_{HC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_H(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_4) \vee \mu_H(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_C(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_4), \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned} \mu_{BC}(Y) = & \mu_B(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_C(X_2) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_C(X_4), \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \mu_B(Y) = & \mu_C(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_{BC}(X_3) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_C(X_3) \wedge \mu_B(X_4) \vee \mu_{BC}(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_3) \wedge \mu_C(X_4) \vee \mu_B(X_1) \wedge \mu_B(X_2) \wedge \mu_B(X_3) \wedge \mu_B(X_4). \end{aligned} \quad (3.15)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує економічні параметри (X_1) з вартістю матеріалу (X_{11}), вартістю робіт (X_{12}), трудомісткістю робіт (X_{13}), довговічністю (X_{14}), експлуатаційними витратами (X_{15}), виконується з використанням системи терм-множин:

- $T(X) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$
 $T(X_{11}) = \langle \text{низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока} \rangle;$
 $T(X_{12}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
 $T(X_{13}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
 $T(X_{14}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
 $T(X_{15}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (3.2) наведена 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 | |
| Н | Н | Н | С | С | |
| нС | С | С | Н | Н | Нижче середніх (нС) |
| нС | Н | С | С | Н | |
| нС | Н | С | Н | С | |
| нС | С | Н | С | Н | |
| нС | С | Н | Н | С | |
| С | С | С | С | С | Середні (С) |
| Н | С | С | С | С | |
| С | Н | С | С | С | |
| С | С | Н | С | С | |
| С | С | С | Н | С | |

Продовження таблиці 3.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|---|---|---|--------------------|
| С | С | С | С | Н | Середні (С) |
| 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 | |
| В | С | В | В | В | Високі (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 | |
| В | В | В | В | В | |

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \mu_B(X_1) = & \mu_C(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_C(X_{13}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_C(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_C(X_{15}) \vee \mu_{BC}(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \mu_B(X_{15}) \vee \mu_B(X_{11}) \wedge \mu_B(X_{12}) \wedge \mu_B(X_{13}) \wedge \mu_B(X_{14}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{15}). \end{aligned} \quad (3.20)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує екологічні параметри (X_2) з вогнетривкістю (X_{21}), хімічною стійкістю (X_{22}), біологічною стійкістю (X_{23}), шкідливістю (X_{24}), виконується з використанням системи терм-множин:

- $T(X_2) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{21}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{22}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{23}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{24}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.3) наведена 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 | |

Продовження таблиці 3.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|-------------|
| Н | Н | Н | С | Низькі (Н) |
| 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 наведені в табл. 3.5, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

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

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

$$\begin{aligned} \mu_B(X_2) = & \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_C(X_{21}) \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_C(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \\ & \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_C(X_{23}) \wedge \mu_B(X_{24}) \vee \mu_B(X_{21}) \wedge \mu_B(X_{22}) \wedge \mu_B(X_{23}) \wedge \mu_C(X_{24}). \end{aligned} \quad (3.23)$$

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує теплофізичні параметри (X_3) з теплопровідністю (X_{31}) , густиною (X_{32}) , паропроникністю (X_{33}) , гігроскопічністю (X_{34}) , морозостійкістю (X_{35}) , міцністю на стискання (X_{36}) , звукопоглинанням (X_{37}) , виконується з використанням системи терм-множин:

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

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

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

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

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

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

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

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

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.4) наведена в табл. 3.6.

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \mu_B(X_3) = & \mu_C(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_C(X_{37}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_B(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_B(X_{32}) \wedge \mu_C(X_{33}) \wedge \mu_C(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_B(X_{36}) \wedge \mu_B(X_{37}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{31}) \wedge \mu_C(X_{32}) \wedge \mu_B(X_{33}) \wedge \mu_B(X_{34}) \wedge \mu_C(X_{35}) \wedge \mu_C(X_{36}) \wedge \mu_H(X_{37}). \end{aligned} \quad (3.28)$$

Таблиця 3.6 – Матриця нечіткої бази знань на рівні теплофізичних параметрів

| ЯКЩО | | | | | | | 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 | Високі (В) |
| В | В | В | В | С | С | С | |
| С | С | В | В | В | В | 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 | |

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що пов'язує художньо-естетичні параметри (X_4) з кольором (X_{41}), яскравістю (X_{42}), кольоровістю (X_{43}), тональністю (X_{44}), фактурністю (X_{45}) виконується з використанням системи терм-множин:

- $T(X_4) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{41}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{42}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{43}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{44}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle;$
- $T(X_{45}) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термів для моделювання залежності (3.5) наведена в табл. 3.7.

Лінгвістичним висловлюванням, що наведені в табл. 3.7, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\begin{aligned} \mu_H(X_4) = & \mu_B(X_{41}) \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_H(X_{45}) \vee \mu_H(X_{41}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_H(X_{45}) \vee \mu_H(X_{41}) \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_H(X_{45}) \vee \mu_H(X_{41}) \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_H(X_{45}) \vee \\ & \vee \mu_H(X_{41}) \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}), \end{aligned} \quad (3.29)$$

$$\begin{aligned} \mu_C(X_4) = & \mu_H(X_{41}) \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}) \vee \mu_C(X_{41}) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}) \vee \mu_C(X_{41}) \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_H(X_{43}) \wedge \\ & \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}) \vee \mu_C(X_{41}) \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \mu_H(X_{44}) \wedge \mu_H(X_{45}) \vee \\ & \vee \mu_C(X_{41}) \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}), \end{aligned} \quad (3.30)$$

$$\begin{aligned} \mu_B(X_4) = & \mu_C(X_{41}) \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_B(X_{43}) \wedge \mu_B(X_{44}) \wedge \mu_B(X_{45}) \vee \mu_B(X_{41}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \mu_B(X_{44}) \wedge \mu_B(X_{45}) \vee \mu_B(X_{41}) \wedge \mu_B(X_{42}) \wedge \mu_C(X_{43}) \wedge \\ & \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_B(X_{45}) \vee \mu_B(X_{41}) \wedge \mu_B(X_{42}) \wedge \mu_B(X_{43}) \wedge \mu_C(X_{44}) \wedge \mu_C(X_{45}) \vee \\ & \vee \mu_B(X_{41}) \wedge \mu_B(X_{42}) \wedge \mu_B(X_{43}) \wedge \mu_B(X_{44}) \wedge \mu_B(X_{45}). \end{aligned} \quad (3.31)$$

Таблиця 3.7 – Матриця нечіткої бази знань на рівні художньо-естетичних параметрів

| ЯКЩО | | | | | ТО |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| X_{41} | X_{42} | X_{43} | X_{44} | X_{45} | X_4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| С | Н | Н | Н | Н | Низькі (Н) |
| Н | С | Н | Н | Н | |
| Н | Н | С | Н | Н | |
| Н | Н | Н | С | Н | |
| Н | Н | Н | Н | С | |
| Н | Н | С | С | С | Середні (С) |

Продовження таблиці 3.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|------------|
| С | Н | Н | С | С | |
| С | С | Н | Н | С | |
| С | С | С | Н | Н | |
| С | С | С | С | С | |
| С | С | В | В | В | |
| В | С | С | В | В | Високі (В) |
| В | В | С | С | В | |
| В | В | В | С | С | |
| В | С | В | В | В | |

Отримані нечіткі логічні рівняння на відповідному ієрархічному рівні: системному (3.11 - 3.15), економічному (3.16 – 3.20), екологічному (3.21 – 3.23), теплофізичному (3.24 – 3.28) та художньо-естетичному (3.29 – 3.31) пов'язують функції належності вхідних і вихідних змінних, що обумовлено використанням при їх побудові операцій max та min. Ієрархічна система логічних рівнянь (3.11 – 3.31) оцінює ступінь належності прогнозованого показника еколого-економічної доцільності матеріалу для термореновації будівлі.

3.3 Аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань, що впливають на організаційно-економічний механізм управління енергозбереженням

Використання нечітких логічних рівнянь передбачає визначення функції належності $\mu_T(u)$ всіх нечітких термів, що наведені в табл. 3.1. Функції належності (рис. 3.3 - 3.8) 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 [36]

$$\mu_T(u^*) = \frac{u^*(\mu_{i+1} - \mu_i) + \mu_i(u_{i+1} - u_i) - u_i(\mu_{i+1} - \mu_i)}{u_{i+1} - u_i} . \quad (3.32)$$

Аналіз змінних ($X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$) тільки на дискретній універсальній множині не дозволяє враховувати випадки, коли на еколого-економічну доцільність теплоізоляційного матеріалу впливають змішані фактори. З метою уникнення цього обмеження задаємо як область визначення змінної

умовний інтервал, на якому кожному елементу множини відповідає відповідне значення. Використовуючи функції належності (рис. 3.3 – 3.7) та формулу (3.32) знаходимо аналітичні моделі функції належності оцінок вхідних змінних для всіх термів, які описуються системою рівнянь виду:

$$\mu_T(u^*) = \frac{au^* + b}{c}, \quad (3.33)$$

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 (3.11-3.31), які описують моделі функції належності на економічному, екологічному, теплофізичному, художньо-естетичному рівні, наведено в табл. 3.8-3.11.

Таблиця 3.8 – Параметри рівняння моделі функції 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 | 153,130 | 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 |

Продовження таблиці 3.8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|-----------------|-------|--------|------|------------|
| 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 |
| | | 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 |
| Експл уатаці йні витра ти | $\mu_H(X_{15})$ | -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 |

Продовження таблиці 3.8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|-----------------|-------|------|-----|----------|
| Експлуатаційні витрати | $\mu_H(X_{15})$ | -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 |
| | | 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 3.9 – 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 |
| | $\mu_C(X_{22})$ | 0,21 | 11,43 | 20 | 0...20 |
| | | 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 |

Продовження таблиці 3.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-----------------|-------|-------|------|------------|
| 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 |
| | $\mu_C(X_{23})$ | 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 3.10 – Параметри рівняння моделі функції належності на теплофізичному 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 |

Продовження таблиці 3.10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|---------------------|-------|--------|-------|--------------|
| Теплопровідність | $\mu_C (X_{31})$ | 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 |
| | | -0,22 | 0,33 | 0,24 | 0,66...0,9 |
| | $\mu_{BC} (X_{31})$ | 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 |

Продовження таблиці 3.10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|------------------|-------|--------|------|------------|
| Гіроскопічність | $\mu_C (X_{34})$ | 0,22 | 13,89 | 25 | 0...25 |
| | | 0,22 | 13,89 | 25 | 25...50 |
| | | -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 |

Продовження таблиці 3.10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|-----------------|------|-------|-----|-----------|
| Звукопоглинання | $\mu_B(X_{37})$ | 0,21 | -1,07 | 7,5 | 10...17,5 |
| | | 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 |

Таблиця 3.11 – Параметри рівняння моделі функції належності на художньо-естетичному 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 |
| Яскравість | $\mu_H(X_{41})$ | -0,17 | 1,67 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | -0,28 | 2,78 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,22 | 2,5 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,22 | 2,5 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_C(X_{41})$ | 0,17 | 0,67 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,28 | 1,11 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,11 | 3,06 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,11 | 3,06 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_B(X_{41})$ | 0,16 | 0,05 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,27 | 0,09 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | 0,21 | 0,36 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | 0,21 | 0,36 | 2,5 | 7,5...10 |
| Кольоровість | $\mu_H(X_{42})$ | -0,09 | 1,59 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | -0,16 | 2,66 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,31 | 3,44 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,31 | 3,44 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_C(X_{42})$ | 0,21 | 0,43 | 1,5 | 1...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 |
| | $\mu_B(X_{42})$ | 0,21 | -0,04 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,35 | -0,07 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | 0,17 | 0,83 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | 0,17 | 0,83 | 2,5 | 7,5...10 |
| Тональ-ність | $\mu_H(X_{43})$ | -0,09 | 1,59 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | -0,16 | 2,66 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,31 | 3,44 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,31 | 3,44 | 2,5 | 7,5...10 |

Продовження таблиці 3.11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|-----------------|-------|------|-----|----------|
| Тональність | $\mu_C(X_{43})$ | 0,14 | 0,8 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,23 | 1,33 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,06 | 2,81 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,06 | 2,81 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_B(X_{43})$ | 0,08 | 0,23 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,13 | 0,38 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | 0,30 | -0,5 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | 0,30 | -0,5 | 2,5 | 7,5...10 |
| Фактурність | $\mu_H(X_{44})$ | -0,23 | 1,73 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | -0,39 | 2,89 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,13 | 1,56 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,13 | 1,56 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_C(X_{44})$ | 0,21 | 0,43 | 1,5 | 1...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 |
| | $\mu_B(X_{44})$ | 0,16 | 0,05 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,27 | 0,09 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | 0,21 | 0,36 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | 0,21 | 0,36 | 2,5 | 7,5...10 |
| Колір | $\mu_H(X_{45})$ | -0,11 | 1,61 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | -0,18 | 2,68 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,29 | 3,21 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,29 | 3,21 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_C(X_{45})$ | 0,14 | 0,8 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,23 | 1,33 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | -0,06 | 2,81 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | -0,06 | 2,81 | 2,5 | 7,5...10 |
| | $\mu_B(X_{45})$ | 0,19 | 0 | 1,5 | 1...2,5 |
| | | 0,31 | 0 | 2,5 | 2,5...5 |
| | | 0,19 | 0,63 | 2,5 | 5...7,5 |
| | | 0,19 | 0,63 | 2,5 | 7,5...10 |

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 еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівлі для фіксованого вектора факторів, що впливають. 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 з процедурою дефазифікацією забезпечує можливість спостереження за змінами вихідного показника (полістиролу) при варіації факторів впливу.

Дефазифікація нечітких множин за принципом “центра ваги” дає кількісну оцінку еколого-економічної доцільності полістиролу як теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівлі C_R^* при заданих значеннях факторів впливу [36]:

$$EED_m^* = (X^*, Y^*, Z^*, W^*, P^*, S^*) = \frac{\sum_{i=1}^l EED_m^{d_i} \cdot \mu_{d_i}(EED_m)}{\sum_{i=1}^l \mu_{d_i}(EED_m)}, \quad (3.34)$$

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 .

Таблиця 3.12 – **Значення функції належності, що впливають на величину ЕЕД полістиролу як теплоізоляційного матеріалу**

| Фактор (U^*) | Значення | Значення функції належності термів для оцінки фактора U^* | Значення функції належності змінної ($X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}$) |
|------------------|---------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| X_{11} | 150 грн/м ³ | $\mu_H(X_{11}) = 0,95$ | $\mu_H(X_1)=0,95$ $\mu_{HC}(X_1)=1$ $\mu_C(X_1)=0,63$ $\mu_{BC}(X_1)=0,63$ $\mu_B(X_1)=0,29$ |
| | | $\mu_{HC}(X_{11}) = 0,82$ | |
| | | $\mu_C(X_{11}) = 0,55$ | |
| | | $\mu_{BC}(X_{11}) = 0,30$ | |
| | | $\mu_B(X_{11}) = 0,15$ | |
| X_{12} | 100 грн/м ³ | $\mu_H(X_{12}) = 0,86$ | |
| | | $\mu_C(X_{12}) = 0,62$ | |
| | | $\mu_B(X_{12}) = 0,23$ | |
| X_{13} | 20 люд-год/м ³ | $\mu_H(X_{13}) = 0,79$ | |
| | | $\mu_C(X_{13}) = 1$ | |
| | | $\mu_B(X_{13}) = 0,23$ | |
| X_{14} | 60 років | $\mu_H(X_{14}) = 0,77$ | |
| | | $\mu_C(X_{14}) = 0,63$ | |
| | | $\mu_B(X_{14}) = 0,29$ | |
| X_{15} | 0 грн/м ³ | $\mu_H(X_{15}) = 1$ | |

Продовження таблиці 3.12

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|----------------------|---------------------------|---|
| X ₁₅ | 0 грн/м ³ | $\mu_C(X_{15}) = 0,29$ | |
| | | $\mu_B(X_{15}) = 0,14$ | |
| X ₂₁ | 100 °С | $\mu_H(X_{21}) = 1$ | $\mu_H(X_2)=1$ $\mu_C(X_2)=0,93$ $\mu_B(X_2)=0,7$ |
| | | $\mu_C(X_{21}) = 0,44$ | |
| | | $\mu_B(X_{21}) = 0,14$ | |
| X ₂₂ | 50 % | $\mu_H(X_{22}) = 0,42$ | $\mu_H(X_2)=1$ $\mu_C(X_2)=0,93$ $\mu_B(X_2)=0,7$ |
| | | $\mu_C(X_{22}) = 0,93$ | |
| | | $\mu_B(X_{22}) = 0,70$ | |
| X ₂₃ | 5 у.о. | $\mu_H(X_{23}) = 0,44$ | |
| | | $\mu_C(X_{23}) = 1$ | |
| | | $\mu_B(X_{23}) = 0,63$ | |
| X ₂₄ | 0 у.о. | $\mu_H(X_{24}) = 1$ | |
| | | $\mu_C(X_{24}) = 0$ | |
| | | $\mu_B(X_{24}) = 0,11$ | |
| X ₃₁ | 0,03 Вт/(мК) | $\mu_H(X_{31}) = 1$ | |
| | | $\mu_{HC}(X_{31}) = 0,67$ | |
| | | $\mu_C(X_{31}) = 0,56$ | |
| | | $\mu_{BC}(X_{31}) = 0,33$ | |
| | | $\mu_B(X_{31}) = 0,11$ | |
| X ₃₂ | 30 кг/м ³ | $\mu_H(X_{32}) = 0,99$ | |
| | | $\mu_C(X_{32}) = 0,39$ | |
| | | $\mu_B(X_{32}) = 0,15$ | |
| X ₃₃ | 0,02 Г(М*ГОД Па) | $\mu_H(X_{33}) = 0,81$ | |
| | | $\mu_C(X_{33}) = 0,72$ | |
| | | $\mu_B(X_{33}) = 0,33$ | |
| X ₃₄ | 1 % | $\mu_H(X_{34}) = 0,99$ | |
| | | $\mu_C(X_{34}) = 0,56$ | |
| | | $\mu_B(X_{34}) = 0,16$ | |
| X ₃₅ | 1000 циклів | $\mu_H(X_{35}) = 0,2$ | |
| | | $\mu_C(X_{35}) = 0,71$ | |
| | | $\mu_B(X_{35}) = 1$ | |
| X ₃₆ | 0,1 мПа | $\mu_H(X_{36}) = 1$ | |
| | | $\mu_C(X_{36}) = 0,72$ | |
| | | $\mu_B(X_{36}) = 0,15$ | |
| X ₃₇ | 35 дБ | $\mu_H(X_{37}) = 0,29$ | |
| | | $\mu_C(X_{37}) = 0,87$ | |
| | | $\mu_B(X_{37}) = 0,86$ | |

Продовження таблиці 3.12

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|---------|------------------------|--|
| X ₄₁ | 2 балів | $\mu_H(X_{41}) = 0,89$ | $\mu_H(X_4) = 0,81$ $\mu_C(X_4) = 0,91$ $\mu_B(X_4) = 0,7$ |
| | | $\mu_C(X_{41}) = 0,67$ | |
| | | $\mu_B(X_{41}) = 0,25$ | |
| X ₄₂ | 5 балів | $\mu_H(X_{42}) = 0,75$ | |
| | | $\mu_C(X_{42}) = 1$ | |
| | | $\mu_B(X_{42}) = 0,67$ | |
| X ₄₃ | 4 балів | $\mu_H(X_{43}) = 0,81$ | |
| | | $\mu_C(X_{43}) = 0,91$ | |
| | | $\mu_B(X_{43}) = 0,35$ | |
| X ₄₄ | 5 балів | $\mu_H(X_{44}) = 0,38$ | |
| | | $\mu_C(X_{44}) = 1$ | |
| | | $\mu_B(X_{44}) = 0,57$ | |
| X ₄₅ | 6 балів | $\mu_H(X_{45}) = 0,6$ | |
| | | $\mu_C(X_{45}) = 0,98$ | |
| | | $\mu_B(X_{45}) = 0,7$ | |

Використовуючи аналітичні формули (3.11) – (3.15) та значення функції належності і змінних X₁, X₂, X₃, X₄, X₅ (табл. 3.12) отримані значення функції належності терм-оцінок змінної Y:

$$\mu_H(Y) = 0,95 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,81 \vee 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,81 \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,81 \vee$$

$$\vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,91 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\mu_{HC}(Y) = 1 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,81 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \vee$$

$$\vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,81 = 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 0,93;$$

$$\mu_C(Y) = 1 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,72 \cdot 0,91 \vee$$

$$\vee 0,91 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,99 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \vee$$

$$\vee 0,95 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,91 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,86 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 0,86;$$

$$\mu_{BC}(Y) = 0,29 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,7 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,72 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \vee$$

$$\vee 0,29 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,81 \cdot 0,91 = 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,91 = 0,91;$$

$$\mu_B(Y) = 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,7 \vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \cdot 0,7 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \vee$$

$$\vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,91 \vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,7 = 0,72 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \cdot 0,72 = 0,72.$$

Якісну оцінку теплоізоляційного матеріалу для термореновації 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 еколого-економічну доцільність вибору теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівлі для фіксованого вектора факторів, що впливають. Відповідно до методу дефазифікації - "центр ваги" нечіткій множині відповідає така кількісна оцінка еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу:

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

Підставивши у 3.36 формулу d_i для i -го терма q_i

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

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

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

Для нашого прикладу при умові що $\underline{EED_m} = 150$ грн/м³, $\overline{EED_m} = 400$ грн/м³, дефазифікація за формулою (8) дає такий прогноз еколого-економічної доцільності полістиролу як теплоізоляційного матеріалу:

$$EED_m^* = \frac{1 \cdot 150 + 0,93 \cdot 212,5 + 0,86 \cdot 275 + 0,91 \cdot 337,5 + 0,72 \cdot 400}{1 + 0,93 + 0,86 + 0,91 + 0,72} = 266,8 \text{ грн/м}^3.$$

Еколого-економічна доцільність полістиролу як теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівлі з параметрами, що були вибрані для прикладу, становить 266,8 грн/м³.

Приклад моделювання багатофакторної оцінки свідчить, що дана методика дозволяє з врахуванням величин універсальних множин, що характеризують економічні, екологічні, теплофізичні, художньо-естетичні параметри, вибрати матеріал для термореновації будівель, який буде відповідати вимогам еколого-економічної доцільності.

Запропонований метод альтернативний існуючим і дозволяє на етапі техніко-економічного обґрунтування проекту будівельного об'єкта використовувати еколого-економічно доцільний теплоізоляційний

матеріал для термореновації будівлі при обмеженій кількості експериментальних даних. При цьому отримане рішення приймається за результатами віртуального експерименту, який базується на експертній базі знань.

3.4 Методика підтримки прийняття управлінського рішення вибору матеріалу для термореновації будівель

Методика інтелектуальної підтримки управлінського рішення на базі теорії нечіткої логіки та теорії нечітких множин й лінгвістичних змінних щодо вибору еколого-економічного термореноваційного матеріалу подана у вигляді структурної моделі експертно-моделюючої системи (рис. 3.8).

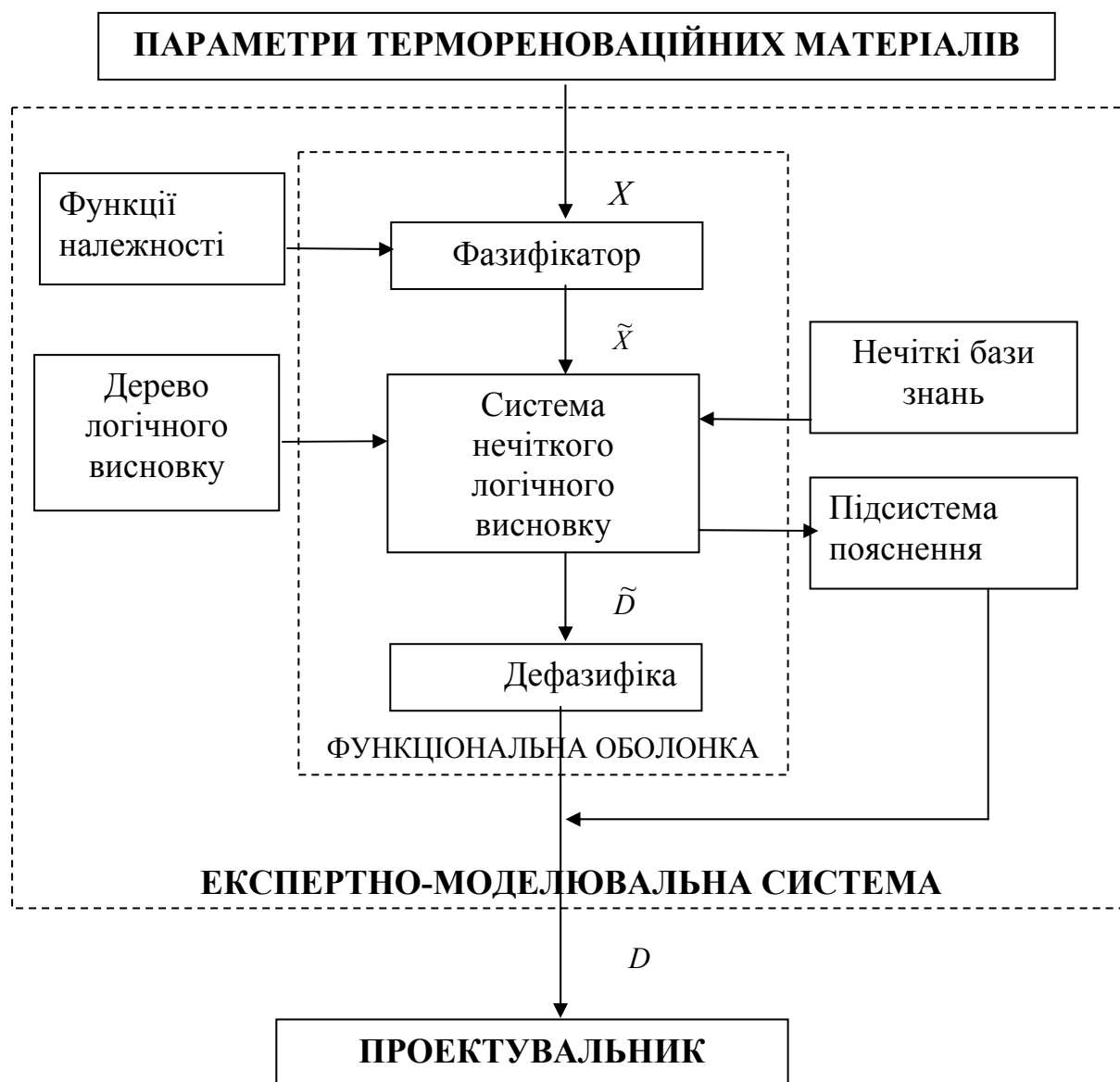


Рисунок 3.8 – Структурна модель підтримки управлінського рішення щодо вибору термореноваційного матеріалу

Блоки експертно-моделювальної системи підтримки прийняття управлінського рішення щодо вибору термореноваційного матеріалу (рис.3.9) виконують такі функції:

“*фазифікатор*” перетворює вектор частинних параметрів термореноваційних матеріалів (X) в вектор ступенів належності параметрів стану до нечітких множин термів (\tilde{X});

“*функції належності*” – це бібліотека аналітичних залежностей та параметрів функцій належності термів з нечітких правил;

“*система нечіткого логічного висновку*” визначає еколого-економічну доцільність термореноваційного матеріалу в вигляді нечіткої множини (\tilde{D});

“*дерево логічного висновку*” визначає ієрархічну послідовність зв’язків факторів, що впливають на вибір теплоізоляційного матеріалу;

“*нечіткі бази знань*” – це бібліотека експертних правил типу <ЯКЩО-ТО>, які формалізовано засобами теорії нечітких множин й лінгвістичних змінних;

“*дефазифікатор*” визначає найбільш еколого-економічно обгрунтований матеріал для термореновації (D) з нечіткої множини рішення (\tilde{D});

“*підсистема пояснення*” обгрунтовує вибір термореноваційного матеріалу шляхом визначення групи правил, які мають найбільший вплив на прийняття управлінського рішення.

Методика підтримки прийняття управлінського рішення щодо обгрунтування вибору матеріалу для термореновації будівель реалізується за таким алгоритмом:

Крок 1. Визначити значення частинних параметрів термореноваційних матеріалів $X_{11}...X_{45}$.

Крок 2. Побудова дерева логічного висновку (рис. 3.2).

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

Крок 4. Побудова функції належності нечітких оцінок впливу параметрів матеріалів (рис. 3.3–3.8).

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 3.11–3.31).

Крок 7. Обчислити параметри рівняння моделі належності на відповідному рівні (табл. 3.8–3.11).

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

який впливає на прийняття управлінського рішення щодо вибору термореноваційного матеріалу (рівняння 3.35, табл.3.12).

Запропонована методика підтримки прийняття управлінського рішення вибору матеріалу для термореновації будівель дозволяє на етапі техніко-економічного обґрунтування управляти проектами енергозбереження. Оптимальне рішення про еколого-економічну доцільність термореноваційного матеріалу приймається за результатами віртуального експерименту, який базується на експертній базі знань щодо їх екологічних, економічних, теплофізичних та художньо-естетичних параметрів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть ієрархічну класифікацію параметрів матеріалів для термореновації будівель.
2. Поясніть суть побудови функцій належності нечітких оцінок впливу параметрів еколого-економічної доцільності.
3. Як виконується оцінювання рівних лінгвістичних змінних, що встановлює зв'язок еколого-економічної доцільності матеріалу для термореновації будівель з їх економічними, екологічними, теплофізичними та художньо-естетичними параметрами?
4. Що характеризують системи нечітких логічних рівнянь?
5. Наведіть приклад побудови матриці нечіткої бази знань параметрів термореноваційних матеріалів.
6. Охарактеризуйте аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань.
7. Наведіть методику організаційно-економічного механізму вибору матеріалу для термореновації будівель.

4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ БУДИНКІВ

Одним із шляхів реалізації науково-технічної програми «Енергозбереження в будівництві» є впровадження механізмів управління проектами енергозбереження. Такими дієвими механізмами є адміністративні та економічні інструменти, що передбачають енергетичний аудит та менеджмент, а також система платежів за використання паливно-енергетичних ресурсів. Реалізація цих інструментів передбачає розроблення енергетичних паспортів будівель.

4.1 Загальне положення про енергетичний паспорт будинків

Енергетичний паспорт будинку – це документ, що містить геометричні, енергетичні й теплотехнічні характеристики будинку, що проектується або експлуатується, та встановлює їх відповідність вимогам нормативних документів.

Енергетична ефективність будинку – це властивість теплоізоляційної оболонки будинку та його інженерного обладнання забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень під час фактичних або розрахункових витратах теплової енергії на опалення будинків.

Питомі витрати теплової енергії – це показник енергетичної ефективності будинку, що визначає витрати теплової енергії на забезпечення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалюваної площі або об'єму будинку.

Клас енергетичної ефективності – це рівень енергетичної ефективності будинку за інтервалом значень питомої витрати теплової енергії на опалення будинку за опалювальний період.

Енергетичний паспорт будинку розробляється для підтвердження відповідності показників енергетичної ефективності теплоізоляційної оболонки будинку з вимогами ДБН В.2.6-31. Енергетичний паспорт є складовою частиною проектною документації.

Дані, включені до енергетичного паспорту будинку, повинні бути викладені в такій послідовності:

- відомості про тип, функціональне призначення та конструктивне рішення будинку, кількість поверхів;
- розрахункові кліматичні параметри, включаючи дані про опалювальний період;
- дані про об'ємно-планувальні рішення з наведенням геометричних характеристик та орієнтації будинку у просторі, площі огорожувальних конструкцій;
- проектні теплотехнічні показники теплоізоляційної оболонки будинку, що включають наведений опір теплопередачі як окремих компонентів огорожувальних конструкцій, так і будинку в цілому;

- проектні енергетичні показники, що включають розрахункові питомі тепловтрати на опалення будинку за опалювальний період, віднесені до 1 м^2 опалюваної площі (або на 1 м^3 опалюваного об'єму);

- клас енергетичної ефективності будинку;

- рекомендації з підвищення енергетичної ефективності будинку.

Енергетичну ефективність будинку визначають такі показники:

- питомі тепловтрати на опалення будинку за опалювальний період $q_{б\text{уд}}$, кВт·год/м² [кВт·год/м³];

- загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $K_{б\text{уд}}$, Вт/(м²·К);

- приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $k_{\Sigma np}$, Вт/(м²·К);

- умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, k_{inf} , Вт/(м²·К);

- середня кратність повітрообміну за опалювальний період, $n_{об}$, год⁻¹;

- коефіцієнт скління фасадів будинку, $m_{ск}$;

- показник компактності будинку, $\Lambda_{к буд}$.

Енергетичний паспорт будинку заповнюють проектні організації:

- під час розроблення проекту та прив'язування його до умов конкретного будівельного майданчика;

- під час здавання будівельного об'єкта в експлуатацію з урахуванням відхилень від початкових проектних рішень, узгоджених під час будівництва будинку. При цьому враховуються дані технічної документації (виконавчі креслення, акти на приховані роботи, паспорти, довідки, надані приймальними комісіями, тощо); підсумки поточних і цільових перевірок дотримання теплотехнічних характеристик будівельного об'єкта, відповідності інженерних систем шляхом технічного та авторського наглядів, контролю, що виконується Державною архітектурно-будівельною інспекцією, робочими комісіями тощо;

- у разі відхилень від проекту, відсутності необхідної технічної документації, наявності браку тощо замовник і Державна архітектурно-будівельна інспекція можуть вимагати проведення експертизи, включаючи натурні визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинку згідно з ГОСТ 26254 та ДСТУ Б.В.2.2.-xxxx-200x "Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій, в натурних умовах" (проект), ДСТУ Б.В.2.2.-xxx-200x "Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловтрат на опалення будинків" (проект) акредитованими лабораторіями;

- під час експлуатації - вибірково після річної експлуатації будинку на підставі результатів енергетичного аудиту будинку, проведеного ліцензованими організаціями та установами.

Для житлових будинків з нежитловими прибудовами енергетичний

паспорт необхідно складати окремо для житлової частини та кожного прибудованого нежитлового блока; для вбудованих приміщень громадського призначення житлових будинків енергетичний паспорт складається як для окремого будинку.

Вхідними даними для розроблення енергетичного паспорта є такі розділи проектної документації, згідно з ДСТУ Б А.2.4-4:

- технологія виробництва (ТВ);
- архітектурні рішення (АР);
- водопровід та каналізація (ВК);
- опалення, вентиляція та кондиціонування (ОВ);
- тепломеханічні рішення котельних (ТМ).

Для будинків, що експлуатуються, енергетичний паспорт розробляється на замовлення організації, що здійснює нагляд за їх експлуатацією, або власника будинку. Для будинків, виконавча документація на будівництво яких не збереглася, енергетичні паспорти складають організації та установи, що мають відповідні ліцензії, на основі матеріалів бюро технічної інвентаризації, натурних технічних обстежень і вимірювань фактичних теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинку.

Розробку та складання енергетичних паспортів під час проектування об'єктів нового будівництва та реконструкції існуючих здійснюють організації, які мають ліцензії, на підставі положень ДСТУ-Н Б А.2.2-xxx-200х.

Визначення фактичних показників енергетичної ефективності будинків та присвоєння класу енергетичної ефективності здійснюються на підставі випробувань незалежними організаціями та установами, акредитованими в встановленому порядку. У випадку отримання результатів випробувань нижче класу «С» необхідно розробити заходи із підвищення енергоефективності будинку.

Форма та алгоритм послідовності параметрів енергетичного паспорта наведені у додатку А.

4.2 Розрахунки параметрів енергетичного паспорта будинків

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{бод}}$, кВт·год/м² або кВт·год/м³ визначається за формулою:

$$q_{\text{бод}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{F_h} \quad \text{або} \quad q_{\text{бод}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{V_h}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{рік}}$ – витрати теплової енергії на опалення будинку під час опалювального періоду року, кВт·год, що визначаються на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або за результатами розрахунку згідно з формулою 4.2;

F_h, V_h – опалювана площа або об'єм будинку, m^2 або m^3 .

Розрахункові витрати теплової енергії Q_{pik} визначаються за формулою:

$$Q_{pik} = [Q_k - (Q_{внн} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (4.2)$$

де Q_k – загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, кВт·год;

$Q_{внн}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год;

v – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі і визначається згідно з ДБН В.2.5-24; за відсутності точних даних слід приймати $v = 0,8$;

ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; рекомендовані значення:

$\zeta = 1,0$ – в однотрубній системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням на індивідуальні теплові пункти (ІТП) або поквартирним горизонтальним розведенням;

$\zeta = 0,95$ – у двотрубній системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП;

$\zeta = 0,9$ – в однотрубній системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двотрубній системі опалення з термостатами й без авторегулювання на ІТП;

$\zeta = 0,85$ – в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП;

$\zeta = 0,7$ – у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням на ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря;

$\zeta = 0,5$ – у системі без термостатів та без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні);

β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через за радіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h = 1,13$; для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Загальні тепловтрати будинку Q_k , кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_l \cdot K_{об'єд} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma}, \quad (4.3)$$

де $\chi_l = 0,024$ - розмірний коефіцієнт;

D_d – кількість градусо-днів опалювального періоду, що визначається залежно від температурної зони експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31. Для I температурної зони приймається $D_d = 3750$ °С·днів, для II температурної зони приймається $D_d = 3250$ °С·днів, для III температурної зони приймається $D_d = 2750$ °С·днів, для IV температурної зони приймається $D_d = 2250$ °С·днів;

F_{Σ} – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій;

$K_{\text{бод}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м²·К), визначається за формулою:

$$K_{\text{бод}} = k_{\Sigma np} + k_{\text{инф}}, \quad (4.4)$$

де $k_{\Sigma np}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м²·К), що визначається за формулою:

$$k_{\Sigma np} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma \text{прнп}}} + \frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma \text{прспв}}} + \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma \text{прд}}} + \frac{F_{\text{пк}}}{R_{\Sigma \text{прпк}}} + \frac{F_{\text{ц}}}{R_{\Sigma \text{прц}}} \right)}{F_{\Sigma}}, \quad (4.5)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, які пов'язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$;

$F_{\text{нп}}, F_{\text{сп}}, F_{\text{д}}, F_{\text{пк}}, F_{\text{ц}}$ – площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх вхідних дверей та воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог по ґрунту), м²;

$R_{\Sigma \text{прнп}}, R_{\Sigma \text{прспв}}, R_{\Sigma \text{прд}}, R_{\Sigma \text{прпк}}, R_{\Sigma \text{прц}}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх вхідних дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог на ґрунту – з урахуванням їх поділу на зони із зазначенням опору теплопередачі), (м²·К)/Вт;

F_{Σ} – те саме, що у формулі (4.3), м²;

$k_{\text{инф}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м²·К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, визначається за формулою:

$$k_{\text{инф}} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot \nu_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (4.6)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c – питома теплоємність повітря, приймається рівною 1 кДж/(кг·К);

$n_{\text{об}}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год⁻¹, що визначається експериментально або приймається згідно з

нормами проектування будинків; для приміщень житлових будинків – згідно з вимогами ДБН В.2.2-15 і складає $n_{об}=1 \text{ год}^{-1}$, для інших будинків – визначається за формулою 4.8;

v_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних приймається $v_v = 0,85$;

γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м^3 , визначається за формулою:

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0.5 \cdot (t_e + t_{опз})]}, \quad (4.7)$$

де t_e – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків, $^{\circ}\text{C}$, що визначається залежно від призначення будинку згідно з ДБН В.2.6-31;

$t_{опз}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$, що визначається згідно зі СНиП 2.01.01;

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, який дорівнює:

$\eta = 0,7$ – для стиків панелей стін, а також вікон з ПВХ-профілів згідно з ДСТУ Б В.2.6-15, ДСТУ Б В.2.7-130, з дерев'яних блоків згідно з ДСТУ Б В.2.6-24 та з алюмінієвих профілів з заповненням склопакетами;

$\eta = 0,9$ – для вікон в окремих плетіннях;

$\eta = 1$ – для вікон в спарених плетіннях.

При цьому коефіцієнт η приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку.

Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період $n_{об}$, год^{-1} , визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{L_v \cdot n_v}{168} \right) + \left(\frac{P_{инф} \cdot \eta \cdot n_{изф}}{168 \cdot \gamma_3} \right) \right]}{v_v \cdot V_h}, \quad (4.8)$$

де L_v – кількість припливного повітря в будинок у разі природного спонукання або нормативне значення під час вентиляції з механічним спонуканням, $\text{м}^3/\text{год}$, і дорівнює: для адміністративних та громадських будинків – $4 F_{lp}$, для лікувальних та дитячих навчальних закладів – $5 F_{lp}$, для дошкільних закладів – $6 F_{lp}$;

F_{lp} – розрахункова площа громадських будинків, м^2 , що визначається згідно з методикою визначення геометричних показників;

n_v – кількість годин роботи вентиляції з механічним спонуканням протягом тижня;

168 – кількість годин у тижні;

P_{inf} – кількість повітря, що інфільтрується в будинок через огорожувальні конструкції (нещільності світлопрозорих конструкцій та дверей) в неробочий час, приймається $P_{inf} = 0,5 \cdot v_V \cdot V_h$ кг/год;

n_{inf} – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год; для будинків зі збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 168, для будинків, в приміщеннях яких підтримується повітря під час дії припливної механічної вентиляції – (168- n_v);

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, $Q_{ВНП}$, кВт, визначаються за формулою:

$$Q_{ВНП} = \chi_l \cdot q_{ВНП} \cdot z_{оп} \cdot F_l, \quad (4.9)$$

де $\chi_l = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$q_{ВНП}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м² житлової площі будівлі або розрахункової площі громадського будинку, Вт/м², визначається: для житлових будинків $q_{ВНП} = 10$ Вт/м², для громадських та адміністративних будинків величина побутових теплонадходжень враховується за розрахунковою кількістю людей (90 Вт/чол.), що знаходяться в будинку, освітленням (за встановленою потужністю) та офісною технікою з урахуванням кількості робочих годин на тиждень, у разі відсутності точних даних приймається як для житлових будинків;

$z_{оп}$ - тривалість, діб, опалювального періоду, що визначається згідно зі СНиП 2.01.01 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж 10 °С - у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж 8 °С - в інших випадках;

F_l – для житлових будинків - площа житлових приміщень і кухонь, для громадських будинків - розрахункова площа, що визначаються згідно з методикою визначення геометричних показників.

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З) або за проміжними напрямками (північ-захід (ПнЗ), північ-схід (ПнС), південь-схід (ПдС) і південь-захід (ПдЗ)), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_B \varepsilon_B (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_З I_З) + \zeta_{ЗЛ} \varepsilon_{ЗЛ} F_{СПЛ} I_\Gamma, \quad (4.10)$$

де ζ_B , $\zeta_{ЗЛ}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймаються згідно з таблицею 4.1;

ε_B , $\varepsilon_{ЗЛ}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 4.1; мансардні вікна з кутом нахилу

заповнень до горизонту 45° і більше варто вважати вертикальними вікнами, з кутом нахилу менш 45° – zenітними ліхтарями;

$F_{Пв}, F_C, F_{Пд}, F_3$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, m^2 ;

$F_{СПЛ}$ - площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку, m^2 ;

$I_{Пв}, I_C, I_{Пд}, I_3$ – середні величини сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку, $kВт \cdot год / m^2$, приймаються згідно з таблицею 4.2.

I_G - середня величина інтенсивності сонячної радіації за опалювальний період, яка спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, $kВт \cdot год / m^2$.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу ζ_B і $\zeta_{ЗЛ}$ та відносного проникання сонячної радіації ϵ_B і $\epsilon_{ЗЛ}$ відповідно вікон і zenітних ліхтарів

| Заповнення світлового прорізу | Коефіцієнти ζ_B і $\zeta_{ЗЛ}$; ϵ_B і $\epsilon_{ЗЛ}$ | | | |
|---|---|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | при дерев'яних або ПВХ плетіннях | | при алюмінієвих плетіннях | |
| | ζ_B і $\zeta_{ЗЛ}$ | ϵ_B і $\epsilon_{ЗЛ}$ | ζ_B і $\zeta_{ЗЛ}$ | ϵ_B і $\epsilon_{ЗЛ}$ |
| Подвійне скління із селективним i -покриттям на внутрішньому склі: | | | | |
| - однокамерні склопакети в одинарних плетіннях | 0,80 | 0,54 | 0,80 | 0,54 |
| - подвійне скління в спарених плетіннях | 0,75 | 0,65 | 0,70 | 0,65 |
| - подвійне скління в окремих плетіннях | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Потрійне скління зі звичайного скла в окремо спарених плетіннях | 0,50 | 0,70 | 0,50 | 0,70 |
| Однокамерні склопакети й одинарне скління у роздільних плетіннях | 0,6 | 0,63 | 0,6 | 0,63 |
| Однокамерний склопакет із селективним покриттям і одинарне скління в окремих плетіннях | 0,6 | 0,58 | 0,6 | 0,58 |
| Двокамерні склопакети із селективним покриттям на внутрішньому, склі та в одинарному плетінні | 0,8 | 0,48 | 0,8 | 0,48 |

Таблиця 4.2 – Середня величина інтенсивності сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну та горизонтальні поверхні, за умов хмарності, кВт·год/м², залежно від орієнтації та кліматичного району

| Кліматичний район | I _{Пн} | I _{ПнС} | I _С | I _{ПдС} | I _{Пд} | I _{ПдЗ} | I _З | I _{ПнЗ} | I _Г |
|-------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| Вінниця | 147 | 159 | 207 | 282 | 325 | 288 | 211 | 159 | 335 |
| Дніпропетровськ | 116 | 127 | 172 | 248 | 293 | 257 | 179 | 127 | 296 |
| Донецьк | 151 | 165 | 217 | 299 | 346 | 307 | 223 | 165 | 325 |
| Житомир | 158 | 172 | 226 | 310 | 357 | 315 | 230 | 172 | 319 |
| Запоріжжя | 126 | 138 | 184 | 262 | 307 | 270 | 191 | 138 | 311 |
| Івано-Франківськ | 162 | 175 | 228 | 315 | 365 | 322 | 234 | 175 | 338 |
| Київ | 140 | 153 | 204 | 286 | 332 | 291 | 209 | 153 | 313 |
| Кіровоград | 136 | 149 | 201 | 283 | 329 | 296 | 207 | 149 | 326 |
| Луганськ | 159 | 175 | 234 | 330 | 386 | 339 | 242 | 175 | 319 |
| Луцьк | 147 | 159 | 207 | 283 | 325 | 288 | 211 | 160 | 298 |
| Львів | 155 | 167 | 212 | 281 | 319 | 285 | 216 | 167 | 340. |
| Миколаїв | 118 | 129 | 177 | 265 | 318 | 274 | 186 | 129 | 288 |
| Одеса | 120 | 131 | 175 | 254 | 300 | 259 | 183 | 130 | 287 |
| Полтава | 145 | 157 | 206 | 287 | 334 | 294 | 211 | 157 | 326 |
| Рівне | 144 | 156 | 198 | 276 | 315 | 280 | 207 | 156 | 319 |
| Сімферополь | 123 | 133 | 186 | 288 | 353 | 295 | 196 | 133 | 285 |
| Суми | 156 | 169 | 220 | 299 | 341 | 303 | 224 | 169 | 331 |
| Тернопіль | 165 | 179 | 235 | 326 | 377 | 333 | 241 | 179 | 338 |
| Ужгород | 119 | 128 | 175 | 258 | 309 | 267 | 183 | 129 | 280 |
| Харків | 147 | 159 | 212 | 298 | 348 | 304 | 217 | 159 | 333 |
| Херсон | 121 | 132 | 179 | 264 | 314 | 270 | 188 | 132 | 294 |
| Хмельницький | 165 | 180 | 236 | 327 | 379 | 334 | 242 | 179 | 337 |
| Черкаси | 157 | 169 | 217 | 292 | 335 | 298 | 221 | 169 | 339 |
| Чернівці | 133 | 145 | 193 | 271 | 317 | 279 | 199 | 145 | 325 |
| Чернігів | 177 | 188 | 235 | 310 | 350 | 313 | 238 | 188 | 317 |

Коефіцієнт скління фасадів будинку, $m_{ск}$, визначається за формулою:

$$m_{ск} = \frac{F_{СПП}}{(F_{НП} + F_{СПВ})}, \quad (4.11)$$

де $F_{СПВ}$ – площа зовнішніх світлопрозорих конструкцій фасадів, м²; визначається як сума площ вікон та балконних дверей усіх фасадів будинку;

$F_{НП}$ – площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій, м².

Показник компактності будинку, $\Lambda_{к\ буд}$, визначається за формулою:

$$\Lambda_{к\ буд} = \frac{F_{\Sigma}}{V_h} \quad (4.12)$$

Значення питомих тепловитрат на опалення за опалювальний період $q_{буд}$ визначають згідно з ДБН В.2.6-31 і порівнюють з нормативним значенням E_{max} .

Визначення геометричних показників здійснюється таким чином.

Опалювана площа будинку визначається як площа поверхів (у тому числі й мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни.

В опалювану площу включаються площі опалюваних сходових кліток, ліфтових та інших шахт з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху.

В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і підвалів, неопалюваних технічних поверхів, підвалу, холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду.

Опалюваний об'єм будинку визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху.

У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття).

Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

Під час визначення площі мансардного поверху враховується площа з висотою до похилої стелі 1,2 м при нахилі 30° до обр'ю; 0,8 м - при 45° - 60°; при 60° і більше - площа вимірюється до плінтуса.

Площа житлових приміщень і кухонь будинку визначається як сума площ усіх приміщень квартири за винятком лоджій, балконів, веранд, терас, холодних комор і зовнішніх тамбурів.

Корисна площа і розрахункова площа громадського будинку визначається згідно з ДБН В.2.2-9.

Площа зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається за внутрішніми розмірами будинку. Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дверних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних косяків глибиною від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блоку. Сумарна площа вікон визначається за

розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін і площі вікон і зовнішніх дверей.

Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

4.3 Визначення показників опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку

Нормативні значення приведенного опору теплопередачі для огорожувальних конструкцій визначаються згідно з ДБН В.2.6-31.

Для нетипових огорожувальних конструкцій величина необхідного опору теплопередачі визначається згідно з положеннями 4.3.1 – 4.3.3.

Необхідний опір теплопередачі перекриття теплового горища $R_{qIIIГ}$, (м²·К)/Вт, визначається за формулою:

$$R_{qIIIГ} = nR_{q\min}, \quad (4.13)$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі покриття, (м·К)/Вт; приймається згідно з ДБН В.2.6-31 залежно від температурної зони експлуатації будинку;

n – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$n = \frac{(t_B - t_{BG})}{(t_B - t_3)}, \quad (4.14)$$

де t_B – те саме, що у й формулі (4.7), °С;

t_3 – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, що визначається залежно від температурної зони експлуатації будинку згідно з ДБН В.2.6-31;

t_{BG} – розрахункове значення температури повітря теплового горища, °С, встановлюється (на підставі розрахунку теплового балансу) для 6-8-поверхових будинків 14 °С, для 9-12-поверхових будинків 15-16 °С, для 14-17-поверхових будинків 17-18 °С;

Необхідний опір теплопередачі покриття $R_{qPKTГ}$, (м²·К)/Вт визначається за формулою:

$$R_{qPKTГ} = \frac{(t_{BG} - t_3)}{\left[0,28G_{BEH} \cdot c \cdot (t_{BEH} - t_{BG}) + \frac{(t_B - t_{BG})}{R_{qIIIГ}} + \frac{\sum_{i=1}^n q_i l_i}{F_{qPKTГ}} - \frac{(t_{BG} - t_3)}{a_{CTT} \cdot R_{qCTC}} \right]}, \quad (4.15)$$

де G_{BEH} – приведена (віднесена до 1 м² підлоги горища) витрата повітря в системі вентиляції, кг/(м²·год), визначається згідно з таблицею 4.3;

$t_{ВЕН}$ – температура повітря, що надходить з вентиляційних каналів, °С, приймається рівною $t_g+1,5$;

q_i – густина теплового потоку через поверхню теплоізоляції, що припадає на 1 м довжини трубопроводу i -го діаметра з урахуванням теплових втрат через ізольовані опори, фланцеві з'єднання та арматуру, Вт/м; для горищ та підвалів значення q_i наведені в таблиці 4.4;

l_i – довжина трубопроводу i -го діаметра, м, приймається за проектом;

R_{qCTT} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін горища, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

a_{CTT} – приведена (віднесена до 1 м^2 підлоги горища) площа зовнішніх стін теплового горища, $\text{м}^2/\text{м}^2$, визначається за формулою:

$$a_{CTT} = \frac{F_{CTT}}{F_{PKTG}}, \quad (4.16)$$

де F_{CTT} – площа зовнішніх стін горища, м^2 ;

F_{PKTG} – площа перекриття теплового горища, м^2 .

Таблиця 4.3 – Приведена витрата повітря в системі вентиляції, $G_{ВЕН}$

| Кількість поверхів | Значення приведеної витрати повітря в системі вентиляції, $G_{ВЕН}$ кг/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$), при наявності в квартирах | |
|--------------------|--|------------------|
| | газових плит | електричних плит |
| 5 | 1,2 | 9,6 |
| 9 | 19,5 | 15,6 |
| 12 | - | 20,4 |
| 16 | - | 26,4 |
| 22 | - | 35,2 |
| 25 | - | 39,5 |

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін теплового горища, R_{qCTT} , $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, визначається за формулою:

$$R_{qCTT} = \frac{(t_{ВГ} - t_3)}{(\Delta t_{CT} \cdot \alpha_B)}, \quad (4.17)$$

де Δt_{CT} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, °С, приймається згідно з ДБН В.2.6-31;

α_B - розрахункове значення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймається згідно з ДБН В.2.6-31.

Таблиця 4.4 – Густина теплового потоку через поверхню теплоізоляції трубопроводів на горищах та в підвалах, q_i

| Умовний діаметр трубопроводу, мм | Середня температура теплоносія, °С | | | | |
|----------------------------------|--|------|------|------|------|
| | 60 | 70 | 95 | 105 | 125 |
| | Лінійна густина теплового потоку, q_i , Вт/м | | | | |
| 10 | 7,7 | 9,4 | 13,6 | 15,1 | 18 |
| 15 | 9,1 | 11 | 15,8 | 17,8 | 21,6 |
| 20 | 10,6 | 12,7 | 18,1 | 20,4 | 25,2 |
| 25 | 12 | 14,4 | 20,4 | 22,8 | 27,6 |
| 32 | 13,3 | 15,8 | 22,2 | 24,7 | 30 |
| 40 | 14,6 | 17,3 | 23,9 | 26,6 | 32,4 |
| 50 | 14,9 | 17,7 | 25 | 28 | 34,2 |
| 70 | 17 | 20,3 | 28,3 | 31,7 | 38,4 |
| 80 | 19,2 | 22,8 | 31,8 | 35,4 | 42,6 |
| 100 | 20,9 | 25 | 35,2 | 39,2 | 47,4 |
| 125 | 24,7 | 29 | 39,8 | 44,2 | 52,8 |
| 150 | 27,6 | 32,4 | 44,4 | 49,1 | 58,2 |

Необхідний опір теплопередачі цокольного перекриття над технічним підвалом R_{qc1} , (м²·К)/Вт визначається за формулою:

$$R_{qc1} = n \cdot R_{qmin} \quad (4.18)$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі, (м²·К)/Вт; приймається згідно з ДБН В.2.6-31 залежно від температурної зони експлуатації будинку;

n – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$n = \frac{(t_B - t_{ц})}{(t_B - t_3)}, \quad (4.19)$$

де $t_{ц}$ – прийняте розрахункове значення температури повітря технічного підвалу, °С, але не нижче ніж плюс 5 °С під час розрахункових умов.

Температуру повітря в техпідпіллі, $t_{ц}$, °С визначають за формулою:

$$t_{ц} = \frac{\left[\frac{t_B \cdot F_{ц1}}{R_{qc1}} + \left(\sum_{i=1}^n q_i l_i \right) + 0,28 \cdot V_{п} \cdot n_{обн} \cdot \gamma_{зп} \cdot t_3 + \frac{t_3 \cdot F_{цп}}{R_{qпп1}} + \frac{t_3 \cdot c}{R_{qcц1}} \right]}{\left[\frac{F_{ц1}}{R_{qc1}} + 0,28 \cdot V_{п} \cdot n_{обн} \cdot \gamma_{зп} \cdot t_3 + \frac{F_{цп}}{R_{qпп1}} + \frac{F_{цс}}{R_{qcц1}} \right]}, \quad (4.20)$$

де $F_{ц1}$ – площа перекриття над технічним підвалом, м²;

$V_{п}$ – об'єм технічного підвалу, м³;

$n_{обн}$ – кратність повітрообміну в технічному підвалі, год⁻¹; у разі встановлення в підвалі газових труб $n_{обн} = 1,0$ год⁻¹, в інших випадках $n_{обн} = 0,5$ год⁻¹;

$\gamma_{зп}$ – густина повітря в технічному підвалі, кг/м³ приймається рівною $\gamma_{зп} = 1,2$ кг/м³;

$F_{щп}$ – площа підлоги та стін підвалу, що контактують із ґрунтом, м²;

$R_{qщп}$ – опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом, (м²·К)/Вт;

$F_{цс}$ – площа зовнішніх стін підвалу над рівнем поверхні ґрунту, м²;

$R_{qцс}$ – нормативне значення опору теплопередачі зовнішніх цокольних стінових огорожувальних конструкцій, що розташовані над рівнем поверхні ґрунту, (м²·К)/Вт; приймається згідно з ДБН В.2.6-31 як для зовнішніх стін.

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом, $R_{qщп}$, (м²·К)/Вт, визначають за зонами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам за формулою:

$$R_{qщп} = R_{щп} + \frac{\delta}{\lambda}, \quad (4.21)$$

де $R_{щп}$ – опір теплопередачі, (м²·К)/Вт, що приймається рівним 2,1 для першої зони, 4,3 - для другої зони, 8,6 - для третьої зони, 14,2 – для площі підлоги, що залишилась;

δ – товщина теплоізолюючого шару, м, при коефіцієнті теплопровідності утеплювача $\lambda < 1,2$ Вт/(м²·К).

Приведений опір теплопередачі системи огорожувальних конструкцій застеленої лоджії, що розділяють внутрішню та зовнішню середовища: зовнішніх стін $R_{нпбал}$ та світлопрозорих конструкцій $R_{спбал}$, необхідно визначати за формулою:

$$R_{нпбал} = \frac{R_{прнп}}{n}, \quad R_{спбал} = \frac{R_{прспв}}{n}, \quad (4.22)$$

де $R_{прнп}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої частини зовнішньої стіни в межах застеленої лоджії чи балкону, (м²·К)/Вт;

$R_{прспв}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій, що розташовані в зовнішній стіні в межах застеленої лоджії чи балкону, (м²·К)/Вт;

n – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$n = \frac{(t_B - t_{вбал})}{(t_B - t_3)}, \quad (4.23)$$

де $t_{вбал}$ - температура повітря всередині застеленої лоджії чи балкону, °С.

Температура повітря всередині застеленої лоджії чи балкону, $t_{вбал}$, °С визначають за формулою:

$$t_{\text{ББЛ}} = \frac{\left[t_e \sum_{i=1}^n \frac{F_i^+}{R_i^+} + t_3 \sum_{i=1}^m \frac{F_j^-}{R_{oj}^-} \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{F_i^+}{R_i^+} + \sum_{i=1}^m \frac{F_j^-}{R_{oj}^-} \right]}, \quad (4.24)$$

де F_i^+ , R_i^+ – відповідно площа, м^2 , та приведений опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, i -ої ділянки огороження між приміщенням будинку та лоджією чи балконом;

n – кількість ділянок огорожень між приміщенням будинку та лоджією чи балконом;

F_j^- , R_{oj}^- – відповідно площа, м^2 , та приведений опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, j -ої ділянки огороження між лоджією чи балконом та зовнішнім повітрям;

m – кількість ділянок огорожень між лоджією чи балконом та зовнішнім повітрям.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення енергетичного паспорта будинку.
2. Перерахуйте дані, що містить енергетичний паспорт будинку.
3. Наведіть показники, що характеризують енергетичну ефективність будинку.
4. В якому випадку організації розробляють енергетичний паспорт будинку?
5. Наведіть методику розрахунку параметрів енергетичного паспорта будинку.
6. Охарактеризуйте геометричні показники будинку, які впливають на параметри енергетичного паспорта.
7. Охарактеризуйте алгоритм послідовності розрахунку параметрів енергетичного паспорта.
8. Наведіть методику розрахунку огорожувальних конструкцій теплих горищ.
9. Наведіть методику розрахунку огорожувальних конструкцій технічного підвалу.
10. Наведіть методику розрахунку огорожувальних конструкцій закслених лоджій та балконів.

СЛОВНИК

Екологія (ecology) – наука про спільний розвиток людини, спільнот, людей і людства в цілому та довкілля.

Екологічний будинок (ecology house) – будинок, який органічно вписується в природу, не викликаючи забруднення оточуючого середовища, ресурсозберігаючий (використовує відновлювальні джерела енергії; економить витрати води, тепла і ін.); економить витрати енергії не тільки на експлуатацію, але і на виробництво будівельних матеріалів і будівництво; включаючи хімічно і фізично нешкідливі будівельні матеріали, комфортний і здоровий для людини.

Енергозбереження (energy saving) – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергоносії (energy bearer) – це матеріальний об'єкт, що має нагромаджену енергію і який використовують для транспортування енергії від джерела енергії до кінцевого споживача чи до наступного ступеня перетворювання.

Енергетичний паспорт будинків (building energy certificate) – документ, що містить геометричні, енергетичні й теплотехнічні характеристики будинку, що проектується або експлуатується, та встановлює їх відповідність вимогам нормативних документів.

Еколого-економічна доцільність термореновації (ecologically-economic thermorenovation expediency) – комплексний показник, що характеризує економічні та екологічні ризики реалізації інноваційного проекту термореновації будівель з врахуванням чисельних факторів внутрішнього та зовнішнього оточення проекту.

Життєвий цикл проекту енергозбереження (energysaving project lifecycle) – період часу між моментом виникнення проекту і моментом його ліквідації.

Захисні конструкції будівель (building protect constructions) – елементи, що відокремлюють приміщення від зовнішнього простору та захищають будинки від зовнішніх атмосферних впливів, забезпечують в приміщеннях необхідний температурно-вологісний режим, а також тепло- і звукоізоляцію.

Інвестиції (investments) – це всі види майнових та інтелектуальних цінностей, що вкладаються в об'єкти підприємницької та інших видів діяльності, в результаті якої створюється прибуток (доход) або досягається соціальний ефект.

Інновації (innovations) – нововведення, що є результатом впровадження досягнень науки і техніки в галузі технологій, управління та організації праці.

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції (transmission coefficient of protect construction) – величина, яка чисельно дорівнює густині теплового потоку, що проходить через огорожувальну конструкцію при різниці температури повітря один кельвін.

Механізми управління проектами енергозбереження (management mechanism of energysaving project) – правове регулювання, адміністративне управління, адміністративні та економічні інструменти, розвиток інфраструктури енергозбереження, інструменти соціальної дії та управління інформацією, які забезпечують реалізацію проектів енергозбереження.

Мінеральна вата (mineral wedding) – волоконний теплоізоляційний матеріал, який отримують з силікатних сплавів гірських порід, металургійних шлаків і їх сумішей.

Моделювання еколого-економічних ризиків (ecologically-economic risks modelling) – вираження мовою математики основних властивостей еколого-економічних явищ і процесів у їх взаємозв'язку та функціональній залежності.

Моніторинг (monitoring) – безперервне стеження за яким-небудь процесом з метою виявлення його відповідності бажаному результату або тенденції розвитку.

Моніторинг матеріалів для термореновації (thermorenovation materials monitoring) – дослідження інноваційного ринку матеріалів, оцінювання та прогнозування їх еколого-економічних показників для прийняття організаційно-технологічних та еколого-економічних рішень.

Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії (unconventional and renewal power sources) – джерела, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси.

Опір теплопередачі (heat transfer resistance) – величина обернена до коефіцієнта теплопередачі огорожувальної конструкції.

Оточення проекту (project environment) – це чинники впливу на його підготовку та реалізацію.

Пінобетон (foam concrete) – це легкий ніздрюватий бетон, який відноситься до класу повітрянаповнених матеріалів (аероматеріалів) з вмістом повітря від 40 до 95% за об'ємом.

Пінополіуретан (foam polyurethan) – це термореактивна пластмаса, яка не плавиться і має ядро виражену ніздрювату структуру. Тільки 3% від об'єму пінополіуретану займає твердий матеріал, який утворює каркас з ребер и стінок. Ця кристалічна структура надає матеріалу механічну

міцність. Інші 97% об'єму займають порожнини і пори, заповнені газом фторхлорметаном з дуже низькою теплопровідністю.

Пінополістирол (foam polystyrene) – легкий ніздрюватий матеріал, що складається з атомів водню і вуглецю.

Проект (project) – сукупність технічних документів (креслень, розрахунків тощо), необхідних для будівництва і реконструкції будинків та їх комплексів.

Проект енергозбереження (energy saving project) – система обумовлених його межами цілей з економії паливно-енергетичних ресурсів, створюваних або модернізованих для їхньої реалізації фізичних об'єктів, технологічних прийомів, організаційної та технологічної документації, трудових й матеріальних ресурсів, а також управлінських рішень та заходів щодо їхньої реалізації.

Ризик (risk) – загроза втрати підприємством частини своїх ресурсів, недоотримання доходів чи поява додаткових витрат через здійснення конкретних видів діяльності, які негативно впливають на навколишнє середовище.

Теплоізоляція (heat isolation) – покриття або опорядження елементів будівельних конструкцій матеріалами малої теплопровідності з метою зменшення теплових втрат.

Теплоізоляційні матеріали (heat isolation materials) – клас будівельних матеріалів, призначених для теплової ізоляції конструкцій будинків і споруд, промислових установ, технологічно апаратури тощо.

Теплопостачання (heat delivery) – забезпечення теплом за допомогою теплоносія системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання у житлових, громадських і промислових будинках та використання тепла для технологічних потреб.

Термомодернізація (thermomodernization) – це комплекс організаційно-економічних заходів з виконання ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності чинним нормам.

Управління проектами (project management) – це процес управління командою, ресурсами проекту за допомогою спеціальних методів та прийомів з метою успішного здійснення поставленої цілі.

Управління ризиками (risk management) – аналіз ризиків, розроблення плану управління, організація, регулювання, контроль та аналіз результатів управління.

Учасники проекту енергозбереження (members of energy saving project) – замовники (фізичні або юридичні особи), інвестори, проектувальники та підрядники.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник / “НДІпроектреконструкція”, Duetsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umweit GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
2. 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.
3. Маліков В. М. Підвищення ефективності енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / В. М. Маліков, А. А. Худенко // Будівництво України. – 2003. – №3.
4. Горбачовський О. П. Проблеми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві // Будівництво України. – 1998. - №2. – С. 12-14.
5. Саджениця В. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України // Ринок інсталяцій. – 2005. - №4. – С. 22-23.
6. Украина: Энергосбережение в зданиях. ЕС – Energy Center Kiew, Ukraine 27/6 Institutskaaya Str., Office 45, Kiew – 21, Ukraine – 241 с.
7. 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 проектами та розвиток виробництва». – Дніпропетровськ, 2000. – 20 с.
8. Ратушняк О. Г. Обґрунтування організаційно-економічних та технічних рішень впровадження проектів термореновації будівель // 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.
9. Саницька М. А. Енергозбереження в сучасному житловому будівництві / М. А. Саницька, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак // Ринок інсталяцій. – 2005. – №5. – С. 46-48.
10. 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).
11. Патент № 17230 Україна, кл. E04B2/02. Теплоізоляційна панель / Ратушняк Г. С., Анохіна К. В., Чухряєва О. Г.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u 2006 03243; заявлено 27.03.2006; опубл. 15.09.2006, Бюл. №9.
12. Патент № 26811, Україна, кл. E04B7/00 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.

13. Ратушняк Г. С. Проектування захисних конструкцій будівель за теплофізичними параметрами. Навчальний посібник. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 78 с.
14. Патент №67492А Україна, МПК 7 F24D12/00. 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.
15. 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.
16. Балицький В. С. „Хрущовки” – реконструкція без відселення мешканців / В. С. Балицький, А. А. Франівський, Д. М. Скрипка // Будівництво України. – 2006. - №7. – С. 11–17.
17. 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.
18. 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.
19. 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 школа., 1992 . –183 с.
20. Бушуев С. Д. Динамическое лидерство в управлении проектами. / С. Д. Бушуев, В. В. Морозов – К.: Украинская ассоциация управления проектами, 1999. – 312 с.
21. Словник-довідник з питань управління проектами / [авт.-уклад. Бушуев С. Д.] – К.: Видавничий дім «Деловая Україна», 2001. – 640 с.
22. 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].
23. 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.
24. 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.

25. 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.
26. Лепейко Т. І. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. / Т. І. Лепейко, В. О. Корда, С. В. Лукашов – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2005. – 400 с.
27. Микитюк П. П. Інноваційний менеджмент. Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 440 с.
28. Стадник В. В. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. / В. В. Стадник, М. А. Йохна – К.: Академвидав, 2006. – 464 с.
29. Управление проектами / [Н. И. Ильин, И. Г. Лукманова, А. М. Немчин и др.]. – СПб.: Два+Три, 1996.
30. Управление проектами: Учебник для студентов экономических направлений / Под ред. В. Д. Шапиро. – СПб.: Два+Три, 1996. – 610 с.
31. Воропаев В. И. Методы и средства управления проектами XXI века. – М.: СОВНЕТ, 1997. – 385 с.
32. 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).
33. Кобиляцький Л. С. Управління проектами: Навч. посіб. – К.: МАУП, 2002. – 200 с.
34. Поколенко В. О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами. // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип.9. – 2001. – С. 44-51.
35. 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 вироб. – 2003. - №3. – С. 13-19.
36. 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.
37. Ильяшенко С. Н. Хозяйственный риск и методы его измерения: Учеб. пособ. – Сумы: ВВП «Мрія - 1» ЛТД, 1996. – 102 с.
38. Лапуста М. Г. Риск в предпринимательской деятельности. / М. Г. Лапуста, Л. Г. Шаршукова – М.: ИНФРА – М, 1996. – 224 с.
39. Риски в современном бизнесе / [Грабовий П. Г., Петрова С. Н., Полтавцев С. И. и др.] – М.: Изд-во “Аланс”, 1994. – 200 с.

40. Хлобистов Є. Екологічна безпека і засади визначення ризику техногенних катастроф // Економіка України. – 2000. – № 6. – С. 38-46.
41. Ратушняк О. Г. Управління еколого-економічними ризиками в проектах енергозбереження // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2006. – С. 149–153.
42. Данченко О. Б. Управління ризиком в проектах будівництва складних енергетичних об'єктів в умовах України // Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Випуск 75. – Харків: ХДПУ, 2000. – 200 с. – С.23-28.
43. Лялюк О. Г. Модель інтегрованого еколого-економічного управління інвестиційним процесом будівництва / О. Г. Лялюк, О. Г. Чухряєва // Вісник ВПІ. – 2005. – №6. – С.60–65.
44. Іллященко С. М. Управління екологічними ризиками інновацій: Монографія / С. М. Іллященко, В. В. Бложкова – Суми: ВДТ „Університетська книга”, 2004. – 214 с.
45. 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.
46. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320с.
47. Технічні характеристики теплоізоляційних матеріалів // Ринок інсталяцій. - № 12 (84). – 2003. – С.27
48. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: Навч. посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк – Вінниця: ВНТУ, 2006. –106 с.
49. Шилов Н. Н. Об экономии энергоресурсов и о материалах для утепления зданий // Жилищное строительство. – 2004. – №2. – С.16–18
50. Несен Л. М. Еколого-економічна оцінка теплоізоляційного матеріалу “Екофібер” / Л. М. Несен, О. Г. Ратушняк // Будівництво України. – 2007. - № 5. – С. 30–33.
51. 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.
52. Чухряєва О. Г. Обґрунтування еколого-економічної доцільності оздоблювальних матеріалів для житлового будівництва // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2005. – С. 216–221.

53. Ратушняк Г. С. Моделювання надійності системи тепlopостачання 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.
54. 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.
55. Чухряєва О. Г. Модель багатофакторної еколого-економічної оцінки матеріалів для термореновації будівель // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2006. - №1 – С. 53–57
56. Чухряєва О. Г. Моделирование организационно-экономических аспектов обоснования термореновационных материалов для ресурсосберегающих строительных технологий // Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века: XIII Международный семинар Азиатско-Тихоокеанской академии материалов. Новосибирск, 19–21 сентяб. 2006 г.: тезисы докл. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2006. – Т.1. – С. 96–99.
57. Чухряєва О. Г. Позитивні та негативні наслідки для екологічності житлових об'єктів від їх термореновації // Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємства: III регіон. наук.-практ. конф., 17 бер. 2006р. : матер. докл. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – С. 44–46.
58. Ратушняк О. Г. Моделювання інтелектуальної підтримки організаційно-управлінського рішення в проектах термомодернізації будівель // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук.пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007. – № 4 (24). – С. 67–72.
59. Росковшенко Ю. К. Мінімальний опір теплопередачі будівельних огорожувальних конструкцій / Ю. К. Росковшенко, М. В. Степанов // Будівництво України. – №2. – 2005. – С. 41–44.
60. Ратушняк О. Г. Управління вартістю в проектах термомодернізації будівель з врахуванням еколого-економічних ризиків // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук.пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2008. – № 1 (25). – С. 18–21.
61. Чухряєва О. Г. Еколого-економічна оцінка інвестиційних проектів термореновації житлових будинків // Економіка: проблеми теорії та практики. – 2005. – Вип. 210. – Т1. – С. 32–37
62. Ратушняк О. Г. Оцінка організаційно-технологічної ефективності проектів термореновації будівель // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2007. - №1 – С. 192–196.

ДОДАТОК А

ФОРМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА БУДИНКУ

Таблиця А1 - Загальна інформація

| | |
|--------------------------------------|--|
| Дата заповнення (рік, місяць, число) | |
| Адреса будинку | |
| Розробник проекту | |
| Адреса і телефон розробника | |
| Шифр проекту будинку | |
| Рік будівництва | |

Таблиця А2 - Розрахункові параметри

| Найменування розрахункових параметрів | Позначення | Одиниця вимірювання | Величина |
|--|------------|---------------------|----------|
| Розрахункова температура внутрішнього повітря | t_B | °С | |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря | t_3 | °С | |
| Розрахункова температура теплого горища | t_{BG} | °С | |
| Розрахункова температура технічного підвалу | $t_{Ц}$ | °С | |
| Тривалість опалювального періоду | Z | доба | |
| Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період | $t_{опз}$ | °С | |
| Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду | D_d | °С·доба | |
| Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку | | | |
| Призначення | | | |
| Розміщення в забудові | | | |
| Типовий проект, індивідуальний | | | |
| Конструктивне рішення | | | |

Таблиця А3 - Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

| Назва показника | Позначення і розмірність показника | Нормативне значення показника | Розрахункове (проектне) значення показника | Фактичне значення показника |
|---|------------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Геометричні показники | | | | |
| Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку | F_{Σ} , м ² | — | | |
| В тому числі: | | | | |
| - стін | F_{HP} , м ² | — | | |
| - вікон і балконних дверей | $F_{СПВ}$, м ² | — | | |
| - вітражів | $F_{СПВТ}$, м ² | — | | |
| - ліхтарів | $F_{СПЛ}$, м ² | — | | |
| - вхідних дверей та воріт | $F_{Д}$, м ² | — | | |
| - покриття (суміщених) | $F_{ПК}$, м ² | — | | |
| - горищних перекриттів (холодного горища) | $F_{ПКХГ}$, м ² | — | | |
| - перекриттів теплих горищ | $F_{ПКТГ}$, м ² | — | | |
| - перекриттів над технічними підвалами | $F_{Ц1}$, м ² | — | | |
| - перекриттів над неопалюваними підвалами і підпідлоговими просторами | $F_{Ц2}$, м ² | — | | |
| - перекриттів над проїздами і підеркерами | $F_{Ц3}$, м ² | — | | |
| - підлоги по ґрунту | $F_{Ц}$, м ² | — | | |
| Площа опалюваних приміщень | F_h , м ² | — | | |
| Корисна площа (для громадських будинків) | $F_{ІК}$, м ² | — | | |

Продовження таблиці А3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------------------|---|---|---|
| Площа житлових приміщень і кухонь | $F_{лж}, м^2$ | — | | |
| Розрахункова площа (для громадських будинків) | $F_{лр}, м^2$ | | | |
| Опалюваний об'єм | $V_h, м^3$ | — | | |
| Коефіцієнт скління фасадів будинку | $m_{СК}$ | | | |
| Показник компактності будинку | $\Lambda_{К буд}$ | — | | |
| Теплотехнічні та енергетичні показники | | | | |
| Теплотехнічні показники | | | | |
| Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень | $R_{\Sigma пр}$ | | | |
| - стін | $R_{\Sigma прнт}$ | | | |
| - вікон і балконних дверей | $R_{\Sigma прспв}$ | | | |
| - вітражів | $R_{\Sigma прспвт}$ | | | |
| - ліхтарів | $R_{\Sigma прспл}$ | | | |
| - входних дверей, воріт | $R_{\Sigma прд}$ | | | |
| - покриттів (суміщених) | $R_{\Sigma прпк}$ | | | |
| - горищних перекриттів (холодних горищ) | $R_{\Sigma прхг}$ | | | |
| - перекриттів теплих горищ (включаючи покриття) | $R_{\Sigma пртг}$ | | | |
| - перекриттів над технічними підвалами | $R_{\Sigma прц1}$ | | | |
| - перекриттів над неопалюваними підвалами | $R_{\Sigma прц2}$ | | | |
| - перекриттів над проїздами й під еркерами | $R_{\Sigma прц3}$ | | | |
| підлоги по ґрунту | $R_{\Sigma прц}$ | | | |

Продовження таблиці А3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|
| Енергетичні показники | | | | |
| Розрахункові питомі тепловитрати | $q_{\text{бод}}$, кВт·год/м ² , [кВт·год/м ³] | | | |
| Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення | E_{max} , кВт·год/м ² , [кВт·год/м ³] | | | |
| Клас енергетичної ефективності | | | | |
| Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки | | | | |
| Відповідність проекту будинку нормативним вимогам | | | | |
| Необхідність доопрацювання проекту будинку | | | | |

Таблиця А4 – **Класифікація будинків за енергетичною ефективністю**

| Класи енергетичної ефективності будинку | Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{\text{бод}}$, від максимально допустимого значення, E_{max} | Рекомендації |
|---|---|--------------|
| A | Мінус 50 та менше | |
| B | Від мінус 49 до мінус 10 | |
| C | Від мінус 9 до плюс 5 | |
| D | Від плюс 6 до плюс 25 | |
| E | Від плюс 26 до плюс 75 | |
| F | Від 76 та більше | |

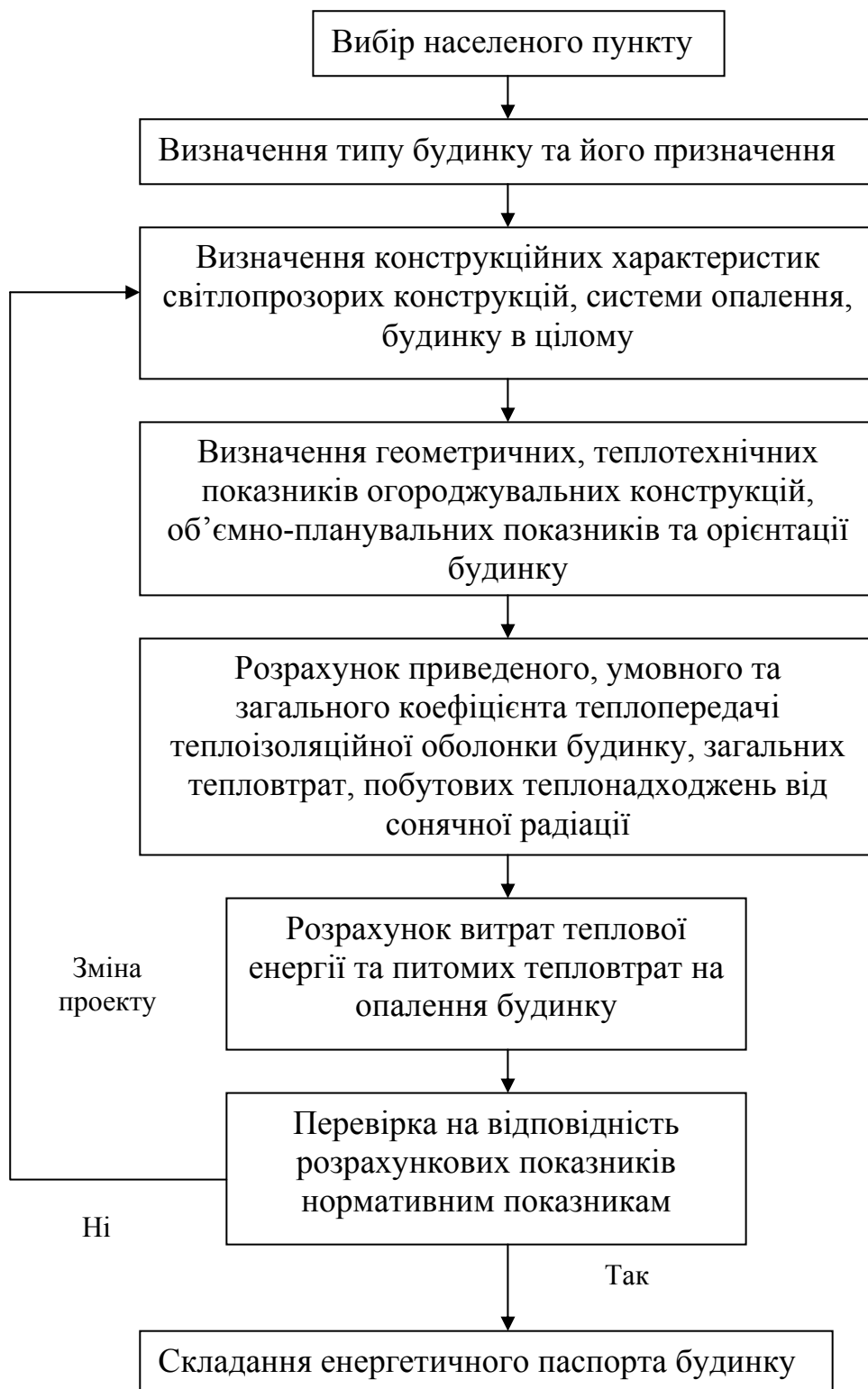
Таблиця А5 – Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

| | |
|--|--|
| Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку | |
| Рекомендовано: | |

| | |
|---|--|
| Паспорт заповнений: | |
| Організація Адреса и телефон Відповідальний виконавець | |

ДОДАТОК Б

АЛГОРИТМ ПОСЛІДОВНОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА



Навчальне видання

Георгій Сергійович Ратушняк
Ольга Георгіївна Ратушняк

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ ПРОЕКТАМИ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено О. Г. Ратушняк

Редактор Т. О. Старічек

Видавництво ВНТУ «УНІВНСУМ-Вінниця»
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7×42¹/₄
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ратушняк Георгій Сергійович – завідувач кафедри теплогазопостачання, кандидат технічних наук, професор – є автором близько 300 опублікованих наукових та навчально-методичних робіт, в тому числі 3-х монографій та 50-ти авторських свідоцтв та патентів на винаходи. На основі 40-річного науково-педагогічного досвіду підготував і опублікував 60 навчально-методичних посібників, серед яких 25 навчальних посібників для студентів вузів будівельної спеціальності.

Підготував 3-х кандидатів наук та 11 магістрів з науково напрямку. Наукові інтереси Ратушняка Г. С. направлені на розробку енерго- й ресурсозберігаючих технологій, методологій й технічних засобів з раціонального використання природного середовища в результаті антропогенної діяльності. Займається вирішенням проблем педагогіки, що пов'язані з активізацією пізнавальної діяльності студентів шляхом впровадження прогресивних технологій навчання.

Лауреат першої міністерської премії «За досягнення в навчально-виховній та науково-педагогічній роботі» та обласної педагогічної премії, Відмінник освіти України, нагороджений почесною грамотою Державного комітету України з енергозбереження. Є дійсним членом Академії будівництва України, професором Міжнародної Кадрової Академії, внесений до іміджевого видання «Кращі науково-педагогічні працівники вищих навчальних закладів України».

Ратушняк Ольга Георгіївна – викладач кафедри економіки промисловості та організація виробництва, магістр менеджменту з корпоративного управління, кандидат технічних наук – є автором понад 30-ти наукових праць, в тому числі 1 навчального посібника та 3-х патентів на винаходи. Стипендіат президента України. Науковими інтересами є методологія управління змістом та вартістю інноваційних проектів термомодернізації будівель при впровадженні енергозберігаючих технологій з врахуванням проектного менеджменту.