

Г.С. Ратушняк, О.Г. Ратушняк

**УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ
ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет**

**Г.С. Ратушняк
О.Г. Ратушняк**

**УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ
ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 0921-“Будівництво” спеціальності 7.092108 «Теплогазопостачання та вентиляція». Протокол № 9 від 23 березня 2006 року.

Вінниця ВНТУ 2006

УДК 728.1

Р 25

Рецензенти:

А.Ф. Пономарчук, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

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

О.В. Ковальчук, кандидат технічних наук, доцент (ВДПУ)

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г.

Р 25 Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2006.- 106с.

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.

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

© Г.С. Ратушняк, О.Г. Ратушняк 2006

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1 Принципи управління проектами енергозбереження.....	7
1.1 Загальні положення про управління проектами енергозбереження...7	
1.2 Напрямки удосконалення управління проектами енергозбереження в житловому будівництві	17
2 Методологія управління проектами енергозбереження.....	24
2.1 Механізми управління проектами енергозбереження.....	24
2.2 Моніторинг матеріалів для термореновації захисних конструкцій будівель з метою підвищення їх енергоощадності.....	31
2.3 Еколого-економічна оцінка інвестиційних проектів термореновації житлових будівель.....	46
2.4 Методи моделювання еколого-економічних ризиків в управлінні проектами.....	53
3 Моделювання інтелектуальної підтримки організаційно-економічного механізму управління проектами енергозбереження при обґрунтуванні вибору матеріалів для термореновації будівель.....	63
3.1 Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів теплоізоляційних матеріалів.....	63
3.1.1 Ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термореновації будівель, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень.....	63
3.1.2 Побудова функції належності нечітких оцінок впливу параметрів еколого-економічної доцільності термореноваційних матеріалів.....	68
3.2 Моделювання інтелектуальної підтримки прийняття рішень по управлінню організаційними механізмами підвищення енергоощадності будівель.....	77
3.3 Аналітичні моделі функцій належності експертних нечітких баз знань, що впливають на організаційно-економічний механізм управління енергозбереженням.....	86
3.4 Методика підтримки прийняття управлінського рішення вибору матеріалу для термореновації будівель.....	99
Література.....	102

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.

Досвід реалізації енергозберігаючих програм в розвинутих країнах свідчить про необхідність розробки комплексних механізмів управління та втілення в життя проектів енергоспоживання.

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 розробку 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 викладені 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 та 2 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 проектної 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, з 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;

- погоджування видів робіт проекту із системою ведення бухгалтерських рахунків з 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 щодо, з його реалізації, яка наведена на рис. 1.1.

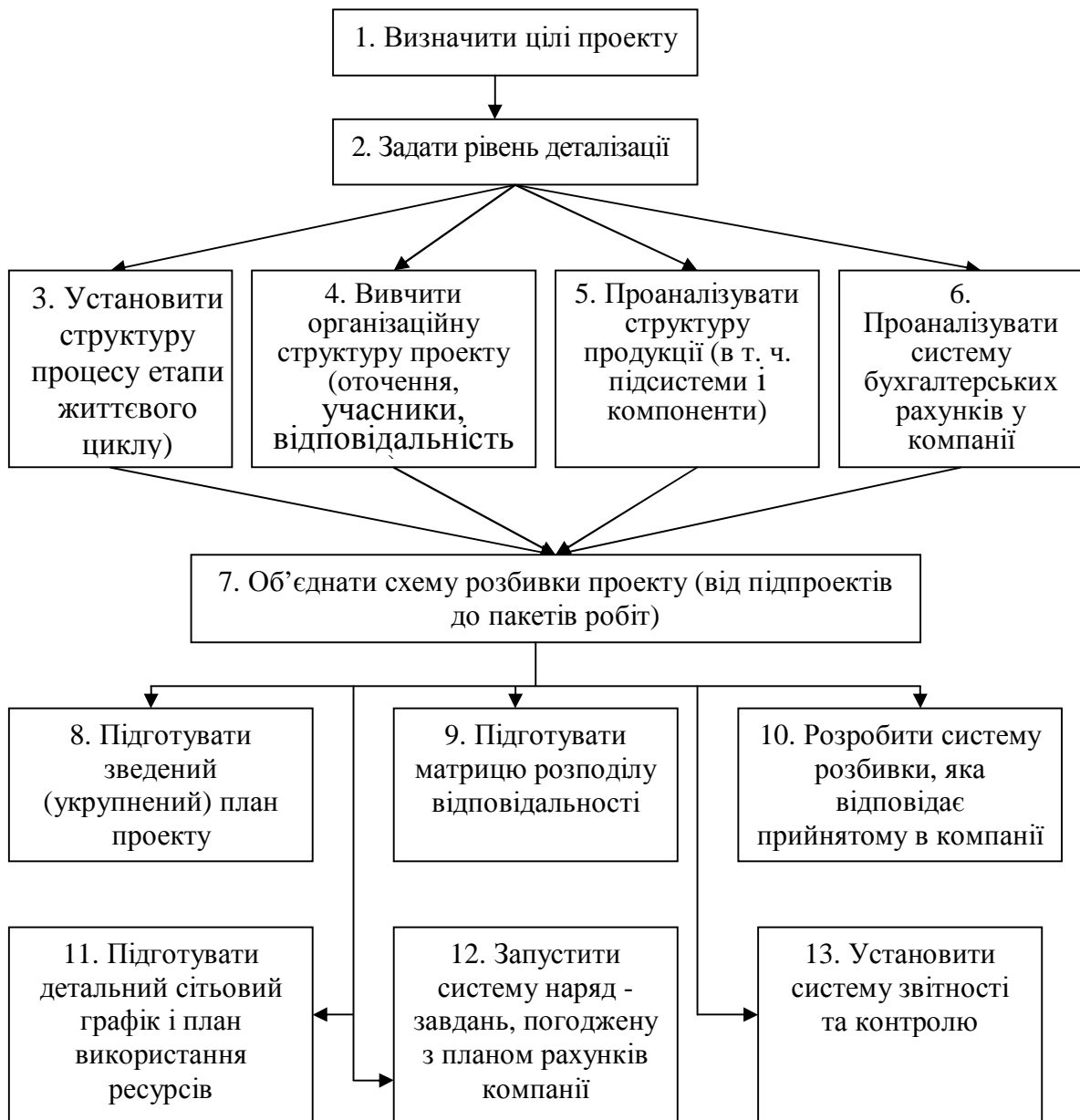


Рисунок 1.1 - Етапи планування і реалізації проекту

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 ступінем 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 із-за 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.

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.

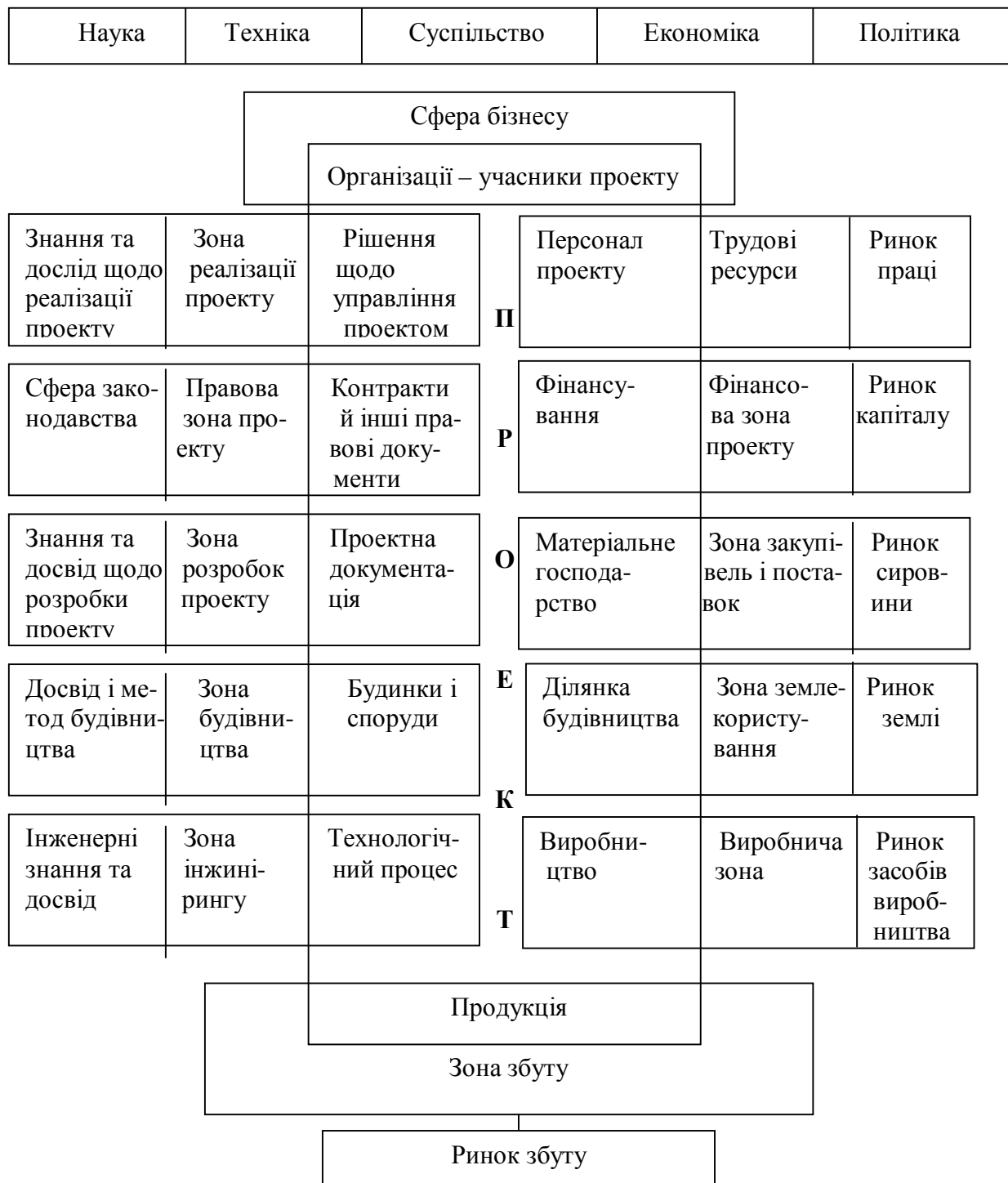


Рисунок 1.2 - Розгорнута схема проекту та його оточення

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).

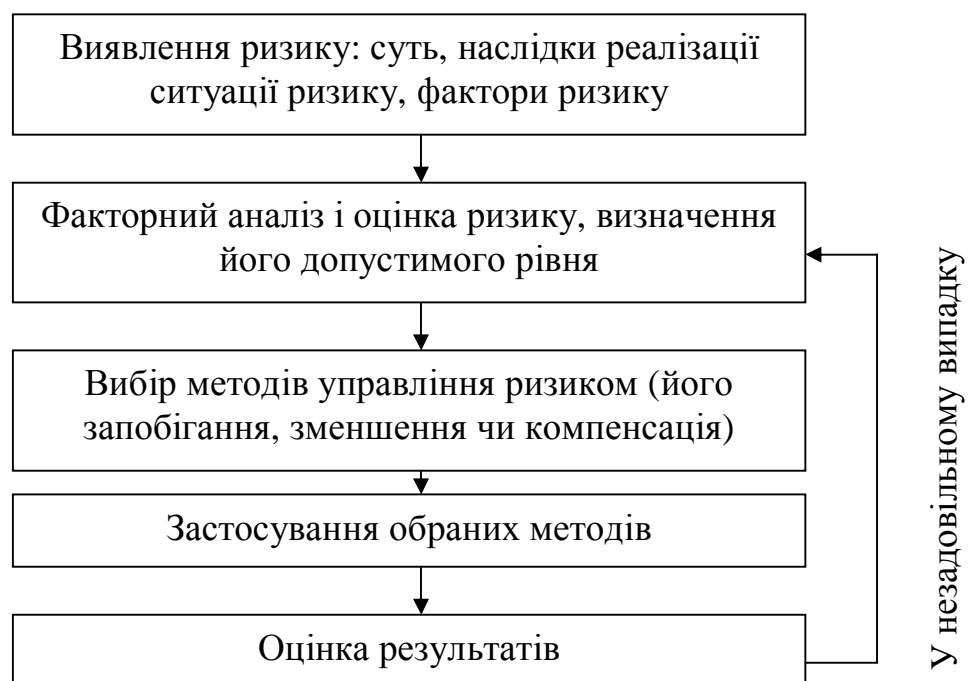


Рисунок 1.3 – Етапи процесу управління ризиком

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 управляльних 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 стабілізуючих 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 ступіню 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.

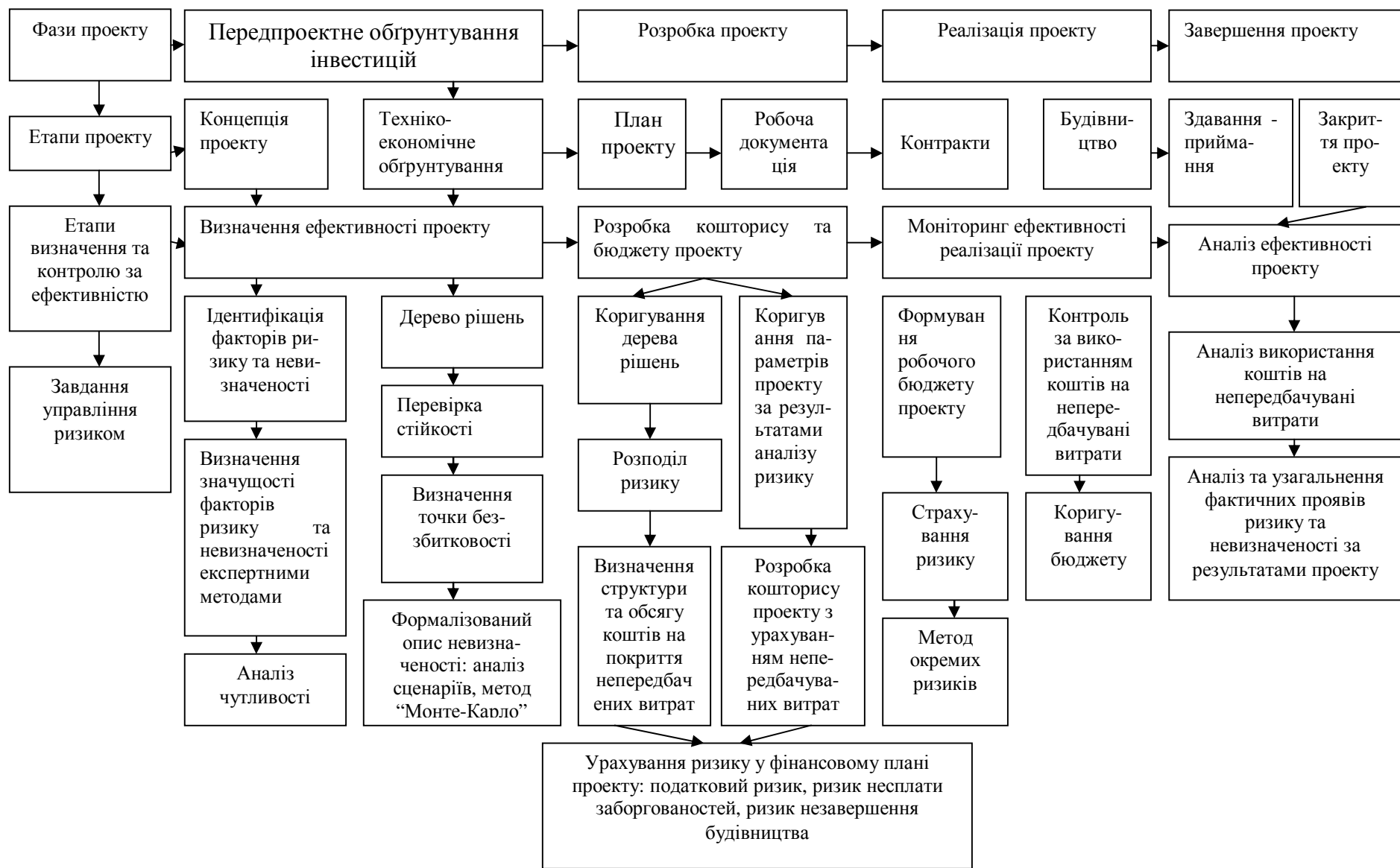


Рисунок 1.4 - Комплекс механізмів для зниження ризику проекту

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 ступеню 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).

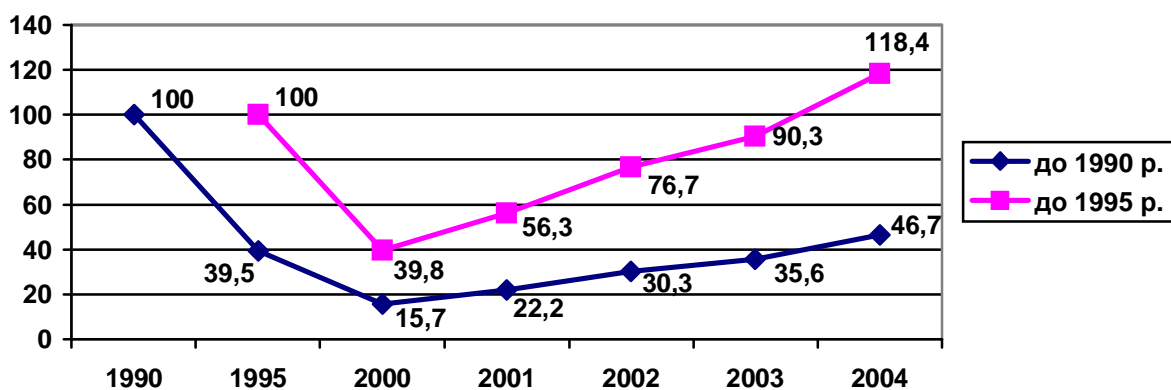


Рисунок 1.5 – Індекси обсягів інвестицій в основний капітал у житлове будівництво, %

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. Ще економічніші 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, так як 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 теплоакмуляційної 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 щодо 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 комплексу механізмів для зниження ризику проекту.
6. Дайте характеристику станів процесу управління ризиком.
7. Принципи класифікації методів контролю якістю.
8. Охарактеризуйте основні напрямки удосконалення управління проектами енергозбереження в житловому будівництві.
9. 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	1477	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 багатошарової конструкції від її товщини наведена на рис. 2.1.

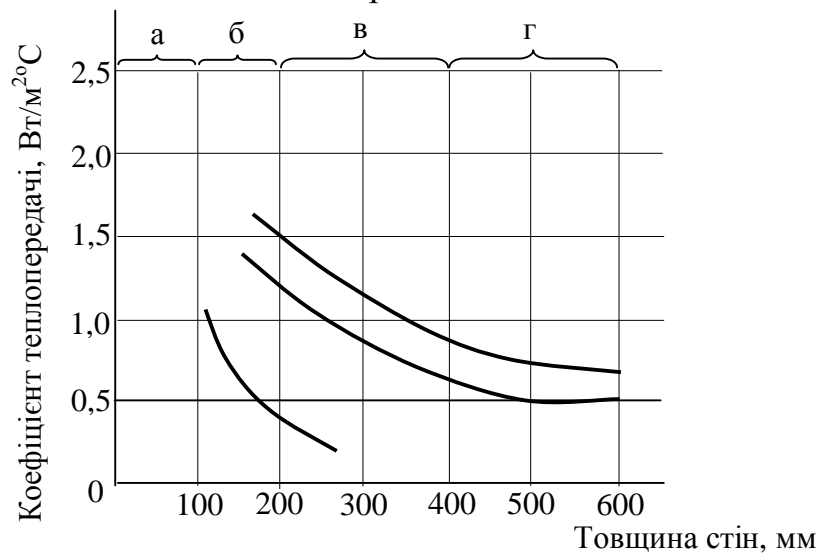


Рисунок 2.1 – Залежність характеристики коефіцієнта теплопередачі зовнішньої стіни (із шарів суцільної силікатної цегли, мінеральної вати та штукатурки) від загальної товщини стіни

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, покриттів, 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:

- переглянуте 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 градусо-днів (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 теплопостачання, 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	54,3
				10,8	
				5,0	
				2,3	
Облік	Облік споживання тепла і газу: - квартирний облік гарячої води - квартирний облік тепла для опалення - квартирний облік споживання газу		9,7	25,6	
			13,9		
			2,0		
Модернізація	Модернізація інженерного обладнання: - удосконалення теплових пунктів і систем теплоспоживання - удосконалення теплогенераторів		4,7	20,1	
			15,4		
Нетрадиційні джерела тепла	Використання нетрадиційних джерел тепла в системах інженерного обладнання: - використання теплових насосів - використання сонячних колекторів		1,3	2	
			0,7		
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 модернізацій 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 паропроникливість. 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).

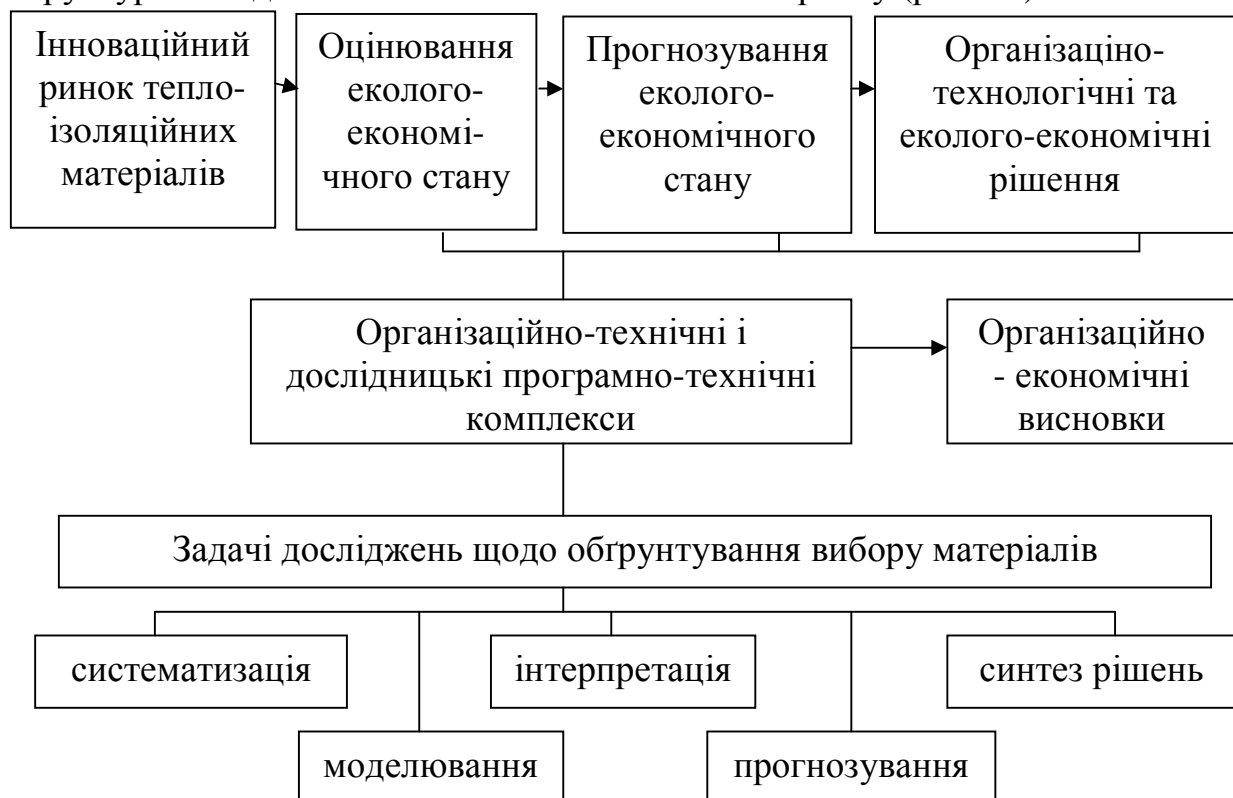


Рисунок 2.3 - Структурна модель еколого-економічного моніторингу теплоізоляційних матеріалів

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 вентиляований 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 облицюють цеглою, керамічними і бетонними каменями або дрібними блоками. Утеплювач розташовують між дерев'яною стіною й облицюванням. Із зовнішньої сторони утеплювача необхідно передбачити вентиляований повітряний прошарок, що забезпечуватиме видалення вологи з деревини, інакше стіни будинку стануть вологими, покриються цвілью, і деревина швидко зруйнується.

При термореновації будівель використовують вентиляовані фасади з навісним захисним облицюванням.

Зовнішнє облицювання, 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 облицювання навішується на фасад, все навантаження сприймається стіною, і спеціальний фундамент для захисного облицювання 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 облицювання: цементні дошки або плитки, цементно-фібролітові, гранітні або мармурові плитки, личкувальні листи або панелі, сайдинг, профільовані листи тощо. Між утеплювачем і облицюванням 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.

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 брусках		

Для захисту утеплювача від зволоження внаслідок дії атмосферних опадів вентильований 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.

Слід звернути особливу увагу на якість горизонтальної гідроізоляції між цоколем і утеплюваною стіною. 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 розповсюдженню 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 іздрюватого 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.

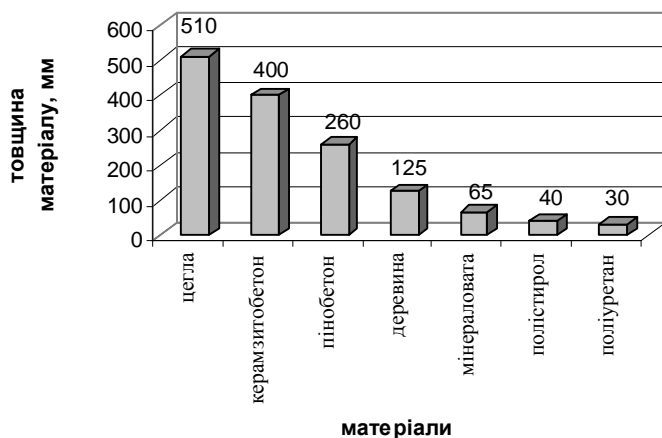


Рисунок 2.4 – Діаграма товщини матеріалів, які забезпечують еквівалентні теплоізоляційні характеристики

Таблиця 2.11 – Галузі застосування теплоізоляційних матеріалів

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

Орієнтація волокон впливає на міцнісні характеристики 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 виробих 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 ножем, 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-дугттевим 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. Обличковані склоповстю, такі плити є чудовим вітрозахистом. Їх застосовують переважно для ізоляції стін під штукатурку у вентиляльованих 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 облицховувати 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 ($0,027...0,040 \text{ Вт/(м·К)}$) і густини ($15...40 \text{ кг/м}^3$), 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 витискуванням 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 $0,03 \text{ Вт/(м·К)}$, 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 оберегти 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 перлітобетонну використовуються споживачами для теплоізоляції горищ, 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 бетонну 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 це утеплення та герметизація щілин вікон по периметру поліуретановою піною. Ефективний спосіб запобігти втратам тепла крізь вікно також встановлення додаткового скла або герметичних вакуумних скло пакетів. 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 скло пакетів

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 (таб. 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 багатофакторного 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 та 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

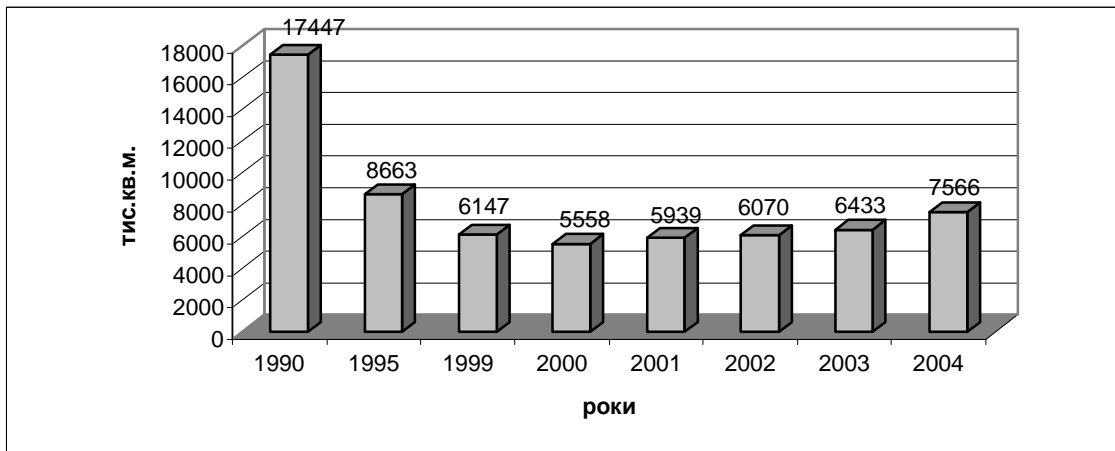


Рисунок 2.6 - Динаміка введення житла в Україні

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%) витрачалось 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 здібності 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.

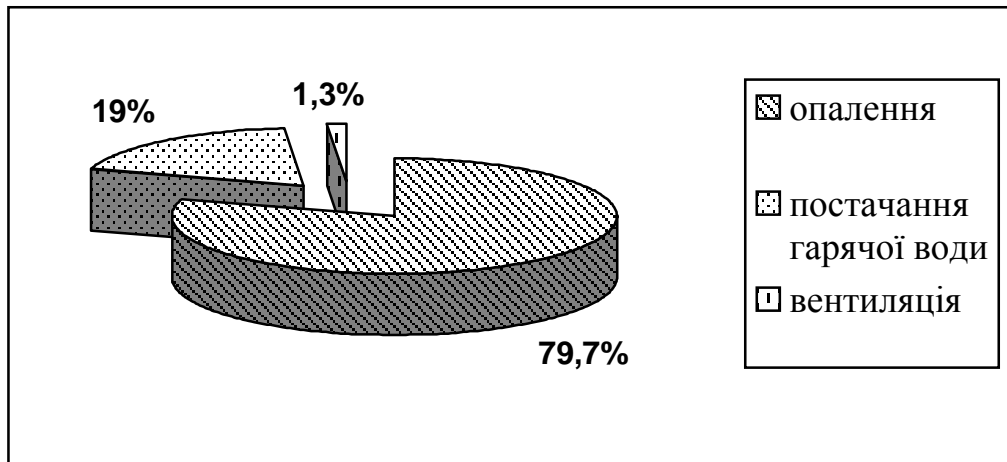


Рисунок 2.7 - Структура витрат палива на експлуатацію житлових будинків

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 паропроникливість. 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	Керамзито-бетон	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 реалізуємості проекту тощо. Розрізняють чотири типи оцінок реалізуємості проекту: інтегральна оцінка надійності, ресурсна, економічна, фінансова. Ефективність проекту може бути оцінена за технологією його реалізуємості, 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_j - шукані параметри за j -м енергозберігаючим заходом; S_{zp} - витрати на відшкодування екологічних збитків, грн.; Z_p - шукані параметри за p -м енергозберігаючим заходом; $g = 1 + d$ - коефіцієнт накопичення з врахуванням норм дисконту d , що визначається з врахуванням прийнятої для інвестора норми прибутку на капітал; t - термін служби термореноваційних інновацій з енергозбереження.

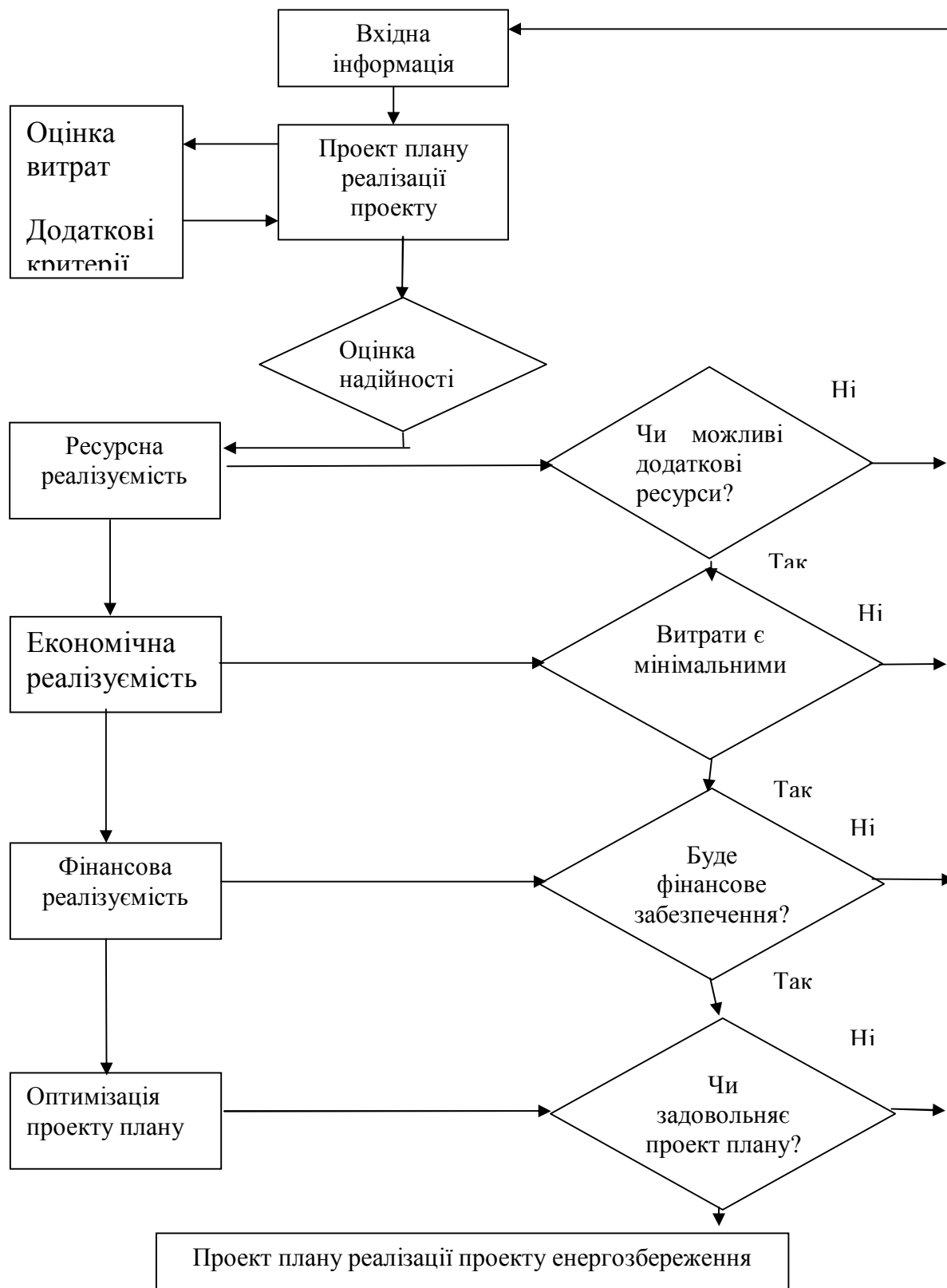


Рисунок 2.8 – Технологія оцінки реалізованості проекту

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 огорожувальних конструкцій за формулою:

$$S_{mpj} = \left[\Delta t N F_K \left(\frac{I_{Tj}}{d_{Tj}} + \sum \frac{I_K}{d_K} \right) \right] S_T, \quad (2.3)$$

де Δt - різниця розрахункових температур внутрішнього та зовнішнього повітря за опалювальний період, К; N - тривалість опалювального періоду, діб; F_K - площа огорожувальних конструкцій для яких передбачається термореновація будівель, м²; I_K, I_{Tj} - коефіцієнти теплопровідності відповідно до матеріалу фактичних огорожувальних конструкцій та теплоізоляційного шару матеріалу для термореновації, Вт/м²К; d_K, d_{Ti} - відповідно товщина фактичної огорожувальної 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 огорожувальних конструкцій житлових будівель (R_{Ti}) з врахуванням впровадження інноваційних термореноваційних технологій не повинен перевищувати нормативних значень для даної температурної зони України

$$R_{Ti} = \left(\frac{d_{Ti}}{I_{Ti}} + \sum \frac{d_K}{I_R} \right) \geq R_n, \quad (2.4)$$

де R_n - нормативний опір теплопередачі, що рівний (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

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

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

ΔS_{zp} - 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'єкту, 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 довікллю, прибутковість праці, оптимальне технічне рішення, найменший ризик впровадження інноваційних технологій тощо. В задачах математичного

програмування такої 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 суперечними. Крім того, необхідно мати хоча б один розв'язок модельованої задачі, який задовольняє всім обмеженням. 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: без-

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

Метод оцінки фінансової стійкості або доцільності витрат 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, яка стосується реалізації даного проекту.

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

Міжгалузева 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:

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

Система рівнянь (2.9) пов'язує між собою концентрації біомаси x , поживного субстрату y та продуктів життєдіяльності (метаболітів) z . Функціональна залежність $m(y, z)$ 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:

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

У системі рівнянь (2.10) n , 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 найбільше важливих 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

$$E_{оч} = I E_{max} + (1 - I) E_{min}, \tag{2.11}$$

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 характерно теж різною мірою. Моделювальна складова передбачає можливість проведення комп'ютерного моделювання з метою спостереження за зміною параметрів проекту, як об'єкта досліджень, при варіації факторів, що впливають на нього. Основні поняття теорії 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 $(m_A(u), u)$, де $m_A(u)$ - сукупність належності елемента $u \in U$ до нечіткої множини \tilde{A} . Ступінь належності – це число діапазону $[0, 1]$. Чим вище ступінь належності, тим більшою мірою елемент універсальної відповідає властивостям нечіткої множини.

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

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

Доповненням нечіткої множини \tilde{A} на універсальній множині U називається нечітка множина \bar{A} з функцією належності $m_{\bar{A}}(u) = 1 - m_A(u)$ 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 $m_C(u) = \min(m_A(u), m_B(u))$ для усіх $u \in U$. Операція \min показується символом \wedge , відповідно

$$m_C(u) = m_A(u) \wedge m_B(u). \quad (2.13)$$

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 $m_D(u) = \max(m_A(u), m_B(u))$ для усіх $u \in U$. Операція \max називається символом \vee , відповідно

$$m_D(u) = m_A(u) \vee m_B(u). \quad (2.14)$$

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

$$m_{A \wedge B} = \min(m_A(u), m_B(u)), \quad (2.15)$$

$$m_{A \vee B} = \max(m_A(u), m_B(u)), \quad (2.16)$$

$$m_{\neg A}(u) = 1 - m_A(u), \quad (2.17)$$

$$m_{\Rightarrow B}(u) = \max(1 - m_A(u), m_B(u)). \quad (2.18)$$

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 ; $\mathbf{U}(\mathbf{I})$ – символ операції АБО (I).

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. Охарактеризуйте властивості найпоширеніших матеріалів для термореновації будівель.
8. Наведіть структурну модель еколого-економічного аналізу з метою управління проектами вибору теплоізоляційних матеріалів.
9. Як може бути оцінена ефективність реалізуємості проекту енергозбереження?
10. Розкрийте суть методики визначення еколого-економічної доцільності термореновації будівель.
11. Охарактеризуйте методи аналізу та кількісної оцінки еколого-економічних ризиків в управлінні проектами.
12. Розкрийте суть методу нечіткої логіки та теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних.

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 багатофакторного 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 багатофакторного аналізу впливу параметрів теплоізоляційних матеріалів на інтелектуальну підтримку прийняття рішення по його вибору для термореновацій 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:

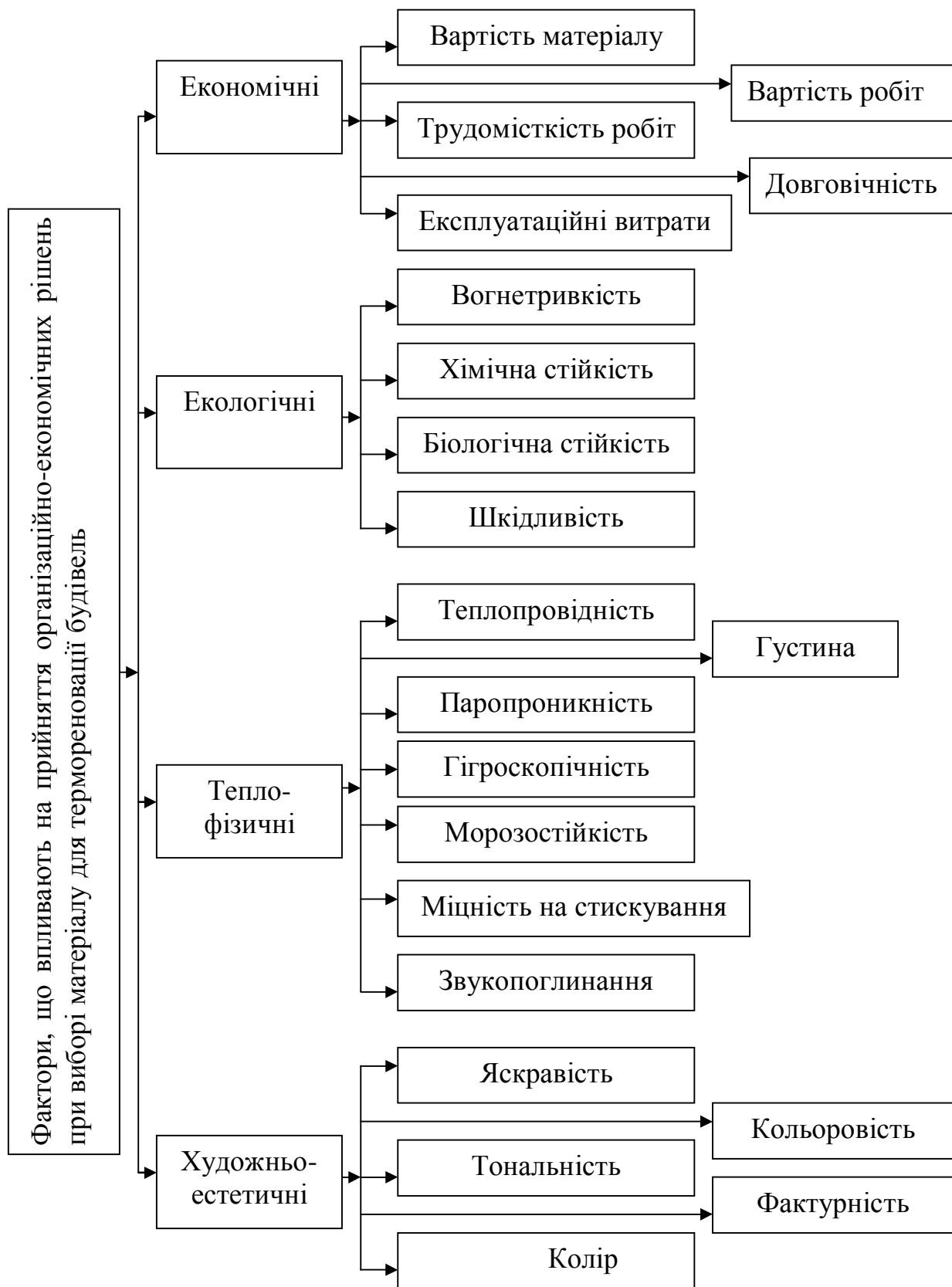


Рисунок 3.1 - Класифікація факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі матеріалів для термореновації будівель

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

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”.

Лінгвістична змінна, 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”.

Лінгвістична змінна, 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 подані 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.

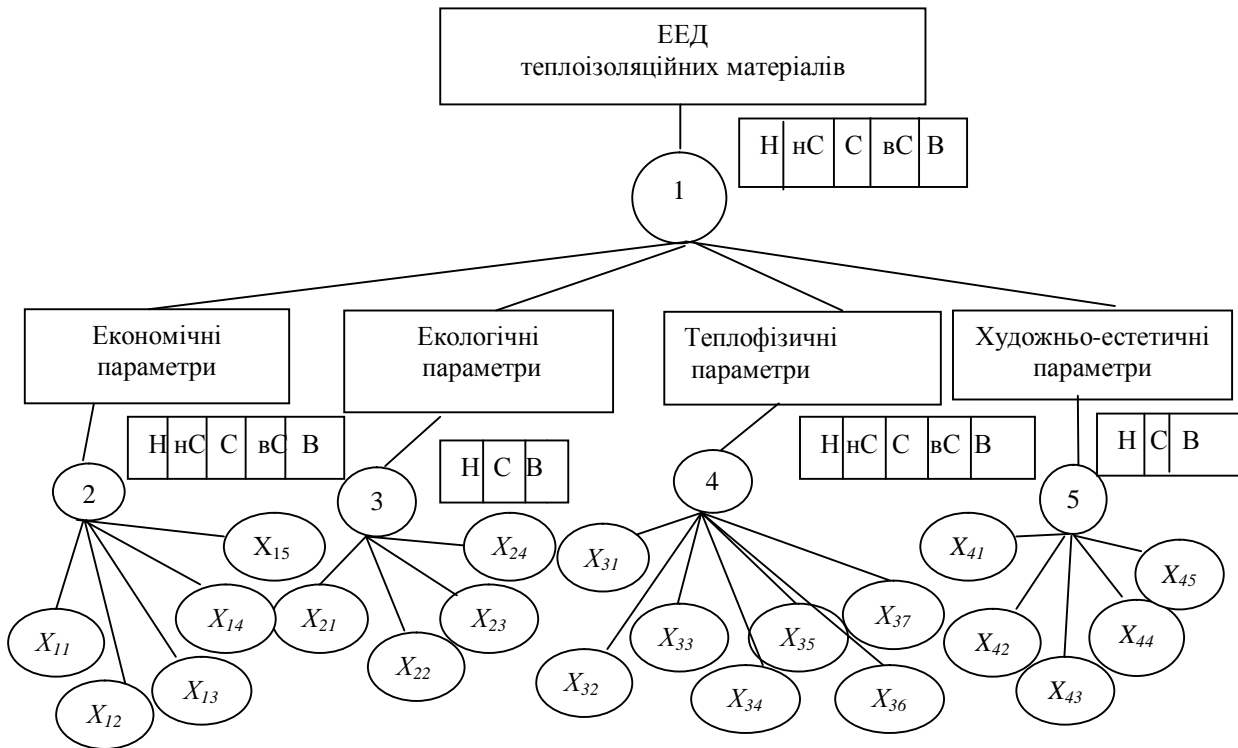


Рисунок 3.2 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на вибір теплоізоляційних матеріалів

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” (nC), “середня” (C), “вище середньої” (vC) 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 °С	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 табл. 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 щодо, 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]

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

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

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

Невідому функцію належності складає сукупність значень $m_F(u_i)$ 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 ($m_1 + m_2 + \dots + m_n = 1$) задається у вигляді співвідношення [36]

$$\frac{m_1}{r_1} = \frac{m_2}{r_2} = \dots = \frac{m_n}{r_n}, \quad (3.7)$$

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

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

$$\begin{cases} m_1 = \left(1 + \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{r_1} + \dots + \frac{r_n}{r_1}\right)^{-1}; \\ m_2 = \left(\frac{r_1}{r_2} + 1 + \frac{r_3}{r_2} + \dots + \frac{r_n}{r_2}\right)^{-1}; \\ \dots \\ m_n = \left(\frac{r_1}{r_n} + \frac{r_2}{r_n} + \frac{r_3}{r_n} + \dots + 1\right)^{-1}. \end{cases} \quad (3.8)$$

За формулами (3.8) ступені належності $m_F(u_i)$ 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”:

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

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

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

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

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

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 наступним рейтингом: 1000 грн/м³ на першому місці за впливом; 775 грн/м³ на другому місці за впливом; 555 грн/м³ – на третьому; 330 грн/м³ – на четвертому; 110 грн/м³ - на п'ятому.

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.

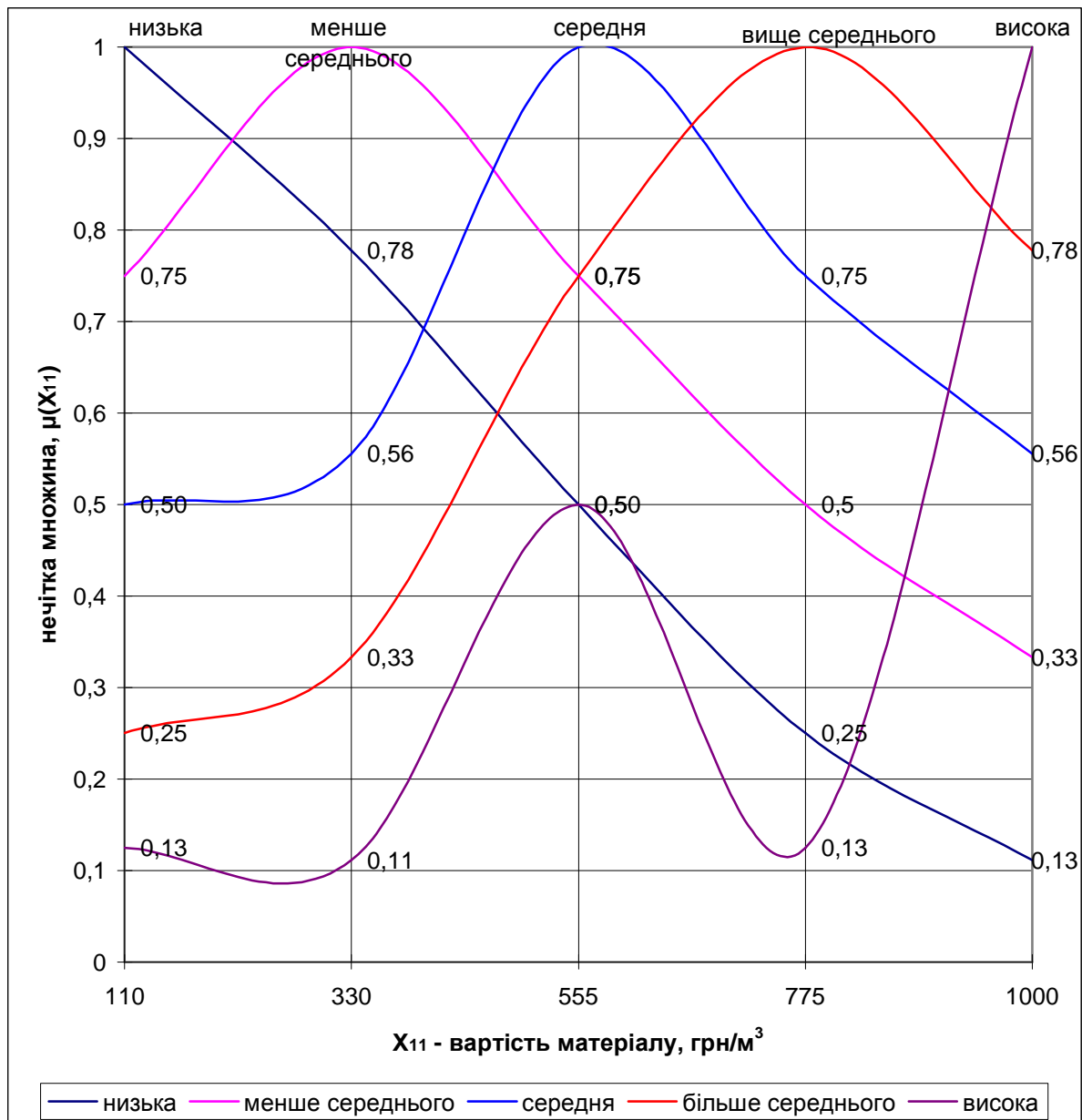


Рисунок 3.3 - Функції належності для ЛЗ “вартість матеріалу”

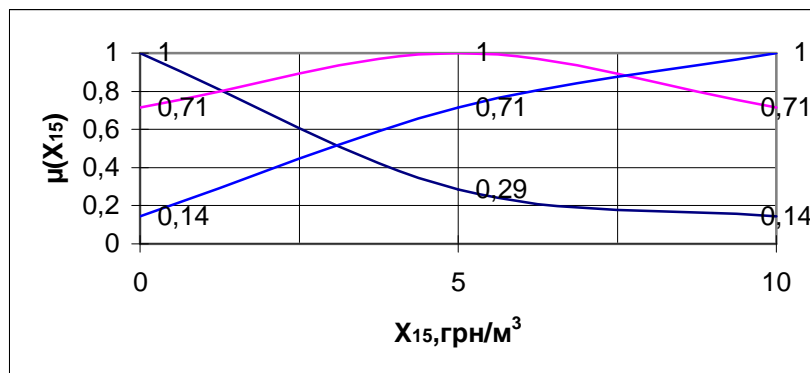
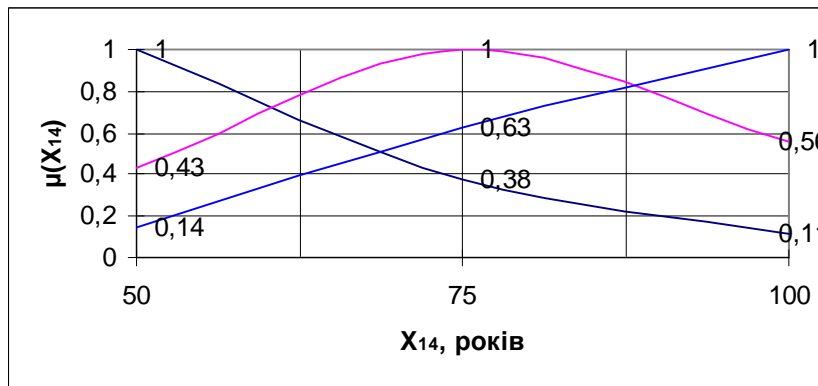
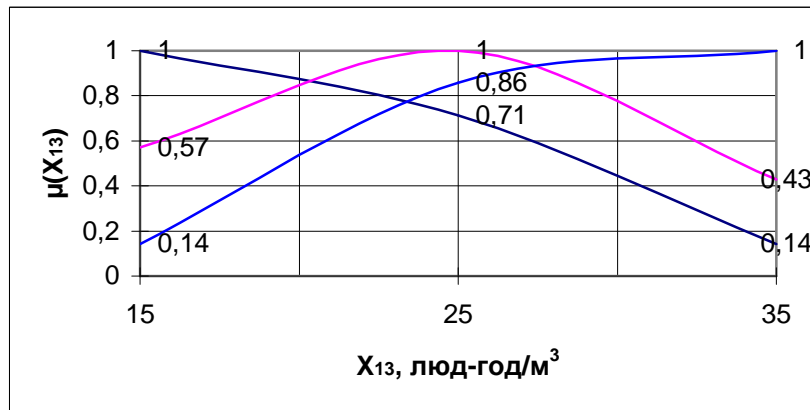
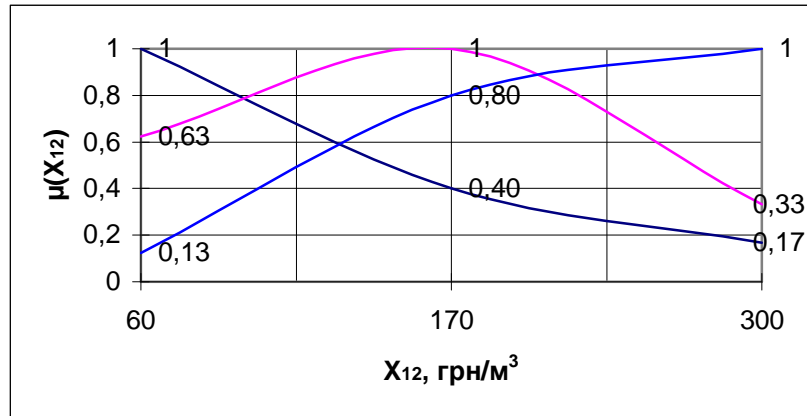


Рисунок 3.4 - Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують економічні параметри

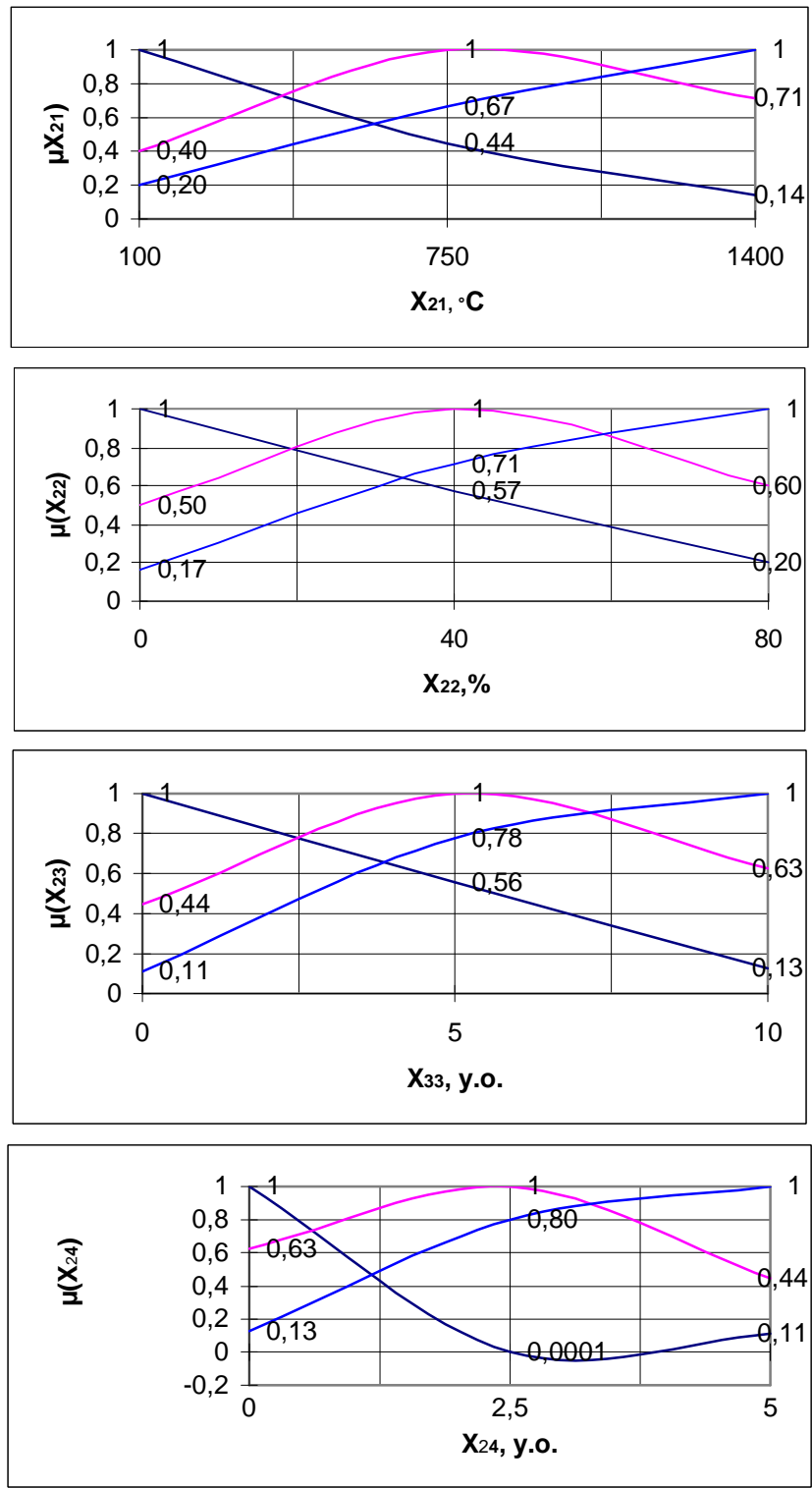


Рисунок 3.5 - Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують екологічні параметри

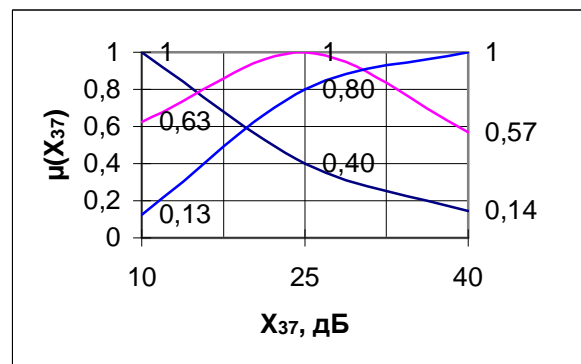
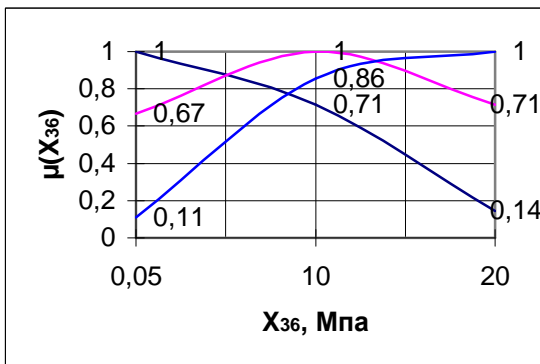
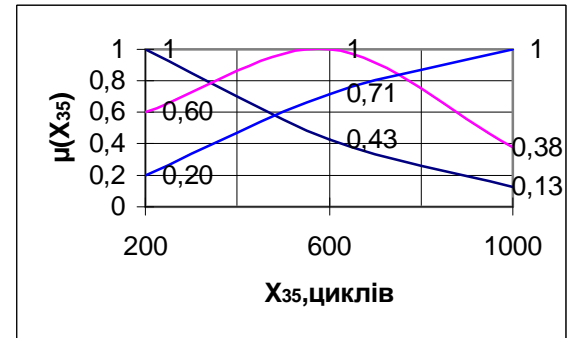
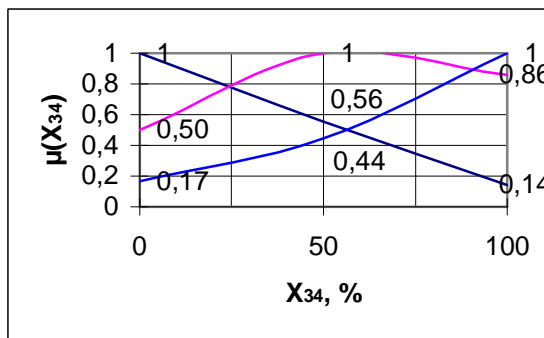
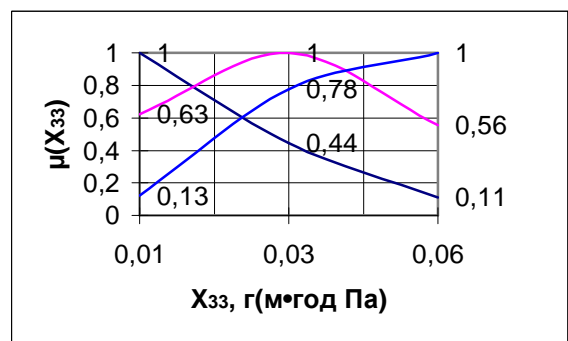
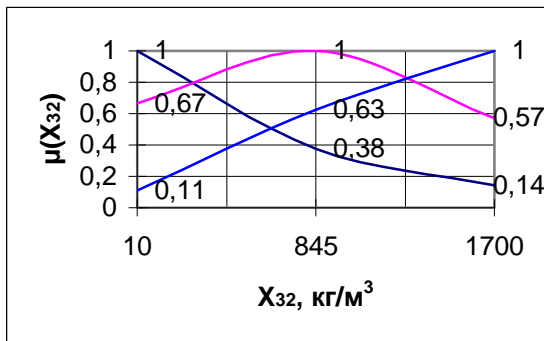
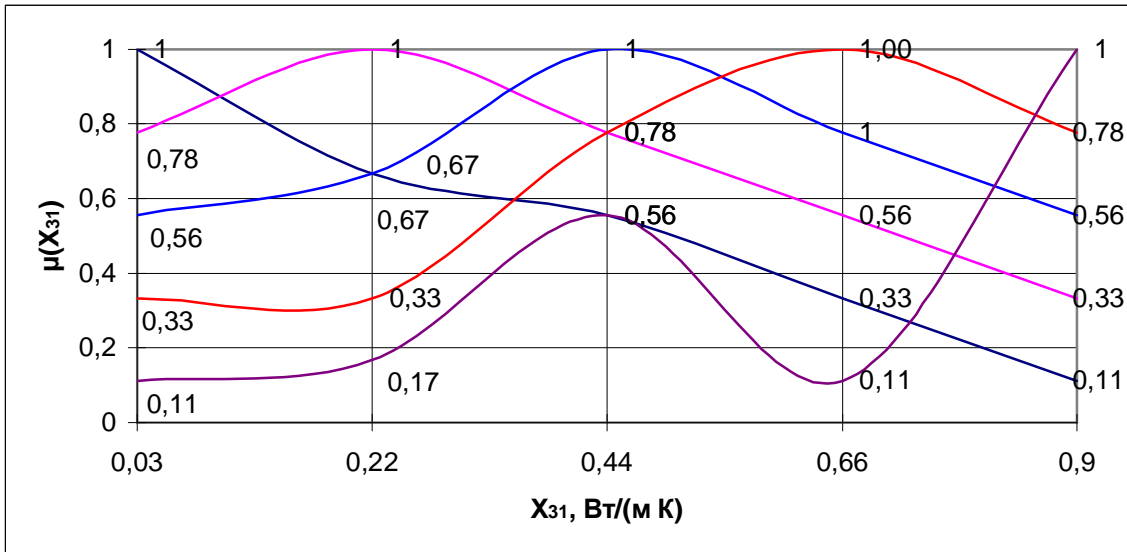


Рисунок 3.6 - Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують теплофізичні параметри

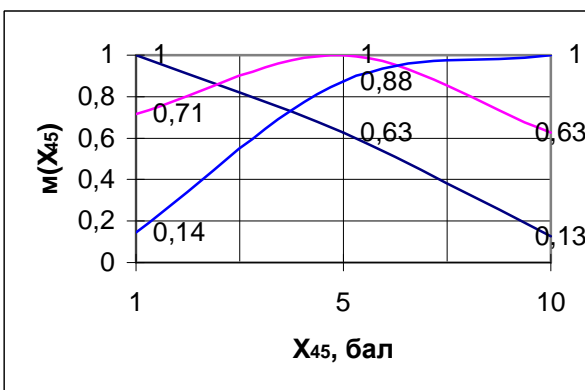
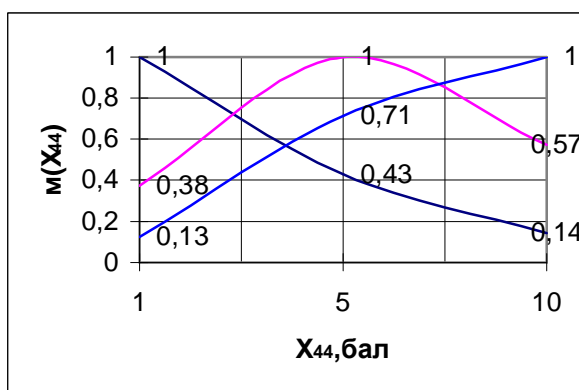
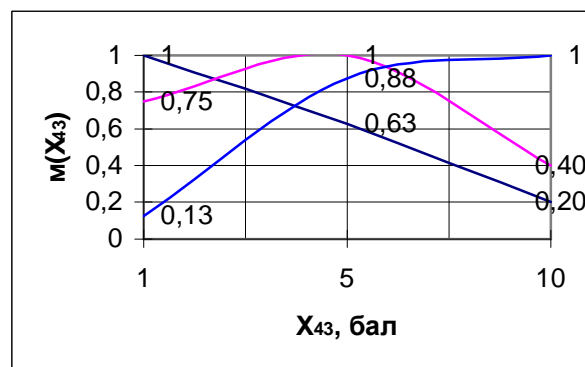
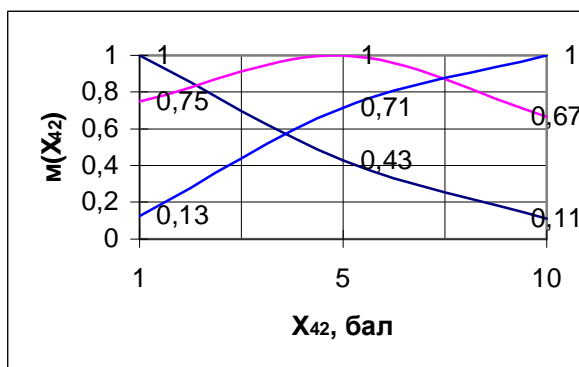
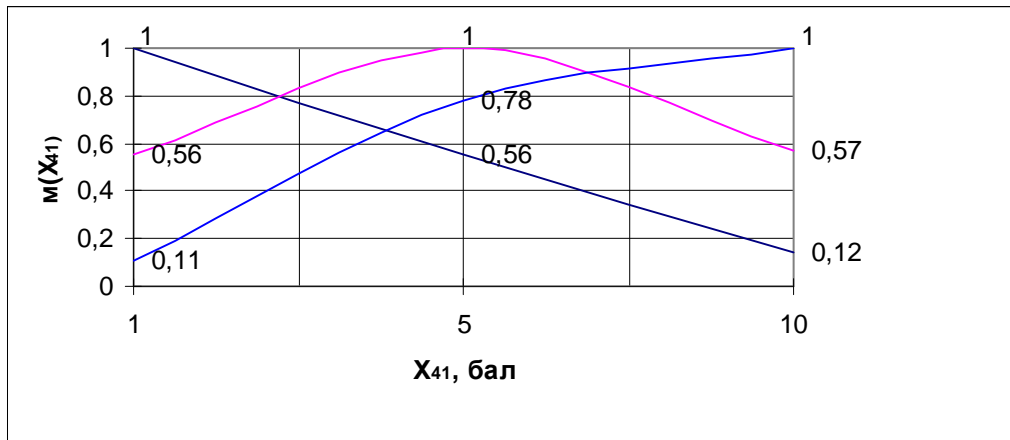


Рисунок 3.7 - Функції належності для лінгвістичних змінних, що описують художньо-естетичні параметри

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 передують 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	Нижче середніх (нС)
нС	С	Н	Н	
С	С	нС	Н	
С	Н	нС	С	
С	С	Н	Н	
нС	С	С	С	Середні (С)
нС	С	С	В	

Продовження табл. 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 (вВ)
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:

$$\begin{aligned}
 m_H(Y) = & m_H(X_1) \wedge m_H(X_2) \wedge m_H(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_{HC}(X_1) \wedge m_H(X_2) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_H(X_1) \wedge m_H(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_H(X_1) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_2) \wedge m_{HC}(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_H(X_1) \wedge m_H(X_2) \wedge m_H(X_3) \wedge m_C(X_4),
 \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned}
 m_{HC}(Y) = & m_{HC}(X_1) \wedge m_H(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_{HC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_{HC}(X_3) \wedge m_H(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_2) \wedge m_{HC}(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_H(X_3) \wedge m_H(X_4),
 \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned}
 m_C(Y) = & m_{HC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_{HC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_B(X_4) \vee m_{HC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_B(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_H(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_{BC}(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_4) \vee m_H(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_{BC}(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_C(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_{BC}(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_4),
 \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned}
 m_{BC}(Y) = & m_B(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_{BC}(X_3) \wedge m_B(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_B(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_B(X_4) \vee m_B(X_1) \wedge m_C(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_C(X_4),
 \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned}
m_B(Y) = & m_C(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_B(X_3) \wedge m_B(X_4) \vee m_B(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_{BC}(X_3) \wedge \\
& \wedge m_B(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_C(X_3) \wedge m_B(X_4) \vee m_{BC}(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge \\
& \wedge m_B(X_3) \wedge m_C(X_4) \vee m_B(X_1) \wedge m_B(X_2) \wedge m_B(X_3) \wedge m_B(X_4).
\end{aligned}
\tag{3.15}$$

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 табл. 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	Високі (В)
В	С	В	В	В	
В	В	С	В	В	
В	В	В	С	В	
В	В	В	В	С	
вС	В	В	В	В	
В	В	В	В	В	

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

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

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

$$\begin{aligned}
m_C(X_1) = & m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_H(X_{11}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_H(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_H(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee \\
& \vee m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_H(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_H(X_{15}) \vee m_B(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_C(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}),
\end{aligned} \tag{3.18}$$

$$\begin{aligned}
m_{BC}(X_1) = & m_B(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_{BC}(X_{11}) \wedge \\
& \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_{BC}(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_{BC}(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee \\
& \vee m_{BC}(X_{11}) \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}),
\end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\begin{aligned}
m_B(X_1) = & m_C(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}) \vee m_B(X_{11}) \wedge \\
& \wedge m_C(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}) \vee m_B(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_C(X_{13}) \wedge \\
& \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}) \vee m_B(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_C(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}) \vee \\
& \vee m_B(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_C(X_{15}) \vee m_{BC}(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge \\
& \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge m_B(X_{15}) \vee m_B(X_{11}) \wedge m_B(X_{12}) \wedge m_B(X_{13}) \wedge m_B(X_{14}) \wedge \\
& \wedge m_B(X_{15}).
\end{aligned} \tag{3.20}$$

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	
Н	Н	Н	С	

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5
Н	Н	Н	Н	Низькі (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:

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

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

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

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 стискування (X_{36}) , звукопоглинанням (X_{37}) , виконується з використанням системи терм-множин:

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$\begin{aligned}
 m_H(X_3) = & m_{HC}(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_H(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_B(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_{36}) \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_H(X_{36}) \wedge m_H(X_{37}) \vee m_{HC}(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge m_H(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.24}$$

$$\begin{aligned}
 m_{HC}(X_3) = & m_{HC}(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_H(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_H(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_{HC}(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.25}$$

$$\begin{aligned}
 m_C(X_3) = & m_C(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_B(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_H(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_H(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_B(X_{37}) \vee m_H(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_H(X_{34}) \wedge m_H(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.26}$$

$$\begin{aligned}
 m_{BC}(X_3) = & m_H(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_B(X_{37}) \vee m_{BC}(X_{31}) \wedge m_H(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_B(X_{37}) \vee m_{BC}(X_{31}) \wedge m_B(X_{32}) \wedge m_H(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_B(X_{37}) \vee m_B(X_{31}) \wedge m_B(X_{32}) \wedge m_B(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge \\
 & \wedge m_C(X_{37}),
 \end{aligned} \tag{3.27}$$

$$\begin{aligned}
 m_B(X_3) = & m_C(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_B(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge m_B(X_{37}) \vee \\
 & \vee m_B(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge m_C(X_{37}) \vee \\
 & \vee m_B(X_{31}) \wedge m_B(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_B(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge m_B(X_{37}) \vee \\
 & \vee m_B(X_{31}) \wedge m_B(X_{32}) \wedge m_C(X_{33}) \wedge m_C(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_B(X_{36}) \wedge m_B(X_{37}) \vee \\
 & \vee m_B(X_{31}) \wedge m_C(X_{32}) \wedge m_B(X_{33}) \wedge m_B(X_{34}) \wedge m_C(X_{35}) \wedge m_C(X_{36}) \wedge m_H(X_{37}).
 \end{aligned} \tag{3.28}$$

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 терм 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:

$$\begin{aligned} m_H(X_4) = & m_B(X_{41}) \wedge m_H(X_{42}) \wedge m_H(X_{43}) \wedge m_H(X_{44}) \wedge m_H(X_{45}) \vee m_H(X_{41}) \wedge \\ & \wedge m_C(X_{42}) \wedge m_H(X_{43}) \wedge m_H(X_{44}) \wedge m_H(X_{45}) \vee m_H(X_{41}) \wedge m_H(X_{42}) \wedge m_C(X_{43}) \wedge \\ & \wedge m_H(X_{44}) \wedge m_H(X_{45}) \vee m_H(X_{41}) \wedge m_H(X_{42}) \wedge m_H(X_{43}) \wedge m_C(X_{44}) \wedge m_H(X_{45}) \vee \\ & \vee m_H(X_{41}) \wedge m_H(X_{42}) \wedge m_H(X_{43}) \wedge m_H(X_{44}) \wedge m_C(X_{45}), \end{aligned} \quad (3.29)$$

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

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

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 табл. 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]

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

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

відповідні 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
Вар- тість 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

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6	
Вартість робіт	$\mu_H(X_{12})$	-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	
Експлуатаційні витрати	$\mu_H(X_{15})$	-0,14	2,50	2,5	0...2,5	
		-0,14	2,50	2,5	2,5...5	
		-0,29	3,21	2,5	5...7,5	
		-0,29	3,21	2,5	7,5...10	
	$\mu_C(X_{15})$	0,36	0,71	2,5	0...2,5	
		0,36	0,71	2,5	2,5...5	

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6
Експлуатаційні витрати	$\mu_C(X_{15})$	-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
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

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	
Біологічна стійкість	$\mu_H(X_{23})$	-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
	$\mu_C(X_{31})$	0,22	0,10	0,19	0,03...0,22
		0,22	0,12	0,22	0,22...0,44
		-0,22	0,32	0,22	0,44...0,66

Продовження табл. 3.10

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

Продовження табл. 3.10

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

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5	6
Звукопоглинання	$\mu_B (X_{37})$	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
Тональність	$\mu_H (X_{43})$	-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
	$\mu_C (X_{43})$	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

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5	6	
Тональність	$\mu_C (X_{43})$	-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 S_R^* при заданих значеннях факторів впливу [36]:

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

де l – кількість нечітких термів для оцінки змінної EED_m ;

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

$m_{d_i}(EED_m)$ – 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	$\mu_H(X_{15}) = 1$	
		$\mu_C(X_{15}) = 0,29$	
		$\mu_B(X_{15}) = 0,14$	

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4
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)	$\mu_H(X_{31}) = 1$	
		$\mu_{HC}(X_{31}) = 0,67$	
		$\mu_C(X_{31}) = 0,56$	
		$\mu_{BC}(X_{31}) = 0,33$	
X ₃₂	30 кг/м ³	$\mu_B(X_{31}) = 0,11$	
		$\mu_H(X_{32}) = 0,99$	
		$\mu_C(X_{32}) = 0,39$	
X ₃₃	0,02 г(м*год Па)	$\mu_B(X_{32}) = 0,15$	
		$\mu_H(X_{33}) = 0,81$	
		$\mu_C(X_{33}) = 0,72$	
X ₃₄	1 %	$\mu_B(X_{33}) = 0,33$	
		$\mu_H(X_{34}) = 0,99$	
		$\mu_C(X_{34}) = 0,56$	
X ₃₅	1000 циклів	$\mu_B(X_{34}) = 0,16$	
		$\mu_H(X_{35}) = 0,2$	
		$\mu_C(X_{35}) = 0,71$	
X ₃₆	0,1 мПа	$\mu_B(X_{35}) = 1$	
		$\mu_H(X_{36}) = 1$	
		$\mu_C(X_{36}) = 0,72$	
X ₃₇	35 дБ	$\mu_B(X_{36}) = 0,15$	
		$\mu_H(X_{37}) = 0,29$	
		$\mu_C(X_{37}) = 0,87$	
X ₄₁	2 балів	$\mu_B(X_{37}) = 0,86$	
		$\mu_H(X_{41}) = 0,89$	
		$\mu_C(X_{41}) = 0,67$	

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4
X ₄₁	2 балів	$\mu_B(X_{41})=0,25$	$\mu_H(X_4)=0,81$ $\mu_C(X_4)=0,91$ $\mu_B(X_4)=0,7$
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:

$$m_H(Y) = 0,95 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,81 \vee 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,81 \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,81 \vee \\ \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \vee 0,95 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,91 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

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

$$m_C(Y) = 1 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \vee 1 \cdot 0,93 \cdot 0,72 \cdot 0,91 \vee \\ \vee 0,91 \cdot 0,93 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,99 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \vee \\ \vee 0,95 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,91 \vee 0,63 \cdot 0,93 \cdot 0,86 \cdot 0,91 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,86 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 0,86;$$

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

$$m_B(Y) = 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,7 \vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,86 \cdot 0,7 \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,81 \cdot 0,7 \vee \\ \vee 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,91 \vee 0,29 \cdot 0,7 \cdot 0,72 \cdot 0,7 = 0,72 \cdot 0,86 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \cdot 0,72 = 0,72.$$

Якісну оцінку теплоізоляційного матеріалу для термореновації будівлі отримуємо у вигляді нечіткої множини:

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

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

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

$m_{qi}(EED_m)$ - 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 впливних факторів. Відповідно методу дефазифікації - "центр ваги" нечіткої множини відповідає така кількісна оцінка еколого-економічної доцільності теплоізоляційного матеріалу:

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

Підставивши у 3.36 формулу d_i для i -го терма q_i

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

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

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

Для нашого прикладу при умові що $\overline{EED_m} = 150$ грн/м³, $EED_m = 400$ 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'єкту 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).

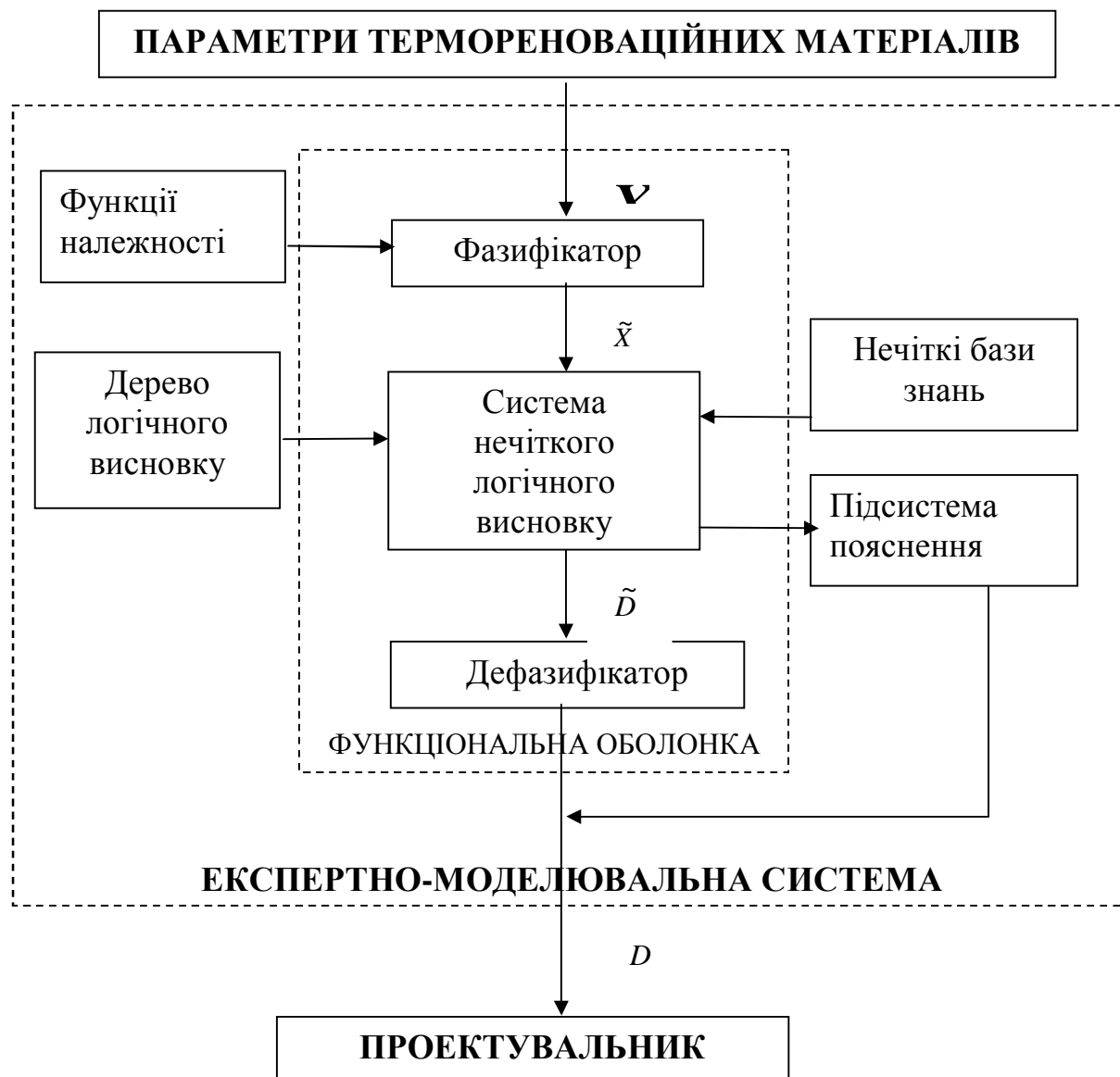


Рисунок 3.8 – Структурна модель підтримки управлінського рішення щодо вибору термореноваційного матеріалу

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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент. – СПб.: Издательство «Питер», 2000. – 208 с.
2. Балацький О.Ф., Лук'янихін В., Лук'янихіна О. Екологічний менеджмент: проблеми і перспективи становлення та розвитку // Економіка України. – 2000.- №5. – С.67-73.
3. Вітлинський В.В., Верчено П.І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: Навч.-метод. Посібник для самост. вивч. диск. – К.: КНЕУ, 2000. – 292 с.
4. Вітлинський В.В., Наконечний С.І. Ризик у менеджменті. – К.: “Борисфен-М”, 1996. – 325 с.
5. Горбачовський А.Ф., Ореховський А.Г. Державне регулювання енергозбереження в капітальному будівництві // Будівництво України, - №3.-1995.- С. 6-12
6. Грачева М.В. Анализ проектных рисков: Учеб. пособ. – М.: ЗАО “Финстатинформ”, 1999. – 216 с.
7. Дубров А.М. и др. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособ. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 176 с.
8. В.В. Дубровський, Е.А. Урецкая, А.С. Багдасаров Утепление фасадов зданий – подходы и решения // Строительные материалы. – 2003. - №3. – С.8-10.
9. І. Н. Дудар, В.В. Швець Енергозбереження в будівництві, промисловості будівельних матеріалів і в житлово-комунальному секторі // Екологічний вісник.- №11-12.- 2002р. – С.12-13.
10. Жовтянський В. Енергозбереження –пріоритет в Україні // Ринок інсталяцій. – 2004.-№11. –С.7-8.
11. Закон України “Про енергозбереження” від 1 липня 1994р.
12. В.А. Лотов Перспективные теплоизоляционные материалы с жесткой структурой // Строительные материалы. – 2004. - №11. – С. 8-9.
13. Лялюк О.Г., Чухряєва О.Г. Шляхи удосконалення управління еколого-економічними проблемами // Матеріали регіональної науково-практичної конференції “Інноваційно-інвестиційна модель розвитку економіки Вінничини” Збірник статей – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – С.279-281
14. Ильяшенко С.Н. Метод экспертных оценок при выборе партнеров для делового сотрудничества // Экономика Украины.–1996.-№7.– С. 83-85.
15. Ильяшенко С.Н. Хозяйственный риск и методы его измерения: Учеб. пособ. – Сумы: ВВП «Мрія - 1» ЛТД, 1996. – 102с.
16. Кігель В.Р. Математичні методи прийняття рішень у ефективному підприємстві: Монографія. – К.: ІЕУГП, 1999. – 269 с.

17. Кухленко О.В. Будівельний комплекс України в умовах нової інвестиційної політики // Економіка України, № 12.-1996.-С.35-41.
18. Лапуста М.Г., Шаршукова Л.Г. Риск в предпринимательской деятельности. – М.: ИНФРА – М, 1996. – 224с.
19. Екологічний менеджмент: Навчальний посібник / За ред. В.Ф. Семенова, О.Л. Михайлюк. – Київ, Центр навчальної літератури, 2004. -407 с.
20. Лялюк О.Г., Ратушняк О.Г. Еколого-економічні аспекти будівництва України //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Збірник наукових праць. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004 – С.146-153.
21. Лялюк О.Г., Чухряєва О.Г. Шляхи удосконалення управління еколого-економічними проблемами // Матеріали регіональної науково-практичної конференції “Інноваційно-інвестиційна модель розвитку економіки Вінничини” Збірник статей – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – С.279-281
22. Маляренко В.А. Енерго- та ресурсозбереження при реформуванні житлово-комунального господарства України // Интегрированные технологии и энергосбережение, -№1.-2004.-С.3-8
23. Мацієвська О. Матеріали для термореновації будинків // Ринок інсталяцій.-2003.-№12.-С.11-13.
24. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002,-145с.
25. Мхтаренко Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве – К.: Наукова думка, 2000. – 420 с.
26. Меркушов В.Т. Методологія техніко-економічної оцінки проектів термореновації житлових будинків, які будуються. Автореф. дис. канд. техн. наук, ПДАБА. Дніпропетровськ, 2000.-20с.
27. Патент України №67492А, МПК 7 F24D12/00. Комбінована тепло-акумуляційна система опалення // Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г., Тхор Т.В. –203109048; Заявл.06.10.2003. Одерж.15.06.2004
28. Педан М.П., Рогожин П.С., Скурський Н.А. Управление экономикой строительства – К.: Вища школа, 1990. – 635 с.
29. Пономаренко О.І., Пономаренко В.О. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі: Навч. посіб. – Либідь, 1995. - 240с.
30. Пономарчук А.Ф., Ратушняк Г.С., Пономарчук І.А., Рябова І.Ю. Підвищення термічного опору зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель // Вісник ВПІ.-2001.-№1-С.8-10.
31. Прокопенко А.И., Вайнер В.Г., Галкин В.Л. Экономико-экологическое моделирование. – Харьков: АО «Бизнес-информ», 1997. – 357 с.

32. А.М. Протасевич, Л.С. Калинина Использование эффективных теплоизоляционных материалов при капитальном ремонте и реконструкции жилых зданий // Строительные материалы. – 2000г. - № 8. – с. 10-13
33. Разу М.Л., Воропаев В.И., Якутин Ю.В. Управление программами и проектами. –М., 1999. – 362 с.
34. Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г. Екологічні та економічні аспекти будівництва й експлуатації систем теплозабезпечення індивідуального житла. В зб.: “Індивідуальний житловий будинок” – Вінниця: Континент, 2001, С.129-131.
35. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004.-136с.
36. Г.С. Ратушняк, О.Г. Чухряєва Еколого-економічне обґрунтування вибору теплоізоляційних матеріалів для термореновації будівель // Вісник ВПШ. – №3. – 2005. – С.31-34.
37. Ратушняк О.Г. Ресурсозбереження як фактор екологічності в житловому будівництві // Тези студентських доповідей рекомендованих оргкомітетом ХХХІІІ науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області – Вінниця 2004 – С.240
38. Ресурсосбережение и экология / Ю.П. Лебединский и др. – К.: Политиздат Украины, 1990. - 221с.
39. Риски в современном бизнесе / Грабовий П.Г., Петрова С.Н., Полтавцев С.И. и др. – М.: Изд-во “Аланс”, 1994. – 200 с.
40. Росковшенко Ю.К., Степанов М.В. Мінімальний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій // Будівництво України. – 2005. - №2. – С. 41-44.
41. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети – Винниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999,-320с.
42. Ротштейн О. П., Штовба С.Д. Проектування нечітких баз знань. Лабораторний практикум та курсове проектування з дисципліни “Теорія нечітких множин та її застосування”. // Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 1999. – 63с.
43. Саати Т.Л. Взаимодействие в технических системах // Техническая кибернетика. – 1979. - №1.-С.68-84.
44. Г.Н. Савилов, Л.М. Омельченко, М.Б. Каплан «Теплый дом» - основные аспекты качества системы теплоизоляции // Строительные материалы. – 2003. - №4. – С.40-42.

45. Табунщиков Ю.А., Ковальов І.Н., Гегуєва О.О. Принципи економічної оцінки енергоефективного будинку // Ринок інсталяцій. – 2005.- №11. – С. 10-13
46. Тяг Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Дніпропетровська академія управління, бізнесу та права, 2000. –224 с.
47. Трегобчук В. Ресурсно-екологічна складова національної безпеки // Економіка України. – 1999. - №2. – С. 4-14.
48. Удовенко О.М., Педан М.П. Концепція трансформації будівельного комплексу в умовах ринкового перетворення економіки України // Будівництва України.-2002.-№2
49. Ушацький С.А., Поколенко В.О., Рубова О.І. Алгоритм розрахунку ефективності і ступеня ризику інвестиційних проектів // Зб. наук. праць. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Вип. 2. – К.:КДТУБА, 1997.–С.35-38.
50. М.Ш. Файнер Концепція та методи енергозбереження у будівництві (цемент, бетон, залізобетон) // Будівництво України.–2006.-№ 1.– С.4-10
51. Федоренко В.Г., Гойко А.В. Інвестознавство: Підручник. – К.: МАУП, 2000. – 408 с.
52. Хлобистов Є. Екологічна безпека і засади визначення ризику техногенних катастроф // Економіка України. – 2000. - № 6. – С.38-46.
53. Чернявський А.Д. Організаційне проектування. Навчальний посібник. – К.: МАУП, 2005. – 160 с.
54. Чернявський А.Д. Тенденції ринкової трансформації організаційних форм управління в будівельному комплексі України. Монографія. – К.: Оптима, 2003. – 326 с.
55. Чухряєва О.Г. Організаційно-технологічне забезпечення енергозбереження в житловому будівництві // Тези студентських доповідей рекомендованих оргкомітетом ХХХІV науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області – Вінниця, 2005 – С. 204
56. Чухряєва О.Г. Сучасні тенденції житлового будівництва в аспекті екологічності // Тези студентських доповідей рекомендованих оргкомітетом ХХХІV науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області – Вінниця, 2005 – С.203
57. Энергосбережению - государственное регулирование // Міське господарство України – 2000.-№2.-С.23-33

Навчальне видання

Георгій Сергійович Ратушняк
Ольга Георгіївна Ратушняк

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ШЛЯХОМ ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор Т.О. Старічек

Навчально-методичний відділ ВНТУ
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

