

6. Цюцюра С.В. Управління інноваційними проектами модернізації підприємств енергоємних галузей // Монографія К.: Науковий світ, 2007 – 225 с.
7. Том Норберт. Управление изменениями // Проблемы теории и практики управления. – № 1. – 1998.
8. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 336 с.
9. Волков К.В., Попов Е.В. Современный реинжиниринг // Менеджмент в России и за рубежом. – № 4. – 2002.
10. Лузин А., Ляпунов С. Новый подход к реструктурированию российских предприятий // Проблемы теории и практики управления. – № 2. – 2000.
11. Тарасов В. Богданова А. Технология и неоклассическая теория организации – предвестники эры реинжиниринга // Проблемы теории и практики управления. – № 4. – 1998.
12. Робсон М., Уллах Ф. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов / Пер. с англ. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997.
13. Зиндер Е. Реинжиниринг бизнес-процессов и автоматизация офиса // www.citfoRum.Ru.

Стаття надійшла до редакції 16.11.2007 р.

УДК 658.29

О.Г. Ратушняк

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКОГО РІШЕННЯ В ПРОЕКТАХ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Запропоновано методику інтелектуальної підтримки прийняття організаційно-управлінського рішення методом парних порівнянь при реалізації проектів термомодернізації будівель з врахуванням економічних, екологічних, теплофізичних параметрів теплоізоляційних матеріалів. Рис. 2, табл. 3, дж. 11.

Ключові слова: проекти термомодернізації, теплоізоляційні матеріали, попарне порівняння.

Постановка проблеми. Житлово-комунальним сектором економіки витрачається понад 25% паливно-енергетичних ресурсів. Основна частина цих ресурсів припадає на опалення будівель [1]. На сучасному етапі одним з ефективних напрямків проектного менеджменту з енергозбереження є впровадження проектів термомодернізації будівель. Резерв енергозбереження в проектах термомодернізації, а саме теплова ізоляція будівель та мереж складає 52,3% [2]. Теплоізоляційні матеріали для термомодернізації будівель характеризуються багатofакторністю теплофізичних, економічних й екологічних параметрів, які мають кількісні та якісні характеристики. При реалізації проектів термомодернізації будівель частіше всього процес прийняття управлінського рішення при розробці проектно-кошторисної документації ґрунтується на інтуїції та практичному досвіді менеджера проекту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [3-5] висвітлені проблеми розробки й обґрунтування теоретичних основ, математичних моделей, методів, засобів і алгоритмів управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації з використанням еколого-економічно доцільних теплоізоляційних матеріалів.

В роботах [6,7] при виборі теплоізоляційних матеріалів основна увага звертається на характеристики: теплопровідність, щільність, довговічність,

“Управління проектами та розвиток виробництва”, 2007, № 4(24)

67

паропроникність, міцність на стискування, морозостійкість, біо- і хімічна стійкість. Дані характеристики оцінюються окремо і менеджер проекту виходячи з своєї компетентності повинен приймати рішення щодо застосування того чи іншого матеріалу, що не завжди впливає на якість проекту термомодернізації будівлі.

Метою статті є розробка математичної моделі та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття організаційного рішення для реалізації проекту термомодернізації методом парних порівнянь з врахуванням кількісних та якісних характеристик теплоізоляційного матеріалу.

Основна частина дослідження. Для реалізації менеджером проекту термомодернізації будівлі необхідно здійснити маркетингову оцінку теплоізоляційних матеріалів на ринку згідно системної моделі (рис. 1). Для вибору оптимального теплоізоляційного матеріалу менеджером проекту застосуємо метод парних порівнянь. Метод парних порівнянь є базовим для запропонованих Сааті методів аналітичних ієрархічних процесів [8] і аналітичних сітьових процесів [9] підтримки прийняття управлінських рішень.

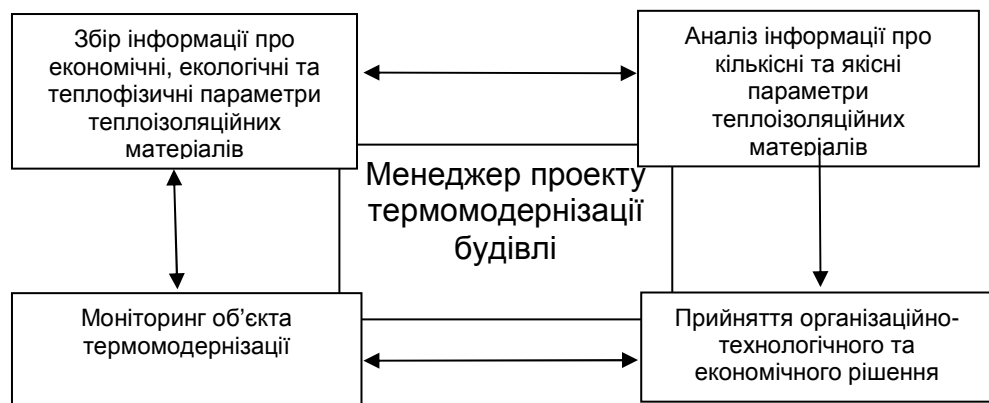


Рис.1. Системна модель маркетингу ринку матеріалів для термомодернізації будівель

Суть його полягає в наступному. Експерту проекту послідовно пред'являються пари альтернатив (X_i, X_j) і пропонують визначити ступінь d_{ij} переваги альтернативи X_i над альтернативою X_j відносно деякого якісного критерію еколого-економічно доцільного (ЕЕД) теплоізоляційного матеріалу. При цьому, якщо експерту була пред'явлена пара (X_i, X_j) і він визначив ступінь переваги d_{ij} , то пара (X_i, X_j) вже не пред'являється, а ступінь переваги d_{ij} визначається, виходячи з метризованого мультиплікативного відношення (1). Таким чином, за наявності n альтернатив експерт повинен виконати $n(n-1)/2$ порівнянь. Відзначимо, що співвідношення

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

є фундаментальним для методу Сааті визначення відносних вагів альтернатив.

Елементи $d_{ij}, i, j = (1, n)$, утворюють сверхтранзитну квадратну матрицю парних порівнянь D [10]. При цьому елемент d_{ij} можна трактувати як відношення вагів альтернатив X_i і X_j тобто w_i/w_j :

$$D = \begin{pmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & \dots & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & \dots & w_2 / w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & \dots & w_n / w_n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Якщо значення w_1, w_2, \dots, w_n невідомі, тоді парне порівняння здійснюється з використання суб'єктивних суджень експертів, чисельно оціненою за шкалою запропонованою в [11].

Проблема оцінки ЕЕД при прийнятті організаційно-управлінського рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівель представлена ієрархічно (рис. 2). Складається матриця для порівняння відносної важливості критеріїв економічних (X_{11} – вартість матеріалу, X_{12} – вартість робіт, X_{13} – трудомісткість робіт, X_{14} – довговічність, X_{15} – експлуатаційні витрати), екологічних (X_{21} – вогнетривкість, X_{22} – хімічна стійкість, X_{23} – біологічна стійкість, X_{24} – шкідливість), теплофізичних (X_{31} – теплопровідність, X_{32} – густина, X_{33} – паропроникність, X_{34} – гігроскопічність, X_{35} – морозостійкість, X_{36} – міцність на стискування, X_{37} – звукопоглинання) на другому рівні по відношенню до загальної мети на першому рівні (ЕЕД теплоізоляційного матеріалу). Подібні матриці повинні бути побудовані для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня [11].

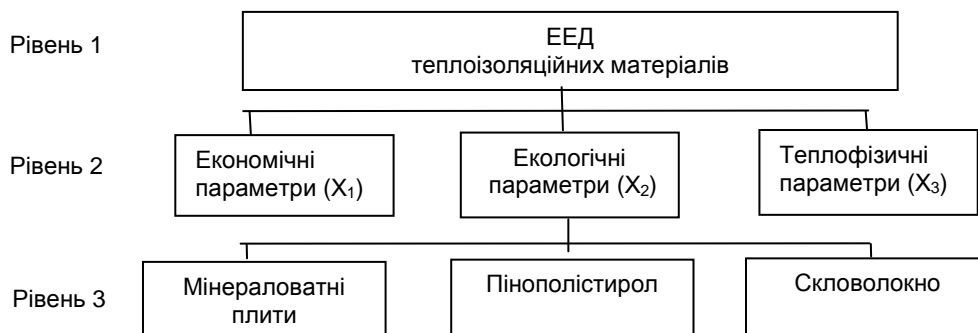


Рис.2. Ієрархічна модель прийняття рішення щодо вибору матеріалу

Для визначення ЕЕД теплоізоляційного матеріалу, який характеризується економічними, екологічними, теплофізичними параметрами, необхідно побудувати сімнадцять матриць, одна для другого рівня ієрархії (табл. 1) шістнадцять – для третього рівня (табл. 2).

В табл. 2 наведено парне порівняння можливих варіантів організаційно-управлінських рішень щодо вибору теплоізоляційного матеріалу для реалізації проектів термомодернізації будівель. Порівнюються, наскільки еколого-економічно доцільний теплоізоляційний матеріал для задоволення кожного критерію другого рівня. Отримано шістнадцять матриць суджень розмірністю 3x3, оскільки є 16 критеріїв на другому рівні і три теплоізоляційних матеріали, які досліджуються (А – мінераловатні плити, Б – пінополістирол, В - скловолокно), які парно порівнюються по кожному з критеріїв.

З групи матриць парних порівнянь формується набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив елементів ($X_{11} \dots X_{37}$) на елемент, який примикає до верхнього рівня. Знаходимо цінність кожного окремого об'єкту через „рішення”

матриць. Для цього необхідно визначити власні вектори для кожної матриці, а потім нормалізувати результат до одиниці, отримуючи цим сам вектор пріоритетів.

Таблиця 1

ЕЕД теплоізоляційного матеріалу: матриця парних порівнянь для рівня 2

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

Таблиця 2

ЕЕД теплоізоляційного матеріалу: матриця парних порівнянь для рівня 3

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

Для отримання векторів пріоритетів необхідно зробити оцінку компонентів власного вектора по строкам [11], яка здійснюється для першого рядка матриці за наступною формулою 3

$$\sqrt[n]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \dots \times \frac{w_1}{w_n}} = m_1. \quad (3)$$

Далі знаходимо вектор пріоритету для першого рядка матриці [11] за формулою 4

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = x_1. \quad (4)$$

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

В [8,9] пропонується в якості множини відносних вагів альтернатив використовуються компоненти власного вектора, відповідаючи максимальному характеристичному числу λ_{\max} . Для неузгодженої матриці завжди $\lambda_{\max} \geq n$, Сааті запропонував в якості показника ступеня узгодженості елементів матриці D використовувати величину індексу узгодженості (consistency index - CI)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / n - 1. \quad (5)$$

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

$$CR = CI / CIS, \quad (6)$$

де CIS – середнє значення CR, які обчислені для великої кількості випадковим чином матриць парних порівнянь, що згенеровані у фундаментальній шкалі [11]. Рекомендується результуючий вектор щодо вагів вважати прийнятним, якщо CR рівне 0,10 (але не перевищує 0,20).

Для матриці ЕЕД теплоізоляційних матеріалів другого рівня вектор пріоритетів складає: $X_{11}=0,2$; $X_{12}=0,02$; $X_{13}=0,02$; $X_{14}=0,08$; $X_{15}=0,0005$; $X_{21}=0,06$; $X_{22}=0,06$; $X_{23}=0,03$; $X_{24}=0,1$; $X_{31}=0,19$; $X_{32}=0,04$; $X_{33}=0,06$; $X_{34}=0,04$; $X_{36}=0,02$; $X_{37}=0,05$ та $\lambda_{\max} = 21,9$, індекс узгодженості $CI=0,39$, відношення узгодженості $CR=0,20$, що задовольняє вимогам. Для матриці третього рівня ці показники наведено в табл. 3.

Таблиця 3

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

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

Наступним етапом попарних порівнянь є застосування принципу синтезу. Для виявлення складових, або глобальних, пріоритетів теплоізоляційних матеріалів в матриці локальні пріоритети розташовуються по відношенню до кожного критерію, кожний стовпчик векторів множиться на пріоритет відповідного критерію і результат сумується уздовж кожного рядка. Отримані глобальні пріоритети для теплоізоляційних матеріалів складають: мінераловатні плити (А) – 0,44; пінополістирол (Б) – 0,40; скловолокно (В) – 0,15. Мінераловатні плити отримали найвищу оцінку за глобальними пріоритетами і тому можна їх вважати найбільш еколого-економічно доцільним матеріалом для реалізації проектів термомодернізації будівель.

Висновки. Ґрунтуючись на теоретичних засадах методів ієрархічних процесів та аналітичних сітьових процесів запропонована математична модель підтримки прийняття управлінського рішення менеджером проекту термомодернізації будівель.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Саджениця В. Энергозбереження в житлово-комунальному господарстві України // Ринок інсталяцій. – 2005. – №4. – С. 22-23.
2. Украина: Энергосбережение в зданиях. ЕС – Energy Center Kiev, Ukraine 27/6 Institutska Str., Office 45, Kiev – 21, Ukraine – 241 с.
3. Управление проектами: Основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева (National Competence Baseline, NCB UA Version 3.0). – К.: ІРІДУМ, 2006. – 208 с.
4. Бушуев С.Д., Морозов В.В. Динамічне лідерство в управлінні проектами: Монографія / Українська асоціація управління проектами. – 2-е вид. – К., 2000. – 312 с. – Рос. мовою.
5. Пономаренко Л.А., Цюцюра С.В. Стратегія управління проектами енергозбереження та реінжинірингу енергосмних виробництв промисловості // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури: 36. наук. праць. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 14. – С. 40 – 44.
6. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В., Овчаренко Е.Г. О технических требованиях к волокнистым теплоизоляционным материалам в строительстве // Энергосбережение. – 2002. – №1.
7. Монастырев П.В. Физико-технические и конструктивно- технологические основы термомодернизации ограждающих конструкций жилых зданий: Дис. ... доктора тех. наук: 05.23.01; – Тамбов, 2005. – С. 85-90.
8. Saaty T.L. Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process. – N.Y.:McGrawHill, 1990.
9. Saaty T.L. The Analytic Network Process. – Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
10. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – Киев: Наукова думка, 2002. – 381 с.
11. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация системы: Пер. с англ – М. Радио и связь, 1991. – 224 с.

Стаття надійшла до редакції 22.11.2007 р.