

“Допущено до захисту”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
“ ____ ” _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти
на тему:
«Розроблення багатокритеріальних моделей
управління енерговикористанням навчальних
закладів в умовах функціонування системи
енергетичного моніторингу
Development of multicriteria models of energy
management of educational institutions in the
conditions of functioning of energy monitoring system»

Виконав здобувач вищої освіти
VI курсу групи ЕНМ-20М
ОПП «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Трофіменко М. А.
« ____ » _____ 2021 р.

Керівник роботи
к.т.н., доцент
_____ Катерина ПЕТРОВА
« ____ » _____ 2021 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет автоматики та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Петро ПЛЄШКОВ

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Трофіменка Максима Андрійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розроблення багатокритеріальних моделей управління енерго-
використанням навчальних закладів в умовах функціонування системи
енергетичного моніторингу

Development of multicriteria models of energy management of educational institutions
in the conditions of functioning of energy monitoring system

2. Керівник роботи Петрова Катерина Григорівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.12.2021 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є підвищення рівня ефективності
енерговикористання навчальних закладів за рахунок удосконалення багатокритеріальних
моделей управління енерговикористанням в умовах функціонування системи енергетичного
моніторингу. Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто наступні завдання:

1) проведення аналізу проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності бюджетних
закладів освіти; 2) розглянуто основні методи та моделі оцінювання рівня їх енергоефективності
, перевірено достовірність інформації бази даних оцінювання рівня енергоефективності,
виявлено анамальні дані та проаналізовано їх вплив на кінцевий результат; 3) розроблено
багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів із застосування
правил Борда, Кондорсе, Копеланда, виконано порівняльний аналіз їх результатів;

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н, доц. кафедри економіки підприємств Журило І.В.		
Охорона праці	к.т.н., доц. кафедри "ЕТС та ЕМ" Савеленко І.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналіз проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності бюджетних закладів освіти	20.09.21	
2	Методи та моделі оцінювання рівня енергоефективності навчальних закладів	04.10.21	
3	Розроблення багатокритеріальних моделей управління енерговикористанням навчальних закладів	18.10.21	
4	Управління розподілом енерго-економічних ресурсів під час вибору проєктів з енергоощадження для навчальних закладів	01.11.21	
5	Економічна ефективність впровадження системи управління енерговикористанням навчальних закладів	15.11.21	
6	Охорона праці	22.11.21	
7	Висновки. Оформлення списку використаних джерел	25.11.21	
8	Оформлення презентаційної частини КР	30.11.21	

Дата видачі завдання
«___» _____ 2021 р.

Підпис керівника _____

Петрова К. Г.

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2021 р.

Підпис здобувача _____

Трофіменко М. А.

АНОТАЦІЯ

Трофіменко М. А. Розроблення багатокритеріальних моделей управління енерговикористанням навчальних закладів в умовах функціонування системи енергетичного моніторингу.

Кваліфікаційна робота за другим (магістерським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" освітньої програми «Енергетичний менеджмент». – Центральноукраїнський національний технічний університет; Кропивницький, 2021 р.

Метою роботи є підвищення рівня ефективності енерговикористання навчальних закладів за рахунок удосконалення багатокритеріальних моделей управління енерговикористанням в умовах функціонування системи енергетичного моніторингу

Проаналізовано проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності бюджетних закладів освіти, розглянуто основні методи та моделі оцінювання рівня їх енергоефективності, перевірено достовірність інформації бази даних оцінювання рівня енергоефективності, виявлено анамальні дані та проаналізовано їх вплив на кінцевий результат. Розроблено багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів із застосуванням правил Борда, Кондорсе, Копеланда, виконано порівняльний аналіз їх результатів. Удосконалено методику оптимального управління розподілом енерго-економічних ресурсів під час вибору енергоощадних проєктів бюджетних закладів освіти.

Результати досліджень можуть бути використані органами місцевої влади під час розподілу фінансових ресурсів та вибору енергоощадних проєктів для бюджетних закладів освіти.

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ, ЕНЕРГООЩАДНІ
ПРОЄКТИ, БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ, СИСТЕМА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ABSTRACT

Trofimenko M. A. Development of multicriteria models of energy management of educational institutions in the conditions of functioning of energy monitoring system.

Qualification thesis second (master's) level of higher education on speciality 141 "Electrical Energetics, Electrical Engineering and Electromechanics" professional program "Energy management". – Central Ukrainian National Technical University; Kropyvnytskyi, 2021.

The purpose of the work is to increase the level of energy efficiency of educational institutions by improving multi-criteria models of energy management in the functioning of the energy monitoring system.

The problems of increasing the level of energy efficiency of budgetary educational institutions are analyzed, the main methods and models of assessing the level of their energy efficiency are considered, the reliability of the energy efficiency assessment database is checked, anomalous data are revealed and their impact on the final result is analyzed. Multi-criteria models of energy management of primary institutions with the application of the rules of the Board, Condorcet, Copeland, a comparative analysis of their results. The method of optimal management of distribution of energy and economic resources during the selection of energy saving projects of budgetary educational institutions has been improved.

The results of the research can be used by local authorities in the allocation of financial resources and the selection of energy-saving projects for budgetary educational institutions.

ENERGY USE MANAGEMENT, ENERGY SAVING PROJECT,
MULTICRITERIAL MODEL, ENERGY MONITORING SYSTEM

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БЮДЖЕТНИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ.....	10
1.1. Проблема енергоощадження та нераціонального використання енергетичних ресурсів в бюджетних закладах	10
1.2. Огляд задач управління енерговикористанням навчальних закладів.....	21
1.3. Енергетичний моніторинг у системі управління енерговикористанням навчальних закладів.....	28
Висновки до розділу 1	32
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	33
2.1. Вибір характеристичних показників для управління енерговикористанням навчальних закладів.....	33
2.2. Математичне формулювання задачі виявлення аномальних даних	43
Висновки до розділу 2.....	51
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ.....	53
3.1. Рейтингове оцінювання та ранжування ефективності енерговикористання в навчальних закладах.....	53
3.2. Багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів	54
Висновки до розділу 3.....	63
РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС ВИБОРУ ПРОЄКТІВ З ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ.....	65
4.1. Концептуальні механізми створення та проектування моделі системи енергетичного моніторингу вибору проєктів з енергоощадження для навчальних закладів	65

4.2. Енергетичний моніторинг в умовах невизначеності вихідної енерго- економічної інформації від навчальних закладів	76
Висновки до розділу 4.....	83
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ.....	85
5.1. Визначення додаткових капіталовкладень.....	85
5.2. Визначення річних експлуатаційних витрат	86
5.3. Визначення економічної ефективності	88
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	90
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
ДОДАТКИ	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГВП	- гаряче водопостачання
ДНЗ	- дошкільний навчальний заклад
ЕОМ	- електронно-обчислювальна машина
ЕСКО	- енергосервісна компанія
ЗОШ	- загальноосвітня школа
НЗ	- навчальний заклад
ПЕР	- паливно-енергетичні ресурси
СЕМ	- система енергетичного моніторингу
СЦТ	- система централізованого теплопостачання
ТНМ	- теорія нечітких множин

ВСТУП

Актуальність теми. Останнім часом все більшої актуальності набуває проблема підвищення рівня енергоефективності бюджетних закладів освіти. Це обумовлено зменшенням розмірів фінансування та критичним станом будівель бюджетних закладів освіти. В той же час, існуючий стан будівель не дозволяє залишити проблему без уваги, адже вкрай зношені інженерні мережі, незадовільний стан огорожувальних конструкцій, порушення санітарно-гігієнічних вимог до приміщень будівель навчальних закладів вимагають нагального вирішення.

Ефективність використання енергетичних ресурсів в Україні набагато нижче за середні показники у країнах з аналогічними кліматичними умовами. Наприклад, значення питомого споживання теплової енергії в декілька разів перевищує ідентичні показники країн Західної Європи [6, 7]. Перманентне зростання цін на паливно-енергетичні ресурси у світі та відповідно і в Україні, морально застарілі інженерні мережі, невідповідність технічного стану огорожувальних конструкцій діючим нормам є головною проблемою, котра призвела до сучасного стану у сфері комунальної теплоенергетики. Одними з найбільших бюджетних споживачів теплової енергії є навчальні заклади, зокрема: заклади дошкільної освіти, загальноосвітні та позашкільні навчальні заклади. Наприклад, технічний потенціал енергоощадження в інженерних системах опалення НЗ становить близько 80 %, за оцінками потенціалу, що ґрунтуються на основі показників енергоефективності нових будівель бюджетних фонду які будують з використанням нових норм до теплової ізоляції в Україні [7].

Вже давно доведено, що впровадження енергоощадних технологій для будівель бюджетної сфери загалом в 4-5 разів економічно доцільніше, ніж вироблення еквівалентної кількості нової енергії [8, 8]. Значна кількість публікацій за даною тематикою окреслила багато важливих проблем, однак залишила невисвітленими питання обґрунтування енергоощадної стратегії, розроблення методів та моделей системи енерговикористання в умовах

комплексного підходу. Крім того, питання управління енерговикористанням у навчальних закладах є комплексним і потребує не лише технічних, а й адміністративно-організаційних рішень. Актуальними завданнями залишаються питання розроблення багатокритеріальних методів і моделей управління енерговикористанням навчальних закладів та розробленні нових наукових підходів до їх впровадження на місцевому рівні.

Метою роботи є підвищення рівня ефективності використання енергетичних ресурсів будівлями навчальних закладів за рахунок удосконалення багатокритеріальних моделей управління енерговикористанням в умовах функціонування системи енергетичного моніторингу.

Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто наступні завдання:

- проведення аналізу проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності бюджетних закладів освіти;
- розглянути основні методи та моделі оцінювання рівня їх енергоефективності, перевірити достовірність інформації бази даних оцінювання рівня енергоефективності, виявити анамальні дані та проаналізувати їх вплив на кінцевий результат;
- розробити багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів із застосуванням правил Борда, Кондорсе, Копеланда, виконати порівняльний аналіз їх результатів;
- удосконалити методику оптимального управління розподілом енерго-економічних ресурсів під час вибору енергоощадних проєктів бюджетних закладів освіти.

Об'єктом дослідження є процеси прийняття рішень щодо управління енерговикористанням навчальних закладів.

Предметом дослідження є багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів.

Результати досліджень можуть бути використані органами місцевої влади під час розподілу фінансових ресурсів та вибору енергоощадних проєктів для бюджетних закладів освіти.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БЮДЖЕТНИХ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

1.1. Проблема енергоощадження та нераціонального використання енергетичних ресурсів в бюджетних закладах

Проблема енергоощадження та ефективного енерговикористання є вкрай актуальною для будівель бюджетних закладів, споживання котрих сягає до 30% від всієї спожитої теплової енергії. Такий стан обумовлений відсутністю системного та достатнього фінансування для реалізації енергоощадних проєктів, хаотичним їх впровадженням та надзвичайно нераціональним використанням теплової енергії. Однак, неабияке соціальне значення таких об'єктів вимагає першочергової уваги. Останнім часом будівництво нових закладів освіти майже призупинено, особливо в регіонах (зокрема, в Кіровоградському), а отже основні зусилля доцільно спрямувати на оснащення та термомодернізацію вже існуючих закладів освіти [19].

Сфера підпорядкування бюджетних закладів – це управління освіти і науки, охорони здоров'я, культури й туризму тощо. Переважаюча більшість будівель бюджетної сфери побудована ще у 60-80-х роках минулого століття безпосередньо під розміщення закладів такого типу (згідно типових проєктів).

До основних недоліків таких будівель належать:

- низький термічний опір огорожувальних конструкцій (інколи в 5-6 разів менше, ніж нормативне значення);
- значні коефіцієнти скління, особливо у будівлях спортивного напрямку (іноді може сягати до 70%);
- відсутність вентиляції або її неробочий стан тощо.

До основних проблем закладів бюджетної сфери з позиції енергоощадності належать:

- розташування радіаторів в нішах та наявність декоративних ґрат, що перешкоджає конвекційному теплообміну повітря;

- ускладнена циркуляції теплоносія внаслідок забруднення елементів системи опалення та повітряних корків;
- відсутність вентиляції або її неробочий стан;
- хаотичне використання індивідуальних електрообігрівачів;
- відсутність (або недостатній рівень) теплоізоляції огорожувальних конструкцій;
- використання світлопрозорих конструкцій та зовнішніх дверей, термічний опір яких не відповідає нормативному тощо.

Незадовільний стан будівель, зношеність інженерних систем та обладнання, невідповідність санітарно-гігієнічним нормам – це головні фактори, що впливають на перманентне зростання споживання теплової енергії. В той же час, навіть надмірне споживання теплової енергії не в змозі забезпечити санітарно-гігієнічні вимоги та комфортне перебування в приміщеннях будівель.

Розглянемо структуру споживання галузями бюджетної сфери теплової енергії на прикладі м. Кропивницький (тис. Гкал) у 2020 році (рис. 1.1) [21].

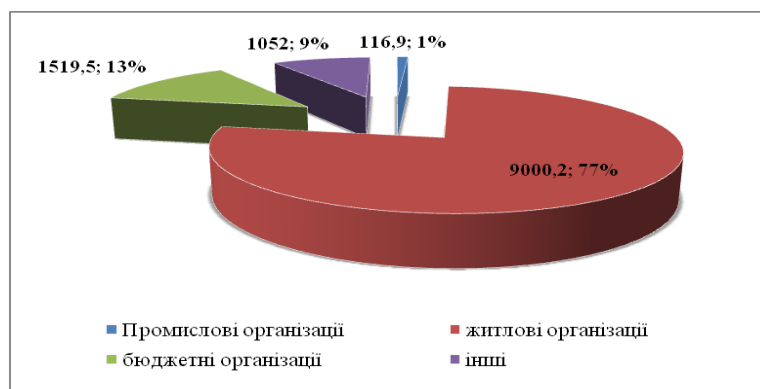


Рис. 1.1. Структура споживання теплової енергії за 2020 р. (тис. Гкал)

Одним з найпоширеніших типів громадських будівель є будівлі загальноосвітніх шкіл (ЗОШ), потреби на опалення котрих становлять близько 75–85 % енергоспоживання. Кошти, витрачені на оплату потреб тепlopостачання становлять близько 11,5 %, оплати газу – 2% загальної суми виконання бюджету по освіті. Водночас, необхідно наголосити, що

забезпечення здорового психо-фізичного середовища, дотримання санітарно-гігієнічних, зокрема, температурних вимог для приміщень навчальних закладів надзвичайно важливі для збереження здоров'я дітлахів.

Відповідно до вимог ДБН В 2.6.-31:2016 для будівель навчальних закладів повинні бути виконані наступні умови, зокрема:

- нормативні мінімально допустимі значення термічного опору огорожуючих конструкцій житлових та громадських будівель І температурної зони наведено в табл.1.1;

- допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції ΔT_{cr} , °C наведена в табл. 1.2;

- нормативна максимальна питома енергопотреба $E_{P_{max}}$ для будівель НЗ становить: [28] кВт·год/м²; дитячих навчальних закладів становить: [48] кВт·год/м².

Таблиця 1.1. Значення термічного опору огорожуючих конструкцій будівлі (І температурна зона) [1]

№ з/п	Вид огорожуючої конструкції	Нормативні мінімально допустимі значення термічного опору $R_{q min}$, м ² К/Вт	Джерело
1	Стіни зовнішні	3,3	ДБН В.2.6-31:2016, табл. 3
2	Суміщені покриття	6,0	
3	Покриття опалювальних горищ та горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	
3	Вікна	0,75	
4	Зовнішні двері	0,6	
5	Перекриття над неопалювальними підвалами	3,75	

Аналізування навчальних закладів за ключовими характеристиками наведено у вигляді табл. 1.3. Серед яких, основними є: загальна опалювальна площа, режим його роботи, кількість персоналу та вихованців, підтримання

нормативних показників з опалення, зношеність будівель та кількісна їх складова, що ідентифікують ці організації бюджетної сфери як пріоритетні для поглибленого та комплексного оцінювання та аналізу з метою управління їх енерговикористанням.

Таблиця 1.2. Різниця між значенням температури внутрішнього повітря приміщень та зведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\Delta T_{\text{сг}}$, °C [1]

Призначення будівлі	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни	Покриття та перекриття горищ	Перекриття над прїздами та підвалами
Навчальні заклади	4,0	3,0	2,0

Аналізування навчальних закладів за ключовими характеристиками наведено у вигляді табл. 1.3. Серед яких, основними є: загальна опалювальна площа, режим його роботи, кількість персоналу та вихованців, підтримання нормативних показників з опалення, зношеність будівель та кількісна їх складова, що ідентифікують ці організації бюджетної сфери як пріоритетні для поглибленого та комплексного оцінювання та аналізу з метою управління їх енерговикористанням.

На регіональному і муніципальному рівнях одними з найбільших споживачів теплової енергії бюджетної сфери є заклади охорони здоров'я та навчальні заклади (рис.1.2). А отже, магістерська робота присвячена безпосередньо розгляду підвищення рівня енергоефективності будівель навчальних закладів.

Станом на вересень 2021 року, за інформацією Департаменту освіти і науки Кіровоградської облдержадміністрації, безпосередньо в м. Кропивницький розташовано 936 навчальних закладів: закладів професійної (професійно-технічної) освіти Кіровоградської області - 24 (з них у м. Кропивницький - 8); закладів вищої та фахової передвищої освіти

Кіровоградської області 29 (з них у м. Кропивницький - 20); заклади дошкільної освіти – 475 (з них у м. Кропивницький - 67); закладів загальної середньої освіти - 408 (з них у м. Кропивницький - 52).

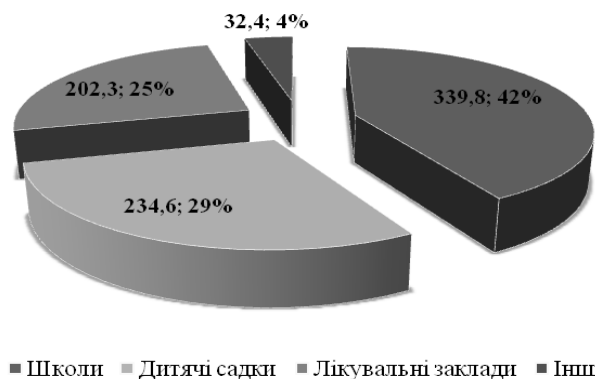


Рис. 1.2. Розподіл за об'ємом споживання теплової енергії установами бюджетної сфери в м. Khjgbdybwmrbq за 2020 р. (тис. Гкал)

Таблиця 1.3. Згрупований перелік впливових факторів

Групи факторів	Впливові фактори
Технічні	Загальна площа Опалювальна площа Загальний об'єм Товщина стін Структура стін (цегла червона, селікатна) Рік побудови Поверховість будівлі Загальна площа скління
Експлуатаційні	Режим роботи Технічний стан будівель Тривалість опалювального періоду Кількість будівель (місто, селище тощо) Місткість, кількість створених робочих місць (викладачі, учні)
Санітарно-гігієнічні	Опалення будівлі
Енергетичні	Об'єми енерговикористання Питома тепла потужність опалення Річне енергоспоживання (теплова енергія)

Аналізування енергоспоживання організацій бюджетної сфери за

результатами енергетичного обстеження навчальних закладів підтверджує переважання використання теплової енергії у загальній структурі енергоспоживання. Приклад розподілу енергоспоживання для 4-ох навчальних закладів м. Кропивницький наведено у табл. 1.4.

Частка теплової енергії на опалення становить близько 90-95%, на гаряче водопостачання (ГВП) орієнтовно складає 5-10%.

Таблиця 1.4. Структура енергоспоживання НЗ м. Кропивницький

Енергоспоживання на об'єкті	I	II	III	IV
Централізоване опалення та ГВП (кВт·год/рік)	628528	1034438	451 354	1076985
	90,56%	93,28%	96,24%	94,94%
Електрична енергія (кВт·год/рік)	65509	74539	17651	57374
	9,44%	6,72%	3,76%	5,06%
Загальне питоме споживання (кВт·год/м ² рік)	221,08	153,0	136,63	164

Такий розподіл притаманний як середнім навчальним закладам, так й дошкільним установам позашкільних навчальних закладів.

В той же час, електроспоживанню характерна розгалуженіша структура. У дошкільних навчальних закладів основне електроспоживання притаманне електротермічному устаткуванню харчоблоків. Освітлення становить набагато менше до 10-15% від загального електроспоживання. Середнім навчальних закладам притаманна п'ятиелементна структура споживання: освітлення становить приблизно 50-60% від загального електроспоживання, побутове нагрівальне обладнання споживає близько 20-30%, персональні комп'ютери, багатофункціональні пристрої та лабораторне устаткування до 20%.

За результатами аналізування об'ємів енергоспоживання теплової та електричної енергії одного з навчальних закладів м. Кропивницький – НВО №16 (рис 1.3. та рис 1.4.) підтверджує левову частку у споживанні тепловою енергією.

Технічний потенціал енергоощадження у інженерних системах будівель бюджетної сфери становить близько 50 %, а в системах опалення освітніх установ – 80 %, виходячи з оцінювання потенціалу, що отримані на основі показників рівня енергоефективності нових будівель бюджетного фонду, зведених із дотриманням мінімальних вимог до теплової ізоляції в Україні. Вочевидь, таких будівель незначна частка, наприклад, деякі навчальні заклади, побудовані після 2000 року відповідають вимогам, оскільки в цей період вже почали діяти вимоги до термічного захисту будівель [4].

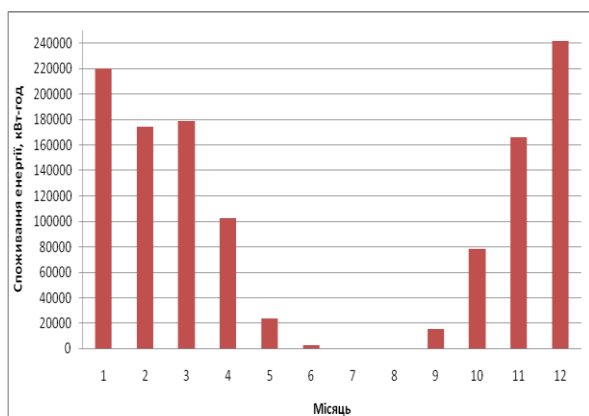


Рис 1.3. Річне споживання
теплової енергії НЗ

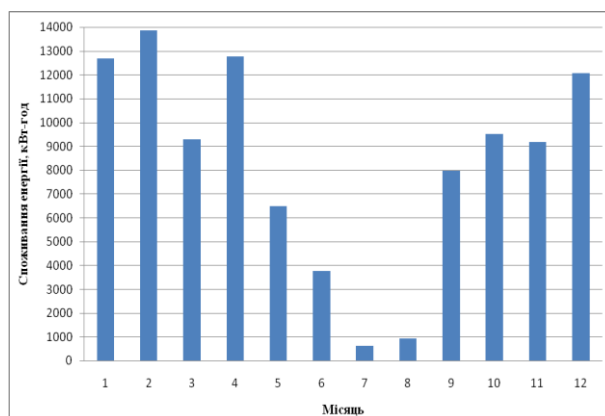


Рис 1.4. Річне споживання
електричної енергії НЗ

Низький рівень енергоефективності переважної більшості будівель обумовлений застарілими технічними нормами, правилами та стандартами, які діяли на час їх будівництва. В той же час перманентне зростання світових цін на енергоресурси, величезні показники втрат в розподільчих мережах систем теплопостачання та низький рівень енергетичної ефективності безумовно провокують соціальну напругу.

Впровадження обов'язкового обліку та контролю споживання теплової енергії, створення механізмів підвищення рівня енергоефективності та управління теплоспоживанням, разом з механізмами фінансування і стандартами енергоефективності, сертифікацією та впровадженням нових будівельних норм та правил з метою їх отримання у теплопостачанні за найменшою вартістю є стратегічним завданням для попередження

катастрофічної ситуації у сфері ефективності енерговикористання бюджетною сферою, зокрема навчальним закладами.

За результатами, оприлюдненими Міністерством будівництва та архітектури та житлово-комунального господарства України: під час виробництва, передавання, розподілу та кінцевого споживання даремно витрачено до 60 % теплової енергії [5]. В той же час, значною проблемою є відсутність достовірних даних зі значеннями споживання теплової енергії по об'єктах. Оскільки існуюча інформація щодо нормативного споживання не є достатньо коректною. Наявність наукового обґрунтування потреб споживачів у тепловій енергії та розроблення точних математичних моделей енергоспоживання дозволять значно спростити і оптимізувати процеси проектування, розроблення та удосконалення систем теплопостачання і в той же час будуть дієвим підґрунтям для планування інвестицій у сфері енергоощадження.

За результатами оцінки [5] потенціал енергоефективності в будівлях становить 20–50 %. Орієнтуючись на досвід Польщі, Фінляндії та інших країн 30 % енергоощадження в будівлях є реально досяжним за достатньо низьких фінансових витрат. На думку багатьох фахівців [5, 6], енергоощадні технології в 4-5 разів економічно привабливіші, ніж вироблення еквівалентної кількості енергії.

В часи системної кризи у сфері комунальної енергетики, відсутності державного фінансування та неналежних стратегічних цілей розвитку у сфері енергоощадження місцевих управлінських структур нагальним є розроблення комплексних енергоощадних заходів та впровадження системного підходу до розв'язку проблем енергоефективності та управління енерговикористанням у навчальних закладах. Існує об'єктивна необхідність у розробленні наукового підґрунтя – методів та моделей системи енерговикористання в умовах комплексного підходу на регіональному рівні в навчальних закладах, організації та моніторингу енергоощадження, теоретичного обґрунтування й реалізації енергозберігаючих проєктів.

Необхідність управління енерговикористанням навчальних закладів на регіональному рівні визначає актуальність проведення досліджень та розроблення ряду рекомендацій за цією тематикою. Зокрема, потребують комплексного аналізування показники, що дозволять здійснити оцінювання енерговикористання в навчальних закладах. Адекватного обґрунтованого розподілу і перерозподілу енергоекономічних ресурсів, застосування комплексного підходу та диференційованого вибору енергоощадних проєктів з метою підвищення рівня енергоефективності в будівлях навчальних закладах.

До основних технічних проєктів з підвищення рівня енергетичної ефективності, зменшення теплоспоживання у будівлях навчальних закладів належать: утеплення підвалів, дахових перекриттів, заміна вікон, теплоізоляція зовнішніх стін, встановлення тепловідбивних екранів за радіаторами, утеплення труб та відновлення рециркуляції в системі ГВП, промивання системи опалювання будівлі навчального закладу, косметичний ремонт теплових пунктів, встановлення приладів обліку, термостатів, заміна елеваторних вузлів на схеми з насосом та системою регулювання тощо [30].

Основні фактори, які стоять на заваді інтенсифікації впровадження енергоощадних проєктів в навчальних закладах поділяють на:

- фінансово-економічні;
- економічно-правові;
- техніко-економічні.

Фінансово-економічні перепони у сфері енергоефективності в навчальних закладах, пов'язані з недостатністю фінансування та недоцільністю умов впровадження енергоефективності з боку держави. Реалізація можливостей енергоощадження в навчальних закладах гальмується відсутністю дієвого економічного механізму стимулювання інвестування, розроблення та впровадження енергозберігаючих проєктів, особливо на регіональному та місцевому рівнях. Відсутністю системного підходу до проблем управління енерговикористанням та оцінки потенціалу енергоощадження в цілому.

Фінансування громадських будівель, як правило, обмежене та виділяється

переважно лише на поточні експлуатаційні витрати (на опалення, водопостачання, каналізацію та електроенергію). Керівники даних громадських будівель (дитячих садків, шкіл, лікарень тощо) не мають стимулів до економії енергоресурсів. Проблема полягає не у відсутності технічних рішень, а тому що немає мотивації та відсутня зацікавленість у реалізації проєктів з енергоощадження.

Економічно-правові перепони полягають у відсутності належного державного регулювання питань енергоефективності та енергоощадження в цілому у бюджетній сфері.

Для умов України, фінансування державою сфери енергоощадження можливе шляхом цільового виділення коштів з державного бюджету та формування спеціальних фондів енергоощадження. Причина відсутності зацікавленості сферою енергоощадження знаходиться в площині бюджетного законодавств. Розрахунок об'єму грошових коштів на оплату енергоресурсів здійснюється на основі нормативного об'єму енергоспоживання для конкретної бюджетної установи і тарифів, що діють (планованих), на теплову енергію.

Нормативи енергоспоживання для конкретної бюджетної установи розраховують, у тому числі, і на підставі даних щодо її фактичного енергоспоживання за попередні періоди. Відповідно, якщо бюджетною установою скорочене енергоспоживання енергоресурсів в результаті впровадження проєктів з енергоощадження, то в ході розрахунку об'єму фінансування енергоспоживання на планований період нормативи енергоспоживання будуть скорочені, відповідно об'єм фінансування витрат на енергоспоживання зменшиться. Оскільки в чинному законодавстві у сфері енергоощадження існує ряд пропусків, зокрема в бюджетному секторі, необхідно відзначити, що впровадження проєктів з енергоощадження в бюджетних установах і організаціях фінансується за рахунок засобів відповідного місцевого бюджету. Окремих видів договорів, що мають на меті скорочення фінансування з бюджету з одночасним забезпеченням якісного виконання робіт і (або) надання послуг у сфері енергоощадження законодавцем

не встановлене.

Проблема енергоощадження для бюджетних організацій та особливо для навчальних закладів на перший погляд є технічною, проте практика вибору проєктів з енергоощадження показує, що вона є техніко-економічною.

Техніко-економічні перепони, пов'язані з відсутністю усесторонньої зацікавленості усіх суб'єктів процесу підвищення енергоефективності в навчальних закладах. Розв'язок проблеми енергоощадження для бюджетних навчальних закладів вимагає поєднання економічного стимулювання, впровадження організаційно-адміністративних важелів, оснащення будівель засобами обліку та контролю витрати енергетичних носіїв.

В часи обмежених місцевих бюджетів влада впроваджує заходи для зменшення витрат енергоресурсів бюджетними установами і організаціями, встановлюючи обмеження на споживання енергетичних ресурсів. Однак лише розрахунки на основі сучасних норм питомих показників енергоспоживання об'єктів дозволяють достовірно встановити граничні значення лімітів енергоспоживання.

Договори, що діють в даний час, на теплопостачання відображають відповідальність організації-постачальника теплової енергії за якість теплової енергії, що подається абонентові. Облік тепла ведеться односторонньо організацією-постачальником без узгодження із споживачем. Такі договори не стимулюють до проведення та реалізації проєктів з енергоощадження.

З 01 липня 2019 року введено обов'язкову сертифікація енергетичної ефективності будівель. Тобто, за результатами складання енергетичного сертифікату, будівлі присвоюють певний клас енергетичної ефективності (від «А» до «G»).

Для управління системою ефективного енерговикористання необхідне оптимальне узгодження цілей її підсистем. До теперішнього часу системний і комплексний підхід реалізації основних завдань енергоощадження не використовувався, що багато в чому пов'язане з відсутністю засобів.

Успішне вирішення проблеми стимулювання проєктів з

енергоощадження неможливе без залучення державних органів і координації дій з реалізації енергоефективних проєктів на всіх етапах і рівнях, використання комбінованого підходу до енергозабезпечення [3].

Перспективи подальшого дослідження вбачаються у розробці нових та удосконалення існуючих моделей, управління енерговикористанням, методик вибору проєктів у сфері енергоефективності.

Управління енерговикористанням (на прикладі навчальних закладів) можливе лише за умов структурованого, комплексного підходу до оцінювання стану енергоощадження. Аналіз вихідної енерго-економічної інформації повинен враховувати таку складову як оцінювання інформації на достовірність даних які поступають з певним часовим проміжком. Комплексного підходу до питання аналізу рівня ефективності використання енергетичних ресурсів в будівлях НЗ шляхом визначення та використання показників, що впливають на енергоефективність. Розробити обґрунтоване провадження та реалізацію проєктів з енергоощадження в початкових закладах використовуючи системний підхід, що дозволив би проводити аналіз їх впровадження враховуючи як максимальний енергетичний ефект так і фінансову складову від їх реалізації.

Проаналізуємо питання розробки та впровадження наукових підходів до питання управління енерговикористанням у навчальних закладах.

1.2. Огляд задач управління енерговикористанням навчальних закладів

Задачі управління енерговикористанням потребують не лише технічних, а й організаційно-управлінських рішень із застосуванням багатокритеріальних моделей вибору енергоощадних проєктів. До основних завдань, що вимагають подальших наукових досліджень належать: розроблення методів та моделей енерговикористання НЗ, наукових підходів та методів впровадження системи моніторингу та теоретичного обґрунтування й реалізації проєктів з

енергоощадження; впровадження дієвих механізмів аналітико-організаційних підходів та комплексного аналізу вихідних енерго-економічних даних.

На даний час не існує прозорого механізму аналізу роботи у сфері енергоощадження в навчальних закладах з використанням показників які мають вплив на управління енерговикористанням, системи ефективного розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів з максимальною результуючою енергоефективністю. Оскільки за результатами енергетичного обстеження (енергоаудиту) можна зробити висновок лише про технічну складову підходу до управління енерговикористанням.

Аналіз показників впливу на управління енерговикористанням в навчальних закладах потребує механізму оцінювання. Використання емпіричних методів аналізу з метою визначення вихідного поля показників використовуючи діаграму Ісікави [4] та когнітивний підхід [2] дозволяють здійснити таке оцінювання.

У процесі оброблення даних, які отримані в результаті спостережень, вимірювань, розрахунків, іноді один чи декілька результатів спостереження різко виділяються серед основної маси даних. Такі результати спостережень часто вважають такими що мають грубі похибки, їх називають аномальними. Якщо грубі похибки виявляють у процесі вимірювань то результати, які мають їх у своєму складі, відкидають. Однак частіше всього їх виявляють тільки під час остаточної обробки результатів вимірювання за допомогою спеціальних критеріїв оцінки грубих похибок [5].

Існує декілька підходів оброблення інформації за наявності аномальних даних [5]:

- відбракування результатів спостереження які різко виділяються;
- застосування робастних методів оброблення даних, результати котрих не залежать від незначної кількості наявних спотворених спостережень.



Рис. 1.5. Модель управління енерговикористанням НЗ

У практичній діяльності важливу роль грають статистичні критерії, призначені для виділення аномальних результатів. Найбільш розповсюдженим у практиці з усіх критеріїв, які використовують припущення про нормальний розподіл вибірки результатів є критерій Смирнова-Граббса [5].

З метою оцінювання вихідної енерго-економічної інформації навчальних закладів на аномальність скористаємося критерієм Смирнова-Граббса [5].

Результати спостережень $x_1, x_2, \dots, x_n$ різні з відповідними рангами $r_1, r_2, \dots, r_n$. У такому випадку елементи матриці C та ранги результатів спостереження відповідають закану:

$$r_i = 1 + \sum_{1 \leq j \leq n} (1 - c_{ij}), \quad (1.1)$$

Слабке місце бального методу полягає в експертній довільності встановлення питомої ваги показників, сама оцінка показників по бальній системі вельми умовна. Проте бальний метод має безперечну перевагу, що полягає в можливості обліку і хоч би умовного зіставлення всіх техніко-економічних показників. Його можна рекомендувати як засіб комплексної оцінки різних варіантів проєктів технічних рішень замість загальноприйнятих, вкрай примітивних методів аналізу [11].

Достовірність бальних оцінок забезпечується кількістю, а головне ретельним підбором фахівців-експертів, а також належною обробкою даних експертизи за допомогою методів математичної статистики, зокрема використання дисперсії, коефіцієнту конкордації тощо.

У роботі під час ранжування навчальних закладів за показниками, що дозволяють оцінити рівень їх ефективності енерговикористання скористаємося правилами Борда, Копеланда та Кондорсе [12].

За результатами ранжування робимо проміжні висновки щодо стану у сфері енергоощадження та енергоефективності. Пропонуємо корегуючи дії як організаційного спрямування (які нами не розглядаються) так і практичного характеру (вибору проєктів з енергоощадження). Однак реалізація проєктів з енергоощадження в реальних умовах здійснюється в умовах невизначеності технічних умов та рішень, що потребують врахування.

У процесі прийняття рішень щодо оптимального вибору проєктів з енергоощадження в навчальних закладах виникає питання щодо врахування всіх можливих організаційних, фінансових та технічних складових. Під

оптимальним вибором сукупності проєктів розуміється комплекс методів, який дозволяє вибрати з багатьох можливих варіантів плану чи програми один оптимальний варіант, тобто найкращий з точки зору заданого критерію чи критеріїв оптимальності та визначених обмежень.

У випадку впровадження проєктів з енергоощадження, вибір рішення може бути здійснений різними способами, тобто з використанням різних критеріїв та підходів. Перший підхід заснований на вживанні критерію мінімуму під час вибору проєктів. Другий спосіб обґрунтування рішень полягає у вживанні критерію мінімакса. Критерій мінімакса пропонує вибір найобережнішої стратегії. Для разових рішень та великих об'єктів виробництва та енергоспоживання використання цього принципу є цілком виправданим.

Важливим завданням, що виникає в процесі ухвалення рішень щодо вибору проєктів є оптимальний розподіл та перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів. Повинен задовольняти цілому ряду умов і обмежень, що задаються аналітично, або за допомогою лінгвістичних формулювань. Конкретний вигляд умов визначається специфікою проєкту, видами ресурсів тощо. Тому у процесі вирішення завдань вибору проєктів адекватними виявляються моделі, що враховують невизначеність параметрів [12].

Під час аналізу вибору проєктів з енергоощадження для навчальних закладах, шляхом ефективного їх моніторингу в умовах обмеженого бюджетного фінансування, скористаємося методом випадкового пошуку для вирішення задачі у детермінованій постановці. Метод дозволяє визначати оптимальну сукупність проєктів з енергоощадження, з точки зору як кінцевої економії енергоресурсів так і відповідно наявних фінансових ресурсів, бюджетних коштів.

Для ознайомлення з методом випадкового пошуку розглянемо поняття випадкових підмножин. Будемо розглядати випадкові підмножини деякої множини Q . Якщо Q складається зі скінченного числа елементів, то вважаємо, що випадкова підмножина S - це випадковий елемент зі значеннями у 2^Q - множині усіх підмножин множини Q , яка складається з $2^{\text{card}(Q)}$ елементів.

Припускаємо що всі підмножини Q вимірні (тобто, σ -алгебра вимірних множин співпадає з сукупністю усіх підмножин скінченної множини яка розглядається).

Нехай $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$. Випадкові величини, які визначаються за випадковою множиною S наступним чином

$$\chi_i(\omega) = \begin{cases} 1, q_i \in S(\omega), \\ 0, q_i \notin S(\omega). \end{cases} \quad (1.2)$$

Випадкова множина S є випадковою множиною з незалежними елементами, якщо випадкові величини $\chi_i(\omega), i = 1, 2, \dots, k$, незалежні (у сукупності).

У процесі дослідження випадкових підмножин довільної множини Q будемо розглядати їх як випадкові величини зі значеннями у деякому просторі підмножин множини Q , наприклад, у просторі замкнутих підмножин 2^Q множини Q [10].

Розглянемо оптимальний випадок з врахуванням не енергетичних “зовнішніх” складових, факторів впливу на кінцевий результат (нечітка постановка), тоді ця задача потребує використання математичного апарату теорії нечітких множин (з використанням методу повного перебору) який враховує “зовнішні” складові, які вносять не точності в кінцевий результат – оптимальний розподіл та перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів.

Згідно визначенню [10] нечіткою множиною є набір (клас) об’єктів, дій чи спостережень, які пов’язані з їх відповідними ступенями приналежності множині. В [10] розглянуто ТНМ як апарат аналізу та моделювання гуманістичних систем, тобто систем, у яких приймає участь людина. Використовував термін "fuzzy set" (нечітка множина), де термін "fuzzy" перекладається як нечіткий, розмитий, розпливчастий. Методи теорії нечіткості використовуються в усіх прикладних галузях, в тому числі і у процесі управління підприємствами, якістю продукції, технологічними процесами тощо.

Методи, що базуються на ТНМ, відносяться до методів оцінки і прийняття рішень в умовах невизначеності. Їх використання передбачає формалізацію вихідних параметрів та цільових показників ефективності у вигляді вектору нечіткого інтервалу, попадання в кожен інтервал якого, характеризується деякою мірою невизначеності. Здійснюючи арифметичні операції з такими нечіткими інтервалами, отримуємо результуючий нечіткий інтервал для цільового показника чи функції.

Нечітку множину деяких значень можна уявити як множину пар $m(x)/x$ де x приймає деяке інформаційне значення, а $m(x)$ відображає x в одиничний відрізок, приймаючи значення від 0 до 1. А $m(x)$ це ступінь належності x до чого не будь (0 – не належить, 1 – належить на всі 100%).

У процесі вирішення задачі вибору проєктів з енергоощадження у нечіткій постановці скористаємося методом що заснований на заміні нечітких множин множинами α -рівня. Ця задача представляє собою задачу лінійного програмування на α -рівні. Початкова задача зводиться до рішення нескінченної множини класичних задач оптимізації, це в свою чергу полегшує рішення поставленої задачі.

Однак, математичний апарат ТНМ дуже громіздкий по своїй структурі використання, може мати різні варіанти алгоритмізації, проте, піддається програмуванню, що дає можливість покрокового запису громіздкого алгоритму методу ТНМ.

Вибір проєктів з енергоощадження як практичний механізм потребує комплексності та узгодженості усіх аспектів. Це потребує створення такої системи яка б дозволила обґрунтовано та раціоналізовано визначати та впроваджувати проєктів з енергоощадження в навчальних закладах, які можливі в певних умовах (наявне фінансування та технічна можливість впровадження). При чому враховувати як максимально-можливий енергетичний ефект від впровадження та вплив на довкілля, так і раціональне використання наявних фінансових ресурсів на сферу енергоощадження.

Розглянемо концептуальні механізми створення та функціонування такої

системи.

1.3. Енергетичний моніторинг у системі управління енерговикористанням навчальних закладів

Моніторинг є однією з важливих категорій сучасної науки. Виділяють два значення категорії «моніторинг»: перше, пов'язано з спостереженням, оцінкою та прогнозом; друге, з постійним спостереженням за динамікою розвитку процесів, явищ з метою прийняття управлінських рішень [13].

Поняття “моніторинг” представляє інтерес з точки зору його теоретичного аналізу оскільки не має точного однозначного тлумачення, так як вивчається у різноманітних сферах науково-практичної діяльності. Складність формулювання поняття “моніторинг” пов'язане також з приналежністю його як до сфери науки так і до сфери практики. Може розглядатися і як спосіб дослідження реальності, який використовується в різноманітних науках, і як спосіб забезпечення сфери управління різноманітними видами діяльності метою якого є представлення своєчасної та якісної інформації.

Численні системи моніторингу володіють деякими загальними характеристиками, що дає можливість говорити про моніторинг як про цілісний самостійний науково-практичний феномен. Відмінність у тлумаченні сутності моніторингу, у засобах його здійснення що відображають специфіку та рівень розвитку та дослідження проблем моніторингу у різних сферах застосування.

Можна визначити економічний моніторинг промислового підприємства як систему підтримки та прийняття рішень, яка направлена на інформаційне забезпечення процесу прийняття рішень, підвищення ефективності цього процесу та якості рішень які приймаються [13].

Використання моніторингу в якості механізму оцінювання, спостереження та збору вихідної інформації відоме проте, застосування моніторингу, а саме енергетичного моніторингу в якості складової комплексного підходу оцінювання рівня ефективності енерговикористання в

навчальних закладах є новим та безперечно доцільним, потребує дослідження та наукового обґрунтування його застосування.

Визначимо використання поняття “моніторингу” у сфері енергоощадження та управління енерговикористанням у навчальних закладах.

Система управління енерговикористанням у навчальних закладах потребує чіткого взаємозв’язку між усіма складовими з метою чіткості та адекватності прийняття управлінських рішень та підвищення ефективності енерговикористання, раціонального використання енергетичних та економічних ресурсів у бюджетній сфері (рис 1.6).

Сутність зв’язку між енергоефективністю та управлінськими процесами в навчальних закладах у сфері енергоощадження зводиться до комплексної їх взаємодії. Головним параметром є система управління енерговикористанням у навчальних закладах, як основа, стратегічна мета діяльності у сфері енергоощадження.



Рис. 1.6. Функціональна схема управління енерговикористанням НЗ

Моніторинг навчальних закладів включає себе такі основні функції як контроль, спостереження, аналіз, оцінювання, прогнозування, спираючись при цьому на норми та правила у сфері енергоощадження та енергоефективності (рис. 1.7).

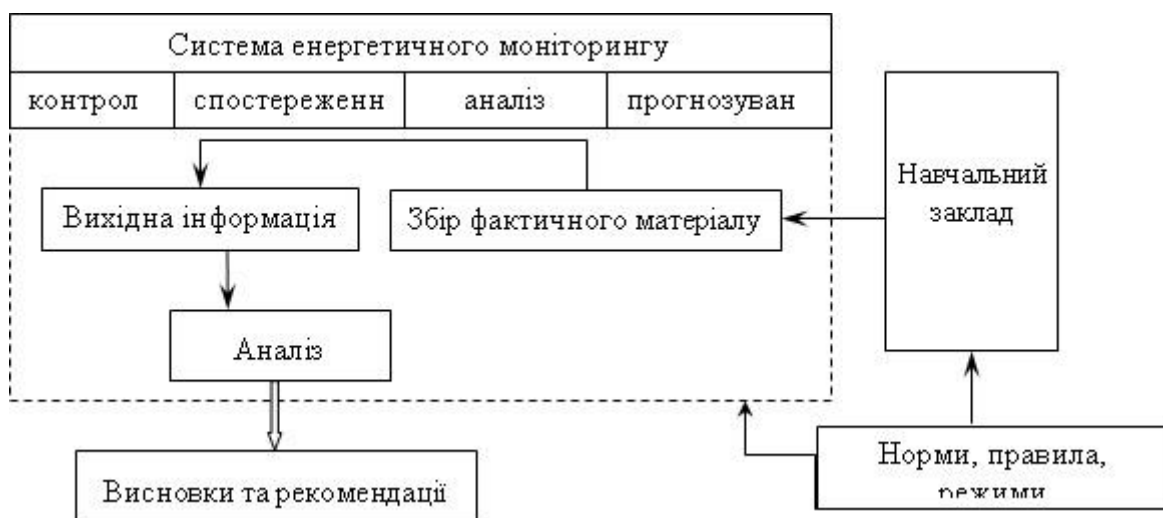


Рис. 1.7. Блок-схема системи енергетичного моніторингу

Доцільним є введення поняття СЕМ з метою виведення категорії енерговикористання шляхом обґрунтованого вибору проєктів з енергоощадження в окрему категорію.

Отже, енергетичний моніторинг – одна з основних функцій управління енергоефективністю, яка спрямована на дотримання норм, правил та режимів енерговикористання, виконання запланованих проєктів та дій, дотримання установлених значень енергетичних показників.

Сутність СЕМ полягає у взаємозв'язку технічного та методичного забезпечення, з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження і досягнення встановлених вимог до надійності та прогнозованості системи збору, обробки енерго-економічної інформації від навчальних закладів. Цим визначається та досягається швидкодія СЕМ.

СЕМ сприяє структуризації та полегшенню загальної енергетичної ситуації у місті, районі, є необхідною складовою антикризової системи дій та системи управління в умовах постійного зростання цін на енергоресурси.

Метою здійснення моніторингу є перевірка відповідності бажаному результату, виявлення змін, цілеспрямоване управління, достовірне науково-інформаційне забезпечення програм розвитку, оптимальний вибір цілей та задач діяльності у сфері енергоощадження для навчальних закладів.

Аналізуючи СЕМ вибору проєктів з енергоощадження можна зробити висновок про те що вона виступає складовою системи розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів.

Аналізуючи проблеми енергоощадження в навчальних закладах, констатуємо що питання розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів потребує подальшого розвитку та дослідження. Питання розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів є вельми важливим оскільки виступає ключовим параметром ефективного функціонування системи енергоощадження в цілому.

Перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів дозволяє ефективніше використовувати наявні енергетичні і фінансові ресурси, а саме корегувати плановий розподіл фінансових ресурсів, забезпечувати скорочення дефіциту без залучення додаткових ресурсів. Відсутність же ефективного перерозподілу енергоресурсів призводить до зниження продуктивності систем енергозабезпечення навчального закладу. Тому важливим є питання формалізації і підвищення ефективності розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів, функціонування за допомогою використання математичних моделей та методів для оптимізації процесу перерозподілу.

Система енергетичного моніторингу як складова розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів виступає важелем функціонування системи енергоефективності. Проекти з енергоощадження є структурною одиницею розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів, що входять до складу організаційної системи управління енергоефективністю (рис. 1.8).

Розподіл та перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів виступає одним з пріоритетних завдань що потребує розробки та систематизування механізмів його функціонування. Проекти з енергоощадження та система енергетичного моніторингу виступають складовими розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів, розвиток та ефективне функціонування яких підвищує рівень ефективності енерговикористання в навчальних закладах

в цілому.

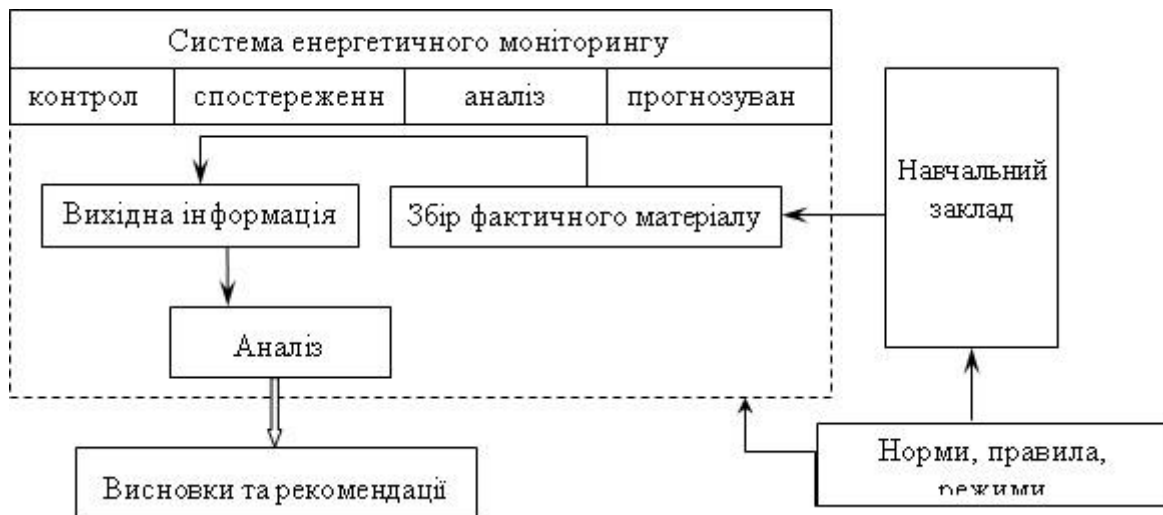


Рис. 1.8. Місце проєктів з енергоощадження у функціональній моделі системи управління енерговикористанням у навчальному закладі

Висновки до розділу 1

1. Аналіз проблеми підвищення рівня енергетичної ефективності бюджетних закладів освіти підтвердив високий рівень актуальності та зацікавленості у вирішенні даної проблеми, що вимає подальших наукових досліджень.

2. Проблема енергоощадження та нераціонального використання енергетичних ресурсів бюджетними закладами освіти вимагає комплексного підходу. Це питання може бути вирішено за рахунок комплексного підходу та структурованого математичного моделювання процесів енерговикористання навчальних закладів.

3. Створення та удосконалення системи енергетичного моніторингу вибору проєктів з енергоощадження дозволяє структурувати розподіл та перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів, підвищити ефективність використання енергоресурсів шляхом оптимального вибору проєктів з енергоощадження для навчальних закладів враховуючи економічний, енергетичний ефекти від вибору проєктів, вплив на довкілля середовище.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

2.1. Вибір характеристичних показників для управління енерговикористанням навчальних закладів

Для ефективного управління енерговикористанням НЗ доцільно попередньо здійснити фаховий вибір характеристичних показників. Основною метою є відбір найбільш впливових з точки зору інформативності та водночас легко доступних показників. Одним з ефективних засобів візуалізації є проведення когнітивного аналізу та складання діаграми Ісікави [2, 3].

Математична задача пошуку групи найвпливовіших показників має вид: $A_0 = \{A_n | n = \overline{1, N}\}$ - система НЗ. Кожний з показників $A_n \in A_0$ множини A_0 , потрапляє до групи E_0 найвпливовіших підгруп E_k , $E_k, E_0 = \{E_k | k = \overline{1, K}\}$. Необхідно визначити кількість найвпливовіших підгруп E_k показників $A_n, A_0 = \{A_n | n = \overline{1, N}\}$. А отже, виконуємо аналізування $E_k \in E_0$ з метою вирішення поставленого завдання S . Де під завданням маємо на увазі дослідження показників, що дозволяють здійснити оцінювання рівня ефективності енерговикористання в НЗ.

Точність та адекватність оцінювання рівня ефективності енерговикористання в НЗ відчутно залежить від якісного обліку усіх важливих показників. А отже, основною задачею є визначення достатньо повного складу вихідних показників. Попередньо було виокремлено перелік характеристичних показників, серед яких:

X_1 – кількісний показник перевірок (відношення кількості запланованих перевірок до проведених);

X_2 – показник наявності радіаторних рефлекторів (відсоток встановлених від загальної кількості необхідних);

X_3 – показник стану відкосів вікон та дверей (відсоток встановлених від

загальної кількості потрібних);

X_4 – показник наявності/відсутності системи регулювання опалення та ГВП (відсоток встановлених від загальної кількості);

X_5 – показник наявності/відсутності аераторів на водопровідних кранах (відсоток встановлених від загальної кількості);

X_6 – показник наявності лічильників тепла (є або ні, тобто 1 або 0);

X_7 – частка використаних фінансових бюджетних ресурсів на енергоощадження (відношення кількості отриманих коштів, до кількості витрачених на енергоощадження у звітному періоді);

X_8 – показник заощадженої теплової енергії від впровадження енергоефективних проєктів у попередньому звітному періоді, Гкал (відношення отриманого рівня заощадження до попереднього звітного періоду поточного року, відсоток);

X_9 – показник поінформованості персоналу НЗ та вихованців у сфері енергоощадності (відношення кількості лекційних годин до загальної кількості людей НЗ);

X_{10} – показник впровадження персоналом НЗ інноваційних, новітніх технологій (відношення кількості перевірок, виконаних із використанням новітніх технологій до загальної кількості проведених перевірок);

X_{11} – показник ініціативності впровадження енергоощадних проєктів (відношення кількості запропонованих проєктів до практично реалізованих);

X_{12} - показник виконавської дисципліни НЗ у сфері енергоощадження (відношення кількості своєчасно та в повному обсязі виконаних доручень до загальної кількості отриманих впродовж звітного періоду), %.

Показники оцінювались із використанням методу експертних оцінок. У якості експертів було обрано фахівців найвищої компетентності в даній області. До процесу оцінювання показників було залучено 19-ть експертів. Відповідно до оцінок експертів кожному з показників присвоєно ваги, що відповідають характеру їх впливу на оцінювання поточного стану енергоефективності (важливішим показникам присвоєно перші номери). Результати експертного

аналізу показників впливу на управління енерговикористанням НЗ гаведено у табл.2.1.

Визначення ступеню узгодженості думок експертів було виконано із застосуванням коефіцієнта конкордації [4]:

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2(k^3 - k)} \quad (2.1)$$

де $D = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot m(k+1) \right\}^2$ - сума квадратів відхилень; m – кількість експертів; k – кількість показників.

Оцінка значимості коефіцієнта конкордації виконана із використанням критерію χ^2 . Оскільки, у деяких експертів були наявні однакові оцінки за декількома показниками (умова рівноправності), то розрахунок критерію χ^2 виконано за виразом [4]:

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2(k^3 - k) - m \cdot \sum_{i=1}^e T_i}, \quad (2.2)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{v=1}^n (t_v^3 - t_v) \quad (2.3)$$

де e – кількість строк із пов'язаними рангами; n – кількість типів пов'язаних рангів у строчці; t – кількість рівних рангів з i -ої строки.

Якщо умова виконується $\chi^2_{розр} = m(k-1)W > \chi^2_{кр}$, то справедливим є твердження про узгодженість думок експертів.

Таблиця 2.1. Результати експертного аналізу показників впливу на рівень ефективності енерговикористання

Показники Експерти	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	Σ^t
1	2	2	2	5	1	5	7	6	3	3	4	5	3+3+2
2	3	1	4	6	1	5	7	7	4	5	6	5	2+2+2+3+2
3	3	2	3	4	2	6	7	7	5	5	5	6	2+2+2+2+3
4	4	1	3	5	2	6	6	6	4	4	5	4	4+2+3+3
5	4	1	5	6	1	4	7	6	5	5	6	5	2+2+4+3+3
6	2	2	3	5	1	6	6	5	5	1	5	4	2+4+2+2
7	2	3	3	5	2	4	6	6	4	4	4	5	2+2+2+4+2
8	4	2	4	4	1	6	5	5	5	6	5	6	3+3+4
9	4	2	2	4	2	6	7	5	5	3	4	6	3+3+2+2
10	4	1	4	6	1	5	5	6	3	5	5	5	2+2+2+5
11	2	2	3	4	2	6	6	5	5	6	7	4	3+2+3+2
12	3	2	2	5	2	5	5	6	4	1	4	5	3+4+2
13	2	1	3	4	3	4	7	6	3	4	4	6	3+4+2
14	3	3	2	6	2	4	6	5	5	2	6	4	2+3+3+2+2
15	4	2	4	4	2	4	6	7	3	6	4	5	5+2+2
16	3	3	4	5	3	6	5	5	4	5	6	5	3+2+5+2
17	2	1	3	6	2	5	7	6	5	2	2	6	4+3+2
18	4	2	3	4	1	4	6	7	3	3	5	4	4+3+3
19	4	3	3	5	2	4	5	5	4	5	3	5	3+3+5
$\sum_{i=1}^{19} x_{ij}$	59	36	60	93	33	95	116	111	79	75	90	95	

За результатами розрахунків за формулами (2.2) та (2.3) отримано наступні результати:

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{v=1}^n (t_v^3 - t_v) = 52$$

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2(k^3 - k) - m \cdot \sum_{i=1}^e T_i} = \frac{12 \cdot 44051}{19^3(12^3 - 12) - 19 \cdot 52} = 0,85$$

Критичне значення $\chi_{кр}^2$ для 1% рівня значимості та числа ступеня свободи рівного 11, становить за статистичними таблицями $\chi_{кр}^2 = 24,7$. Оскільки $\chi_{розр}^2 > \chi_{кр}^2$ $177,65 > 24,7$, то вважаємо, що думки експертів узгоджені.

Графічне представлення узгодженості 19-ох експертів та визначення “ваги” кожного показника оцінювання поточного стану рівня енергоефективності НЗ наведено на рис 2.1.

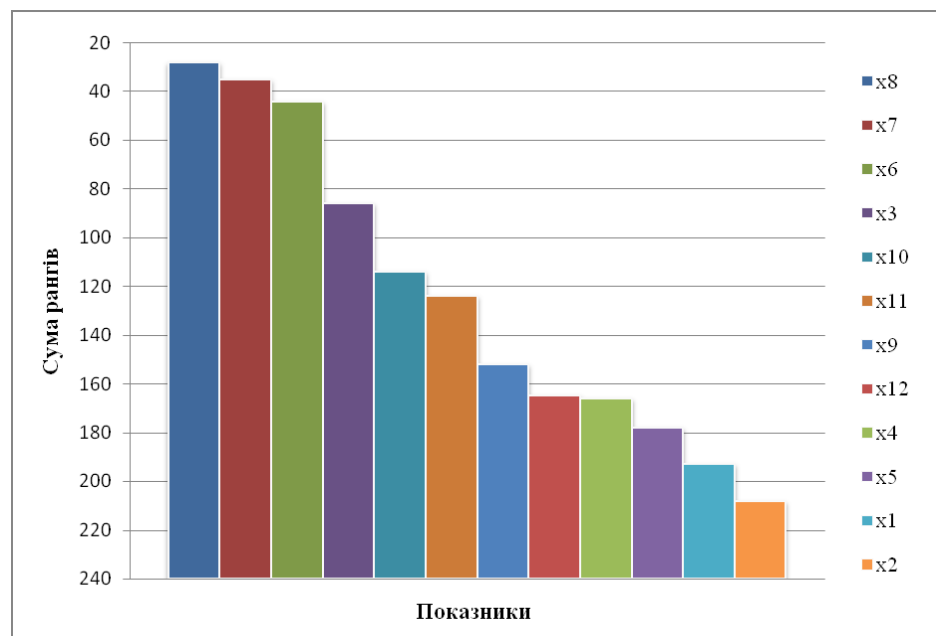


Рис. 2.1. Аналіз показників впливу на управління енерговикористанням за результатами експертного оцінювання

Необхідно наголосити на різній фізичній природі виокремлених показників. Найбільша значимість, за думками експертів, належить показнику

проведення перевірок виконання запланованих проєктів з енергоощадження, стан виконавської дисципліни НЗ з питань енергоощадження, проведення роз'яснювальної роботи з персоналом та вихованцями у сфері енергоощадження, показник ініціативності впровадження проєктів з енергоощадження.

Ключовим етапом впровадження енергоощадних проєктів є проведення попередніх енергетичних обстежень будівель НЗ (енергетичних аудитів). За результатами таких обстежень і формують комплекс енергоощадних заходів.

Характерними для будівель НЗ заходами є: встановлення радіаторних рефлекторів; ущільнення стиків вікон та дверей; встановлення системи регулювання опалення та ГВП; встановлення аераторів на водопровідних кранах; встановлення лічильників тепла.

Важливим технічним показником є загальний рівень заощадження теплової енергії за рахунок впровадження енергоефективних проєктів, а також використання обслуговуючим персоналом закладу інноваційних, новітніх технологій збору інформації під час здійснення перевірок технічного господарства з метою впровадження проєктів з енергоощадження. Оскільки отримання повної та точної інформації щодо поточного стану енергоспоживання впливає на подальші результуючі рішення щодо поліпшення рівня ефективності енерговикористання в навчальних закладах.

Важливим з точки зору апарату державного регулювання відстеження та контролю за розподілом та перерозподілом фінансових ресурсів на сферу енергоощадження є фінансова складова, а саме, показник частки використаних фінансових бюджетних ресурсів на енергоощадження для навчальних закладів.

Подальший аналіз складу визначених показників дає можливість зосередити свої зусилля на найбільш важливих у сфері енергоефективності проблемах. Вибір шляху вирішення кожної з яких, визначається можливостями та повноваженнями керівництва НЗ та досвідом співробітників тощо.

Після аналізу комплексу характеристичних показників доцільно провести їх систематизацію. У роботі з цією метою використано діаграму Ісікави (рис.

2.2), в якій виокремимо групи показників, а саме:

- організаційні;
- фінансові;
- технологічні;
- технічні.

У процесі побудови причинно-наслідкової діаграми обрано максимальну кількість показників для кожної групи, що дозволить максимально повно відобразити усі наявні показники щодо стану енергоефективності НЗ. Далі проведено детальне оцінювання та виявлення взаємозв'язків між окремими показниками, даний крок виконано із допомогою принципів когнітивного аналізу [2]. Під час проведення когнітивного аналізування створюється когнітивна карта, що дозволить проаналізувати всі взаємозв'язки між показниками. Комбінації взаємозв'язків між показників впливу наведено у табл. 2.1

Показники, яким виявилась притаманна найбільша “вага”, згідно оцінок експертів, визначено як ключові.

Таблиця 2.1. Комбінації взаємозв'язків між показників впливу

$X_2 - X_8$	+	$X_6 - X_8$	+	$X_9 - X_{10}$	+
$X_3 - X_8$	+	$X_8 - X_7$	+	$X_{10} - X_{12}$	+
$X_4 - X_8$	+	$X_{11} - X_7$	+	$X_{12} - X_7$	+
$X_5 - X_8$	+	$X_1 - X_9$	+		

Для прикладу розглянемо показники X_3 та X_8 , наведені на рис. 2.2. у вигляді окремих вершин графу, поєднані орієнтованою дугою. Показник X_3 пов'язаний з показником X_8 причинно-наслідковим зв'язком: $X_3 \longrightarrow X_8$, де X_3 - причина, X_8 - наслідок. В цьому випадку причинно-наслідковий зв'язок $X_3 \longrightarrow X_8$ розглядається як позитивний, оскільки, збільшення показника X_3 призводить до підсилення X_8 а зменшення X_3 до послаблення X_8 за інших рівних умов.

Когнітивна карта структурованого зв'язку між усіма показниками наведена на рис 2.3.

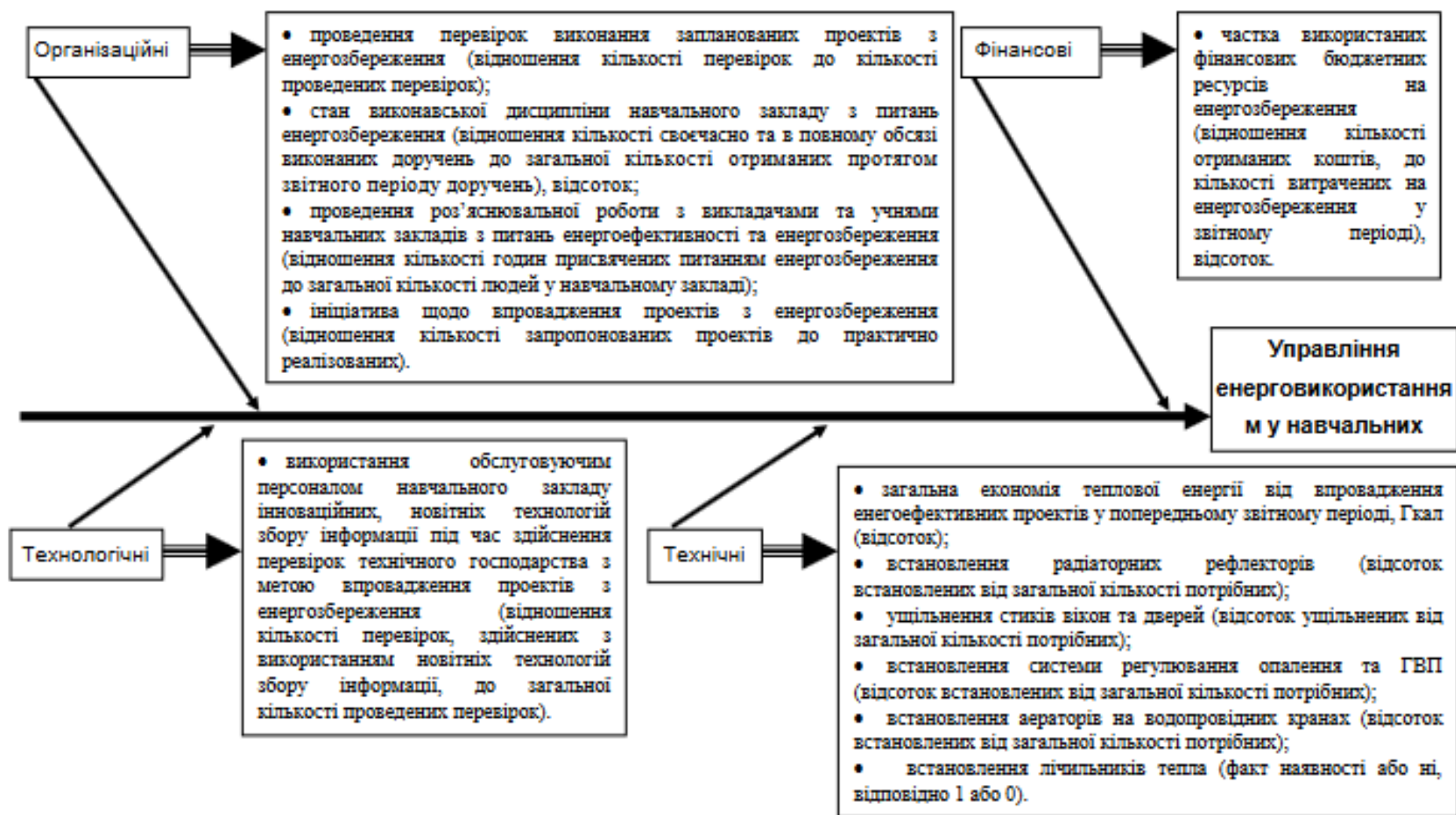


Рис. 2.2. Згруповані показники у вигляді діаграми Ісікави

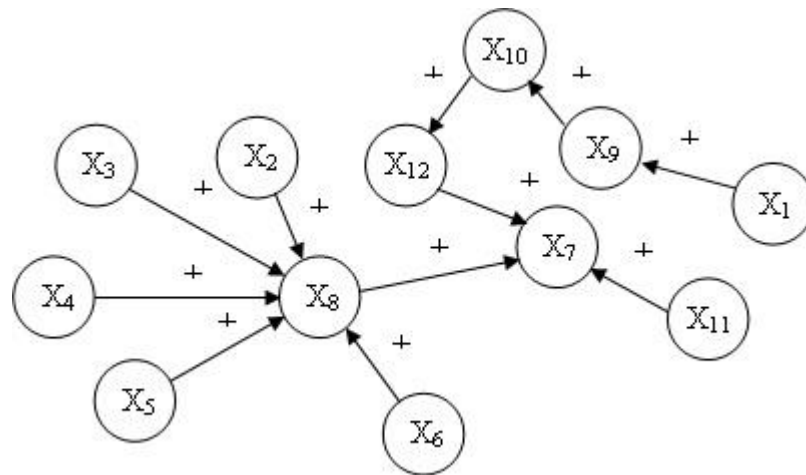


Рис. 2.3. Карта взаємозв'язків показників впливу на управління енерговикористанням НЗ

Ключовими показниками, що найбільше характеризують стан справ у сфері енергоефективності навчального закладу (за результатами експертного оцінювання) є: X_8 - загальна економія теплової енергії від впровадження енергоефективних проєктів та X_7 - частка використаних фінансових бюджетних ресурсів на енергоощадження. Ці показники потребують поглибленого детального аналізу у процесі обробки та оцінювання отриманої вихідної енерго-економічної інформації.

У процесі накопичення великого масиву енерго-економічної інформації стосовно ефективності енерговикористання в навчальних закладах постає питання щодо її аналізу та вірних кінцевих результатів оцінювання. Проте серед вихідної енерго-економічної інформації є імовірність недостовірних даних, оскільки вихідна інформація обмежена у часовому проміжку (збір даних ведеться відповідно до звітного періоду). Це помилки, які виникають в результаті випадкових прорахунків, невірного читання вихідної інформації тощо. Тому є актуальним завдання правильного і своєчасного виявлення недостовірних даних серед всієї сукупності інформації.

Ставиться завдання визначити значення з недостовірною інформацією серед всієї сукупності вихідної енерго-економічної інформації, яка отримана від навчальних закладів, з метою кращого аналізу та адекватних висновків за

отриманою вихідною енерго-економічною інформацією.

Оцінка ефективності енерговикористання в навчальних закладах залежить від якості статистичного аналізу емпіричної інформації. Важливим етапом проведення статистичного дослідження на інформаційній базі, є критична оцінка початкових даних з погляду їх достовірності.

Надійність висновків по аналізу статистичних даних забезпечується мінімізацією в початковій інформації неточностей, невизначеності, однорідністю початкових даних тощо.

Аналіз однорідності статистичної сукупності доцільно проводити в наступній послідовності:

- визначення ступеня однорідності всієї сукупності по одиниці або декільком істотним ознакам;
- визначення і аналіз аномальних спостережень;
- вибір оптимального варіанту виділення однорідних сукупностей.

Будь-яка досліджувана сукупність разом із значеннями ознаками, що склалися під впливом чинників, безпосередньо характерних для досліджуваної сукупності, може містити і значення ознак, отриманих під впливом інших чинників, не характерних для основної сукупності. Такі значення різко виділяються, тому використання методології статистичного аналізу даної сукупності без попереднього аналізу і вивчення аномальних спостережень призводить до серйозних помилок.

Причини появи в початковій сукупності вихідної енерго-економічної інформації аномальних спостережень можна умовно розділити на:

- так звані “зовнішні”, які виникають в результаті технічних помилок;
- внутрішні, які об'єктивно існують;
- які утворюються у результаті перетворення під час обробки на ЕОМ тощо.

Вибір методу виявлення, аналізу аномальних спостережень визначається об'ємом сукупності, характером досліджуваних процесів і завдань (одновимірних або багатовимірних).

У практичній діяльності важливу роль відіграють статистичні критерії, призначені для виділення недостовірних результатів (викидів). Більшість існуючих критеріїв виявлення “підозрілих” даних спираються на припущення про приналежність спостережуваних випадкових величин нормальному закону. До такого роду критеріїв відноситься критерій Смирнова-Граббса [5], який використовують з метою перевірки на аномальність результатів вимірювань. Статистика критерію Смирнова-Граббса передбачає можливість перевірки на наявність у вибірці або одного аномального результату вимірювання (найменшого або найбільшого), або двох (два найменших у вибірці або два найбільших).

Сформулюємо математичну постановку задачі виявлення недостовірних даних у сукупності вихідної інформації отриманої від НЗ.

2.2. Математичне формулювання задачі виявлення аномальних даних

$X_1, X_2, \dots, X_n$, - вибірка НЗ для вихідних показників $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$, і $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$, - побудований варіаційний ряд для кожного з відібраних показників для всіх 30-ти навчальних закладів (табл. 2.3), де $X_{(1)}$ - мінімальне значення варіаційного ряду, і $X_{(n)}$ - максимальне. Гіпотеза H_0 , що перевіряється, полягає в тому, що всі $X_1, X_2, \dots, X_n$, належать одній сукупності. Під час перевірки на викид найменшого вибіркового значення альтернативна гіпотеза H_1 полягає в тому, що $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$, належать одному закону, а $X_{(1)}$ - деякому іншому, істотно зрушеному вліво. Необхідно визначити сукупність тих величин у вихідних даних, які визначаються як недостовірні з метою їх виявлення та недопущення до оброблення в подальшому у багатокритеріальному аналізі.

У загальному випадку всі спостережувані дані представлені i -м навчальним закладом, можна розбити на дві групи:

- 1) аномальні - спостереження, серед яких можуть знаходитися

недостовірні дані;

2) регулярні - спостереження, які можна визнати достовірними.

Рівень достовірності i -ми навчальними закладами освіти залежить від постановки завдання виявлення недостовірної інформації, S_i - це максимально можливе відхилення між розрахованим по статистичній моделі і фактичним значеннями, при якому дані представлені місцевому органу управління освітою i -ми навчальними закладами ще можна вважати достовірними.

Розглянемо підхід покладений в розробленні алгоритму до виявлення недостовірної інформації серед енерго-економічних даних наданих навчальними закладами контролюючому місцевому органу управління освітою.

Виявлення недостовірних даних (викидів) проводиться з використанням стандартних процедур математичної статистики. З метою визначення викидів використовуємо процедуру, що базується на критерії Смирнова-Граббса. Значення $X_1, X_2, \dots, X_i$, спостережуваної вибірки навчальних закладів для даних $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$, показників, упорядковуються за збільшенням, утворюючи варіаційний ряд (табл. 2.3).

Оскільки ефективність енерговикористання в навчальних закладах відображається в кількості перевірок того чи іншого показника що контролюється, то беремо за значення аномального - мінімальне. Тоді перевіряючи гіпотезу H_0 при наявності альтернативи H_1 порівнюємо розраховане значення $G_{(i)}$ з критичним значенням C_α (з заданим рівнем значущості α). Вибірка не містить грубих погрешностей, якщо $G_{(i)} \leq C_\alpha$, $i = \overline{1, n}$, і таким чином гіпотеза H_0 приймається і немає основ вважати що екстремальне, аномальне спостереження $X_{(i)}$ є грубою помилкою. Якщо ж $G_{(i)} > C_\alpha$, $i = \overline{1, n}$, то спостереження може бути виключене як помилкове чи враховане та скореговане. Проте, даний критерій можна використовувати для виділення аномальних результатів тільки у разі нормального закону розподілу.

Скористаємося критерієм Смирнова-Граббса з метою аналізу та

виявлення недостовірних даних, якщо такі існують, у сукупності вихідної енерго-економічної інформації.

Алгоритм критерію Смирнова-Граббса [5], згідно якого будемо проводити розрахунок включає в себе наступні кроки:

Перший крок. На початку формуємо матрицю спостережень x_{ij} . Вихідна множина складається з m елементів, що описані n ознаками, кожен її одиницю можна інтерпретувати як точку n -мірного простору з координатами, рівними значенням n ознак для об'єкту що розглядається. Матриця спостережень має наступний вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

де m - кількість навчальних закладів; n - найменування критеріїв для оцінювання; x_{ik} - значення ознаки k для i -го навчального закладу.

Для виявлення недостовірної інформації використано критерій Смирнова-Граббса. Вихідні дані матриці показників для 30-ти НЗ наведено у табл. 2.2.

Виконуємо розрахунок значення G_n :

$$G_n = \frac{X_i - \bar{X}}{S_n} \quad (2.8)$$

де X_i - мінімальний X_1 або максимальний X_n елемент варіаційного ряду;

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ - середнє значення вибірки;

$S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ - вибіркове середньоквадратичне відхилення.

Остаточна формула розрахунку значення G_n , для виявлення аномальних даних для кожного варіаційного ряду буде мати вигляд:

$$G_{(1)} = \frac{\bar{X} - X_{(1)}}{S_n} \quad (2.9)$$

де $X_{(1)}$ - мінімальне значення варіаційного ряду $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$, показників;

$\bar{X}$ - середнє значення по вибірці для кожного з вибраних показників;

S_n - вибіркове середньоквадратичне відхилення.

Зведемо значення отримані в результаті розрахунків параметрів G_1 у табл. 2.3.

В результаті використання критерію Смирнова-Граббса під час аналізу вихідної енерго-економічної інформації, враховуючи рівень значущості $\alpha = 0,05$ [5] та у залежності від кількості спостережень N були отримані наступні данні виявлення аномальностей у вихідній сукупності (табл. 2.4).

Оскільки ми припускали що мінімальне значення є аномальним, то отримані значення зі знаком плюс у табл. 2.4, це аномальне значення для мінімального значення у вихідних даних, а результуючі зі знаком мінус – аномальні максимальні значення у вихідних даних для кожного варіаційного ряду. Результуючі скореговані вихідні значення наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.2. Аналіз показників енергоефективності НЗ за 2020 рік

Номер НЗ	X_1		X_2		X_3		X_4		X_5		X_6		X_7		X_8		X_9		X_{10}		X_{11}		X_{12}	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
1	1,32	24	70,3	14	88,4	17	89,3	16	98,9	24	1	14	98,9	24	6,7	3	2,12	1	0,51	18	1,25	1	86,92	15
2	1,24	20	65,4	9	93,6	30	88,4	14	100	27	1	15	93,7	14	8,9	11	3,90	8	0,66	29	2,5	26	81,6	6
3	1,13	14	45,7	1	86,5	13	90,5	22	98,3	22	1	16	89,91	5	10,2	14	9,82	29	0,45	10	1,25	2	88,53	19
4	1,06	11	78,3	16	90,5	21	93,6	27	97,9	20	1	17	95,54	15	9,78	13	4,55	10	0,48	15	1,25	3	92,31	27
5	1,55	29	56,7	6	89,7	18	86,6	10	95,5	11	1	18	88,6	2	11,6	19	3,48	5	0,37	3	1,67	18	92,65	28
6	1,36	26	48,9	3	87,3	14	94,6	28	96,3	15	1	19	92,53	10	8,8	10	3,71	6	0,56	23	1,25	4	75,83	2
7	1,27	23	78,4	17	90,6	22	90,2	19	97,7	19	0	1	92,08	9	6,86	5	5,1	15	0,45	11	1,67	19	84,07	12
8	0,84	5	89,1	22	82,53	10	88,5	15	100	28	1	20	95,8	17	7,98	8	6,07	20	0,54	21	1,25	5	82,4	8
9	1,04	10	90,3	25	86,1	11	94,7	29	97,6	18	0	2	88,8	3	5,94	1	2,28	2	0,76	30	2,5	27	74,6	1
10	1,21	18	98,5	30	72,7	2	87,0	13	94,7	9	0	3	93,33	13	15,2	25	3,45	3	0,47	12	1,25	6	93,28	10
11	0,95	7	66,2	11	88,0	15	95,6	30	98,5	23	1	21	100	26	10,3	15	5,04	14	0,63	26	1,25	7	87,84	18
12	1,16	16	45,9	2	93,3	29	85,0	6	99,0	25	0	4	96,57	19	9,5	12	6,22	22	0,39	6	1,67	20	91,25	24
13	1,34	25	60,4	7	89,8	19	89,7	17	94,0	7	0	5	91,67	7	16,5	27	4,56	11	0,53	20	1,67	21	77,84	4
14	1,6	30	82,2	20	73,0	3	80,3	4	95,3	10	1	22	97,52	22	12,4	21	6,21	21	0,63	27	1,25	8	86,72	14
15	1,36	27	70,5	15	91,6	24	79,8	3	96,0	13	0	6	99,05	25	17,4	28	7,23	25	0,55	22	1,25	9	89,51	21
16	1,04	9	55,8	5	74,0	4	85,3	7	100	29	1	23	100	27	10,3	16	9,43	28	0,38	4	2,5	28	81,81	7
17	1,46	28	50,6	4	92,5	27	86,5	9	94,0	8	0	7	98,08	23	8,5	9	6,33	23	0,62	25	1,25	10	87,5	17
18	1,07	12	80,4	19	93,0	28	93,5	26	92,7	4	1	24	90,88	6	13,5	23	5,43	18	0,64	28	1,25	11	83,75	10

Продовження табл. 2.2

Номер НЗ	X_1		X_2		X_3		X_4		X_5		X_6		X_7		X_8		X_9		X_{10}		X_{11}		X_{12}	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
19	0,84	4	90,4	26	91,0	23	93,1	25	93,0	5	0	8	97,03	20	6,95	6	4,29	9	0,56	24	1,67	22	84,06	11
20	0,86	6	67,7	13	88,3	16	83,5	5	90,6	2	0	9	93,3	12	7,8	7	10,3	30	0,47	13	1,25	12	86,51	13
21	1,03	8	64,6	8	78,9	6	86,8	11	96,6	16	1	25	95,7	16	5,94	2	3,71	7	0,38	5	1,25	13	91,4	25
22	1,2	17	89,2	23	70,5	1	79,5	2	97,2	17	0	10	92,93	11	10,86	18	4,67	12	0,43	8	1,67	23	87,34	16
23	1,23	19	90,1	24	80,5	8	78,5	1	98,0	21	1	26	92,02	8	11,7	20	3,45	4	0,31	2	1,25	14	75,89	3
24	0,72	1	67,3	12	91,6	25	90,2	20	96,0	14	0	11	100	28	18,2	30	5,31	17	0,28	1	2,5	29	88,6	20
25	1,26	22	78,8	18	74,5	5	85,6	8	100	30	1	27	100	29	14,5	24	8,45	27	0,47	14	1,25	15	90,5	23
26	1,13	15	91,2	27	81,5	9	89,8	18	90,5	1	0	12	97,33	21	6,75	4	7,34	26	0,5	17	1,67	24	92,1	26
27	1,25	21	65,8	10	91,6	26	90,2	21	92,3	3	1	28	100	30	17,7	29	7,01	24	0,43	9	1,25	16	93,56	30
28	1,08	13	92,5	28	86,4	12	86,9	12	95,6	12	1	29	87,57	1	10,6	17	6,04	19	0,42	7	2,5	30	82,6	9
29	0,81	3	94,6	29	90,4	20	91,1	23	99,2	26	1	30	89,1	4	12,8	22	5,20	16	0,51	19	1,25	17	89,6	22
30	0,73	2	88,9	21	79,4	7	92,4	24	93,2	6	0	13	96,4	18	16,1	26	4,71	13	0,49	16	1,67	25	79,92	5

* 1 – значення; 2 – варіаційний ряд

Таблиця 2.3. Значення параметрів G_1

Номер НЗ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
1	-3,131	0,222	-0,227	-0,249	-0,934	-0,860	-1,043	1,006	1,634	-0,132	0,696	-0,165
2	-0,278	0,531	-3,393	-0,085	-1,327	-0,860	0,284	0,526	0,777	-1,519	-2,020	0,807
3	0,114	1,774	-0,015	-0,468	-0,719	-0,860	1,251	0,243	-2,073	0,422	0,696	-0,459
4	0,364	-0,282	-0,461	-1,032	-0,577	-0,860	-0,186	0,334	0,464	0,145	0,696	-1,150
5	-1,384	1,080	-0,372	0,242	0,281	-0,860	1,585	-0,063	0,979	1,161	-0,217	-1,212
6	-0,706	1,572	-0,104	-1,214	-0,005	-0,860	0,582	0,548	0,868	-0,595	0,696	1,861
7	-0,385	-0,289	-0,472	-0,413	-0,505	1,124	0,697	0,972	0,199	0,422	-0,217	0,356
8	1,148	-0,964	0,427	-0,104	-1,327	-0,860	-0,252	0,727	-0,268	-0,410	0,696	0,661
9	0,435	-1,039	0,029	-1,233	-0,469	1,124	1,534	1,172	1,557	-2,443	-2,020	2,086
10	-0,171	-1,556	1,523	0,169	0,567	1,124	0,378	-0,848	0,993	0,237	0,696	-1,327
11	0,756	0,481	-0,182	-1,396	-0,791	-0,860	-1,324	0,221	0,228	-1,241	0,696	-0,333
12	0,007	1,761	-0,773	0,534	-0,970	1,124	-0,449	0,395	-0,340	0,977	-0,217	-0,956
13	-0,635	0,847	-0,383	-0,322	0,817	1,124	0,802	-1,132	0,459	-0,317	-0,217	1,494
14	-1,562	-0,528	1,490	1,389	0,353	-0,860	-0,691	-0,237	-0,335	-1,241	0,696	-0,129
15	-0,706	0,210	-0,584	1,480	0,102	1,124	-1,082	-1,328	-0,826	-0,502	0,696	-0,638
16	0,435	1,137	1,378	0,479	-1,327	-0,860	-1,324	0,221	-1,885	1,069	-2,020	0,768
17	-1,063	1,465	-0,684	0,260	0,817	1,124	-0,834	0,614	-0,393	-1,149	0,696	-0,271
18	0,328	-0,415	-0,740	-1,014	1,282	-0,860	1,003	-0,477	0,040	-1,334	0,696	0,414
19	1,148	-1,046	-0,517	-0,941	1,174	1,124	-0,566	0,952	0,589	-0,595	-0,217	0,357
20	1,077	0,386	-0,216	0,807	2,032	1,124	0,386	0,766	-2,304	0,237	0,696	-0,090
21	0,471	0,582	0,832	0,206	-0,112	-0,860	-0,227	1,172	0,868	1,069	0,696	-0,983
22	-0,136	-0,970	1,769	1,535	-0,326	1,124	0,480	0,099	0,406	0,607	-0,217	-0,242
23	-0,243	-1,027	0,654	3,316	-0,612	-0,860	0,712	-0,085	0,993	1,716	0,696	1,850
24	1,576	0,411	-0,584	-0,413	0,102	1,124	-1,324	-3,491	0,098	1,993	-2,020	-0,472
25	-0,350	-0,314	1,323	0,424	-1,327	-0,860	-1,324	-0,696	-1,414	0,237	0,696	-0,819
26	0,114	-1,096	0,542	-0,340	2,068	1,124	-0,643	0,996	-0,879	-0,040	-0,217	-1,111
27	-0,314	0,506	-0,584	-0,413	1,425	-0,860	-1,324	-1,394	-0,720	0,607	0,696	-1,378
28	0,292	-1,178	-0,004	0,188	0,245	-0,860	1,848	0,155	-0,253	0,699	-2,020	0,624
29	1,255	-1,310	-0,450	-0,577	-1,041	-0,860	1,457	-0,325	0,151	-0,132	0,696	-0,655
30	1,541	-0,951	0,776	-0,814	1,103	1,124	-0,405	-1,045	0,387	0,052	-0,217	1,114

Таблиця 2.4. Визначені аномальні вихідні дані

Навчальний заклад	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$	$X_{1,6}$	$X_{1,7}$	$X_{1,8}$	$X_{1,9}$	$X_{1,10}$	$X_{1,11}$	$X_{1,12}$
2			- 3,393									
23				3,316								
24								- 3,491				

Таблиця 2.5. Скореговані значення вихідних даних

Навчальний заклад	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
1	1,32	70,3	88,4	89,3	98,9	1	98,9	6,7	2,12	0,51	1,25	86,92
2	1,24	65,4	93,6	88,4	100	1	93,7	8,9	3,90	0,66	2,5	81,6
3	1,13	45,7	86,5	90,5	98,3	1	89,91	10,2	9,82	0,45	1,25	88,53
4	1,06	78,3	90,5	93,6	97,9	1	95,54	9,78	4,55	0,48	1,25	92,31
5	1,55	56,7	89,7	86,6	95,5	1	88,6	11,6	3,48	0,37	1,67	92,65
6	1,36	48,9	87,3	94,6	96,3	1	92,53	8,8	3,71	0,56	1,25	75,83
7	1,27	78,4	90,6	90,2	97,7	0	92,08	6,86	5,1	0,45	1,67	84,07
8	0,84	89,1	82,53	88,5	100	1	95,8	7,98	6,07	0,54	1,25	82,4
9	1,04	90,3	86,1	94,7	97,6	0	88,8	5,94	2,28	0,76	2,5	74,6
10	1,21	98,5	72,7	87,0	94,7	0	93,33	15,2	3,45	0,47	1,25	93,28
11	0,95	66,2	88,0	95,6	98,5	1	100	10,3	5,04	0,63	1,25	87,84
12	1,16	45,9	93,3	85,0	99,0	0	96,57	9,5	6,22	0,39	1,67	91,25
13	1,34	60,4	89,8	89,7	94,0	0	91,67	16,5	4,56	0,53	1,67	77,84
14	1,6	82,2	73,0	80,3	95,3	1	97,52	12,4	6,21	0,63	1,25	86,72
15	1,36	70,5	91,6	79,8	96,0	0	99,05	17,4	7,23	0,55	1,25	89,51
16	1,04	55,8	74,0	85,3	100	1	100	10,3	9,43	0,38	2,5	81,81
17	1,46	50,6	92,5	86,5	94,0	0	98,08	8,5	6,33	0,62	1,25	87,5
18	1,07	80,4	93,0	93,5	92,7	1	90,88	13,5	5,43	0,64	1,25	83,75
19	0,84	90,4	91,0	93,1	93,0	0	97,03	6,95	4,29	0,56	1,67	84,06
20	0,86	67,7	88,3	83,5	90,6	0	93,3	7,8	10,3	0,47	1,25	86,51
21	1,03	64,6	78,9	86,8	96,6	1	95,7	5,94	3,71	0,38	1,25	91,4
22	1,2	89,2	70,5	79,5	97,2	0	92,93	10,86	4,67	0,43	1,67	87,34
23	1,23	90,1	80,5	78,5	98,0	1	92,02	11,7	3,45	0,31	1,25	75,89
24	0,72	67,3	91,6	90,2	96,0	0	100	18,2	5,31	0,28	2,5	88,6
25	1,26	78,8	74,5	85,6	100	1	100	14,5	8,45	0,47	1,25	90,5
26	1,13	91,2	81,5	89,8	90,5	0	97,33	6,75	7,34	0,5	1,67	92,1
27	1,25	65,8	91,6	90,2	92,3	1	100	17,7	7,01	0,43	1,25	93,56
28	1,08	92,5	86,4	86,9	95,6	1	87,57	10,6	6,04	0,42	2,5	82,6
29	0,81	94,6	90,4	91,1	99,2	1	89,1	12,8	5,20	0,51	1,25	89,6
30	0,73	88,9	79,4	92,4	93,2	0	96,4	16,1	4,71	0,49	1,67	79,92

Визначивши аномальні значення у вихідних енерго-економічних даних робиться запит до навчальних закладів щодо інформації наданої якими були виявлені аномальні значення чи є запитання. Після отримання скорегованих значень, чи уточнених формуємо остаточну результуючу таблицю вихідних

енерго-економічних даних що піддаються згодом наступному кроку багатокритеріального аналізу з метою визначення рівня ефективності енерговикористання в навчальних закладах.

У подальших розрахунках немає необхідності оскільки отримані початкові аномальні значення є найбільш вираженими значення що потребують аналізу та оцінки, уточнення у відповідних навчальних закладах.

Таким чином, критерій Смирнова-Грabbса придатний для виявлення аномальних даних у вихідній сукупності. Оскільки було визначено лише одне аномальне значення з кожної вибірки то з кожною ітерацією утворюється інше аномальне значення яке потребує подальшого аналізування. В цьому випадку можливим є використання критеріїв виявлення недостовірної інформації з двома і більше аномальними значеннями у вибірці. Поява після корегування інформації нових областей аномальних значень під час оцінювання дозволяє поглибити аналіз на достовірність енерго-економічної інформації якщо в цьому є необхідність.

Результуючі значення наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6. Результуюча таблиці отриманих результатів перевірки

Характеристика аномальності	Критерій Смирнова-Грabbса
Виявлені аномальності у масиві вихідної інформації	$2(x_{1,3})$ $23(x_{1,4})$ $24(x_{1,8})$

Висновки до розділу 2

1. Оптимізація та комплексний аналіз показників дозволяє отримувати детальну інформацію щодо характеристик навчального закладу зі сторони ефективності впровадження енергоощадних заходів, стимулювати для здійснення ефективних управлінських дій у сфері енергоощадження та енергоефективності.

2. Аналіз інформаційних моделей та схеми організації контролю

достовірності енерго-економічних даних, поданих навчальними закладами дозволяє оцінити рівень ефективності існуючої структури обліку та контролю, виявити шляхи їх покращення.

3. Виявлення недостовірної інформації серед наявних вихідних даних, які надані навчальними закладами, з метою недопущення хибного прийняття рішень у сфері енергоефективності, не є прямим наслідком хибних даних. Є підставою для більш детального аналізу вихідних енерго-економічних даних, які мають сумніви у своїй достовірності з подальшим обробленням.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКРИСТАННЯМ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

3.1. Рейтингове оцінювання та ранжування ефективності енерговикористання в навчальних закладах

Основним підґрунтям для оцінювання енергоефективності НЗ є аналіз, порівняння та відповідне ранжування будівель НЗ за поточним рівнем енергоощадження. Таке оцінювання є важливою складовою впровадження адміністративних важелів та моніторингу поточного стану рівня енергоощадження НЗ.

Головною проблемою під час оцінювання рівня енергоефективності НЗ є різна природа характеристичних показників, адже досить часто виникає ситуація неможливості безпосереднього вимірювання рівня показника. Це вимагає застосування таких підходів, які дозволять враховувати різну фізичну природу показників. Одним з таких підходів і є ранжування та рейтингове оцінювання.

Побудова системи збору та оброблення енерго-економічної інформації для прийняття управлінських рішень є основним завданням ранжування. Такий підхід, в першу чергу необхідний для створення та перманентного підтримання системи внутрішнього моніторингу інформації щодо ходу процесів управління та стану енергоощадження в кожному НЗ.

Рейтинговий показник є оцінкою діяльності НЗ, що ґрунтується на наданій системі індикаторів-показників, що дозволять повною мірою виконати оцінювання рівня ефективності енерговикористання НЗ та класифікувати їх з метою визначення поточного стану енергоощадження НЗ.

Ранжування дозволяє не лише вибрати НЗ, які займають "лідерські" та "аутсайдерські" позиції, а й побудувати систему НЗ в порядку зростання (або зменшення) за будь-яким показником.

До складу теорії класифікації, яка займається методами виміру

переважання одних об'єктів над іншими, входить і теорія рейтингування.

Під терміном рейтинг (від лат. rating) розуміємо оцінювання з присвоєнням рангу, класу, розряду чи визначення положення [12]. Рейтингування є одним із варіантів ідентифікації поточного стану рівня ефективності енерговикористання НЗ.

Виходячи із позицій загальної теорії під рейтингом розуміють міру оцінювання об'єкту шляхом приналежності його до якого-небудь класу чи групи, в залежності від його характеристик.

3.2. Багатокритеріальні моделі управління енерговикористанням навчальних закладів

Сформулюємо математична постановку задачі ранжування скінченної множини Π_0 НЗ Π_i , $\Pi_0 = \{\Pi_i | i = \overline{1, m}\}$ [28]. Де кожен НЗ $\Pi_i \in \Pi_0$ характеризує скінченна множина Π_0 показників Π_j , $\Pi_0 = \{\Pi_j | j = \overline{1, n}\}$. Зі сформованої групи показників E_0 , використовують для ранжування обрані експертами показники E_k , $E_k, E_0 = \{E_k | k = \overline{1, l}\}$.

Першим для розгляду оберемо метод ранжування на основі використання правила Борда [12]. Методика котрого полягає у впорядкуванні кожного i -го НЗ за всіма показниками x_{ij} від найкращого до найгіршого за показниками енергоефективності НЗ. Загальний рейтинг НЗ визначають як суму балів НЗ за кожним з показників, причому перше місце отримає НЗ з найбільшою кількістю отриманих балів. Вихідні дані, отримані від НЗ за 2020 рік наведені у табл. 3.1.

Вихідна множина містить m елементів, що описані n ознаками:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1. Показники енергоефективності НЗ за 2020 рік

Найменування НЗ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
ЗОШ № 1	1,32	70,3	88,4	89,3	98,9	1	98,9	6,7	2,12	0,51	1,25	86,92
ЗОШ № 2	1,24	65,4	93,6	88,4	100	1	93,7	8,9	3,90	0,66	2,5	81,6
ЗОШ № 3	1,13	45,7	86,5	90,5	98,3	1	89,91	10,2	9,82	0,45	1,25	88,53
Музична школа № 1	1,06	78,3	90,5	93,6	97,9	1	95,54	9,78	4,55	0,48	1,25	92,31
ЗОШ № 4	1,55	56,7	89,7	86,6	95,5	1	88,6	11,6	3,48	0,37	1,67	92,65
Музична школа № 2	1,36	48,9	87,3	94,6	96,3	1	92,53	8,8	3,71	0,56	1,25	75,83
Музична школа № 3	1,27	78,4	90,6	90,2	97,7	0	92,08	6,86	5,1	0,45	1,67	84,07
Гімназія № 1	0,84	89,1	82,53	88,5	100	1	95,8	7,98	6,07	0,54	1,25	82,4
ДНЗ№ 1	1,04	90,3	86,1	94,7	97,6	0	88,8	5,94	2,28	0,76	2,5	74,6
ДНЗ№ 2	1,21	98,5	72,7	87,0	94,7	0	93,33	15,2	3,45	0,47	1,25	93,28
ДНЗ№ 3	0,95	66,2	88,0	95,6	98,5	1	100	10,3	5,04	0,63	1,25	87,84
ДНЗ№ 4	1,16	45,9	93,3	85,0	99,0	0	96,57	9,5	6,22	0,39	1,67	91,25
ДНЗ№ 5	1,34	60,4	89,8	89,7	94,0	0	91,67	16,5	4,56	0,53	1,67	77,84
ДНЗ№ 6	1,6	82,2	73,0	80,3	95,3	1	97,52	12,4	6,21	0,63	1,25	86,72
ЗОШ № 5	1,36	70,5	91,6	79,8	96,0	0	99,05	17,4	7,23	0,55	1,25	89,51
ДНЗ№ 7	1,04	55,8	74,0	85,3	100	1	100	10,3	9,43	0,38	2,5	81,81
ДНЗ№ 8	1,46	50,6	92,5	86,5	94,0	0	98,08	8,5	6,33	0,62	1,25	87,5
ДНЗ№ 9	1,07	80,4	93,0	93,5	92,7	1	90,88	13,5	5,43	0,64	1,25	83,75
ДНЗ№ 10	0,84	90,4	91,0	93,1	93,0	0	97,03	6,95	4,29	0,56	1,67	84,06
ДНЗ№ 11	0,86	67,7	88,3	83,5	90,6	0	93,3	7,8	10,3	0,47	1,25	86,51
ДНЗ№ 12	1,03	64,6	78,9	86,8	96,6	1	95,7	5,94	3,71	0,38	1,25	91,4
ЗОШ № 6	1,2	89,2	70,5	79,5	97,2	0	92,93	10,86	4,67	0,43	1,67	87,34
ЗОШ № 7	1,23	90,1	80,5	78,5	98,0	1	92,02	11,7	3,45	0,31	1,25	75,89
ДНЗ№ 13	0,72	67,3	91,6	90,2	96,0	0	100	18,2	5,31	0,28	2,5	88,6
ДНЗ№ 14	1,26	78,8	74,5	85,6	100	1	100	14,5	8,45	0,47	1,25	90,5
ДНЗ№ 15	1,13	91,2	81,5	89,8	90,5	0	97,33	6,75	7,34	0,5	1,67	92,1
ДНЗ№ 16	1,25	65,8	91,6	90,2	92,3	1	100	17,7	7,01	0,43	1,25	93,56
ДНЗ№ 17	1,08	92,5	86,4	86,9	95,6	1	87,57	10,6	6,04	0,42	2,5	82,6
ДНЗ№ 18	0,81	94,6	90,4	91,1	99,2	1	89,1	12,8	5,20	0,51	1,25	89,6
ДНЗ№ 19	0,73	88,9	79,4	92,4	93,2	0	96,4	16,1	4,71	0,49	1,67	79,92

де m - кількість НЗ; n – показники, обрані для оцінювання; x_{ik} - значення ознаки k для i -го НЗ.

Значення показників, що входять до матриці (3.1) попередньо нормовано, внаслідок різнотипності фізичної природи (табл.3.2). Нормування показників виконуємо за принципом:

$$a_{ij}^H = a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \quad (3.2)$$

Коефіцієнт Борда за кожним показником визначаємо відповідно до [12]:

$$B(\Pi_i) = |\{ \Pi_k : \Pi_i \succ \Pi_k, \Pi_k \in \{ \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m \} \}|, \quad (3.3)$$

За значеннями часткових коефіцієнтів (визначених для кожного показника окремо), розраховуємо результуючий коефіцієнт $B(\Pi_i)$ для кожного Π :

$$B(\Pi_i) = \sum_{j=1}^n \rho_j B_j(\Pi_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (3.4)$$

де ρ_j - ступінь важливості критеріїв, для котрих справедлива умова:

$$\sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \quad \rho_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.5)$$

Значення проміжних коефіцієнтів Борда наведено у табл. 3.3.

Визначення найкращого НЗ Π^* (табл. 3.4) виконуємо, виходячи з умови:

$$B(\Pi^*) = \max_i B(\Pi_i). \quad (3.6)$$

Значення результуючих коефіцієнтів Борда наведено в табл. 3.4.

Результуючі значення ранжування правилом Борда з визначенням трьох НЗ, які займають лідерські та трьох, які займають аутсайдерські позиції наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.2. Нормалізовані значення вихідних даних ефективності енерговикористання НЗ

Найменування НЗ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗОШ № 1	0,039	0,032	0,034	0,034	0,034	0,059	0,035	0,020	0,013	0,034	0,027	0,034
ЗОШ № 2	0,036	0,030	0,036	0,033	0,035	0,059	0,033	0,027	0,024	0,044	0,053	0,032
ЗОШ № 3	0,033	0,021	0,034	0,034	0,034	0,059	0,032	0,031	0,059	0,030	0,027	0,034
Музична школа № 1	0,031	0,035	0,035	0,035	0,034	0,059	0,034	0,030	0,028	0,032	0,027	0,036
ЗОШ № 4	0,045	0,026	0,035	0,033	0,033	0,059	0,031	0,035	0,021	0,025	0,035	0,036
Вечірня школа № 1	0,040	0,022	0,034	0,036	0,033	0,059	0,033	0,027	0,022	0,038	0,027	0,029
Вечірня школа № 2	0,037	0,035	0,035	0,034	0,034	0,000	0,032	0,021	0,031	0,030	0,035	0,033
Гімназія № 1	0,025	0,040	0,032	0,033	0,035	0,059	0,034	0,024	0,037	0,036	0,027	0,032
ДНЗ № 1	0,030	0,041	0,034	0,036	0,034	0,000	0,031	0,018	0,014	0,051	0,053	0,029
ДНЗ № 2	0,035	0,044	0,028	0,033	0,033	0,000	0,033	0,046	0,021	0,032	0,027	0,036
ДНЗ № 3	0,028	0,030	0,034	0,036	0,034	0,059	0,035	0,031	0,030	0,042	0,027	0,034
ДНЗ № 4	0,034	0,021	0,036	0,032	0,034	0,000	0,034	0,029	0,038	0,026	0,035	0,035
ДНЗ № 5	0,039	0,027	0,035	0,034	0,033	0,000	0,032	0,050	0,028	0,036	0,035	0,030
ДНЗ № 6	0,047	0,037	0,028	0,030	0,033	0,059	0,034	0,038	0,038	0,042	0,027	0,034
ЗОШ № 5	0,040	0,032	0,036	0,030	0,033	0,000	0,035	0,053	0,044	0,037	0,027	0,035
ДНЗ № 7	0,030	0,025	0,029	0,032	0,035	0,059	0,035	0,031	0,057	0,026	0,053	0,032
ДНЗ № 8	0,043	0,023	0,036	0,033	0,033	0,000	0,034	0,026	0,038	0,042	0,027	0,034
ДНЗ № 9	0,031	0,036	0,036	0,035	0,032	0,059	0,032	0,041	0,033	0,043	0,027	0,032
ДНЗ № 10	0,025	0,041	0,035	0,035	0,032	0,000	0,034	0,021	0,026	0,038	0,035	0,033
ДНЗ № 11	0,025	0,031	0,034	0,032	0,031	0,000	0,033	0,024	0,062	0,032	0,027	0,034
ДНЗ № 12	0,030	0,029	0,031	0,033	0,033	0,059	0,034	0,018	0,022	0,026	0,027	0,035

Продовження табл.3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗОШ № 6	0,035	0,040	0,027	0,030	0,034	0,000	0,033	0,033	0,028	0,029	0,035	0,034
ЗОШ № 7	0,036	0,041	0,031	0,030	0,034	0,059	0,032	0,035	0,021	0,021	0,027	0,029
ДНЗ№ 13	0,021	0,030	0,036	0,034	0,033	0,000	0,035	0,055	0,032	0,019	0,053	0,034
ДНЗ№ 14	0,037	0,036	0,029	0,032	0,035	0,059	0,035	0,044	0,051	0,032	0,027	0,035
ДНЗ№ 15	0,033	0,041	0,032	0,034	0,031	0,000	0,034	0,020	0,044	0,034	0,035	0,036
ДНЗ№ 16	0,037	0,030	0,036	0,034	0,032	0,059	0,035	0,054	0,042	0,029	0,027	0,036
ДНЗ№ 17	0,032	0,042	0,034	0,033	0,033	0,059	0,031	0,032	0,037	0,028	0,053	0,032
ДНЗ№ 18	0,024	0,043	0,035	0,034	0,034	0,059	0,031	0,039	0,031	0,034	0,027	0,035
ДНЗ№ 19	0,021	0,040	0,031	0,035	0,032	0,000	0,034	0,049	0,028	0,033	0,035	0,031

Наступним методом ранжування обрано ранжування із застосуванням правила Кондорсе [12], відповідно до якого найкращий НЗ обирають за правилом більшості.

Тобто той, значення рейтингових показників котрего, $\Pi_{ik} > \Pi_{jk}$ більше ніж інших показників k , що більше ніж $\Pi_{ik} < \Pi_{jk}$. Потім визначають найкращий НЗ з тих, що залишилися.

Таблиця 3.3. Значення проміжних коефіцієнтів Борда

Найменування НЗ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
ЗОШ № 1	23	13	16	15	23	13	23	2	0	17	0	14
ЗОШ № 2	19	8	29	13	26	13	13	10	7	28	25	5
ЗОШ № 3	13	0	12	21	21	13	4	13	28	9	0	18
Музична школа № 1	10	15	20	26	19	13	14	12	9	14	0	26
ЗОШ № 4	28	5	17	9	10	13	1	18	4	2	17	27
Музична школа № 2	25	2	13	27	14	13	9	9	5	22	0	1
Музична школа № 3	22	16	21	18	18	0	8	4	14	9	17	11
Гімназія № 1	3	21	9	14	26	13	16	7	19	20	0	7
ДНЗ № 1	8	24	10	28	17	0	2	0	1	29	25	0
ДНЗ № 2	17	29	1	12	8	0	12	24	2	11	0	28
ДНЗ № 3	6	10	14	29	22	13	25	14	13	25	0	17
ДНЗ № 4	15	1	28	5	24	0	18	11	21	5	17	23
ДНЗ № 5	24	6	18	16	6	0	6	26	10	19	17	3
ДНЗ № 6	29	19	2	3	9	13	21	20	20	25	0	13
ЗОШ № 5	25	14	23	2	12	0	24	27	24	21	0	20
ДНЗ № 7	8	4	3	6	26	13	25	14	27	3	25	6
ДНЗ № 8	27	3	26	8	6	0	22	8	22	24	0	16
ДНЗ № 9	11	18	27	25	3	13	5	22	17	27	10	9
ДНЗ № 10	3	25	22	24	4	0	19	5	8	22	17	10
ДНЗ № 11	5	12	15	4	1	0	11	6	29	11	0	12
ДНЗ № 12	7	7	5	10	15	13	15	0	5	3	0	24
ЗОШ № 6	16	22	0	1	16	0	10	17	11	7	17	15
ЗОШ № 7	18	23	7	0	20	13	7	19	2	1	0	2
ДНЗ № 13	0	11	23	18	12	0	25	29	16	0	25	19
ДНЗ № 14	21	17	4	7	26	13	25	23	26	11	0	22
ДНЗ № 15	13	26	8	17	0	0	20	3	25	16	17	25
ДНЗ № 16	20	9	23	18	2	13	25	28	23	7	0	29
ДНЗ № 17	12	27	11	11	11	13	0	16	18	6	25	8
ДНЗ № 18	2	28	19	22	25	13	3	21	15	17	0	21
ДНЗ № 19	1	20	6	23	5	0	17	25	12	15	17	4

Таблиця 3.4. Значення результуючих коефіцієнтів Борда

Найменування НЗ	Коефіцієнти Борда
ЗОШ № 1	159
ЗОШ № 2	196
ЗОШ № 3	152
Музична школа № 1	178
ЗОШ № 4	151
Музична школа № 2	140
Музична школа № 3	158
Гімназія № 1	155
ДНЗ № 1	144
ДНЗ № 2	144
ДНЗ № 3	188
ДНЗ № 4	168
ДНЗ № 5	151
ДНЗ № 6	174
ЗОШ № 5	192
ДНЗ № 7	160
ДНЗ № 8	162
ДНЗ № 9	177
ДНЗ № 10	159
ДНЗ № 11	106
ДНЗ № 12	104
ЗОШ № 6	132
ЗОШ № 7	112
ДНЗ № 13	178
ДНЗ № 14	195
ДНЗ № 15	170
ДНЗ № 16	197
ДНЗ № 17	158
ДНЗ № 18	186
ДНЗ № 19	145

Таблиця 3.5. Результуючі значення ранжування правилом Борда

№ з/п	Розподіл НЗ
1	ЗОШ № 2
2	ДНЗ № 14
3	ДНЗ № 16
⋮	⋮
28	ДНЗ № 11
29	ДНЗ № 12
30	ЗОШ № 7

За правилом Кондорсе переважання між Π визначаємо за наступною методикою: всі Π попарно порівнюють один з одним за всіма показниками та визначаємо кількість значень $C(\Pi_i, \Pi_k)$, що відповідають умові $C(\Pi_i, \Pi_k) \geq [n/2] + 1$ [12]. Для кожної пари (Π_i, Π_k) отримана кількість показує ступінь переважання Π_i над Π_k .

Зводимо результати ранжування правилом Кондорсе до табл. 3.6.

Таблиця 3.6. Результуючі значення за правилом Кондорсе

№ з/п	Розподіл НЗ
1	ЗОШ № 5
2	ДНЗ № 14
3	ДНЗ № 16
⋮	⋮
28	ДНЗ № 11
29	ДНЗ № 12
30	ЗОШ № 7

В якості останнього підходу до ранжування використаємо правило Копеланда [12], результати ранжування за яким наведені в табл. 3.7.

За такого підходу НЗ присвоюють +1 бал, якщо більшість експертів його вважає найкращим та -1, якщо гіршим, і 0 – у випадку рівнозначності. Сумарне значення рейтингу отримаємо як суму всіх оцінок під час порівняння НЗ. Для кожного Π_i визначаємо коефіцієнт Копеланда:

$$Coop(\Pi_i) = |U(\Pi_i)| - |L(\Pi_i)|, i = \overline{1, m}. \quad (3.7)$$

Краще Π^* обираємо з умови:

$$Coop(\Pi^*) = \max_i Coop(\Pi_i). \quad (3.8)$$

За результатами аналізування наданої інформації щодо ефективності

енерговикористання у НЗ визначаємо найкращі НЗ (табл. 3.8).

Таблиця 3.7. Визначення коефіцієнта Копеланда

Найменування НЗ	L	U	Коефіцієнт Копеланда
ЗОШ № 1	10	13	-3
ЗОШ № 2	21	6	15
ЗОШ № 3	11	14	-3
Музична школа № 1	18	6	12
ЗОШ № 4	10	17	-7
Музична школа № 2	8	16	-8
Музична школа № 3	9	15	-6
Гімназія № 1	9	12	-3
ДНЗ № 1	4	21	-17
ДНЗ № 2	9	17	-8
ДНЗ № 3	22	6	16
ДНЗ № 4	13	9	4
ДНЗ № 5	8	13	-5
ДНЗ № 6	17	7	10
ЗОШ № 5	25	1	24
ДНЗ № 7	11	11	0
ДНЗ № 8	14	13	1
ДНЗ № 9	20	6	14
ДНЗ № 10	12	13	-1
ДНЗ № 11	1	28	-27
ДНЗ № 12	2	26	-24
ЗОШ № 6	3	21	-18
ЗОШ № 7	1	26	-25
ДНЗ № 13	18	7	11
ДНЗ № 14	26	0	26
ДНЗ № 15	9	10	-1
ДНЗ № 16	26	1	25
ДНЗ № 17	9	15	-6
ДНЗ № 18	20	5	15
ДНЗ № 19	6	17	-11

Із порівняння значень табл. 3.9, що наявна незначна різниця в результуючих даних, отриманих за трьома правилами ранжування, що підтверджує достовірність отриманих результатів.

Таблиця 3.8. Розподіл за рівнем ефективності енерговикористання НЗ (правило Копеланда)

№ з/п	Найменування НЗ
1	ЗОШ № 5
2	ДНЗ № 14
3	ДНЗ № 16
⋮	⋮
28	ДНЗ № 11
29	ДНЗ № 12
30	ЗОШ № 7

Порівняльна таблиця значень, отриманих за всіма правилами ранжування наведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9. Порівняння результуючих значень за правилами ранжування

№ з/п	Розподіл НЗ за правилами		
	Борда	Кондорсе	Копеланда
1	ЗОШ № 2	ЗОШ № 5	ЗОШ № 5
2	ДНЗ № 14	ДНЗ № 14	ДНЗ № 14
3	ДНЗ № 16	ДНЗ № 16	ДНЗ № 16
⋮	⋮	⋮	⋮
28	ДНЗ № 11	ДНЗ № 11	ДНЗ № 11
29	ДНЗ № 12	ДНЗ № 12	ДНЗ № 12
30	ЗОШ № 7	ЗОШ № 7	ЗОШ № 7

Висновки до розділу 3

1. Рейтингове оцінювання та ранжування є основним підходом до оцінювання рівня ефективності енерговикористання навчальних закладів у разі наявності характеристичних показників різної фізичної природи.

2. Під час формування рейтингу навчальних закладів за показниками, що дозволяють здійснити оцінювання рівня ефективності енерговикористання доцільно враховувати такі його основні характеристики, як комплексність і

порівнювальність.

3. Ранжування навчальних закладів за рівнем ефективності енерговикористання трьома підходами з використанням правил Борда, Кондорсе та Копеланда дозволило визначити "лідерів" та "аутсайдерів" серед множини навчальних закладів.

РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС ВИБОРУ ПРОЄКТІВ З ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

4.1. Концептуальні механізми створення та проектування моделі системи енергетичного моніторингу вибору проєктів з енергоощадження для навчальних закладів

Оптимізація витрат на утримання навчальних закладів, які фінансують місцеві бюджети є зменшення витрат на оплату ПЕР, тобто впровадження комплексних дій, що сприятимуть раціональному енерговикористанню ресурсів. Розроблення єдиної комплексної системи дозволить створити підґрунття для ефективного використання енергоресурсів та раціоналізації системи платежів за ПЕР.

Аналізування досвіду впровадження та реалізації планів відбору енергоощадних проєктів показав, що: а) структура енергоощадних заходів різноманітна; б) групування енергоефективних проєктів довільне; в) відсутня однаковість показників ефективності енергозберігаючих проєктів. Крім того, ефективність енергоефективних проєктів часто розглядають як інформативно-довідковий матеріал та недостатньо враховують під час прийняття управлінських рішень. Відбір та розроблення набору енергоощадних заходів дуже часто здійснюють безсистемно та без належного економічного обґрунтування. У загальному комплексі енергоощадних проєктів разом з великими та відносно капіталоемними (наприклад, впровадження новітніх технологій, модернізація тощо) поєднують з проєктами, реалізація котрих не вимагає значних витрат.

В той же час, запропонована СЕМ дозволить отримувати інформацію щодо параметрів НЗ, що в свою чергу, надасть можливість приймати оперативні рішення з управління енергоощадністю та енергоефективністю. Шляхом обґрунтування енергоефективних проєктів з енергоощадження та їх

вибір, створює передумови для формування регіональної політики з енергоощадження на місцях.

Місце енергетичного моніторингу у функціональній моделі системи управління енергоефективністю НЗ наведена на рис. 4.1. та ілюструє увесь цикл вибору проєктів з енергоощадження з використанням СЕМ.

Аналізування різноманітних підходів до поняття розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів для будівель НЗ вимагає комплексного підходу. Де під енерго-економічними ресурсами розуміють енергетичні та фінансові ресурси, які використовують в енергетичному господарстві НЗ та виокремлюють на фінансування проєктів з енергоощадження з подальшим розподілом серед НЗ.

Графічне представлення системи розподілу та перерозподілу ресурсів для НЗ подамо у вигляді рис. 4.2.

Нехай у розпорядженні місцевого органу управління освітою є енергетичний та економічний ресурси в кількості L . Де під місцевим органом управління освітою розуміється державний управляючий орган освіти, який надає енергетичний та економічний ресурси, що працює згідно угод та позик Світового банку. Споживачем є організація, бюджетна установа - навчальний заклад який використовує ці енергетичні та економічні ресурси. Завдання розподілу енергетичного та економічного ресурсів має на меті знаходження такого його розподілу між усіма навчальними закладами, яке максимізувало б деякий критерій - ефективність енерговикористання.

Нехай є множина $I = \{1, 2, \dots, n\}$ НЗ з функцією переваги:

$$\varphi_i(x_i), \quad i \in I,$$

де x_i - кількість енергетичного та економічного ресурсів i -го НЗ.

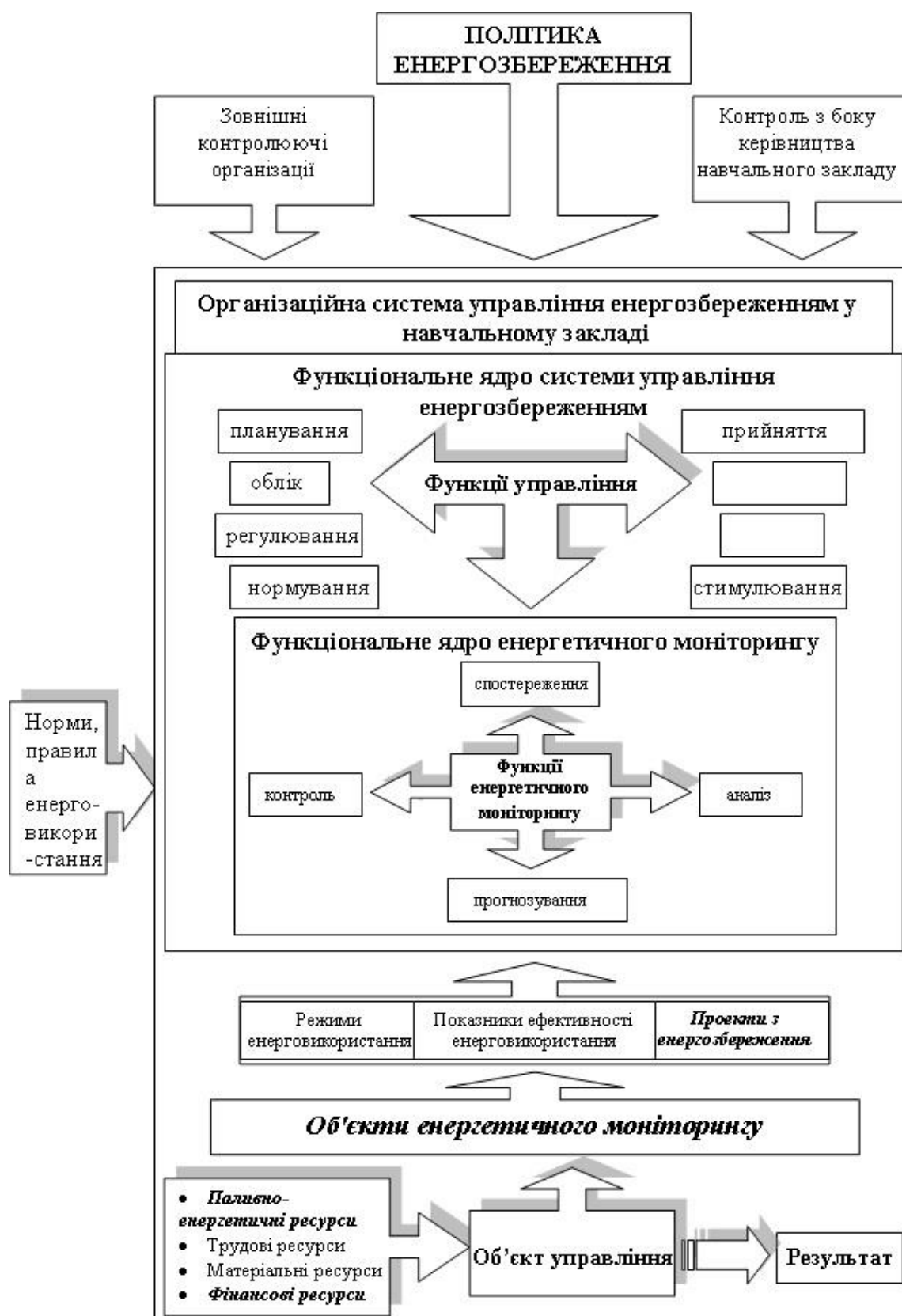


Рис. 4.1. Модель системи управління енергоефективністю НЗ



Рис. 4.2. Принципи розподілу енергетичних та економічних ресурсів для НЗ

Кількість цього ресурсу визначають відповідно до процедури планування:

$$x_i = f_i(L) \geq 0, i \in I,$$

де $L = \sum_{j=1}^m R_j$ – розподілена кількість енергетичного та економічного ресурсів для усіх НЗ;

R - значення енергетичного та економічного ресурсу для j -ого навчального закладу; f_i - процедура розподілу енергетичного та економічного ресурсів.

Всі енергетичні та економічні ресурси розподілені повністю: $\sum_{i=1}^n x_i = L$.

Енергетичний та економічний ресурси розподіляють у рівних (або довільних) частинах між усіма НЗ, що перебувають на балансі.

Розглядаючи механізми розподілу та перерозподілу енергетичних та економічних ресурсів L в умовах невизначеності можна стверджувати, що на практиці досить поширена ситуація, в якій спочатку розробляють механізми розподілу однієї кількості енергетичного та економічного ресурсів, а потім виявляється, що розподіляти доводиться іншу (як правило, меншу) кількість енергетичного та економічного ресурсів. Розглянемо механізми розподілу

енергетичних та економічних ресурсів в умовах апріорної невизначеності відносно сумарної кількості ресурсу, яку будемо розподіляти.

Розглянемо систему забезпечення навчальних закладів необхідними енергетичними та економічними ресурсами – систему розподілу ресурсів. Системи, в якій центр віддає споживачам енергетичний та економічний ресурси які має у своєму розпорядженні називатимемо системою розподілу енергетичних та економічних ресурсів. На рис. 4.3 наведена найпростіша типова система розподілу енергетичних та економічних ресурсів.

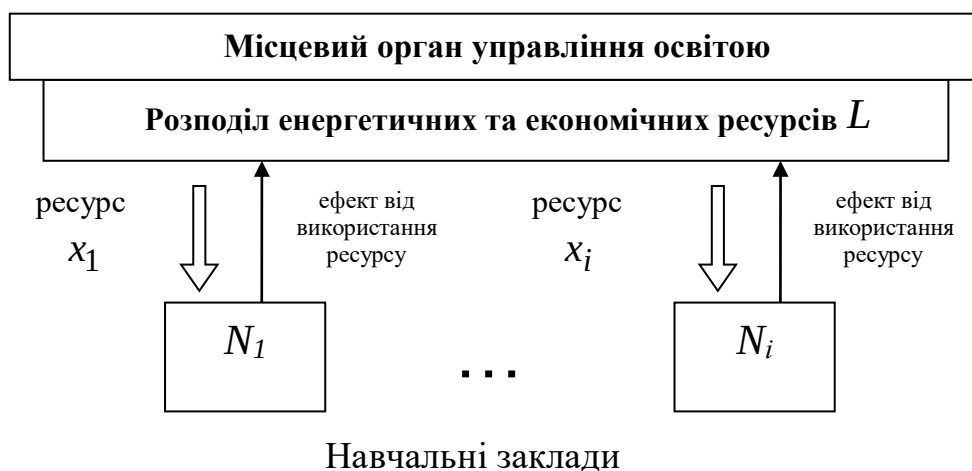


Рис. 4.3. Система розподілу енергетичних та економічних ресурсів НЗ

Наявність систем перерозподілу дозволяє ефективніше використовувати та розподіляти наявні енергетичні та економічні ресурси, забезпечити необхідними енергетичними ресурсами більшу кількість НЗ.

Перерозподіл енергетичних та економічних ресурсів (рис. 4.4.) виконують аналогічно до системи розподілу з тією лише різницею, що виконують детальний аналіз використання ресурсів, енерго-економічної інформації варіантів перерозподілу, враховуючи досягнуті результати з енергоефективності та ступінь освоєння фінансових ресурсів.

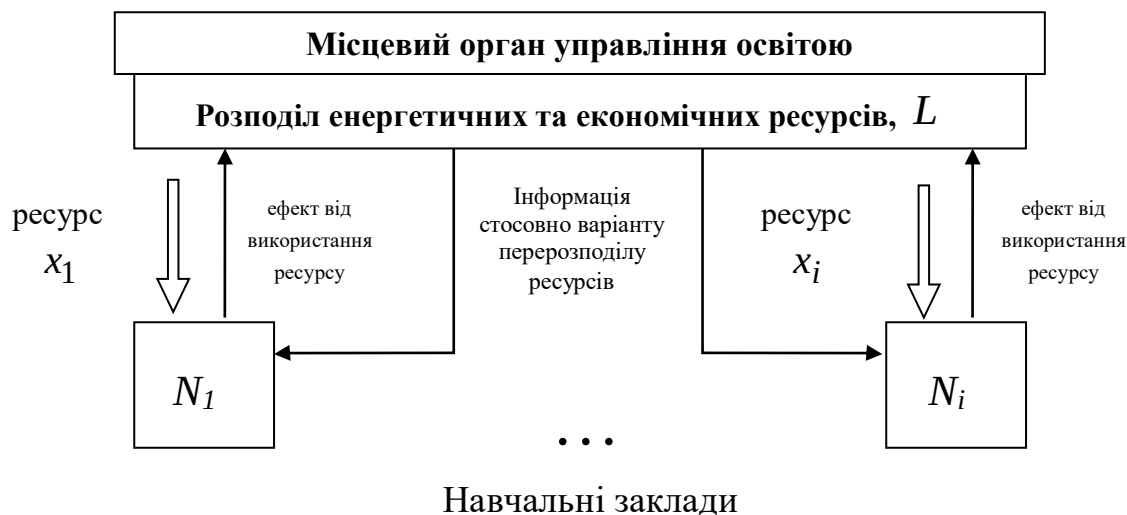


Рис. 4.4. Система розподілу енергетичних та економічних ресурсів для НЗ

Таблиця 4.1. Перелік запланованих енергоощадних проєктів НЗ

№ з/п	Навчальний заклад	Енергоощадні проєкти	Вартість розроблення та впровадження, грн	Вартість заощаджених ПЕР, грн
1	ЗОШ № 1			
1.1		Встановлення радіаторних рефлекторів	37766	1518
1.2		Ущільнення стиків вікон та дверей	24040	1898
1.3		Встановлення системи регулювання опалення та ГВП	75532	11387
1.4		Встановлення аераторів на водопровідних кранах	3777	380
1.5		Встановлення лічильників тепла	21280	15183
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	ДНЗ № 19			
30.1		Встановлення радіаторних рефлекторів	37099	1754
30.2		Ущільнення стиків вікон та дверей	23640	2193
30.3		Встановлення системи регулювання опалення та ГВП	74198	13158
30.4		Встановлення аераторів на водопровідних кранах	3710	439
30.5		Встановлення лічильників тепла	20880	17544

Дана вихідна інформація буде застосовуватися для реалізації усіх

розроблених моделей визначення оптимальної сукупності проєктів з енергоощадження у визначених умовах їх реалізації на практиці. Застосування однакових вихідних даних для усіх моделей дозволить отримати закономірності щодо результуючої сукупності набору проєктів.

На разі досить часто розмір необхідних витрат на впровадження енергоощадних проєктів значно перевищують наявні розміри планового фінансування. У такому випадку виникає необхідність відбору обмеженої кількості енергоощадних проєктів.

Тобто сформовано задачу: із всієї сукупності енергоощадних проєктів обрати найефективніші за умов обмежених фінансових ресурсів. Зважаючи на значну кількість запропонованих проєктів, кількість котрих набагато більша, ніж можна обрати, доцільно ввести дискретні змінні x_j ($j = \overline{1, n}$), які відповідають кожному обраному проєкту:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-ий проєкт вибирається для реалізації;} \\ 0, & \text{якщо } j\text{-ий проєкт не вибирається.} \end{cases}$$

Цільова функція набуде вигляду:

$$Z = \max \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (4.1)$$

Обмеження на наявні фінансові ресурси:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_j \cdot x_j &\leq R; \\ x_j &= \{0, 1\}; \quad j = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

де $x_j = \{0, 1\}$ - обмеження на змінні, $0 \leq a_j \leq R$ - обмеження на коефіцієнти;

$c_j x_j$ - значення розміру заощаджених енергоресурсів;

$a_j x_j$ - значення необхідних фінансових витрат на реалізацію проєкту.

Об'єм необхідних економічних ресурсів для вибору усіх енергозберігаючих проєктів буде $\sum_{j=1}^n a_j x_j$. При цьому витрати не повинні перевищувати ресурси R які були надані з бюджету на кожний НЗ.

Задача такого типу належить до задач лінійного програмування та можуть бути розв'язані, наприклад, за допомогою методу випадкового пошуку [22]. Рішення задачі цим методом забезпечує можливість розрахунку ефективності за початковими джерелами економічних ресурсів та дає можливість оперативного перерахунку вибору оптимальної сукупності проєктів з енергоощадження, які дають більший ефект економії ПЕР, в залежності від зміни фінансових ресурсів.

Задача параметричного програмування у якій вихідні дані та цільова функція залежать від параметру t , полягає у знаходженні для кожного значення параметру t з проміжку його зміни $[\alpha, \beta]$ максимального значення функції.

Цільова функція має вид:

$$Z = \max \sum_{j=1}^n (c'_j + c''_j t) x_j \quad (4.3)$$

Функція мети для ефективного функціонування НЗ має вигляд [23]:

$$E_i = g(q_i, f(u_i(x_j), r_i(x_j))) \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, K} \quad (4.4)$$

де q_i , $i = \overline{1, K}$ - деякий визначений рівень енергоефективності за результатами ранжування навчальних закладів (K – кількість навчальних закладів);

f - функція, що відображає ресурси та умови у результати енергоефективного функціонування навчальних закладів;

$u_i(x_j)$ - вектор показників, що характеризують енергетичні та економічні ресурси;

$r_i(x_j)$ - вектор показників, що характеризує досягнутий стан з енергоефективності i -го НЗ реалізуючи x_j проекти;

g - функція, що відображає фактичні результати та потенціали енергоефективності навчальних закладів у показники ефективності їх роботи у сфері енергоощадження.

Обмеження набувають вид:

$$\sum_{j=1}^n a_j \cdot x_j \leq R \quad (4.5)$$

$$0 \leq a_j \leq R, \quad (4.6)$$

де c'_j , c''_j , a_j , R - задані постійні значення.

Розглянемо розв'язання задачі вибору проектів з енергоощадження за допомогою методу випадкового пошуку.

На першому етапі виконуємо аналізування вихідних даних НЗ та обираємо перелік енергоощадних заходів, зокрема найбільш простих:

n_1 - встановлення радіаторних рефлекторів;

n_2 - ущільнення стиків вікон та дверей;

n_3 - встановлення системи регулювання опалення та ГВП;

n_4 - встановлення аераторів на водопровідних кранах;

n_5 - встановлення лічильників тепла.

Встановимо обмеження фінансових ресурсів для всієї сукупності проектів для кожного НЗ (табл. 4.1) в 50 000 грн.

Далі, із застосуванням методу випадкового пошуку [22], враховуючи обмеження, отримуємо результуючі дані, які відображають оптимальний розподіл економічних бюджетних ресурсів для усіх НЗ.

Наприклад, для першого об'єкту ЗОШ № 1 за умови $t=0$ модель розрахунку набуде вигляду:

$$f(x_j) = (1518 + 1484t)x_1 + (1898 + 1852t)x_2 + (11387 + 11325t)x_3 + (380 + 374t)x_4 + (15183 + 15010t)x_5 \rightarrow \max \quad (4.7)$$

з врахуванням обмежень:

$$\varphi_1(x_j) = 37766,02x_1 + 22659,61x_2 + 75532,04x_3 + 3776,6x_4 + 22659,61x_5 \leq 50000, \quad (4.8)$$

$$x_j = \{0,1\}, \quad i = (\overline{1,5}), \quad (4.9)$$

де $f(x_j)$ – ефект від вибору всіх енергоощадних проєктів, грн;

$\varphi_1(x_j)$ – кошторисна вартість вибору проєктів з енергоощадження, грн;

x_j – проекти з енергоощадження.

Для ЗОШ № 1 результуюче значення заощадження теплової енергії у грн за звітній період становитиме: $f_1(x_j) = 17460$ грн; $\varphi^*(x_2^*, x_4^*, x_5^*) = 49096$ грн < 50000 грн.

Тобто, оптимальним у випадку обмежень (4.8) та (4.9) є вибір проєктів x_2, x_4, x_5 . Аналогічні розрахунки виконуємо для всіх НЗ, результати розрахунків наведені у таблиці 4.2.

Таким чином, реалізація СЕМ має на меті аналізування та подальше впровадження енергоефективних проєктів, враховуючи досягнуті результати з енергоефективності в умовах наявних економічних ресурсів.

Під час розроблення та використання моделі аналізу вибору проєктів з енергоощадження постає питання щодо достовірності отриманих результатів. Для цього проаналізуємо алгоритм розрахунку у процесі аналізу різномірної інформації, вихідних даних різного порядку для отримання закономірностей стосовно отриманих результуючих значень.

Для виконання поставленої задачі проаналізуємо отримані результати розрахунків (табл. 4.1) під час використання вихідної інформації іншого виду. Для цього в алгоритмах розрахунку введемо обмеження на фінансові ресурси R

в розмірі 35000 грн та 70000 грн (Рис. 4.5.).

Таблиця 4.2. Результати розрахунків з використанням методу випадкового пошуку

№ з/п	Навчальний заклад	Енергоощадні проєкти	Вартість розроблення та впровадження, грн	Вартість заощаджених ПЕР, грн., для $t=0$
1	ЗОШ № 1			
1.2		Ущільнення стиків вікон та дверей	24040	1898
1.4		Встановлення аераторів на водопровідних кранах	3777	380
1.5		Встановлення лічильників тепла	21280	15183
		Всього	49097	17461
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	ДНЗ № 19			
30.2		Ущільнення стиків вікон та дверей	23640	2193
30.4		Встановлення аераторів на водопровідних кранах	3710	439
30.5		Встановлення лічильників тепла	20880	17544
		Всього	48230	20176

Здійснивши аналогічні модельні розрахунки отримаємо сукупність вибраних проєктів з енергоощадження.

Порівнюючи результати з результуючими значеннями первинних розрахунків отримуємо співпадіння за наступними проєктами:

- ущільнення стиків вікон та дверей;
- встановлення аераторів на водопровідних кранах;
- встановлення лічильників тепла.

Подібність отриманих результатів підтверджує стабільність запропонованої моделі аналізу та можливість її використання для аналізу різного виду вихідної інформації та як апарату для подальшого аналізу даних та прийняття управлінських рішень у сфері енергоощадження.

енергоощадний проєкт проект дозволить досягти заощадження певного рівня енергетичних ресурсів c_j , т у. п.); a_j - це витрати фінансових ресурсів на реалізацію кожного j -го проєкту; R - це визначений об'єм фінансових ресурсів. За результатами ранжування визначено поточний стан енергоефективності навчальних закладів q_i , $i = \overline{1, K}$.

Необхідно виконати вибір із сукупності проєктів найефективніших, з точки зору ефективності енерговикористання, кінцевого заощадження енергоресурсів, в умовах наданих фінансових ресурсів.

Враховуючи невизначеність величини c_j , цільову функцію (4.1) подамо у вигляді:

$$\tilde{Z} = \max \sum_{j=1}^n \tilde{c}_j x_j, \quad (4.10)$$

де $\tilde{Z}$ - нечітка цільова функція; $\tilde{c}_j$ - нечіткі коефіцієнти.

Функція мети для ефективного функціонування навчальних закладів записується у чіткій постановці та має вид:

$$E_i = g(q_i, f(u_i(x_j), r_i(x_j))) \rightarrow \max, \quad i = \overline{1, K}, \quad (4.11)$$

Враховуючи невизначеність величини a_j обмеження (4.5), (4.6) подамо у вигляді:

$$\tilde{\varphi}_1(x_j) = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_j x_j \subseteq \tilde{R}, \quad (4.12)$$

де $\tilde{\varphi}_1(x_j)$ - нечіткі функції x_j ;

$F(R^m) \rightarrow F(R)$, де $F(R^m)$ та $F(R)$ - сукупність нечітких множин, які визначені на m -мірному просторі R^m і на множині дійсних чисел R ; $\tilde{a}_j$ - нечіткі коефіцієнти.

Треба врахувати, що у разі прямого перебирання довільних комбінацій,

які пропонуються до вибору проєктів, можуть виникнути технічно несумісні. Допустимі сполучення проєктів з енергоощадження визначимо умовою:

$$\sum_{j \in R_s}^n x_j \leq 1, \quad s = \overline{1, S}, \quad (4.13)$$

де R_s - множина індексів проєктів які складають q -е недопустиме сполучення; S - загальна кількість недопустимих сполучень проєктів.

Для спрощення задачі оптимізації скористаємося методом заміни нечітких множин множинами α - рівня. Тоді виявляється, що достатньо вирішити задачу (4.1) враховуючи обмеження:

$$\varphi_1^\alpha(x_j) = \sum_{j=1}^n a_j^\alpha x_j \leq R^\alpha, \quad \sum_{j \in R_q}^m x_j \leq 1, \quad q = \overline{1, Q}, \quad (4.14)$$

А така задача є задачею класичного лінійного програмування на α -рівні. А початкову задачу можна звести до рішення безлічі нескінчених класичних задач оптимізації. Якщо прийняти, що рішенням задачі (4.1) буде значення x_j^α , то рішення початкової задачі буде мати вигляд:

$$x_j^*(x_j^\alpha) = \sup \left\{ \alpha / f(x_j^\alpha) = \max_{x_j^\alpha} f(x_j) \right\}. \quad (4.15)$$

Задача оптимізації з нечіткою ціллю та нечіткими обмеженнями у векторному вигляді має вид: $\mu_{\tilde{f}} \in F[F(R^m)]$ – нечітка ціль, а $\mu_{\tilde{f}_1} \in F(R^m)$ – нечітке обмеження. А отже, задачею оптимізації є умова:

$$\tilde{Z} = \tilde{f}(x) = \tilde{c}x \rightarrow \max \quad (4.16)$$

Функція мети для ефективного функціонування навчальних закладів записується аналогічно (4.11).

Обмеження задачі має вид:

$$\tilde{a}x \subseteq \tilde{R} . \quad (4.17)$$

Для рішення задачі (4.16) та (4.17) об'єднаємо дві задачі – оптимізацію з нечіткою ціллю та чіткими обмеженнями і задачу оптимізації з чіткою ціллю та нечіткими обмеженнями. Отримаємо наступну модель

$$f^{\alpha_l}(x) = c^{\alpha_l} x \rightarrow \max , \quad (4.18)$$

$$a^{\alpha_l} x \leq R^{\alpha_l} , \quad (4.19)$$

$$\text{де } \alpha_l (l = \overline{0, k}) \in [0, 1], \quad \tilde{f} = \sum_{l=0}^k \mu_l / f^{\alpha_l}, \quad \tilde{\varphi}_1 = \sum_{l=0}^k \mu_l / \varphi_1^{\alpha_l}, \quad \mu_l \geq 1 - \alpha.$$

За моделями (4.10) та (4.12) використаємо метод заміни нечітких множин множинами α -рівня. З цією метою на першому кроці формуємо множину вихідних даних, аналогічно табл.4.1. Однак враховуємо, що параметру “вартість заощаджених ПЕР” притаманна невизначеність вихідної енерго-економічної інформації. У такому разі даний параметр корегуємо на “Параметри, які визначають рівень заощадження теплової енергії, т у. п.”.

Вихідних дані параметрів a , b та наближеної точкової оцінки L переліку проєктів з енергоощадження, які плануються для вибору в НЗ наведені у табл. 4.3.

Нехай на поточний звітний період моніторингу були заплановані для вибору наступні проєкти x_j , кожний з яких позначимо як A_j :

x_1 - встановлення радіаторних рефлекторів A_1 ;

x_2 - ущільнення стиків вікон та дверей A_2 ;

x_3 - встановлення системи регулювання опалення та ГВП A_3 ;

x_4 - встановлення аераторів на водопровідних кранах A_4 ;

x_5 - встановлення лічильників тепла A_5 .

Таблиця 4.3. Вихідні технічних даних параметрів a , b та наближеної точкової оцінки L переліку проєктів з енергоощадження

№ з/п	Навчальний заклад	Енергоощадні проєкти	Вартість розробки та впровадження проєктів, грн	Параметри які визначають рівень економії теплової енергії, т у. п.		
				a	L	b
1	ЗОШ № 1	$A_{1.1}$	37766	0,69	0,72	0,76
		$A_{1.2}$	24040	0,86	0,90	0,95
		$A_{1.3}$	75532	5,17	5,42	5,68
		$A_{1.4}$	3777	0,17	0,18	0,19
		$A_{1.5}$	21280	6,89	7,23	7,57

Економічні ресурси на вибір сукупності енергоощадних проєктів для кожного НЗ (табл. 4.3) становитимуть 50000 грн.

На другому кроці вже формуємо нечітку модель для кожного з 30-ти НЗ:

$$f(x_j) = \sum_{j=1}^n (0,5/a_j + 1/L_j + 0,5/b_j)x_j \rightarrow \max \quad (4.20)$$

Для ЗОШ № 1 нечітка модель подана у вигляді:

$$\begin{aligned} f_1(x_j) = & (0,5/0,69 + 1/0,72 + 0,5/0,76)x_1 + (0,5/0,86 + 1/0,90 + 0,5/0,95)x_2 + \\ & + (0,5/5,17 + 1/5,42 + 0,5/5,68)x_3 + (0,5/0,17 + 1/0,18 + 0,5/0,19)x_4 + \\ & + (0,5/6,89 + 1/7,23 + 0,5/7,57)x_5 \rightarrow \max \end{aligned} \quad (4.21)$$

враховуючи обмеження задачі:

$$\varphi_1(x_j) = 37766,02x_1 + 22659,61x_2 + 75532,04x_3 + 3776,6x_4 + 22659,61x_5 \leq 50000, \quad (4.22)$$

$$x_j = \{0,1\}, \quad i = (\overline{1,5}), \quad (4.23)$$

де $f(x_j)$ – ефект від вибору всіх проєктів з енергоощадження, т у. п.;

$\varphi_1(x_j)$ – кошторисна вартість вибору проєктів з енергоощадження, грн;

x_j – проєкти з енергоощадження, кожному з яких присвоєно найменування: $\dot{A}_i$:

$x_1 - \dot{A}_1$; $x_2 - \dot{A}_2$; $x_3 - \dot{A}_3$; $x_4 - \dot{A}_4$; $x_5 - \dot{A}_5$.

Задача оптимізації вибору проєктів з енергоощадження заснована на таких значеннях x_j , $i = (\overline{1,5})$, при яких досягається максимізація економії ПЕР при обмеженнях (4.22), (4.23).

На третьому кроці з використанням методу повного перебору [10] визначаємо розмір заощадженої теплової енергії у разі впровадження усіх можливих варіантів груп проєктів. Отримавши багатокритеріальную задачу, вирішуємо її із застосуванням методу згортки критеріїв з фіксованими пріоритетами λ_i ($i = \overline{1,3}$).

В результаті максимізації згортки критеріїв згідно виразу

$$J = \lambda_1 f(x_j)^{0,5} + \lambda_2 f(x_j)^{0,5} + \lambda_3 f(x_j)^{0,5}, \quad (4.24)$$

де $\sum_{j=1}^3 \lambda_i = 1$, отримаємо

$$\begin{aligned} J = & 0,25(0,69x_1 + 0,86x_2 + 5,17x_3 + 0,17x_4 + 6,89x_5) + \\ & + 0,50(0,72x_1 + 0,90x_2 + 5,42x_3 + 0,18x_4 + 7,23x_5) + \\ & + 0,25(0,76x_1 + 0,95x_2 + 5,68x_3 + 0,19x_4 + 7,57x_5). \end{aligned} \quad (4.25)$$

Методом повного перебору було визначено наступний набір проєктів:

$x_1^* = 0$, $x_2^* = 1$, $x_3^* = 0$, $x_4^* = 1$, $x_5^* = 1$. Значення сумарного заощадження

теплової енергії в т у. п. та у грн становитиме: $f_1(x_j) = 8,32 \text{ т у. п.} = 3173 \text{ грн}$;
 $\varphi^*(x_2^*, x_4^*, x_5^*) = 49096 \text{ грн} < 50000 \text{ грн}$. Вочевидь, у даному випадку, оптимальним є вибір проєктів x_2, x_4, x_5 . Аналогічні розрахунки проводимо для навчальних закладів які залишились. Фрагмент результуючих значень отриманої економії теплової енергії від набору проєктів з енергоощадження, які відображають оптимальний розподіл економічних ресурсів для кожного з 30 навчальних закладів наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Результуючі значення отриманого заощадження теплової енергії від вибору певного набору проєктів

з/п	Навчальний заклад	Енергоощадні проєкти	Вартість розроблення та впровадження проєктів, грн.	Заощадження теплової енергії $f(x_j)$	
				т у. т.	грн
1	ЗОШ № 1				
		$A_{1,2}$	24040	8,32	3173
		$A_{1,4}$	3777		
		$A_{1,5}$	21280		
		Всього	49097		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	ДНЗ № 19				
		$A_{1,2}$	23640	9,61	3666
		$A_{1,4}$	3710		
		$A_{1,5}$	20880		
		Всього	48230		

Для перевірки достовірності отриманих результатів, отриманих даним методом, проаналізуємо наведений алгоритм для випадку вихідних даних різного порядку. Змінивши в алгоритмах розрахунку обмеження на економічні ресурси R в розмірі 35000 грн та 70000 грн (рис. 4.6.).

Здійснивши аналогічні модельні розрахунки отримаємо результуючі значення вибраних проєктів з енергоощадження в навчальних закладах.

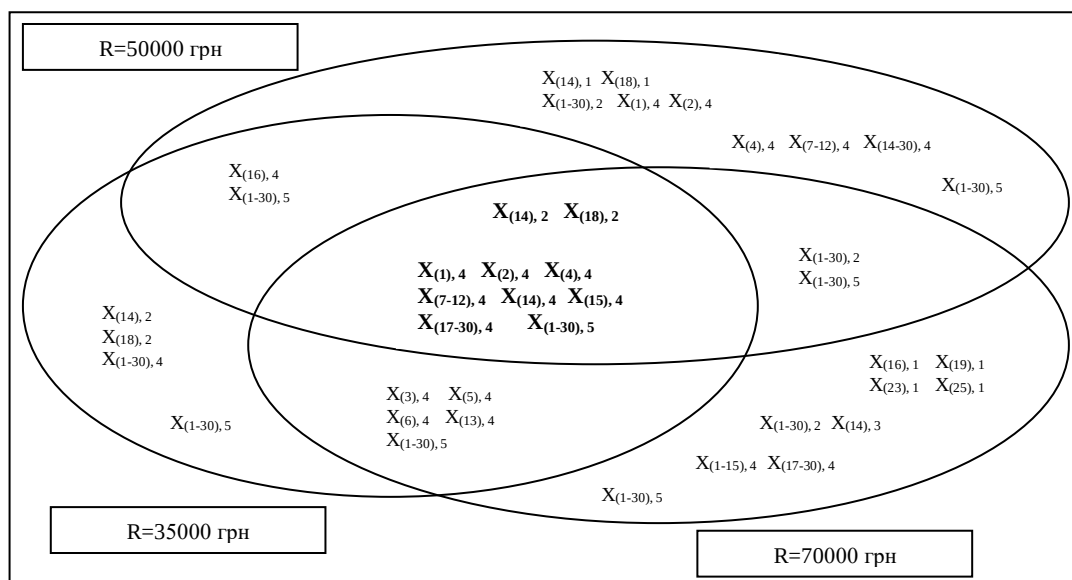


Рис. 4.6. Модель вибору енергоощадних проєктів

Порівнюючи результати з результуючими значеннями первинних розрахунків отримуємо співпадіння за наступними проєктами з енергоощадження:

- ущільнення стиків вікон та дверей;
- встановлення аераторів на водопровідних кранах;
- встановлення лічильників тепла.

Подібність отриманих результатів підтверджує стабільність запропонованої моделі аналізу та можливість її використання.

Висновки до розділу 4

Застосування методів експертної оцінки показників впливу на управління енерговикористанням навчальних закладів дозволило проранжувати їх та виокремити пріоритетні показники. Експертне оцінювання проводилось із залученням 19-х експертів, міра узгодженості думок яких перевірена та підтверджена методами статистичного оброблення інформації із використанням коефіцієнта конкордації.

4. Впровадження енергетичного моніторингу дозволяє ефективно систематизувати та застосувати управлінські важелі впливу стосовно формування фінансових кошторисів та розподілу економічних ресурсів серед масиву навчальних закладів.

Результати досліджень можуть бути використані органами місцевої влади під час формування та розподілу фінансових ресурсів, а також вибору енергоощадних проєктів для бюджетних закладів освіти. Впровадження запропонованих у роботі підходів дозволить зменшити споживання теплової енергії в навчальних закладах на 5-10%.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Система управління енерговикористанням у навчальних закладах потребує чіткого взаємозв'язку між усіма складовими. Це питання легко вирішують із впровадженням систем енергетичного моніторингу, що дозволять поєднати всі необхідні функції: контроль, спостереження в режимі реального часу, аналізування, оцінювання та прогнозування потреб на ПЕР.

Система енергетичного моніторингу дозволить обґрунтовано та адекватно впроваджувати адміністративні важелі впливу, сприяє структуризації та полегшенню загальної енергетичної ситуації у місті, районі, є необхідною складовою антикризової системи дій та системи управління в умовах постійного зростання цін на енергоресурси.

5.1. Визначення додаткових капіталовкладень

Додаткові капіталовкладення під час впровадження системи об'єднують: поточну вартість обладнання, витрати на доставку, витрати на монтаж, пусконаладжувальні роботи, витрати на створення програмного забезпечення, витрати на пальне для чергової бригади. Результати розрахунків наводимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок додаткових капітальних вкладень

№ з/п	Найменування об'єкту капіталовкладень	Сума, грн
1	Програмна продукція	12700
2	Сервер моніторингу	7200
3	АРМ диспетчера на базі Acer Aspire Z1-623(ПК)	11300
4	МФУ Kyocera FS-1025MFP (принтер)	5240
5	Мережеве обладнання	2250
6	Блок моніторингу	9820
	Всього	48510
	Витрати на доставку, монтаж та пусконаладжувальні роботи (12% від вартості обладнання та програмної продукції)	5821.2
	Всього капіталовкладень	54331,2

5.2. Визначення річних експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на систему моніторингу визначаємо за умови функціонування системи впродовж року. Розрахунки виконано для двох варіантів та наведено в табл. 5.2.

Розрахуємо розмір заробітної плати для базового варіанту.

Фонд заробітної плати експлуатаційного персоналу:

$$\Phi_{EKC} = Q_E \cdot T_{CE} \cdot K_\phi = 2448 \cdot 37,89 \cdot 1,35 = 125218,87 \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де Q_E – річна трудомісткість технічних робіт;

T_{CE} – середня часова тарифна ставка експлуатаційних робітників;

K_ϕ – коефіцієнт, який враховує премії та усі види грошових виплат. В розрахунках може бути прийнятий (1,25 - 1,35).

Розмір основної та додаткової заробітної плати експлуатаційних робітників з врахуванням відрахувань в органи соціального страхування та інші фонди становить:

$$Z'_{EKC} = \Phi_{EKC} \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) = 125218,87 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 152767,02 \text{ грн} \quad (5.2)$$

де H - норматив відрахувань може бути прийнята в розмірі, 10—15% від Z'_{EKC} .

Вартість експлуатаційних матеріалів приймаємо:

$$Z_{EM} = 0,15 \cdot Z'_{EKC} = 0,15 \cdot 152767,02 = 22915,05 \text{ грн} \quad (5.3)$$

Розмір основної та додаткової заробітної плати ремонтних робітників з відрахуваннями становить:

$$Z'_{PEM} = 0,6 \cdot \Phi_P \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) = 0,6 \cdot 80367,282 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 58828,85 \text{ грн} \quad (5.4)$$

де 0,6 - коефіцієнт, який враховує частку поточних ремонтів в загальній сумі ремонтних робіт;

$\Phi_P = Q_P \cdot T_{CP} \cdot K_\phi = 1388 \cdot 42,89 \cdot 1,35 = 80367,282 \text{ грн}$ – фонд оплати праці ремонтного персоналу, Q_P – річна трудоемність ремонтних робіт; T_{CP} – середня часова тарифна ставка ремонтного робітника; K_ϕ – коефіцієнт, який враховує премії та усі види грошових виплат.

Вартість ремонтних матеріалів та запасних частин

$$З_{PM} = 0,75 \cdot З'_{PEM} = 0,75 \cdot 58828,85 = 44121,63 \text{ грн} \quad (5.5)$$

Річні експлуатаційні витрати для базового варіанту становитимуть:

$$\begin{aligned} З_{\Sigma} &= З'_{EKC} + З_{EM} + З'_{PEM} + З_{PM} = \\ &= 152767,02 + 22915,05 + 58828,85 + 44121,63 = 276632,55 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Впровадження нового варіанту з використанням системи моніторингу дозволить зменшити витрати часу на проведення ремонтних та експлуатаційних робіт.

Для нового варіанту витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування включають в себе:

Фонд оплати праці експлуатаційного персоналу:

$$\Phi_{EKC} = Q_E \cdot T_{CE} \cdot K_{\phi} = 1224 \cdot 37,89 \cdot 1,30 = 60290,568 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

де Q_E – річна трудомісткість технічних робіт;

T_{CE} – середня часова тарифна ставка експлуатаційних робітників;

K_{ϕ} – коефіцієнт, який враховує премії та усі види грошових виплат. В розрахунках може бути прийнятий (1,25 - 1,35).

$$З'_{EKC} = \Phi_{EKC} \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) = 60290,568 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 73554,49 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

$$З_{EM} = 0,15 \cdot З'_{EKC} = 0,15 \cdot 73554,49 = 11033,17 \text{ грн} \quad (5.9)$$

$$З'_{PEM} = 0,6 \cdot \Phi_P \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) = 0,6 \cdot 53247,93 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 38976,8 \text{ грн} \quad (5.10)$$

$$З_{PM} = 0,75 \cdot З'_{PEM} = 0,75 \cdot 38976,8 = 29232,6 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

Річні експлуатаційні витрати для нового варіанту становлять:

$$\begin{aligned} З_{\Sigma} &= З'_{EKC} + З_{EM} + З'_{PEM} + З_{PM} = \\ &= 73554,5 + 11033,17 + 38976,8 + 29232,6 = 152797,07 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.12)$$

У зв'язку з введенням нового обладнання, в новому варіанті виникають додаткові витрати пов'язані з технічним обслуговуванням та ремонтом обчислювальної техніки та комп'ютерних мереж, а також витрати на амортизацію, котрі визначаються за діючими річними нормами амортизації.

Норму амортизації приймаємо $N_a = 25\%$. Результати розрахунків зводимо

до табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

	Найменування статей витрат	Позначення	Сума витрат, грн (за варіантами)	
			Базовий	Новий
1	Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування	$З$	58828	38977
2	Витрати на проведення вимірювань параметрів роботи електрообладнання	$З_{ВИМ}$	9340	—
3	Витрати на технічне обслуговування та ремонт обчислювальної техніки та комп'ютерних мереж	$З_{ОТ}$	—	8262
4	Витрати на амортизацію	$З_{АМ}$	—	14550
Всього витрат за рік		$З_{\Sigma}$	276632	152797

5.3. Визначення економічної ефективності

Економічну ефективність системи моніторингу визначають за наступними показниками:

Річний економічний ефект:

$$E_{СП} = (З_{\Sigma\delta} - З_{\Sigma H}) - E_H \cdot \Delta K =$$

$$= (276632 - 152797) - 0,25 \cdot 54331,2 = 110252,2 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень за рахунок зниження експлуатаційних витрат:

$$T_{СП} = \frac{\Delta K}{З_{\Sigma\delta} - З_{\Sigma H}} = \frac{54331,2}{276632 - 152797} = 0,43 \text{ року} \quad (5.14)$$

Показники економічної ефективності програмного комплексу зводимо до табл. 5.3.

Аналізуючи виконані розрахунки робимо висновок, що впровадження системи моніторингу дозволить зменшити річні експлуатаційні витрати майже в 2 рази, дасть можливість заощадити близько 110 тисяч гривень впродовж року. А додаткові капіталовкладення окупляться за 0,43 року.

Таблиця 5.3. Показники економічної ефективності програмної продукції

№ з/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина
1	Обсяг додаткових капітальних вкладень	грн.	54331,2
2	Річні експлуатаційні витрати в базовому варіанті	грн.	276632
3	Річні експлуатаційні витрати в новому варіанті	грн.	152797
4	Величина річного економічного ефекту при впровадженні системи моніторингу	грн.	15408
5	Період окупності додаткових капітальних вкладень	років	0,43

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

У широкому розумінні охорона праці є системою заходів для збереження життя та здоров'я всіх учасників виробничого процесу. Охорона праці в закладах освіти має на увазі відповідальність за життя працюючих та учнів під час освітнього процесу. Охорона праці в освітній установі так само, як і в установах іншого профілю, містить правові, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та інші заходи, зазначені в документі «Охорона праці в освітній установі».

У кожному закладі освіти відповідно до наказу Міністерства освіти і науки від 26.12.2017 № 1669 розроблено власні Положення про організацію роботи з охорони праці всіх учасників освітнього процесу. Такими Положеннями передбачено єдину систему організації роботи з охорони праці, а також індивідуальні обов'язки керівників та посадових осіб щодо забезпечення безпечних та нешкідливих умов навчання та праці.

Забезпечення охорони праці, встановленому на законодавчому рівні, доручається адміністрацію освітнього закладу. Адміністрація також повинна проводити інструктажі для працівників з техніки безпеки та інших правил охорони праці.

Серед інструктажів для працівників розрізняють: первинний, вступний, цільовий, повторний та позаплановий [27]. Всім працівникам під час приймання на роботу проводять вступний інструктаж. Позапланове інструктування проводять у разі заміни обладнання, зміні правил техніки безпеки тощо. Цільовий інструктаж проводять разово у випадку ліквідації наслідків стихійного лиха, аварій тощо.

До цільового інструктажу належить також інструктажі, що належать до позакласних й позашкільних заходів, суспільно корисної праці тощо. Керівник установи призначають відповідальних осіб, які й проводять інструктажі із обов'язковим записом у журналі. Особи, призначені відповідальними за проведення заходу, проводять інструктаж для всіх учасників заходу. Треба

наголосити, що низка позакласних та позашкільних заходів передбачає наявність у учнів медичної довідки щодо поточного їх стану здоров'я.

Інструктаж та навчання техніці безпеки обов'язкові для учнів під час вивчення курсів хімії, фізики та інших природничих дисциплін, пов'язаних з підвищеною небезпекою та лабораторними заняттями. У цьому випадку інструктаж також поділяють на первинний, повторний та позаплановий.

Охорона праці неповнолітніх в освітніх установах також передбачає комплекс заходів багато в чому подібний до заходів охорони праці дорослих, які працюють у установі.

Основне призначення навчальних закладів – це підготовка фахівців для всіх галузей економіки, успішне виконання цього завдання неможливе без створення у навчальних закладах безпечних умов праці. Охорону праці у навчальному закладі зобов'язані забезпечити: адміністрація вишу, завідувачі кафедр, завідувачі лабораторій, викладачі, керівники допоміжного персоналу.

На основі аналізу (з урахуванням сучасних вимог охорони праці) [27]. робота відповідальних осіб за безпечні умови праці у навчальних вишах виконується на недостатньому рівні. Відповідальні особи недостатньо враховують небезпеки, які можуть загрожувати студентам та обслуговуючий персонал у процесі навчання та роботи.

На окремих кафедрах (фізичного виховання, хімії, фізики, у лабораторіях) практичні та лабораторні роботи виконуються студентами, а у майстернях, гаражах, гуртожитках, їдальнях – обслуговуючим персоналом. До виконання даних робіт - підвищені вимоги щодо охорони праці.

У спеціалізованих аудиторіях та дільницях допоміжних служб студенти та робітники зазнають негативних факторів: недостатня освітленість, вплив іонізуючих випромінювань від персональних комп'ютерів (особливо небезпечний для вагітних студенток), загазованість, електро- та пожежна небезпека тощо.

Основною причиною недостатньої роботи відповідальних осіб щодо створення безпечних умов праці на робочих місцях у вищих навчальних закладах є відсутність пропаганди охорони праці.

До загибелі людини неможливо звикнути, і не можна від неї відмахнутися. Виробничий травматизм перестав залежати від якості нормативно-правових документів, інструкцій – їх часто не виконують.

І жодні, навіть найжорсткіші заходи не зможуть забезпечити безпечне ведення робіт, якщо це не стане головним повсякденним завданням, моральним обов'язком, як особисто керівників структурних підрозділів, так і спеціалістів та службовців.

Тобто, основне завдання керівників та фахівців з охорони праці полягає у формуванні в свідомості працівників усіх рівнів розуміння підходів до організації безпечних умов праці та усвідомлення кожним з них наслідків нещасних випадків.

За сучасних ринкових відносин охорона праці стає категорією економічної. Тому набагато краще інвестувати фінансові ресурси у створення безпечних умов праці, ніж мати моральні та матеріальні втрати як для сім'ї загиблої людини на виробництві, так і для організації. Але крім реалізації програм з охорони праці кожен повинен пам'ятати про те, що від дотримання ним норм та правил з охорони праці багато в чому залежить його здоров'я та благополуччя. Таким чином, для підвищення рівня безпеки роботи у вищих навчальних закладах доцільно:

- підвищити статус інженера з охорони праці;
- відновити роботу кабінетів з охорони праці, проводити систематичні огляди – конкурси щодо створення безпечних умов праці серед викладачів та студентів освітніх закладів.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню багатокритеріальних моделей управління енерговикористанням навчальних закладів:

1. Удосконалені багатокритеріальні методи та моделі управління енерговикористанням навчальних закладах дозволять істотно підвищити рівень енергетичної ефективності навчальних закладів шляхом більш оперативного прийняття управлінських рішень у сфері енергоощадження.

2. Критичне оцінювання вихідних показників енерговикористання з врахуванням їх достовірності є одним з основних етапів проведення статистичного дослідження. Виявлення аномальних даних у сукупності вихідних показників енерговикористання не декларує наслідки неправильних (спотворених) даних, а лише є підґрунтям для детальнішого вивчення з подальшим обробленням сукупності вихідних показників.

3. Застосування методів експертної оцінки показників впливу на управління енерговикористанням навчальних закладів дозволило проранжувати їх та виокремити пріоритетні показники. Експертне оцінювання проводилось із залученням 19-х експертів, міра узгодженості думок яких перевірена та підтверджена методами статистичного оброблення інформації із використанням коефіцієнта конкордації.

4. Впровадження енергетичного моніторингу дозволяє ефективно систематизувати та застосувати управлінські важелі впливу стосовно формування фінансових кошторисів та розподілу економічних ресурсів серед масиву навчальних закладів.

Результати досліджень можуть бути використані органами місцевої влади під час формування та розподілу фінансових ресурсів, а також вибору енергоощадних проєктів для бюджетних закладів освіти. Впровадження запропонованих у роботі підходів дозволить зменшити споживання теплової енергії в навчальних закладах на 5-10%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинний від 2016-07-08]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2017. – 31 с.
2. Гинис Л.А. Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики / Л.А. Гинис, А.Г. Чернов // Искусственный интеллект. – 2005. – № 3. – С. 360–369.
3. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам: Пер. с англ./ Ф. С. Робертс. – М. : Наука, 1986. – 496 с.
4. Грабовецкий Б.Є. Основи економічного прогнозування: Навч. посіб. / Б.Є. Грабовецкий. – Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – 209 с.
5. Смоляк С.А. Оценка максимума правбоподобия для “засорённых” распределений / С. А. Смоляк, Б. П. Титаренко // Труды 4-й зимней школы по математическому программированию и смежным вопросам. – М., ЦЭМИ АН СССР, 1972. – С. 158–163.
6. Волынский Г.С. Механизм мотивации внедрения энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве / Г.С. Волынский // Экономика промышленности: Сб. науч. тр. / НАН Украины. – 2005. – С. 37–41.
7. Бражникова Л.Н. Организационно-экономическая система энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве / Л.Н. Бражникова // Економіка і організація управління. – 2008. – Вип. № 3. – С. 40–50.
8. Муниципальная энергетика: шляхи підвищення ефективності [Електронний ресурс] / А.І. Шевцов, М.Г. Земляний, В.В. Вербинський // Регіональний філіал НІСД у м. Дніпропетровську. – Режим доступу : <http://www.niss.gov.ua/Monitor/Oktober/5.htm>.
9. Лапин Ю.Н. Экожилые - ключ к будущему / Ю.Н. Лапин. – М.: Пробел, 1998. – 160 с.
10. Орлов А.И. Нечисловая статистика / А.И. Орлов. – М. : МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.

11. Долгов П.П. Электроэнергетический комплекс. Экономический анализ и оптимальные решения / П.П. Долгов, И.Е. Нелидов, И.М. Савин – Харьков: Вища школа, 1985. – 176 с.

12. Гасанов Г.Б. Рейтинговая оценка и регулирование деятельности распределительных электрических сетей в условиях нечеткости Львов: Львівська політехніка, 2006. – 140 с.

13. Бушмелева Г.В. Содержание категории «мониторинг социально-экономических и экологических процессов» [Электронный ресурс] / Г. В. Бушмелева. – Режим доступа : www.bali.ostu.ru/umc/zj2006_2.php.

14. Словарь по кибернетике /Под редакцией В. С. Михалевича. – 2-е издание – К.: 1989. – 751 с.

15. Розен В.П. Рейтингова оцінка рівня ефективності установ державного контролю з енергозбереження / В.П. Розен, Є.А. Ячник, О.В. Лебедева // Промелектро. – 2008. – №3. – С. 29–34.

16. Жужгов И.В. Мониторинг: определение, соотношение с категориями «наблюдение» и «управление» / И. В. Жужгов // Труды юридического факультета Северо-Кавказского государственного технического университета. – Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2005. – Вып. 7. – С. 5–14.

17. Бурков В.Н. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике / В. Н. Бурков, И. И. Горгидзе, Д. А. Новиков, Б. С. Юсупов. – М. : ИПУ РАН, 1997. – 61 с.

18. Гагарин А.А. Метод построения системы экологического мониторинга состояний потенциально опасных объектов / А.А. Гагарин, В.Г. Слипченко // Моніторинг та прогнозування генетичного ризику в Україні. Монографія за загальн. ред. Сліпченка В. Г. – вип. 3. – Київ: НТУУ КПІ, Інститут “Апродос”, – 2000. – С. 179-184.

19. Koch R. Закон Парето или Принцип 80\20 [Электронный ресурс] / R. Koch. – Режим доступа : <http://www.elitarium.ru/print.php?id=1995&npage=1>.

20. Ковальчук В.В. Об оптимизации подходов к энергосбережению [Электронный ресурс] / В.В. Ковальчук. – Режим доступа :

<http://www.energohelp.net/articles/energy-solutions/62745>.

21. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Підручник. – 4-е вид., перероб. і допов. / Ю. П. Зайченко. – К. : 2000. – 688 с.

22. Растрингин Л. А. Случайный поиск в процессах адаптации/ Л. А. Растрингин. – Рига: Зинатне, 1973. – 131 с.

23. Блинов А.Б. О ранжировании экономических субъектов при многих критериях / А.Б. Блинов, Б.М. Кувшинов, А.С. Челядин // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4 – С. 679–683.

24. Розен В.П. Планирование оптимального использования потенциала энергосбережения промышленных предприятий Украины / В. П. Розен, А. И Соловей., А. В. Чернявский, М. А. Казмирук //Технічна електродинаміка. – 2006. – №5. – С. 59–68.

25. Пахомова Н.В. Экологический менеджмент / Н.В. Пахомова, А. Эндрес, К. Рихтер. – СПб. : Питер, 2003. – 544 с. : ил.

26. Кузнецов Н. В. Тепловой расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод) / Под ред. Н. В. Кузнецова и др. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.

27. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 280 с

28. Дафт Р.Л. Менеджмент / Р.Л. Дафт. – Спб. : Издательство «Питер», 2000. – 832 с

ДОДАТКИ