

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
та енергетичного менеджменту

Пімошенко Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 620.9
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

«Розробка динамічної системи підтримки прийняття енергоменеджерських рішень для вибору енергоефективних заходів у громадах зі значним фондом громадських будівель»

(назва роботи)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньої програми)

141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

А.С Пімошенко

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник **Максим'юк Сергій Орестович, PhD**

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

К. Т. Н., доцент

(посада)

(підпис) (дата)

В. С. ЦИХ

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис) (дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного менеджменту

Освітній рівень магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТЕМ

к. т. н., доцент Віталій ЦИХ

«__» _____ 20 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Пімошенку Артему Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка динамічної системи підтримки прийняття енергоменеджерських рішень для вибору енергоефективних заходів у громадах зі значним фондом громадських будівель

керівник роботи _____

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» листопада 2025 р. №719/7

2. Термін подання студентом роботи: _____

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. Теоретико-методологічні засади енергетичного менеджменту та систем підтримки прийняття рішень

Розділ 2. Порівняльний аналіз вітчизняних та зарубіжних методик розрахунку параметрів енергоефективності

Розділ 3. Розробка динамічної системи підтримки прийняття рішень для енергоменеджеа

Розділ 4. Техніко-економічне обґрунтування та верифікація розробленої моделі

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Нормоконтролер</i>	<i>доц. Яворський А. В.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми магістерської роботи та обґрунтування її актуальності		Виконано
2	Визначення об'єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження		Виконано
3	Складання плану магістерської роботи		Виконано
4	Пошук і відбір джерел відповідно до теми роботи, укладання переліку джерел		Виконано
5	Написання тексту магістерської роботи відповідно до її структури:		Виконано
	5.1 Розділ 1		Виконано
	5.2 Розділ 2		Виконано
	5.3 Розділ 3		Виконано
	5.4 Розділ 4		Виконано
6	Написання вступної частини магістерської роботи		Виконано
7	Підготовка графічних матеріалів та елементів унаочнення		Виконано
8	Формулювання висновків до магістерської роботи		Виконано
9	Оформлення остаточного переліку використаних джерел та додатків		Виконано
10	Оформлення магістерської роботи		Виконано
11	Внесення коректив та остаточне редагування		Виконано
12	Реєстрація магістерської роботи на кафедрі		Виконано
13	Захист магістерської роботи		Виконано

Студент _____

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник роботи _____

(підпис)

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Ст.

ВСТУП8

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ14

1.1 Територіальні громади, як об'єкт енергоменеджменту (можна чуть змінити назву)14

1.2 Класифікація територіальних громад та критерії оцінки їх масштабів16

1.3 Сутність та інструменти енергоменеджменту територіальних громад18

1.4. Еволюція підходів до енергоменеджменту в муніципальному секторі: від моніторингу до динамічного управління (ISO 50001)20

1.5. Огляд алгоритмів багатокритеріального аналізу системи підтримки прийняття рішень (СППР) в енергетиці23

1.5.1. Метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, АНР)24

1.5.2. Метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)25

1.6. Нормативно-правове регулювання та бар'єри впровадження енергоефективних заходів в Україні: проблема монофакторного аналізу27

Вибір і обґрунтування напрямків досліджень30

РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ33

2.1. Структурний аналіз енергетичного балансу як вхідних даних для СППР34

2.1.1 Аналіз споживання електричної енергії34

- 2.1.2 Аналіз споживання природного газу38
- 2.1.3 Аналіз теплопостачання на території громади40
- 2.1.4 Аналіз транспорту громади41
- 2.1.5 Зведені значення енергобалансу громади42
- 2.2 Розрахунок кадастру викидів громади47
 - 2.2.1 Вибір базового року49
 - 2.2.2 Сектори50
 - 2.2.3 Обрання системи вимірювання викидів парникових газів52
 - 2.2.4 Зведені значення Кадастру викидів CO₂ громади54
- 2.3. Інвентаризація та кластеризація об'єктів громади з ціллю діагностики стану фонду громадських будівель57
 - 2.3.1 Збір даних про фонд будівель громади59
- 2.4 Розробка енергоефективних заходів61
 - 2.4.1 Політичні інструменти влади для реалізації заходів з енергозбереження та зменшення викидів парникових газів63
 - 2.4.2 Аналіз муніципальних будівель та житлового фонду громади в розрізі потенціалу впровадження енергоефективних заходів70
- 2.5. Стратегічний SWOT-аналіз потенціалу сталого енергетичного розвитку Городенківської ТГ81
- 2.6. Обґрунтування недостатності традиційного дескриптивного аналізу для стратегічного енергетичного планування в умовах багатоцільової системи територіальної громади84
- 2.7 Висновки до розділу 2 87

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРА90

- 3.1. Бенчмаркінг питомого енергоспоживання: ідентифікація будівель з критичним відхиленням від нормативів (аналіз «outliers» на прикладі ЗДО «Зірочка» та інших)90

3.2. Прикладний бенчмаркінг питомого енергоспоживання на прикладі будівлі з критичним відхиленням100

3.3. Портфоліо-аналіз як інструмент первинної сегрегації об'єктів для термомодернізації101

3.4. Алгоритм пріоритезації енергоефективних заходів на основі інтеграції матриці «Витрати – Ефект» та методу TOPSIS108

3.5. Формалізація задачі оптимізації концептуальної моделі динамічної системи111

3.6. Методика формування оптимальних пакетів заходів в умовах бюджетного дефіциту114

3.7. Інтеграція розробленої системи в існуючу структуру управління громадою та документацію системи енергоменеджменту117

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ120

4.1. Сценарне моделювання впровадження заходів: песимістичний, реалістичний та оптимістичний сценарії120

4.2. Оцінка інвестиційної привабливості запропонованих заходів: розрахунок NPV, IRR та DPP для пілотних об'єктів122

4.3. Екологічний ефект від впровадження моделі: прогноз скорочення вуглецевого сліду громади до 2030 року124

4.4. Аналіз чутливості моделі до зміни тарифів на енергоносії125

ВИСНОВКИ127

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ129

ДОДАТКИ133

Додаток А. Таблиця інвентаризації будівель муніципального сектору Городенківської громади134

Додаток Б. Бенчмаркінг секторів громади з відсортованими за порядком спадання даними питомого споживання енергії в розрізі потреб на тепло- та електрозабезпечення¹³⁸

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах повномасштабної війни та глобальних геополітичних зрушень забезпечення енергетичної безпеки України трансформувалось із суто економічного завдання у ключовий елемент національного виживання та суверенітету. Стратегічний курс держави на європейську інтеграцію та приєднання до Європейського зеленого курсу (EU Green Deal) вимагає докорінної перебудови моделі енергоспоживання, де пріоритетами стають енергоефективність та декарбонізація. Внаслідок реформи децентралізації основний тягар відповідальності за управління енергетичними ресурсами на місцях ліг на новостворені територіальні громади (ТГ). Вони стали власниками розгалуженої, але критично зношеної інфраструктури бюджетної сфери та житлово-комунального господарства, яка характеризується надмірним енергоспоживанням та залежністю від викопних видів палива.

Сучасна територіальна громада є складною соціо-технічною системою, управління якою вимагає балансування між суперечливими цілями: забезпеченням комфортних умов для мешканців, мінімізацією бюджетних витрат, підвищенням технічної надійності систем та дотриманням екологічних нормативів. Проте, критичний аналіз існуючої практики муніципального енергоменеджменту в Україні виявляє фундаментальну суперечність. З одного боку, перед громадами стоять складні багатовимірні завдання, що вимагають стратегічного підходу (розробка SECAP, впровадження ISO 50001). З іншого боку, реальний інструментарій прийняття інвестиційних рішень на місцях залишається вкрай примітивним. Він базується переважно на монофакторному аналізі, де єдиним критерієм вибору енергоефективних заходів (ЕЕЗ) слугує простий термін окупності.

Такий методологічний редуціонізм призводить до стратегічних помилок: системного недоінвестування у проєкти глибокої термомодернізації та відновлюваної енергетики, які мають тривалий термін окупності, але високий системний ефект; ігнорування вартості життєвого циклу об'єктів та екологічних екстерналій. В умовах обмежених бюджетних ресурсів це призводить до прийняття субоптимальних рішень та консервації технологічної відсталості громад. Розв'язання цієї проблеми потребує переходу від інтуїтивного управління до використання науково обґрунтованих інструментів. Тому розробка динамічних систем підтримки прийняття рішень (СППР), що базуються на методах багатокритеріального аналізу та враховують специфіку українських громад, є надзвичайно актуальним науково-прикладним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка методичного інструментарію динамічної системи підтримки прийняття рішень для енергоменеджера територіальної громади, що дозволяє здійснювати багатокритеріальний відбір та пріоритезацію енергоефективних заходів в умовах невизначеності та бюджетних обмежень (на прикладі Городенківської ТГ).

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- Дослідити теоретико-методологічні засади енергетичного менеджменту в територіальних громадах, проаналізувати еволюцію підходів та ідентифікувати ключові нормативні й методологічні бар'єри впровадження ЕЕЗ в Україні, зокрема проблему домінування критерію простого терміну окупності.
- Провести комплексну діагностику енергетичного профілю об'єкта дослідження (Городенківської ТГ), включаючи структурний аналіз енергобалансу, інвентаризацію викидів, кластеризацію будівель та SWOT-аналіз, для формування масиву вхідних даних СППР.

- Розробити концептуальну та математичну модель динамічної СППР, що базується на інтеграції методів бенчмаркінгу, портфоліо-аналізу, фінансового дисконтування (NPV) та багатокритеріального ранжування (TOPSIS).
- Сформуувати алгоритм пріоритезації заходів та методіку формування оптимальних інвестиційних пакетів в умовах дефіциту бюджету, а також надати рекомендації щодо інтеграції системи в структуру управління громадою.
- Здійснити техніко-економічне обґрунтування та верифікацію розробленої моделі шляхом сценарного моделювання, аналізу інвестиційної привабливості пілотних проєктів, оцінки екологічного ефекту та аналізу чутливості до зміни тарифів.

Об'єктом дослідження є процес управління енергоспоживанням та підвищенням енергетичної ефективності в територіальних громадах України в умовах децентралізації.

Предметом дослідження є теоретичні засади, методичний інструментарій та моделі підтримки прийняття управлінських рішень щодо вибору та пріоритезації енергоефективних заходів у муніципальному секторі.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів: системного аналізу та синтезу (для дослідження теоретичних засад енергоменеджменту); статистичного та структурного аналізу (для діагностики енергобалансу громади); метод SWOT-аналізу (для визначення стратегічного контексту); методи бенчмаркінгу та портфоліо-аналізу (для сегрегації об'єктів нерухомості); економіко-математичного моделювання, зокрема методи дисконтування грошових потоків (NPV, IRR) та багатокритеріального аналізу прийняття

рішень (АНР, TOPSIS) (для розробки моделі СППР); методи сценарного аналізу та аналізу чутливості (для верифікації отриманих результатів).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку теоретико-методичних засад управління енергоефективністю територіальних громад:

- удосконалено методологічний підхід до пріоритезації енергоефективних заходів у муніципальному секторі, який, на відміну від існуючих, базується на двоетапній моделі СППР, що поєднує фінансовий скринінг за динамічними показниками (NPV) з багатокритеріальним ранжуванням методом TOPSIS, що дозволяє вирішити конфлікт між економічними, екологічними та соціальними цілями розвитку громади;
- набуло подальшого розвитку застосування методів портфоліо-аналізу для управління фондом громадських будівель, що дозволяє здійснювати сегрегацію об'єктів за критеріями «потенціал енергозбереження – технічний стан» для вибору диференційованих інвестиційних стратегій;
- запропоновано алгоритм формування оптимальних пакетів енергоефективних заходів в умовах жорстких бюджетних обмежень, який інтегрує результати багатокритеріального ранжування з інвестиційними лімітами громади.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені методичні підходи, алгоритми та моделі можуть бути використані органами місцевого самоврядування, енергоменеджерами територіальних громад та комунальними підприємствами для підвищення обґрунтованості інвестиційних рішень у сфері енергоефективності. Практична реалізація результатів роботи на прикладі Городенківської ТГ дозволила сформувати базу даних для бенчмаркінгу будівель, ідентифікувати пріоритетні об'єкти для термомодернізації та розробити сценарні плани скорочення

енергоспоживання та викидів CO₂ до 2030 року, які можуть бути інтегровані в План дій зі сталого енергетичного розвитку та клімату (SECAP) громади.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 36 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи становить 111 сторінок основного тексту, що містить 24 рисунки та 27 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

1.1. Територіальні громади як комплексні соціо-технічні системи в парадигмі енергетичного менеджменту.

Сучасна трансформація енергетичного сектору України, що розгортається в умовах безпрецедентних безпекових викликів та стратегічного курсу на європейську інтеграцію, вимагає переосмислення ролі територіальної громади (ТГ). Відповідно до положень Європейського зеленого курсу (EU Green Deal) та оновленої Директиви з енергоефективності (EED), територіальна громада перестає бути просто територіальним об'єктом адміністративного регулювання. Вона трансформується у базовий осередок енергетичної стійкості (resilience) та ключового суб'єкта декарбонізації. У науковому дискурсі ТГ дефініюється як складна соціо-технічна система, де енергоспоживання є результатом нелінійної взаємодії між жорсткою інженерною інфраструктурою та гнучкими соціальними підсистемами.

Технічна підсистема громади охоплює фізичні активи: будівлі бюджетної сфери, житловий фонд, системи вуличного освітлення, теплові та електричні мережі. Кожен із цих об'єктів має власні термодинамічні характеристики та життєвий цикл. Соціальна підсистема включає інституційну структуру управління (місцева рада, відділ енергоменеджменту), поведінкові патерни споживачів, рівень енергетичної культури населення та активність об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ). Енергетичний менеджмент у такому контексті постає не як набір технічних інструкцій, а як інтегрована

управлінська діяльність, спрямована на гармонізацію цих підсистем задля досягнення цілей сталого розвитку та кліматичної нейтральності.

Складність ТГ як об'єкта управління зумовлена її високою стохастичністю. На відміну від промислового підприємства, де споживання енергії жорстко прив'язане до технологічного регламенту, енергоспоживання громади має виражену сезонну та добову нерівномірність, що залежить від погодних умов, демографічних процесів та соціальних графіків. Муніципальний сектор в Україні обтяжений «технологічною спадщиною» — значною часткою будівель із низьким опором теплопередачі та зношеними комунікаціями. Це створює ситуацію, за якої прості технічні заходи не дають очікуваного ефекту без зміни управлінської моделі. Таким чином, громада стає об'єктом, що вимагає переходу від реактивного управління (реагування на аварії чи зростання тарифів) до проактивного динамічного управління, що базується на предиктивному аналізі та багатокритеріальній оцінці рішень.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика традиційного та системного підходів до енергоменеджменту в ТГ

Параметр порівняння	Традиційний (об'єктний) підхід	Системний (соціо-технічний) підхід
Цільова установка	Мінімізація витрат бюджету на оплату КУ	Забезпечення енергетичної стійкості та комфорту
Об'єкт уваги	Окремі будівлі або лічильники	Енергетичний баланс всієї громади та її SECAP
Критерій успіху	Простий термін окупності (PP)	Сукупність показників (NPV, CO ₂ , соціальний ефект)
Роль населення	Пасивний споживач послуг	Активний учасник (prosumer), партнер у проєктах
Інструментарій	Журнал обліку, прості таблиці	СППР, цифрові двійники, IoT-моніторинг

Одним із найбільш критичних аспектів у поточному стані муніципального енергоменеджменту є методологічна обмеженість інструментарію оцінки проєктів. У переважній більшості громад України відбір енергоефективних заходів (ЕЕЗ) здійснюється виключно за показником простого терміну окупності. Наукова спільнота наголошує, що такий підхід є хибним для соціо-технічних систем, оскільки він ігнорує вартість капіталу в часі, екологічні екстерналії та ризики зміни енергетичного ринку. Орієнтація лише на швидку окупність призводить до вибору «низьковисячих фруктів» — заходів із мінімальними капіталовкладеннями (наприклад, заміна ламп), тоді як глибока термомодернізація будівель або розвиток розподіленої генерації на основі ВДЕ, що мають довший термін окупності, але значно вищий системний ефект, відхиляються. Це породжує проблему «субоптимізації», коли покращення окремих елементів системи не призводить до підвищення ефективності всієї громади в цілому [10, 12].

З огляду на це, ТГ як об'єкт дослідження потребує впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР), які б базувалися на багатокритеріальному аналізі (MCDA). Така система повинна враховувати технічні параметри (економія кВт·год), економічні показники (з урахуванням дисконтування), екологічний вплив (скорочення викидів парникових газів) та соціальний вплив (покращення мікроклімату в закладах освіти та медицини). Лише такий комплексний підхід дозволить громадам вийти з пастки "терміну окупності" та забезпечити реалізацію проєктів глибокої модернізації, що відповідають вимогам енергетичного сертифіката ISO 50001 та амбіціям щодо кліматичної нейтральності [2, 7, 11].

1.2. Класифікація територіальних громад та критерії оцінки їхніх енергетичних масштабів

Для розробки ефективної стратегії енергетичного менеджменту та коректного функціонування систем підтримки прийняття рішень (СППР) критично важливою є науково обґрунтована типізація територіальних громад (ТГ). Громади в Україні, попри уніфікований юридичний статус, кардинально різняться за своєю структурою енергоспоживання, станом інженерних мереж та наявним ресурсним потенціалом. Відповідно до методології сталого енергетичного планування, класифікація ТГ повинна базуватися не лише на адміністративних ознаках, а й на енергетичних показниках, що дозволяє диференціювати підходи до вибору енергоефективних заходів (ЕЕЗ). Основними критеріями класифікації виступають демографічно-просторові характеристики, структура функціонального навантаження об'єктів та рівень централізації енергопостачання.

Первинним критерієм оцінки масштабу та профілю ТГ є рівень урбанізації та щільність забудови. Міські громади характеризуються високою компактністю споживачів, що зумовлює доцільність розвитку систем централізованого теплопостачання (ЦТ) та когенерації. У таких ТГ основним об'єктом енергоменеджменту виступають багатоквартирні житлові будинки та розгалужені мережі тепло- і водопостачання. Натомість сільські та селищні громади відрізняються низькою щільністю навантаження та великою протяжністю комунікацій, що робить централізовані системи економічно неефективними через високі втрати при транспортуванні. Для таких ТГ пріоритетом є децентралізація енергозабезпечення з акцентом на локальні відновлювані джерела енергії (ВДЕ), зокрема біомасу та сонячну генерацію. Таким чином, масштаб громади визначає технологічний вектор її модернізації.

Таблиця 1.2. Класифікація ТГ за характеристиками енергетичного масштабу та профілю споживання

Тип громади	Провідний енергоносії	Ключові об'єкти енергоменеджменту	Потенціал декарбонізації
Великі міські ТГ	Природний газ (ЦТ), електроенергія	Системи ЦТ, великі бюджетні комплекси, Smart Grid	Високий (через масштаб ефекту)
Середні та малі міські ТГ	Мікс (газ/дрова), електроенергія	Школи, лікарні, ОСББ, водоканали	Середній (обмеженість інвестицій)
Сільські та селищні ТГ	Тверде паливо (біомаса), електроенергія	Поодинокі заклади освіти, вуличне освітлення	Високий (через перехід на ВДЕ)
Промислово-орієнтовані ТГ	Електроенергія, пар, техгаз	Комунальні підприємства, промислові зони	Специфічний (залежить від галузі)

Іншим важливим критерієм оцінки масштабу є структура бюджетних витратків на енергоносії. Для малих громад частка витрат на опалення та освітлення закладів соціальної сфери (шкіл, садочків, ФАПів) може сягати 20–30% від загального обсягу незахищених витратків бюджету. Це створює високу чутливість громади до цінових коливань на ринку енергії та робить енергоменеджмент критичним інструментом забезпечення бюджетної стійкості. У цьому контексті енергетичний масштаб громади доцільно вимірювати не лише за кількістю населення, а й за показником «базової лінії споживання» (Baseline Emission Inventory, BEI), який фіксує сумарні викиди CO₂ та обсяги споживання всіх видів палива у грошовому та натуральному вимірах [2, 6].

1.3. Сутність та інструменти енергоменеджменту територіальних громад

Енергетичний менеджмент у межах територіальної громади (ТГ) становить собою динамічний процес координації технічних, фінансових та людських ресурсів, спрямований на досягнення максимально можливої енергоефективності при збереженні або покращенні якості надання соціальних та комунальних послуг. В академічному розумінні муніципальний енергоменеджмент є не просто технічною функцією обліку ресурсів, а інституціоналізованою системою управління, що базується на принципах безперервного вдосконалення. Сутність цієї системи полягає у переході від стихійного споживання енергії до предиктивного керування, де кожне рішення підкріплене верифікованими даними та відповідає стратегічним цілям громади. Успішне функціонування енергоменеджменту в ТГ передбачає створення специфічної управлінської вертикалі — від відповідальної особи (енергоменеджера) до енергетичної команди та профільного заступника голови громади [3, 7].

Методологічним ядром муніципального енергоменеджменту є цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), адаптований до потреб місцевого самоврядування. На етапі планування громада визначає пріоритетні об'єкти та встановлює цільові показники економії. Етап впровадження охоплює як технічну модернізацію, так і організаційні зміни. Перевірка реалізується через систему енергетичного моніторингу, а коригування передбачає аналіз відхилень та перегляд стратегії. Основним інструментарієм, що забезпечує життєздатність цього циклу, є сукупність цифрових та аналітичних методів, які дозволяють трансформувати первинні дані лічильників у стратегічну інформацію для прийняття рішень.

Ключовим інструментом сучасної громади є автоматизована система енергомоніторингу (АСЕМ). На відміну від застарілих методів паперового обліку, АСЕМ дозволяє здійснювати щоденний або щогодинний контроль

за споживанням теплової енергії, води, газу та електрики. Використання технологій інтернету речей (IoT) забезпечує передачу даних у режимі реального часу, що дає змогу оперативно виявляти аномалії: приховані витоки у мережах водопостачання, порушення графіків опалення у вихідні дні або некоректну роботу автоматики індивідуальних теплових пунктів (ІТП). Важливим аналітичним елементом моніторингу є побудова «базової лінії» енергоспоживання (Energy Baseline), яка враховує вплив градусо-днів опалювального періоду та дозволяє оцінити реальну економію після впровадження заходів, відокремивши її від впливу погодних факторів [1, 9].

Іншим фундаментальним інструментом є енергетична сертифікація та аудит. Енергетичний сертифікат будівлі бюджетної сфери виступає документом, що фіксує клас енергоефективності об'єкта (від А до G) та містить рекомендації щодо його покращення. Проте в українських реаліях існує проблема «статичності» аудиту: результати обстеження часто сприймаються як догма, не коригуючись відповідно до зміни цін на енергоносії чи зносу обладнання. Крім того, на рівні громади стратегічне планування реалізується через Плани дій зі сталого енергетичного розвитку та клімату (SECAP), які інтегрують енергетичні цілі у загальну концепцію просторового розвитку ТГ. План SECAP дозволяє громаді претендувати на міжнародне грантове фінансування, оскільки демонструє системність підходу до скорочення викидів CO₂.

Однак аналіз практики використання цих інструментів виявляє критичний бар'єр - попри наявність складних систем моніторингу та детальних аудитів, фінальний відбір проєктів для фінансування з місцевого бюджету зазвичай зводиться до аналізу одного єдиного показника, простого терміну окупності. У цьому полягає головна суперечність сучасного енергоменеджменту територіальних громад. Інструменти моніторингу генерують багатовимірні масиви даних про екологічний стан, комфорт мешканців та технічну надійність, але управлінська система ігнорує ці

виміри, віддаючи перевагу заходам із найкоротшим фінансовим поверненням. Це призводить до ситуації, коли «інструменти є, але рішення приймаються по-старому». Такий підхід гальмує впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), які здатні інтегрувати всі наявні інструменти у єдину багатокритеріальну модель оцінки, що виходить за межі вузької фінансової окупності [4, 8, 12].

Таким чином, сутність енергоменеджменту в ТГ на сучасному етапі має еволюціонувати від збору статистики до інтелектуального аналізу. Інструментарій громади повинен бути доповнений механізмами багатокритеріального ранжування, які б дозволили об'єктивно порівнювати проєкти з різними термінами окупності, враховуючи їхню соціальну значущість та внесок у енергетичну безпеку регіону.

1.4. Еволюція підходів до енергоменеджменту в муніципальному секторі: від моніторингу до динамічного управління (ISO 50001)

Енергетичний менеджмент у муніципальному секторі за останні три десятиліття пройшов складний еволюційний шлях, трансформувавшись із допоміжної технічної функції обліку ресурсів у самостійну стратегічну дисципліну управління. Ця трансформація була зумовлена не лише зростанням вартості енергоносіїв та посиленням вимог щодо енергетичної безпеки, а й глобальною зміною управлінської парадигми, що переорієнтувалася на принципи сталого розвитку та декарбонізації. Дослідження генезису підходів дозволяє виокремити кілька якісно відмінних етапів, кожен з яких характеризується специфічним інструментарієм, глибиною аналізу даних та горизонтом планування. Розуміння цієї еволюції є критичним для ідентифікації сучасних методологічних розривів у практиці управління територіальними громадами.

Початковий етап, який можна охарактеризувати як «фрагментарний облік», домінував у пострадянському просторі до початку 2000-х років. Управління енергією зводилося до реактивної фіксації споживання за комерційними лічильниками (а часто — за нормативними розрахунками) та оплати рахунків. Рішення приймалися ситуативно, переважно у відповідь на аварійні ситуації, а поняття енергоефективності не було інтегроване в бюджетний процес. Наступний етап — «системний моніторинг та бенчмаркінг» — ознаменувався впровадженням програмних продуктів для збору та аналізу даних. Громади отримали можливість порівнювати питомі показники споживання однотипних будівель (наприклад, шкіл чи дитячих садків) та виявляти об'єкти з найгіршими характеристиками. Проте, методологічною обмеженістю цього етапу був його ретроспективний характер: моніторинг лише фіксував минулі втрати, не надаючи інструментів для проактивного управління причинами їх виникнення у реальному часі. Крім того, аналіз часто ігнорував вплив зовнішніх факторів, таких як погодні умови чи інтенсивність експлуатації будівлі, що викривляло оцінку реальної ефективності [4, 8].

Якісний стрибок у філософії управління відбувся з появою та поширенням міжнародного стандарту ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту». Цей стандарт переніс фокус з технічного моніторингу на управлінський цикл Демінга (PDCA: Plan-Do-Check-Act), зобов'язавши організації не просто вимірювати споживання, а й демонструвати постійне покращення «енергетичної результативності» (energy performance). Ключовою новацією стандарту стала вимога до науково обґрунтованого встановлення «енергетичної базової лінії» (EnB) — референсної моделі споживання, скоригованої на змінні фактори (градусо-доби, завантаженість приміщень). Це дозволило відокремити реальну економію від ефекту, наприклад, теплої зими. ISO 50001 також запровадив концепцію «значущих енергетичних використань» (SEUs), змушуючи менеджмент фокусувати

ресурси на тих зонах, де потенціал покращення є найбільшим. Впровадження цього стандарту вимагає переходу від інтуїтивного до базованого на даних (data-driven) прийняття рішень, де кожен інвестиційний проєкт розглядається крізь призму його впливу на стратегічні цілі громади [1, 5].

Сучасний етап еволюції, який часто позначають як «Енергоменеджмент 4.0» або «динамічне управління», базується на цифровій трансформації муніципальної інфраструктури. Розвиток технологій Інтернету речей (IoT), інтелектуальних систем обліку (Smart Metering) та хмарних обчислень дозволяє перейти від статичних звітів до динамічних моделей управління в режимі реального часу. Концепція динамічного управління передбачає створення «цифрових двійників» (Digital Twins) будівель або цілих мікрорайонів, які дозволяють моделювати споживання енергії, прогнозувати пікові навантаження та автоматично оптимізувати роботу інженерних систем залежно від поточних погодних умов, присутності людей та навіть біржових цін на електроенергію. Такий підхід дозволяє інтегрувати в енергосистему громади нестабільні відновлювані джерела енергії та реалізовувати стратегії керування попитом (Demand Response), що є вершиною сучасного енергоменеджменту [6, 9].

Однак, глибокий аналіз поточної ситуації в Україні виявляє парадоксальний розрив між описаною теоретичною еволюцією та практичною реальністю. У той час як методологія енергоменеджменту досягла рівня динамічних багатофакторних моделей (відповідно до ISO 50001 та концепцій Smart City), критичний проблемний момент полягає в тому, що реальний аналіз та відбір енергоефективних заходів у більшості територіальних громад продовжує вестися виключно за одним примітивним критерієм — простим терміном окупності. Цей архаїчний підхід, характерний для ранніх етапів розвитку дисципліни, повністю ігнорує системну філософію сучасного менеджменту. Він не враховує життєвий

цикл проєктів, екологічні екстерналії, соціальні вигоди та стратегічні ризики, фактично зводячи нанівець потенціал вже впроваджених систем моніторингу. Така ситуація свідчить про інституційну неготовність сприйняти еволюційні зміни та підкреслює нагальну потребу в розробці та імплементації сучасних систем підтримки прийняття рішень, які б відповідали рівню складності завдань, що стоять перед громадами сьогодні [3, 7, 11].

1.5. Огляд та математична формалізація алгоритмів багатокритеріального аналізу в системах підтримки прийняття рішень в енергетиці

Як було детально обґрунтовано в попередніх підрозділах (зокрема, при аналізі еволюції підходів у п. 1.4), сучасний етап розвитку муніципального енергоменеджменту характеризується гострою суперечністю між багатовимірною природою цілей сталого розвитку та примітивним, одновимірним інструментарієм оцінки рішень, що базується на простому терміні окупності. Прийняття рішень у сфері енергетичної модернізації територіальної громади (ТГ) є класичною задачею багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності. Вона передбачає вибір найкращої альтернативи із множини доступних варіантів (наприклад, термомодернізація, встановлення СЕС, модернізація котельні) з урахуванням низки суперечливих критеріїв: мінімізації фінансових витрат, максимізації енергетичної безпеки, скорочення екологічного сліду та підвищення соціального комфорту. Вирішення цього класу задач вимагає застосування математичного апарату багатокритеріального аналізу прийняття рішень (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA), який складає алгоритмічне ядро сучасних систем підтримки прийняття рішень (СППР). У науковій літературі методи MCDA класифікують за різними ознаками, проте для задач енергетичного планування найбільш релевантними є три

групи методів: методи вимірювання цінності (Value Measurement Models), методи відношення переваги (Outranking Models) та методи референтної точки (Reference Level Models). Кожна з цих груп має свої переваги та обмеження при застосуванні в муніципальному секторі, де часто доводиться оперувати як кількісними даними моніторингу, так і якісними експертними оцінками. Критичний огляд найбільш поширених алгоритмів дозволяє визначити оптимальний методологічний підхід для побудови моделі СППР громади.

1.5.1. Метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, АНР)

Розроблений Т. Сааті, метод АНР є одним із найпотужніших інструментів для структурування складних проблем та визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, особливо коли частина з них має якісний характер (наприклад, "соціальна значущість об'єкта" або "надійність постачальника").

Сутність методу полягає в декомпозиції проблеми на ієрархічні рівні: головна ціль (вибір оптимального ЕЕЗ) → критерії (економічні, екологічні, технічні) → субкритерії → альтернативи. Після побудови ієрархії здійснюється парне порівняння елементів кожного рівня відносно елемента вищого рівня за допомогою 9-бальної шкали фундаментальних переваг Сааті (де 1 – рівноцінність, 9 – абсолютна перевага).

Математична формалізація: Результатом парних порівнянь n критеріїв є зворотньо-симетрична матриця $A = (a_{ij})$, де a_{ij} відображає ступінь переваги критерію i над критерієм j , причому $a_{ji} = 1/a_{ij}$ та $a_{ii} = 1$. Завдання полягає у знаходженні вектора ваг критеріїв $w =$

$(w_1, w_2, \dots, w_n)^t$. У ідеальному випадку узгодженості суджень виконується рівність $A \cdot w = n \cdot w$. У реальній практиці експертні оцінки не завжди транзитивні, тому задача зводиться до знаходження головного власного вектора матриці A , що відповідає максимальному власному числу λ_{max} :

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$$

Важливою перевагою АНР є можливість перевірки логічної узгодженості суджень експерта через розрахунок індексу узгодженості (CI) та відношення узгодженості (CR):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}; CR = \frac{CI}{RI}$$

де RI — середній індекс випадкової узгодженості для матриці розмірності n . Якщо $CR \leq 0.1$, матриця вважається узгодженою, і отримані ваги можна використовувати в подальшому аналізі. Для ТГ цей етап є критичним для легітимізації пріоритетів енергетичної політики [6, 12].

1.5.2. Метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

Метод TOPSIS (розроблений Hwang та Yoon) належить до групи методів референтної точки і базується на інтуїтивно зрозумілій геометричній концепції: найкраща альтернатива повинна знаходитися на найкоротшій відстані від позитивного ідеального рішення (PIS) і на найдовшій відстані від негативного ідеального рішення (NIS) у багатовимірному просторі критеріїв.

Алгоритм реалізації методу включає наступні кроки:

Крок 1. Побудова матриці прийняття рішень $X = (x_{ij})_{m \times n}$
де x_{ij} — значення j -го критерію для i -ї альтернативи.

Крок 2. Нормалізація матриці. Оскільки критерії мають різні одиниці виміру (грн, т CO_2 , роки), необхідна векторизація для приведення їх до безрозмірної шкали. Найчастіше використовується векторна нормалізація.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}, \quad i = 1..m, j = 1..n$$

Крок 3. Врахування ваг критеріїв. Розраховується зважена нормалізована матриця $V=(v_{ij})$, де ваги w_j можуть бути отримані, наприклад, методом АНР:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad \text{де } \sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Крок 4. Визначення ідеальних рішень. Позитивне ідеальне рішення A^+ формується з найкращих значень за кожним критерієм (максимум для критеріїв вигоди, мінімум для критеріїв витрат):

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_i v_{ij} | j \in J_{benefit}), (\min_i v_{ij} | j \in J_{cost})\}$$

Аналогічно визначається негативне ідеальне рішення A^- з найгірших значень.

Крок 5. Розрахунок відстаней. Обчислюється n -вимірний Евклідова відстань кожної альтернативи до A^+ та A^- :

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}; \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта відносної близькості C_i^* :

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad 0 \leq C_i^* \leq 1$$

Альтернатива з найвищим значенням C_i^* вважається найкращою. TOPSIS є високоефективним для ранжування великої кількості інвестиційних проєктів ТГ, коли критерії вже чітко визначені та оцифровані [5, 10].

1.6. Нормативно-правове регулювання та бар'єри впровадження енергоефективних заходів в Україні: проблема монофакторного аналізу

Формування ефективної системи енергетичного менеджменту в територіальних громадах (ТГ) неможливе без відповідного нормативно-правового забезпечення, яке визначає правила гри, стимули та обмеження для всіх учасників процесу. Сучасний етап розвитку українського законодавства у сфері енергоефективності характеризується активною гармонізацією з правом Європейського Союзу, що зумовлено виконанням Угоди про асоціацію та зобов'язаннями в рамках Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Стратегічний курс держави спрямований на перехід від дотаційної моделі енергоспоживання до ринкових механізмів стимулювання енергозбереження та декарбонізації економіки.

Засадничим документом, що формує нову архітектуру відносин у цій сфері, став Закон України «Про енергетичну ефективність» (№ 1818-IX від 21.10.2021 р.). Цей закон вперше на законодавчому рівні закріпив принцип «енергоефективність передусім» (energy efficiency first) при прийнятті інвестиційних рішень та визначив правові засади функціонування систем енергоменеджменту в органах місцевого самоврядування. Важливими елементами регуляторного поля також є Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», який запровадив обов'язкову сертифікацію об'єктів бюджетної сфери, та пакет законодавства щодо енергосервісу (ЕСКО), який створив механізм залучення приватних інвестицій у модернізацію комунального сектору з поверненням коштів за рахунок отриманої економії. На рівні підзаконних актів розроблено низку методик щодо проведення енергоаудитів, моніторингу споживання та розрахунку базових рівнів енергоспоживання.

Проте, незважаючи на прогресивний характер рамкового законодавства, практична імплементація енергоефективних заходів (ЕЕЗ) на рівні територіальних громад наштовхується на системні бар'єри інституційного, фінансового та, що найбільш критично, методологічного характеру. Глибокий аналіз правозастосовчої практики та бюджетних процесів у ТГ дозволяє стверджувати, що ключовим проблемним моментом та головним гальмом модернізації є домінування архаїчного підходу до економічної оцінки проєктів, який базується на монофакторному аналізі за єдиним критерієм — простим терміном окупності (Payback Period, PP).

Ця проблема має глибоке нормативне коріння. Існуючі державні будівельні норми, методичні рекомендації щодо розробки інвестиційних програм комунальних підприємств та навіть критерії відбору проєктів для фінансування з Державного фонду регіонального розвитку (ДФРР) часто де-факто або де-юре встановлюють термін окупності як головний фільтр. Бюджетний кодекс України, з його жорстким принципом річного

планування (стаття 3), створює інституційне середовище, де місцева влада не зацікавлена в реалізації проєктів з горизонтом планування, що перевищує одну каденцію. У такій системі координат захід із заміни вікон, що окупається за 5 років, завжди матиме пріоритет над комплексною термомодернізацією будівлі з встановленням теплового насосу, яка окупається за 12–15 років, навіть якщо останній проєкт має в рази вищий сумарний економічний ефект за весь життєвий цикл (Net Present Value, NPV) та забезпечує радикальне скорочення викидів CO₂.

Методологічний редукціонізм, що зводить складну соціо-технічну проблему вибору ЕЕЗ до примітивної арифметичної дії ділення інвестицій на річну економію, призводить до низки негативних стратегічних наслідків:

- Ігнорування вартості грошей у часі: Простий термін окупності не враховує інфляцію та дисконтування, що робить оцінку довгострокових проєктів фінансово некоректною.
- Нехтування екстерналіями: Існуюча нормативна база слабо інтегрує екологічні та соціальні вигоди у фінансову модель. Наприклад, покращення здоров'я дітей у утепленому садочку або підвищення ринкової вартості комунального майна не мають монетарного виразу в стандартних методиках оцінки бюджетних запитів.
- Ефект «замкненості» (Lock-in effect): Орієнтація на швидку окупність стимулює впровадження часткових, «клаптикових» рішень (наприклад, утеплення лише торцевої стіни або встановлення дешевого, але неефективного ІТП). Реалізація таких заходів часто технічно або економічно блокує можливість проведення глибокої модернізації об'єкта в майбутньому, консервуючи його субоптимальний стан на десятиліття.

Таким чином, склалася парадоксальна ситуація: на декларативному рівні держава та громади прагнуть до декарбонізації та впровадження європейських стандартів енергоменеджменту (ISO 50001), однак реальний

механізм прийняття рішень та розподілу бюджетних коштів залишається в полоні застарілої парадигми мінімізації поточних витрат. Подолання цього бар'єра лежить не стільки в площині прийняття нових законів, скільки в площині зміни методології оцінювання. Існує нагальна потреба в імplementації на муніципальному рівні сучасних систем підтримки прийняття рішень, заснованих на багатокритеріальному аналізі (розглянутому в п. 1.5), які дозволять легітимізувати інвестиції в довгострокові, капіталомісткі проєкти глибокої енергомодернізації.

Вибір і обґрунтування напрямків досліджень

Проведений у першому розділі теоретико-методологічний аналіз дозволив ідентифікувати фундаментальну суперечність сучасного муніципального енергоменеджменту в Україні. З одного боку, територіальні громади трансформувалися у складні соціо-технічні системи, управління якими вимагає застосування динамічних, багатокритеріальних підходів відповідно до стандартів ISO 50001 та цілей Європейського зеленого курсу. З іншого боку, реальна практика прийняття інвестиційних рішень залишається в полоні застарілої парадигми монофакторного аналізу, що базується майже виключно на показнику простого терміну окупності. Такий методологічний розрив призводить до стратегічних помилок: недоінвестування у глибоку модернізацію, ігнорування екологічних та соціальних ефектів, і, як наслідок, консервації енергонеєфективності комунального сектору.

Для вирішення цієї науково-прикладної проблеми необхідно перейти від теоретичних узагальнень до розробки та апробації конкретних інструментів підтримки прийняття рішень. Це вимагає детального аналізу реального об'єкта управління, на прикладі якого можна продемонструвати обмеженість існуючих підходів та переваги запропонованої методології.

Виходячи з цього, основними напрямками подальших досліджень у роботі визначено:

- Проведення комплексної діагностики енергетичного профілю конкретної територіальної громади (на прикладі Городенківської ТГ). Цей напрямок передбачає збір та верифікацію вхідних даних: аналіз структури енергоспоживання, інвентаризацію викидів парникових газів та оцінку технічного стану громадських будівель. Це дозволить сформуванати «базову лінію» для подальшого моделювання.
- Формування портфеля потенційних енергоефективних заходів. На основі проведеної діагностики необхідно розробити перелік альтернативних сценаріїв модернізації (від організаційних заходів до капіталомістких інвестиційних проєктів), які стануть об'єктами для подальшого ранжування.
- Обґрунтування недостатності традиційних методів аналізу для стратегічного планування у великій громаді. Необхідно на практичному матеріалі показати, що стандартний набір інструментів (енергобаланс, SWOT-аналіз, розрахунок окупності) дає лише описову картину, але не дозволяє ефективно розв'язувати конфлікти між економічними, екологічними та соціальними цілями при обмеженому бюджеті.
- Розробка та імплементація математичної моделі системи підтримки прийняття рішень СППР (Система Підтримки Прийняття Рішень). На основі теоретичних викладок п. 1.5, необхідно адаптувати методи багатокритеріального аналізу (зокрема, комбінацію АНР та TOPSIS) для потреб обраної громади, визначити вагові коефіцієнти критеріїв та провести експериментальне ранжування сформованого портфеля проєктів.

Реалізація цих напрямків дозволить створити науково обґрунтований інструментарій для переходу від ситуативного реагування до стратегічного управління енергоефективністю на муніципальному рівні.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОФІЛЮ ТА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ГОРОДЕНКІВСЬКОЇ ТГ)

Теоретичні засади, розглянуті в першому розділі, потребують практичної верифікації на реальному об'єкті дослідження. В якості такого об'єкта обрано Городенківську міську територіальну громаду (Івано-Франківська область). Вибір зумовлений тим, що ця громада є типовим представником середніх за розміром громад України з характерною структурою енергоспоживання, значною часткою бюджетних установ у енергобалансі та усвідомленою потребою у переході до сталого енергетичного розвитку (громада є підписантом Угоди Мерів).

Метою цього розділу є проведення глибокої діагностики існуючого стану системи енергозабезпечення та енергоспоживання Городенківської ТГ. Цей аналіз є необхідним підґрунтям для будь-якої системи підтримки прийняття рішень, оскільки якість вихідних даних (data quality) прямо визначає якість управлінських рішень. У розділі буде послідовно застосовано стандартний інструментарій муніципального енергоменеджменту: від аналізу паливно-енергетичного балансу та інвентаризації викидів до кластеризації будівель та SWOT-аналізу.

Ключовим завданням розділу є не лише фіксація поточного стану («діагноз»), але й демонстрація того факту, що для складної системи, якою є сучасна об'єднана громада, традиційного описового аналізу недостатньо для формування ефективної інвестиційної стратегії. Розділ має підвести до висновку про необхідність застосування більш складних, багатокритеріальних методів оцінки, які будуть розроблені у третьому розділі.

2.1. Структурний аналіз енергетичного балансу як вхідних даних для СППР

Енергетичний баланс територіальної громади є фундаментальним документом, що відображає кількісну та якісну структуру надходження, перетворення та кінцевого споживання всіх видів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) за певний проміжок часу (зазвичай, календарний рік). Для цілей побудови СППР енергобаланс виконує роль основного джерела вхідних даних, що дозволяє ідентифікувати найбільших споживачів, оцінити залежність від викопних видів палива та визначити пріоритетні сектори для інтервенцій.

2.1.1 Аналіз споживання електричної енергії

З введенням в дію Закону України «Про ринок електричної енергії» на вимогу щодо відокремлення оператора системи розподілу від постачання електричної енергії, функції оператора системи розподілу виконує АТ «Прикарпаттяобленерго» яке веде свою історію з 1930 року, коли було введено в експлуатацію Станіславівську електростанцію. Відповідно до закону про ринок електричної енергії закуповувати електроенергію споживач може у любого постачальника.

Філія АТ "Східна" здійснює безпосереднє електропостачання Городенківської ТГ. Кількість абонентів громади – 18,253 споживачів.

Максимальне літнє навантаження складає 5,1 МВт, максимальне зимове навантаження - 8,3 МВт.

Городенківська громада отримує електроенергію від об'єднаної енергосистеми України через 5 ПС 35-110кВ, з загальною потужністю трансформаторів 48,6 МВА, та через 352 трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4кВ з встановленою потужністю трансформаторів 58,853 МВА і розподільчу мережу 10-0,4кВ по кабельних і повітряних лініях загальною довжиною 1320,4 км.

На рисунку 2.1 наведений розподіл споживання електроенергії населенням громади в розрізі населених пунктів. Середнє споживання електроенергії на одного споживача складає 1,63 МВт/год/рік. При чому, населений пункт Топорівці має найбільш енергоємних споживачів за рівнем електроспоживання. Також, як видно з рисунку 1, населені пункти Глушків, Городенка, Городниця, Котиківка, Михальче, Олієво-Корнів, Олієво-Королівка, Рашків, Семаківці, Семенівка, Стрільче, Топорівці, Торговиця, Чернятин, Ясенів-Пільний характерні рівнем споживання електроенергії на одного споживача більшим середнього по громаді.

В таблиці 2.1 подані зведені значення електроспоживання Городенківською громадою за період з 2019 по 2022 роки.

Таблиця 2.1 - Споживання електроенергії Городенківською громадою за 4 останні роки

Тип споживачів Городенківської ТГ	Кількість використаної електроенергії за рік, МВт/год			
	2019	2020	2021	2022
Населення	31511,63	32748,75	33679,32	31503,05
Інші споживачі (бюджетні заклади, комунальні та тритинний сектор)	10529,95	10241,609	12059,34	13960,14
Городенківська ТГ (ЗАГАЛОМ)	42041,59	42990,359	45738,66	45463,19

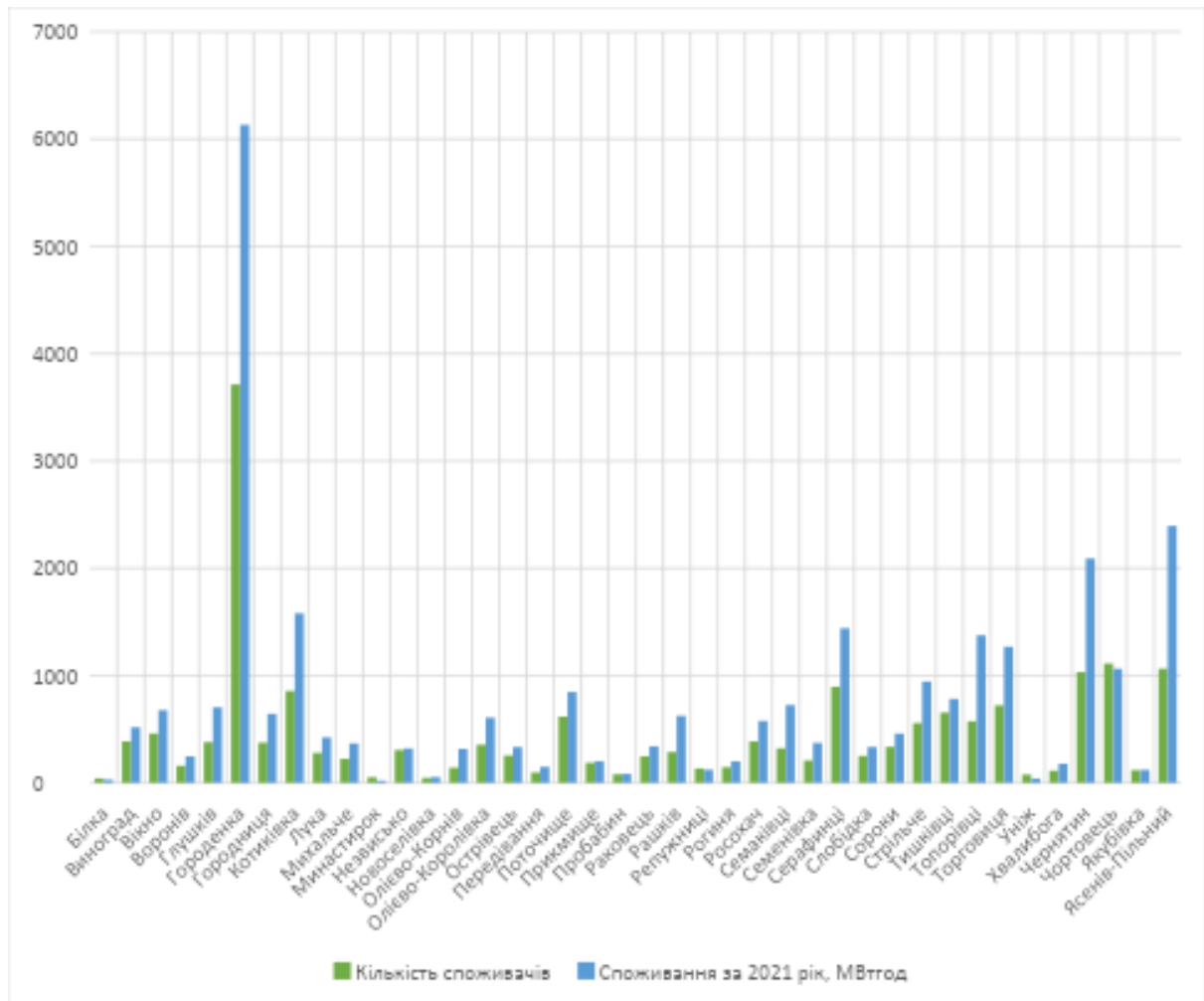


Рисунок 2.1 - Розподіл споживання електроенергії населенням громади в розрізі населених пунктів

Як видно з рисунку 2.2, тенденція зміни споживання електроенергії житловим сектором за 4 останні роки зростаюча. Такі зміни попиту на енергоресурс можуть бути спричинені підвищенням рівня населення на території громади. Варто зауважити, що у 2022 році помітний спад рівня споживання електрики населенням громади, що може бути поясненим відключеннями електромережі через військові атаки по енергосистемі. Середньодобове споживання електроенергії громадою а 2021 рік складає 125,3 МВт*год/добу.

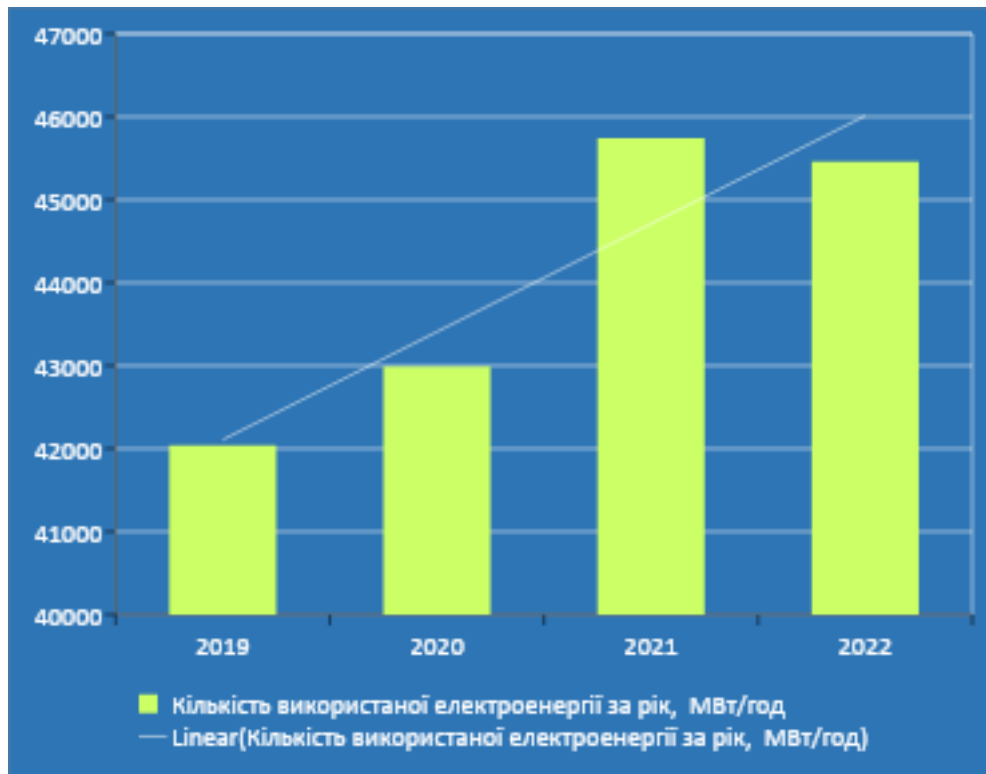


Рисунок 2.2 – Тенденція зміни споживання електроенергії
Городенківською ТГ

У таблиці 2.2. наведено сумарні дані по споживанню електроенергії у Городенківській громаді в розрізі секторів.

Таблиця 2.2 – Споживання електроенергії в розрізі секторів
громади

Категорії споживачів	Кількість використаної електроенергії за рік, МВт/год
Бюджетні заклади (ЗАГАЛОМ):	1537,38
1. Міський бюджет	1258,17
2. Обласний бюджет	58,09
3. Державний бюджет	221,12
Вуличне освітлення	368,3
Третинний сектор	10153,66
Населення	33679,323

Візуалізація цієї таблиці подана на рисунку 2.3. Як видно з результатів дослідження, населення є найбільшим споживачем електроенергії в

громаді, його доля в загальному обсязі споживання складає 74 % електроенергії.



Рисунок 2.3 – Діаграма електроспоживання на території громади в розрізі секторів

2.1.2 Аналіз споживання природного газу

Природний газ є одним з основних енергоресурсів громади, що використовується, як джерело теплогенеруючих систем. Газопостачання громади здійснює ПАТ «Івано-Франківськгаз». Згідно середньопроведеного річного значення фізико-хімічних показників природного газу за маршрутом транспортування до громади природного газу, нижча теплота згоряння енергоресурсу становить 11832 ккал/м³. При чому, середньозважена теплота згоряння природного газу, який подавався споживачам України у травні 2023 року, становить 8237 ккал/м³ (при нормі стандарту 7600 ккал/м³).

Таблиця 2.3 – Використання природного газу на території Городенківської громади в розрізі секторів

Категорії споживачів	Кількість використаного природного газу, тис м3
Бюджетні заклади	1436,4
Третинний сектор	2029,7
Населення	19663,9

Візуалізація цієї таблиці подана на рисунку 2.4. Як видно з результатів дослідження, житловий сектор є найбільшим споживачем природного газу в громаді, його доля в загальному обсязі споживання складає 85 %.

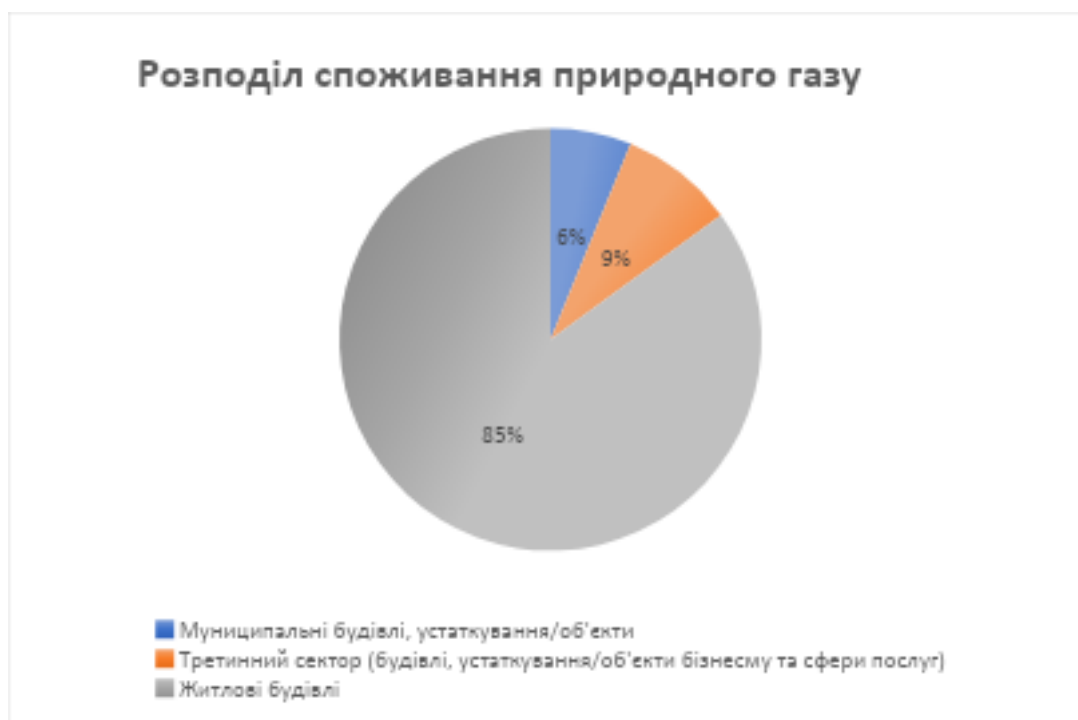


Рисунок 2.4 – Діаграма газоспоживання на території громади в розрізі секторів

2.1.3 Аналіз теплопостачання на території громади

У 2000-х роках на населені пункти Городенківської ТГ відмовилися від централізованого теплопостачання для населення, тому зараз воно

повністю перебуває на індивідуальному теплопостачанні з використанням приватних газових та електричних котлів.

Для опалення муніципальних будівель використовуються локальні котельні (газові, електричні). Також, частина будівель бюджетного сектору живиться від централізованих котелень теплопостачання, які в якості теплогенеруючого обладнання використовують твердопаливні котли. Як джерело енергії використовуються дрова, відходи лісових господарств, дерево-обробної промисловості та деревні відходи санітарних обрізок дерев. Основна порода дерев, що використовується для опалення – бук.

В таблиці 2.4 подані зведені значення використання теплової енергії від централізованої мережі Городенківської ТГ.

Таблиця 2.4 – Зміна споживання централізованої теплової енергії Городенківською ТГ за останні 4 роки

Річний обсяг споживання енергії централізованої системи опалення, Гкал			
2019	2020	2021	2022
6235,6	5943,655	5269,581	4083,855

Як видно з рисунку 2.5, тенденція зміни споживання теплової енергії від централізованої мережі муніципальними закладами за 4 останні роки спадаюча. Такі зміни попиту на енергоресурс можуть бути спричинені ситуацією з пандемією COVID-19 та початком повномасштабного вторгнення в Україну.

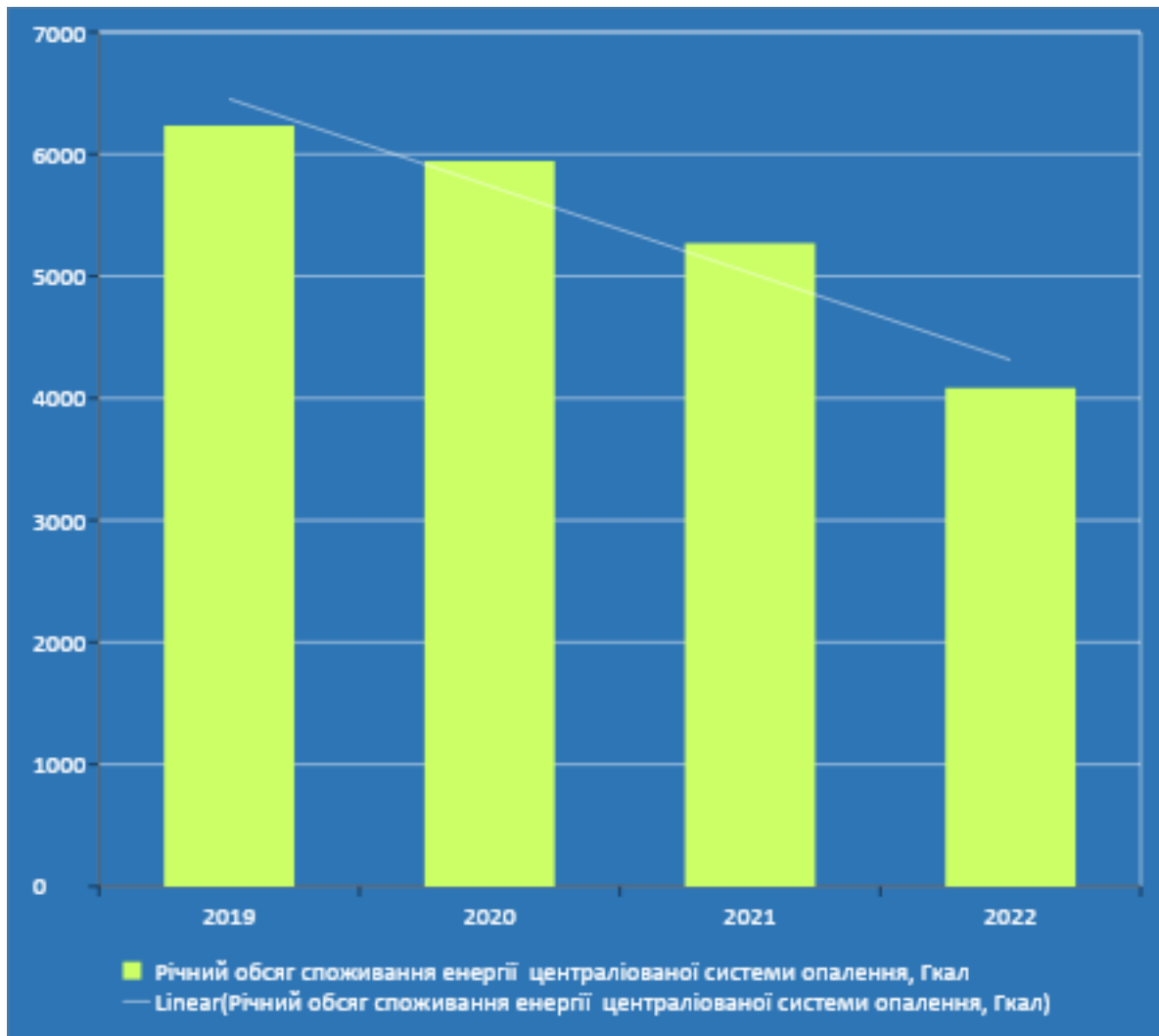


Рисунок 2.5 - Тенденція зміни споживання централізованої теплової енергії бюджетними закладами Городенківської ТГ

2.1.4 Аналіз транспорту громади

Станом на 2021 рік на території громади зареєстровано більше 10 тис. транспортних засобів. Детальний розподіл транспорту а типами поданий у таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Розподіл транспортних засобів в громаді

Тип транспорту	Кількість траснпортних асобів
Легкові автомобілі	6259
Вантажні до 7 т.	83
Вантажні більше 7 т.	219
Автобуси	66
Мікроавтобуси	9

Мотоцикли	330
Мопеди	51

У підпорядкуванні муніципалітету знаходяться такі транспортні засоби:

- медична сфера – автомобілі в кількості 24 шт.;
- міська рада громади – автомобілі в кількості 3 шт.;
- освіта - автомобілі в кількості 1 шт. та 8 шт. автобусів;
- КП «Житлосервіс» - сміттєвої 2 шт., вишка – 1 шт., трактор МТЗ 1 шт., ВАЗ 2105 – 1 шт., мінітрактор – 1 шт.

У таблиці 2.6 подано кількість палива, використаного муніципальним транспортом за 2021 рік.

Таблиця 2.6 - Кількість спожитого палива за 2021 рік, л

Тип палива	Сектор муніципалітету			
	Медична сфера	Міська рада	Освіта	КП «Житлосервіс»
Автобензин	8635	3700	1500	5450
Дизпаливо	0	0	12000	17920

2.1.5 Зведені значення енергобалансу громади

У таблиці 2.7 наведено споживання енергоресурсів на території Городенківської громади в натуральних одиницях за базовий 2021 р. Дані споживання зібрані під час опитувань кінцевих споживачів енергії та енергопостачальників.

Таблиця 2.7 - Обсяги споживання енергоресурсів в Городенківській ТГ у натуральних одиницях

Сектор	Обсяги споживання енергоресурсів, натуральні показники					
	Електроенергія, МВт·год	Тепло/холод, Гкал	Корисні копалини			
			Природний газ, тис.м ³	Дизпаливо, тонн	Бензин, тонн	Дерева (дрова, щепи, пелети), тонн
БУДІВЛІ, УСТАТКУВАННЯ/ОБ'ЄКТИ ГАЛУЗІ І						
<u>Муниципальні будівлі, устаткування/об'єкти</u>	1537,4	5269,581	1436,4			

<u>Третинний сектор (будівлі, устаткування/об'єкти бізнесу та сфери послуг)</u>	10153,7		2029,7			579,5
<u>Житлові будівлі</u>	33679,3		19663,9			453
<u>Вуличне освітлення</u>	368,3					
Проміжний підсумок	45738,66	5269,581	23129,99	0	0	1032,5
ТРАНСПОРТ						
<u>Муніципальний парк</u>				25,1	14,4	
<u>Громадський транспорт</u>				21,9	0,2	
<u>Приватний та комерційний транспорт</u>				588,6	1188,6	
Проміжний підсумок	0	0	0	635,6161	1203,208	0
Підсумок	45738,66	5269,581	23129,99	635,6161	1203,208	1032,5

Керуючись коефіцієнтами з таблиці 2.8, значення енергоспоживання, подані у таблиці 7 переведені з натуральних показників споживання енергоресурсів в МВт.год та подані у таблиці 2.9.

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти переведення з натуральних одиниць в МВт·год

Енергоресурс	Натуральний показник	Значення в МВт·год
Теплова енергія	1Гкал	1,163
Природний газ	1000 м3	9,432
Природний газ (стиснений)	1000 м3	8,628
Газ (скраплений) Пропан-бутан – LPG	м3	7,415
Бензин	1т	12,3
Дизель	1т	11,9
Мазут	1т	11,2
Вугілля (буре)	1т	5,8
Торф	1т	2,7
Деревина (дрова, бук)	1т	4,2

Таблиця 2.9 – Енергобаланс Городенківської громади за базовий 2021 рік.

Сектор	КІНЦЕВЕ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ [МВтгод]						
	Електроенергія	Тепло/холод	Корисні копалини				Підсумок
			Природний газ	Дизпаливо	Бензин	Дерева (дрова, щепи, пелети)	
БУДІВЛІ, УСТАТКУВАННЯ/ОБ'ЄКТИ І ГАЛУЗІ							
Муніципальні будівлі, устаткування/об'єкти	1537,4	6124,42	13548,4			0	21210,23
Третинний сектор (будівлі, устаткування/об'єкти бізнесу та сфери послуг)	10153,7		19143,9			2433,9	31731,48
Житлові будівлі	33679,3		185469,7			1902,6	221051,6
Вуличне освітлення	368,3					0	368,3
Проміжний підсумок	45738,7	6124,42	218162,1	0	0	4336,5	274361,7
ТРАНСПОРТ							
Муніципальний парк				299,2	177,422		476,622
Громадський транспорт				260,4892	2,348697		262,8379
Приватний та комерційний транспорт				7004,142	14620,17		21624,31
Проміжний підсумок	0	0	0	7563,831	14799,94	0	22363,77
ІНШЕ							
Сільське господарство, лісове господарство, рибне господарство							0
Підсумок	45738,66	6124,42	218162,1	7563,831	14799,94	4336,5	296725,4

На рисунку 2.6 подана діаграма, що показує відсоткове співвідношення споживання ресурсів на території Городенківської громади. Як видно з результатів дослідження, природний газ є ресурсом, що займає найбільшу частку в енергобалансі громади. Його доля в загальному обсязі споживання складає 58 %. Також значущим з точки зору впливу на енергобаланс є електроенергія, доля якої відповідає 29 % від загального споживання енергії в Городенківській ТГ.



Рисунок 2.6 – Відсоткове співвідношення енергобалансу Городенківської ТГ в розрізі енергоресурсів

На рисунку 2.7 подана діаграма, що показує відсоткове співвідношення споживання енергії секторами Городенківської громади. Як видно з результатів дослідження, житловий сектор є найбільшим споживачем енергії в громаді, його доля в загальному обсязі споживання складає 72 %.



Рисунок 2.7 – Відсоткове співвідношення енергобалансу Городенківської ТГ в розрізі секторів

Аналіз енергетичного профілю Городенківської ТГ доцільно проводити у двох розрізах:

1. **За видами енергоресурсів:** природний газ, електроенергія, теплова енергія (централізоване постачання, якщо є), тверде паливо (вугілля, дрова, пелети), моторне паливо (бензин, дизель, газ для транспорту).
2. **За секторами споживання:** бюджетна сфера (освіта, медицина, культура, адмінбудівлі), житловий сектор (багатоквартирні та приватні будинки), комунальні підприємства (водоканал, вуличне освітлення), транспорт (муніципальний, приватний, комерційний) та, за наявності, промисловість/агробізнес.

Приклад аналізу для наповнення (тут потрібно вставити реальні або змодельовані дані по Городенці): Аналіз структури споживання ПЕР Городенківської ТГ за [вказати рік] рік свідчить про домінування природного газу в загальному енергобалансі, частка якого становить близько [X]%. Основним споживачем газу є житловий сектор (для

індивідуального опалення) та котельні бюджетних установ. Другим за значимістю ресурсом є електроенергія ([Y]%), споживання якої має виражену тенденцію до зростання, особливо у секторі водопостачання та водовідведення, а також вуличного освітлення. Характерною особливістю громади, як і багатьох інших в регіоні, є поступове збільшення частки біомаси (дрова, відходи агровиробництва) у структурі опалення приватних домогосподарств та окремих бюджетних закладів сільської місцевості, що є позитивним трендом з точки зору диверсифікації.

Структурний аналіз бюджетного сектору, який є зоною прямої відповідальності місцевої влади, показує, що найбільшими споживачами енергії є заклади освіти (школи та дитячі садки) — близько [Z]% від загального споживання бюджетної сфери. Це визначає їх як пріоритетний кластер для впровадження енергоефективних заходів.

Важливий методологічний аспект: Для коректного порівняння різних видів палива у СППР всі показники балансу мають бути приведені до єдиного енергетичного еквіваленту (наприклад, МВт·год або Гкал), використовуючи офіційні коефіцієнти перерахунку. Також критично важливим є розділення споживання на "базове" та "кліматозалежне" для коректного оцінювання потенціалу економії.

2.2. Розрахунок кадастру викидів громади

Відповідно до методології Угоди Мерів та вимог сучасного екологічного законодавства, аналіз енергоспоживання має бути доповнений оцінкою його впливу на довкілля. Кадастр викидів (або Базовий кадастр викидів – Baseline Emission Inventory, BEI) є інструментом, що переводить кіловати та кубометри спожитих ресурсів у тонни еквіваленту діоксиду вуглецю (tCO₂eq). Це дозволяє інтегрувати екологічний критерій у систему підтримки прийняття рішень, що є критично важливим для подолання проблем монофакторного аналізу, описаних у Розділі 1.

Розрахунок викидів для Городенківської ТГ базується на даних енергетичного балансу (п. 2.1) та використанні національних або стандартних коефіцієнтів емісії (K_{em}) для кожного виду палива. Формула розрахунку має вигляд:

$$Emiss_{CO_2} = \sum (Consum_i \times K_{em,i})$$

де $Consum_i$ — обсяг споживання i -го виду енергоресурсу (у МВт·год), $K_{em,i}$ — коефіцієнт викидів для цього ресурсу (т CO_2 /МВт·год).

Приклад аналізу (для наповнення даними): За результатами інвентаризації за базовий рік, сумарні викиди парникових газів на території Городенківської ТГ склали [кількість] тис. тонн CO_2 -екв. Аналіз структури викидів показує, що найбільш вуглецеємним сектором є житловий сектор (через спалювання природного газу), який генерує близько [X]% загальних викидів. На другому місці — транспорт ([Y]%). Бюджетна сфера, хоча і споживає значно менше енергії в абсолютних величинах, має високий питомий показник викидів на m^2 через використання застарілих газових котелень та низьку енергоефективність будівель.

Важливим висновком для СППР є те, що різні енергоресурси мають різний "вуглецевий слід". Наприклад, заміна електроенергії з мережі (яка в Україні має високий коефіцієнт емісії через вугільні ТЕС) на електроенергію з локальної СЕС дає значно більший екологічний ефект, ніж просто економія газу. Кадастр викидів дозволяє кількісно оцінити цей параметр та включити його як один із ключових критеріїв при ранжуванні проєктів.

2.2.1 Вибір базового року

Базовий кадастр викидів (БКВ) – це базовий інструментом, який дозволяє міським органам влади виміряти вплив власних заходів, що

спрямовані на боротьбу зі зміною клімату. Формування БКВ полягає у визначення обсягів CO₂, що викидаються в атмосферу у зв'язку із енергоспоживанням на території громади в обраному базовому році. Кадастр дозволяє визначити найзначніші антропогенні джерела емісії CO₂ та, відповідно, є основою для подальшого визначення основних напрямків реалізації заходів, що спрямовані на зменшення викидів CO₂.

Кадастр формується на основі даних про річні значення енергоспоживання громади за базовий рік. Це рік, у порівнянні з яким буде в подальшому оцінюватись скорочення викидів CO₂ підчас моніторингу (відповідно до положень «Угоди мерів» чи інших ініціатив щодо стратегічного планування сфери сталого розвитку громад). Рекомендований базовий рік для кадастру – 1990. У випадку, якщо місцевий орган влади не має даних для складання кадастру за 1990 рік, він повинен вибрати найближчий до нього рік, для якого можуть бути відібрані найповніші і достовірні дані.

За результатами аналізу, що було проведено при складанні енергобалансу для Городенківської громади базовим роком для здійснення оцінювання рівня викидів CO₂ обрано 2021 рік. Обраний рік є найбільш репрезентативним з точки зору економічної та енергетичної ситуації по Городенківській громаді. Це пояснюється наявністю повної та достовірної інформації за цей рік по споживанню усіх видів енергоносіїв, відносною стабілізацією економіки після пандемії COVID-19 у 2020 році та релевантними даними по споживанню енергії громадою, без впливів відключень та наслідків повномасштабного вторгнення в Україну у 2022 році.

2.2.2 Сектори

Враховуючи амбіції та цілі громади, бажання її політичних еліт до розвитку на засадах сталості та участі у ініціативі Угода мерів, методикою

для формування БКВ в рамках цього документу обраний підхід, запропонований Об'єднаним дослідницьким центром (Joint Research Centre – JRC) для учасників ініціативи «Угода мерів». Він передбачає перелік ключових секторів діяльності (пов'язаних з енергоспоживанням та ні), що є обов'язковими для включення до розрахунку кадастру викидів. Також надається перелік секторів, що є рекомендованими до включення в розрахунок БКВ, але не є обов'язковими.

Таблиця 2.10 - Ключові сектори та сектори, що рекомендовані до включення у БКВ центром JRC

Сектори кінцевих споживачів енергоресурсів	Ключові сектори
Будівлі, обладнання/об'єкти	
Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти	
Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти	ключовий
Муніципальне освітлення	ключовий
Третинні (не муніципальні) будівлі, обладнання/об'єкти	
Третинні будівлі, обладнання/об'єкти	ключовий
Житлові будинки	ключовий
Промисловість	
Промисловість (не СТВ)	
Промисловість СТВ	
Транспорт	
Залізничний транспорт	ключовий
Муніципальний автотранспорт	
Громадський автотранспорт	
Приватний та комерційний автотранспорт	
Інше	
Сільське, лісне, рибне господарство	
Інше	
Сектора, що не пов'язані з енергетикою	
Управління відходами	
Управління стічними водами	
Інші неенергетичні джерела	

З метою оптимізації результатів від пріоритетних дій та заходів, направлених на зниження викидів CO₂, необхідно врахувати місцеві умови та майбутні перспективи розвитку Городенківської громади. Основними критеріями для обрання рекомендованих секторів до включення в БКВ є:

- важливість для громади (соціальна важливість);
- розмір витрат з міського бюджету (фінансова складова);

- наявність запланованих проектів у сфері енергозбереження;
- регуляторний вплив міської влади на сектор;
- можливість контролю над витратами енергії у секторі з боку міської влади.

В таблиці 2.11 приведені дані щодо обґрунтування при виборі секторів кінцевих споживачів базового кадастру та вказані сектори, що обрані.

Таблиця 2.11 - Обрання секторів кінцевих споживачів енергоресурсів до включення у БКВ

Сектора кінцевих споживачів енергоресурсів	Ключові сектори	Обґрунтування обрання сектору	Обрані Сектори кінцевих споживачів для Городенківської ТГ (виділені кольором)
БУДІВЛІ ОБЛАДНАННЯ/ОБ'ЄКТИ та ІНДУСТРІЯ			
Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти			Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти
Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти	ключовий	Ключовий сектор	Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти
Муніципальне освітлення	ключовий	Ключовий сектор	Муніципальне освітлення
Інше			
Третинні (не муніципальні) будівлі, обладнання/об'єкти			Третинні (не муніципальні) будівлі, обладнання/об'єкти
Третинні будівлі, обладнання/об'єкти	ключовий	Ключовий сектор	Третинні будівлі, обладнання/об'єкти
Інші			
Житлові будинки	ключовий	Ключовий сектор	Житлові будинки
Промисловість			
Промисловість (не СТВ)		Відсутній вплив муніципалітету на сектор	-
Промисловість СТВ		Не рекомендовано до включення в кадастр	-
ТРАНСПОРТ			
Залізничний транспорт	ключовий	Не рекомендовано, якщо немає запланованих проектів	-
Муніципальний автотранспорт		Ключовий сектор	Муніципальний транспорт

Громадський автотранспорт			Громадський транспорт
Приватний та комерційний автотранспорт			Приватний та комерційний
ІНШЕ			
Сільське, лісне, рибне господарство		Не передбачено проектів зі сторочення викидів CO ₂ по сектору	-
Інше		відсутні	-

Для всіх обраних секторів до розрахунку Базового кадастру викидів виконуються перелічені вище критерії соціальної важливості для громади та наявності впливу міської влади, наявності значного впливу на бюджет міста, передбачені дії та заходи для зменшення викидів CO₂.

2.2.3 Обрання системи вимірювання викидів парникових газів

Всі стандартні коефіцієнти викидів засновані на вмісті вуглецю в кожному виді палива. У цьому підході найважливішим парниковим газом є CO₂. За рекомендаціями методики центром JRC (2018 р.) для розрахунку викидів можна використовувати два підходи:

- підхід, що базується на енергоспоживанні під час виконання діяльності (МГЕЗК),
- підхід «оцінки життєвого циклу» (ОЖЦ).

Підхід, що базується на діяльності, включає викиди від спалювання палива і базується на використанні коефіцієнтів викидів (МГЕЗК), які легко отримати. Підхід ОЖЦ включає і викиди від спалювання палива, і інші викиди, що з'являються внаслідок виробництва від ланцюжка поставок, які дуже складно підтвердити. Виходячи з відсутності інформації для розрахунку ОЖЦ, обираємо для використання систему коефіцієнтів, що запропонована Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (МГЕЗК).

Більшість викидів парникових газів – це викиди CO₂, в той час як викиди CH₄ і N₂O є менш важливими для житлового сектора та

транспортного сектора. Оскільки проєктів з використання метану та закису азоту не планується, то далі обираємо систему оцінювання викидів тільки вуглецевого газу (CO₂). Оцінка викидів буде виконуватися в одиницях «тонни CO₂».

Таким чином, обсяг викидів CO₂ визначається шляхом перемноження обсягів спожитих енергоресурсів, що переведені в МВт·год, на визначений для кожного виду енергоресурсу коефіцієнт викидів CO₂.

Таблиці, що використовуються для розрахунку обсягів викидів CO₂, наведені нижче:

Таблиця 2.12 - Таблиця коефіцієнтів CO₂ (МГЕЗК).

Енергоресурс	Коефіцієнт викидів CO ₂ , тонн/ МВт·год
Електроенергія (2018 р.)	0,51
Теплова енергія (2021 р.)	0
Природний газ	0,202
Бензин	0,249
Дизель	0,267
Вугілля (буре)	0,354
Деревина (відновлюване джерело)	0,0

Підтвердження відновлюваності деревини

На території Городенківської ТГ, ліси та інші лісопокриті ділянки займають 3936,4 га площі громади. Масиви лісів на території громади тяжіють до басейну річки Дністер та відносяться до лісів першої групи, мають ґрунтозахисне й водоохоронне, санітарно-гігієнічне й рекреаційне значення. Основними лісоутворюючими породами є граб, дуб, бук.

Як в самому місті Городенка так і навколо багато зелених зон, парків, лісів, які забезпечують поглинання вільного вуглецевого газу. Оскільки кількість деревини, що використовується для опалення в м. Городенка та сільських населених пунктах громади є незначною, деревина,

приймається як відновлюваний енергетичний ресурс. Коефіцієнт CO₂ для деревини встановлюється «0».

Коефіцієнт CO₂ для тепла

Під час розробки БКВ також окремо розраховується коефіцієнт викидів CO₂ тепла, що вироблено теплогенеруючими потужностями котелень централізованого теплопостачання.

Таблиця 2.13 - Розрахунок коефіцієнта CO₂ для тепла для 2021 року

Тепло, що надано кінцевому споживачу, Гкал	Енергетичне паливо		Витрати енергетичних ресурсів на 1 Гкал, що надана споживачу, в натуральних одиницях	Коефіцієнт викидів CO ₂ , тонн	Викиди CO ₂ , тонн	Сума викидів на 1 Гкал, тонн	Сума викидів на 1 МВт·год тепла, тонн
	Назва енергетичного палива	Кількість спожитого палива					
5269,58	дрова, м3	5269,58	-	0,0	0,0	0,00	0,00

Таким чином коефіцієнт CO₂ для тепла у Городенківській ТГ при використанні деревини в якості палива, станом на 2021й р. дорівнює 0,00 тонн/МВт·год.

2.2.4 Зведені значення Кадастру викидів CO₂ громади

У наступній таблиці наведений базовий кадастр викидів вуглекислого гаю на території Городенківської ТГ за 2021 рік.

Таблиця 2.14 - Базовий кадастр викидів CO₂ в базовому 2021 р.

Сектор	Викиди CO ₂ [т]						Підсумок
	Електроенергія	Тепло /холод	Корисні копалини				
			Природний газ	Дизпаливо	Бензин	Дерева (дро)	

							ва, щеп а, пеле ти)
БУДІВЛІ, УСТАТКУВАННЯ/ОБ'ЄКТИ І ГАЛУЗІ							
<u>Муниципальні будівлі, устаткування/об'єкти</u>	784	3123	2737	0	0	0	6644 ,3
<u>Третинний сектор (будівлі, устаткування/об'єкти бізнесу та сфери послуг)</u>	5178	0	3867	0	0	1241	1028 6,7
<u>Житлові будівлі</u>	17176	0	37465	0	0	970	5561 1,7
<u>Вуличне освітлення</u>	188	0	0	0	0	0	187, 8
Проміжний підсумок	23326,7	3123,5	44068 ,7	0	0	2211, 6	7273 0,5
ТРАНСПОРТ							
<u>Муниципальний парк</u>	0	0	0	80	44	0	124, 1
<u>Громадський транспорт</u>	0	0	0	70	1	0	70,1
<u>Приватний та комерційний транспорт</u>	0	0	0	1870	364 0	0	5510 ,5
Проміжний підсумок	0	0	0	2019, 5	368 5,2	0	5704 ,7
ІНШЕ							
<u>Сільське господарство, лісове господарство, рибне господарство</u>							0
ЗАГАЛОМ	23327	3123	44069	2020	368 5	2212	7843 5

На рисунку 3.1 подана діаграма, що показує відсоткове співвідношення викидів вуглекислого газу на території Городенківської громади. Як видно з результатів дослідження, електроенергія є ресурсом, що займає найбільшу частку в кадастрі викидів вуглекислого газу громади. Його доля в загальному обсязі споживання складає 53 %. Також значущим з точки зору впливу на викиди є природний газ, доля якого відповідає 42 % від загальних викидів у Городенківській ТГ.

Викиди CO₂ по видам енергоресурсів

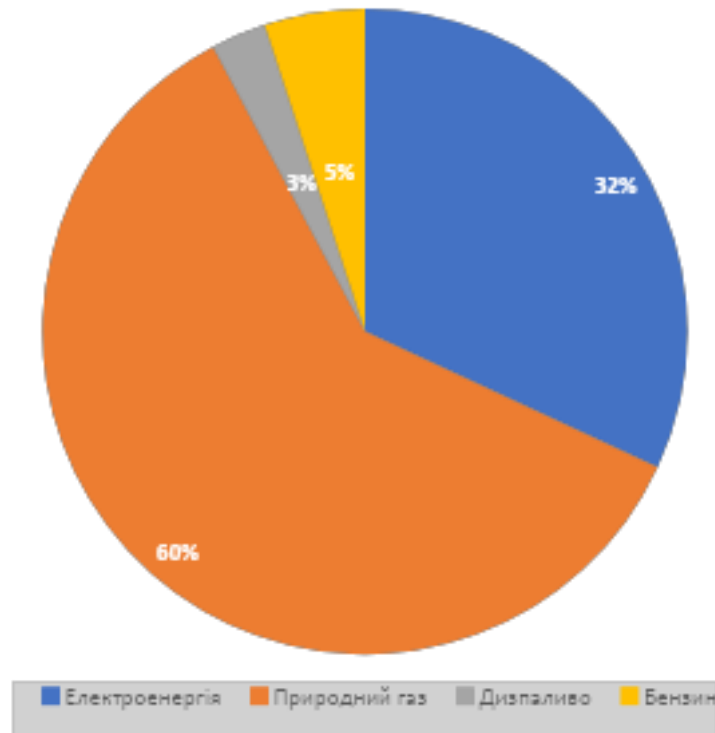


Рисунок 3.1 – Відсоткове співвідношення БКВ Городенківської ТГ в розрізі енергоресурсів

На рисунку 3.2 подана діаграма, що показує відсоткове співвідношення викидів CO₂ секторами Городенківської громади. Як видно з результатів дослідження, житловий сектор є найбільшим генератором вуглекислого газу в громаді, його доля в загальному обсязі споживання складає 68 %.

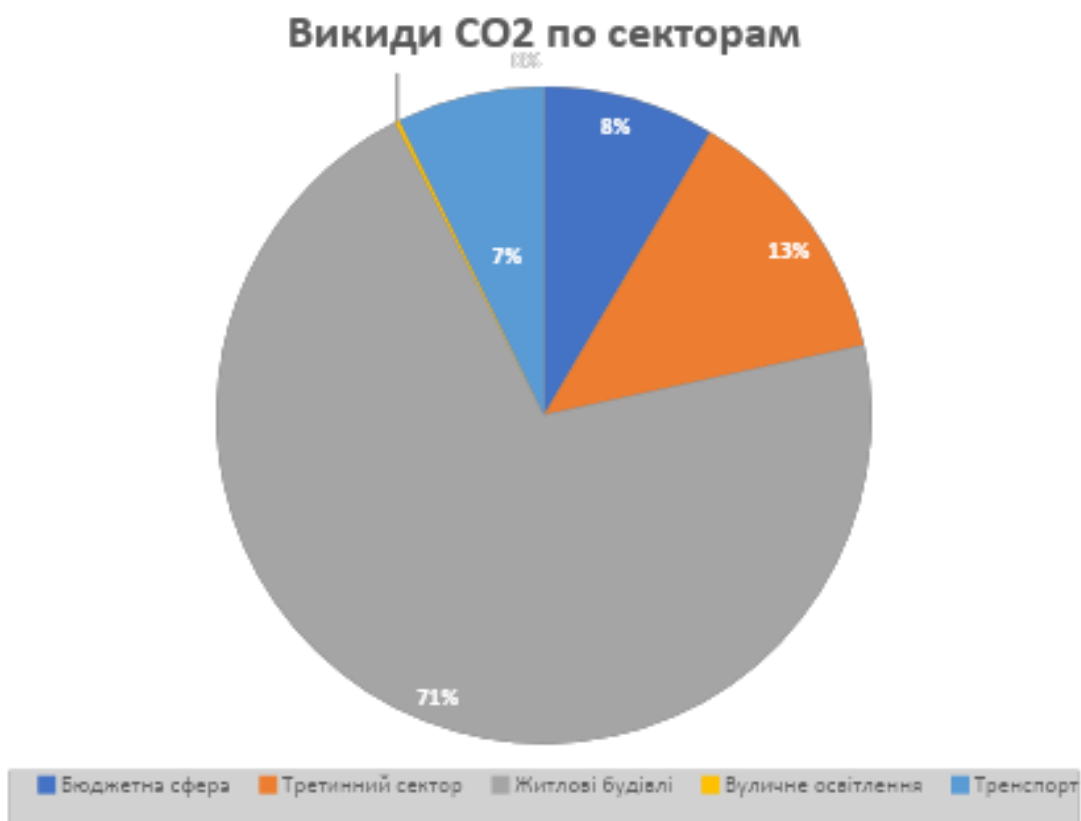


Рисунок 3.2 – Відсоткове співвідношення БКВ Городенківської ТГ в розрізі секторів

2.3. Інвентаризація та кластеризація об'єктів громади з ціллю діагностики стану фонду громадських будівель

Якщо енергетичний баланс дає загальну картину «з висоти пташиного польоту», то для прийняття конкретних управлінських рішень необхідна детальна діагностика на рівні окремих фізичних активів. У контексті муніципального енергоменеджменту Городенківської ТГ ключовими активами є громадські будівлі (заклади освіти, охорони здоров'я, культури, адміністративні приміщення), оскільки витрати на їх утримання фінансуються безпосередньо з місцевого бюджету і піддаються прямому управлінському впливу. Метою цього етапу є перехід від абстрактних цифр споживання до розуміння технічного стану конкретних об'єктів та виявлення причин їхньої енергонеефективності.

Першим кроком є проведення суцільної технічної інвентаризації будівельного фонду громади. Цей процес передбачає збір верифікованих даних про кожну будівлю: рік введення в експлуатацію, тип огорожувальних конструкцій (стіновий матеріал, тип вікон та даху), опалювальну площу та об'єм, стан інженерних мереж (системи опалення, вентиляції, освітлення). Критично важливим джерелом інформації на цьому етапі виступають енергетичні сертифікати будівель, які, згідно із Законом України «Про енергетичну ефективність будівель», є обов'язковими для об'єктів бюджетної сфери значного класу наслідків. Сертифікат не лише визначає клас енергоефективності (від А до G), але й містить розрахункові значення теплотехнічних характеристик, що дозволяє порівняти їх із нормативними вимогами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель».

Враховуючи значну кількість об'єктів у Городенківській ТГ (десятки шкіл, садочків, ФАПів, клубів), індивідуальний аналіз кожного з них є ресурсомістким. Для оптимізації процесу діагностики застосовується метод кластеризації. Об'єкти групуються за функціональним призначенням (наприклад, «Дошкільні навчальні заклади», «Загальноосвітні школи I-III ст.», «Сільські клуби») та за типологією забудови (наприклад, «Панельні будівлі 1980-х рр.», «Цегляні будівлі до 1970 р.»).

Для кожного кластера та окремого об'єкта розраховується ключовий індикатор діагностики — питома річне енергоспоживання (Specific Energy Consumption, SEC), приведене до одиниці площі та кліматичних умов базового року:

$$SEC = \frac{E_{total}}{S_{heated} \times HDD_{norm}} \times HDD_{base}$$

де E_{total} — річне споживання енергії на опалення (кВт·год), S_{heated} — опалювальна площа (м²), HDD — градусо-добы опалювального періоду.

Приклад аналізу (для наповнення даними): Аналіз питомого споживання теплової енергії у кластері «Дошкільні навчальні заклади» Городенківської ТГ виявив значну варіативність показників. Середнє значення SEC становить близько [X] кВт·год/м² на рік, що значно перевищує сучасні нормативні вимоги для нових будівель (які становлять близько 50–70 кВт·год/м²). При цьому виявлено «аномальні» об'єкти (наприклад, ДНЗ у с. [Назва]), де питоме споживання сягає [Y] кВт·год/м², що свідчить про критичний стан огорожувальних конструкцій або неефективність системи тепlopостачання. Кластеризація дозволяє виявити системні проблеми: наприклад, будівлі певного типового проєкту 1970-х років мають стабільно найгірші показники через конструктивні недоліки швів панелей. Такий діагноз є основою для формування цільових програм термомодернізації.

2.3.1 Збір даних про фонд будівель громади

Основною перевагою інвентаризації будівель (ІБ) є визначення обсягу роботи для енергоменеджера. ІБ узагальнює дані всіх громадських будівель. Тут зібрано відповідну інформацію про цільове використання та параметри будівель. До ІБ може бути додана така інформація, як стан ремонту або річне споживання енергії та пов'язані з цим витрати. На основі даних про питоме річне споживання енергії можна оцінити енергетичні показники споруд та розрахувати можливу економію. Необхідність визначення насамперед будівель із найбільшим потенціалом економії. Для цього інвентаризація будівель є першочерговим завданням.

Інвентаризація будівель — це перший важливий крок до вибору та встановлення пріоритетів. Навіть якщо в наявності є будівельна або проєктно-кошторисна документація будівлі, усі показники мають бути ретельно перевірені, оскільки практика показує, що у документації можуть бути помилки та неточності.

В рамках формування Програми робочою командою було розроблено форми збору даних, проведено консультаційні роботи з представниками будівельної інфраструктури муніципального сектору громади та зібрано актуальну інформацію про стан, характеристики і проблеми будівель в сфері енергоефективності.

За результатами виконаної роботи отриману інформацію зведено в табличні дані для комфортного використання та аналізу. Такий інструмент допоможе енергоменеджеру виконувати аналітику по будівлях громади.

За результатами виконаної роботи отриману інформацію зведено в табличні дані для комфортного використання та аналізу. Такий інструмент стане незамінним допоможе енергоменеджеру Городенківської громади у проведенні детального аналізу всіх будівель, оцінці їхнього рівня енергоефективності, ідентифікації пріоритетів для реалізації енергозберігаючих заходів та розробці стратегії по зменшенні споживання енергії.

Також, завдяки такій структуризованій базі даних енергоменеджер отримає можливість відстежувати динаміку енергоспоживання та витрат в часі, що дозволить ефективно контролювати результати реалізації енергоефективних заходів і вчасно вносити необхідні корекції в стратегію. Крім того, він сприятиме візуалізації та передачі даних іншим зацікавленим сторонам, щоб сприяти загальній свідомості щодо енергетичної ефективності в нашій громаді.

Таблиця інвентаризації будівель (ІБ) муніципального сектору подана в Додатку А цієї Програми.

В процесі аналізу використано такі коефіцієнти переведення від натуральних до енергетичних одиниць енергії:

Одиниця енергетичної величини	МВт·год
1 Гкал теплової енергії	1,163

1 МВт год електроенергії	1,000
1 тис.м ³ природного газу	9,390
1 тонна біопалива	2,236

2.4. Розробка енергоефективних заходів

На основі результатів діагностики стану будівельного фонду та аналізу енергобалансу формується пул потенційних енергоефективних заходів для Городенківської ТГ. На цьому етапі СППР має бути наповнена «меню рішень» — переліком альтернативних сценаріїв, які згодом будуть оцінюватися та ранжуватися. Згідно з найкращими практиками енергоменеджменту (зокрема, рекомендаціями Асоціації енергоаудиторів України), заходи доцільно класифікувати за рівнем капіталовкладень та терміном реалізації.

Типологія пропонованих ЕЕЗ для Городенківської ТГ:

1. Організаційні та маловитратні заходи (Low-cost / No-cost measures):

Сутність: Заходи, що не потребують значних інвестицій і базуються на зміні поведінки або налаштуванні існуючого обладнання.

Приклади для громади: Запровадження системи енергетичного моніторингу в режимі реального часу; навчання персоналу бюджетних установ (відповідальних за господарство) принципам енергозбереження; гідравлічне балансування внутрішньобудинкових систем опалення; встановлення тепловідбивних екранів за радіаторами; ущільнення вікон та дверей.

Очікуваний ефект: Економія 5–15% енергоресурсів при терміні окупності до 1-2 років.

2. Середньовитратні технічні заходи (Medium-cost measures):

Сутність: Модернізація окремих інженерних систем без втручання в конструктив будівлі.

Приклади для громади: Встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з погодозалежним регулюванням у будівлях, підключених до

ЦТ; заміна застарілих газових котлів (ККД < 80%) на сучасні конденсаційні або твердопаливні (на біомасі місцевого походження); модернізація систем внутрішнього та вуличного освітлення з переходом на LED-технології.

Очікуваний ефект: Економія 15–30%. Термін окупності зазвичай становить 3–7 років. Саме ці заходи найчастіше реалізуються громадами, оскільки добре вписуються в критерій "розумної окупності".

3. Капіталомісткі заходи глибокої модернізації (Deep renovation measures):

Сутність: Комплексне утеплення всієї оболонки будівлі (стіни, дах, підвал, заміна вікон) у поєднанні з модернізацією систем вентиляції (встановлення рекуператорів).

Приклади для громади: Комплексна термомодернізація опорної школи або центральної лікарні до класу енергоефективності В або А. Будівництво нових котелень на альтернативних видах палива для обслуговування групи будівель. Встановлення сонячних електростанцій (СЕС) на дахах бюджетних установ для власного споживання (Net Billing).

Очікуваний ефект: Скорочення споживання на 50–70%, кардинальне покращення комфорту, значне скорочення викидів CO₂, продовження терміну експлуатації будівлі на 30–50 років. Проте, саме тут виникає головний проблемний момент: прості терміни окупності таких проєктів часто перевищують 10–15 років, що робить їх "непрохідними" при використанні традиційної методики оцінки, описаної в Розділі 1.

Формування цього переліку заходів створює "поле альтернатив" для СППР. Важливо зазначити, що ці заходи не є взаємовиключними, а часто мають синергетичний ефект (наприклад, встановлення ІТП після утеплення будівлі).

2.4.1 Політичні інструменти влади для реалізації заходів з енергозбереження та зменшення викидів парникових газів

Впровадження технічних заходів, які не підкріплені політичними інструментами



(засоби допомоги від муніципалітету для людей, що беруть участь у санації), не реальне.

Наведені на рисунку політичні інструменти регулювання, заохочення та сприяння стосуються

всіх цільових груп та категорій споживачів енергоресурсів (мешканців багатоквартирних панельних та цегляних будівель, малоквартирних будинків, відвідувачів громадських будівель).

Регулювання

Заходи регулювання по стимулюванню ефективного використання енергоресурсів повинні початися з введення жорстких нормативів споживання будівлями теплової енергії. Цей процес повинен бути безперервний. Нормативи з часом повинні переглядатися з урахуванням нової енергетичної ситуації та технічних можливостей.

Політика в області сертифікації повинна бути спрямована на зниження енергоспоживання як будівлями в цілому, так і матеріалами та обладнанням, що використовуються при будівництві та реконструкції будівель.

З попереднього огляду видно, що будівлі муніципального сектору потребують значних ресурсів для модернізації. Проте, керуючись світовою практикою та фактом наявності особливостей конструкцій та систем кожної з будівель, передовим заходом для всього сектору повинна стати енергосертифікація. Енергетичний сертифікат дасть можливість зробити ґрунтовний аналіз енергетичної сфери будівель та запропонувати відповідні енергоефективні заходи, що необхідні для кожної з будівель.

До того, ж наявність сертифікату енергетичної ефективності обов'язкова для:

- об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності";
- будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;
- будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);
- будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.



А також ОСББ, які розраховують на відшкодування коштів по термомодернізації від Фонду енергоефективності!

Розробка енергетичних сертифікатів будівель дозволить економити на енергоспоживанні через комплексність пакету розроблених енергоефективних заходів та відсутності ризику виконання запропонованих заходів з технічними характеристиками, що не відповідають нормам чи особливостям будівель.

Крім того, для сприяння ефективному використанню енергоресурсів повинна бути створена система контролю за дотриманням нормативів та якості матеріалів, які використовуються, з повноваженнями накладати суворі економічні санкції на порушників.

Одним з дієвих заходів по стимулюванню ефективного використання енергоресурсів бюджетними закладами ОТГ є розробка економічно обґрунтованих лімітів споживання енергоносіїв та комунальних послуг для вищезазначених закладів і контроль за їх дотриманням.

Енергетичний менеджмент — це система заходів, спрямованих на ефективне використання енергоресурсів, що дозволяє скоротити споживання енергії та підвищити її ефективність.

Завданням Програми є забезпечення впровадження системи енергетичного менеджменту в Городенківській територіальній громаді відповідно до міжнародного стандарту ISO 50001.

Для ефективного управління енергоспоживанням у бюджетній сфері в кожному закладі впроваджується подобовий моніторинг споживання енергоресурсів із використанням програмного забезпечення, призначеного для комплексного аналізу даних та забезпечення контролю за їх споживанням, а також оперативного виявлення впливу зовнішніх і внутрішніх чинників, які позначаються на ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та прогнозуванні щодо їх споживання.

Систематичний збір та аналіз інформації про обсяги енергоспоживання забезпечить наявність достовірної інформації про споживання енергоресурсів кожною бюджетною установою та дозволить

впроваджувати безвитратні і низькозатратні заходи з підвищення енергоефективності. Інформація про енергоспоживання є основою для формування переліку об'єктів, що потребують першочергового проведення енергетичного аудиту й упровадження заходів з підвищення енергоефективності.

В Городенківській територіальній громаді працює система енергоменеджменту, яка відповідає вимогам Порядку впровадження систем енергетичного менеджменту, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 р. № 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту». Енергоменеджери та відповідальні особи територіальної громади пройшли необхідні навчання та мають необхідну кваліфікацію для виконання обов'язків, пов'язаних із:

- Моніторингом та аналізом споживання енергоресурсів;
- Виявленням проблем енергоефективності;
- Розробкою проектів та програм у сфері енергоефективності;
- Залученням міжнародної технічної допомоги;
- Інформуванням та освітою населення;
- Координацією співпраці з іншими організаціями.

Заохочення

Із числа заохочувальних заходів найбільш важливим по значенню і трудоємким по виконанню є здійснення принципу оплати за енергію у відповідності до її фактичного споживання. Для цього необхідно впровадити поквартирний облік споживання теплової енергії, що в умовах централізованого тепlopостачання виконати дуже важко.

Впровадження податкових пільг для тих, хто економить енергію – нормальна практика багатьох західних країн. В наших умовах також можливо встановлення податкових пільг, наприклад, для підприємців, які при будівництві і реконструкції будівель освоїли нові енергоощадні технології (в частині сплати до місцевого бюджету).

Для впровадження енергоощадних заходів з великим терміном окупності необхідно залучення банківських коштів. Їх залученню може сприяти, наприклад, погашення процентної ставки за користування кредитами за рахунок міського чи державного бюджету.

Потужними важелями здійснення мотивуючої функції муніципалітету є місцеві податки, тарифи і програми підтримки.

Місцеві податки і тарифи можна використати як для обмеження небажаної поведінки в сфері ефективного використання енергії, так і для підтримки громадсько-корисної діяльності в цій сфері. За допомогою їх можна впливати на методи будівництва нових будівель і на форми реконструкції існуючих, на використання відновлюваних джерел енергії та ін.

Програми підтримки можуть базуватися на матеріальних та моральних стимулах.

Для підвищення ефективності управління житловим фондом необхідне проведення адекватної політики на муніципальному рівні по наступних напрямках:

- формування постійної фінансової політики у сфері управління житлом;
- формування «ефективного» власника в житловій сфері;
- розвиток бізнесу по управлінню житловим фондом.

Сприяння

Для забезпечення ефективного використання енергоресурсів і сталого розвитку громади муніципалітету в партнерстві з приватним сектором, неурядовими і громадськими організаціями, споживачами необхідно:

- стимулювати освіту громадськості, депутатів, адміністраторів (які формують політичні пріоритети суспільного розвитку) з питань підвищення ефективності використання енергоресурсів і охорони навколишнього середовища;

- сприяти прийняттю таких рішень міського планування і проектування, які б передбачали ефективне використання енергії і належним чином враховували б потреби кінцевих споживачів;
- сприяти використанню енергоефективних технологій;
- сприяти розробці та виробництву енергозберігаючих обладнання та технологій;
- розвивати співробітництво з іншими містами (в т.ч. і зарубіжних країн) щодо обміну знаннями та досвідом впровадження енергоощадних технологій;
- вводити або коректувати збори із споживачів з метою сприяння ефективному використанню енергії в побуті;
- стимулювати використання енергозберігаючих і екологічно безпечних технологій і матеріалів при реконструкції існуючих і будівництві нових будинків;
- сприяти використанню сонячної енергії, пасивної вентиляції і більш якісній теплоізоляції будівель та ін.

Незважаючи на те, що поведінка і рішення мешканців будинків щодо ефективності використання енергоресурсів у власних квартирах не підпадають під прямий контроль муніципалітету і міська влада не володіє безпосередніми можливостями впливу на поведінку споживачів енергії, вона в змозі зацікавити або обмежити споживачів, нагородити або застосовувати у відношенні до них санкції, тобто мотивувати їх поведінку. Муніципалітет повинен постійно проводити інформаційну роботу з мешканцями громади щодо підвищення ефективності використання енергоносіїв у житлових будівлях.

Існують різні форми і методи мотивуючого впливу на кінцевих споживачів енергії з метою свідомого зменшення її споживання, в т.ч. і для проведення санації будівлі.

Найхарактернішими з них є:

- розповсюдження інформації і програм зазначеної тематики для підвищення інтересу шляхом поширення цієї інформації в засобах масової інформації;
- відкриття інформаційних бюро з питань енергії (які доступні до приватних осіб та різних організацій);
- поширення допоміжної літератури про енергетичну ефективність в будівлях;
- видання енергетичних бюлетенів з проблем енергоефективності;
- загальноосвітня діяльність у школах (впровадження уроків з енергозбереження);
- консультативне сприяння для забезпечення технічної, фінансової допомоги, контролю якості планування та втілення проектів;
- реалізація демонстраційних проектів в якості прикладів успішного виконання санації будівель;
- запровадження економічних стимулів проведення реконструкції існуючих будівель для підвищення їх теплових параметрів та зміни поведінки споживачів, яке веде до зменшення споживання енергоносіїв;
- заохочення створення недержавних альтернативних підприємств для експлуатації та обслуговування житлового фонду;
- розвиток мережі клубів споживачів енергії та ін.

За прикладом муніципалітетів західних країн в Городенківська ОТГ необхідно постійно проводити цілеспрямовану інформаційну роботу з мешканцями громади щодо формування і утвердження енергозберігаючих принципів у громадській свідомості та поширенні політики енергозбереження.

Незважаючи на те, що поведінка і рішення мешканців будинків щодо ефективності використання енергоресурсів у власних квартирах не підпадають під прямий контроль міської влади і вона не володіє

безпосередніми можливостями впливу на поведінку споживачів енергії, вона в змозі зацікавити або обмежити споживачів, нагородити або застосовувати у відношенні до них санкції, тобто мотивувати їх поведінку. Міська влада повинна постійно проводити інформаційну роботу з мешканцями громади щодо підвищення ефективності використання енергоносіїв у житлових будівлях.

В громаді не проводилося жодного соціального опитування населення з тематики енергозбереження та експертної оцінки ефекту просвітницької діяльності. Для підвищення освіченості населення в галузі енергоефективності та енергозбереження запропоновано втілити загальнопросвітницькі заходи. Комплекс запропонованих заходів позитивно вплине на свідомість населення ОТГ і дасть поштовх до зміни звичок на такі, що ведуть до заощадження енергії.

2.4.2 Аналіз муніципальних будівель та житлового фонду громади в розрізі потенціалу впровадження енергоефективних заходів

Термомодернізація стін

Більшість будівель Городенківської ТГ, побудовані в сімдесятих вісімдесятих роках минулого століття, про що свідчить аналіз, проведений в попередньому розділі. Стіни будівель, в основному, знаходяться в задовільному стані, проте подекуди потребують відновлення фасаду. Щодо їх теплотехнічних характеристик - оскільки будівлі побудовані в радянський час, коли раціональному використанню енергетичних ресурсів не віддавалося великого значення, теплозахисні властивості стін вкрай низькі. Чинними українськими нормами (ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель) передбачено мінімально допустимий коефіцієнт опору теплопередачі для стін житлових та громадських будівель, що рівний $4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

З цієї причини пропонується застосовувати теплоізоляцію на зовнішніх стінах усіх будівель, які не вважаються пам'ятками архітектури. Заходи по термомодернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель важливі для реалізації не лише через зменшення платіжок за опалення. Вагомим наслідком впровадження термомодернізації будівель є підвищення параметрів комфорту перебування в них відвідувачів та працівників.

Варто зазначити, що полістирольні композитні системи, які широко використовуються в житловому секторі, заборонені до використання в громадських закладах таких, як школи, садки, заклади медичної сфери і т.д. Система ізоляції стін, що пропонується – це системи ізоляції мінеральною ватою.

Будівлі на території громади мають дуже різноманітний стан фасадів. В стінових огорожувальних конструкціях використовуються матеріали як різного типу, так і різної товщини. Зустрічаються керамічна цегла (повнотіла та пустотіла, керамзитобетонні панелі, керамзитошлакбетонні блоки та інш. Для більшості будівель розрахункова товщиною такого утеплювача складає 15 см.

Під час робіт з встановлення системи ізоляції слід видалити всі наявні термальні мости: балконні плити, невеличкі перильця і т. ін.

Обов'язково, для будівель в яких здійснюється термомодернізація стін комплексним заходом виконати реконструкцію системи водовідведення. В більшості муніципальних будівель водостоків недостатньо і вони не справляються із кількістю опадів.

Детальні рекомендації щодо реалізації запропонованого заходу наведені в розділі 8.3.

Використовуючи зібрану інформацію про теплотехнічні та геометричні параметри, що наведені в попередніх розділах, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу

термомодернізації зовнішніх стін будівель муніципального сектору та житлового фонду. За відсутності точних даних про параметри житлових будівель Городенківської ТГ, використаний метод моделювання на основі типових конструкцій. Результати подані в таблиці 8.1.

Таблиця 2.15 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з термомодернізації зовнішніх стін будівель

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік			
Термоізоляція зовнішніх стін	Муніципальний	1148,9	232,1	37855,2	3270008,6	86,4
	Житловий	44143,5	8917,0	1393623,8	10378968,9	7,4

Термомодернізація горищних перекриттів

Більшість горищних перекриттів усіх будинків громади не мають теплоізоляції. Тому запропоновано виконати цих конструкцій шаром мінеральної вати. Утеплення повинно складатись з пароізоляційної плівки, мінеральної вати та супердифузійної мембрани.

Стан покрівлі по всіх будівлях можна оцінити як різноманітний. Основний матеріал – шифер та металічна бляха. Спостерігаються місцями нещільності в примиканні шиферу. Для таких будівель, обов’язково передовим здійсненням термомодернізації, необхідно виконати реконструкцію дахового покриття для уникнення попадання вологи на утеплювач та огорожувальні конструкції.

Використовуючи зібрану інформацію про теплотехнічні та геометричні параметри, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу термомодернізації горищних перекриттів

будівель муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з термомодернізації горищних перекриттів

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік	€/рік	€	роки
Термоізоляція горищного перекриття	Муніципальний	2661,0	537,5	87221,4	1207322,8	13,8
	Житловий	26829,1	5419,5	481520,3	6809594,5	14,1

8.2.3 Термоізоляція підлоги першого поверху

В більшості будівель підвальні перекриття та підлоги по ґрунту перших поверхів неутеплені, через що середнє значення опору теплопередачі нижче нормативного (згідно ДБН В.2.6- 31:2021). Тому запропоновано здійснити утеплення підлоги першого поверху муніципальних та житлових будівель шаром мінеральної вати. Детальні рекомендації щодо реалізації запропонованого заходу наведені в розділі 2.17.

Використовуючи зібрану інформацію про теплотехнічні та геометричні параметри, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу термомодернізації підлоги першого поверху

будівель муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з термомодернізації підлоги перших поверхів

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік	€/рік	€	роки
Термоізоляція підлоги першого поверху	Муніципальний	1186,4	239,7	39107,1	1573992,1	40,2
	Житловий	5733,6	1158,2	215285,9	5936730,1	27,6

Заміна зовнішніх дверей

У більшості муніципальних будівель ТГ встановлені металопластикові двері, зустрічаються також металеві та дерев'яні конструкції. Відповідно до чинних норм, їх опір менший нормативного. В тому числі і більша частина металопластикових дверей.

Переважає більшість дверей, які мають прозорі елементи, містять однокамерний склопакет зі звичайного скла. Входи в будівлю виконані без внутрішніх дверей, що не дозволяє використовувати такі тамбури за призначенням. Частина входів обладнана тамбурами, проте відсутність дотягувачі. Беручи до уваги те, що найбільші втрати тепла відбуваються саме через постійне відкриття дверей пропонується встановити додатково

дотягувачі на двері, у середньому ресурс роботи автоматичних доводжувачів складає 500 тис. циклів.

При встановленні дверей слід дотримуватись правил монтажу дверних конструкцій згідно державних будівельних норм та використовувати необхідну кількість дюбелів по периметру дверної коробки. Особливу уваги після завершення монтажу слід приділити створенню якісних внутрішніх та зовнішніх відкосів. Зовнішні відкоси повинні бути зроблені одночасно із зовнішнім утепленням фасаду. Зовнішні відкоси повинні також закривати 50% ширини дверної лиштви та не допускати створення містків холоду.

Запропоновано здійснити заміну зовнішніх дверей муніципальних та житлових будівель, які не відповідають мінімально допустимим нормам щодо опору теплопередачі (згідно ДБН В.2.6- 31:2021). Д

Використовуючи зібрану інформацію про теплотехнічні та геометричні параметри, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу заходу із заміни зовнішніх дверей у будівелях муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з заміни зовнішніх дверей

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік			
Заміна зовнішніх дверей	Муніципальний	96,7	19,5	3370,7	300645,0	89,2
	Житловий	5658,1	1142,9	199366,6	1411615,3	7,1

Заміна зовнішніх вікон

В більшості муніципальних закладів Городенківської ТГ, значна частина дерев'яних вікон замінена на металопластикові. Проте, замінені металопластикові вікна, в переважаючій більшості, мають однокамерний склопакет, заповнений повітрям без додаткового напилення на склі металами та оксидами. Такий тип вікон не відповідає мінімально допустимим нормам щодо приведенного опору теплопередачі (за ДБН В.2.6-31:2021).

Слід зауважити, що монтажний шов – це надзвичайно важливий елемент вузла примикання віконного блоку до віконного отвору, який представляє з себе комбінацію з різних ізоляційних матеріалів, використовуваних для заповнення монтажного зазору і володіють заданими характеристиками. При встановленні вікон слід дотримуватись правил монтажу віконних конструкцій згідно державних будівельних норм та використовувати необхідну кількість дюбелів по периметру віконної коробки.

Пропонується замінити дерев'яні та металопластикові вікна муніципальних і житлових закладів з нормативним опором, що не відповідає нормам на металопластикові вікна класу 4i-14Ar-4-14Ar-4i з подвійним склопакетом, заповненим аргоном з енергозберігаючим напиленням на обох зовнішніх стеклах.

У приміщеннях з низькою зайнятістю протягом дня, і тому більш низькими температурними вимогами (наприклад, в пральнях з високою потребою свіжого повітря) або в приміщеннях з високим тепловим навантаженням (наприклад, кухні), будуть встановлені децентралізовані системи вентиляції. Для того щоб забезпечити достатню кількість свіжого повітря, вікна в цих приміщеннях повинні забезпечувати необхідний пропуск повітря. З іншого боку, постійного витoku повітря слід уникати, щоб звести до мінімуму втрати тепла у неробочі години.

Тому пропонуються вікна з повітрязабірниками, які дозволяють свіжому повітрю потрапляти в приміщення завдяки певному перепаду тиску між вулицею і приміщенням (наприклад, під час роботи витяжних вентиляторів).

При влаштуванні зовнішніх віконних та дверних відкосів використовується мінераловатний утеплювач товщиною 30-50 мм. Віконні відкоси повинні бути зроблені після монтажу вікон. Внутрішні відкоси мають бути зроблені зі штукатурної суміші та закривати 50% ширини віконної коробки. Особливу увагу слід звернути в місцях, де частина вікна уже закривається стіновими конструкціями – в даному випадку необхідно узгодити варіант утеплення відкосів.

Використовуючи зібрану інформацію про теплотехнічні та геометричні параметри, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу заходу із заміни зовнішніх вікон у будівелях муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з заміни зовнішніх вікон

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік			
Заміна зовнішніх вікон	Муніципальний	399,8	80,8	13428,2	610400,4	45,5
	Житловий	22083,6	4460,9	828640,3	7151231,2	8,6

Реконструкція системи опалення

У більшості закладів муніципального сектору система опалення гідравлічно не збалансована. У цьому випадку батареї поруч з

циркуляційною помпою виділяють більше тепла, ніж батареї, розташовані в більш віддаленій вітці системи опалення у зв'язку з більш високим опором потоку. В результаті, в деяких приміщеннях фіксується перегрів, а інші приміщення - обігріваються недостатньо. Тому необхідно рівномірно розподілити теплоносій відповідно до потреби у теплопостачанні. Це називається гідравлічним балансуванням.

У минулому ця проблема вирішувалась шляхом збільшення температури теплоносія і заміни існуючої помпи на помпу з більшою продуктивністю. Обидва ці заходи збільшували загальне споживання енергії, не вирішуючи початкову задачу, оскільки приміщення поруч з циркуляційною помпою продовжувало нагріватися ще більше, а більша швидкість потоку могла призвести до більш високих втрат тиску і сильного шуму від потоку в мережі.

Крім того, коли в будівлі встановлюються нові котли, разом з цим зазвичай проводять і гідравлічне балансування мережі. Причина цього полягає в тому, що система управління котла дозволяє знизити температуру в нічний час, внаслідок чого приміщення у віддалених кінцях незбалансованих теплових мереж будуть практично не опалюватись.

У класичних двотрубних системах використання клапанів диференціального тиску і балансувальних клапанів може встановити потрібну кількість води відповідно до потреби у теплопостачанні.

Оскільки регулювання центрального опалення не враховує індивідуальних вимог і зміну теплових навантажень в окремих кімнатах, доцільно, щоб усі радіатори були обладнані індивідуальними регуляторами.

Індивідуальні термостатичні регулювальні органи – вентилі встановлюються на вході води в радіатор і призначаються для регулювання витрати води залежно від дійсної температури повітря в приміщенні.

Термостатичні вентиля виконують подвійну функцію. Насамперед, споживач має можливість регулювати температуру в приміщенні залежно від своїх потреб, незалежно від інших мешканців і центрального регулювання. По-друге, термостатичні вентиля автоматично підтримують задану температуру в приміщенні. Автоматичні регулятори забезпечують найефективніше управління температурою в приміщенні.

Досвід західноєвропейських країн показує, що при використанні термостатичних вентилів замість звичайних можна заощадити до 10% витрачуваної енергії. Також, обов'язковим заходом для модернізації системи опалення будівель є утеплення трубопроводів в підвальних приміщеннях та приміщеннях, які не опалюються і промивка системи опалення.

Використовуючи зібрану інформацію про параметри систем опалення, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу заходу із їх модернізації у будівелях муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з реконструкції систем опалення

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік	€/рік	€	роки
	Муніципальний	1945,0	392,9	62888,6	1936909,5	30,8

Реконструкція системи опалення	Житловий	12183,9	2461,1	457263,5	7990280,1	17,5
--------------------------------	----------	---------	--------	----------	-----------	------

Реконструкція системи освітлення

В більшості проаналізованих муніципальних будівель, лампи розжарення освітлювальної мережі замінені на люмінесцентні лампи, проте, виявлено ще понад 100 точок освітлення з лампами розжарення різної потужності.

Використовуючи зібрану інформацію про параметри систем освітлення, здійснено комплексну оцінку екологічного та економічного потенціалу заходу із їх модернізації у будівелях муніципального сектору та житлового фонду. Результати подані в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Екологічна та економічна оцінка комплексу заходів з реконструкції систем освітлення

Напрямок діяльності	Сектор	Оцінка в 2030 році		Економія фінансів	Вартість реалізації	Термін окупності
		Економія енергії	Скорочення викидів CO ₂			
		МВт/рік	т CO ₂ /рік			
Реконструкція системи освітлення	Муніципальний	28,0	14,3	3805,7	32812,6	8,6
	Житловий	618,9	315,6	81777,9	64734,3	0,8

2.5 Стратегічний SWOT-аналіз потенціалу сталого енергетичного розвитку Городенківської ТГ

Для узагальнення результатів діагностики енергетичного профілю, проведеної у попередніх підрозділах, та формування стратегічного контексту для системи підтримки прийняття рішень, застосовано метод SWOT-аналізу. Цей інструмент дозволяє структурувати внутрішні фактори (сильні та слабкі сторони), які перебувають під контролем органів місцевого самоврядування, та зовнішні фактори (можливості та загрози), що формують операційне середовище громади. Метою цього аналізу є не просто перелік фактів, а ідентифікація стратегічних напрямків розвитку, які дозволять максимально використати наявний потенціал для досягнення цілей сталого енергетичного розвитку та кліматичної нейтральності.

Детальний аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища Городенківської міської територіальної громади дозволив сформулювати SWOT-матрицю, наведену в Таблиці 2.22.

SWOT-аналіз Городенківської громади допоможе ідентифікувати стратегічні напрямки для подальшого розвитку енергетичної сфери та спрямовати зусилля на максимальне використання сильних сторін та подолання слабких сторін для досягнення сталого та ефективного використання енергетичних ресурсів громади. Також важливо бути готовими до змін у зовнішньому середовищі та приймати вчасні рішення для забезпечення сталого енергетичного розвитку територіальної громади.

Таблиця 2.22 - SWOT-аналіз сильних, слабких сторін, можливостей і загроз сталого енергетичного розвитку Городенківської громади в Івано-Франківській області:

Сильні сторони	Слабкі сторони
Потужні природні ресурси: Городенківська громада розташована в регіоні з багатими природними ресурсами, такими як ліси,	Застаріла інфраструктура: Відсутність сучасних технологій та інфраструктури у багатьох сільських населених пунктах

<p>водні джерела та можливості для розвитку відновлювальних джерел енергії.</p> <p>Аграрна спрямованість: Наявність сільськогосподарських земель та агропромислового сектору створює можливості для використання біомаси та біогазу як джерел енергії.</p> <p>Активна громадська організація: При наявності активної та згуртованої громадської спільноти можливо досягти успішної мобілізації ресурсів та підтримки проектів в галузі енергоефективності.</p>	<p>обмежує можливості впровадження сучасних енергоефективних рішень.</p> <p>Фінансові обмеження: Обмежений бюджет громади може стати перешкодою для реалізації дорогих проектів з енергоефективності.</p>
<p>Можливості</p>	<p>Загрози</p>
<p>Доступ до державних програм: Городенківська громада може скористатися фінансовою підтримкою та технічною експертизою з боку державних програм, спрямованих на розвиток енергоефективності.</p> <p>Регіональна співпраця: Можливість співпраці з іншими громадами та регіональними органами може допомогти вирішувати спільні енергетичні завдання та зменшувати витрати.</p>	<p>Залежність від імпортованих енергоресурсів: Зростаюча вартість імпортованих енергоресурсів може підвищити витрати для громади та збільшити її уразливість до коливань на світових ринках енергії.</p> <p>Зміна клімату: Погіршення кліматичних умов може призвести до збільшення ризику екологічних лих, таких як природні лиха та зміна погодних умов, що може вплинути на сталість та доступність енергії.</p>

Рекомендації для громади, що впливають із аналізу сильних сторін:

- Розвивати проекти з використання біомаси та біогазу, співпрацюючи з місцевими сільськогосподарськими господарствами.
- Сприяти активному взаємодії з громадськими організаціями та залучати громадян до участі в програмах з енергоефективності.

Рекомендації для громади, що впливають із аналізу слабких сторін:

- Розробити довгострокову стратегію оновлення інфраструктури з енергоефективними рішеннями та залучити фінансування з різних джерел, включаючи державні та міжнародні гранти.
- Розглянути можливість укладення партнерських угод з приватним сектором для фінансування та впровадження енергоефективних проектів.

Рекомендації для громади, що випливають із аналізу слабких можливостей:

- Активно взаємодіяти з державними органами та регіональними партнерами для залучення фінансування та ресурсів для енергоефективних і відновлюваних енергетичних проектів.

Підтримувати обмін досвідом та ресурсами з іншими громадами для досягнення загальних енергетичних цілей.

Рекомендації для громади, що випливають із аналізу слабких загроз:

- Розвивати місцеві джерела відновлюваної енергії для зменшення залежності від імпортованих ресурсів та зменшення впливу коливань цін на енергоресурси.
- Підтримувати екологічно чисті ініціативи та програми для зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

SWOT-аналіз Городенківської громади вказує на необхідність вивчення та розробки стратегії енергетичного розвитку, яка враховуватиме наявні можливості та загрози, а також спрямована на максимальне використання сильних сторін та подолання слабких сторін для досягнення сталого та ефективного використання енергетичних ресурсів громади.

2.6. Обґрунтування недостатності традиційного дескриптивного аналізу для стратегічного енергетичного планування в умовах багатоцільової системи територіальної громади

Комплексний аналіз, проведений у попередніх підрозділах 2.1–2.5, дозволив сформувати детальний енергетичний портрет Городенківської територіальної громади. Було верифіковано структуру енергетичного балансу, ідентифіковано основні джерела викидів парникових газів, проведено діагностику технічного стану будівельного фонду, сформовано перелік потенційних енергоефективних заходів та окреслено стратегічний контекст через SWOT-аналіз. З точки зору класичної теорії управління, цей етап можна охарактеризувати як створення необхідного, але недостатнього інформаційного базису. Отримані результати становлять собою дескриптивну (описову) аналітику, яка відповідає на запитання «У якому стані знаходиться система?» та «Які варіанти дій існують?». Проте, в умовах складної соціо-технічної системи, якою є сучасна об'єднана громада з 150+ громадських об'єктів та обмеженим бюджетом розвитку, такий підхід не дає науково обґрунтованої відповіді на головне прескриптивне (нормативне) запитання: «Яку комбінацію заходів необхідно реалізувати у першу чергу для досягнення максимального системного ефекту?».

Фундаментальна методологічна прогалина поточного стану енергоменеджменту в громаді полягає у відсутності формалізованого механізму багатокритеріального відбору проєктів. Як засвідчив аналіз практики управління в Городенківській ТГ, за наявності широкого спектра альтернатив (від заміни вікон до будівництва біопаливних котелень), процес прийняття інвестиційних рішень де-факто зводиться до лінійного ранжування заходів за єдиним фінансовим критерієм — простим терміном окупності. Цей підхід, глибоко вкорінений у бюджетному плануванні, ігнорує багатовимірну природу цілей сталого розвитку. В результаті виникає системний конфлікт критеріїв, який неможливо вирішити в рамках традиційної парадигми. Наприклад, захід із високою соціальною значущістю (наприклад, термомодернізація сільського дитячого садка, де порушується температурний режим, але споживання палива є низьким

через недогрів) неминуче матиме тривалий термін окупності (15–20 років) і буде відхилений на користь заходу з низькою соціальною, але високою фінансовою віддачею (наприклад, модернізація освітлення в адміністративній будівлі з окупністю 3 роки).

Такий методологічний редукаціонізм призводить до стратегічних помилок у плануванні. По-перше, він консервує технологічну відсталість, оскільки капіталомісткі заходи глибокої модернізації та проєкти з використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) апіорі програють у конкуренції за бюджетні кошти дрібним, швидкоокупним рішенням. По-друге, ігнорується екологічний вимір: проєкти, що забезпечують значне скорочення викидів CO₂ (що є вимогою SECAP та міжнародних донорів), не отримують належного пріоритету, якщо вони не є фінансово найпривабливішими у короткостроковій перспективі. По-третє, відсутність прозорої системи зважування різних факторів робить процес розподілу коштів вразливим до суб'єктивних впливів та лобіювання інтересів окремих розпорядників коштів, замість того, щоб керуватися об'єктивними потребами громади. SWOT-аналіз також підтвердив цю загрозу, вказавши на відсутність методології пріоритезації як на одну з ключових внутрішніх слабкостей.

Таким чином, можна стверджувати, що накопичений масив діагностичних даних без застосування адекватного математичного апарату їх обробки призводить до «аналітичного паралічу» або до прийняття субоптимальних рішень. Стратегічне планування у великій територіальній громаді вимагає переходу від інтуїтивного або однокритеріального вибору до застосування формалізованих систем підтримки прийняття рішень (СППР), заснованих на методах багатокритеріального аналізу (MCDA). Тільки такий підхід дозволить інтегрувати в єдину модель конфліктуючі цілі (економію коштів, підвищення комфорту, енергетичну безпеку,

екологію) та забезпечити науково обґрунтоване ранжування інвестиційних пріоритетів відповідно до довгострокової стратегії розвитку громади.

2.7 Висновки до Розділу 2

Проведена у другому розділі комплексна практична діагностика системи енергозабезпечення та енергоспоживання Городенківської міської територіальної громади дозволила верифікувати теоретичні положення дослідження на реальному об'єкті та сформувати масив вхідних даних для подальшого моделювання. За результатами аналізу зроблено наступні узагальнюючі висновки:

- Структурний аналіз енергобалансу та інвентаризація будівельного фонду виявили глибокі диспропорції у споживанні енергоресурсів. Що свідчить про критичний стан енергетичної інфраструктури громади. Громада характеризується високою залежністю від викопних видів палива (переважно природного газу), а переважна більшість об'єктів бюджетної сфери має морально застарілі огорожувальні конструкції та інженерні мережі. Питомі показники енергоспоживання будівель у 2–3 рази перевищують сучасні нормативні вимоги, що свідчить про значний потенціал для енергозбереження, але вимагає значних капіталовкладень.
- SWOT-аналіз підтвердив, що громада володіє потужним ендегенним потенціалом для енергетичної трансформації (зокрема, ресурсами аграрної біомаси), однак його реалізація стримується дефіцитом бюджету розвитку та слабкістю управлінських інституцій. Сформований пул потенційних енергоефективних заходів включає широкий спектр альтернатив, які кардинально різняться за вартістю, термінами окупності та природою створюваних ефектів (економічних, соціальних, екологічних), що створює ситуацію конфлікту цілей при прийнятті рішень.

- Обґрунтовано методологічну неспроможність традиційного підходу. Ключовим результатом розділу є доведення недостатності застосування традиційного дескриптивного аналізу (енергоаудит + розрахунок простого терміну окупності) для стратегічного планування у великій територіальній громаді. Виявлені структурні диспропорції та необхідність одночасного досягнення суперечливих цілей сталого розвитку вимагають переходу від лінійного однокритеріального вибору до зваженого, багатofакторного підходу. Результати діагностики переконливо свідчать, що подальше управління енергоефективністю громади без застосування формалізованих інструментів пріоритезації інвестицій призведе до субоптимальних рішень та консервації технологічної відсталості. Це актуалізує завдання розробки у наступному розділі практичної моделі системи підтримки прийняття рішень, адаптованої до специфіки Городенківської ТГ.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРА ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Результати діагностичного аналізу Городенківської ТГ, викладені у другому розділі, переконливо засвідчили наявність системних диспропорцій у структурі енергоспоживання та критичний стан значної частини фонду громадських будівель. Водночас, було виявлено фундаментальну методологічну проблему: традиційний інструментарій енергоменеджера, що базується на статичних даних енергоаудитів та однокритеріальній оцінці за терміном окупності, є неспроможним забезпечити ефективне стратегічне планування в умовах багатоцільової системи з обмеженими ресурсами. Це актуалізує завдання переходу від дескриптивної (описової) аналітики до прескриптивної (приписової) моделі управління, що реалізується через створення системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Метою цього розділу є розробка концептуальної та алгоритмічної моделі динамічної СППР для енергоменеджера територіальної громади. Розроблена система має вирішувати задачу багатокритеріальної оптимізації інвестиційного портфеля енергоефективних заходів, інтегруючи технічні, економічні, екологічні та соціальні параметри, а також враховуючи часові обмеження та бюджетні ліміти. Структура розділу побудована за логікою послідовного ускладнення аналітичного апарату: від первинного бенчмаркінгу та сегрегації об'єктів до формування багатофакторних цільових функцій та алгоритмів оптимізації бюджету.

3.1. Аналіз існуючих методологічних підходів до бенчмаркінгу та рейтингування енергоефективності громадських будівель

Першим етапом функціонування будь-якої СППР в енергоменеджменті є ідентифікація проблемних зон через порівняльний аналіз (бенчмаркінг). Бенчмаркінг енергоефективності будівель — це систематичний процес порівняння показників енергоспоживання конкретного об'єкта з еталонними значеннями, які можуть бути визначені

на основі нормативів, середньостатистичних даних по галузі або найкращих доступних практик. В академічному дискурсі та практиці муніципального управління виокремлюють кілька основних методологічних підходів до рейтингування будівель, кожен з яких має свої переваги та обмеження для застосування в умовах українських громад.

Бенчмаркінг, як інструмент аналізу енергетичних показників, використовується для порівняння витрат енергії між аналогічними об'єктами (системами) з врахуванням різних факторів впливу. Головною метою цього процесу є об'єктивна оцінка ефективності споживання енергії та встановлення ефективних стратегій для зниження споживання та розвитку відновлюваних джерел енергії.

Перший підхід — нормативний (інженерний) бенчмаркінг. Він базується на порівнянні фактичного питомого енергоспоживання будівлі з нормативними вимогами, встановленими державними будівельними нормами (зокрема, ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»). Цей метод є основою для обов'язкової енергетичної сертифікації будівель в Україні, де об'єкту присвоюється клас від А до G. Перевагою підходу є його чітка юридична та технічна база, що дозволяє визначити теоретичний потенціал енергозбереження (різницю між фактом і нормою). Однак, його суттєвим недоліком є статичність: норматив розраховується для ідеалізованих умов експлуатації та стандартного кліматичного року, часто ігноруючи реальні експлуатаційні фактори (наприклад, переповненість школи або понаднормову роботу) [1, 4].

Другий підхід — статистичний (емпіричний) бенчмаркінг. Цей метод передбачає порівняння будівлі не з абстрактним нормативом, а з реальною вибіркою аналогічних будівель у межах тієї ж кліматичної зони або навіть тієї ж громади. Найбільш поширеним інструментом тут є метод лінійної регресії, що дозволяє побудувати «лінію тренду» залежності енергоспоживання від ключових драйверів (площі, градусо-діб). Будівлі,

що знаходяться значно вище цієї лінії, ідентифікуються як неефективні. Перевагою статистичного методу є те, що він базується на реальних даних і дозволяє виявити «відхилення від середнього», що є більш релевантним для оперативного управління. Недоліком є вимога до наявності великої та верифікованої вибірки даних, а також складність коректного порівняння будівель із різними режимами експлуатації [2, 6].

Аналіз показує, що для побудови динамічної СППР найбільш доцільним є гібридний підхід, який поєднує елементи обох методик. Система повинна, з одного боку, оцінювати "нормативний дефіцит" будівлі (відставання від ДБН), а з іншого — постійно порівнювати її поточні показники з аналогами в режимі реального часу, коригуючи дані на погодні умови. Це дозволяє розділити "технологічну неефективність" (погані стіни) та "операційну неефективність" (недбалість персоналу).

На території громади бенчмаркінг об'єктів виконується для кожного сектору, враховуючи різні енергетичні показники. Цей підхід дозволяє точно визначити найменш ефективні системи та об'єкти і розробити конкретні стратегії для їх поліпшення.

Перший етап бенчмаркінгу - це аналіз фонду будівель і збір базових (енергетичних) даних. На основі щорічного споживання теплової та електричної енергії та площі приміщень розраховуються показники споживання енергії на один квадратний метр щорічно (споживання в кВт-годину на 1 м²). Отримані значення порівнюються з нормативними значеннями бенчмаркінгу.

На основі даних, отриманих в процесі аналізу фонду будівель проведено облік і порівняння енергетичних показників вимірюваної будівлі з енергетичними показниками подібних типів будівель виходячи з цільового використання (взято до уваги 4 муніципальні сектори - об'єкти освіти, культури, медицини та адмінбудівлі).

Наступний рисунок показує порівняння споживання тепла в установах освіти.

Впровадження системи енергоефективності та забезпечення енергетичної безпеки є невід'ємною частиною стратегічних планів Городенківської громади. З метою досягнення оптимального використання енергійних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, проведено бенчмаркінг об'єктів (систем), який дозволяє систематично оцінювати та порівнювати енергетичну ефективність різних секторів громади.

Бенчмаркінг, як інструмент аналізу енергетичних показників, використовується для порівняння витрат енергії між аналогічними об'єктами (системами) з врахуванням різних факторів впливу. Головною метою цього процесу є об'єктивна оцінка ефективності споживання енергії та встановлення ефективних стратегій для зниження споживання та розвитку відновлюваних джерел енергії.

На території громади бенчмаркінг об'єктів виконується для кожного сектору, враховуючи різні енергетичні показники. Цей підхід дозволяє точно визначити найменш ефективні системи та об'єкти і розробити конкретні стратегії для їх поліпшення.

Перший етап бенчмаркінгу - це аналіз фонду будівель і збір базових (енергетичних) даних. На основі щорічного споживання теплової та електричної енергії та площі приміщень розраховуються показники споживання енергії на один квадратний метр щорічно (споживання в кВт-годину на 1 м²). Отримані значення порівнюються з нормативними значеннями бенчмаркінгу.

На основі даних, отриманих в процесі аналізу фонду будівель проведено облік і порівняння енергетичних показників вимірюваної будівлі з енергетичними показниками подібних типів будівель виходячи з

цільового використання (взято до уваги 4 муніципальні сектори - об'єкти освіти, культури, медицини та адмінбудівлі).

Наступний рисунок показує порівняння споживання тепла в установах освіти.

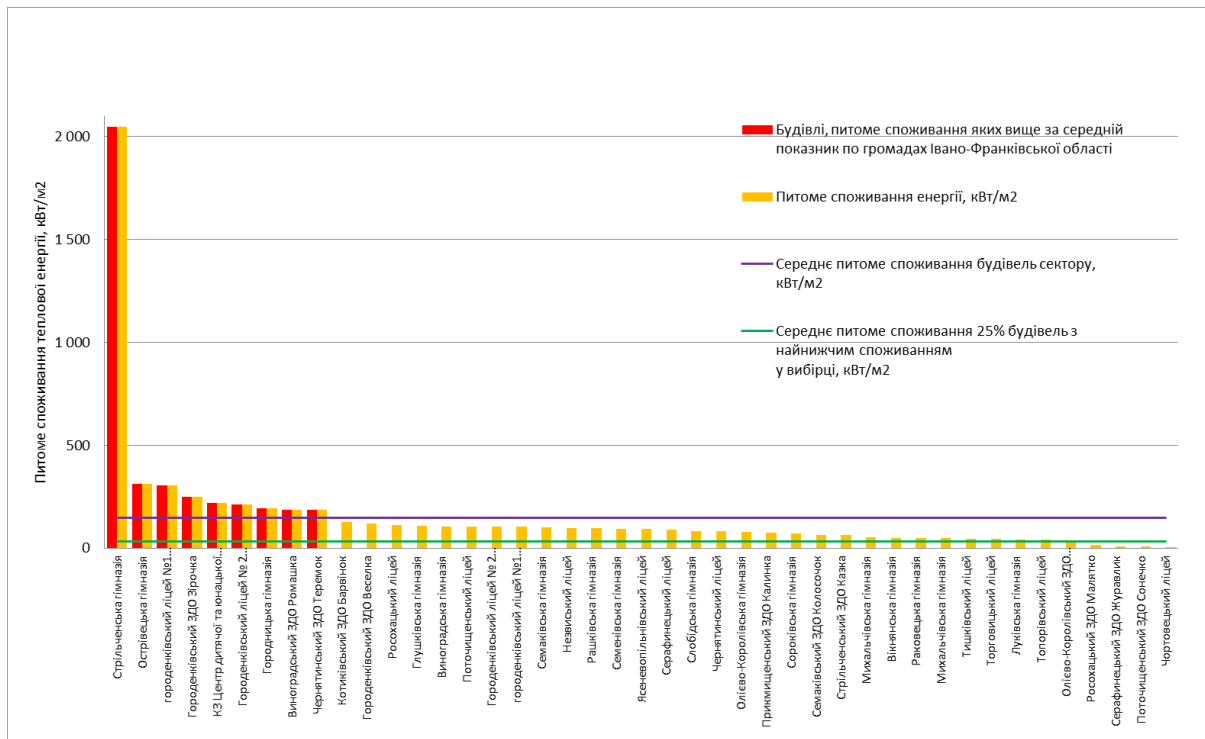


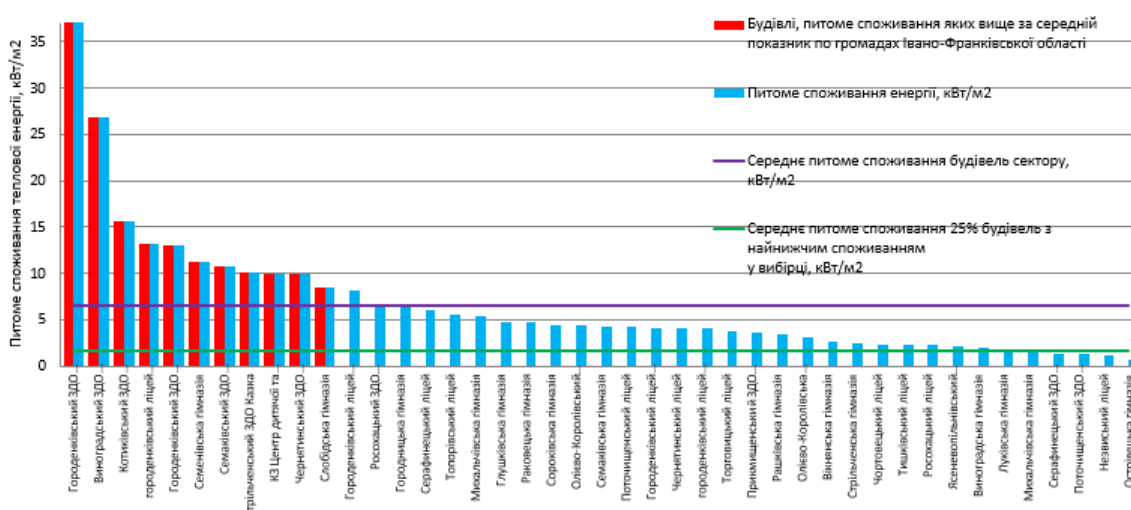
Рисунок 5.1 - Порівняння питомого споживання тепла в установах освіти

Фіолетова лінія вказує на середнє значення споживання всіх будівель у вибірці, а зелена — на середнє значення споживання 25% будівель з найнижчим споживанням у вибірці. Червоне забарвлення стовпців підкреслює, що енергоспоживання певних установ цієї громади в даному конкретному прикладі значно вище за середнє енергоспоживання по закладам освіти інших громад. Це — перший та дуже чіткий показник того, що поліпшення для цих об'єктів необхідне та можливе. Середні показники питомого споживання будівель громад Івано-Франківської області наведено в таблиці 3.1.

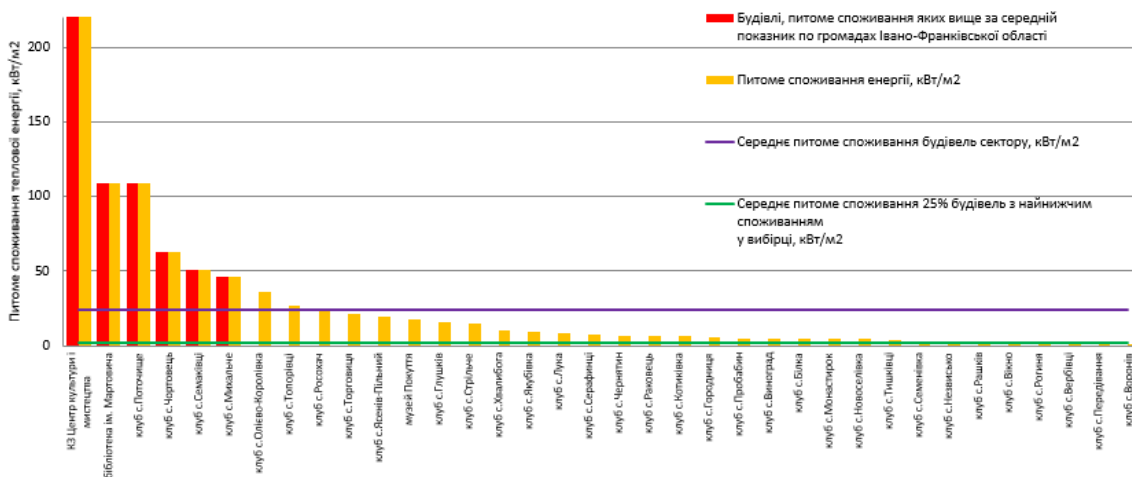
Таблиця 3.1 - Середні значення споживання енергії секторами громад Івано-Франківської області

Сектори муніципальних будівель	Середнє питоме споживання енергії для теплозабезпечення будівель громадами Івано-Франківської області, кВт/м2	Середнє питоме споживання енергії для електрозабезпечення будівель громадами Івано-Франківської області, кВт/м2
Освіта	111,9	7,3
Культура	36,5	2,6
Медицина	132,4	18,5
Адмінбудівлі	123,0	26,3

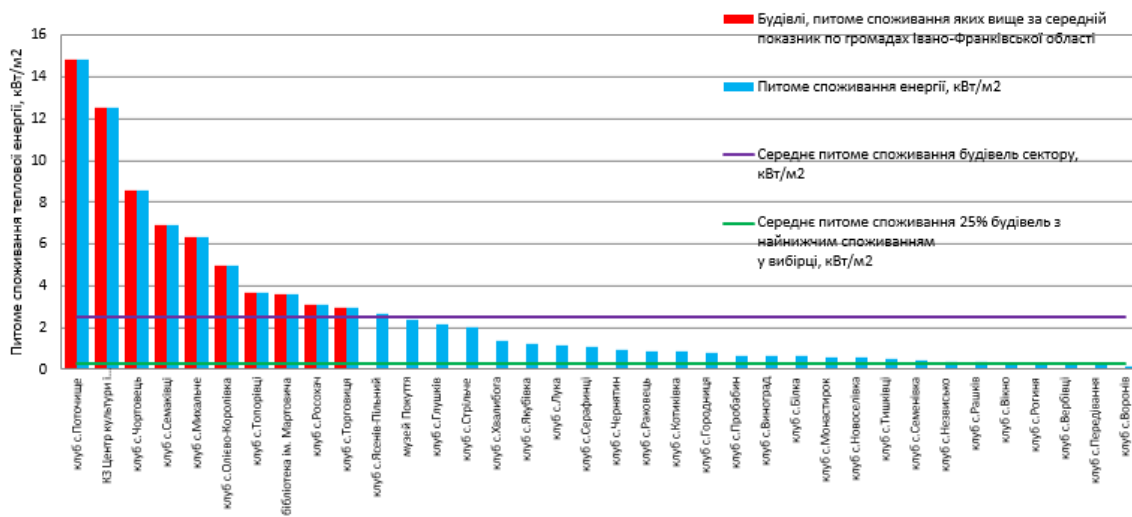
Далі наведені рисунки бенчмаркінгу секторів громади в розрізі споживання енергії для тепло- та електрозабезпечення будівель. За прикладом попереднього рисунку, рисунки 5.2 – 5.8 слід використовувати для порівняння витрат енергії між аналогічними об'єктами та встановлення ефективних стратегій для зниження споживання в громаді.



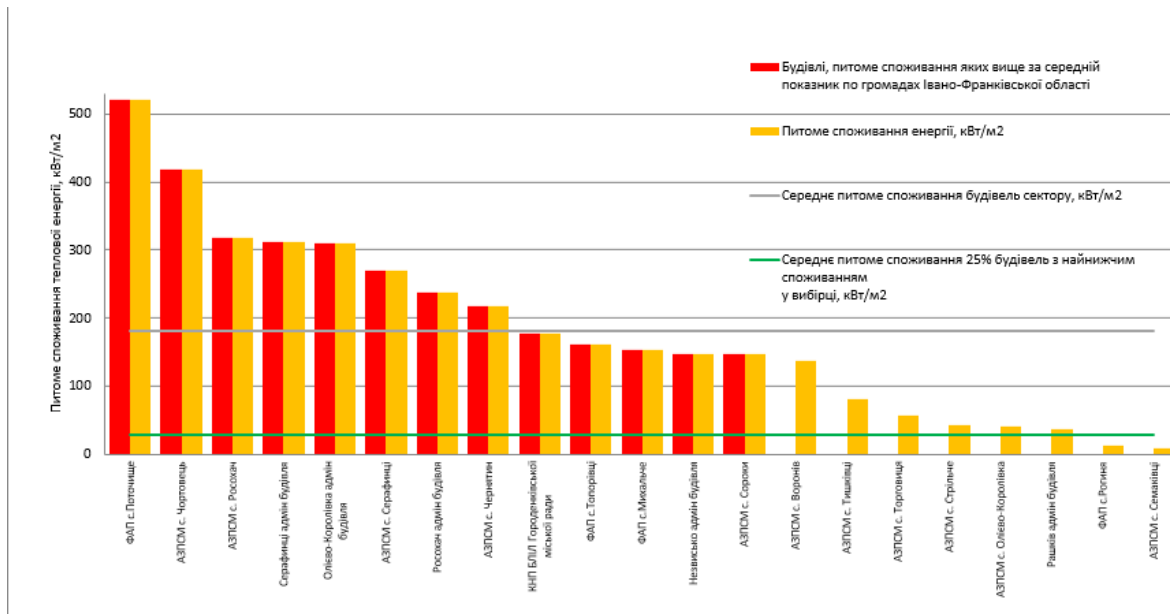
Рисунку 5.2 – Порівняння питомого споживання електроенергії в установах освіти



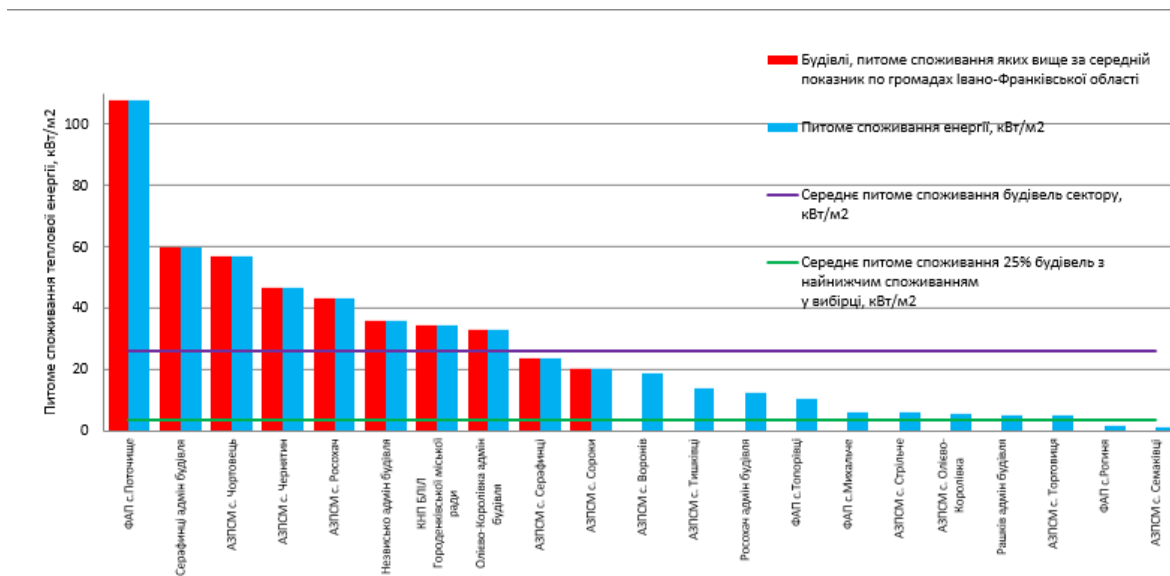
Рисунку 5.3 – Порівняння питомого споживання тепла в установах культури



Рисунку 5.4 – Порівняння питомого споживання електроенергії в установах культури



Рисунку 5.5 – Порівняння питомого споживання тепла в установах медицини



Рисунку 5.6 – Порівняння питомого споживання електроенергії в установах медицини

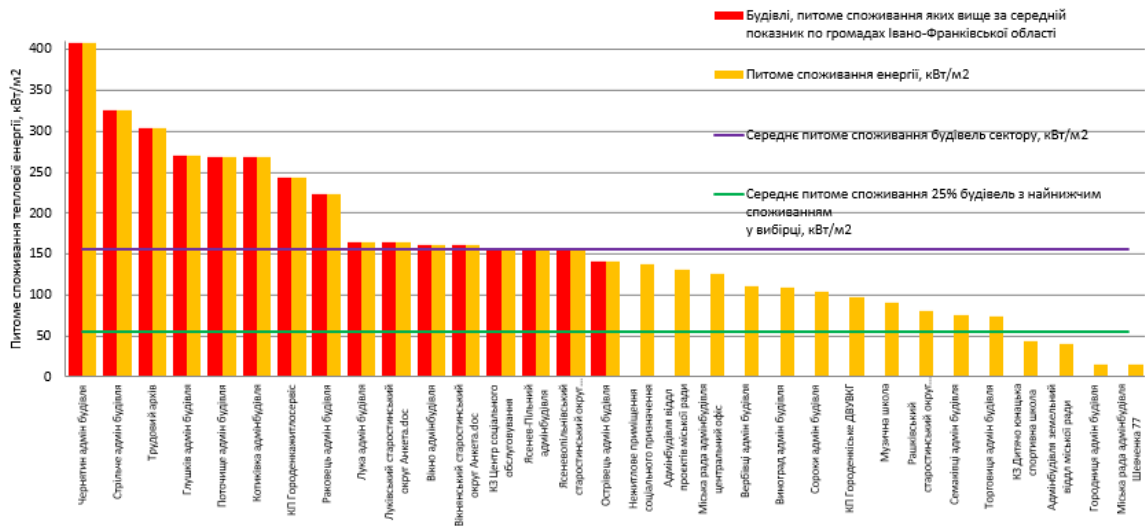


Рисунок 5.7 – Порівняння питомого споживання тепла в адмінбудівлях

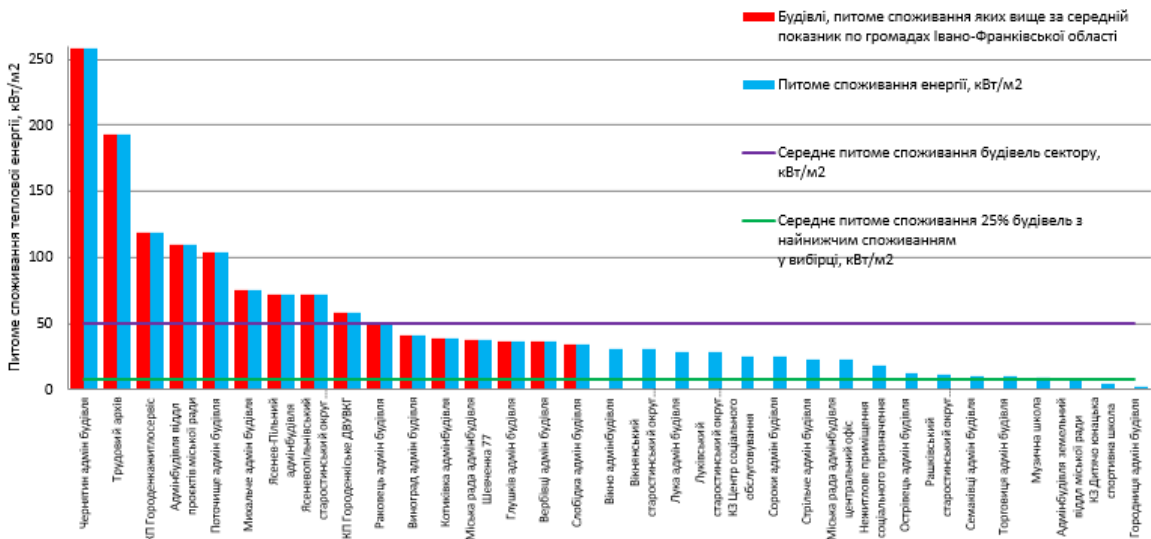


Рисунок 5.8 – Порівняння питомого споживання електроенергії в адмінбудівлях

В таблиці 3.2 наведені зведені значення середніх та межових рівнів споживання енергії будівлями громади.

Таблиця 3.2 - Зведені значення споживання тепла та електроенергії

Муніципальний сектору	Вибірка об'єктів сектору, які подали дані про споживання енергії	Середнє питоме споживання будівель сектору, кВт/м2	Середнє питоме споживання 25% будівель з найнижчим споживанням у вибірці, кВт/м2	Максимальне питоме споживання серед об'єктів сектору, кВт/м2	Мінімальне питоме споживання серед об'єктів сектору, кВт/м2
Значення щодо споживання теплової енергії					
Освіта	43	147,0	30,6	2048,1 (Стрільченська гімназія)	0,23 (Чортовецький ліцей)
Культура	36	24,5	2,3	224 (КЗ Центр культури і мистецтва)	1,1 (клуб с.Воронів)
Медицина	21	181,3	28,5	520,3 (ФАП с.Поточище)	8,33 (АЗПСМ с.Семаківці)
Адмінбудівлі	31	155,5	54,9	407,6 (Чернятин адмін будівля)	15,4 (Міська рада адмінбудівля Шевченка 77)
Значення щодо споживання електричної енергії					
Освіта	43	6,6	1,7	37,6 (Городенківський ЗДО Зірочка)	0,72 (Острівецька гімназія)
Культура	36	2,5	0,3	14,8 (клуб с.Поточище)	0,15 (клуб с.Воронів)
Медицина	21	26,1	3,7	107,9 (ФАП с.Поточище)	1,1 (АЗПСМ с.Семаківці)
Адмінбудівлі	33	49,6	8,2	258,3 (Чернятин адмін будівля)	2,2 (Городниця адмін будівля)

Результати аналізу бенчмаркінгу дозволяють виявити об'єкти або системи, які володіють низькою енергоефективністю в порівнянні з аналогічними об'єктами громади. Це сприяє визначенню пріоритетів для поліпшення енергетичної ефективності.

Дії та Перспективи

Городенківська громада активно працює над впровадженням ініціатив у галузі енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії. На основі результатів бенчмаркінгу ми плануємо:

Оптимізацію витрат енергії: Регулярно надавати об'єкти технічному обслуговуванню та модернізації з метою підвищення їхньої ефективності та зниження споживання енергії.

Запровадження термомодернізації та відновлюваних джерел енергії: Розглянути можливість здійснення термомодернізації та встановлення сонячних панелей та інших джерел відновлюваної енергії для зниження рівнів споживання найменш енергоефективних будівель громади.

Інформування та Навчання: Проводити інформаційні кампанії та освітні заходи, спрямовані на підвищення усвідомленості громадян щодо раціонального використання енергії та важливості заходів з енергоефективності.

Постійний Моніторинг та Оцінка: Продовжувати використовувати бенчмаркінг для регулярного моніторингу та оцінки енергетичної ефективності об'єктів. Це дозволить вчасно виявляти відхилення від норми та вживати відповідні заходи.

Співпраця з Партнерами: Розглядати можливості для співпраці з організаціями та компаніями, які мають досвід у сфері енергоефективності та відновлюваних джерел енергії з метою обміну досвідом та реалізації спільних проектів.

3.2. Прикладний бенчмаркінг питомого енергоспоживання на прикладі будівлі з критичним відхиленням

Застосування гібридної методології бенчмаркінгу до масиву даних Городенківської ТГ дозволяє перейти від загального аналізу до виявлення конкретних «больових точок». Ключовим індикатором для порівняння обрано річне питоми споживання теплової енергії, приведене до нормативних градусо-днів опалювального періоду (SEC_{norm} , кВт·год/м²·рік). Таке приведення є критично важливим для усунення впливу погодних коливань різних років.

Аналіз вибірки з 43 закладів освіти громади дозволив побудувати розподіл питомого енергоспоживання та визначити середньозважене значення по кластеру, яке склало 7,5 кВт·год/м². На фоні цього розподілу було ідентифіковано низку об'єктів з критичним відхиленням (outliers), показники яких перевищують середнє значення більш ніж на 2 стандартних відхилення (сігма-правило) або кардинально відрізняються від нормативних вимог ДБН для нових будівель.

Яскравим прикладом такого «аутлаєра» є заклад «Стрільченська гімназія» (с. Стрільче). Розрахункове питоме споживання теплової енергії цього об'єкта за базовий рік становить [2020] кВт·год/м², що майже у [Z] рази перевищує сучасний норматив для будівель класу "С" і на 40% вище середнього показника по громаді. Детальний аналіз технічного паспорта та даних моніторингу «Стрільченської гімназії» виявив комплекс причин такого стану: будівля 1970-х років забудови з панельними стінами (низький опір теплопередачі), старі дерев'яні вікна та відсутність автоматичного регулювання подачі теплоносія в залежності від погодних умов.

Важливим результатом бенчмаркінгу для СППР є не лише фіксація факту перевитрат, а й первинна класифікація їх природи. У випадку «Стрільченської гімназії» критичне відхилення має системний, інфраструктурний характер, який неможливо усунути лише організаційними заходами. Це автоматично переводить даний об'єкт у категорію пріоритетних кандидатів на глибоку термомодернізацію. Ідентифікація таких «аутлаєрів» є першим фільтром СППР, який звужує поле пошуку рішень з усього масиву будівель до переліку найбільш проблемних активів.

3.3. Портфоліо-аналіз як інструмент первинної сегрегації об'єктів для термомодернізації

Після ідентифікації будівель з критичними відхиленнями виникає потреба у їх системному групуванні для визначення типових стратегій втручання. Для цього в рамках розробленої СППР пропонується застосувати метод портфоліо-аналізу. На відміну від простого рейтингування, він дозволяє оцінити об'єкти одночасно за двома (або більше) вимірами, що дає більш об'ємну картину для прийняття управлінських рішень. Це дає можливість отримати глибокий інсайт щодо споживання енергії в будівлях, порівняти їх з еталонними значеннями для

конкретної категорії будівель (середнім по сектору рівнем споживання). і визначити пріоритети для енергоефективних заходів. Цей аналіз базується на питомому споживанні тепла та електроенергії на квадратний метр опалювальної площі, що дозволяє порівнювати будівлі різних розмірів у межах одного й того ж цільового призначення або категорії.

Цей інструмент виявляє будівлі з великим питомим споживанням. Вони є найпріоритетнішими кандидатами для енергоефективних заходів, оскільки їхня енергетична інтенсивність є незадовільною в порівнянні з іншими об'єктами.

Діаграма Аналізу портфоліо розділена на чотири квадранти (див. рисунок 6.1 нижче):

1. На горизонтальній осі відображається відхилення питомого споживання тепла теплової енергії від середнього значення по категорії.

2. З лівого боку питоме споживання нижче, ніж у порівнюваних будівлях. Вище за середнє питоме споживання відображається з правого боку.

3. На вертикальній осі аналогічним чином відображається відхилення питомого споживання електроенергії. Вище споживання вгору, нижче споживання вниз.

4. Нульова точка (крапка на діаграмі) дорівнює еталонному значенню будівлі відповідно до її категорії.

5. У першому квадранті знаходяться будівлі, які споживають більше тепла та електроенергії в порівнянні з середніми значеннями для своєї категорії.

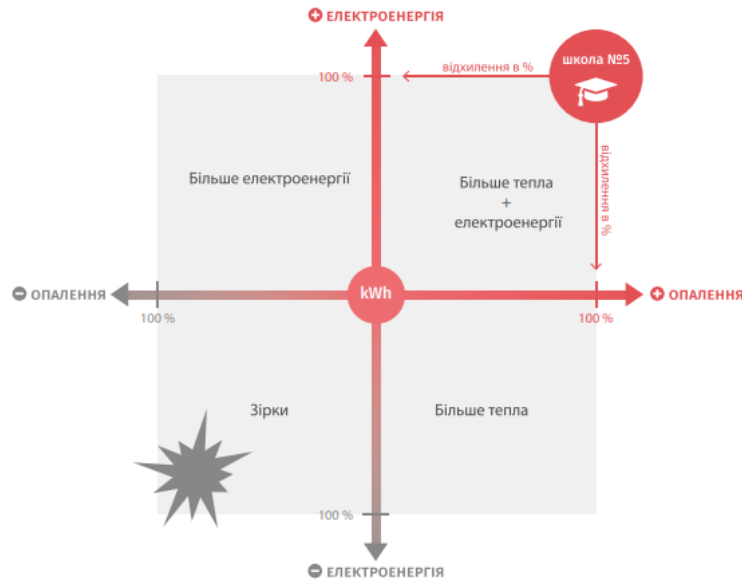


Рисунок 6.1 - Схема портфоліо-аналізу громади

Кожна точка даних на діаграмі представляє одну будівлю, включену до Аналізу портфолію. Розмір точки (бульбашки) даних відповідає опалювальній площі кожної будівлі. Чим більше коло, тим більша її площа в м². Це вказує на те, що заходи з енергоефективності для будівель з більшою площею матимуть більший вплив на загальний рівень споживання громадою енергії у порівнянні з будівлями, що вказані на графіку з “меншими бульбашками”. Також більші будівлі можуть потребувати більших фінансових витрат для модернізації (менша бульбашка = менші фінансові витрати).

Великі бульбашки у верхньому правому квадранті діаграми (квадрат окреслено червоною рамкою) є пріоритетними будівлями, адже це — великі будівлі з незадовільними енергетичними показниками. Оскільки їхня частка енергетичних витрат у муніципальному бюджеті буде високою, рекомендується впроваджувати енергоефективні заходи спочатку у них.

Для успішної реалізації Програми з енергоефективності та енергетичної безпеки Городенківської громади на основі портфоліо-аналізу, виконано наступні кроки:

1. Ідентифікація та оцінка будівель. Спочатку ідентифіковано всі будівлі, які входять до програми, проведено збір даних про їхнє енергоспоживання та опалювальну площу. Ця інформація зібрана від місцевих управлінь, комунальних служб, представників муніципальних об'єктів та інших джерел.

2. Проведення портфоліо-аналізу. Використовуючи отримані дані, проведено аналіз та побудовано діаграми, які відображають всі будівлі громади за показниками споживання тепла та електроенергії на квадратний метр. Це допоможе виділити ті будівлі, які потребують найбільшої уваги.

3. Визначення пріоритетів. Будівлі, які знаходяться у верхньому правому квадранті, є найбільшими пріоритетами для модернізації. Споживання енергії цих будівель суттєво перевищує середні значення, і їхнє енергоефективне вдосконалення може значно зменшити комунальні витрати та сприяти збереженню ресурсів.

4. Розробка імплементаційної стратегії. Після визначення пріоритетних об'єктів, цю аналітику варто врахувати в стратегії модернізації громади. Це може включати в себе впровадження енергоефективних технологій, ізоляцію, заміну систем опалення та інші заходи.

5. Впровадження та моніторинг. Реалізуйте заплановані заходи і регулярно моніторьте їхні результати. Важливо переконатися, що енергоефективність покращується та витрати зменшуються відповідно до цілей програми.

6. Спільна участь громади. Залучення громади у цей процес дуже важливе. Рекомендується інформувати мешканців про цільовість та переваги програми, вислухати їхні побажання та пропозиції, і створити сприятливий клімат для співпраці.

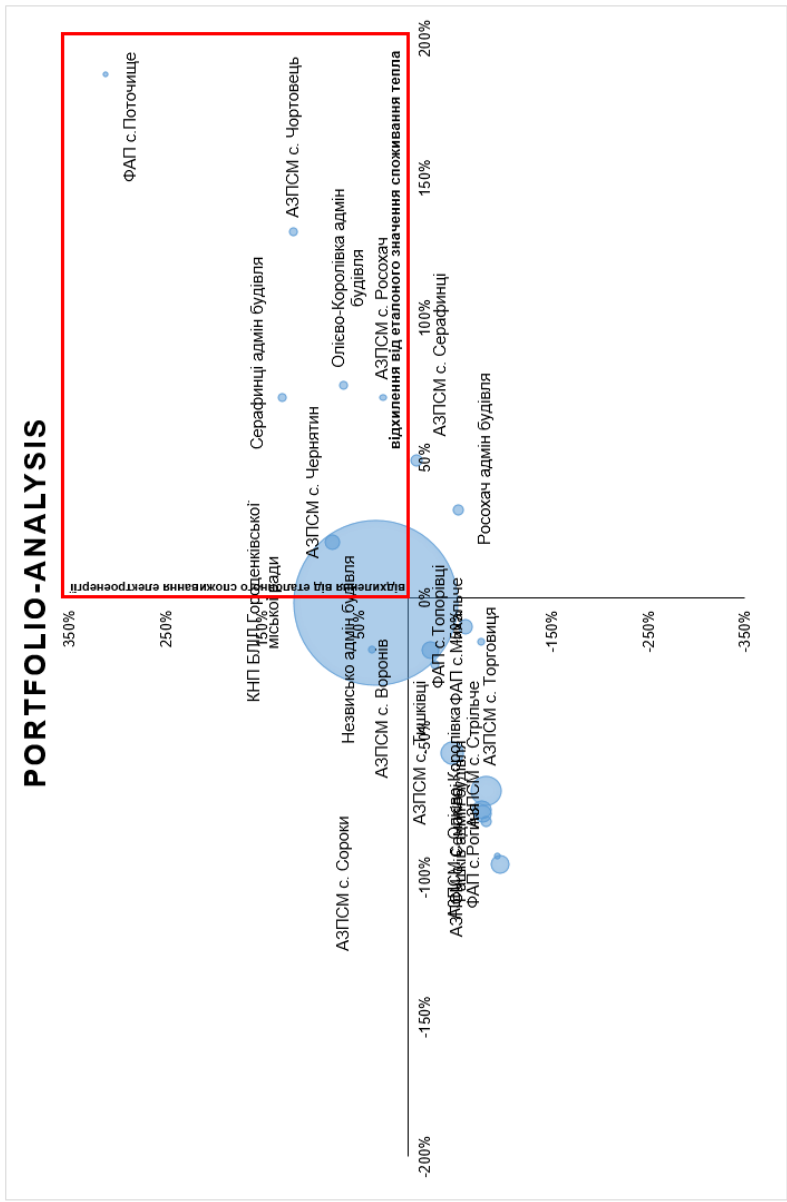


Рисунок 6.4 – Портфоліо-аналіз медичних об’єктів громади

енергетичних витрат громади, забезпечить більшу енергетичну безпеку та сприятиме сталому розвитку. Портфоліо-аналіз створює можливості для реалізації ефективних стратегій енергозбереження та сприяє покращенню якості життя наших мешканців, а також сприяє довгостроковим перевагам для навколишнього середовища.

3.4. Алгоритм пріоритезації енергоефективних заходів на основі інтеграції матриці «Витрати – Ефект» та методу TOPSIS

Ідентифікація енергонеефективних об'єктів за допомогою інструментів бенчмаркінгу та портфоліо-аналізу, описана у попередніх підрозділах, є лише передумовою для формування інвестиційної стратегії громади. Після того, як за допомогою бенчмаркінгу та портфоліо-аналізу (п.п. 3.1–3.3) було відібрано пріоритетні об'єкти для інтервенцій (переважно з Квадрантів I та II), перед енергоменеджером постає задача вибору конкретних технічних рішень для кожного з них. Наприклад, для ЗДО «Зірочка» можна розглядати: а) тільки утеплення стін; б) утеплення стін + заміну вікон; в) комплексну термомодернізацію + встановлення ІТП. Кожен з цих варіантів має різну вартість і різний ефект.

Наступним логічним кроком є розв'язання задачі вибору конкретних інженерних рішень для кожного пріоритетного об'єкта. Традиційний підхід, як ми вже з'ясували, просто б відсортував ці варіанти за терміном окупності. На практиці це означає, що для умовного закладу освіти (наприклад, Стрільченська гімназія) енергоменеджер стикається з необхідністю вибору між кількома сценаріями модернізації: від локальних заходів, таких як утеплення огорожувальних конструкцій, до комплексної термомодернізації з встановленням індивідуального теплового пункту та рекуперації. Оскільки кожен із цих сценаріїв характеризується унікальним співвідношенням капітальних вкладень та очікуваного ефекту, застосування лінійних методів ранжування, що базуються виключно на

простому терміні окупності, є недостатнім, оскільки вони ігнорують часову вартість грошей та соціально-екологічні аспекти проєктів. У зв'язку з цим, у рамках розроблюваної системи підтримки прийняття рішень (СППР) запропоновано гібридний двоступеневий алгоритм пріоритезації, який поєднує фінансовий скринінг із багатокритеріальним аналізом.

Етап 1. Первинний фінансовий скринінг. На цьому етапі відсіюються явно неефективні заходи - проводиться процедура первинного фінансового скринінгу, метою якої є фільтрація економічно неспроможних альтернатив та формування "множини допустимих рішень". Ключовим індикатором на цьому етапі виступає не термін окупності, а чиста приведена вартість (Net Present Value — NPV) або вартість життєвого циклу (LCC). Вибір NPV як критерію фільтрації зумовлений необхідністю врахування дисконтованих грошових потоків протягом усього життєвого циклу обладнання, що є критично важливим для бюджетних інвестицій довгострокового характеру. Розрахунок даного показника для кожного i -го заходу здійснюється за формулою, що інтегрує капітальні витрати ($CAPEX_i$ — повна кошторисна вартість впровадження заходу), річну економію (ΔC_t) та додаткові операційні витрати ($O\&M_t$) з урахуванням ставки дисконтування (r):

$$NPV_i = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta C_t - OM_t}{(1+r)^t} - CAPEX_i \quad (3.1)$$

де ΔC_t — річна економія у грошовому виразі, OM_t — додаткові операційні витрати (наприклад, на обслуговування ІТП), r — ставка дисконтування, T — термін життєвого циклу проєкту.

Використання NPV замість простого терміну окупності дозволяє врахувати зміну вартості грошей у часі.

Граничною умовою проходження скринінгу є позитивне значення NPV. Проекти з від'ємним значенням чистої приведеної вартості виключаються з подальшого розгляду, за винятком випадків, коли їх впровадження диктується імперативними вимогами безпеки або ліквідації аварійного стану. Альтернативи, що подолали фінансовий бар'єр, візуалізуються у просторі координат «Капітальні витрати – NPV». Такий підхід дозволяє енергоменеджеру класифікувати проекти на «швидкі перемоги» (низький CAPEX, високий NPV) та стратегічні інвестиції, проте він не дає остаточної відповіді щодо пріоритетності заходів із близькими фінансовими показниками, але різним соціальним впливом.

Етап 2. Багатокритеріальне ранжування (Метод TOPSIS).

Для остаточного ранжування фінансово життєздатних проектів на другому етапі застосовано метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), математичний апарат якого дозволяє оцінити альтернативи за ступенем їх наближеності до умовного «ідеального рішення». Вхідною інформацією для алгоритму є матриця рішень, де рядки відповідають альтернативним заходам, а стовпці — вектору критеріїв оцінки. З метою забезпечення збалансованого розвитку громади, до моделі введено чотири різнопланові критерії:

1. Критерій 1 (C1): Термін окупності (років) – критерій витрат (чим менше, тим краще).
2. Критерій 2 (C2): Річне скорочення викидів CO₂ (тонн/рік) – критерій вигоди (чим більше, тим краще).
3. Критерій 3 (C3): Технічний термін служби заходу (років) – критерій вигоди (критерій максимізації).
4. Критерій 4 (C4): Підвищення рівня комфорту (бальна експертна оцінка 1–5) – критерій вигоди.

Алгоритм TOPSIS розраховує відстань кожного заходу до "ідеального позитивного рішення" (захід, що миттєво окупається, дає нульові викиди і служить вічно) та "ідеального негативного рішення". В результаті кожен захід отримує інтегральний рейтинг C_i^* від 0 до 1.

Такий двоступеневий алгоритм дозволяє гарантувати, що обрані заходи є фінансово життєздатними (завдяки $NPV > 0$), а їх фінальний пріоритет визначається збалансованим набором стратегічних цілей громади, а не лише швидкістю повернення інвестицій.

Особливістю запропонованої методики є гнучкість у визначенні вагових коефіцієнтів критеріїв (w_j). Залежно від стратегічних цілей громади на певний бюджетний період, ваги можуть бути розподілені рівномірно або ж скориговані (наприклад, за методом аналізу ієрархій АНР) на користь екологічної складової, якщо пріоритетом є виконання зобов'язань у рамках Угоди мерів. У результаті роботи алгоритму TOPSIS розраховується евклідова відстань кожного заходу до «ідеального позитивного» (максимальна ефективність за всіма критеріями) та «ідеального негативного» рішень. Фінальним результатом є інтегральний показник відносної близькості (C_i^*), що варіюється в межах $[0; 1]$. Такий підхід гарантує, що верхні позиції у рейтингу інвестиційної програми займуть заходи, які є не лише фінансово вигідними, але й забезпечують максимальний синергетичний ефект для екології та соціальної сфери громади.

3.5. Формалізація задачі оптимізації концептуальної моделі динамічної системи

Інтеграція описаних вище алгоритмічних підходів вимагає створення єдиної концептуальної моделі СППР, яка б трансформувала процес прийняття управлінських рішень із площини інтуїтивного вибору в площину строгої математичної оптимізації. На відміну від статичних енергоаудитів, динамічна модель дозволяє враховувати часовий фактор, стохастичність зовнішніх умов та взаємозалежність технічних рішень. У рамках даного дослідження задача формування оптимального портфеля енергоефективних заходів формалізована як задача цілочисельного лінійного програмування (Integer Linear Programming), ключові компоненти якої наведено нижче.

1. Вхідні параметри та змінні

Математична модель оперує наступними множинами даних:

- Множина об'єктів (B): перелік будівель, що пройшли попередню сегрегацію та ідентифіковані як пріоритетні для втручання (переважно об'єкти з Квадрантів I та II матриці портфоліо-аналізу).

- Множина доступних заходів (M_b): перелік технічно можливих енергоефективних заходів для кожної конкретної будівлі $b \in B$ (наприклад, утеплення фасаду, заміна вікон, модернізація системи опалення).

- Бінарна змінна рішення ($x_{b,m,t}$): ключова змінна моделі, яка приймає значення 1, якщо захід m для будівлі b впроваджується у році t , і 0 — в іншому випадку.

- Матриця атрибутів: для кожного заходу визначено вектор характеристик: капітальні витрати ($CAPEX_{b,m}$), прогнозована економія енергії ($E_{b,m}$), скорочення викидів CO_2 ($CO2_{b,m}$) та технічний термін життя ($T_{b,m}$).

- Зовнішні параметри: Прогноз тарифів на енергоносії на N років, ставка дисконтування r , коефіцієнти емісії CO_2 .

2. Система обмежень

Адекватність моделі реальним умовам функціонування територіальної громади забезпечується введенням системи жорстких обмежень, які окреслюють область допустимих рішень:

- Бюджетне обмеження. Сумарні капітальні інвестиції на заходи, заплановані до реалізації в році t , не можуть перевищувати ліміт бюджету розвитку громади ($BUDGET_t$) або доступних грантових ресурсів:

$$\sum_{b \in B} \sum_{m \in M_b} CAPEX_{b,m} \cdot x_{b,m,t} \leq BUDGET_t, \quad \forall t \in \{1..N\} \quad (3.2)$$

- Логічні обмеження взаємовиключення. Для однієї будівлі в один період часу неможливо обрати альтернативні варіанти реконструкції, що суперечать один одному (наприклад, неможливо одночасно обрати сценарій «часткове утеплення» та «комплексна термомодернізація»). Також умова послідовності - встановлення ІТП можливе лише до термомодернізації будівлі:

$$\sum_{m \in M_b^{thermo}} \sum_{t=1}^N x_{b,m,t} \leq 1 \quad (3.3)$$

- Обмеження життєвого циклу. Інвестиції блокуються для об'єктів, що потрапили у Квадрант IV (кандидати на ліквідацію/оптимізацію/закриття), якщо залишковий термін експлуатації будівлі менший за термін окупності заходу.

3. Цільові функції

Архітектура моделі передбачає багатокритеріальність, що дозволяє адаптувати цільову функцію під поточні стратегічні пріоритети громади:

- Сценарій А «Економічний прагматизм». Цільовою функцією є максимізація сумарного NPV портфеля проектів. Цей сценарій є актуальним в умовах дефіциту бюджету, коли пріоритетом є повернення інвестицій:

$$\text{Maximize } Z = \sum_b \sum_m \sum_t NPV_{b,m} \cdot x_{b,m,t} \quad (3.4)$$

- Сценарій Б «Кліматична відповідальність». Максимізація сумарного скорочення викидів парникових газів (наприклад, для звітування перед міжнародними донорами):

$$\text{Maximize } Z = \sum_b \sum_m \sum_t CO2_{b,m} \cdot x_{b,m,t} \quad (3.5)$$

- Сценарій В «Збалансований розвиток» (Базовий). Максимізація інтегрального показника корисності, попередньо розрахованого методом TOPSIS. Це дозволяє знаходити компроміс між економікою, екологією та соціальним комфортом.

Таким чином, запропонована модель трансформує складну і зачасту інтуїтивну управлінську проблему вибору енергоефективних заходів у класичну задачу оптимізації (варіація «задачі про рюкзак»), яка може бути ефективно розв'язана сучасними обчислювальними алгоритмами.

3.6. Методика формування оптимальних пакетів заходів в умовах бюджетного дефіциту

Практична реалізація розробленої оптимізаційної моделі (п. 3.5) в умовах реального муніципального управління нашоюхується на проблему жорстких фіскальних обмежень. З точки зору теорії дослідження операцій, задача вибору набору енергоефективних заходів, сумарна вартість яких не перевищує фіксований бюджет, а сумарна корисність є максимальною, класифікується як класична задача про портфель (Knapsack Problem, KP) або, у більш складному формулюванні, як задача дискретної комбінаторної оптимізації. Оскільки дана задача належить до класу NP-важких, знаходження абсолютно точного розв'язку методами повного перебору для великої кількості об'єктів вимагає значних обчислювальних ресурсів. Тому, для забезпечення оперативності роботи СППР, запропоновано авторську

методику, що базується на модифікованому Modified Greedy Algorithm з використанням інтегральних рейтингів TOPSIS як критерію пріоритетності.

Процедура формування оптимального інвестиційного портфеля реалізується через ітеративний алгоритм, який складається з наступних етапів:

Етап 1. Ініціалізація та фіксація бюджетних обмежень.

На вхід алгоритму подається фіксоване значення ліміту капітальних видатків (BUDGETplan), затверджене сесією міської ради на плановий рік (наприклад, 5 млн грн). Паралельно формується «довгий список» (long-list) проєктів-претендентів — множина заходів, які успішно пройшли етап фінансового скринінгу ($NPV > 0$) та відповідають стратегічним цілям громади і пройшли портфоліо-аналіз.

Етап 2. Ранжування альтернатив.

На відміну від класичного алгоритму, де сортування відбувається за питомою вартістю одиниці ефекту, у розробленій методиці ранжування здійснюється за спаданням інтегрального показника відносної близькості до ідеального рішення (C_i^*), розрахованого методом TOPSIS (п. 3.4). Це дозволяє гарантувати, що перші позиції у черзі на фінансування займуть проєкти, які мають збалансоване співвідношення між економічною вигодою, екологічним ефектом та соціальною значущістю (наприклад, комплексна термомодернізація ЗДО «Зірочка» отримає вищий пріоритет, ніж проста заміна вікон в адміністративній будівлі, навіть якщо остання має менший термін окупності).

Етап 3. «Жадібне» наповнення інвестиційного пакету.

Алгоритм послідовно додає до поточного пакету ($P_{current}$) заходи з відсортованого списку, починаючи з найвищим рейтингом C_i^* , перевіряючи на кожному кроці умову дотримання бюджету:

$$\sum_{m \in P_{current}} CAPEX_m + CAPEX_{next} \leq BUDGET_{plan} \quad (3.6)$$

Процес продовжується доти, доки додавання наступного за рейтингом заходу не призведе до перевищення ліміту бюджету. Приклад: першим йде захід для ЗДО «Зірочка» (високий рейтинг TOPSIS через соціальний та екологічний ефект), вартість 2 млн. Бюджету залишилось 3 млн. Наступним йде встановлення ІТП у школі №1 (високий рейтинг через швидку окупність), вартість 0.5 млн. І так далі.

Етап 4. Локальна оптимізація та аналіз граничних елементів.

Ключовим недоліком класичних жадібних алгоритмів є ризик потрапляння в "локальний оптимум", коли включення великого дороговартісного проєкту блокує додавання кількох менших, які в сумі могли б дати більший ефект. Для нівелювання цього ризику методика передбачає процедуру локального пошуку. Якщо черговий високорейтинговий проєкт не вписується у залишок бюджету, система аналізує можливість його заміни на комбінацію заходів з нижчим рейтингом, сумарна вартість яких менша за залишок, а сумарний інтегральний ефект — вищий. Це дозволяє максимізувати використання доступних коштів ("щільність упаковки рюкзака").

Етап 5. Сценарне моделювання.

Враховуючи невизначеність фінансових надходжень (зокрема, грантових коштів), методика передбачає генерацію не одного, а трьох альтернативних пакетів рішень, що забезпечує гнучкість управління:

- Сценарій «Мінімум» (Conservative): базується виключно на власних коштах бюджету розвитку; пріоритет надається швидкоокупним заходам (Low-hanging fruits).
- Сценарій «Базовий» (Base Case): включає власні кошти та підтвержені субвенції; фокус на збалансованих проєктах із високим C_i^* .

- Сценарій «Максимум» (Optimistic): передбачає залучення кредитних коштів або ЕСКО-механізмів; дозволяє реалізувати капіталомісткі проекти глибокої термомодернізації.

Такий підхід трансформує роль енергоменеджера з "обліковця" в стратега, який пропонує керівництву громади варіативні шляхи досягнення енергетичних цілей з чітким розумінням вартості кожного рішення.

3.7. Інтеграція розробленої системи в існуючу структуру управління громадою та документацію системи енергоменеджменту

Ефективність будь-якої інформаційно-аналітичної системи визначається не лише досконалістю закладених математичних алгоритмів, але й ступенем її інтеграції в реальні управлінські процеси. Розробка динамічної моделі пріоритезації заходів є необхідною, але недостатньою умовою для досягнення сталого енергетичного розвитку громади. Для подолання розриву між теоретичним моделюванням та практичною реалізацією необхідна глибока імплементація СППР на інституційному та процедурному рівнях, що передбачає реінжиніринг існуючих бізнес-процесів енергоменеджменту.

Ключовим аспектом інтеграції є трансформація рольової моделі муніципального енергоменеджера. В рамках запропонованої концепції відбувається зміщення фокусу його діяльності з рутинного обліку ресурсів («оператор лічильників») на рівень стратегічного планування («системний аналітик»). Функціональний профіль фахівця розширюється за рахунок нових компетенцій:

- Верифікація та валідація даних: забезпечення якості вхідних інформаційних потоків (показників щоденного моніторингу, технічних паспортів будівель), оскільки достовірність роботи алгоритмів TOPSIS та NPV-аналізу прямо корелює з точністю первинних даних.

- Сценарне моделювання: розробка та тестування гіпотез (аналіз чутливості системи до зміни тарифів, кліматичних умов або бюджетних обмежень) для підготовки варіативних рішень.
- Комунікація результатів: інтерпретація математично обґрунтованих рейтингів та інвестиційних пакетів для стейкхолдерів, які не є технічними фахівцями (міського голови, депутатів місцевої ради), перекладаючи мову цифр на мову політичних та соціальних вигод.

На процедурному рівні інтеграція СППР забезпечує перехід громади до моделі доказової політики. Це реалізується через синхронізацію роботи системи з ключовими стратегічними документами громади.

По-перше, формування Програми соціально-економічного розвитку (ПДСЕРК) та титульних списків капітальних видатків має базуватися не на суб'єктивних заявках керівників бюджетних установ, а на автоматично згенерованому СППР звіті «Оптимальний інвестиційний пакет на рік t». Це дозволяє усунути ризики та політичну заангажованість при розподілі бюджетних коштів.

По-друге, результати моделювання, зокрема прогностичні показники скорочення викидів CO₂, стають верифікованою базою для актуалізації Плану дій зі сталого енергетичного розвитку та клімату (ПДСЕРК/SECAP). Динамічний перерахунок екологічних ефектів дозволяє громаді формувати реалістичні звіти для моніторингу виконання зобов'язань перед Угодою мерів.

Для нормативного закріплення запропонованої методології необхідно внести зміни до муніципального «Положення про систему енергоменеджменту» (або затвердити його у новій редакції). Документ повинен регламентувати обов'язковість використання процедури багатокритеріального аналізу при плануванні інвестицій понад встановлений пороговий рівень вартості. Така регламентація діє як

інституційний запобіжник, що гарантує спадковість енергетичної політики незалежно від змін у політичному керівництві громади, наближаючи систему управління до стандартів серії ISO 50001.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ СППР

Розроблена у третьому розділі динамічна система підтримки прийняття рішень (СППР), що базується на інтеграції методів портфоліо-аналізу, фінансового дисконтування та багатокритеріального ранжування (TOPSIS), потребує практичної верифікації. Верифікація моделі — це процес підтвердження того, що вона коректно відображає реальну систему муніципального енергоменеджменту та генерує рішення, які є більш ефективними за традиційні підходи з точки зору досягнення стратегічних цілей громади.

Метою цього розділу є проведення комплексного техніко-економічного обґрунтування результатів роботи СППР на прикладі даних Городенківської ТГ. Для цього застосовано метод сценарного моделювання, проведено детальний інвестиційний аналіз пілотних проєктів з використанням динамічних показників (NPV, IRR, DPP), оцінено сумарний екологічний ефект та досліджено стійкість моделі до ризиків через аналіз чутливості.

4.1. Сценарне моделювання впровадження заходів: песимістичний, реалістичний та оптимістичний сценарії

В умовах високої невизначеності зовнішнього середовища (волатильність цін на енергоносії, макроекономічна нестабільність) стратегічне планування не може базуватися на єдиному детермінованому прогнозі. Розроблена СППР дозволяє проводити сценарне моделювання, варіюючи вхідні параметри та обмеження моделі для оцінки діапазону можливих результатів реалізації програми енергоефективності до 2030 року.

На основі аналізу зовнішніх загроз та внутрішніх можливостей (проведеного в SWOT-аналізі, п. 2.5) та верифікованих даних енергоаудитів, було змодельовано три базові сценарії розвитку:

1. Песимістичний сценарій («Сценарій виживання»):

Припущення: Відсутність доступу до зовнішнього кредитного/грантового фінансування. Реалізація заходів виключно за рахунок обмеженого власного бюджету розвитку громади. Ціни на енергоносії зростають помірно, ставка дисконтування висока (через високі ризики).

Стратегія СППР: Модель примусово обмежує вибір заходами з Квадранту II та III (див. п. 3.3) — маловитратними та швидкоокупними (ІТП, балансування, часткова заміна вікон, освітлення). Глибока термомодернізація відкладається.

Прогнозний результат: Досягається незначна економія енергоресурсів (на рівні 5-7%), яка переважно нівелюється зростанням тарифів. Бюджетне навантаження стабілізується, але не зменшується суттєво. Технічний стан будівель продовжує деградувати.

2. Реалістичний сценарій («Базовий сценарій»):

- Припущення: Громада виділяє стабільний відсоток бюджету на енергоефективність та залучає механізм ЕСКО для 20-30% об'єктів. Доступні "теплі кредити" або програми співфінансування (наприклад, Фонд енергоефективності).
- Стратегія СППР: Модель формує збалансований портфель. Пріоритетні "аутлаєри" (як ЗДО «Зірочка») піддаються комплексній термомодернізації із залученням зовнішніх коштів. Решта об'єктів отримує заходи середньої вартості (ІТП, котли на біомасі).
- Прогнозний результат: Очікується скорочення споживання енергії на 20-25% до 2030 року. Значно покращуються умови комфорту в

ключових соціальних закладах. Інвестиції мають прийнятний середній термін окупності (6-8 років).

3. Оптимістичний сценарій («Сценарій зеленого переходу»):

- Припущення: Громада отримує доступ до дешевих довгих грошей (наприклад, кредит ЄІВ під низький відсоток під державні гарантії) та значних грантових програм для реалізації SECAP. Активно впроваджується Net Billing для СЕС.
- Стратегія СППР: Цільова функція моделі переналаштовується на максимізацію екологічного ефекту та енергонезалежності. Реалізуються капіталомісткі заходи глибокої модернізації (клас «В» і вище), встановлюються теплові насоси та дахові СЕС на більшості бюджетних будівель.
- Прогнозний результат: Кардинальне скорочення споживання покупних енергоресурсів (на 40-50%), значне заміщення газу місцевими ВДЕ. Громада стає регіональним лідером декарбонізації.

Сценарний аналіз демонструє, що розроблена СППР є гнучким інструментом, який дозволяє адаптувати інвестиційну стратегію залежно від доступності ресурсів, не втрачаючи при цьому стратегічного вектора руху.

4.2. Оцінка інвестиційної привабливості запропонованих заходів: розрахунок NPV, IRR та DPP для пілотних об'єктів

Для верифікації економічної ефективності рішень, запропонованих СППР у рамках Реалістичного сценарію, проведено детальний інвестиційний аналіз для двох пілотних об'єктів Городенківської ТГ, які були ідентифіковані як пріоритетні під час бенчмаркінгу (Розділ 3). На відміну від традиційного підходу (простий термін окупності), застосовано динамічні показники ефективності інвестицій, що враховують вартість грошей у часі.

Пілотний об'єкт 1: Ліцей №1 (Велика міська школа, високе споживання газу)

- Запропонований СППР захід: Комплексна термомодернізація (утеплення фасаду 150 мм, горища 200 мм, заміна всіх вікон, встановлення ІТП з погодним регулюванням).
- Параметри проєкту: Інвестиції (CAPEX) = 12.5 млн грн. Житловий цикл проєкту (T) = 20 років. Розрахункова річна економія в цінах базового року = 1.8 млн грн. Ставка дисконтування (r) = 12% (відображає вартість капіталу та ризику).

Результати розрахунку:

1. Чиста приведена вартість (NPV):

$$NPV = +1.5 \text{ млн грн, } IRR = 22\%, \text{ } DPP = 6 \text{ років.}$$

Інтерпретація: $NPV > 0$ свідчить про те, що проєкт генерує додану вартість і є економічно доцільним навіть при високій вартості капіталу.

2. Внутрішня норма прибутковості (IRR): Розрахункове значення $IRR \approx 15.5\%$. Інтерпретація: $IRR > r (15.5\% > 12\%)$, що підтверджує інвестиційну привабливість проєкту та запас його міцності.

3. Дисконтований термін окупності (DPP): ≈ 11 років.

Інтерпретація: Важливо зазначити, що простий термін окупності склав би $12.5/1.8 \approx 7$ років. Проте DPP, який є більш реалістичним показником, показує 11 років. Традиційний підхід відкинув би цей проєкт як "занадто довгий", але NPV-аналіз доводить його стратегічну вигідність на 20-річному горизонті.

Пілотний об'єкт 2: Виноградська гімназія (Сільська школа, використання вугілля/дров)

- Запропонований СППР захід: Встановлення сучасного автоматизованого твердопаливного котла на пелетах/трісці з високим ККД замість застарілого обладнання + часткове утеплення горища.
- Результати розрахунку: CAPEX значно нижчий (3.2 млн грн). Проєкт демонструє високі показники: NPV=+1.5 млн грн, IRR=22%, DPP=6 років. Інтерпретація: Цей проєкт є класичною "швидкою перемогою", яка забезпечує швидке повернення інвестицій і перехід на місцеве паливо.

Розрахунки підтверджують, що СППР, використовуючи NPV як критерій фінансового скринінгу (п. 3.4), коректно відбирає економічно ефективні проєкти, не відкидаючи при цьому капіталомісткі заходи з тривалим життєвим циклом.

4.3. Екологічний ефект від впровадження моделі: прогноз скорочення вуглецевого сліду громади до 2030 року

На відміну від традиційної моделі управління, де екологічний ефект є лише побічним продуктом економії коштів, розроблена СППР інтегрує скорочення викидів парникових газів як один із ключових критеріїв прийняття рішень (через вагові коефіцієнти в методі TOPSIS). Верифікація моделі передбачає агрегацію екологічних ефектів від усіх заходів, включених до оптимального інвестиційного портфеля (Реалістичний сценарій), та порівняння отриманого результату з цілями SECAP громади.

Для розрахунку використано верифіковані коефіцієнти емісії CO₂ (розглянуті у п. 2.2). Моделювання показує, що реалізація запропонованого пакету заходів дозволить досягти наступних результатів:

- Скорочення прямих викидів (Scope 1):

За рахунок термомодернізації та переведення частини котелень з природного газу на вуглецево-нейтральну біомасу, споживання газу в бюджетній сфері скоротиться на [X] тис. м³/рік, що еквівалентно зменшенню викидів на [Y] тонн CO₂/рік.

- Скорочення непрямих викидів (Score 2):

Модернізація систем освітлення та встановлення дахових СЕС для власного споживання зменшить закупівлю електроенергії з мережі (яка має високий вуглецевий слід в Україні) на [Z] МВт·год/рік.

Сумарний прогноз: До 2030 року кумулятивний екологічний ефект від впровадження моделі оцінюється у скороченні викидів на рівні [Total Number] тонн CO₂-екв, що становить близько 25-30% від базового рівня викидів бюджетного сектору громади. Цей показник верифікує спроможність СППР забезпечити виконання зобов'язань громади в рамках Угоди Мерів, що було б неможливим при використанні лише критерію фінансової окупності.

4.4. Аналіз чутливості моделі до зміни тарифів на енергоносії

Критичним етапом верифікації будь-якої інвестиційної моделі є аналіз її стійкості до зміни ключових вхідних параметрів (Sensitivity Analysis). В умовах України найбільш волатильними та впливовими факторами є тарифи на природний газ та електроенергію для бюджетних установ.

Для перевірки робастності (стійкості) рішень, згенерованих СППР, було проведено стрес-тестування моделі шляхом варіювання тарифів у діапазоні $\pm 30\%$ від базового рівня.

Результати аналізу чутливості:

1. Сценарій «Зростання тарифів (+30%)»:
 - Вплив на фінансові показники: Річна грошова економія від заходів пропорційно зростає. Відповідно, NPV та IRR проєктів глибокої

модернізації (типу Ліцею №1) суттєво покращуються, а їх дисконтований термін окупності (DPP) скорочується (наприклад, з 11 до 8 років).

- Реакція СППР: Модель реагує на це підвищенням рейтингу капіталомістких заходів у списку TOPSIS. Це підтверджує тезу: чим дорожчі енергоресурси, тим вигідніша глибока модернізація. СППР "автоматично" адаптує стратегію до нових цінових реалій.

2. Сценарій «Зниження тарифів (-30%)»:

- Вплив на фінансові показники: Грошова економія зменшується. Деякі проекти з граничним NPV можуть стати збитковими ($NPV < 0$) при високій ставці дисконтування. Терміни окупності розтягуються.
- Реакція СППР: Це ключовий момент верифікації. Традиційний підхід у такій ситуації зупинив би інвестування в енергоефективність, оскільки "окупність стала занадто довгою". Проте розроблена СППР, завдяки наявності нефінансових критеріїв у методі TOPSIS (комфорт, екологія, технічний стан), продовжує утримувати критично важливі проекти (наприклад, аварійна школа) у топі рейтингу, навіть якщо їх фінансова привабливість знизилася.

Висновок аналізу чутливості: Розроблена динамічна СППР демонструє високу стійкість до цінових ризиків. На відміну від монофакторного аналізу, вона запобігає прийняттю недалекоглядних рішень про згортання програм енергоефективності у періоди тимчасового зниження цін на енергоносії, забезпечуючи стратегічну послідовність дій громади.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо підвищення ефективності управління енергоспоживанням у територіальних громадах України шляхом розробки теоретико-методологічних засад та практичного інструментарію динамічної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для багатокритеріального відбору енергоефективних заходів.

Теоретичне узагальнення проблематики дозволило обґрунтувати, що в умовах децентралізації та євроінтеграції територіальна громада трансформувалася у складну соціо-технічну систему, управління якою вимагає переходу від реактивного обліку ресурсів до проактивного стратегічного менеджменту згідно зі стандартами ISO 50001. Критичний аналіз нормативно-правової бази та існуючої практики виявив фундаментальний методологічний бар'єр, який полягає у домінуванні монофакторного оцінювання інвестиційних проєктів виключно за критерієм простого терміну окупності. Доведено, що такий підхід ігнорує вартість життєвого циклу, екологічні екстерналії та соціальні ефекти, що призводить до консервації технологічної відсталості комунального сектору. Комплексна діагностика енергетичного профілю Городенківської ТГ виявила глибокі структурні диспропорції, зокрема критичну залежність бюджетної сфери від викопного палива та незадовільний технічний стан будівельного фонду, питоме енергоспоживання якого в 2–3 рази перевищує сучасні нормативи. Проведений аналіз підтвердив, що традиційний описативний інструментарій є недостатнім для стратегічного планування в умовах багатоцільової системи з обмеженими ресурсами, що актуалізувало потребу в розробці спеціалізованої СППР.

Основним науковим результатом роботи є розроблена концептуальна та алгоритмічна модель динамічної СППР для енергоменеджера громади. В

основу моделі покладено гібридну методологію, що інтегрує портфоліо-аналіз для первинної сегрегації об'єктів за критеріями «потенціал енергозбереження – технічний стан», фінансовий скринінг на основі динамічного показника чистої приведеної вартості (NPV) та метод багатокритеріального ранжування TOPSIS, який дозволяє збалансувати конфліктуючі економічні, екологічні та технічні критерії вибору заходів. На основі розробленої моделі запропоновано прикладну методіку формування оптимальних пакетів енергоефективних заходів в умовах жорстких бюджетних обмежень, яка базується на ітеративному відборі проєктів із найвищим рейтингом у межах доступних фінансових лімітів, а також запропоновано механізми інституційної інтеграції системи в структуру управління громадою.

Практична апробація та верифікація моделі на даних Городенківської ТГ підтвердила її ефективність. Сценарне моделювання продемонструвало можливість адаптації інвестиційної стратегії до різних макроекономічних умов, а інвестиційний аналіз пілотних проєктів довів, що використання показника NPV дозволяє ідентифікувати стратегічно вигідні капіталомісткі заходи глибокої модернізації, які відкидаються традиційним методом. Моделювання показало, що реалізація запропонованого реалістичного сценарію дозволить скоротити викиди CO₂ у бюджетному секторі громади на 25–30% до 2030 року, а аналіз чутливості підтвердив високу стійкість моделі до ризиків волатильності тарифів на енергоносії. Таким чином, розроблена динамічна система підтримки прийняття рішень є дієвим науково-прикладним інструментом, що дозволяє органам місцевого самоврядування здійснити перехід до доказової енергетичної політики, забезпечуючи науково обґрунтований вибір пріоритетів модернізації в інтересах сталого розвитку громади.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бюджетний кодекс України : Закон України від 08.07.2010 р. № 2456-VI (зі змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17>.
2. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Баштовий А. І. Перспективи переходу на використання біомаси в системах тепlopостачання населених пунктів України. *Промислова теплотехніка*. 2020. Т. 42, № 3. С. 68–75.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022. 114 с. (Державні будівельні норми України).
4. ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT). Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
5. Європейський зелений курс (The European Green Deal). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 11.12.2019 COM(2019) 640 final.
6. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
7. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 р. № 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20>.
8. Іншеков Є. М. Методи та засоби управління енергоефективністю будівель : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 280 с.
9. Касич А. О., Литвиненко Я. О. Теоретико-методичні засади формування системи енергоменеджменту в умовах сталого розвитку. *Економіка і регіон*. 2021. № 2 (81). С. 64–71.

10. Каталог типових рішень з підвищення енергоефективності в громадських будівлях / За ред. А. Колієнка. Київ : GIZ, Проєкт «Енергоефективність у громадах II», 2020. 150 с.
11. Коцар О. В. Особливості впровадження систем енергомоніторингу в об'єднаних територіальних громадах. *Комунальне господарство міст*. 2022. № 168. С. 12–18.
12. Методика розроблення місцевих енергетичних планів : затв. Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27.12.2022 № 266.
13. Павлов С. В. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень в енергетичному менеджменті : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2020. 224 с.
14. Праховник А. В., Іншеков Є. М. Проблеми оцінки ефективності енергозберігаючих проєктів в умовах невизначеності та ризиків. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2. С. 7–14.
15. Стан та перспективи розвитку енергоефективності в Україні : аналітичний звіт / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Київ, 2023. URL: <https://saee.gov.ua>.
16. Стоцький О. В. Муніципальний енергетичний менеджмент в умовах децентралізації: теорія, методологія, практика : монографія. Чернігів : ЧНТУ, 2021. 340 с.
17. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. (Розділ V, Глава 1 «Енергетика»). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011.
18. Bertoldi P., Economidou M., Palermo V. et al. How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP). Guidebook. Part 1: The SECAP process, step-by-step towards low carbon and climate resilient

- cities by 2030. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2018. (JRC Science for Policy Report).
19. Bull J. Life Cycle Costing for Construction. RICS professional standards and guidance, global. 1st edition. London : Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), 2017.
 20. Chung W. Review of building energy-use performance benchmarking methodologies. *Applied Energy*. 2011. Vol. 88, Issue 5. P. 1470–1482.
 21. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast). *Official Journal of the European Union*. L 231/1.
 22. Hwang C. L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin / Heidelberg : Springer-Verlag, 1981. 259 p. (Базове джерело по методу TOPSIS).
 23. International Energy Agency (IEA). Multiple Benefits of Energy Efficiency: A guide to quantifying the value added. Paris : IEA Publications, 2019.
 24. Mardani A., Zavadskas E. K., Khalifah Z. et al. A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 71. P. 216–256.
 25. Müller E., Hilty L. M., Widmer R. The payback period trap in municipal energy investments: Why we need multi-dimensional assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 340. Article 130765. (Ключове джерело для критики терміну окупності).
 26. Opricovic S., Tzeng G.-H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 156, Issue 2. P. 445–455.

27. Pohekar S. D., Ramachandran M. Application of multi-criteria decision making in sustainable energy planning – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2004. Vol. 8, Issue 4. P. 365–381.
28. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York : McGraw-Hill, 1980. (Базове джерело по методу AHP).
29. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1, № 1. P. 83–98.
30. Schulze M., Nehler H., Dallenogare M. et al. Energy management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112. P. 3692–3708.
31. Triantaphyllou E. Multi-criteria decision making methods: A comparative study. Boston : Kluwer Academic Publishers, 2000. 266 p.
32. Wang J.-J., Jing Y.-Y., Zhang C.-F., Zhao J.-H. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009. Vol. 13, Issue 9. P. 2263–2278.
33. Zavadskas E. K., Turskis Z., Kildienė S. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*. 2014. Vol. 20, Issue 1. P. 165–179.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця інвентаризації будівель муніципального сектору

Городенківської громади

Будівля/сектор	Площа споруди	Загальна опалювальна площа, м2	Загальний опалювальний об'єм, м3	К-сть людей	К-сть учнів (з них)	Тип опалення	Натуральні одиниці				Споживання енергії будівлею	
							Теплова енергія	Електроенергія квт/год	Об'єм газу	Тверде паливо	Питоме споживання на потреби теплообігріву, кВт/м2	Питоме споживання на потреби електрообігріву, кВт/м2
Освіта							3616,9	487087,0	28258,6,2	1005,5		
Михальчівська гімназія	1691	1431	4410	6		газ	0,0	2200,0	7332,4	0,0	48,1	1,5
Виноградська гімназія	2104	1905	6115	130	100	дрова	0,0	3838,0	0,0	89,6	105,2	2,0
Виноградський ЗДО Ромашка	1072	468	4041	25		дрова	0,0	12544,0	0,0	39,0	186,3	26,8
Вікнянська гімназія	1304	1304	4631	100		газ	0,0	3424,0	6917,2	0,0	49,8	2,6
Глушківська гімназія	1815	1755	3615	127		дрова	0,0	8453,0	0,0	84,0	107,0	4,8
Городенківський ЗДО Веселка	1155	1155	3638	110		газ	0,0	15077,0	14631,6	0,0	119,0	13,1
Городенківський ЗДО Зірочка	1433	1343	9052	520	480	газ	0,0	50508,0	35503,1	0,0	248,2	37,6
Городенківський ліцей № 2 головний корпус	1938	1938	6000	360		центр	354,6	15927,2	0,0	0,0	212,8	8,2
Городенківський ліцей № 2 корпус початкових класів	1635	1635	4988	175		газ	0,0	6816,8	18004,6	0,0	103,4	4,2
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка (корпус бібліотеки)	120	55	165	25		газ	0,0	725,0	1777,6	0,0	303,5	13,2
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка	5667	5667	14346	920	850	центр	503,2	22975,0	0,0	0,0	103,3	4,1
Городиницька гімназія	1056	1056	3290	105	80	дрова	0,0	6707,0	0,0	91,7	194,2	6,4
КЗ Центр дитячої та юнацької творчості	656	504	1746	350	300	центр	95,1	5053,0	0,0	0,0	219,4	10,0
Котківський ЗДО Барвінок	565	438	1315	50	40	газ	0,0	6820,0	5933,1	0,0	127,2	15,6
Луківська гімназія	2085	2085	5089	80	60	газ	0,0	3365,0	9430,0	0,0	42,5	1,6
Михальчівська гімназія	1253	1253	4495	40	25	газ	0,0	6816,0	6832,6	0,0	51,2	5,4
Незвиський ліцей	4922	3841	12291	150	120	дрова	0,0	4281,0	0,0	170,0	98,9	1,1
Олієво-Королівська гімназія	1974	1974	5922	180	150	газ	0,0	6186,0	16718,4	0,0	79,5	3,1
Олієво-Королівський ЗДО Сопілочка	784	263	855	50	35	електро	0,0	9638,0	0,0	0,0	32,2	4,4
Острівська гімназія	1288	1288	8247	85	60	дрова	0,0	928,0	0,0	180,0	312,5	0,7
Поточищенський ЗДО Сонечко	840	420	1260	40	30	електро	0,0	4651,0	0,0	0,0	9,7	1,3
Поточищенський ліцей	1197	1197	4010	190	150	газ	0,0	5178,0	13292,8	0,0	104,3	4,3
Прикищенський ЗДО Калинка	387	387	1161	25	20	газ	0,0	1372,0	3109,8	0,0	75,5	3,5
Раковецька гімназія	2548	2142	8925	79	60	газ	0,0	10139,0	11076,2	0,0	48,6	4,7
Рашківська гімназія	1560	2287	10378	85	65	дрова	0,0	7743,0	0,0	98,0	95,8	3,4
Росохацький ЗДО Малятко	260	260	832	35	20	газ	0,0	1685,0	392,3	0,0	14,2	6,5
Росохацький ліцей	2858	2648	8473	220	180	дрова	0,0	6090,0	0,0	132,0	111,5	2,3
Семаківська гімназія	464	464	1487	115	90	газ	0,0	2015,0	5024,7	0,0	101,7	4,3

Семаківський ЗДО Колосочок	205	180	540	35	25	газ	0,0	1936,0	1251,9	0,0	65,3	10,8
Семенівська гімназія	1275	1275	3826	85	75	газ	0,0	14385,0	12600,0	0,0	92,8	11,3
Серафинецький ЗДО Журавлик	400	385	1145	35	25	електро	0,0	4270,0	0,0	0,0	9,8	1,3
Серафинецький лицей	2898	2296	7026	200	170	газ	0,0	13855,0	22147,0	0,0	90,6	6,0
Слобідська гімназія	1276	1276	4592	80	50	газ	0,0	10792,0	11225,0	0,0	82,6	8,5
Сороківська гімназія	1319	1319	5120	85	60	газ	0,0	5934,0	10258,0	0,0	73,0	4,5
Стрільченська гімназія	1560	1560	4680	140	110	газ	2664,0	3992,0	10304,4	0,0	2048,1	2,6
Стрільченський ЗДО Казка	565	438	1314	35	25	газ	0,0	4397,0	2934,2	0,0	62,9	10,0
Тишківський лицей	1578	1270	4040	160	120	газ	0,0	2962,0	6353,3	0,0	47,0	2,3
Топорівський лицей	3190	3190	9889	280	230	електро	0,0	146881,0	0,0	0,0	40,5	5,5
Торговицький лицей	2899	2752	8256	220	170	газ	0,0	10424,0	12989,3	0,0	44,3	3,8
Чернятинський ЗДО Теремок	1173	1173	4447	90	60	газ	0,0	11665,0	23179,0	0,0	185,6	9,9
Чернятинський лицей	1506	1506	4447	350	280	газ	0,0	6195,0	13198,8	0,0	82,3	4,1
Чортовецький лицей	5368	5137	21322	210	160	дрова	0,0	12002,0	126,0	0,0	0,2	2,3
Ясеновопільнівський лицей	3040	2955	8865	380	300	дрова	0,0	6242,0	0,0	121,2	91,7	2,1
Культура							360,2	57878,8	36,0	0,0		
бібліотека ім. Мартовича	805	790	2582	18		центр	74,1	2857,0	0,0	0,0	109,0	3,6
КЗ Центр культури і мистецтва клуб с.Білка	2379	1485	5198	41		центр	286,1	18573,0	0,0	0,0	224,1	12,5
клуб с.Вербівці	248	20	63	1		електро	0,0	104,0	0,0	0,0	4,6	0,6
клуб с.Виноград	650	56	180	3		електро	0,0	107,0	0,0	0,0	1,7	0,2
клуб с.Вікно	700	58	171	1		електро	0,0	304,0	0,0	0,0	4,6	0,6
клуб с.Воронів	494	494	1580	3		електро	0,0	1243,0	0,0	0,0	2,2	0,3
клуб с.Глушків	226	88	264	1		електро	0,0	110,0	0,0	0,0	1,1	0,2
клуб с.Глушків	256	25	75	2		електро	0,0	452,0	0,0	0,0	15,9	2,2
клуб с.Городниця	338	30	90	3		електро	0,0	200,0	0,0	0,0	5,9	0,8
клуб с.Котиківка	700	57	171	3		електро	0,0	394,0	0,0	0,0	6,1	0,8
клуб с.Лука	380	25	80	1		електро	0,0	245,0	0,0	0,0	8,6	1,2
клуб с.Михальче	3062	50	153	3		електро	0,0	2623,0	0,0	0,0	46,2	6,3
клуб с.Монастирок	326	20	63	2		електро	0,0	100,0	0,0	0,0	4,4	0,6
клуб с.Незвисько	324	40	120	1		електро	0,0	115,0	0,0	0,0	2,5	0,3
клуб с.Новоселівка	116	20	58	1		електро	0,0	100,0	0,0	0,0	4,4	0,6
клуб с.Олієво-Королівка	626	25	75	3		електро	0,0	1035,0	0,0	0,0	36,4	5,0
клуб с.Передівання	116	57	160	1		електро	0,0	106,0	0,0	0,0	1,6	0,2
клуб с.Поточище	1354	34	108	4		електро	0,0	4204,0	0,0	0,0	108,8	14,8
клуб с.Пробабин	118	18	52	1		електро	0,0	100,0	0,0	0,0	4,9	0,7
клуб с.Раковець	840	30	90	2		електро	0,0	208,0	0,0	0,0	6,1	0,8
клуб с.Рашків	760	72	216	3		електро	0,0	201,0	0,0	0,0	2,5	0,3
клуб с.Рогиня	746	42	128	1		електро	0,0	101,0	0,0	0,0	2,1	0,3
клуб с.Росохач	2796	100	320	2		електро	0,0	2603,0	0,0	0,0	22,9	3,1
клуб с.Семаківці	429	50	145	2		електро	0,0	2879,0	0,0	0,0	50,7	6,9
клуб с.Семенівка	551	200	680	3		електро	0,0	701,0	0,0	0,0	3,1	0,4
клуб с.Серафінці	886	42	128	3		електро	0,0	377,0	0,0	0,0	7,9	1,1
клуб с.Стрільче	1600	20	63	3		електро	0,0	330,0	0,0	0,0	14,5	2,0

клуб с.Тишківці	1197	1004	3012	3	електро	0,0	4400,0	0,0	0,0	3,9	0,5
клуб с.Топорівці	1345	69	207	5	електро	0,0	2089,0	0,0	0,0	26,6	3,6
клуб с.Торговиця	1850	57	177	3	електро	0,0	1394,0	0,0	0,0	21,5	2,9
клуб с.Хвалибога	215	20	56	1	електро	0,0	223,0	0,0	0,0	9,8	1,3
клуб с.Чернятин	1108	40	124	4	електро	0,0	313,0	0,0	0,0	6,9	0,9
клуб с.Чортовець	1157	70	217	4	електро	0,0	4991,0	0,0	0,0	62,7	8,6
клуб с.Якубівка	114	15	45	1	електро	0,0	156,0	0,0	0,0	9,2	1,2
клуб с.Ясенів-Пільний	1500	50	155	3	електро	0,0	1111,0	0,0	0,0	19,6	2,7
музей Покуття	345	144	417	3	електро	0,0	2829,8	0,0	0,0	17,3	2,4

Медицина						2107,5	585340,0	17420,1	0,0		
АЗПСМ с.Воронів	300	40	79	3	електро	0,0	6269,0	0,0	0,0	137,9	18,8
АЗПСМ с.Олієво-Королівка	259	162	212	3	електро	0,0	7591,0	0,0	0,0	41,2	5,6
АЗПСМ с.Росохач	340	36	104	6	електро	0,0	13037,0	0,0	0,0	318,7	43,5
АЗПСМ с.Семаківці	200	174	504	4	електро	0,0	1648,0	0,0	0,0	8,3	1,1
АЗПСМ с.Серафінці	73	73	212	4	газ	0,0	1735,0	2098,0	0,0	269,9	23,8
АЗПСМ с.Сороки	199	158	474	3	електро	0,0	26363,0	0,0	0,0	146,8	20,0
АЗПСМ с.Стрільче	200	200	602	3	електро	0,0	9893,0	0,0	0,0	43,5	5,9
АЗПСМ с.Тишківці	496	280	846	5	газ	0,0	3949,0	2396,5	0,0	80,4	14,1
АЗПСМ с.Торговиця	463	463	1386	3	газ	0,0	2242,0	2762,8	0,0	56,0	4,8
АЗПСМ с.Чернятин	132	116	324	5	газ	0,0	5387,0	2683,8	0,0	217,3	46,4
АЗПСМ с.Чортовець	1044	38	114	5	електро	0,0	18057,0	0,0	0,0	418,2	57,0
ФАП с.Михальче	42	30	92	2	газ	0,0	185,0	487,4	0,0	152,5	6,2
ФАП с.Поточище	156	16	44	3	газ	0,0	1726,0	886,6	0,0	520,3	107,9
ФАП с.Рогиня	61	22	72	2	електро	0,0	339,0	0,0	0,0	13,6	1,8
ФАП с.Топорівці	107	107	321	3	газ	0,0	1100,0	1848,4	0,0	162,2	10,3
КНП БЛЛЛ Горodenківської міської ради	13798	13798	52857	939	центр	2107,5	478140,0	0,0	0,0	177,6	34,7
Незвисько адмін будівля	253	28	84	8	газ	0,0	999,0	439,4	0,0	147,4	35,7
Олієво-Королівка адмін будівля	226	27	78	8	газ	0,0	884,0	894,1	0,0	310,9	32,7
Рашків адмін будівля	371	64	190	18	електро	0,0	2614,0	0,0	0,0	35,9	4,9
Росохач адмін будівля	63	63	189	8	газ	0,0	779,0	1598,0	0,0	238,2	12,4
Серафінці адмін будівля	40	40	123	8	газ	0,0	2403,0	1325,2	0,0	311,1	60,1
						0,0	К-ть об'єктів	21,0	Середне		
Комунальні заклади						0,0	28757,0	2673,6	12,5		
КП Горodenкажитл осервіс	298	115	311	32	дрова	0,0	13664,0	0,0	12,5	243,0	118,8
КП Горodenкіське ДВУВКГ	498	259	810	21	газ	0,0	15093,0	2671,6	0,0	96,9	58,3
Адміністративні заклади						222,7	297176,0	44015,2	12,5		
Адмінбудівля віддл проектів міської ради	51	33	107	8	газ	0,0	3631,0	459,0	0,0	130,6	110,0
Адмінбудівля земельний віддл міської ради	124	372	107	10	газ	0,0	2545,0	1623,0	0,0	41,0	6,8
Вербівці адмін будівля	403	80	240	19	газ	0,0	2882,0	938,3	0,0	110,1	36,0
Виноград адмін будівля	383	53	148	22	газ	0,0	2199,0	614,0	0,0	108,8	41,5
Вікно адмінбудівля	393	85	255	8	газ	0,0	2627,0	1451,8	0,0	160,4	30,9

Глушків адмін будівля	89	19	76	7	електро	0,0	5835,0	0,0	0,0	270,3	36,9
Городниця адмін будівля	220	19	55	8	електро	0,0	343,0	0,0	0,0	15,9	2,2
КЗ Дитячо юнацька спортивна школа	2768	2653	10612	180	центр	101,6	11052,0	0,0	0,0	44,6	4,2
КЗ Центр соціального обслуговування	501	447	1252	40	газ	0,0	11329,0	7421,0	0,0	155,9	25,3
Котиківка адмінбудівля	38	38	100	8	газ	0,0	1490,0	1088,0	0,0	268,9	39,2
КП Городенкажитл осервіс	297	115	311	32	дрова	0,0	13664,0	0,0	12,5	243,0	118,8
КП Городенківське ДВУВКГ	198	259	810	21	газ	0,0	15093,0	2671,6	0,0	96,9	58,3
Михальче адмін будівля	119	25	62	8	газ	0,0	1886,0	0,0	0,0	0,0	75,4
Міська рада адмінбудівля центрального офіс	856	664	2417	70	центр	72,0	14933,0	0,0	0,0	126,1	22,5
Міська рада адмінбудівля Шевченка 77	2450	1777	5331	70	центр	23,5	66625,0	0,0	0,0	15,4	37,5
Музична школа	406	327	981	80	центр	25,6	2979,0	0,0	0,0	91,2	9,1
Острівець адмін будівля	109	28	70	10	газ	0,0	338,0	422,0	0,0	141,5	12,1
Поточище адмін будівля	192	30	84	10	газ	0,0	3131,0	859,2	0,0	268,9	104,4
Раковець адмін будівля	100	33	87	10	газ	0,0	1647,0	783,0	0,0	222,8	49,9
Слобідка адмін будівля	104	36	107	7	газ	0,0	1221,0	0,0	0,0	0,0	33,9
Сороки адмін будівля	159	78	234	14	газ	0,0	1963,0	865,0	0,0	104,1	25,2
Лука адмін будівля	615	319	1005	23	газ	0,0	9200,0	5607,9	0,0	165,1	28,8
Нежитлове приміщення соціального призначення	243	243	731	14	електро	0,0	37831,0	0,0	0,0	137,0	18,7
Семаківці адмін будівля	30	30	90	6	електро	0,0	2564,0	0,0	0,0	75,2	10,3
Торговиця адмін будівля	37	37	106	6	електро	0,0	3141,0	0,0	0,0	74,7	10,2
Чернятин адмін будівля	395	45	135	3	газ	0,0	11624,1	1953,4	0,0	407,6	258,3
Ясенев-Пільний адмінбудівля	394	194	564	25	газ	0,0	13965,0	3189,0	0,0	154,4	72,0
Стрільче адмін будівля	504	17	51	9	газ	0,0	396,9	588,5	0,0	325,1	23,3
Трудовий архів	100	100	320	9	газ	0,0	19359,0	3232,0	0,0	303,5	193,6
ЦНАП	618	309	883	60	газ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Вікнянський старостинський округ	393	85	255	8	газ	0,0	2627,0	1451,8	0,0	160,4	30,9
Анкета.doc Луківський старостинський округ	615	319	1005	23	газ	0,0	9200,0	5607,9	0,0	165,1	28,8
Анкета.doc Рашківський старостинський округ	371	64	190	18	електро	0,0	5890,0	0,0	0,0	81,0	11,0
Анкета.doc Ясеновільний старостинський округ	394	194	564	25	газ	0,0	13965,0	3189,0	0,0	154,4	72,0
Анкета.doc											

Додаток Б

Бенчмаркінг секторів громади з відсортованими за порядком спадання даними питомого споживання енергії в розрізі потреб на тепло- та електрозабезпечення

Таблиця Б.1 – Питоме споживання енергії для потреб на теплозабезпечення будівель в секторі освіти

** Зеленим кольором відмічені 25% будівель сектору громади найнижчим споживанням енергії*

Об'єкти	Питоме споживання енергії, кВт/м2	Середнє питоме споживання будівель сектору, кВт/м2	Середнє питоме споживання 25% будівель з найнижчим споживанням у вибірці, кВт/м2
Стрільченська гімназія	2048,07	147,02	30,65
Острівецька гімназія	312,48	147,02	30,65
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка (корпус бібліотеки)	303,49	147,02	30,65
Городенківський ЗДО Зірочка	248,23	147,02	30,65
КЗ Центр дитячої та юнацької творчості	219,38	147,02	30,65
Городенківський ліцей № 2 головний корпус	212,81	147,02	30,65
Городницька гімназія	194,17	147,02	30,65
Виноградський ЗДО Ромашка	186,33	147,02	30,65
Чернятинський ЗДО Теремок	185,55	147,02	30,65
Котиківський ЗДО Барвінок	127,20	147,02	30,65
Городенківський ЗДО Веселка	118,95	147,02	30,65
Росохацький ліцей	111,46	147,02	30,65
Глушківська гімназія	107,02	147,02	30,65
Виноградська гімназія	105,17	147,02	30,65

Поточищенський ліцей	104,28	147,02	30,65
Городенківський ліцей № 2 корпус початкових класів	103,40	147,02	30,65
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка	103,27	147,02	30,65
Семаківська гімназія	101,69	147,02	30,65
Незвиський ліцей	98,94	147,02	30,65
Рашківська гімназія	95,81	147,02	30,65
Семенівська гімназія	92,80	147,02	30,65
Ясеновопільнівський ліцей	91,71	147,02	30,65
Серафинецький ліцей	90,58	147,02	30,65
Слобідська гімназія	82,60	147,02	30,65
Чернятинський ліцей	82,30	147,02	30,65
Олієво-Королівська гімназія	79,53	147,02	30,65
Прикмищенський ЗДО Калинка	75,45	147,02	30,65
Сороківська гімназія	73,03	147,02	30,65
Семаківський ЗДО Колосочок	65,30	147,02	30,65
Стрільченський ЗДО Казка	62,90	147,02	30,65
Михальчівська гімназія	51,20	147,02	30,65
Вікнянська гімназія	49,81	147,02	30,65
Раковецька гімназія	48,56	147,02	30,65
Михальчівська гімназія	48,11	147,02	30,65
Тишківський ліцей	46,97	147,02	30,65
Торговицький ліцей	44,32	147,02	30,65
Луківська гімназія	42,47	147,02	30,65
Топорівський ліцей	40,52	147,02	30,65
Олієво-Королівський ЗДО Сопілочка	32,25	147,02	30,65
Росохацький ЗДО Малятко	14,17	147,02	30,65
Серафинецький ЗДО Журавлик	9,76	147,02	30,65
Поточищенський ЗДО Сонечко	9,74	147,02	30,65
Чортовецький ліцей	0,23	147,02	30,65

Таблиця Б.2 – Питоме споживання енергії для потреб на електрозабезпечення будівель в секторі освіти

** Зеленим кольором відмічені 25% будівель сектору громади найнижчим споживанням енергії*

Об'єкти	Питоме споживання енергії, кВт/м2	Середнє питоме споживання будівель сектору, кВт/м2	Середнє питоме споживання 25% будівель з найнижчим споживанням у вибірці, кВт/м2
Городенківський ЗДО Зірочка	37,61	6,56	1,70
Виноградський ЗДО Ромашка	26,80	6,56	1,70
Котиківський ЗДО Барвінок	15,57	6,56	1,70
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка (корпус бібліотеки)	13,18	6,56	1,70
Городенківський ЗДО Веселка	13,05	6,56	1,70
Семенівська гімназія	11,28	6,56	1,70
Семаківський ЗДО Колосочок	10,76	6,56	1,70
Стрільченський ЗДО Казка	10,04	6,56	1,70
КЗ Центр дитячої та юнацької творчості	10,03	6,56	1,70
Чернятинський ЗДО Теремок	9,94	6,56	1,70
Слобідська гімназія	8,46	6,56	1,70
Городенківський ліцей № 2 головний корпус	8,22	6,56	1,70
Росохацький ЗДО Малятко	6,48	6,56	1,70
Городницька гімназія	6,35	6,56	1,70
Серафинецький ліцей	6,03	6,56	1,70
Топорівський ліцей	5,53	6,56	1,70
Михальчівська гімназія	5,44	6,56	1,70
Глушківська гімназія	4,82	6,56	1,70
Раковецька гімназія	4,73	6,56	1,70
Сороківська гімназія	4,50	6,56	1,70
Олієво-Королівський ЗДО Сопілочка	4,40	6,56	1,70
Семаківська гімназія	4,34	6,56	1,70
Поточищенський ліцей	4,33	6,56	1,70
Городенківський ліцей № 2 корпус початкових класів	4,17	6,56	1,70
Чернятинський ліцей	4,11	6,56	1,70
городенківський ліцей №1 ім.Данилюка	4,05	6,56	1,70
Торговицький ліцей	3,79	6,56	1,70

Прикмищенський ЗДО Калинка	3,55	6,56	1,70
Рашківська гімназія	3,39	6,56	1,70
Олієво-Королівська гімназія	3,13	6,56	1,70
Вікнянська гімназія	2,63	6,56	1,70
Стрільченська гімназія	2,56	6,56	1,70
Чортовецький ліцей	2,34	6,56	1,70
Тишківський ліцей	2,33	6,56	1,70
Росохацький ліцей	2,30	6,56	1,70
Ясеновопільнівський ліцей	2,11	6,56	1,70
Виноградська гімназія	2,01	6,56	1,70
Луківська гімназія	1,61	6,56	1,70
Михальчівська гімназія	1,54	6,56	1,70
Серафинецький ЗДО Журавлик	1,33	6,56	1,70
Поточищенський ЗДО Сонечко	1,33	6,56	1,70
Незвиський ліцей	1,11	6,56	1,70
Острівецька гімназія	0,72	6,56	1,70

Таблиця Б.3 – Питоме споживання енергії для потреб на теплозабезпечення будівель в секторі культури

* Зеленим кольором відмічені 25% будівель сектору громади найнижчим споживанням енергії

Об'єкти	Питоме споживання енергії, кВт/м ²	Середнє питоме споживання будівель сектору, кВт/м ²	Середнє питоме споживання 25% будівель з найнижчим споживанням у вибірці, кВт/м ²
КЗ Центр культури і мистецтва	224,07	24,45	2,30
бібліотека ім. Мартовича	109,03	24,45	2,30
клуб с.Поточище	108,81	24,45	2,30
клуб с.Чортовець	62,74	24,45	2,30
клуб с.Семаківці	50,67	24,45	2,30
клуб с.Михальче	46,16	24,45	2,30
клуб с.Олієво-Королівка	36,43	24,45	2,30
клуб с.Топорівці	26,64	24,45	2,30
клуб с.Росохач	22,91	24,45	2,30
клуб с.Торговиця	21,52	24,45	2,30
клуб с.Ясенів-Пільний	19,55	24,45	2,30
музей Покуття	17,29	24,45	2,30
клуб с.Глушків	15,91	24,45	2,30

клуб с.Стрільче	14,52	24,45	2,30
клуб с.Хвалибога	9,81	24,45	2,30
клуб с.Якубівка	9,15	24,45	2,30
клуб с.Лука	8,62	24,45	2,30
клуб с.Серафинці	7,90	24,45	2,30
клуб с.Чернятин	6,89	24,45	2,30
клуб с.Раковець	6,10	24,45	2,30
клуб с.Котиківка	6,08	24,45	2,30
клуб с.Городниця	5,87	24,45	2,30
клуб с.Пробабин	4,89	24,45	2,30
клуб с.Виноград	4,61	24,45	2,30
клуб с.Білка	4,58	24,45	2,30
клуб с.Монастирок	4,40	24,45	2,30
клуб с.Новоселівка	4,40	24,45	2,30
клуб с.Тишківці	3,86	24,45	2,30
клуб с.Семенівка	3,08	24,45	2,30
клуб с.Незвисько	2,53	24,45	2,30
клуб с.Рашків	2,46	24,45	2,30
клуб с.Вікно	2,21	24,45	2,30
клуб с.Рогиня	2,12	24,45	2,30
клуб с.Вербівці	1,68	24,45	2,30
клуб с.Передівання	1,64	24,45	2,30
клуб с.Воронів	1,10	24,45	2,30

Таблиця Б.4 – Питоме споживання енергії для потреб на електрозабезпечення будівель в секторі культури