

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

КОМП'ЮТЕРНИЙ ЕКО- ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Лабораторний практикум

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Цифрові технології в енергетиці»
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Укладачі: В. Г. Сліпченко, Л. Г. Полягушко, О. Є. Круш

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
2024

УДК 004.415.2:620.9:005](076.5)(075.8)
К63

Укладачі: *Сліпченко Володимир Гергійович*, д-р техн. наук, проф.
Полягушко Любов Григорівна, канд. техн. наук
Круш Ольга Євгенівна

Рецензент *Кузьмініх, В.О.*, канд. техн. наук, доц.,
доцент кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Сегеда, І.В.*, канд. екон. наук, доц.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 28.03.2024 р.)
за поданням вченої ради навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики
(протокол № 7 від 29.01.2024 р.)*

Комп'ютерний еко-енергетичний менеджмент. [Електронний ресурс] : лаб.
К63 практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Цифрові технології в енергетиці» спец. 122 Комп'ютерні науки / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Г. Сліпченко, Л. Г. Полягушко, О. Є. Круш. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 58 с.

Розглянуто основні практичні питання, пов'язані з проектування і розробки систем збору, обробки та аналізу первинної інформації щодо обсягів споживання енергоресурсів підприємством або досліджуванім регіоном (енергоаудит), проведення енергоменеджменту та оцінки впливу енергоресурсів на довкілля. Призначений для студентів, які навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» за освітньою програмою «Цифрові технології в енергетиці» й вивчають дисципліну «Комп'ютерний еко-енергетичний менеджмент».

УДК 004.415.2:620.9:005](076.5)(075.8)

Реєстр. № НП **XX/XX-XXX**. Обсяг **X,X** авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

ЗМІСТ

Зміст	3
Вступ	4
Лабораторна робота № 1 Збір первинної інформації, необхідної для проведення комп'ютерного еко-енергетичного менеджменту	6
Лабораторна робота № 2 Розрахунок енергетичних індикаторів	21
Лабораторна робота № 3 Графічні методи аналізу результатів розрахунків.....	28
Лабораторна робота № 4 Формування набору заходів з енергозбереження та визначення їх ефективності	34
Лабораторна робота № 5 Проведення екологічного аналізу, тобто оцінки впливу на навколишнє середовище.....	46
Перелік посилань	52
Список рекомендованої літератури	54
Додаток А	56

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни «Комп'ютерний еко-енергетичний менеджмент» складено відповідно до освітньо-професійної програми «Цифрових технологій в енергетиці» першого рівня вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Метою дисципліни є опанування студентами методів, алгоритмів та технік з розробки програмного забезпечення для проведення еко-енергетичного менеджменту, а також отримання навичок зі збору, обробки та аналізу первинної інформації щодо обсягів споживання енергоресурсів підприємством або досліджуваним регіоном (енергоаудит) і проведення на основі отриманих даних енергоменеджменту (тобто формування набору заходів, метою яких є підвищення енергоефективності і зниження енерговитрат досліджуваного об'єкту), а також проведення оцінки впливу енергоресурсів на довкілля.

У результаті вивчення дисципліни, зокрема виконання лабораторних робіт, студенти мають отримати знання та розуміння предметної області, практичні основи для проєктування програмного забезпечення для збору, обробки та аналізу енергетичних показників роботи підприємства, проведення оцінки впливу на довкілля.

Також у ході виконання лабораторних робіт студенти отримують наступні уміння:

- розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук,
- використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проєктувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, розробляти та оптимізувати запити до них, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази знань, у тому числі на хмарних сервісах, із застосуванням мов веб-програмування,
- отримати навички участі у командній розробці, погодженні, оформленні і випуску всіх видів програмної документації.

Завдання до лабораторних робіт розроблено на основі результатів наукової роботи з розробки системи комплексного еко–енерго–економічного моніторингу для ефективного прийняття управлінських рішень для забезпечення високої якості життя та здоров'я населення і сталого розвитку району, міста й області.

Лабораторна робота № 1

Тема роботи: Збір первинної інформації, необхідної для проведення комп'ютерного еко-енергетичного менеджменту.

Мета роботи: Отримати практичні навички з обліку, збору даних про структуру, споживання та витрати ресурсів по будівлях, обладнанню чи устаткуванню, створення бази даних для зберігання зібраної інформації.

Теоретичні відомості:

Енергетичний менеджмент – це організаційний процес моніторингу, контролю та оптимізації постачання та використання енергії. Його метою є скорочення витрат на енергію, забезпечення достатнього постачання енергії і надання високоякісних енергетичних послуг таких, як опалення, гаряче водопостачання, освітлення або охолодження у зручний, безпечний та економічно вигідний спосіб з низькими викидами CO₂ [1].

Поява енергоменеджменту стала реакцією на першу загальносвітову енергетичну кризу, яка призвела до різкого зростання цін на енергоносії в Японії, США і країнах Західної Європи. Його основою стало переосмислення економічної поведінки підприємств і поява нових концепцій використання енергоносіїв.

Україна – енергодефіцитна країна, яка покриває власні паливо-енергетичні потреби менш, ніж на 50% за рахунок внутрішнього добування. При цьому енергоспоживання на виробництво умовної одиниці продукції в 2-3 більше, ніж в країнах Євросоюзу або США. Підвищення енергоефективності, впровадження енергозберігаючих маловідходних і безвідходних технологій, введення інтегрованого енергоменеджменту – це основні напрями зміцнення енергетичної незалежності країни.

В свою чергу, енергоменеджмент – це ефективний інструмент підвищення конкурентоспроможності продукції підприємства за рахунок скорочення споживання енергоносіїв і, як наслідок, зниження собівартості готового продукту.

Енергоменеджмент включає в себе:

- створення системи моніторингу енергоспоживання;

- проведення аналізу існуючих показників, результат якого використовується як основа для розробки нових бюджетів;
- розробка енергетичної політики підприємства і енергетичного бюджету;
- планування та впровадження енергозберігаючих заходів, енергоефективних технологій, маловідходного (безвідходного) виробництва, а також проведення контролю за їх використанням;
- розробка і використання ефективних систем, які контролюють обсяги енергоспоживання;
- організація системи інтегрованого економічного і енергетичного менеджменту;
- проведення тренінгів для співробітників підприємства (організації), створення системи, яка стимулюватиме працівників ефективно використовувати ресурси і знижувати енерговитрати.

Впровадження системи енергоменеджменту дозволяє без значних інвестицій протягом 1-2 років знизити енергоспоживання на 3-5%.

У 2011 році Міжнародна організація зі стандартизації прийняла стандарт ISO 50001 «Енергетичний менеджмент» [2].

Його основна мета – надати країнам, підприємствам, муніципалітетам і корпораціям всеосяжне і структуроване керівництво, яке допоможе оптимізувати і забезпечити системне управління процесами споживання енергоресурсів з метою домогтися безперервного зниження енергетичних і фінансових втрат.

Стандарт включає в себе:

- вказівки з використання енергоресурсів, а також вимоги з контролю за дотриманням даних рекомендацій;
- правила ведення документації та розробки звітів і проєктів;
- правила придбання спеціального енергоефективного обладнання;
- вимоги до співробітників, які відповідають за енергоменеджмент і впровадження енергозберігаючих програм та технологій;
- методики вимірювання результатів впровадження

енергоменеджменту та підвищення рівня енергоефективності.

Термін «енергоефективність» [3] передбачає комплекс економічних, організаційних і технологічних заходів, головна мета яких – підвищення ефективності використання енергоресурсів у всіх сферах життєдіяльності людини. Це особлива галузь знань, яка існує на стику економіки, інженерії соціології та юриспруденції.

Енергоефективність в Україні це дуже важливий напрям модернізації енергосистеми. Таке зростання можна пояснити переходом на більш зручне і економічне, порівняно з нафтою чи вугіллям, паливо. Але з іншого боку – Україна споживає в три рази більше енергії для виробництва тепла, а також забезпечення інших комунальних послуг (водопостачання, каналізація тощо), ніж на ці цілі витрачається енергії в країнах Європи.

В цілому, проведення заходів, спрямованих на скорочення енергоспоживання в промисловості, сільському господарстві, сфері послуг, житловому секторі, будівництві та модернізація ТЕС дозволить Україні щорічно заощаджувати в еквіваленті до 30 млрд кубометрів газу.

Вирішення питання – як підвищити енергоефективність – в Україні допоможе розв’язати відразу кілька проблем:

- зниження споживання енергоносіїв автоматично призведе до зниження собівартості продукції, яку виробляють українські підприємства. Це відразу підвищить їх конкурентоспроможність на світовому і внутрішньому ринку. Інвестиції в енергоефективність підприємств дозволять нарощувати і розвивати виробництво, збільшуючи обсяги продукції, що випускається;
- підвищивши енергоефективність будівель, вдасться знизити вартість комунальних послуг і підвищити їх якість;
- зменшення споживання викопних енергоносіїв дозволить знизити викиди парникових газів, тим самим покращивши екологічну обстановку в країні.

Через відсутність достатньої кількості власних енергоносіїв, покращуючи енергоефективність, Україна зможе домогтися енергетичної незалежності, поступово знижуючи обсяги імпорту енергоносіїв. Підрахунки показують, що

комплексне впровадження заходів енергозбереження та енергоефективності в Україні допоможе знизити імпорт газу і нафти мінімум на 45%.

Інвестувати в енергоефективність в Україні – це стратегічне завдання, яке дозволить стати Україні конкурентоспроможною в світовій економіці і знизити соціальну напругу. Цього можна досягти за рахунок впровадження енергоефективних технологій і нової техніки, які дозволяють знизити енергоспоживання.

Ще один підхід – це введення державою спеціальних економічних стимулів і стандартів, спрямованих на скорочення споживання енергії. Найпростіший приклад – це відмова від ламп розжарювання, що мають низький ККД і перехід на світлодіодні джерела світла.

У 2017 році в Україні був прийнятий Закон «Про енергетичну ефективність будівель» [4], в якому визначені правові, організаційні та соціально-економічні напрямки діяльності в сфері зменшення споживання енергії в будівлях. Ним передбачається введення нових національних норм, стандартів і правил, які покликані підвищити енергоефективність будівель. У перспективі – спорудження будівель, які мають рівень енергоспоживання, близький до нуля.

Зазвичай, першим кроком у розбудові системи енергетичного менеджменту є розробка енергетичної політики, яка є відображенням політичної волі та готовності до змін осіб, що приймають управлінські рішення. Енергетична політика формує основу для виділення необхідних ресурсів у формі персоналу, обладнання (лічильники, програмне забезпечення, техніка), інформації та навчання [5].

Після створення основи (політики та цілей) енергетичний менеджмент спрямовується на виконання шести головних завдань, які направлені на забезпечення ефективної організації процесу контролю за раціональним споживанням енергоресурсів:

1. Організація – створення підрозділу з енергетичного менеджменту, визначення функцій, організація та контроль діяльності залучених підрозділів організації.

2. Моніторинг – облік, збір даних про структуру, споживання та

витрати по будівлях, обладнанню чи устаткуванню, створення бази даних, розрахунок показників ефективності.

3. Аудит – детальний аналіз стану будівель, інженерних систем, обладнання та устаткування, визначення потенціалу економії, розробка енергетичного плану дій.

4. Впровадження заходів – організаційні питання, інформування, технічне обслуговування та ремонт, заходи з енергозбереження та реновації/модернізації будівель, інженерних систем, обладнання та устаткування.

5. Контроль – перевірка енергоефективності, довгострокові прогнози енергетичного споживання та порівняння з даними обліку, економічної ефективності впроваджених заходів.

6. Звітність – представлення фактів і цифр стосовно енергоспоживання, витрат і заходів керівництву організації та іншим зацікавленим особам.

Збір даних проводиться по таким показникам [6]:

1. Обсяги споживання електроенергії (кВт·год) / Витрати на електроенергію (грн.);

2. Обсяги виробництва електроенергії (кВт·год) / Витрати на виробництво електроенергію (грн.);

3. Обсяги виробництва теплової енергії на продаж (або власні потреби) (Гкал) / Обсяги продажів (виробництва для власних потреб) теплової енергії (грн.);

4. Обсяги споживання теплової енергії (Гкал) / Витрати на теплову енергію на власні потреби (грн.);

5. Обсяги споживання газу (тис. м³) / Витрати на газ (грн.);

6. Обсяги споживання води (тис. м³) / Витрати на воду (грн.);

7. Обсяги споживання вугілля (тон) / Витрати на вугілля (грн.);

8. Обсяги споживання мазуту (тон) / Витрати на мазут (грн.);

9. Обсяги споживання дизельного палива (тон) / Витрати на дизельне паливо (грн.);

10. Обсяги споживання бензину (тон) / Витрати на бензин (грн.);

11. Обсяги споживання мастильних матеріалів (тон) / Витрати на мастильні матеріали (грн.);
12. Обсяги водовідведення (тис. м³) / Витрати на водовідведення (грн.);
13. Обсяги твердих побутових відходів (тис. м³ / тон) / Витрати на утилізацію твердих побутових відходів (грн.);
14. Температура довкілля (°C);
15. Обсяги виробництва продукції та послуг (грн. з ПДВ).

Важливо! Обсяги споживання ресурсу вводяться на основі інформації від підприємства, а відповідні витрати обраховуються за формулою:

$$\text{Витрати на ресурс} = \text{Обсяги споживання ресурсу} * \text{Тариф}$$

де Тариф – це вартість споживання одиниці ресурсу у гривнях і його значення залежить від ресурсу.

Приклад таблиці споживання електроенергії за місяць (тис. кВт·год) за період 2013...2022 рр. подано у таблиці 1.1. Місяці, в які не було споживання позначаються порожньою коміркою.

Таблиця 1.1 - Сумарне за місяць споживання електроенергії на підприємстві (тис. кВт·год) за період 2013...2022 рр.

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
2013	58542,1	58442,1	28042,1	18942,1	37542,1	58123,1	57502,1	14542,1	26542,1	56442,1	50592,1	50549,1
2014	68974,2	58974,3	68274,0	18374,2	48470,2	64904,4	38074,2	41974,2	56974,4	89074,5	18974,2	
2015	42350,0	59841,9	48550,0	41850,8	42050,3	42460,1	42650,0	42350,7	42350,4	51300,0	38350,6	42050,0
2016	32148,3	42350,0	32748,3	31048,2	32157,0	32564,6	34548,3	35670,0	25486,8	23485,1	14756,5	32158,3
2017	48741,5	59741,5	61235,4		50641,5	6141,5	47840,2	50841,5	14741,5	27713,5	35497,5	49481,0
2018	35408,0	35408,0	34548,3	41235,4	35408,0			18374,2	35408,0	41850,8	35408,0	35408,0
2019	61235,4	60535,4		61745,4	41235,4	61295,4	38895,4	61235,4	61025,4	60485,4	67605,4	61135,4
2020	59841,9	32148,3	50841,9	59841,9	32564,6	59841,9	541,9	45684,5	59841,9	54891,0	58491,9	58901,9
2021	48796,5	48796,5		1250,5	18796,5	8796,5	6796,5	1596,5	8796,5	5796,5	4796,5	
2022	25236,2	46256,2	21236,2	34236,2	45123,2	61036,2	15236,2	27236,2	9236,2	45236,2	45236,2	45236,2

Як зазначалось вище, моніторинг передбачає докладний план споживання за всіма будівлями, цехами або іншими структурними підрозділами підприємства. Тому, для кожної досліджуваної структурної одиниці досліджуваного об'єкту має бути заповнена таблиця 1.1.

На практиці це означає, що, наприклад, для одного підприємства, яке має

3 структурні підрозділи і споживає воду, електроенергію та теплову енергію (всього 3 ресурси у кожному підрозділі), необхідно скласти $4 \times 3 = 12$ таблиць з даними по витратам. У цій формулі 4 – це три підрозділи + зведена таблиця з сумарними витратами по всьому підприємству (формується на основі даних з кожного структурного підрозділу), а 3 – це три ресурси, які споживає підприємство.

При розробці комп'ютерних програм для проведення еко-енергетичного менеджменту важливо організувати базу даних так, щоб максимізувати можливості збереження різних конфігурацій досліджуваного об'єкту.

Так, для збереження ієрархічної структури досліджуваного об'єкту необхідно у таблиці «Підприємство» передбачити поле для визначення елемента верхнього рівня. Тоді таблиця буде мати таку будову як показано на рисунку 1.1.

Підприємство	
РК	<u>код структурної одиниці</u>
	Назва структурної одиниці
	Тип структурної одиниці
	Код верхнього рівня

Рисунок 1.1 – Структура таблиці «Підприємство»

Для наочності розглянемо як за допомогою такої структури описати реальне підприємство. Для прикладу будемо описувати підприємство ТОВ ЄВРО КОМЕРС. Це підприємство відноситься до категорії «Виробництво м'яса» і, оскільки займається гуртовою торгівлею, має мінімум 6 структурних підрозділів, а саме: Головний офіс, Бухгалтерський відділ, Відділ кадрів, Відділ продаж, Головний склад, Обробний цех. Головний склад та Обробний цех підпорядковуються Відділу продаж.

У таблиці 1.2 подано опис цього підприємства відповідно до структури таблиці «Підприємство», яка описана вище.

Таблиця 1.2 – Опис ієрархічної структури ТОВ ЄВРО КОМЕРС в межах однієї таблиці бази даних

Код структурної одиниці	Назва структурної одиниці	Тип структурної одиниці	Код верхнього рівня
1	ТОВ ЄВРО КОМЕРС	Підприємство	0
2	Головний офіс	Підрозділ	1
3	Бухгалтерський відділ	Підрозділ	1
4	Відділ кадрів	Підрозділ	1
5	Відділ продаж	Підрозділ	1
6	Головний склад	Підрозділ	5
7	Обробний цех	Підрозділ	5

Як зазначалось вище для проведення енергомоніторингу всі структурні підрозділи подають інформацію про обсяги споживання ресурсів, при цьому набір ресурсів може варіюватись залежно від сфери діяльності підрозділу. Наприклад, на підприємстві ТОВ ЄВРО КОМЕРС, структура якого представлена у таблиці 1.2, шість структурних підрозділів (загальну інформацію про підприємство взято з сайту www.ua-region.com.ua і на її основі була побудована приблизна структура підприємства). Якщо головний офіс, бухгалтерський відділ та відділ кадрів знаходяться в одній будівлі та мають один набір лічильників, то аналізувати ці структурні підрозділи необхідно як єдине ціле.

Очевидно, що всі підрозділи споживають електроенергію та теплову енергію, а якщо будівлі оснащені санвузлами, то ще й холодну воду. Також, всі підрозділи мають певні обсяги, які можуть вивозитись централізовано (якщо всі підрозділи знаходяться поруч), або кожен підрозділ/будівля платять за вивезення твердих побутових відходів окремо. У разі централізованого вивезення відходів головний офіс буде вести їх облік, а інакше кожен підрозділ окремо веде облік обсягів твердих побутових відходів.

Головний склад та обробний цех додатково можуть споживати бензин або

інше паливо, якщо при їх роботі використовується техніка, яка споживає паливо.

Також важливо врахувати, що на кожен ресурс встановлений різний тариф і навіть різні структурні підрозділи можуть мати різні тарифи на однакові ресурси.

Виходячи з усього вищесказаного для збереження інформації про споживання енергоресурсів (тобто для проведення енергомоніторингу) доцільно використовувати набір таблиць, представлений на рисунку 1.2.

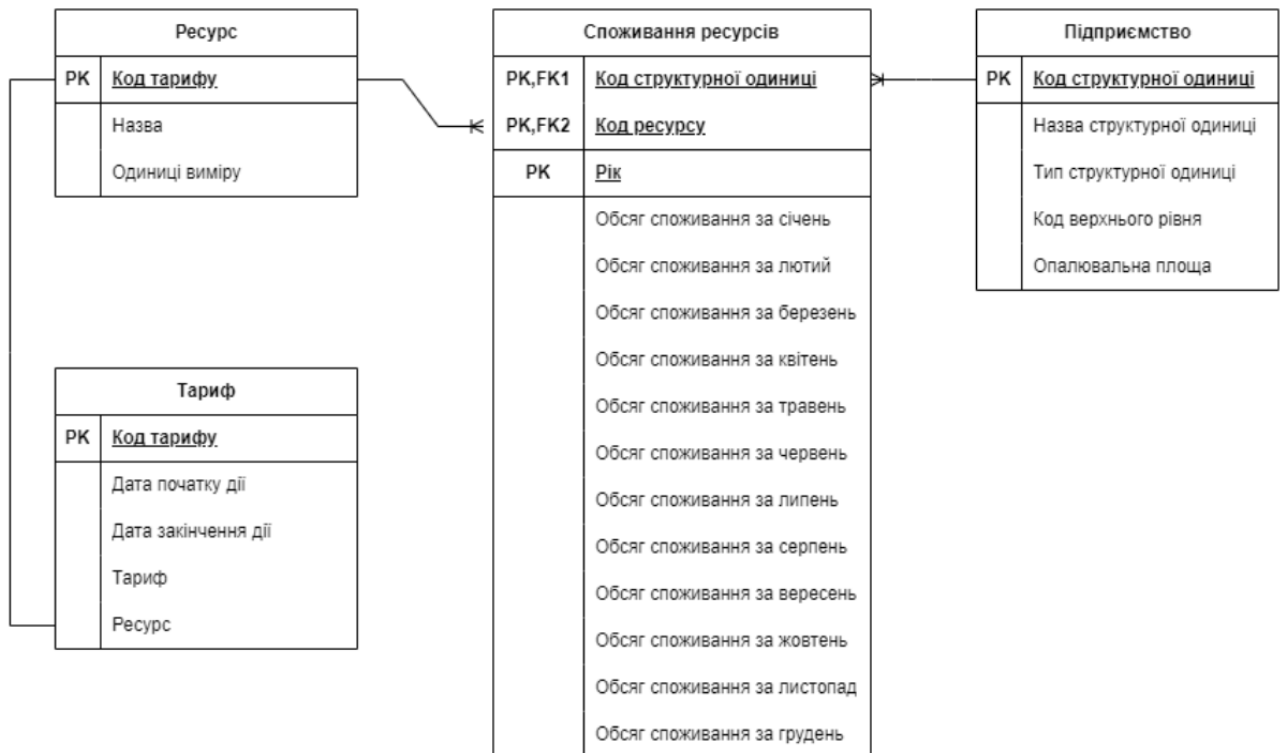


Рисунок 1.2 – Структура бази даних для збереження обсягів споживання ресурсів на підприємстві

Представлена структура є універсальною і дозволяє вести облік споживання *різних* ресурсів *різними* структурними підрозділами підприємства.

Таблиці «Ресурс» та «Тариф» призначені для збереження набору ресурсів та тарифів на ресурси і відносяться до категорії довідникових таблиць. Таблиця «Споживання ресурсу» містить основну інформацію для впровадження енергоменеджменту. Саме цю таблицю бази даних наповнюють інформацією, структура якої представлена у таблиці 1.1.

Розглянемо приклад заповнення таблиць даними.

У таблиці 1.3 подано опис підприємства ТОВ ЄВРО КОМЕРС з корекцією структурних підрозділів відповідно до інформації про особливості споживання ресурсів підрозділами.

Таблиця 1.3 – Відкоригована структура ТОВ ЄВРО КОМЕРС

Код структурної одиниці	Назва структурної одиниці	Тип структурної одиниці	Код верхнього рівня
1	ТОВ ЄВРО КОМЕРС	Підприємство	0
2	Головний офісний комплекс	Підрозділ	1
3	Відділ продаж	Підрозділ	1
4	Головний склад	Підрозділ	5
5	Обробний цех	Підрозділ	5

У таблицях 1.4 та 1.5 показано як можуть виглядати таблиці «Ресурси» та «Тариф» для нашого прикладу, враховуючи різні тарифи для однакових ресурсів (тарифи вказані у гривнях). У таблиці 1.5 тарифи та терміни дії тарифів вказані абстрактні, оскільки в різні періоди і у різних регіонах тарифи можуть бути різними.

Таблиця 1.4 – Таблиця «Ресурси»

Код ресурсу	Назва	Одиниці виміру
1	електроенергія	кВт·год
2	теплова енергія	Гкал
3	холодна вода	тис. м ³
4	дизельне паливо	тон
5	бензин	тон
6	мастильні матеріали	тон
7	тверді побутові відходи	тис. м ³ / тон

Таблиця 1.5 – Таблиця «Тарифи»

Код тарифу	Дата початку дії	Дата закінчення дії	Тариф	Ресурс
1	1.03.2018	31.05.2023	1,68	1
2	1.06.2023	31.12.2023	2,64	1
3	1.10.2018	30.04.2023	1400,88	2
4	1.03.2018	31.12.2023	30384,00	3
5	1.03.2018	31.12.2023	43270,00	4
6	1.03.2018	31.12.2023	47540,00	5
7	1.03.2018	31.12.2023	32480,00	6
8	1.03.2018	31.12.2023	755,84	7

У таблиці 1.6 представлено приклад заповнення таблиці «Споживання ресурсів» для підрозділу «Головний офісний комплекс» інформацією про споживання електроенергії (код ресурсу 1) за 10 років. Місяці, в які не було споживання позначаються нулем.

Таблиця 1.6 – Приклад заповнення таблиці «Споживання ресурсів»

Код структурної одиниці	Код ресурсу	Рік	Січень	Лютий	Березень	Квітень	...	Жовтень	Листопад	Грудень
2	1	2014	68974,2	58974,3	68274,0	18374,2		89074,5	18974,2	0
2	1	2015	42350,0	59841,9	48550,0	41850,8		51300,0	38350,6	42050,0
2	1	2016	32148,3	42350,0	32748,3	31048,2		23485,1	14756,5	32158,3
2	1	2017	48741,5	59741,5	61235,4	0		27713,5	35497,5	49481,0
2	1	2018	35408,0	35408,0	34548,3	41235,4		41850,8	35408,0	35408,0
2	1	2019	61235,4	60535,4	0	61745,4		60485,4	67605,4	61135,4
2	1	2020	59841,9	32148,3	50841,9	59841,9		54891,0	58491,9	58901,9
2	1	2021	48796,5	48796,5	0	1250,5		5796,5	4796,5	0
2	1	2022	25236,2	46256,2	21236,2	34236,2		45236,2	45236,2	45236,2

Для обрахунку витрат на ресурс необхідно обсяги поживання помножити на тариф, але важливо враховувати той факт, що тариф має свій період дії. У представленому прикладі у таблиці 1.5 тариф на електроенергію змінюється не на початку року, тому в межах одного року обсяги споживання за різні місяці множаться на різні тарифи.

Послідовність виконання роботи

Попередня підготовка

1. Обрати підприємство з онлайн каталогу підприємств України і описати його структуру (див. таблицю 1.2). Інформацію можна брати з сайтів www.ua-region.com.ua, www.44.ua, <https://business-guide.com.ua/> та подібних.
2. Сформуванати енергетичний паспорт підприємства, тобто сформуванати набір ресурсів, які споживає кожен структурний підрозділ та зібрати інформацію про споживання за останні 10 років. Для виконання лабораторної роботи не потрібно шукати реальні дані, яких немає у загальному доступі, а можна визначити приблизні межі для різних ресурсів, виходячи з роду діяльності підприємства та його структурних підрозділів. Ці межі будуть використані у програмі для генерації обсягів споживання.

Хід роботи

1. Створити базу даних для збереження даних про структуру, споживання та витрати ресурсів по будівлях, обладнанню чи устаткуванню.
2. Розробити програму для інвентаризації структурних одиниць досліджуваного підприємства або регіону та внесення даних по споживанню/витратам ресурсів.
3. За допомогою розробленої програми провести інвентаризацію структурних одиниць досліджуваного підприємства або регіону.
4. Передбачити автоматичне заповнення обсягів споживання ресурсів по кожному структурному підрозділу підприємства (за допомогою генерації випадкового числа у визначених на етапі підготовки межах), а також функцію ручного введення даних для корекції обсягів споживання ресурсів. Обов'язково згенерувати або заповнити інформацію про обсяги виробництва продукції мінімум для одного структурного підрозділу.
5. Зібрану інформацію виводити на екран у вигляді таблиці, формат якої збігається з форматом таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Первинна інформація щодо обсягів споживання електроенергії, газу, мазуту, теплової енергії, паливо-мастильних матеріалів, вугілля, води, водовідведення, твердих побутових відходів та обсягів виробництва продукції (у грошовому еквіваленті), електроенергії, теплової енергії, газу, води тощо для території, міста, основних підприємств за рік

Рік	Ресурс	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Усього за рік	
2023	Споживання електроенергії														
	Витрати на електроенергію														
	Виробництво електроенергії														
	Витрати на виробництво електроенергію														
	Споживання теплової енергії														
	Витрати на теплову енергію														
	Виробництво теплової енергії (продаж)														
	Обсяги продажів теплової енергії														
	Споживання газу														
	Витрати на газ														
	Споживання води														
	Витрати на воду														
	Обсяги водовідведення														
	Витрати на водовідведення														
	Споживання вугілля														
	Витрати на вугілля														
	Споживання мазуту														
	Витрати на мазут														
	Споживання дизельного палива														
	Витрати на дизельне паливо														
Споживання бензину															
Витрати на бензин															

Рік	Ресурс	Сі че нь	Л ю т и й	Бере з е нь	К в і т е н ь	Трав е нь	Чер в е нь	Л и п е н ь	Серп е нь	Верес е нь	Жов т е нь	Листо пад	Груде нь	Усього за рік
	Споживання мастильних матеріалів													
	Витрати на мастильні матеріали													
	Обсяги твердих побутових відходів													
	Витрати на утилізацію твердих побутових відходів													
	Температура довкілля													
	Обсяги виробництва продукції та послуг													

6. Таблиць має бути стільки, скільки структурних підрозділів + зведена для підприємства. Отже у результаті будемо мати зведену таблицю по споживанню всіх ресурсів для підприємства загалом та для кожного підрозділу окремо.

7. Відобразити необхідно таблиці споживання ресурсів та відповідні таблиці грошових витрат у гривнях по кожному ресурсу. Обрахунок витрат необхідно вести враховуючи період дії тарифу на ресурс.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити: короткі теоретичні відомості, паспорт обраного підприємства (тобто назва, адреса, сфера діяльності, структурні підрозділи), список ресурсів, які споживаються по підрозділам, таблиці з первинною інформацією про обсяги споживання ресурсів за 10 років; структура розробленої бази даних; опис виконання відповідних пунктів ходу роботи (скріншоти роботи програми); відповіді на контрольні запитання та висновки.

Контрольні запитання до лабораторної роботи №1

1. Дайте визначення поняттю еко-енергетичного менеджменту.
2. З яких показників складається первинна інформація для еко-енергетичного менеджменту?

3. Як впливає на якість аналізу даних період, за який доступна інформація?
4. Опишіть механізм збору первинної інформації для еко-енергетичного менеджменту.
5. В якому вигляді може бути представлена первинна інформація, необхідна для проведення еко-енергетичного менеджменту?

Лабораторна робота № 2

Тема роботи: Розрахунок енергетичних індикаторів

Мета роботи: проведення розрахунків енергетичних індикаторів використання ресурсів по кожній досліджуваній структурній одиниці досліджуваного об'єкту та додавання таблиць до бази даних для збереження інформації про результати розрахунків.

Теоретичні відомості:

У ході регулярних оцінок енергоспоживання виконується аналіз інформації щодо поточного стану устаткування, систем і процесів, пов'язаних із купівлею енергії (тобто енергоресурсів), її використанням і збереженням. Одержувані дані повинні використовуватися, щоб оцінити енергоефективність щодо поставлених організацією енергетичних цілей, показників і енергобазису, використовуючи так звані «ключові індикатори ефективності» (key performance indicator, KPI).

Такий індикатор – це якийсь індекс, який зв'язує обсяги витрати енергії або її вартості із результатами діяльності організації, тобто є свого роду заходом енергоінтенсивності організаційних операцій. Найпростіший приклад індикатора: витрата енергії на приміщення [7].

Згідно стандарту ДСТУ ISO 50001:2020 показник (індикатор) енергоефективності – це кількісно визначений показник чи міра вимірювання енергетичної результативності, що їх визначає організація. Показники енергетичної ефективності може бути представлено просто метричною одиницею, співвідношенням або у вигляді моделі, залежно від характеру діяльності, що підлягає вимірюванню [2].

Одним з варіантів індикаторів ефективності є визначення усереднених обсягів споживання енергоресурсів та витрат на них, а також коефіцієнту нерівномірності.

Для обрахунку середньодобового за місяць споживання та середньорічного споживання необхідно порахувати кількість днів роботи підприємства (структурної складової) для кожного місяця та за рік. Обрахунок здійснюється за формулами:

$$P = \frac{data_{m1}}{day_{m1}},$$

day_{m1} – кількість днів роботи на місяць підприємства

$$P_{year} = \frac{\sum_i^n P}{n},$$

i – місяць, n – кількість місяців, рахуємо тільки не порожні місяці, тобто коли підприємство працювало

Для кожного місяця обсяги використаних ресурсів поділити на кількість відпрацьованих днів.

У результаті будемо мати таблицю представлену на рисунку 2.1. Для зручності перегляду таблиця розбита на дві частини.

Відділ № 1																		
Споживання електроенергії, тис. кВт-год																		
	Січень	Робочі дні	середньо добове	Лютий	Робочі дні	середньо добове	Березень	Робочі дні	середньо добове	Квітень	Робочі дні	середньо добове	Травень	Робочі дні	середньо добове	Червень	Робочі дні	середньо добове
2012	58542,1	18	3252,3389	58442,1	21	2782,957	28042,1	5	5608,42	18942,1	22	861,0045	37542	17	2208,35882	58123,1	23	2527,0913
2013	68974,2	18	3831,9	58974,3	21	2808,3	68274	15	4551,6	18374,2	22	835,1909	48470	17	2851,18824	64904,4	23	2821,93043
2014	42350	18	2352,7778	59841,9	21	2849,614	48550	20	2427,5	41850,8	22	1902,309	42050	17	2473,54708	42460,1	23	1846,0913
2015	32148,3	18	1788,0167	42350	21	2016,667	32748,3	18	1819,35	31048,2	22	1411,282	32157	17	1891,58824	32564,6	23	1415,85217
2016	48741,5	18	2707,8611	59741,5	21	2844,833	61235,4	15	4082,36				50642	17	2978,91178	6141,5	23	267,021739
2017	35408	18	1967,1111	35408	21	1686,095	34548,3	21	1645,157	41235,4	22	1874,336	35408	17	2082,82353			
2018	61235,4	18	3401,9667	60535,4	21	2882,638				61745,4	22	2808,609	41235	17	2425,61178	61295,4	23	2665,01739
2019	59841,9	10	5984,19	32148,3	21	1530,871	50841,9	20	2542,095	59841,9	22	2720,086	32565	17	1915,56471	59841,9	23	2801,82174
2020	48796,5	18	2710,9167	48796,5	21	2323,643				1250,5	22	56,84091	18797	17	1105,67647	8796,5	23	382,456522
2021	25238,2	23	1097,2261	46258,2	21	2202,676	21238,2	21	1011,248	34238,2	22	1566,191	45123	17	2854,30588	61038,2	23	2653,74783

	Липень	Робочі дні	середньо добове	Серпень	Робочі дні	середньо добове	Вересень	Робочі дні	середньо добове	Жовтень	Робочі дні	середньо добове	Листопад	Робочі дні	середньо добове	Грудень	Робочі дні	середньо добове
10	57502	21	2738,19524	14542,1	19	765,373684	26542,1	21	1263,90952	56442,1	20	2822,105	50592,1	22	2299,84091	50549,1	19	2680,47895
3	38074	21	1813,05714	41974,2	19	2209,16842	56974,4	21	2713,06667	89074,5	20	4453,725	18974,2	22	862,483636			
	42650	21	2030,95238	42350,7	19	2228,98421	42350,4	21	2016,88571	51300	20	2565	38350,6	22	1743,20909	42050	19	2213,15789
7	34548	21	1645,15714	35670	19	1877,36842	25488,8	21	1213,85714	23485,1	20	1174,255	14756,5	22	670,75	32158,3	19	1692,54211
9	47840	21	2278,10476	50841,5	19	2675,86842	14741,5	21	701,97619	27713,5	20	1385,675	35497,5	22	1613,52273	49481	19	2604,26316
				18374,2	19	967,063158	35408	21	1688,09524	41850,8	20	2092,54	35408	22	1809,45455	35408	19	1883,57895
9	38896	21	1852,1619	61235,4	19	3222,91579	61025,4	21	2905,97143	60485,4	20	3024,27	67805,4	22	3072,97273	61135,4	19	3217,85283
4	541,9	21	25,8047619	45684,5	19	2404,44737	59841,9	21	2849,61429	54891	20	2744,55	58491,9	22	2658,72273	58901,9	19	3100,1
2	6796,5	21	323,642857	1596,5	19	84,0283158	8796,5	21	418,880952	5796,5	20	289,825	4796,5	22	218,022727			
3	15236	21	725,533333	27236,2	19	1433,48421	9236,2	21	439,819048	45236,2	20	2261,81	45236,2	22	2056,19091	45236,2	19	2380,85263

Рисунок 2.1 – Обсяги середньодобового за місяць споживання ресурсу

Користуючись отриманим набором даних необхідно:

- зазначити місяці, в яких мало місце максимальне та мінімальне середньодобове споживання для кожного року;

- зазначити роки і місяці, коли не було значень, тобто були перерви в роботі, або не було даних (відсутня інформація);
- зазначити місяць і рік, в які було максимальне середньодобове споживання;
- визначити нерівномірність впродовж року. Максимальне середньодобове значення ділити на мінімальне середньодобове значення. Для років коли не було роботи (відсутня інформація) ділити слід на найменше з відомих значень, при цьому слід зазначити, на який саме місяць ділимо.

Важливо також врахувати той факт, що обраховуючи мінімальне споживання ресурсу ми не враховуємо 0, тобто він не є мінімальним значенням.

Для визначення середньодобового значення по роках ми не враховуємо місяці, в яких не було споживання ресурсу. Тоді формула буде мати такий вигляд: *сума всіх ненульових середньодобових рівнів споживання поділена на кількість місяців, в які споживання було.*

Виходить, що якщо один місяць у році не було споживання ресурсів, то він не входить у середній показник за рік і суму по місяцям ми ділимо не на 12, а на 11 робочих місяців.

Для представленої вище таблиці будемо мати такі обраховані показники:

сер за рік	мін		макс		коэф нерівномірності
	знач	місяць	знач	місяць	
2482,489501	765,37368	8	5608,42	3	7,327689
2704,690041	835,19091	4	4551,6	3	5,449772
2220,819067	1743,2091	11	2849,6143	2	1,634694
1551,207114	670,75	11	2016,6667	2	3,006585
2194,581655	267,02174	6	4082,36	3	15,28849
1747,425527	967,06316	8	2092,54	10	2,163809
2861,617045	1852,1619	7	3401,9667	1	1,836754
2589,822365	25,804762	7	5984,19	1	231,9025
719,448298	56,840909	4	2710,9167	1	47,69306
1706,090387	439,81905	9	2654,3059	3	6,034995

Для аналізу енергоефективності будівлі використовується індикатор питомого енергоспоживання для опалення, кондиціонування та освітлення.

Індикатор обраховується щомісячно і щорічно за такою формулою:

Питоме енергоспоживання = Обсяги споживання ресурсу / опалювальна площа (або освітлювальна площа)

Питоме енергоспоживання розраховується для таких ресурсів як опалення та електроенергія (у випадку, якщо електроенергія використовується лише для опалення, освітлення або кондиціювання) [9].

Наприклад, якщо 10841 кВт*год - це обсяги споживання електроенергії за місяць для опалення будівлі площею 2300 м², то питоме енергоспоживання буде дорівнювати 4,7 кВт*год/м² місяць.

При цьому важливо мати інформацію про середньодобову температуру всередині приміщення та за його межами, оскільки індикатор питомого енергоспоживання без прив'язки до температурного режиму не дає повної картини енергоефективності. У системах опалення приміщень за такий параметр часто вибирають показник кількості градусо-днів, який визначають за формулою:

$$D = (T_0 - T_{cp})K$$

де $T_0 = 15,5$ °С – базове значення середньодобової зовнішньої (за межами приміщення) температури повітря;

T_{cp} – середньодобова зовнішня температура;

K – кількість днів, протягом яких спостерігалася встановлена різниця температур ($T_0 - T_{cp}$).

Середньодобова зовнішня температура розраховується за такою формулою:

$$T_{cp} = (T_{max} + T_{min}) / 2 .$$

Вважають, що при базовому значенні середньодобової зовнішньої температури (15,5 °С) приміщення можна не опалювати. Прийнятне для роботи персоналу в приміщенні значення температури підтримується без додаткових джерел тепла.

Кількість градусо-днів може розраховуватися для різних періодів часу (тиждень, місяць). Таблиця 2.1 ілюструє приклад розрахунку градусо-днів за тиждень [12].

Таблиця 2.1 - Розрахунок кількості градусо-днів за тиждень

День	T max °C	Tmin °C	Tcp °C	D °C
Понеділок	8,5	6,5	7,5	8,0
Вівторок	7,5	6,5	7,0	8,5
Середа	8	6	7,0	8,5
Четвер	5,5	7	6,25	9,25
П'ятниця	5	7	6,0	9,5
Субота	6	7,5	6,75	8,75
Неділя	6,5	7,5	7,0	8,5
Всього за тиждень				61

Для якісної оцінки використання води у місцях загального користування, таких як туалет або душ можна використовувати питоме споживання води на одну людину.

У системі оцінки рівня енергетичної безпеки підприємства також виділяють такі індикатори:

- індикатор питомої енергоємності продукції (відношення кількості витраченої енергії до кількості виробленої продукції);
- індикатор енергетичної складової у витратах (частка витрат на енергоресурси в загальній сумі витрат підприємства);
- індикатор власної генерації (частка власної генерації та другорядних джерел в загальному об'ємі енергоспоживання);
- індикатор питомих викидів CO₂ на одиницю продукції (відношення викидів CO₂ до загальної кількості виробленої продукції) [8].

Для збереження інформації, яка необхідна для розрахунку вищенаведених індикаторів, необхідно передбачити додаткові поля та таблиці у базі даних, структура якої представлена на рисунку 1.2. Так, необхідно у таблицю з описом структурних підрозділів додати поле «Опалювальна площа». Це поле буде заповнюватись лише у випадку, якщо підрозділ має свої власні лічильники для енергоресурсів, що витрачаються на опалення, кондиціонування та освітлення. Якщо декілька підрозділів знаходяться у одній будівлі та мають спільний лічильник, то доцільно аналізувати опалення будівлі як окрему структурну

одиницю, а підрозділи аналізувати по іншим ресурсам.

Таблицю «Споживання ресурсів» необхідно доповнити даними про «Обсяги виробництва електроенергії (кВт·год)» та «Обсяги виробництва теплової енергії на продаж (або власні потреби) (Гкал)» (див. перелік ресурсів у інструкції до лабораторної роботи № 1, у переліку це 2 та 3 пункти). А для обчислення витрат на виробництво електроенергії та обсягів продажів (виробництва для власних потреб) теплової енергії, необхідно додати відповідні тарифи у таблицю «Тариф».

Також необхідно додати до бази даних таблицю з інформацією про загальні витрати підприємства або структурного підрозділу помісячно для розрахунку індикатору енергетичної складової у витратах, таблицю для ведення обліку викидів CO₂, таблицю для зберігання даних про середньомісячне значення температури всередині приміщення та за його межами, таблицю для обліку об'ємів власної генерації та другорядних джерел ресурсів.

Оновлена база даних буде мати вигляд, представлений на рисунку 2.2.

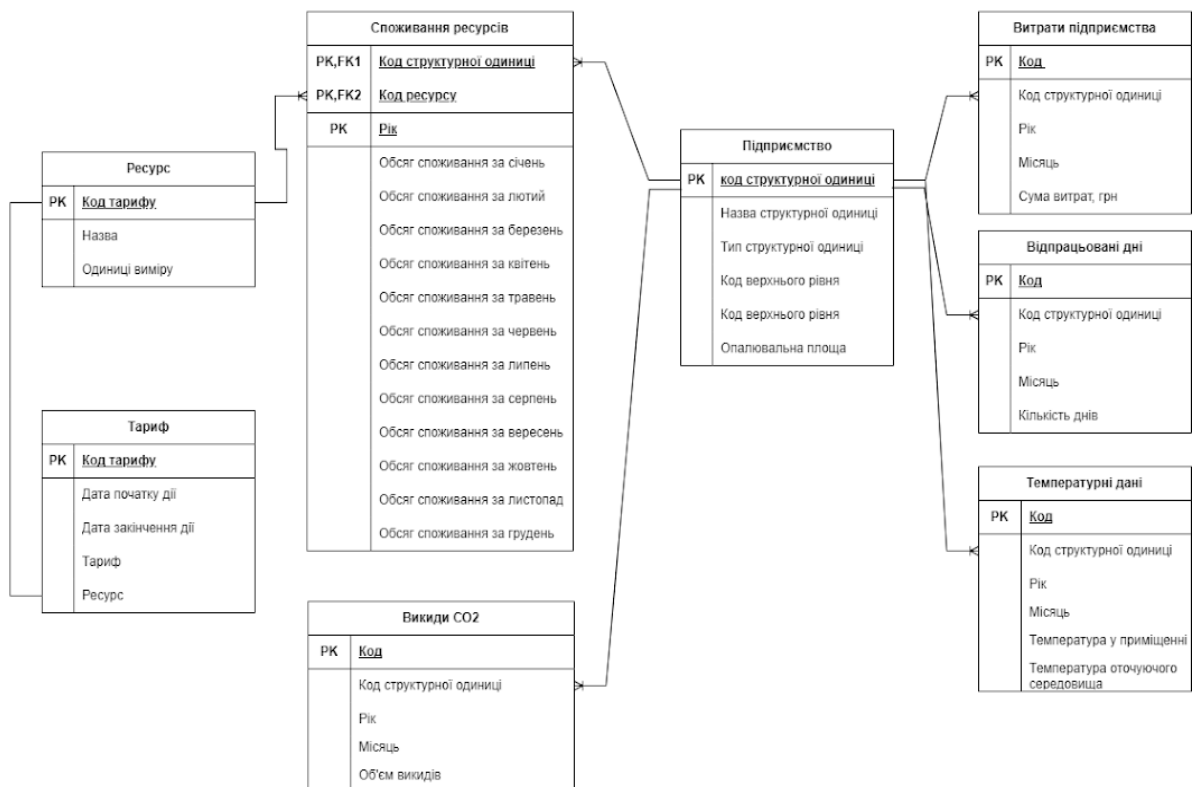


Рисунок 2.2 – Оновлена структура бази даних для проведення енергомоніторингу

Хід роботи:

1. Провести модифікацію бази даних так, щоб зберігати дані, необхідні для розрахунків енергетичних індикаторів. Приклад модифікації представлено на рисунку 2.2.
2. Провести розрахунки середньодобового за місяць споживання та середньорічного споживання для кожного структурного підрозділу для кожного ресурсу для кожного місяця року. Визначити максимальні та мінімальні показники, коефіцієнт нерівномірності протягом року.
3. Для аналізу енергоефективності будівель обчислити індикатор питомого енергоспоживання для опалення, кондиціонування та освітлення.
4. Обчислити індикатор питомої енергоємності продукції, індикатор енергетичної складової у витратах, індикатор власної генерації.
5. Для аналізу впливу на довкілля обчислити індикатор питомих викидів CO₂ на одиницю продукції.
6. Розраховані дані виводити на екран у вигляді окремих таблиць та сервісних повідомлень.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити: короткі теоретичні відомості, таблиці з обрахованими показниками та введеними даними, необхідними для розрахунків енергетичних індикаторів; опис виконання відповідних пунктів ходу роботи (скріншоти роботи програми); відповіді на контрольні запитання та висновки.

Контрольні запитання до лабораторної роботи №2

1. Як визначається кількість відпрацьованих днів на підприємстві?
2. Як враховуються нульові показники споживання ресурсів?
3. Що таке коефіцієнт нерівномірності і для чого він використовується?
4. Для чого використовується індикатор питомого енергоспоживання для опалення, кондиціонування та освітлення?
5. Опишіть індикатори питомої енергоємності продукції, енергетичної складової у витратах та власної генерації.

Лабораторна робота № 3

Тема роботи: Графічні методи аналізу результатів розрахунків

Мета роботи: Ознайомлення з еко-енергетичними звітами та здобуття практичних навичок у роботі з елементами графічного аналізу.

Теоретичні відомості:

Сучасну науку неможливо представити без застосування графіків. Вони стали засобом наукового аналізу й узагальнення. Такі властивості графіків, як виразність, дохідливість, лаконічність, універсальність, значеннєва однозначність, інтернаціональність, легкість кодування, а також видимість графічних зображень зробили їх незамінними в дослідницькій і практичній роботі й у зіставленнях як у технічних питаннях, так і в питаннях соціально-економічних явищ, у популяризації наукових і практичних досягнень [10].

Графічні методи обробки інформації грають винятково велику роль в енергетиці, екології, економіці, а також в інших областях науки і практики, що мають справу з узагальненням, обробкою й аналізом великих масивів інформації про різноманітні явища і процеси.

Першим кроком енергетичного аудиту є аналіз енергетичних індикаторів, для якого застосовуються графічні методи обробки інформації.

Так, для наочності будуються графіки витрат по ресурсам (див. рис. 3.1), лінійний графік питомого енергоспоживання будівлі (див. рис. 3.3), грошових витрат по роках (див. рис. 3.3), кругова діаграма енергобалансу (див. рис. 3.4), графіки питомої енергоємності продукції, енергетичної складової у витратах та обсягів власної генерації ресурсів, а для аналізу впливу на довкілля будується графік для індикатору питомих викидів CO₂ на одиницю продукції.

Графіки витрат по ресурсам дають змогу візуально оцінити нерівномірності протягом року, а також місяці з мінімальними, максимальними та нульовими витратами. На графіку горизонтальні відмітки відповідають місяцям, а вертикальні обсягам споживання.

Енергоменеджерам на підставі побудованих графіків необхідно:

- усвідомити і дати опис характеру зміни величини споживання ресурсу – як вони змінюються з часом, визначити періоди максимального і

мінімального споживання, пояснити, чим вони обумовлені;

- порівняти характер зміни величини споживання ресурсу та оцінити в першому наближенні наявність/відсутність взаємозв'язку між рівнем споживання та додатковими факторами на окремих відрізках часового інтервалу;
- зробити попередні висновки про характер споживання ресурсів, вибраних для аналізу [11].

Важливо! Місяці з нульовими витратами на графіку зображуються точками розриву, а не нулем.

Приклад графіку витрат електроенергії протягом 2012-2021 років для Відділу №1 тестового підприємства представлено на рисунку 3.1 [6]. Як видно, під графіком розташована таблиця зі значеннями по місяцях та розрахованим середнім значенням витрат за рік, що значно спрощує аналіз інформації.

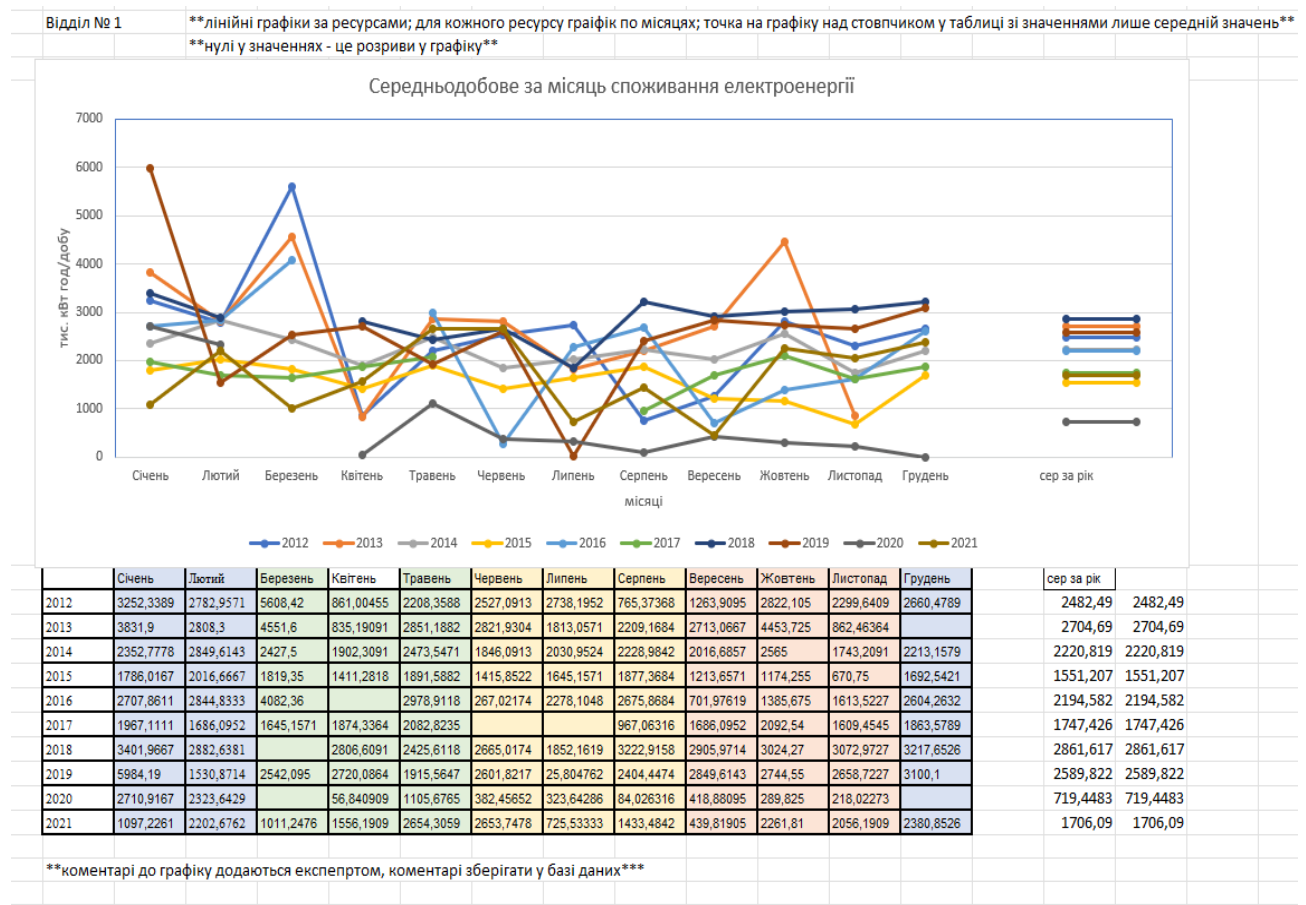


Рисунок 3.1 - Графік витрат по ресурсам

Лінійний графік енергоспоживання (який також може містити дані, що належать до змінної величини продукції/погоди, з якою порівнюється кількість

вимірюваної енергії) відображає щомісячне споживання енергії. У нього також можна включити змінні, що впливають на споживання енергії. У прикладі на рисунку 3.2 показано споживання газу опалювальною системою, що працює на газі і здійснено порівняння його з «Градусо-днями» – зміною температури повітря. Чим більше число градусо-днів, тим холодніше погода.

За даними графіка ми можемо спостерігати, як змінюється споживання газу зі зміною погодних умов. Зокрема, в грудні і січні спостерігається аномалія, оскільки газоспоживання в січні нижче, ніж у грудні, а градусо-дні навпаки, вище в грудні, ніж у січні. Таке відхилення може бути викликане, наприклад, тим, що зчитування з лічильника даних за грудень було відкладене на початок січня через Різдво і Новорічні свята [11].

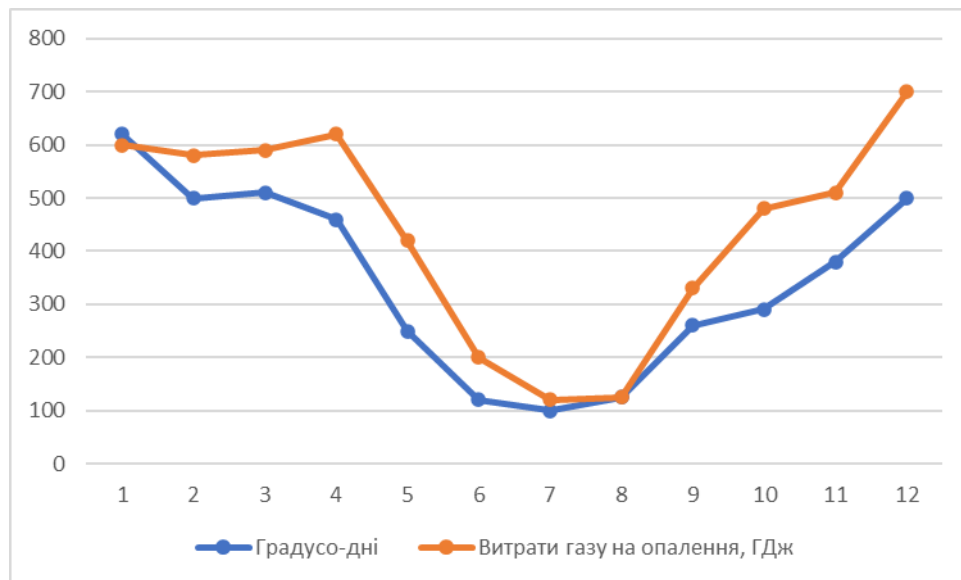


Рисунок 3.2 - Лінійний графік енергоспоживання

На визначення пріоритетних напрямків для формування набору енергозберігаючих заходів, звичайно, впливає такий індикатор як витрати на ресурси. Саме зниження витрат підприємством і є однією з головних цілей, які стоять перед енергоменеджером. Оскільки витрати залежать не тільки від обсягів споживання, але й від діючих тарифів, то графік по обсягам споживання не завжди еквівалентний графіку витрат.

Аналізуючи графік витрат і діючі тарифи можна обрати оптимальну схему споживання ресурсу з мінімізацією витрат.

Приклад графіку грошових витрат на електроенергію зображено на рисунку 3.3.

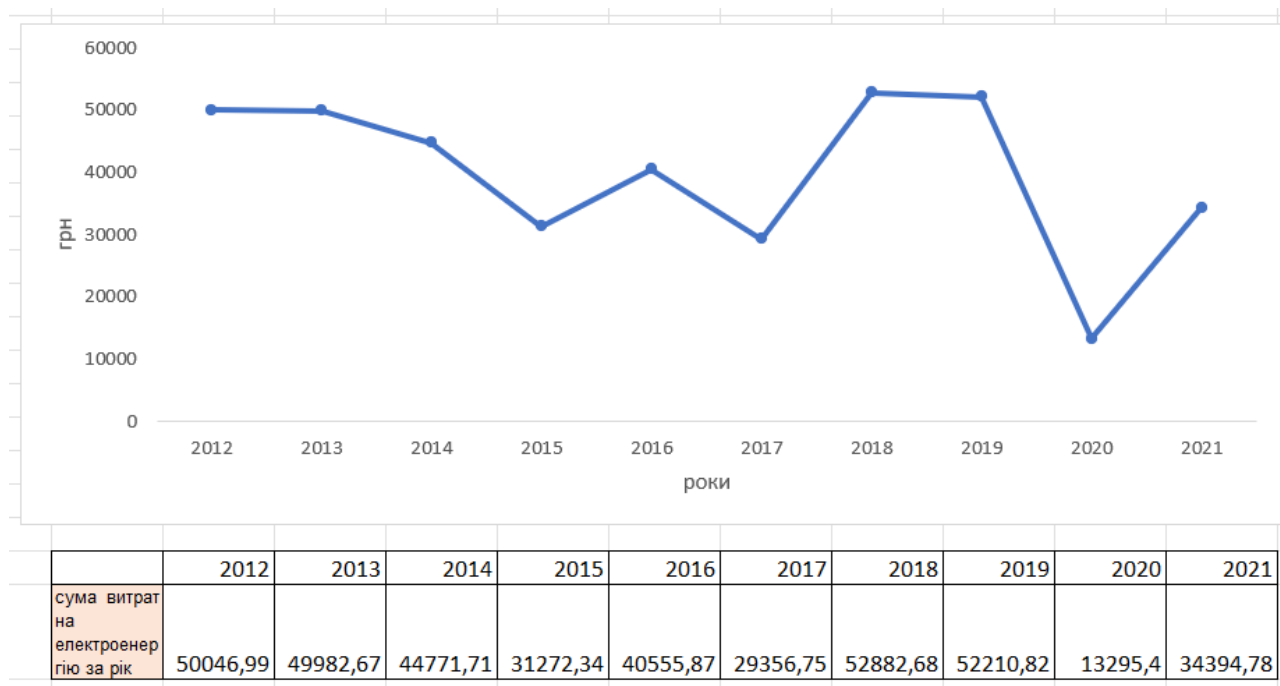


Рисунок 3.3 – Графік грошових витрати по роках

В енергоаудиті використовуються кругові діаграми, за допомогою яких можна графічно зобразити споживання енергії як у натуральних, так і у вартісних одиницях. На рисунку 3.4 представлено приклад такої діаграми.

Вона дозволяє визначити пріоритетні напрямки впровадження енергозберігаючих технологій, адже знищення витрат на енергоресурси – це одна з головних цілей проведення енергоменеджменту.



Рисунок 3.4 – Кругова діаграма енергобалансу

Хід роботи:

1. Додати до бази даних інформацію про тарифи по ресурсам.
2. Побудувати графіки для витрат по ресурсам і по відділам. Графіки по рокам та місяцям.
3. Побудувати графік енергоспоживання.
4. Побудувати графіки для грошових витрат по ресурсам і по відділам тільки по рокам.
5. Побудувати кругову діаграму енергобалансу по відділам та по рокам. Для кожного року окремо.
6. До кожного графіку надати можливість внесення експертом коментарів та редагування результатів розрахунків (навіть передбачити функцію видалення даних, які розраховані у програмі, при цьому дані редагуються лише у режимі графіку, а не у базі даних). Ця можливість потрібна для моделювання різних ситуацій на основі наявних даних.
7. Дати експертну оцінку кожному графіку та записати власні коментарі до бази даних.
8. Передбачити можливість нумерації рисунків.
9. Надати можливість збереження звіту з набору графіків та коментарів до них у форматі документів Word та Excel.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити: короткі теоретичні відомості, оновлену структуру бази даних з тарифами (якщо вона була змінена), графіки обсягів споживання, графік енергоспоживання, графіки витрат та діаграму енергобалансу по кожному відділу та по підприємству уцілому; опис виконання відповідних пунктів ходу роботи (скріншоти роботи програми); відповіді на контрольні запитання та висновки.

Контрольні запитання до лабораторної роботи №3

1. У чому суть графічного аналізу даних?
2. Що показують графіки витрат по ресурсам?
3. Що показують графіки по грошовим витратам?
4. Що таке енергобаланс і з яких складових він складається?

Лабораторна робота № 4

Тема роботи: Формування набору заходів з енергозбереження та визначення їх ефективності

Мета роботи: Отримати практичні навички в формуванні набору заходів з енергозбереження.

Теоретичні відомості:

В сучасному світі, переважна більшість видів діяльності всіх соціальних та економічних суб'єктів (населення, бізнес, державний сектор) потребують енергії. Згідно з прогнозом Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency: World Energy Outlook 2017), до 2040 року споживання енергії збільшиться ще на 30% через суттєве підвищення енергопотреб в країнах, що розвиваються. При цьому передовим центром впровадження енергоефективності залишатиметься Європейський Союз.

Постачання енергії в першу чергу відбувається за рахунок невідновлюваних джерел енергії, більшість яких сконцентровані в декількох географічних зонах. Це робить глобальну енергетичну систему вразливою до короткострокових шоків (наприклад, конфлікти в країнах постачальників енергоресурсів), але навіть ще Економічні науки ISSN 2307-5740 Вісник Хмельницького національного університету 2021, № 3 109 більше в довгостроковій перспективі через можливий дисбаланс попиту та пропозиції. Тому Міжнародне Енергетичне Агентство вважає, що енергоефективність – «критично важливий інструмент для зменшення тиску на систему постачання енергоресурсів» [13].

Крім того, очевидні негативні екологічні наслідки від збільшення споживання енергії. На думку багатьох експертів енергоефективність є не тільки одним з найефективніших, але й одним з найдешевших засобів зменшення викидів парникових газів, а отже збереження довкілля, підвищення здоров'я видно з схеми та якості життя людей.

Більш ощадливе енергоспоживання напряму або опосередковано сприятиме досягненню більшості цілей сталого розвитку ООН до 2030 року, зобов'язання щодо досягнення яких в тому числі взяла на себе Україна.

Отже, підвищення енергоефективності є необхідним елементом для зростання енергонезалежності країни та скорочення енергоємності економіки [14].

Термін енергоефективності напряму пов'язаний з поняттям системи енергетичного менеджменту, адже моніторинг енергоефективності є складовою частиною енергетичного менеджменту.

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) – це постійно діюча система, метою функціонування якої є забезпечення мінімального значення енергоспоживання, яке необхідно для якісного надання послуг (див. рис. 4.1) [9].

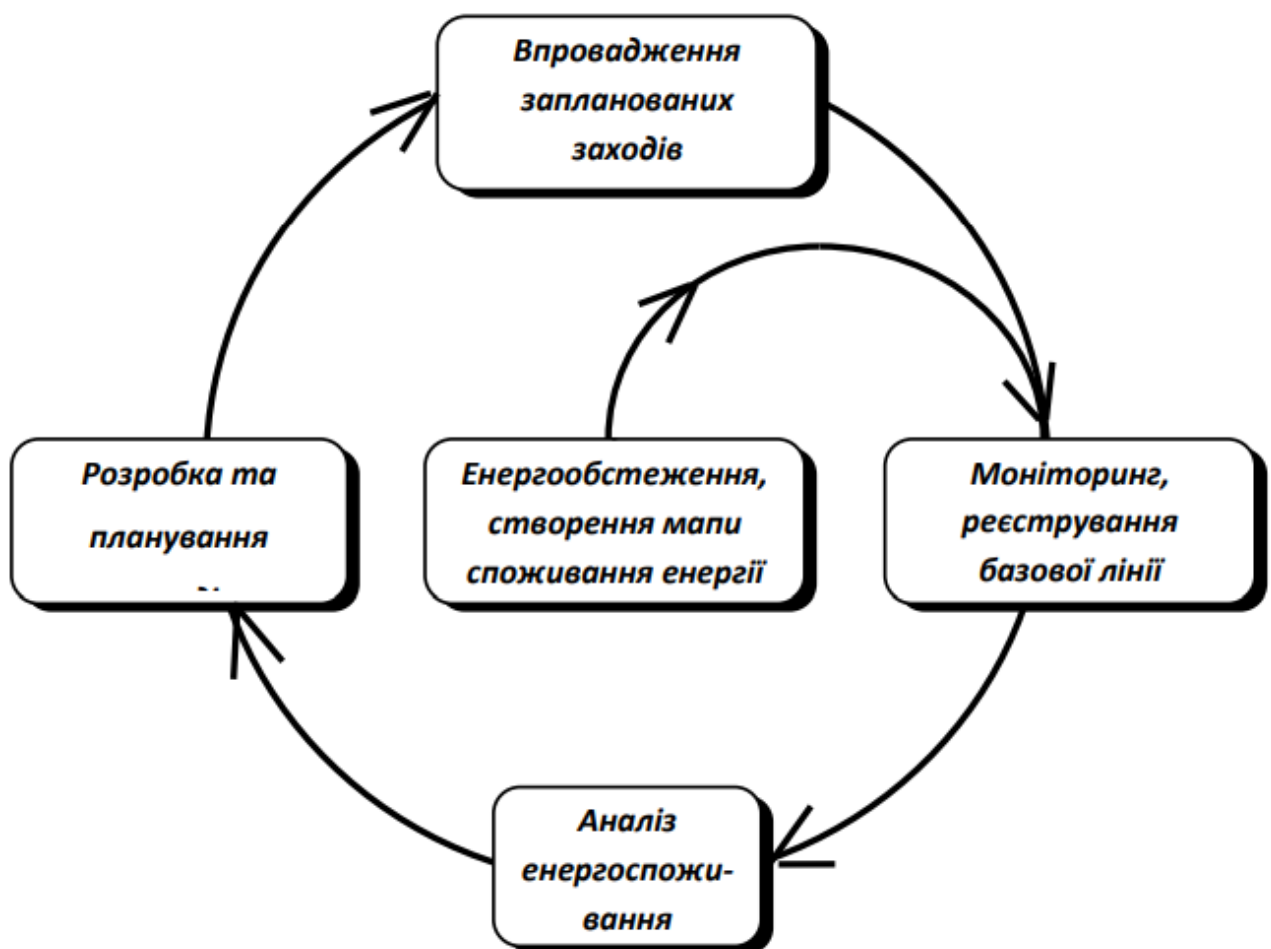


Рисунок 4.1 – Схема функціонування СЕМ

Як видно зі схеми СЕМ складається з декількох етапів, які починаються з енергообстеження. Це єдиний етап, який не входить у ітераційний процес СЕМ, а є по суті його відправною точкою. Починаючи функціонувати, СЕМ не повинна зупиняти свою роботу.

Базова лінія – лінія енергоспоживання, відображена графічним шляхом,

щодо якої проводять аналіз фактичних витрат енергії для вибраного об'єкту. Базова лінія використовується для оцінки економії, досягнутої в результаті реалізації енергоефективних заходів (ЕЕЗ).

Якщо фактичне енергоспоживання нижче розрахованого базового енергоспоживання, то для отримання коректних значень економії від реалізації заходів по енергоефективності в якості «Базової лінії» використовують розраховане базове енергоспоживання. Якщо фактичне енергоспоживання вище розрахованого базового енергоспоживання, то в якості «Базової лінії» використовують фактичне енергоспоживання.

Базове енергоспоживання – це енергоспоживання, розраховане для проектних / нормативних умов експлуатації та скориговані на фактичний стан будівлі та її інженерних систем, реальні (фактичні) умови експлуатації будівлі та її інженерних систем.

Енергоефективність, насамперед, означає раціональне та ощадливе використання енергетичних ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технології, дотриманням відповідних параметрів мікроклімату та екологічних вимог щодо охорони навколишнього середовища.

Енергоефективність також передбачає обмеження або скорочення споживання енергії шляхом застосування більш ефективних пристроїв (наприклад, використання люмінесцентних ламп замість ламп накаливання).

Виявлення менш очевидних заходів з енергозбереження - важливо враховувати, що перераховані рекомендації з економії енергії – це не лише найочевидніші перебудови, як наприклад, модернізація енергетичного устаткування. Повинна бути приділена увага менш очевидним можливостям досягнення енергетичної ефективності. Прикладами «менш очевидних» можливостей енергозбереження є зміна систем енергопостачання, а саме, застосування когенерації або використання відходів як палива чи зміна методів виробництва для використання дешевших енергетичних ресурсів [11].

Енергозбереження, у свою чергу, відноситься до обмеження або

скорочення використання енергії шляхом зміни стилю життя або поведінки кінцевих споживачів. Для прикладу, це може означати виключати світло у порожніх кімнатах, не включати обігрівачі без нагальної потреби та добре закручувати крани, щоб не допускати марної трати води.

Для досягнення вищезазначених цілей розроблюються програми з енергоефективності, які включають у себе набір енергоефективних заходів.

Енергоефективні заходи – заходи, спрямовані на зменшення обсягів питомого споживання енергії (підвищення рівня енергетичної ефективності) в будівлі, за умови забезпечення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.

Програма енергоефективності та енергозбереження (далі Програма) розроблюється відповідно до положень Закону України «Про енергозбереження», статті 8 ЗУ «Про основи національної безпеки», Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Мета – основною метою реалізації Програми є забезпечення вимог чинного законодавства, щодо енергозбереження, зменшення затрат на утримання будівель та збільшення енергоефективності підприємства.

Основними завданнями є:

- зменшення затрат на оплату енергоносіїв;
- впровадження сучасних технологій в питаннях енергозбереження.

Очікуванні результати Програми. Виконання Програми дасть можливість знизити собівартість продукції і знизить викиди парникових газів. Також кожен з реалізованих проєктів Програми призведе до економії енергоресурсу на 5-40%, що призведе до зменшення вартості утримання будівель, знизить енергоемність виробництва, та в цілому підвищить енергоефективність та енергонезалежність підприємства.

Фінансування. Фінансування проводиться за рахунок коштів міського бюджету, обласного бюджету, субвенцій державного бюджету, грантів, технічної допомоги МФО та власних коштів підприємства.

Можливості енергозбереження можна розбити за категоріями

застосування або з альтернативними вирішеннями однієї і тієї ж енергетичної проблеми.

Найпоширенішим є поділ рекомендацій енергозбереження за їх вартістю.

Безвитратні рекомендації:

- економніше використання наявних ресурсів;
- належне технічне обслуговування;
- закупівля палива з дешевого джерела.

Низьковитратні рекомендації:

- встановлення ефективнішого обладнання;
- встановлення нових (автономних) пристроїв управління;
- поліпшення теплоізоляції цехів або інших приміщень;
- навчання персоналу;
- контроль і оперативне планування енергоспоживання.

Високвитратні рекомендації:

- заміна більшості енергетичних установок або енергоємного обладнання;
- встановлення комплексних систем управління;
- когенерація;
- рекуперація теплоти.

Кожна рекомендація з енергозбереження повинна бути описана за наступними пунктами:

Необхідні зміни:

- модифікація заводу і будівель;
- заміна обладнання;
- модернізація обладнання/систем управління/ізоляції;
- технічне обслуговування обладнання;
- нова процедура управління.

Як ці заходи допоможуть заощадити енергію (і/або кошти):

- скорочення втрат;
- скорочення зайвих операцій;
- підвищення ефективності використання енергії;
- застосування дешевших енергетичних ресурсів.

Фінансові витрати і вигоди:

- капітальні витрати;
- амортизація обладнання підприємства;
- витрати на технічне обслуговування;
- енергетичні витрати;
- аналіз ефективності фінансових витрат [11].

Для прикладу розглянемо набір енергоефективних заходів, які можна застосувати на двох об'єктах на підприємстві: у відділі бухгалтерії та у туалеті, який являє собою велике приміщення з кабінками та місцем для умивальників.

Набір заходів будемо оформлювати у вигляді таблиці з такими колонками як назва заходу, вид ресурсу, очікуваний ефект або опис рекомендації (опис здійснюється за пунктами, описаними вище) та кошти на впровадження (див. таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Набір енергоефективних заходів

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект або опис	Кошти на впровадження, грн	Джерело фінансування
1					
2					
3					

За таким зразком оформимо таблицю для відділу бухгалтерії та туалету (див. таблиці 4.2 та 4.3).

Таблиця 4.2 – Набір енергоефективних заходів для відділу бухгалтерії

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект або опис	Кошти на впровадження, грн	Джерело фінансування
1	Заміна лампочок на енергозберігаючі	Електроенергія	Зменшення споживання та зменшення витрат	1000	Кошти підприємства
2	Замінити вікна на пластикові	Електроенергія	Зменшення споживання та зменшення витрат на електроенергію через відсутність необхідності використання додаткових обігрівачів	50000	Кошти підприємства

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект або опис	Кошти на впровадження, грн	Джерело фінансування
3	Утеплення за рахунок державної програми	Теплова енергія та електроенергія	Зменшення споживання та зменшення витрат	40000	Міський бюджет
4	Монтаж нової системи опалення	Теплова енергія	Підвищення ефективності використання теплової енергії	120000	Кошти підприємства

Таблиця 4.3 – Набір енергоефективних заходів для туалету

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект або опис	Кошти на впровадження, грн	Джерело фінансування
1	Заміна лампочок на енергозберігаючі	Електроенергія	Зменшення споживання та зменшення витрат	1000	Кошти підприємства
2	Використання світильників на сонячних батареях	Електроенергія	Зменшення споживання та зменшення витрат	1000	Кошти підприємства
3	Зменшення напору води за рахунок встановлення редуктора	Вода	Зменшення споживання та зменшення витрат	500	Кошти підприємства
4	Заміна старих змішувачів на сенсорні	Вода	Модернізація та зменшення витрат	10000	Кошти підприємства

На основі зібраної інформації про споживання ресурсів та інформації про структуру підприємства, а також на основі розрахованих індикаторів і набору енергоефективних заходів формується звіт з енергоаудиту. Можна сказати, що звіт з енергетичного аудиту є документом, у якому відображені результати обстеження об'єкту.

Порядок і повнота викладу повинні відповідати домовленостям між замовником (підприємством, для якого проводиться енергомоніторинг) і виконавцем (спеціалістом у галузі енергомоніторингу).

Типовий звіт з енергоаудиту складається з чотирьох основних розділів.

Вступний розділ:

- коротка експертиза;
- перелік рекомендацій;
- управління виробництвом і енергоменеджмент.

Опис промислового підприємства і будівель:

- існуючі будівлі, установки і обладнання;
- режим роботи обладнання;
- оцінка ефективності виробництва.

Проведення енергоаудиту:

- вимірювання споживання енергії;
- аналіз інформації;
- коментарі щодо кількості і вартості спожитої енергії.

Рекомендації з енергозбереження:

- опис запропонованих рекомендацій;
- пояснення того, як запропоновані дії допоможуть заощадити енергію;
- техніко-економічне обґрунтування запропонованих рекомендацій.

Висновки:

- узагальнений аналіз рекомендацій з енергозбереження;
- прогноз подальших кроків.

Мета вступного розділу звіту – інформувати читача про підготовку і хід досліджень на об'єкті, а також про очікувані результати.

Вступ також повинен описувати методику проведення аудиту і параметри звіту, а саме, виявити особливості енергоспоживання. Вступ зазвичай містить наступні пункти:

- підготовка звіту з енергоаудиту (звіт формується компанією/консорціумом, які готують звіт, або проводять перевірку на об'єкті);
- коротка експертиза та обґрунтування енергоаудиту (чи є даний енергоаудит одним з декількох проєктів для різних підрозділів компанії? Чи є він частиною нової кампанії енергоменеджменту?);
- мета енергоаудиту (виявити потенційні можливості енергозбереження);

- параметри звіту (чи має звіт намір підкреслити особливі аспекти енергоспоживання або виключити деякі з них, оскільки вони є частиною окремого дослідження);
- методи проведення перевірки (використання вимірювачів, візуальне дослідження устаткування, аналіз енергетичних даних, отриманих протягом певного часу).

Висновки з енергоменеджменту пояснюють ситуацію минулих періодів, виявлену енергоаудитом, і визначають важливі пункти, що стосуються використання енергії. Висновок повинен вказувати рекомендований напрям дій, спрямованих на поліпшення ефективності використання енергії на об'єкті, а також показувати вигоди і збитки, до яких може призвести економія. Крім цього, даний розділ повинен бути написаний зрозуміло і стисло, без надмірного вживання технічної лексики.

Висновок щодо енергоменеджменту зазвичай охоплює наступні моменти:

- існуючий стан справ на досліджуваному об'єкті (використання енергії як слабке, задовільне, хороше енергоспоживання в порівнянні з іншими об'єктами);
- основні пункти дослідження енергоспоживання (високий/низький рівень використання енергії);
- обґрунтування необхідних змін (рекомендований напрям діяльності, альтернативні дії);
- прогнозований результат (отримання економічних вигод в майбутньому за умови, що рекомендації будуть реалізовані).

Пункти, що містяться в розділі висновків, сфокусовані на діях, зроблених енергоаудитором в ході робіт. Тому висновки містять дані про дослідження об'єкту і джерела отримання необхідної інформації. Висновок показує загальний потенціал енергозбереження і наводить обґрунтовані аргументи на користь одних рекомендацій в порівнянні з іншими. Нарешті, висновки обґрунтовують необхідність подальших досліджень і/або дій, які повинні бути виконані з об'єктом та вказують загальну розраховану вигоду від цих дій.

Розділ висновків зазвичай охоплює наступні моменти:

- рішення і висновки енергоаудиту (поділ енергії на різні категорії, виявлені невідповідності (наприклад з “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів”) або нераціональне енергоспоживання, порівняння енергоспоживання на об’єкті з іншими аналогічними об’єктами);
- висновок з рекомендацій щодо енергозбереження (вартість і вигоди від реалізації беззатратних, високо- та низькозатратних рекомендацій, альтернативні можливості енергозбереження);
- рекомендовані дії і прогноз (рекомендації, за якими можуть впроваджуватись енергозберігаючі заходи, прогнози наслідків вживання заходів з енергозбереження на об’єкті);
- наступний крок (подальші необхідні детальні дослідження, робота, яку необхідно виконати самій компанії, проведення тендеру, тощо) [11].

Після формування набору енергоефективних заходів необхідно визначити ефективність їх впровадження. Для цього, звичайно, необхідний час та повторний енергоаудит підприємства або досліджуваних відділів підприємства.

Середній термін окупності становить 3-5 років, але досліджувати тенденції по збільшенню енергоефективності необхідно щорічно.

У результаті впровадження енергозберігаючого проєкту оцінюється ефект за кожним видом енергоносія (див. табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Оцінка ефективності впровадження проєктів

Складові заощаджень щодо енергоресурсів	Існуюча ситуація		Після реалізації проєкту		Економія	
	кількість	грн	кількість	грн	кількість	грн
Паливо ()						
Електроенергія						
Вода						

Загальні заощадження						

Існуюча ситуація – це середні витрати за минулі роки (беремо з початкової інформації з попередніх лабораторних робіт).

Середні витрати вимірюються у гривнях (або тисячах гривень) та обчислюються за формулою:

середні витрати на використання ресурсу = сума всіх витрат / Y

де Y – стільки років, за скільки наявні дані по споживанню ресурсів (первинна інформація)

Після реалізації - це середні витрати за X років, за які проводиться дослідження впровадження програми з енергоефективності. X може варіюватись від 1 до 5 років.

Економія – це і є оцінка ефективності і вона обчислюється за формулою:

Оцінка ефективності = існуюча ситуація - (після реалізації + витрати на впровадження) / X

де, X – кількість років, за які проводиться дослідження (зазвичай, від 1 до 5 років)

У системі оцінки рівня енергетичної безпеки підприємства також виділяють такі індикатори:

- індикатор ефективності енергозберігаючої діяльності (відношення прибутку підприємства до витрат на енергозберігаючі заходи);
- індикатор частки витрат на енергозберігаючі заходи (питома вага витрат на енергозбереження в собівартості продукції) [8].

Хід роботи:

1. Ознайомитись з доступними програмами з енергоефективності та набором можливих заходів з підвищення ефективності використання енергоресурсів та зменшення їх витрат.

2. Додати у базу даних таблиці для збереження набору заходів, рекомендованих для проведення програми з енергоефективності.

3. Розробити програмний модуль, в якому буде формуватися набір енергозберігаючих заходів.

4. Заповнити таблицю 4.1 для кожного досліджуваного відділу та занести інформацію про сформовані набори заходів у базу даних.

5. Сформуванати звіт з енергоаудиту для одного з відділів підприємства. Звіт подати у вигляді окремого документу текстового формату. Для звіту використовувати дані з попередніх лабораторних робіт.

6. Оцінити ефективність впровадження заходів протягом 1-5 років (кількість років задається експертом, спочатку дослідження проводиться за перший рік після впровадження, а потім можна додавати роки). Для цього необхідно заповнити таблицю 4.2 для кожного відділу та підприємства в цілому та розрахувати економію.

7. Провести розрахунки індикатору ефективності енергозберігаючої діяльності та індикатору частки витрат на енергозберігаючі заходи для всього підприємства. Розрахунки зберегти до бази даних та супроводжувати висновками і поясненнями.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити: короткі теоретичні відомості, оновлену структуру бази даних з заходами та енергоефективними програмами, таблиці з рекомендованими заходами для кожного структурного підрозділу та для підприємства в цілому; таблицю з проведеною оцінкою ефективності енергоефективної програми; опис виконання відповідних пунктів ходу роботи (скріншоти роботи програми); відповіді на контрольні запитання та висновки.

Контрольні питання до лабораторної роботи № 4

1. Опишіть поняття заходу для забезпечення енергоефективності.
2. Що таке програма з енергоефективності?
3. Як вимірюється ефективність впровадження програми з енергоефективності.
4. Що включає в себе звіт з енергетичного аудиту?
5. Які індикатори використовуються у системі оцінки рівня енергетичної безпеки підприємства?

Лабораторна робота № 5

Тема роботи: Проведення екологічного аналізу, тобто оцінки впливу на навколишнє середовище

Мета роботи: Отримати практичні навички оцінки впливу на навколишнє середовище діяльності підприємства після впровадження заходів, направлених на підвищення енергоефективності.

Теоретичні відомості:

Впливи на навколишнє середовище досить неоднозначні й не завжди легко піддаються звичайному аналізу з позицій витрати/вигоди від проєкту. Цей вплив визначається спрямованістю проєкту. Для одних проєктів – це зниження викидів шкідливих речовин, які утворюються при згорянні палива, для інших – зменшення утворення відходів (наприклад, для біогазу) або вплив на гідросферу (наприклад, для ГЕС). Таким чином, у цьому розділі необхідно відбити результати впливу даного проєкту на навколишнє середовище:

- викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- вплив на ґрунт і флору;
- забезпечення необхідної техніки безпеки обслуговуючого персоналу [7].

Оцінка впливу на навколишнє середовище проводиться щорічно, щоб постійно контролювати зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Результати оформлюються у вигляді зведених таблиць та графіків.

Приклад. Розглянемо розрахунок впливу рекомендацій на стан навколишнього середовища на прикладі котельної.

Враховуючи, що підприємство забезпечує потреби в тепловій енергії від власної котельні, її економія виражена через економію природного газу.

Нижче наведено перелік можливостей енергозбереження (МЕЗ) на підприємстві.

Так, МЕЗ № 1 «Організація системи енергоменеджменту» дозволить налагодити систематичну роботу по енергозбереженню на підприємстві, для чого створюється підрозділ енергоменеджменту, який повинен нести відповідальність за контроль, аналіз енергоспоживання на підприємстві і

відповідати за розроблення рекомендацій щодо реконструкції або удосконалення будь-яких систем, що зумовлює економію енергії.

Для сприяння підвищенню енергоефективності і зниженню енерговитрат енергосервісна компанія пропонує підприємству придбати устаткування для проведення енергоаудитів. Це устаткування складається з портативних приладів і вимірювальних пристроїв для енергоаудиту, які дозволять здійснити заходи щодо енергоменеджменту.

МЕЗ № 2 дозволить за рахунок оптимізації процесів спалювання природного газу в котлі з використанням переносного газоаналізатора підвищити ККД горіння і, як наслідок, скоротити споживання природного газу.

МЕЗ № 3 «Установлення конденсатовідвідних вузлів в системах використання пари» дозволить скоротити споживання пари без зниження теплотехнічних характеристик устаткування з одночасним підвищенням ефективності використання його теплового потенціалу в локальних очисних спорудах, в системі опалювання і вентиляції, на ділянці зварювання.

МЕЗ № 4 За рахунок реконструкції системи приготування гарячої води для потреб ГВП, що полягає в заміні котла ДЕ-6,5-13 водогрійним котлом потужністю 100 кВт, скорочуються втрати природного газу на вказані цілі, обумовлені частими пусками потужного котла, низьким його завантаженням і зниженим ККД.

МЕЗ № 5 «Термоізоляція паропроводів, трубопроводів гарячої води» дозволить скоротити прямі втрати теплової енергії на ділянках загальною довжиною 900 м.

МЕЗ № 6 пропонує змінити систему опалювання всього об'єму незавантажених цехів: механічного № 2, механо-складального № 2 і інструментального опалюванням лише робочих місць вискоелективними інфрачервоними нагрівачами, з безпосереднім спалюванням газу, що дозволить скоротити споживання природного газу 50%.

МЕЗ № 7 «Автоматизація обліку витрати енергоносіїв» дозволить без залучення ручної праці створити об'єктивну картину енергоспоживання на підприємстві, підвищить обґрунтованість роботи по енергозбереженню,

обґрунтованість показників енергоспоживання підрозділами в системі внутрішнього госпрозрахунку.

МЕЗ № 8 Підвищення рівня компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства від $\text{tg}\varphi = 0,7666$ до $\text{tg}\varphi = 0,23$ за рахунок впровадження системи автоматичного управління забезпечить економію 80 тис. кВт год/рік.

МЕЗ № 9 За рахунок впровадження 150 ефективних джерел світла замість ламп типів ДРЛ-400 і ДРЛ-250 в системі освітлення підприємства підвищиться її надійність, і зменшиться загальне споживання електроенергії.

МЕЗ № 10 «Підвищення ефективності роботи сушильних печей в ливарному цеху» за рахунок ремонту ізоляції воріт камерних печей, проведення режимного налагодження і впровадження оперативного регулювання процесу спалювання природного газу з використанням аналізаторів процесу горіння, дозволить скоротити споживання природного газу.

МЕЗ № 11 За рахунок заміни водяної помпи надмірної потужності і напору в системі охолодження компресорної станції на помпу меншої потужності забезпечується скорочення споживання електроенергії.

МЕЗ № 12 «Термоізоляція бака-акумулятора гарячої води» забезпечить економію природного газу за рахунок усунення прямих втрат теплової енергії та скорочення часу розігрівання котла після зупинки.

МЕЗ № 13, № 14 Впровадження приладового контролю стану ізоляції устаткування, температури теплоносія, використання встановлених потужностей електрообладнання дозволить виключити нераціональні режими його роботи і забезпечить зменшення нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

Річна економія природного газу від впровадження запропонованих заходів становитиме:

МЕЗ № 1 – $E_{1г} = 30,0$ тис. м^3 ;

МЕЗ № 2 – $E_{2г} = 75$ тис. м^3 ;

МЕЗ № 3 – $E_{3г} = 30,0$ тис. м^3 ;

МЕЗ № 4 – $E_{4г} = 28,1$ тис. м^3 ;

$$\text{МЕЗ № 5} - E_{5Г} = 86,5 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{МЕЗ № 6} - E_{6Г} = 130 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{МЕЗ № 7} - E_{7Г} = 30,0 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{МЕЗ № 10} - E_{10Г} = 55,4 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{МЕЗ № 12} - E_{12Г} = 19,9 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{МЕЗ № 13} - E_{13Г} = 10,2 \text{ тис. м}^3;$$

Загальна економія природного газу становитиме

$$E_{\text{заг.г}} = E_{1Г} + E_{2Г} + E_{3Г} + E_{4Г} + E_{5Г} + E_{6Г} + E_{7Г} + E_{10Г} + E_{12Г} + E_{13Г} = = 30,0 + 75 + 30,0 + 28,1 + 86,5 + 130 + 30,0 + 55,4 + 19,9 + 10,2 = 495 \text{ тис. м}^3.$$

Під час спалювання природного газу в атмосферу викидається оксид вуглецю CO та оксиди азоту NOx. Обсяг викидів у атмосферу, яким вдалося запобігти, визначимо з використанням результатів дослідження котла (див. Додаток), з яких видно що викиди складають:

$$\text{оксиди вуглецю: } M_{\text{COк}} = h_{\text{COк}} \cdot E_{\text{заг.г}} = 0,116 \cdot 495 = 57,4 \text{ кг};$$

$$\text{оксидів азоту: } M_{\text{NOхк}} = h_{\text{NOхк}} \cdot E_{\text{заг.г}} = 0,234 \cdot 495 = 115,7 \text{ кг},$$

де h_{CO} , h_{NOx} – питомі викиди, відповідно, окисли вуглецю і оксидів азоту, кг/тис. м³. Результати розрахунків наведені в таблиці 5.1.

Економія електроенергії на заводі від впровадження заходів становитиме:

$$\text{МЕЗ № 1} - W_1 = 150,0 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 4} - W_4 = 28,20 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 7} - W_7 = 150,0 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 8} - W_8 = 80,00 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 9} - W_9 = 78,27 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 11} - W_{11} = 39,36 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год};$$

$$\text{МЕЗ № 14} - W_{14} = 27,9 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальна економія електроенергії становитиме:

$$W_{\text{заг.}} = W_1 + W_4 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{11} + W_{14} = = 150,0 + 28,2 + 150,0 + 80,0 + 78,27 + 39,36 + 27,9 = 553,73 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

За даними Мінпаливенерго України середні викиди під час вироблення 1 тис. кВт·год електроенергії становитимуть:

викиди твердих часток – 4,4 кг;

оксидів вуглецю CO – 0,5 кг;

оксидів азоту NO_x – 2,2 кг;

оксидів сірки SO₂ – 9,9 кг.

Результати розрахунку викидів шкідливих речовин у атмосферу, які попереджені економією електроенергії, наведені в табл. 5.1.

Таким чином, впровадження запропонованих заходів скоротить викиди шкідливих речовин у атмосферу на 9,58 т, що безумовно зробить позитивний вплив на екологічну ситуацію в місті.

Таблиця 5.1. Зведені показники попереджених викидів у атмосферу шкідливих речовин в результаті впровадження запропонованих заходів

Найменування викиду	Викиди природного газу	Зниження викидів від економії електроенергії	Загальне зниження за рік
Тверді частки, т		2,43	2,43
Оксид вуглецю, т	0,057	0,277	0,334
Оксиди азоту, т	0,116	1,22	1,366
Оксиди сірки, т		5,48	5,48
Всього, т	0,173	9,407	9,58

Хід роботи:

1. На основі даних з лабораторної роботи №2 та оновлених даних про обсяги споживання ресурсів провести екологічний аналіз. Результати аналізу представити у вигляді таблиці та набору гістограм.

2. Розробити програмний продукт для розрахунку зниження впливу на навколишнє середовище після впровадження енергозберігаючих заходів.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити: короткі теоретичні відомості, результати розрахунків, представлені у вигляді зведених таблиць; опис виконання відповідних пунктів ходу роботи (скріншоти роботи програми); відповіді на контрольні запитання та висновки.

Контрольні запитання до лабораторної роботи № 5

1. Що входить у поняття екологічного аналізу?
2. Як проводиться екологічний аналіз?
3. Розкажіть про розрахунок впливу рекомендацій на стан навколишнього середовища на прикладі котельної.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергоменеджмент. Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів. URL: <https://dpss.gov.ua/diyalnist/enerhomenedzhment>
2. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.
3. Як підвищити енергоефективність. Альтернативна енергетика і технології майбутнього в Україні. URL: <https://eenergy.com.ua/energoefektyvnist/yak-pidvyshhyty-energoefektyvnist/>
4. Про енергетичну ефективність будівель. Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
5. Енергоменеджмент. Платформа з енергоефективності. URL: <https://eeplatform.org.ua/services/energomenedzhment/>
6. Сліпченко, В.Г. Комп'ютерний моніторинг еко-енерго-економічних процесів та систем [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» / Сліпченко В.Г., Мамалига В.М., Полягушко Л.Г. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 101 с.
7. Сапожніков С.В. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2015. 163 с.
8. Іщенко С.В., Малиш М.В. Методичні підходи до оцінки ефективності управління енергозабезпеченням підприємства. *Ефективна економіка*. 2016. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2016_2_22
9. Методика моніторингу енергоефективності будівель. USAID «Муниципальная энергетическая реформа в Украине». Київ, 2015. 30 с.
10. Шмойлова Р.А., Шувалова Е.Б., Глубокова Н.Ю. і ін. Теорія статистики: підручник, 3-і изд., перераб. М.: Фінанси і статистика, 2001. 560 с.
11. Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: навч. посібник. К.: Освіта України, 2009.

438 с.

12. Півняк Г.Г., Випанасенко С.І., Хованська О.І., Хацкевич Ю.В., Дрешпак Н.С. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 214 с.

13. Дашко І.М., Крилов Д.В. Енергоефективність: проблеми оцінки та наявний стан. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2021, № 3. С. 108-112.

14. Все про енергоефективність в Україні. Платформа з енергоефективності. URL: <https://eeplatform.org.ua/vse-pro-energoefektivnist-v-ukrayini/>

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навчальний посібник / Ю. І. Бакалін. – Харків : БУРУН і К, 2006. – 320 с.
2. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України / О. М. Закладний, В. І. Дешко, Є. М. Іншеков та ін. – Луганськ : Видавництво “Місячне сяйво”, 2009. – 696 с.
3. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекцій / укладач С. В. Сапожніков. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 163 с.
4. Про енергетичну ефективність. Закон України від 21.10.2021 № 1818-ІХ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#n436>
5. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT)
6. ДСТУ ISO 50047:2020 Енергозбереження. Визначення обсягів енергозбереження в організаціях (ISO 50047:2016, IDT)
7. ДСТУ 4714:2007 ПДСТУ ISO 17742:2017 Розрахунок енергоефективності та обсягів енергозбереження для країн, регіонів і міст (ISO 17742:2015, IDT)
8. ДСТУ 4714:2007 Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств –К.: Держспоживстандарт. України. 2007. – 28 с.
9. ДСТУ 2155-93 Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. – К. : Держстандарт України, 1993. – 13 с.
10. ДСТУ 4110-2002 Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів. – К. : Держстандарт України, 2003.
11. ДСТУ 4081-2002 Енергозбереження. Енергетичне маркування електрообладнання побутового призначення. Загальні технічні вимоги. К. : Держстандарт України, 2002.
12. ДСТУ 4472:2005 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги. – К. : Держстандарт України, 2006.

13. ДСТУ 4715:2007 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад і зміст робіт на стадіях розроблення та запровадження. – К. : Держстандарт України, 2007.

14. ДСТУ 5077:2008 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Перевірка та контроль ефективності функціонування. – К. : Держспоживстандарт України, 2010.

15. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 23026:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Розроблення та керування WEB-сайтами для систем, програмних засобів та інформаційних послуг (ISO/IEC/IEEE 23026:2015, IDT)

16. РОЗПОРЯДЖЕННЯ від 28.05.2013 р. N 799 Про затвердження Загальної методики визначення базового рівня споживання електричної енергії бюджетними закладами міста Києва.

17. ДСТУ ISO/IEC 27001:2015 Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги. (ISO/IEC 27001:2013/Cor 2:2015, IDT). Поправка № 2:2019

18. ДСТУ ISO/IEC 25020:2016 Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). Рамкова модель і настанова щодо вимірювання (ISO/IEC 25020:2007, IDT)

19. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с.

20. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 30 с.

21. ДСТУ ISO 14004:2016 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запровадження (ISO 14004:2016, IDT). – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 52 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1. Перелік можливих заходів з енергоефективності

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект від впровадження
1	Заміна лампочок на енергозберігаючі	Електроенергія	Зменшення витрат
2	Впровадження автономних вуличних ліхтарів на існуючій мережі вуличного освітлення	Електроенергія	Зменшення витрат
3	Встановити датчик руху на включення світла	Електроенергія	Зменшення витрат
4	Використання енергозберігаючих побутових приладів, які мають маркування «А» чи «А+»	Електроенергія	Зменшення витрат
5	Використання НВЧ-печей, МХ-печей та індукційних плит – вони працюють швидко та економічно	Електроенергія	Зменшення витрат
6	Використання світильників на сонячних батареях	Електроенергія	Зменшення витрат
7	Заміна вікон на енергозберігаючі металопластикові	Електроенергія та тепла енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
8	Заміна старих дверей на нові металопластикові	Електроенергія та тепла енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
9	Термостатичний вентиль на радіатор дозволить контролювати температуру в будинку, квартирі чи окремій кімнаті	Теплова енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
10	Термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, вікон і дверей, горищ, підвалів)	Електроенергія та тепла енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
11	Система “тепла підлога” – спосіб підвести тепло саме туди, де воно найбільше потрібно. Наприклад, під робочий стіл або на ділянку підлоги, де	Теплова енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект від впровадження
	ходять мешканці		
12	Модернізація системи вентиляції, а саме рекуперація тепла, – це реальний спосіб економії	Теплова енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
13	Модернізація (заміна) систем опалення та гарячого водопостачання;	Теплова енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
14	Впровадження локального та індивідуального опалення, що виключає втрати в тепломережах	Теплова енергія	Зменшення витрат та покращення клімату у приміщеннях
15	Встановлення кранів з датчиком	Вода	Зменшення витрат
16	Заміна старих труб, усунення протікання	Вода	Модернізація та зменшення витрат
17	Зменшення напору воду за рахунок встановлення редуктора	Вода	Зменшення витрат
18	Заміна газової колонки або бойлеру, які відпрацювали 15-20 років, бо з часом ці пристрої втрачають ефективність	Газ та електроенергія на нагрів води	Зменшення витрат
19	Переведення опалювальних систем на використання альтернативних чи місцевих видів палива	Газ, мазут, вугілля	Зменшення витрат
20	Переведення газових котелень на альтернативні (місцеві) види палива, в т.ч. біомаса (пелети, дрова, щепи), вугілля, електроенергія	Газ	Зменшення витрат
21	Заміна малоефективних, морально застарілих котлів на нові сучасні з ККД не менше 92-95 % (газ на газ),	Газ	Модернізація, зменшення витрат
22	Реконструкція або заміна теплових мереж із застосуванням попередньо ізольованих труб та нових типів запірної арматури з високими показниками експлуатаційної надійності,	Теплова енергія	Модернізація та зниження вартості вироблення енергії

№ з/п	Назва заходу	Вид ресурсу	Очікуваний ефект від впровадження
	впровадження сучасних методів антикорозійного захисту теплових мереж, ефективного теплоізоляційного покриття трубопроводів, автоматики та регулюючого обладнання, забезпечення дотримання регламентних робіт з хімводопідготовки задля попередження передчасного зносу технічного обладнання, зниження питомих витрат палива та електроенергії за рахунок оптимізації схеми роботи обладнання (котлів із зниженими у теперішній час обсягами навантаження);		
23	Впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами вироблення та транспортування споживачам теплової енергії	Теплова енергія	Модернізація та зниження вартості вироблення енергії
24	Впровадження енергозберігаючих технологій на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства шляхом заміни енергоємного обладнання на каналізаційних та водопровідних станціях, каналізаційних очисних спорудах, станціях підйому води, впровадження автоматизації і єдиного контролю всіх процесів роботи водоканалу	Електроенергія, вода	Модернізація та зниження вартості надання послуг