

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

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ. ЧАСТИНА 1 ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Укладачі: О. В. Бориченко, Ю. А. Веремійчук

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Рецензент *Босак А.В.*, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних
комплексів НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний
редактор *Побігайло В. А.*, кандидат технічних наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 24.06.2022 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 10 від 31.05.2022 р.)*

У представленому посібнику викладено основні положення щодо виконання практичних робіт, тематика яких обіймає розділи курсу по вивченню основних понять та положень з енергетичного менеджменту. Навчальне видання до виконання практичних робіт містить основні теоретичні відомості, програму роботи, вказівки для її виконання, зміст звіту та контрольні запитання.

В практикумі висвітлено основні завдання енергозбереження, які враховують технічні, економічні, фінансові та адміністративні складові. Розглянуто основні підходи та методи щодо оцінки, аналізу й планування енерговикористання, розроблення енергоефективних заходів на виробництві, у комунально-побутовій сфері, у господарському й житловому будівництві тощо.

Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології».

Реєстр. № НП 21/22-945. Обсяг 1,3 авт. арк.

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

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

З М І С Т

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Енергетичні ресурси.....	5
1.1 Основні теоретичні відомості.....	5
1.2 Контрольні питання та завдання.....	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Основи енергообліку. Перетворення енергоресурсів	9
2.1 Основні теоретичні відомості.....	9
2.2 Контрольні питання та завдання.....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Вартість енергії в точці використання	11
3.1 Основні теоретичні відомості.....	11
3.2 Контрольні питання та завдання.....	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Енергетичний облік і бенчмаркінг	13
4.1 Основні теоретичні відомості.....	13
4.2 Контрольні питання та завдання.....	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Структура тарифів в енергетиці.....	16
5.1 Основні теоретичні відомості.....	16
5.2 Контрольні питання та завдання.....	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Аналіз споживання ПЕР від факторів впливу	25
6.1 Основні теоретичні відомості.....	25
6.2 Контрольні питання та завдання.....	28
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Використання статистичних методів у системі енергетичного менеджменту.....	29
7.1 Основні теоретичні відомості.....	29
7.2 Контрольні питання та завдання.....	33
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8. Основи вимірювання та верифікація рівня енергетичної ефективності	35
8.1 Основні теоретичні відомості.....	35
8.2 Контрольні питання та завдання.....	40
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9. Моніторинг енергоефективності	41
9.1 Основні теоретичні відомості.....	41
9.2 Контрольні питання та завдання.....	47
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	49

ВСТУП

В умовах ринкових відносин значно підвищилися вимоги до професійної підготовки інженерно-технічних працівників та управлінських кадрів, особливо у сфері енерговикористання. Без підвищення рівня знань фахівців неможливе прискорення економічного розвитку, швидке впровадження в практику новітніх досягнень науки та техніки. Існує об'єктивна необхідність у розвитку теорії управління енерговикористанням, впровадження її світових досягнень у виробництво всіх галузей народного господарства. В умовах енергетичної кризи, значного підвищення цін на енергоносії, функціонування енергоринку дуже актуальними стають питання ефективного використання енергії, прийняття тактичних та стратегічних рішень в енерговикористанні на всіх стадіях виробничого циклу. Для реалізації цих завдань велику допомогу надасть навчальна дисципліна "Енергетичний менеджмент", яка передбачає вивчення основних понять управління енерговикористанням, ознайомлення з питаннями організації, розробки стратегії, прийняття технічних, економічних, фінансових та управлінських рішень, мотивації працівників в умовах функціонування системи енергетичного менеджменту на підприємстві. Навчальна дисципліна "Енергетичний менеджмент" є складовою частиною програми професійної підготовки фахівців з питань енергоменеджменту.

В даному практикумі розглянуті питання з оцінки, аналізу й планування енерговикористання, розробки енергозберігаючих заходів на виробництві, у комунально-побутовій сфері, у господарському й житловому будівництві. Складання та зміст програм енергозбереження, які враховують технічні, економічні, фінансові та адміністративні фактори. Ознайомлено з проблемами вибору й обґрунтування більш раціонального типу енергоносіїв, інвестування й фінансування в енергозбереженні, енергетичними навантаженнями підприємств, питаннями інформаційного забезпечення енергоменеджменту.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Енергетичні ресурси

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – ознайомлення з видами енергетичних ресурсів, їх основними характеристиками.

1.1 Основні теоретичні відомості

Енергія – (від греч. *energeia* – дія, діяльність, інтенсивність, робота) являє собою загальну кількісну міру руху і взаємодії різних видів матерії.

Енергії притаманні такі основні властивості:

- здатність переходити з однієї форми в іншу;
- здатність виробляти корисну для людини роботу;
- енергію можна об'єктивно визначити і кількісно виміряти.

На даний час людству відомо про існування наступних видів енергії: механічної, теплової, хімічної, електричної, електромагнітної, ядерної, гравітаційної.

Одиницею вимірювання енергії є 1 Дж (Джоуль) = 1Вт·с.

У той же час для вимірювання певних видів енергії використовуються такі одиниці:

- для вимірювання теплової енергії використовується гікалорія (Гкал),
 $1 \text{ Гкал} = 4,1868 \text{ ГДж}$; $1 \text{ Гкал} = 1162,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}$; $1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 0,000859 \text{ Гкал}$; $1 \text{ ГДж} = 0,2388 \text{ Гкал}$.

- для вимірювання електричної енергії використовується $1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 1000 \text{ Вт}\cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \text{ МДж}$;

- для вимірювання механічної енергії використовується $1 \text{ кг м} = 9,8 \text{ Дж}$.

Механічна енергія – це енергія, яка характеризується взаємним розташуванням тіл або частин тіла. В енергетиці на електростанціях первинна механічна енергія виробляється на парових, газових і гідротурбін, поршневих

двигунах внутрішнього згоряння. У споживача вторинна механічна енергія виробляється переважно асинхронними електродвигунами.

Теплова енергія – це енергія, що характеризується хаотичним рухом молекул і атомів речовин. Чим вище швидкість такого руху, тим вище температура тіла. В енергетиці теплову енергію отримують переважно шляхом спалювання органічного палива, концентрацією сонячного випромінювання, використанням теплоти земних надр або шляхом розпаду важких ядер (урану, плутонію тощо). Теплова енергія виробляється у вигляді енергії пари, гарячої води, повітря або продуктів згоряння палива.

Електрична енергія – це енергія рухомих по електричному ланцюгу електронів або іонів. В енергетиці електрична енергія у вигляді трифазного змінного струму промислової частоти виробляється на синхронних, асинхронних генераторах, частотних перетворювачів. Трифазний струм зручний для передачі механічного обертового моменту за допомогою обертового електромагнітного поля, переданого по дротах трифазного ланцюга. Число фаз «три» було взято з економічних міркувань як найменше число фаз за умовами стійкого і однозначного запуску трифазних асинхронних двигунів, які витрачають близько 90% всієї електроенергії, що йде на всі електродвигуни або, іншими словами, близько 40% усієї вироблюваної електричної енергії.

Хімічна енергія – це енергія, що виявляється при хімічних реакціях. В енергетиці використовуються екзотермічні реакції окислення палива, що протікають з виділенням теплоти.

Електромагнітна енергія – це енергія взаємно породжують один одного електричних і магнітних складових електромагнітними поля, що виявляється у вигляді електромагнітних хвиль.

Атомна (ядерна) енергія – це енергія, що виділяється при розпаді важких ядер або при синтезі легких ядер речовин. В енергетиці поки використовується тільки перший варіант, тобто розпад в атомних реакторах важких ядер урану, плутонію.

Гравітаційна енергія – це енергія взаємодії (тяжіння) масивних тіл. В енергетиці гравітаційна енергія використовується в гідроенергетиці шляхом тяжіння мас води до Землі, Місяці і Сонця.

Під енергетичними ресурсами розуміються носії енергії, які при даному рівні техніки або в перспективі її розвитку використовуються або можуть бути використані для отримання необхідної енергії. Розрізняють природні (первинні) і побічні (вторинні) енергетичні ресурси.

Не всі енергетичні ресурси і не завжди споживаються в безпосередньому вигляді. Найчастіше, перш ніж потрапити до споживача, вони піддаються облагороджуванню (збагаченню), переробці та перетворенню. У першому випадку енергоресурси не змінюють своєї фізико-хімічної основи, у другому та третьому змінюють. Наприклад, сортування вугілля, брикетування торфу відносяться до облагородження. До облагородження може бути віднесено також збагачення ядерного палива. Одержання з нафти мазуту та світлих нафтопродуктів, переробка сланців у сланцеву олію – це переробка, а отримання електроенергії на тепловій електростанції – перетворення енергоресурсів.

Паливні енергетичні ресурси різних видів мають різні якісні характеристики: теплота згоряння, зольність, вологість та ін. Найважливішою характеристикою є теплота згоряння. Цей показник характеризує енергетичну цінність палива і він суттєво коливається за видами палива. Іноді цей показник називають теплотворною здатністю. Для вимірювання теплоти згоряння палива використовують такі одиниці як калорія або джоуль.

Питома теплота згоряння для різних видів палива наведено нижче:

- сира нафта – 43 000 кДж/кг (10260 ккал/кг),
- природний газ – 35 000–37 000 кДж/м³ (8 350–8 830 ккал/м³),
- кам'яне вугілля – 25 000–28 000 кДж/кг (5 970–6680 ккал/кг),
- буре вугілля – 12 000–15 000 кДж/кг (2860–3560 ккал/кг),
- сланці – 10 000–12 000 кДж/кг (2390–2860 ккал/кг),
- торф – 6000–10 000 кДж/кг (1430–2400 ккал/кг),
- мазут – 38 000–40 000 кДж/кг,

- бензин – 45 000 кДж/кг,
- газовий конденсат – 35 000 кДж/кг,

1.2 Контрольні питання та завдання

1. Які види енергії існують?
2. Які одиниці використовують для вимірювання різних видів енергії?
3. Яка найважливіша характеристика енергетичного ресурсу (палива), в яких одиницях вимірюється?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Основи енергообліку. Перетворення енергоресурсів

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – ознайомлення з типами енергетичних ресурсів та їх.

2.1 Основні теоретичні відомості

Купівля і використання енергоресурсів (електроенергії, природного газу, мазуту, вугілля і інших енергоресурсів) стає однією з основних складових в роботі енергоменеджера. Економічно виправдані закупівлі енергоресурсів вимагають розуміння ринку, нормативних можливостей та обмежень, а також планування на випадок виникнення непередбачених обставин. Оптимальний вибір джерела енергії включає в себе безліч питань: ціну закупівлі, доступність, її ефективність і вплив на навколишнє середовище.

До найбільш розповсюджених видів енергоресурсів можна віднести:

- Електрична енергія;
- Природний газ;
- Дизель;
- Мазут;
- Вугілля;
- Пропан або зріджений газ (ЗГ);
- Біопаливо (дрова, деревна тріска, гранули деревні, гранули з лушпиння тощо).

До основ обліку енергоресурсів відноситься наступне:

- Категоризація енергії і палива по типам (електроенергія, газ, дизель, пар, охолоджена вода тощо).
- Розуміння одиниць виміру в енергетиці (кВт·год, кДж, МДж, ГДж/кВт, кДж/год, л або кг нафти, м³ газу).
- Перетворення одиниць виміру в енергетиці ($1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3\,600 \text{ кДж} = 3,6 \text{ МДж}$).

Таблиця 2.1

Перетворення одиниць вимірювання енергії

1 кВт·год	3,6 МДж
1 м ³ природного газу	37 МДж
1 кг дизелю	42 МДж
1 літр бензину	35 МДж
1 м ³ дизелю	39 ГДж
1 м ³ пропану (ЗГ) (зріджений газ)	25,5 ГДж
1 кг пропану (ЗГ) (зріджений газ)	45,65 МДж
1 МДж	1000 кДж
1 ГДж	10 ⁶ кДж
1 МВт	10 ⁶ Вт
8760 – число годин в році	

Таблиця 2.2

Теплова теплотворна здатність біопалива

Біопаливо	Дрова	Деревна тріска	Гранули деревні	Гранули з лушпиння
Типова теплотворна здатність (МДж/кг)	12,5	10,1	17	16,5

Перетворення енергії – Приклад №1

В якості прикладу, якщо необхідно знайти кількість (х) кДж в 1000 кубічних метрах природного газу, можна використати наступний метод:

$$X \text{ (кДж) газу} = \frac{1000 \text{ м}^3 \cdot 37000 \text{ кДж}}{\text{м}^3} = 1000 \cdot 37000 \text{ кДж} = 37 \cdot 10^6 \text{ кДж} = 37 \text{ ГДж}.$$

2.2 Контрольні питання та завдання

Представте в МДж наступні одиниці енергії:

- 30 кг пропану;
- 25 кг дизелю;
- 25 м³ дизелю;
- 20 кВт·год;
- 2700 м³ природного газу;
- 45 м³ бензину;
- 37000 л пропану.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Вартість енергії в точці використання

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок щодо визначення вартості енергії в точці використання

3.1 Основні теоретичні відомості

Дійсні експлуатаційні витрати в «точці використання» point of use (POU) залежать від ціни закупівлі енергії та ефективності її використання. Всі джерела енергії можна порівняти з POU, виміряної в певних одиницях (ГДж, кВт·год тощо). Далі в якості одиниці виміру ми будемо використовувати ГДж.

POU = Ціна закупівлі за одиницю енергії, виражену в звичайних одиницях виміру/ефективність використання енергії.

POU призначений тільки для обчислення експлуатаційних витрат. Капітальні витрати в даному розрахунку не враховуються.

Приклад розрахунку вартості енергії в точці використання

На підприємстві котел може працювати як на ЗГ, так і на дизелі. При використанні зрідженого газу вартістю \$ 1,25 за кг і енерговіддачею 45 650 кДж/кг, ККД котла складає 75 %. При використанні дизельного котла, вартість пального складає \$1,00/л, ККД котла складає 78%. При використанні якого виду палива, експлуатаційні витрати будуть нижчі?

Рішення задачі в \$ на ГДж

В якості загальної одиниці виміру використовуємо 1 ГДж.

$$POU_{\text{ЗГ}} = \frac{\$}{\text{ГДж}} = \frac{\$1,25}{\text{кг}} \left| \frac{1 \text{ кг}}{45\,650 \text{ кДж}} \right| \left| \frac{10\,000\,000 \text{ кДж}}{\text{ГДж}} \right| \left| \frac{1}{0,75} \right| = \$36,51/\text{ГДж}$$

$$POU_{\text{диз}} = \frac{\$}{\text{ГДж}} = \frac{\$1,00}{\text{л}} \left| \frac{1 \text{ л}}{39\,000 \text{ кДж}} \right| \left| \frac{10\,000\,000 \text{ кДж}}{\text{ГДж}} \right| \left| \frac{1}{0,78} \right| = \$32,87/\text{ГДж}$$

Рішення задачі в \$ на кВт·год

В якості загальної одиниці вимірювання використовуємо 1 кВт·год

$$POU_{\text{звг}} = \frac{\$}{\text{кВт} \cdot \text{год}} = \frac{\$1,25}{\text{кг}} \left| \frac{1 \text{ кг}}{45\,650 \text{ кДж}} \right| \left| \frac{3600 \text{ кДж}}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \right| \left| \frac{1}{0,75} \right| = \frac{\$0,1314}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

$$POU_{\text{диз}} = \frac{\$}{\text{кВт} \cdot \text{год}} = \frac{\$1,00}{\text{Л}} \left| \frac{1 \text{ Л}}{39\,000 \text{ кДж}} \right| \left| \frac{3600 \text{ кДж}}{\text{кВт} \cdot \text{год}} \right| \left| \frac{1}{0,78} \right| = \frac{\$0,1183}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

3.2 Контрольні питання та завдання

Задача 1. Ви може установити різний тип котла і використовувати різні джерела енергії. Для цього розрахуйте вартість наступних варіантів в POU , виражену в ГДж і визначте який вид палива буде ефективніший в експлуатації.

- Природний газ вартістю \$0,40 за м^3 , ККД = 88%.
- Дизель вартістю \$0,8/л, ККД = 86%.
- Електроенергія вартістю \$0,095/кВт·год, ККД=97%.

Для розрахунку використовуйте значення з таблиці 2.1.

Відповідь: $POU_{\text{Газ}} = \$12,29/\text{ГДж}$, $POU_{\text{Дизель}} = \$23,85/\text{ГДж}$,
 $POU_{\text{Елек.}} = \$27,21/\text{ГДж}$.

Задача 2. Яка буде еквівалентна ціна за природний газ, який спалюється з ефективністю 83%, в перерахунку на ГДж, якщо ціна електроенергії, яка використовується в цілях опалення з ККД=100% рівна \$0,11 за кВт·год.

Задача 3. Який тип палива буде самим дешевим під час експлуатації котла, який може працювати на двох видах палива, з врахуванням наступних факторів:

Природний газ: 9,70 \$/ ГДж; ККД= 95%. Паливний мазут: 150\$ за тону; ККД=88 % (42000кДж/кг).

Задача 4. Який тип палива буде самим дешевим під час експлуатації котла, який може працювати на двох видах палива, з врахуванням наступних факторів:

Природний газ: 5,40 \$/ ГДж; ККД= 78%. Дизельного палива: 3,53\$ за літр ; ККД=82 %.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Енергетичний облік і бенчмаркінг

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок визначення споживання енергетичних ресурсів об'єктами і проведення їх порівняння.

4.1 Основні теоретичні відомості

Показник Індекс використання енергії – EUI (Energy use intensity)
[<https://www.eia.gov/consumption/commercial/>] – інструмент бенчмаркінга:

- базова міра енергоефективності об'єкту.
- величина, яка відображає кількість мегаджоулів використаної щорічно на один квадратний метр кондиціонованої площі.

Щоб розрахувати EUI необхідно:

- визначити всі форми енергії, які споживаються на об'єкті;
- внести в таблицю всі показники енергії, яка споживається в приміщенні, в МДж;
- визначити загальну кількість квадратних метрів кондиціонованої площі.

Показник EUI являє собою відношення загальної кількості мегаджоулів енергії, яка споживається за рік, до загальної кількості квадратних метрів кондиціонованої площі (МДж / кв . метр / рік).

Приклад розрахунку EUI

Офісна будівля має кондиціоновану площу 10 000 м² і споживає 2,0 мільйона кВт·год і 6 800 ГДж природного газу за один рік.

Перетворіть кількість споживаної електричної енергії і газу в МДж шляхом використання відповідного коефіцієнту перерахунку. Для розрахунку використовуйте значення з таблиці 2.1

- 1) $2,0 \text{ мільйони кВт-год} = 2000000 \cdot 3,6 = 7200000 \text{ МДж.}$
- 2) $6800 \text{ ГДж газу} = 6800 \cdot 1000 = 6800000 \text{ МДж.}$
- 3) $7200000 \text{ МДж} + 6800000 \text{ МДж} = 14000000 \text{ МДж.}$

Таким чином, щоб отримати коефіцієнт EUI необхідно отриману кількість енергії в МДж розділити на площу приміщення 10000 м^2 , тому він складає $EUI = 1400 \text{ МДж/кв. метр/рік.}$

Індекс вартості енергії (ECI - energy cost index)
[\[https://help.buildingenergyscore.com/support/solutions/articles/8000072887-utility-data-and-benchmarking-existing-building-eui-eci\]](https://help.buildingenergyscore.com/support/solutions/articles/8000072887-utility-data-and-benchmarking-existing-building-eui-eci)

Показник EUI має досить чіткі обмеження:

- проблема, викликана змішуванням понять палива та електроенергії;
- розглядається тільки енергія, що споживається об'єктом, а не енергія джерелом.

Показник ECI іноді використовується в якості більш простого і більш виразного критерія визначення енергоефективності, але і має свої недоліки, а саме:

- ECI вводить в оману, так як всі МДж насправді не є рівними .
- електрична енергія значно вища якістю енергії нафти і газу і коштує в декілька разів більше при розрахунку кінцевого використання МДж .

Для розрахунку ECI необхідно підсумувати всю вартість використаної енергії і ділити на загальну кількість квадратних метрів кондиціонованої площі.

Приклад розрахунку ECI

Для 10000 м^2 офісної будівлі, що розглядалась раніше, вартість електроенергії становить \$153200 за рік, а витрати на газ рівні \$52500 за рік.

Тоді показник ECI буде дорівнювати \$205700 поділеної на 10000 м^2 , тобто ECI буде рівний \$20,57 $\text{м}^2/\text{рік}$.

ECI легко обчислюється і є дуже корисним показником.

Він являє собою ще один базовий показник, який може використовуватись при бенчмаркінгу.

4.2 Контрольні питання та завдання

1. Який Індекс використання енергії і Індекс вартості енергії , якщо величина споживання енергії протягом року в приміщені площею 1200 м² становить: природного газу 500 ГДж/рік, електроенергії 60000 кВт·год/рік. Витрати за електроенергію складають 100 000 \$, за газ 85 000 \$.

2. Який Індекс використання енергії і Індекс вартості енергії, якщо величина споживання енергії протягом року в приміщені площею 2700 м² становить: електроенергії 3 000000 кВт·год/рік., дизельного палива 150 тонн/рік. Витрати за електроенергію складають 6 000000 \$, за дизельне паливо 150 000 \$.

3. Який Індекс використання енергії і Індекс вартості енергії якщо величина споживання енергії протягом року в приміщені площею 1700 м² становить: електроенергії 1500 МВт·год/рік., дизельного палива 160 м³/рік. Витрати за електроенергію складають 3 000000 \$, за дизельне паливо 180 000 \$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Структура тарифів в енергетиці

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок визначення вартості енергетичних ресурсів об'єктами за різними тарифними системами

5.1 Основні теоретичні відомості

Короткий огляд розвитку тарифів

Спочатку структура тарифів була дуже простою – \$ 10 в місяць за лампочку. Перший електричний лічильник виконував виміри в «кубічних футах». Потім показання лічильників були змінені для відображення «лампо-годин», а потім – кВт·год. Справи шли добре, що незабаром через приплив нових споживачів почали виникати вечірні «піки навантаження», і, відповідно, експлуатаційні проблеми.

Розуміння енергетичних тарифів

Тарифи безпосередньо впливають на економію витрат завдяки заходам енергоменеджменту та вартості енергії.

Найчастіше ціни (тарифи) не до кінця розуміють, недостатньо добре пояснюються постачальниками та є складними.

Розуміння існуючих цін на енергоносії – один з перших кроків енергоаудиту. І одне із основних завдань для енергоменеджера. Тому визначення структури тарифів для кожної форми енергії, яка використовується на підприємстві є одним із перших завдань.

Існують наступні типи ціноутворення на енергію:

- ***Фіксовані тарифи***
- ***Східчасті тарифи:***
 - про скорочуванні
 - про інвертовані
- ***Тарифи за потужність:***
 - про оплату за потужність
 - про храповий тариф навантаження

- ***Тарифи по часу використання енергії:***

- про пікові
- про непікові
- про частково пікові

Також існують інші підходи до ціноутворення на енергію, як акційні тарифи, тарифи, що перериваються, сезонні тарифи, ціноутворення в реальному режимі часу, регулювання навантаження, тарифи або ціноутворення на основі "smart grid" технологій в енергетиці та інші.

Структура тарифів на електроенергію

Структури тарифів на електроенергію істотно відрізняються у різних країнах і тип паче у енергопостачальних компаніях, але при цьому всі вони мають загальні риси. Усі рахунки за електричну енергію комерційних і промислових споживачів мають три або чотири основні компоненти:

1. Абонентська плата
2. Вартість електроенергії
3. Плата за оголошений максимум навантаження
4. Інші – наприклад, cos ϕ , час доби, рівень навантаження, види послуг, що надаються – переривчастий або непереривчастий графік, а також клас споживачів.

Абонентська плата – постійна щомісячна вартість; покриває витрати енергопостачального підприємства на обслуговування лічильників, зняття показань, надання рахунку за електроенергію тощо.

Вартість електроенергії – пропорційний коефіцієнт, заснований на кількості електроенергії (кВт·год) спожитої в даному місяці; розрахованою з урахуванням витрат палива, а також експлуатаційних витрат енергопостачальної компанії.

Плата за максимум навантаження – пропорційний коефіцієнт, заснований на кількості вимірної потужності електроенергії в кВт. В деяких випадках включається в вартість електричної енергії.

Приклад розрахунку. За спожиту електроенергію з визначенням структури тарифу (за місяць)

Вихідні дані для розрахунку:

- Абонентська плата – \$ 50,00 в місяць;
- Вартість електроенергії – \$ 0,09 за кВт·год;
- Плата за максимум навантаження – \$ 8,50 за кВт в міс;
- Облік змін ціни палива – \$ 0,025 за кВт·год;
- Штрафи за генерацію реактивної енергії \$ 5/кВАр/міс;
- Податки – всього 8% від суми рахунку.

Постачання електроенергії здійснюється електроенергетичною компанією відповідно до загальної структури тарифів описаних раніше.

- Обсяг енергоспоживання в місяць – 150 000 кВт·год;
- Замірне навантаження – 525 кВт;
- Сумарне реактивне навантаження 255 кВАр;

Визначте скільки складе рахунок за електроенергію за місяць.

РІШЕННЯ

Витрати = \$ 50 + 150000 кВт·год * \$ 0,09 за кВт·год + 525 кВт * \$ 8,5 кВт + \$ 0,025 кВт·год * 150000 кВт·год + 255 кВАр * \$ 5/кВАр = 23037,5 \$ * 1,08 = 24880,5\$.

Тарифи диференційовані за періодами часу

Споживач має право перейти на розрахунки за спожиту електричну енергію по багатотарифному приладу обліку (інтелектуальному лічильнику) для того, щоб мати можливість розраховуватись згідно з тарифами, які залежать від часу доби.

В Україні діють декілька видів диференціювання тарифів на електричну енергію за періодами часу доби для побутових споживачів (населення).

За двозонними тарифами, диференційованими за періодами часу:

- 0,5 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23-ї години до 7-ї години);
- повний тариф у інші години доби.

За тризонними тарифами, диференційованими за періодами часу:

- 1,5 тарифу в години максимального навантаження енергосистеми (з 8-ї години до 11-ї години і з 20-ї години до 22-ї години);
- повний тариф у напівпіковий період (з 7-ї години до 8-ї години, з 11-ї години до 20-ї години, з 22-ї години до 23-ї години);
- 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23-ї години до 7-ї години).

Ставка тарифу для кожного періоду часу визначається шляхом множення відповідного тарифу для споживачів на тарифний коефіцієнт.

До 01 січня 2019 року діяли тарифи, диференційовані за періодами часу для споживачів електричної енергії, (крім населення) (див. таблицю 5.1).

Таблиця 5.1

Тарифні коефіцієнти для споживачів крім населення діяли до 01.01.2019

Період часу	нічний	денний	напівпіковий	піковий
Двотарифні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35	1,35	-	-
Тривалість періоду, год	8	16	-	-
Тривотарифні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,25	-	1,02	1,8
Тривалість періоду, год	7	-	11	6

При визначенні вартості спожитої електроенергії за кожним рівнем тарифу застосовується питома вага обсягу електроенергії, що спожита у відповідній зоні доби протягом розрахункового періоду, до загального обсягу спожитої електроенергії в цьому періоді.

Розрахунки за різними видами тарифів можуть здійснюватися тільки по приладах обліку, які мають внутрішній годинник та можливість фіксувати обсяги споживання електроенергії в різні періоди доби. Отже багатотарифні електролічильники, окрім звичайних сумарних показників спожитої

електроенергії, фіксують значення споживання в години різних тарифних зон доби і при оплаті за електроенергію використовуються два або три показники, які мають різну вартість. Встановлення багатотарифного приладу обліку та перехід на розрахунки за диференційованими тарифами буде більш ефективним, якщо значну частину споживання електричної енергії можна перемістити на нічний час. Наприклад, в побуті – обігрівачі, бойлери, пральні машини та інші енергоємні прилади вмикати після 23-00 год., тобто під час дії зниженого тарифу на електроенергію.

Розрахунок орієнтовної вартості електричної енергії для населення за умови використання двозонних тарифів та без наявності електроопалення представлений у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок орієнтовної вартості електричної енергії для населення

Вихідні дані:		
Споживання за періодами часу:	Ніч	450
	День	200
Загальне споживання електроенергії на місяць:		650
Обсяг електричної енергії спожитої за блоками:	I блок	100
	II блок	550
Нічний зонний коефіцієнт		0,5
Денний зонний коефіцієнт		1
Розрахунок:		
1) Розрахуємо коефіцієнт, який характеризує здешевлення вартості електричної енергії:		
$(450 \cdot 0,5 + 200 \cdot 1) / 650 =$	0,6538	
2) За обсяг спожитий до 100 кВт·год за тарифом 90 коп/кВт·год сплачується:		

$0,6538 \cdot 100 \cdot 90 \text{ коп/кВт}\cdot\text{год} =$	58,84	грн
<i>3) За обсяг спожитий понад 100 кВт·год за тарифом 168,0 коп/кВт·год сплачується:</i>		
$0,6538 \cdot 550 \cdot 168,0 \text{ коп/кВт}\cdot\text{год} =$	604,11	грн
<i>4) Розрахуємо кінцеву суму до сплати:</i>		
$58,84 + 604,11 =$	662,95	грн

5.2 Контрольні питання та завдання

1. В квартирі встановлений двозонний лічильник, показники споживання електричної енергії за місяць становлять в нічний період доби – 680 кВт·год, в денний період доби 370 кВт·год. Порахуйте скільки потрібно заплатити власнику квартири за спожиту електроенергію в місяць.

2. В квартирі встановлений трьох зонний лічильник, показники споживання електричної енергії за місяць становлять в нічний період доби – 250 кВт·год, в напівпіковий 300 кВт·год, піковий 50 кВт·год. Порахуйте скільки потрібно заплатити власнику квартири за спожиту електроенергію в місяць.

3. Розрахуйте скільки компанія платить за електроенергію в місяць, враховуючи що об'єм енергоспоживання – 75 000 кВт·год, навантаження 535 кВт. Абонентська плата - \$150 в місяць, ціна електроенергії - \$0,12 кВт год, плата за максимум навантаження \$15 за кВт в місяць, податок становить 17%.

4. Зняти показники лічильника у себе в будинку/квартирі за останній місяць. Здійснити розрахунок щодо ефективності використання двозонного і трьохзонного тарифу для власного будинку/квартири. Розподіл споживання електричної енергії по зонам здійснити самому, як можливий проект переносу споживання на зони доби з меншим тарифом. Здійснити порівняльний аналіз щодо економії коштів при використанні різних диференційованих тарифів за періодами часу і без їх використання.

Тарифи для розрахунку наведені в таблицях 5.3-5.5. Необхідно використовувати актуальні тарифи.

Таблиця 5.3

Тарифи на електроенергію, що відпускається населенню, з 1 березня 2017 року до 30 червня 2019 року

Категорії споживачів	Тарифи на електроенергію, в копійках, за 1 кВт·год
1. Електроенергія, що відпускається:	
1.1. Населенню (у тому числі яке проживає в житлових будинках, обладнаних кухонними електроплитами) (у тому числі в сільській місцевості):	
за обсяг, спожитий до 100 кВт·год електроенергії на місяць (включно)	90
за обсяг, спожитий понад 100 кВт·год електроенергії на місяць	168
1.2. Населенню, яке проживає в житлових будинках (у тому числі в житлових будинках готельного типу, квартирах та гуртожитках), обладнаних у встановленому порядку електроопалювальними установками (у тому числі в сільській місцевості):	
1.2.1. У період з 01 травня по 30 вересня (включно) відповідно до підпункту 1.1	
1.2.2. У період з 01 жовтня по 30 квітня (включно):	
за обсяг, спожитий до 3000 кВт·год електроенергії на місяць (включно)	90
за обсяг, спожитий понад 3000 кВт·год електроенергії на місяць	168

1.3. Населенню, яке проживає в багатоквартирних будинках, не газифікованих природним газом і в яких відсутні або не функціонують системи централізованого теплопостачання (у тому числі в сільській місцевості):	
1.3.1. У період з 01 травня по 30 вересня (включно) відповідно до підпункту 1.1	
1.3.2. У період з 01 жовтня по 30 квітня (включно):	
за обсяг, спожитий до 3000 кВт·год електроенергії на місяць (включно)	90
за обсяг, спожитий понад 3000 кВт·год електроенергії на місяць	168
1.4. Для багатодітних, прийомних сімей та дитячих будинків сімейного типу незалежно від обсягів споживання електроенергії	90
1.5. Населенню, яке розраховується з енергопостачальною організацією за загальним розрахунковим засобом обліку та об'єднане шляхом створення юридичної особи, житлово-експлуатаційним організаціям, крім гуртожитків	168
1.6. Гуртожиткам (які підпадають під визначення «населення, яке розраховується з енергопостачальною організацією за загальним розрахунковим засобом обліку»)	90

Таблиця 5.4

Ціна на електричну енергію для побутових споживачів з 1 січня до 30 вересня 2021 року становила:

Фіксована ціна на електричну енергію, в копійках за 1 кВт·год
168

Таблиця 5.5

Фіксовані ціни на електричну енергію для побутових споживачів з 01.10.2021
[Постанова Кабінету Міністрів України від [05.06.2019 № 483](#)]

Місячний обсяг споживання	Фіксована ціна на електричну енергію, в гривнях за 1 кВт·год
до 250 кВт·год (включно, за весь обсяг споживання)	1,44
понад 250 кВт·год (за весь обсяг споживання)	1,68
Для колективних побутових споживачів (крім гуртожитків), а також споживачів (цілі споживання), які визначені в абзацах одинадцятому - чотирнадцятому пункту 13 розділу XVII «Прикінцеві та перехідні положення» Закону України «Про ринок електричної енергії» –	
за весь обсяг споживання	1,68
за весь обсяг споживання	1,68

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Аналіз споживання ПЕР від факторів впливу

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок проведення аналізу енергетичних ресурсів як підприємства, так і окремих його підрозділів.

6.1 Основні теоретичні відомості

Для аналізу споживання паливо енергетичних ресурсів як підприємства, так і окремих його підрозділів, необхідно розглянути динаміку зміни величини енергоспоживання об'єктами за певний часовий відрізок. Для цього доречно використовувати вихідну статистичну інформацію про витрати ПЕР, зокрема палива та електроенергії, за визначений період часу, а також інформацію про зміну величини фактора (факторів), які впливають на величину енергоспоживання. Зазвичай для побудови графіків, що ілюструють динаміку зміни величини споживання палива та електроенергії (наприклад, для теплопостачальних підприємств) і зміни факторів, що впливають, використовують:

- відомості про щомісячні (щодобові) витрати палива та електроенергії обраним об'єктом (наприклад, котельнею) за один або кілька опалювальних сезонів;

- відомості про середньомісячні (середньодобові) температури зовнішнього повітря (при забезпеченні потреб у опаленні) за той самий період.

Графіки будуються за допомогою MS Excel. Графіки будують для найбільш енергоємних об'єктів підприємства.

На рисунках 6.1 та 6.2 наведено графіки, що ілюструють динаміку зміни величини споживання палива та електроенергії і зміни величини градусодіб, яка є визначною для аналізу ефективності використання енергії для підприємств, що забезпечують потреби населення в опаленні та ГВП.

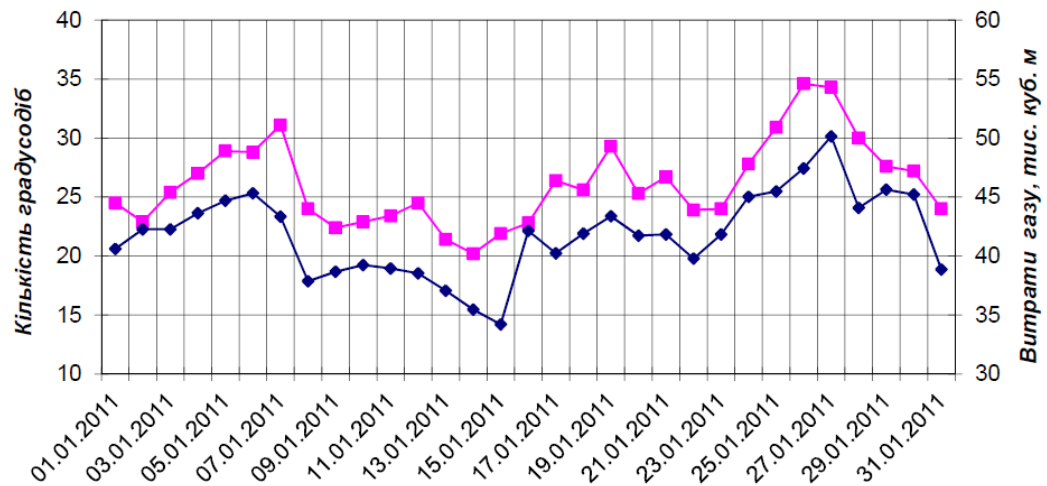


Рисунок 6.1 – Динаміка споживання природного газу
на котельні та зміна градусодіб

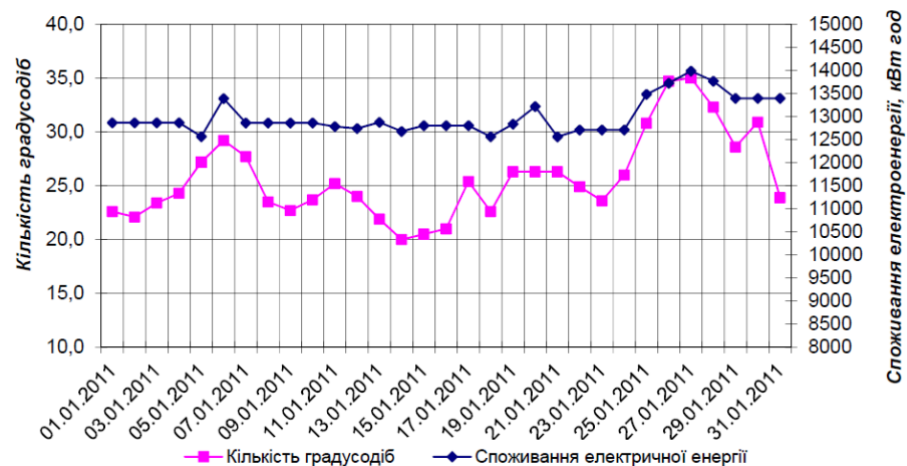


Рисунок 6.2 – Динаміка споживання електричної енергії
на котельні та зміна кількості градусодіб

Енергоменеджерам на підставі побудованих діаграм необхідно:

- усвідомити і дати опис характеру зміни величини споживання палива та електричної енергії – як вони змінюються з часом, визначити періоди максимального і мінімального споживання, пояснити, чим вони обумовлені;
- порівняти характер зміни величини споживання палива та електричної енергії та зміни величини фактора, оцінити в першому наближенні наявність/відсутність взаємозв'язку між ними на окремих відрізках часового інтервалу;

– зробити попередні висновки про характер споживання палива та електричної енергії об'єктами, вибраними для аналізу.

Після цього слід дати кількісну оцінку взаємозв'язку між витратами палива та електроенергії й чинником (градусодобами), використовуючи математичний апарат регресійного аналізу.

На рисунку 6.3 наведено приклад такого графіка, який ілюструє динаміку зміни величини споживання води котельнею одного з підприємств ЦТ.

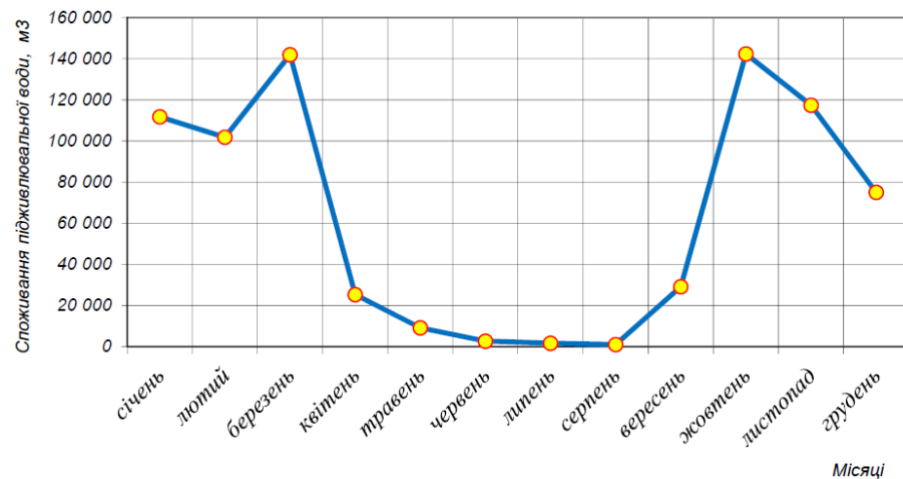


Рисунок 6.3 – Динаміка споживання води

Графік дає змогу визначити енергоменеджеру таке:

– звільнення тепломережі в теплу пору року (величина підживлення падає до нуля упродовж усього міжопалювального періоду);

– значні порушення герметичності мереж, що підтверджують витрати підживлювальної води в опалювальний період, які перевищують нормативні величини.

Градусодоба – це різниця між нормативною температурою повітря в опалювальному приміщенні та середньодобовою температурою зовнішнього повітря.

$$N = (T_{\text{рпн}} - T_{\text{срзп}}) Z_{\text{сут}}, \quad (6.1)$$

де N – фактична кількість градусодіб;

$T_{\text{рпн}}$ – нормативна температура повітря у опалювальному приміщенні, +20 °С;

$T_{\text{срзп}}$ – фактична середньодобова температура зовнішнього повітря, °С;

$Z_{\text{сут}}$ – кількість діб опалювального періоду, діб.

6.2 Контрольні питання та завдання

Використовуючи дані, наведені у таблиці 6.1, виконайте наступні завдання:

- розрахуйте річний тренд на 2020 рік;
- яке річне споживання за рік, що закінчується у березні 2020 року;
- яка різниця у % щодо рівня споживання у 2020 році в порівнянні з 2019 роком.

Таблиця 6.1

Вихідні данні для розрахунку

	Споживання електричної енергії	
	Загальне споживання	За рік
	кВт·год	кВт·год на рік
01.19	1933948	
02.19	1885527	
03.19	2035480	
04.19	1787040	
05.19	2188171	
06.19	2059525	
07.19	2212033	
08.19	2343101	
09.19	2140177	
10.19	2122688	
11.19	2003997	
12.19	1815108	
01.20	2231493	
02.20	2079846	
03.20	2005745	
04.20	2051067	
05.20	2284805	
06.20	2351364	
07.20	2792661	
08.20	2790161	
09.20	2590905	
10.20	2512566	
11.20	2392838	
12.20	2043434	

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Використання статистичних методів у системі енергетичного менеджменту

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок використання статистичних методів у системі енергетичного менеджменту

7.1 Основні теоретичні відомості

Ступінь взаємозв'язку між витратою енергоресурсу (наприклад, споживанням палива) та значеннями фактора впливу (наприклад, фактичних середньодобових температур зовнішнього повітря) слід аналізувати за допомогою регресійного аналізу.

Регресійний аналіз ґрунтується на проведенні аналізу залежності попарних значень двох масивів даних, один з яких – значення витрат енергоносія, другий – значення чинника, від якого залежить зміна значень у першому масиві.

Застосування регресійного аналізу дає змогу отримати співвідношення між обсягом витрати енергоносія та його змінним значенням. Найбільш проста й достатньо вірогідна модель для такого випадку – лінійна модель залежності у вигляді:

$$E=m*P+C \quad (7.1)$$

де E – витрата енергоносія;

P – значення чинника, що впливає на зміну витрати енергоносія;

m – коефіцієнт залежності, що зазначає змінну складову витрати енергоносія залежно від фактора впливу;

C – коефіцієнт залежності, що зазначає постійну складову витрати енергоносія, яка не залежить від фактора впливу.

Графік залежності будується в програмному пакеті електронних таблиць у вигляді діаграми точкового типу з двома рядами значень, де перший ряд – залежність нормативної витрати енергоносія, другий ряд – залежність фактичної

витрати енергоносія. Обидва ряди залежностей будуються від значень масиву даних фактора впливу.

Дану залежність (рисунок 7.1) можна представити ще в такому вигляді:

$$\text{Енергія} = \text{const} + \text{«Нахил»} * \text{Виробництво}. \quad (7.2)$$

Ця формула може бути використана для прогнозування очікуваного споживання для будь-якого заданого чинника. Також можна порівняти прогнозне та фактичне використання, щоб визначити продуктивність.

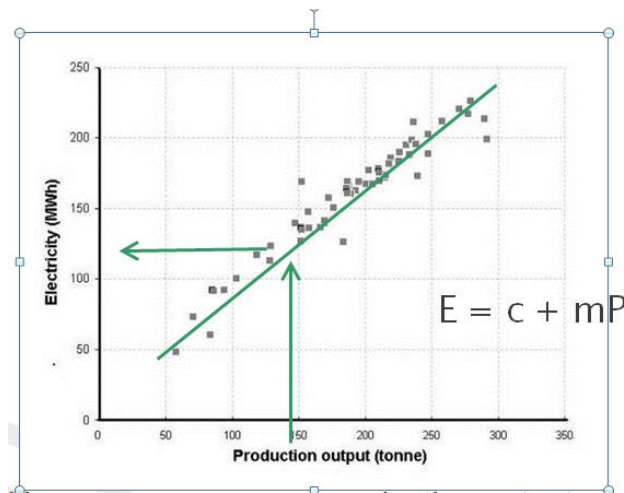


Рисунок 7.1 – Базовий рівень енергоспоживання

На діаграмі (рисунок 7.1) мають бути збудовані лінії тренду по кожному ряду попарних значень з зазначенням функції відображення рівняння та ступеня вірогідності апроксимації (коефіцієнт детермінації R^2) у властивостях кожної лінії тренду. Для нормативної витрати енергоносія від фактора впливу коефіцієнт детермінації лінії тренду має дорівнювати $R^2=1$.

Застосування регресійного аналізу дасть змогу одержати співвідношення між величиною споживання енергоресурсу та впливовим фактором.

Приклади графіків залежності витрат палива або електроенергії від кількості градусодіб наведено на рисунках 7.2 та 7.3.

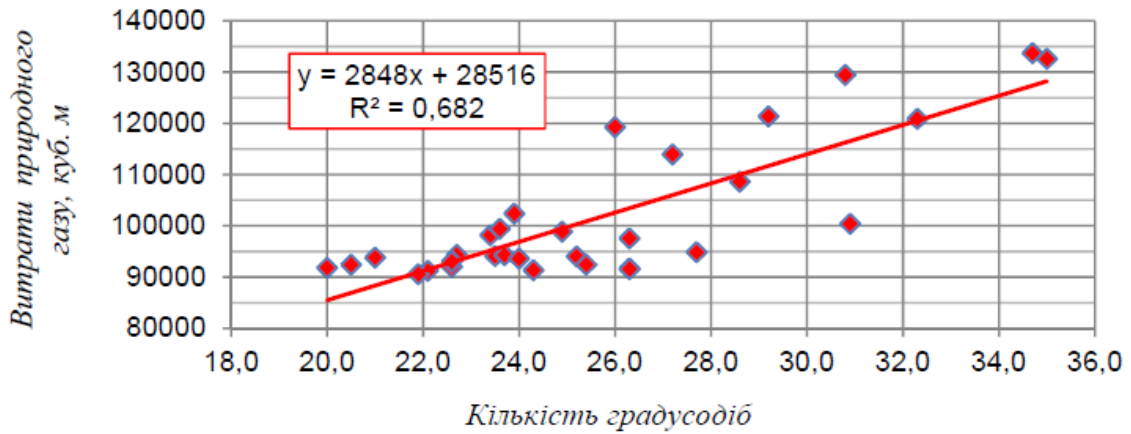


Рисунок 7.2 – Залежність споживання природного газу від градусодіб

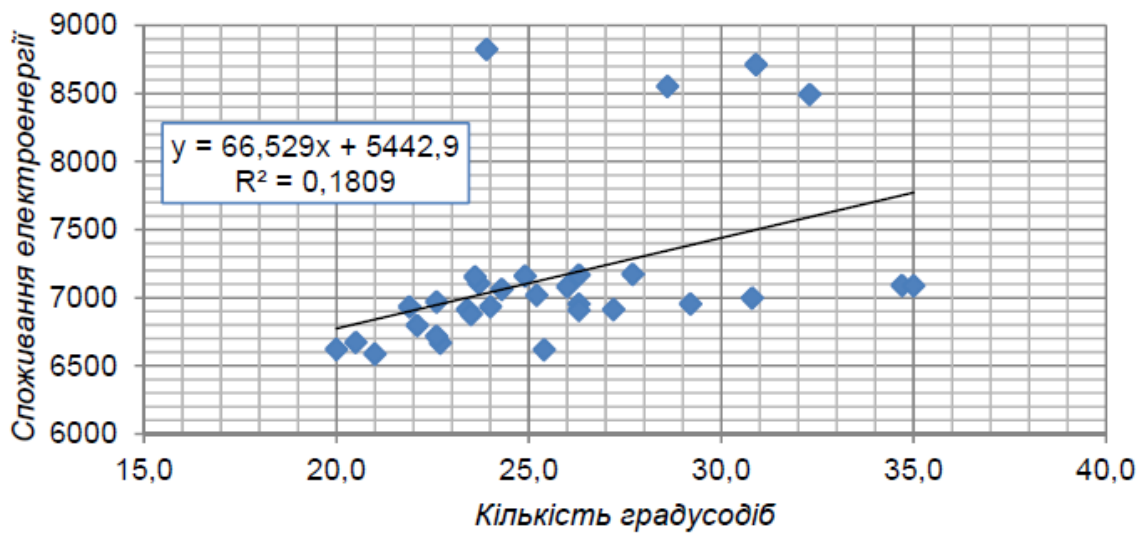


Рисунок 7.3 – Залежність споживання електричної енергії від градусодоби

Приклад побудови базового рівня в Excel

Були отримані дані споживання енергії та виробництво певного продукту щомісячно.

Етапи аналізу даних і наведено на рисунках 7.4-7.6

Послідовність виконання дій

Етап 1 – розміщення їх в стовпчиках відповідно кожному місяцю.

Етап 2 – використовуємо точкову діаграму для побудови залежності між споживанням і виробництвом.

Етап 3 – отримуємо залежність на рисунку.

Етап 4 – Вибираємо значення на площині (рисунок) натискаємо правою клавішою мишки, вибираємо список з меню «Додати лінію тренд».

Етап 5 – налаштовуємо демонстрацію рівняння і характеристики даного рівняння.

Етап 6 – отримуємо рівняння базового рівня з характеристиками.

В результаті отримана залежність дозволяє нам провести наступні дії:

- представити споживання і відповідну зміну;
- побачити тренд;
- дослідити дисперсію;
- отримати формулу.

Розуміння та інтерпретація результатів:

- перетин – споживання енергії, коли всі змінні = 0.
- R^2 - % відхилення пояснений змінними.

Високий R^2 :

- якщо всі передбаченні змінні включенні;
- сильна кореляція.

Низький R^2 :

- є інші змінні.

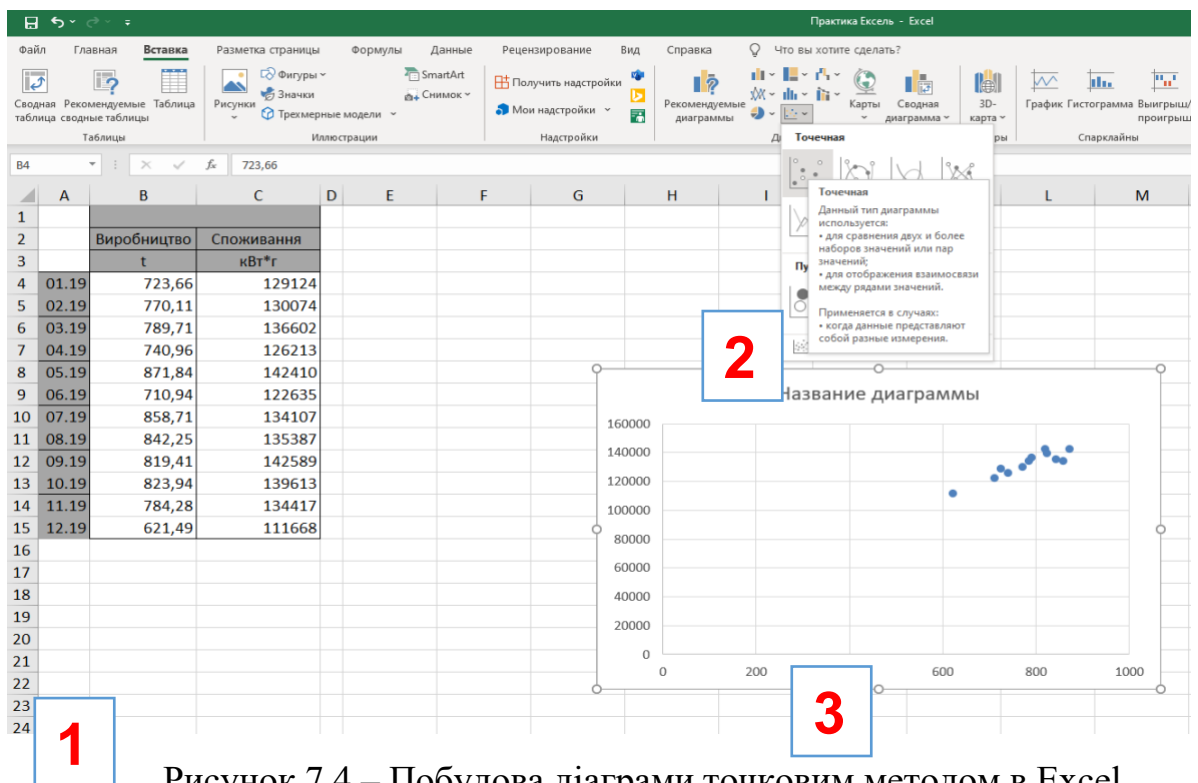


Рисунок 7.4 – Побудова діаграми точковим методом в Excel

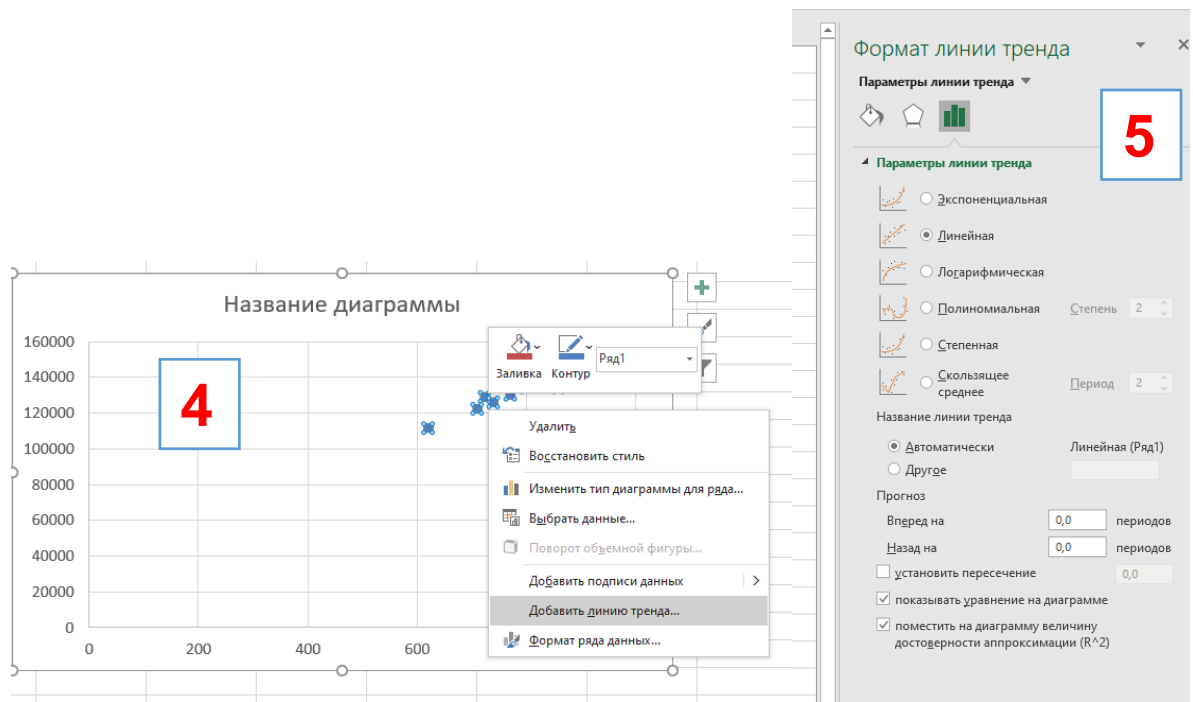


Рисунок 7.5 – Побудова тренду в Excel

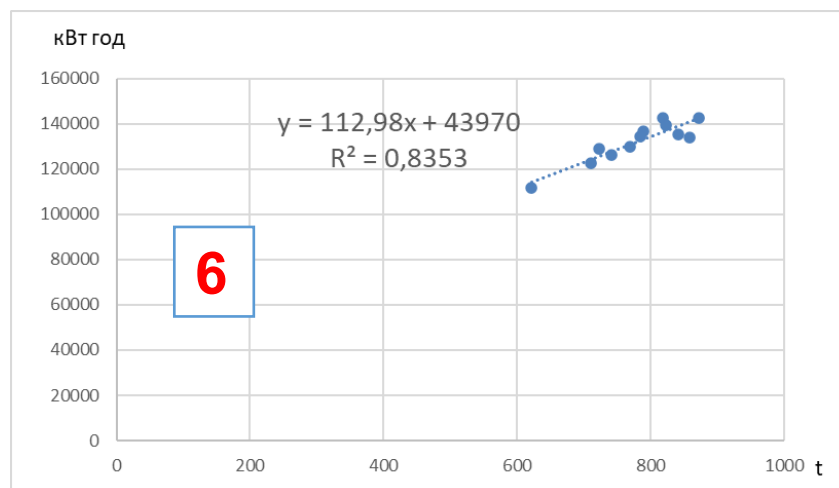


Рисунок 7.6 – Рівняння базового рівні енергоспоживання

7.2 Контрольні питання та завдання

1. Використайте дані (таблиця 7.1) і побудуйте кореляційну діаграму, щоб проаналізувати співвідношення між обсягом нарізаної продукції і споживанням.
2. Яке значення холостого ходу ?
3. Скільки кВт·год потрібно, щоб виробляти на 15 т. більше кожного місяця ?

Таблиця 7.1

Дані для аналізу

	ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ	
	Нарізка	Стиснене повітря
	t	кВт·год
01.19	964,9	86082,7
02.19	1026,8	86716,0
03.19	1052,9	91068,0
04.19	987,9	84142,0
05.19	1162,5	94940,0
06.19	947,9	81756,7
07.19	1144,9	89404,7
08.19	1123,0	90258,0
09.19	1092,5	95059,3
10.19	1098,6	93075,3
11.19	1045,7	89611,3
12.19	828,7	74445,3

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8. Основи вимірювання та верифікація рівня енергетичної ефективності

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок вимірювання та верифікація рівня енергетичної ефективності.

8.1 Основні теоретичні відомості

Для проведення моніторингу необхідно налаштувати EXCEL і включити макрос.

На рисунках 8.1-8.3 представлено послідовність дій щодо налаштування даного інструменту в EXCEL

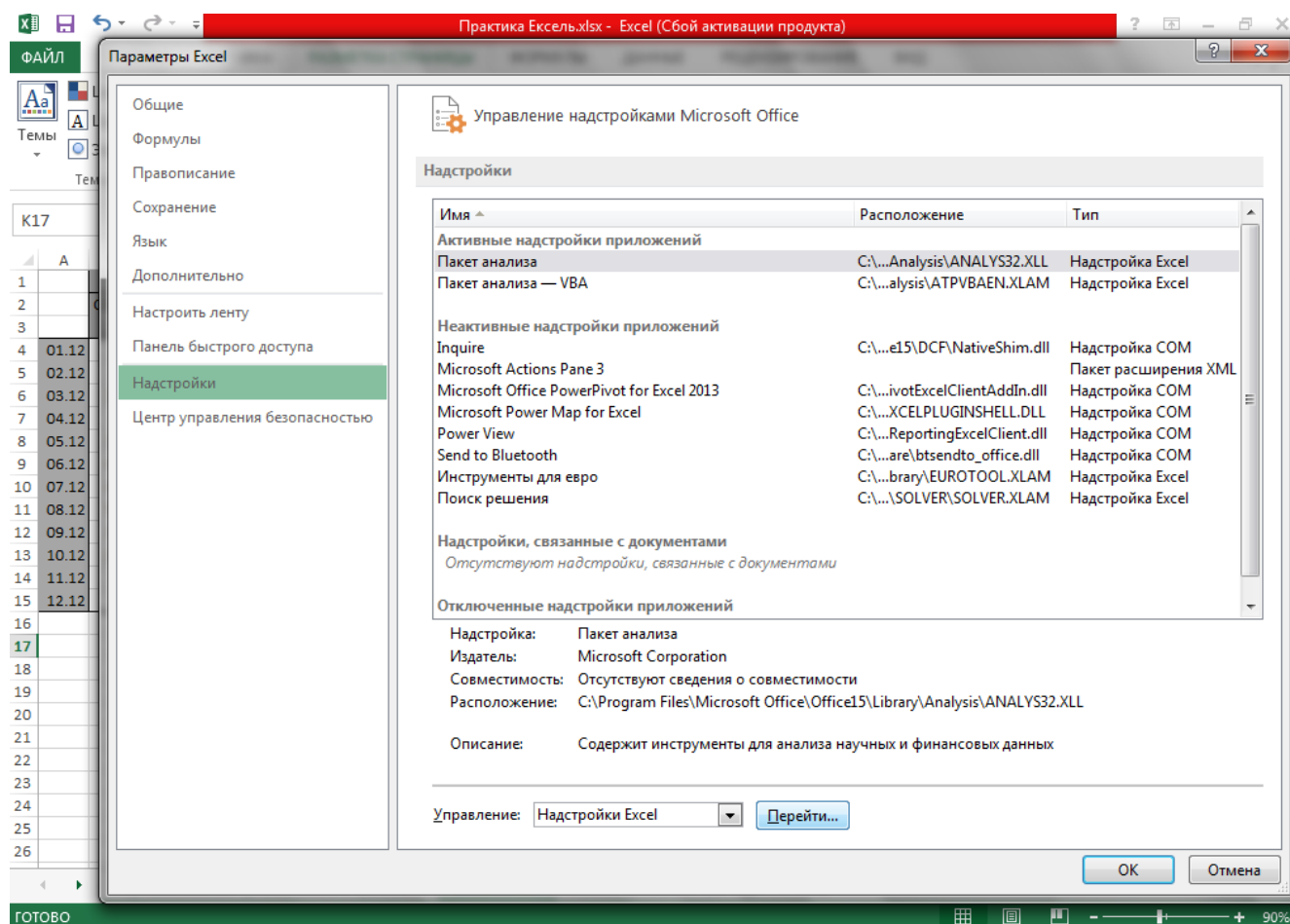


Рисунок 8.1 – Налаштування пакетів аналізу в EXCEL

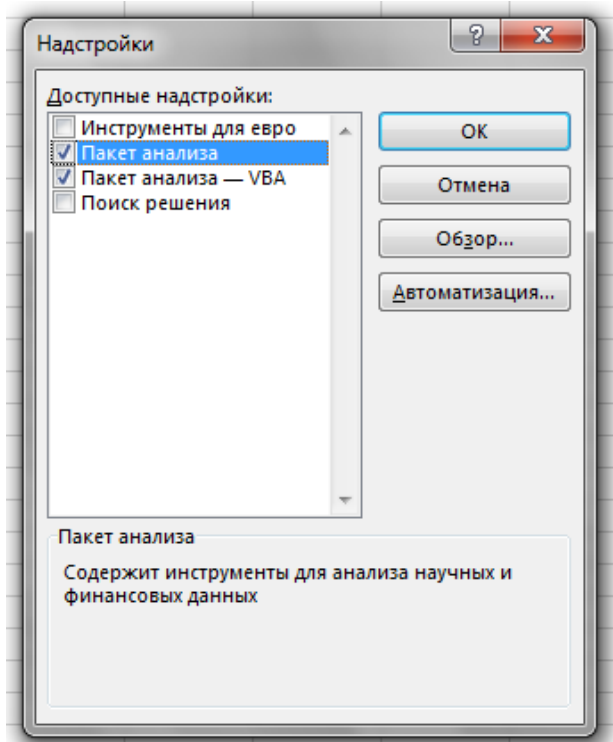


Рисунок 8.2 – Вибір елементів аналізу

Базовий рівень енергоспоживання (БРЕ) характеризується значенням показника енергетичної ефективності (ПЕЕ) протягом періоду дії базового рівня енергоспоживання. Порівняння між БРЕ та ПЕЕ звітного періоду можна використовувати для ілюстрації прогресу в досягненні цілей енергетики та енергетичних завдань і демонструвати поліпшення рівня досягнутої енергоефективності.

Для встановлення БРЕ треба зробити наведені нижче кроки:

- визначити конкретні цілі, для яких буде використовуватися БРЕ;
- визначити підходящий період даних;
- зібрати дані;
- визначити та перевірити БРЕ.

Для визначення БРЕ має бути виміряно або обчислено відповідні ПЕЕ з використанням даних енергоспоживання та визначальних змінних протягом періоду дії базового рівня енергоспоживання. За необхідності, БРЕ має бути перевірено на достовірність, щоб переконатися, що він є підходящим орієнтиром для порівняння. При використанні моделей достовірність БРЕ може бути визначено з використанням статистичних тестів, таких як P-Value, F-тест або коефіцієнта

детермінації для визначення відповідності вибраної статистичної моделі. Якщо визначена модель не є відповідною, організація повинна враховувати коригування БРЕ або визначити нову модель, відповідну ПЕЕ та БРЕ. Результати тестування має бути записано.

Приклад побудови базового рівня з використанням пакета аналізу

На рисунках 8.3-8.7 наведено порядок проведення аналізу у середовищі EXCEL.

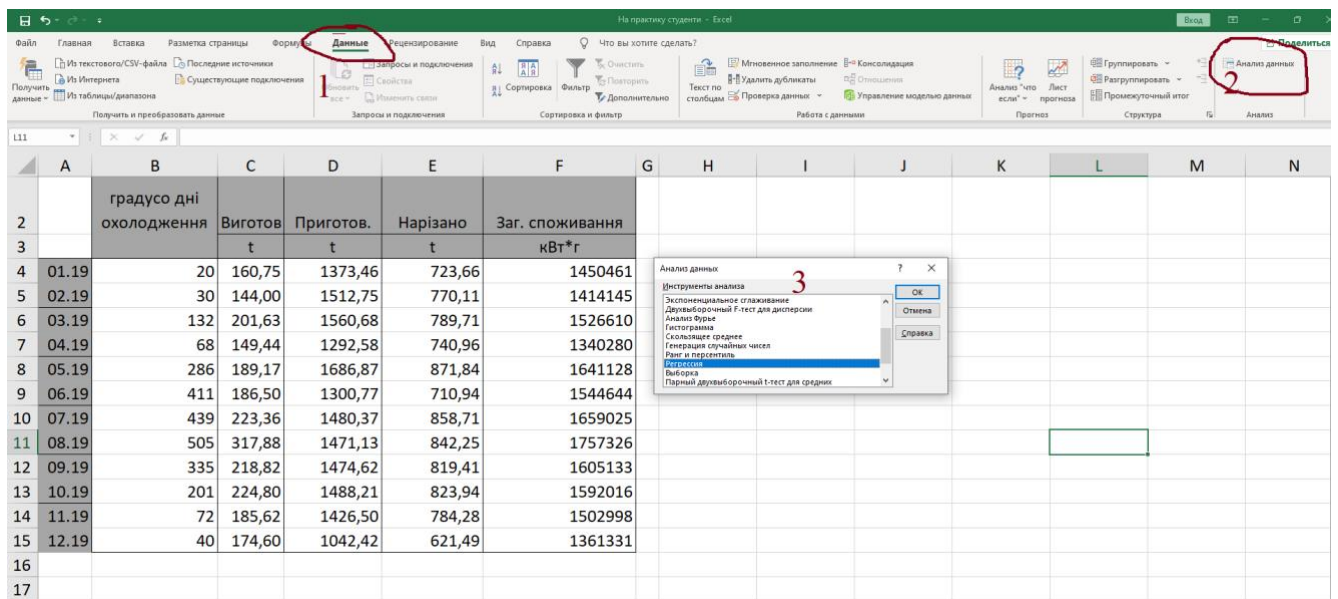


Рисунок 8.3 – Вибір регресійного методу в Excel

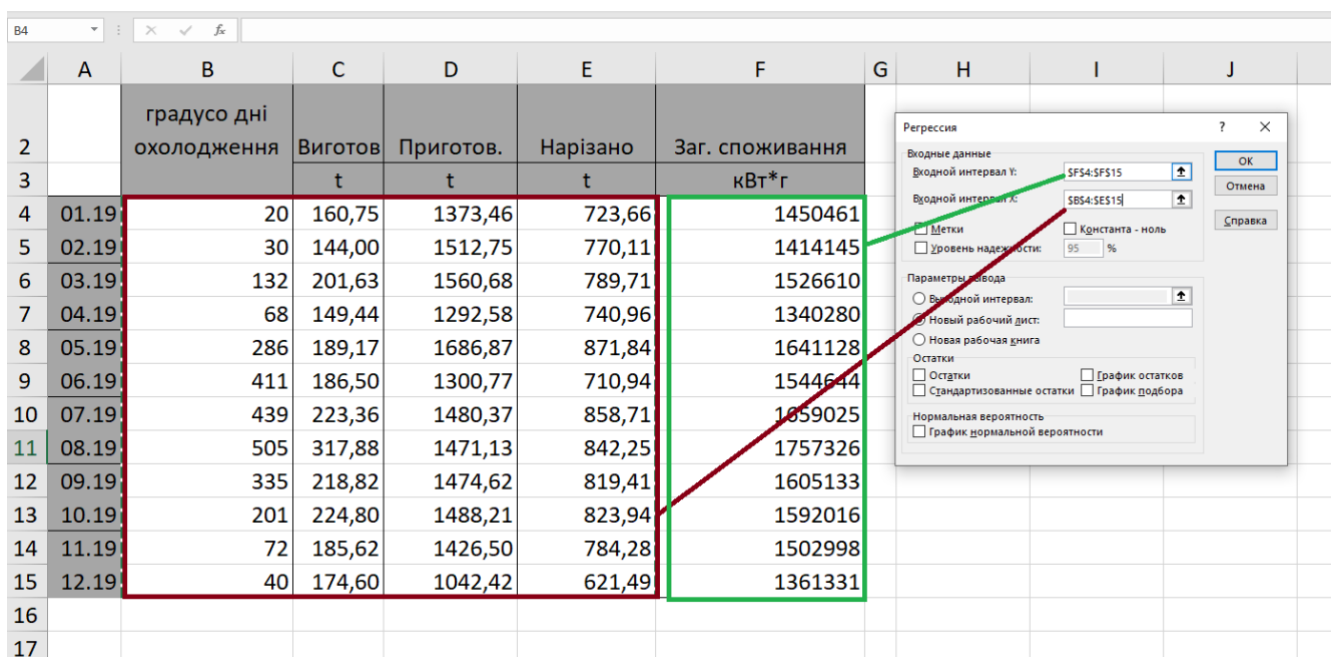


Рисунок 8.4 – Налаштування регресійного методу в Excel

1	Вывод итогов								
2									
3	Регрессионная статистика								
4	Множественный R	0,978420261							
5	R-квадрат	0,957306208							
6	Нормированный R-к	0,941296036							
7	Стандартная ошибка	30578,46516							
8	Наблюдения	12							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		df	SS	MS	F	Значимость F			
12	Регрессия	3	1,68E+11	55909581792	59,79362426	8,03545E-06			
13	Остаток	8	7,48E+09	935042531,4					
14	Итого	11	1,75E+11						
15									
16		Коэффициенты	артная о-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95%	Верхние 95%	
17	Y-пересечение	830128,8754	93716	8,85792086	2,08278E-05	614019,4012	1046238	614019,4	1046238
18	Переменная X 1	298,5220169	82,77912	3,606247556	0,006919252	107,6330125	489,411	107,633	489,411
19	Переменная X 2	1193,062099	311,7368	3,827145842	0,005038299	474,1958087	1911,928	474,1958	1911,928
20	Переменная X 3	282,881687	59,75347	4,734146327	0,001475028	145,0899301	420,6734	145,0899	420,6734
21									
22									
23									

Рисунок 8.6 – Результати повторного регресійного аналізу

	A	B	C	D	E	F	G
		Градуси дні охлаждения	Виготов	Приготов.	Нарізано	Заг. споживання	
2		X1	X2	X3			
3			t	t	t	кВт*г	
4	01.19	20	160,75	1373,46	723,66	1450461	
5	02.19	30	144,00	1512,75	770,11	1414145	
6	03.19	132	201,63	1560,68	789,71	1526610	
7	04.19	68	149,44	1292,58	740,96	1340280	
8	05.19	286	189,17	1686,87	871,84	1641128	
9	06.19	411	186,50	1300,77	710,94	1544644	
10	07.19	439	223,36	1480,37	858,71	1659025	
11	08.19	505	317,88	1471,13	842,25	1757326	
12	09.19	335	218,82	1474,62	819,41	1605133	
13	10.19	201	224,80	1488,21	823,94	1592016	
14	11.19	72	185,62	1426,50	784,28	1502998	
15	12.19	40	174,60	1042,42	621,49	1361331	

Рисунок 8.7 – Отримані критерії регресійного аналізу

В результаті отримаємо багатофакторне регресійне рівняння для побудови БРЕ:

$$\text{кВт год} = 830128,87 + 298,52 * X1 + 1193,06 * X2 + 282,88 * X3 \quad (8.1)$$

8.2 Контрольні питання та завдання

1. Використовуючи вихідні дані (таблиця 8.1) визначте багатофакторне регресійне рівняння для прогнозування споживання електроенергії, враховуючи вагомість кожного фактору.

2. Використовуючи отримане рівняння визначте наступне:

- прогноз щомісячного споживання на 2020 р., якщо очікується зменшення виробництва на 8% ніж у 2019 р.

- який бюджет на 2020 р. необхідно запланувати за спожиту електроенергію, якщо тариф складає 3,5 грн. за кВт год.

Таблиця 8.1

Вихідні дані для аналізу

	CDD5	Вил.	Приготов.	Наріzano	Заг. споживання
		t	t	t	кВт·год
01.19	28	214,333	457,82	536,90	2900385,1
02.19	38	192	504,25	580,08	2827709,921
03.19	140	268,84	520,2267	696,08	3052523,921
04.19	76	199,253	430,86	597,26	2679962,743
05.19	294	252,227	562,29	908,74	3281347,257
06.19	419	248,667	433,59	918,81	3088369,186
07.19	447	297,813	493,4567	1052,36	3316997,636
08.19	513	423,84	490,3767	1106,61	3513545,393
09.19	343	291,76	491,54	920,29	3209345,707
10.19	209	299,733	496,07	789,53	3183242,471
11.19	80	247,493	475,5	632,20	3005363,8
12.19	48	232,8	347,4733	483,92	2722178,079

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9. Моніторинг енергоефективності

Тривалість практичної роботи – 2 год.

Мета роботи – набуття навичок проведення моніторингу енергоефективності

9.1 Основні теоретичні відомості

Відповідно до схеми концепції рівня досягнутої енергоефективності та метод їх візуалізації представлено на рисунку 9.1. Необхідно подати результати відповідно до потреб користувачів. Наприклад, для вищого керівництва може бути необхідна схема з результатами по всій організації. Результати, що стосуються певних дій, можуть бути необхідні для оператора об'єкта. Детальні результати можуть більше підходити інженерам для встановлення дій з поліпшення рівня досягнутої енергоефективності.

Поточне значення енергії та її визначальні змінні може бути представлено як на рисунку 9.1. Інформацію періоду дії базового рівня енергоспоживання, записану в набір даних, також наведено. В подальшому встановлені значення за допомогою моделі БРЕ також буде зазначено, якщо було використано модель ПЕЕ.

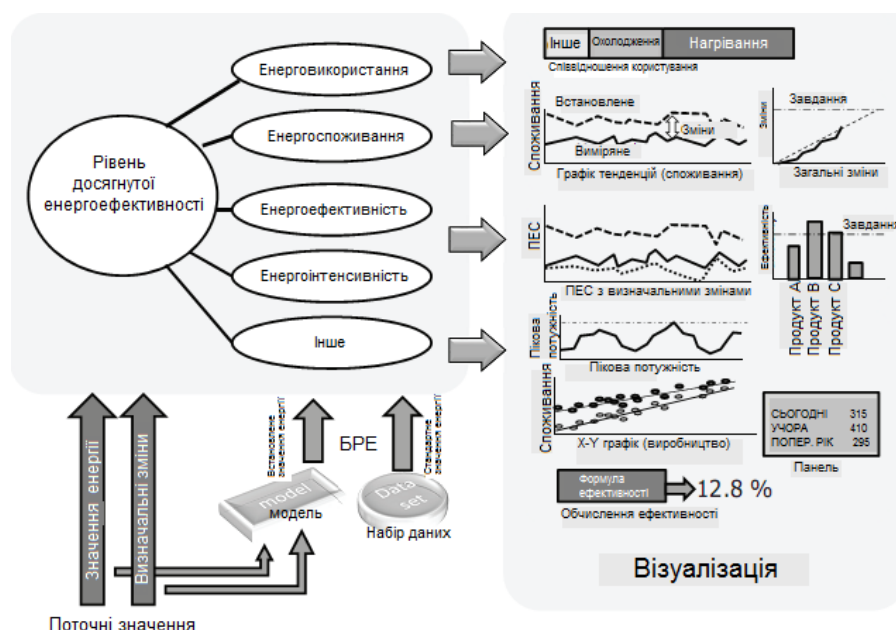


Рисунок 9.1 – Загальний вигляд моніторингу та звітності щодо рівня досягнутої енергоефективності

Приклад проведення моніторингу енергоефективності

На рисунках 9.2-9.7 наведено порядок проведення моніторингу енергоефективності у середовищі EXCEL.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ												
2		Градусо дні охолодження	Вил.	Приготов.	Нарізано	Заг. споживання	Очіку-вано	ЕпРС	Реальна економія (Act-Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ	
3														
4		°C	t	t	t	кВт*г					2,5%			
5										0				0
6	01.20	26	186,04	1491,82	813,15	1487662								
7	02.20	21	155,68	1172,28	735,36	1386564								
8	03.20	70	146,98	1166,62	721,74	1337163								
9	04.20	116	170,38	1486,95	802,17	1367378								
10	05.20	132	200,67	1659,13	874,10	1523203								
11	06.20	267	243,04	1643,38	966,75	1567576								
12	07.20	478	288,44	1904,17	983,69	1861774								
13	08.20	429	422,85	1786,97	1210,68	1860107								
14	09.20	330	305,21	1848,96	1213,42	1727270								
15	10.20	228	285,42	1818,81	1039,42	1675044								
16	11.20	73	243,59	1834,90	976,44	1595225								
17	12.20	19	213,96	1267,06	807,31	1362289								
18														

Рисунок 9.2 – Вихідні дані для проведення моніторингу

B2																		
		ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ																
		Градусо дні охолодження	Вил.	Приготов.	Нарізано	Заг. споживання	Очіку-вано	ЕпРС	Реальна економія (Act-Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ					
		°C	t	t	t	кВт*г					2,5%							
										0							0	
6	01.20	26	186,04	1491,82	813,15	1487662												
7	02.20	21	155,68	1172,28	735,36	1386564												
8	03.20	70	146,98	1166,62	721,74	1337163												
9	04.20	116	170,38	1486,95	802,17	1367378												
10	05.20	132	200,67	1659,13	874,10	1523203												
11	06.20	267	243,04	1643,38	966,75	1567576												
12	07.20	478	288,44	1904,17	983,69	1861774												
13	08.20	429	422,85	1786,97	1210,68	1860107												
14	09.20	330	305,21	1848,96	1213,42	1727270												
15	10.20	228	285,42	1818,81	1039,42	1675044												
16	11.20	73	243,59	1834,90	976,44	1595225												
17	12.20	19	213,96	1267,06	807,31	1362289												

кВт год = 830128,87+298,52*X1+1193,06*X2+282,88*X3

Рисунок 9.3 – Прогнозування очікуваного енергоспоживання

ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ							
Заг. споживання	Очіку- вано	EnPC	Реальна економія (Act- Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
кВт*г					2,5%		
				0			0
1487662	1481856	1,004					
1386564	1353750	1,024					
1337163	1356397	0,986					
1367378	1488662	0,919					
1523203	1578283	0,965					
1567576	1664678	0,942					
1861774	1855604	1,003					
1860107	1968182	0,945					
1727270	1815813	0,951					
1675044	1753224	0,955					
1595225	1661599	0,960					
1362289	1449496	0,940					

Коефіцієнт ЕЕ - це реальне споживання, поділене на очікуване

Рисунок 9.4 – Визначення коефіцієнта енергетичної ефективності

F	G	H	I	J	K	L	M	N
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ								
Заг. споживання	Очіку- вано	EnPC	Реальна економія (Act- Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ	
кВт*г					2,5%			
				0				0
1487662	1481856	1,004	5806					
1386564	1353750	1,024	32814					
1337163	1356397	0,986	-19234					
1367378	1488662	0,919	-121284					
1523203	1578283	0,965	-55080					
1567576	1664678	0,942	-97102					
1861774	1855604	1,003	6170					
1860107	1968182	0,945	-108075					
1727270	1815813	0,951	-88543					
1675044	1753224	0,955	-78180					
1595225	1661599	0,960	-66374					
1362289	1449496	0,940	-87207					

Дійсна економія - це різниця між реальним і очікуваним споживанням

Рисунок 9.5 – Розрахунок реальної економії

EnPC	Реальна економія (Act-Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
			2,5%		
		0			0
1,004	5806	5806			
1,024	32814	38619			
0,986	-19234	19385			
0,919	-121284	-101899			
0,965	-55080	-156979			
0,942	-97102	-254081			
1,003	6170	-247911			
0,945	-108075	-355986			
0,951	-88543	-444529			
0,955	-78180	-522709			
0,960	-66374	-589082			
0,940	-87207	-676290			

Реальна економія КУСУМ – це сумарна економія з самого початку

Рисунок 9.6 – Розрахунок КУСУМ

G	H	I	J	K	L	M
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ						
Очіку-вано	EnPC	Реальна економія (Act-Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
				2,5%		
		$*0,975=$	0			0
1481856	1,004	5806	5806	1444810		
1353750	1,024	32814	38619	1319907		
1356397	0,986	-19234	19385	1322487		
1488662	0,919	-121284	-101899	1451446		
1578283	0,965	-55080	-156979	1538826		
1664678	0,942	-97102	-254081	1623061		
1855604	1,003	6170	-247911	1809214		
1968182	0,945	-108075	-355986	1918978		
1815813	0,951	-88543	-444529	1770417		
1753224	0,955	-78180	-522709	1709393		
1661599	0,960	-66374	-589082	1620059		
1449496	0,940	-87207	-676290	1413259		

Цільове споживання – це споживання, яке ми хочемо отримати.

Наприклад, мета тут - зекономити 2,5%

Рисунок 9.7 – Розрахунок цільового споживання при 2,5%

Очіку- вано	EnPC	Реальна економія (Act- Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
				2,5%		
			0			0
1481856	1,004	5806	5806	1444810	=K6-G6	-37046
1353750	1,024	32814	38619	1319907		-70890
1356397	0,986	-19234	19385	1322487		-104800
1488662	0,919	-121284	-101899	1451446		-142017
1578283	0,965	-55080	-156979	1538826		-181474
1664678	0,942	-97102	-254081	1623061		-223091
1855604	1,003	6170	-247911	1809214		-269481
1968182	0,945	-108075	-355986	1918978		-318685
1815813	0,951	-88543	-444529	1770417		-364081
1753224	0,955	-78180	-522709	1709393		-407911
1661599	0,960	-66374	-589082	1620059		-449451
1449496	0,940	-87207	-676290	1413259		-485689

Рисунок 9.8 – Розрахунок значень цільового споживання при 2,5%

Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
2,5%		
		0
1444810	-37046	=M5+L6
1319907	-33844	-70890
1322487	-33910	-104800
1451446	-37217	-142017
1538826	-39457	-181474
1623061	-41617	-223091
1809214	-46390	-269481
1918978	-49205	-318685
1770417	-45395	-364081
1709393	-43831	-407911
1620059	-41540	-449451
1413259	-36237	-485689

Рисунок 9.9 – Розрахунок КУСУМ
цільового споживання при 2,5%

1		ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ											
2		CDD5	Вил.	Приготов	Нарізано	Заг. споживання	Очіку-вано	EnPC	Реальна економія (Act-)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
3											споживання		
4		°C	t	t	t	кВт*г					2,5%		
5										0			0
6	01.13	26	186,04	1491,82	813,15	1487662	1481856,279	1,004	5806	5806	1444810	-37046	-37046
7	02.13	21	155,68	1172,28	735,36	1386564	1353750,289	1,024	32814	38619	1319907	-33844	-70890
8	03.13	70	146,98	1166,62	721,74	1337163	1356397,118	0,986	-19234	19385	1322487	-33910	-104800
9	04.13	116	170,38	1486,95	802,17	1367378	1488662,274	0,919	-121284	-101899	1451446	-37217	-142017
10	05.13	132	200,67	1659,13	874,10	1523203	1578283,046	0,965	-55080	-156979	1538826	-39457	-181474
11	06.13	267	243,04	1643,38	966,75	1567576	1664678,173	0,942	-97102	-254081	1623061	-41617	-223091
12	07.13	478	288,44	1904,17	983,69	1861774	1855604,053	1,003	6170	-247911	1809214	-46390	-269481
13	08.13	429	422,85	1786,97	1210,68	1860107	1968182,217	0,945	-108075	-355986	1918978	-49205	-318685
14	09.13	330	305,21	1848,96	1213,42	1727270	1815812,548	0,951	-88543	-444529	1770417	-45395	-364081
15	10.13	228	285,42	1818,81	1039,42	1675044	1753223,721	0,955	-78180	-522709	1709393	-43831	-407911
16	11.13	73	243,59	1834,90	976,44	1595225	1661598,587	0,960	-66374	-589082	1620059	-41540	-449451
17	12.13	19	213,96	1267,06	807,31	1362289	1449496,431	0,940	-87207	-676290	1413259	-36237	-485689
18													

Рисунок 9.10 – Загальний вигляд таблиці моніторингу енергоефективності

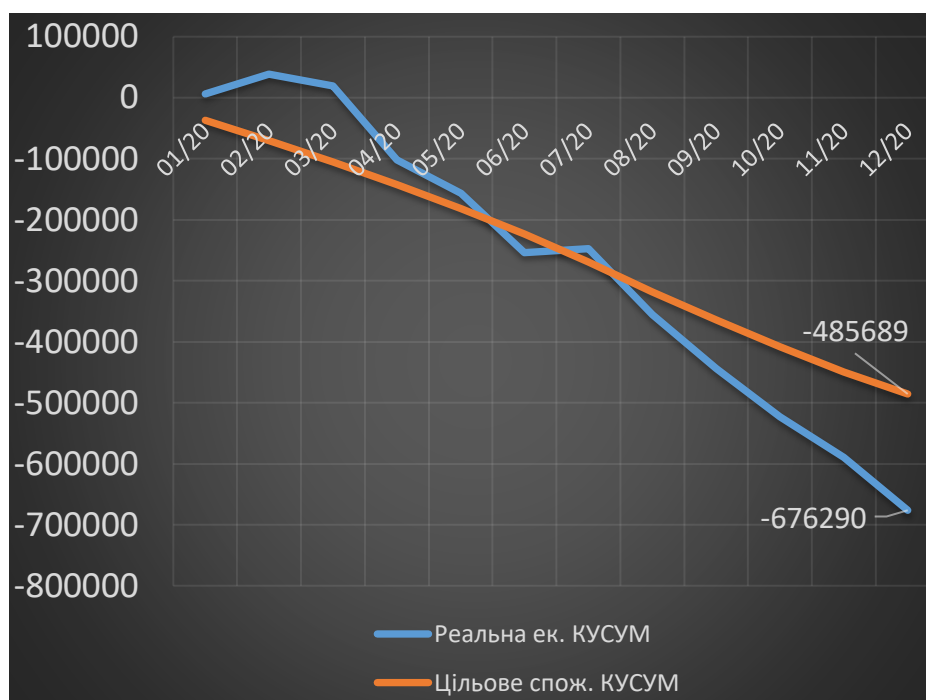


Рисунок 9.11 – Представлення КУСУМів графічно

Проведемо аналіз одержаних даних:

1. Чи була досягнута мета у 2020 році зменшити споживання на 2,5%?
2. Скільки зекономлено на кВт*год до серпня?
3. Скільки зекономлено на кВт*год за 2020 рік?
4. Який місяць найкращий?

9.2 Контрольні питання та завдання

1. Побудувати графік, який демонструє результат впровадження системи енергетичного менеджменту (таблиця 9.1).
2. Чи досягнута була мета у 2020 році 7 % ?
3. Скільки зекономлено кВт*год до червня ?
4. Скільки зекономлено кВт*год за 2020 р ?
5. Який місяць найкращий ?

Таблиця 9.1

Дані для аналізу

	CDD5	Вил.	Приготов.	Нарізано	Заг. споживання
	°C	t	t	t	кВт*г
01.19	139	20	18	729	781373,6993
02.19	155	25	24	741	1543873,528
03.19	162	26	17	719	1748561,633
04.19	139	22	17	737	969549,4195
05.19	144	20	19	728	833887,4573
06.19	160	20	16	755	1118455,808
07.19	125	20	18	734	640820
08.19	133	20	21	701	654351,488
09.19	141	23	16	744	1114773,539
10.19	158	24	21	744	1503291,658
11.19	152	26	24	722	1521860,036
12.19	159	20	20	704	946229,4029

Таблиця для виконання розрахунків

	CDD5	Вил.	Приготов.	Нарізано	Заг. споживання	Очікувано	EnPC	Реальна економія (Act-Exp)	Реальна ек. КУСУМ	Цільове споживання	Цільове спож. (Tgt-Exp)	Цільове спож. КУСУМ
	°C	t	t	t	кВт·год					7,0%		
01.20	139	23	19	725	760387,3							
02.20	157	22	21	750	694949,3							
03.20	165	24	22	756	997876,2							
04.20	139	24	18	721	1058364							
05.20	144	25	21	728	1046930							
06.20	160	25	13	720	735007,4							
07.20	133	23	14	765	863235,9							
08.20	133	21	21	745	566751,2							
09.20	150	24	17	740	809798							
10.20	158	24	15	742	730117,8							
11.20	163	26	17	749	702043,2							
12.20	170	26	15	745	908338,7							

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетичний менеджмент та енергоефективність : підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець та ін. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 348 с.
2. Хмельнюк М. Г., Яковлева О. Ю., Остапенко О. В., Бежан В. О. Енергетичний менеджмент і аудит. 1 частина : підручник. 2-ге вид., переробл. і доп. / за ред. М. Г. Хмельнюка. Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. 237 с.
3. Чернявський А. В., Іншеков Є. М., Соловей О. І., Бориченко О. В., Пертко П. П. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 : навч. посіб. / за ред. Є. М. Іншекова, А. В. Чернявського. Київ : Проєкт UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. 137 с. URL: http://www.ukriee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf
4. Іншеков Є. М., Нікітін Є. Є., Тарновський М. В., Чернявський А. В. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту : навч. посіб. Київ : Поліграф плюс, 2014. 238 с.
5. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.
6. ДСТУ ISO 50006:2016. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016. 56 с.
7. ДСТУ EN 16231:2017. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності (EN 16231:2012, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2017. 34 с.
8. Про затвердження Правил надання послуги з постачання теплової енергії і типових договорів про надання послуги з постачання теплової енергії : Постанова

Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2019 р. № 830, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/830-2019-%D0%BF#Text>.

9. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ООО «ДТЭК»: монография / Е. В. Бориченко, О. В. Горбунов и др. Под общ. ред. С. П. Денисюка. Киев, 2014. 504 с.

10. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко. За ред. Н. Усенко, А. Чернявського. Київ: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020. 280 с.

11. Stephen A. Roosa, Steve Doty, Wayne C. Turner. Energy Management Handbook: 9th edition. River Publishers, 2018. 912 p.

Інформаційні ресурси

- Certified Energy Manager [Electron. resource] / USA. – Access link: <https://www.aeecenter.org/certifications/certifications/certified-energy-manager>
- EMAS and EnErgy Management - European Commission [Electron. resource] / EC. – Access link: <https://ec.europa.eu>
- Енергетичний аудит та менеджмент [Електрон. ресурс] / Держенергоефективності України. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/business/energetichny-audit-ta-manadzment>
- Публікації ПРООН в Україні [Електрон. ресурс] / ПРООН в Україні. – Режим доступу: <https://issuu.com/undpukraine>
- ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukriee.org.ua/>