

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу  
машинобудівних технологій

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для практичного заняття № 6

на тему:

**Оцінка ефективності витрат  
електроенергії на технологічне  
устаткування й спорядження**

з дисципліни

**Ефективність інженерних рішень**

Тернопіль, 2023

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу  
машинобудівних технологій

# **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для практичного заняття № 6

на тему:

## **Оцінка ефективності витрат електроенергії на технологічне устаткування й спорядження**

з дисципліни

**Ефективність інженерних рішень**

Для практичних занять і самостійної роботи студентів  
всіх форм навчання та дистанційної освіти

Призначена для здобувачів вищої освіти  
освітнього рівня – бакалавр  
за спеціальністю 131 – “Прикладна механіка”

Тернопіль, 2023

Методичні вказівки розроблені відповідно до освітньої програми та навчального плану підготовки здобувачів вищої освіти, освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Укладачі: д.т.н., проф. Василь ВАСИЛЬКІВ  
к.т.н., доц. Лариса ДАНИЛЬЧЕНКО  
к.т.н., доц. Ігор ЯРЕМА  
к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Рецензент: к.т.н., асист. Валерій БУХОВЕЦЬ

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Методичні вказівки розглянуті та схвалені на методичному семінарі кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Протокол № 10 від 25.05.2023 р.

Методичні вказівки рекомендовано до друку науково-методичною комісією ФМТ.

Протокол № 9 від 25.05.2023 р.

**Мета роботи:** набуття навичок та умінь розрахунку витрат і економії електроенергії, витраченої на роботу обладнання, устаткування цехів, дільниць і робочих місць.

## КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Енергоефективність та енергозбереження – ключові поняття забезпечення ефективності як підприємств, так і держави в цілому. При цьому саме промисловість є однією з галузей нераціонального використання ресурсів, бо це негативно позначається на собівартості продукції.

Енергозбереження – це комплекс організаційних, виробничих, наукових, економічних, технічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання та економне витрачання паливно-енергетичних ресурсів.

Енергомісткість виробництва – це величина споживання енергії та палива на основні та допоміжні технологічні процеси виготовлення продукції, виконання робіт, надання послуг на базі заданої технологічної системи.

Ефективність будується на балансі доходів і витрат виробництва, в число яких неодмінно входять витрати на споживану енергію: теплову, електричну та іншу. І чим ці витрати менші, тим ефективнішим є бізнес. Чим менше енергомісткість, тим вище енергоефективність. Енергозбереження в будь-якій сфері зводиться до раціонального використання енергії, зниження непродуктивних втрат.

Основними причинами низької енергетичної ефективності підприємств є:

- фізичне та моральне зношення основних засобів і, як наслідок, висока енергомісткість обладнання;
- низький рівень контролю та регулювання споживання енергоресурсів;
- підвищені втрати у виробничих процесах і висока витрата первинних паливно-енергетичних ресурсів;

– нестача кваліфікованих фахівців у сфері енергетичного менеджменту;

– низький рівень мотивації персоналу до енергозбереження тощо.

Однією з основних умов підвищення енергоефективності підприємства є можливість власного забезпечення електроенергією найважливіших ділянок виробництва, для чого потрібно створити резервне джерело електричної енергії та систему резервного (автономного) електропостачання. Дизель-генераторні установки, газопоршневі електростанції, джерела безперебійного живлення – ось неповний список обладнання для забезпечення енергобезпеки підприємства. Власна генерація електроенергії дозволяє не залежати від зовнішніх постачальників, і підприємство буде в змозі самотійно підтримувати режим аварійного живлення, а також пікові навантаження в енергосистемі.

Системний підхід до аналізу енергобезпеки промислового підприємства вимагає скрупульозний облік усіх значущих чинників, що впливають на стабільність виробничої енергосистеми.

Показники енергобезпеки підсистем оцінюють надійність і якість функціонування кожного виду електротехнічного обладнання, що відноситься до даного рівня; якість електроенергії; забезпечення всіх необхідних електричних, електромеханічних, електротермічних і технологічних режимів; ефективність використання електроенергії; зведення до мінімуму шкоди в аварійних режимах загальної системи електропостачання; електромагнітну сумісність між джерелами і приймачами електроенергії; комерційний і технічний обліки споживаної електроенергії; рівень автоматизації і прогнозування розподілом і споживанням електроенергії.

Оцінка рівня енергетичної безпеки промислових споживачів дозволить розробити механізм забезпечення їх енергетичної безпеки, який спрямовано на підвищення енергоефективності виробництва і дозволить визначити напрями удосконалення механізмів керування виробничою діяльністю.

Чинники, що суттєво впливають на рівень енергобезпеки промислового підприємства:

- 1) безперервність електропостачання;
- 2) рівень сплати за спожиту електроенергію;
- 3) рівень втрат електроенергії у мережах підприємства;
- 4) ступінь зношення енергоустаткування;
- 5) стале відхилення напруги.

З метою аналізу енергоефективності підприємства виділяють показники, подані в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники оцінки ефективності керування енергоносіями на підприємстві.

№ з/п	Найменування показника	Порядок розрахунку
Щомісяця		
1.	Корисний відпуск електроенергії споживачам	Відношення показника в звітному місяці поточного року до аналогічного в минулому році
2.	Технологічна складова втрат електроенергії	Частка від отриманої мережею електроенергії
3.	Встановлене відхилення напруги	Середньомісячне значення за всіма споживачами
4.	Частка крупних промислових споживачів	Частка споживання крупними промисловими підприємствами в загальному корисному відпуску
5.	Комерційна складова втрат електроенергії	Частка від отриманої мережею електроенергії
6.	Витрати на поставлену електроенергію	Частка від виставленої суми до оплати споживачам
7.	Рівень техніки безпеки на підприємстві	Кількість нещасних випадків та виробничих травм за місяць
8.	Стан розрахунків з персоналом компанії	Кількість днів заборгованості персоналу по заробітній платі
9.	Прибуток підприємства	Темп зростання прибутку

## Продовження таблиці 1.

№ з/п	Найменування показника	Порядок розрахунку
Щороку		
1	Рівень фактичних втрат електроенергії у мережах	Частка від отриманої мережею електроенергії
2	Рівень автоматизації керування організацією	Кількість одиниць електронно-обчислювальної техніки на одного керівника
3	Обсяг засвоєних інвестицій на нову техніку	Частка грошових коштів на нову техніку від загальної вартості основних фондів
4	Ефективність існуючої системи мотивації персоналу	Частка робітників, задоволених системою винагородження
5	Рівень забезпечення соціальних гарантій працівникам	Частка соціальних виплат відповідно річного фонду оплати праці
6	Ступінь зношення устаткування	Коефіцієнт придатності
7	Рентабельність	Відношення прибутку від передачі електроенергії до витрат на передачу

Виділяють основні види енергозберігаючих заходів:

1) організаційні заходи – це заходи швидкої віддачі: складання енергетичного паспорта підприємства, розроблення заходів енергозбереження та підвищення ефективності технологічних процесів, моніторинг виконання прийнятих заходів стимулювання і мотивація енергозберігаючої поведінки, введення права розпоряджатися коштами від економії енергоресурсів, встановлення правил закупівлі обладнання для енергоефективних технологій. Заходи швидкої віддачі можна розробити і реалізувати в межах року і вони дають суттєвий ефект при незначних витратах.

2) технологічні заходи – це базові заходи, вони є радикальнішими та сприяють швидкому здійсненню ефективних і фінансово привабливих інвестицій. Передбачають введення стандартів енергоефективності в сфері використання виробничих будівель, промислове обладнання, впровадження систем оборотного водопостачання, очищення вікон, фарбування стін приміщень світлою фарбою, використання відпрацьованого тепла холодильників і кондиціонерів для підігріву води, впровадження систем частотного регулювання та інших пристроїв, що забезпечують підвищення коефіцієнта корисної дії електродвигунів в системах вентиляції, на насосних станціях та інших об'єктах зі змінним навантаженням;

3) інвестиційні заходи – це високовартісні та високоефективні заходи, що сприяють усуненню основних причин низької енергоефективності, у більшості випадків гарантують більш суттєву економію енергоресурсів, але вимагають вищих початкових витрат. Це перш за все перехід до альтернативних джерел енергопостачання та використання сучасних енергозберігаючих технологій виробництва продукції. Крім того, велике значення для реалізації даної групи заходів мають організаційні зміни на рівні країни та регіону, такі як реформа ціноутворення, вдосконалення ринків електроенергії та газу, перехід на інтегроване планування роботи різних джерел енергопостачання.

Промислові підприємства в процесі модернізації повинні впроваджувати такі типи технологій, які дають значний енергозберігаючий ефект:

- загальні технології для багатьох підприємств, пов'язані з використанням енергії (двигуни зі змінною частотою обертання, теплообмінники, стиснене повітря, освітлення, пар, охолодження, тощо);

- ефективніше виробництво енергії, включаючи сучасні котельні, когенерацію (тепло та електрику), а також трігенерація (тепло, холод, електрика);

- заміна старого промислового обладнання на нове, яке споживає значно менше енергії;

- альтернативні джерела енергії.

Режим енергоефективності особливо актуальний для механізмів, які частину часу працюють зі знизеним навантаженням: конвеєри, насоси, вентилятори. Існує чимало пристроїв, які дозволяють домогтися зменшення втрат при роботі електроустаткування, основними з яких є конденсаторні установки і частотно регульовані приводи, які можуть бути впроваджені на більшості промислових підприємств.

Впровадження стратегії ефективного енергозбереження допомагає підприємству уникнути ризиків і отримати конкурентну перевагу щодо інших компаній, що представляють свою продукцію або послуги на ринку. стратегія повинна стати основою для ефективного керування процесами енергозбереження в рамках проведення довгострокової енергетичної, економічної та інноваційної політики підприємства.

На теперішній час виділяють такі сучасні стратегії, які можуть бути застосовані для стратегічного моделювання системи ефективного енергозбереження на підприємстві:

– пасивна стратегія – це відсутність систематичного планування, а керування енергозбереженням не розглядають в якості окремого об'єкта впливу. Завдання формування енергетичної політики та застосування міжнародних стандартів енергозбереження не є актуальними для підприємства, а скоріше є допоміжними при пошуку шляхів виживання підприємства в умовах підвищеної конкуренції;

– стратегія максимізації прибутку в короткостроковому періоді – це впровадження заходів енергозбереження з відносно невеликим терміном окупності та високою віддачою. Стратегія орієнтується на рішення, які вже показали свою ефективність, є в значній мірі стандартизованими та перевіреними, а їх впровадження не призводить до додаткових проблем у вигляді додаткового навчання співробітників, підвищення ефективності впровадження нових технологій;

– стратегія максимізації прибутку в довгостроковому періоді передбачає серйозне розуміння ринку цін на енергоносії та розвитку технологій, керівництво бере до уваги енергозберігаючі проєкти з великими термінами окупності інвестицій. Відповідні заходи (наприклад, впровадження нових електричних станцій або теплообмінників) можуть мати терміни реалізації у кілька десятиліть;

– стратегія реалізації всіх інвестиційно привабливих заходів вважає метою застосування всієї сукупності можливих заходів у сфері оптимізації енергоспоживання, що мають позитивний економічний ефект як в короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі;

– максимальна стратегія припускає, що навіть цілі підприємства можуть зазнавати зміни в інтересах енергозбереження та охорони клімату. Підприємство приєднується як до прикладних досліджень в галузі енергоефективності, які мають великий термін окупності, так і до фундаментальних досліджень, наприклад, в галузі альтернативної енергетики.

Вибір тієї або іншої стратегії енергоефективності залежить, перш за все, від цілей підприємства та його потенційних можливостей щодо реалізації стратегії. Крім того, в умовах економічної самостійності підприємств одним з головних критеріїв вибору стратегії впровадження технологій енергозбереження та стимулювання процесів впровадження енергозберігаючих заходів є оцінки їх економічної ефективності.

До основних ефектів від реалізації стратегії енергозбереження промислового підприємства можуть бути віднесені:

– збільшення продуктивності технологічних установок та обладнання в разі впровадження заходів щодо технологічного енергозбереження, зниження енерговитрат на одиницю продукції та поліпшення її якості;

– економія енергії та інших ресурсів, що приводить до зниження матеріальних витрат та собівартості продукції;

– скорочення платежів підприємства за забруднення навколишнього середовища в зв'язку зі зменшенням кількості витрачених паливно-енергетичних ресурсів.

Впровадження стратегії енергоефективності на підприємстві повинно передбачати комплексний підхід до вирішення управлінських завдань і чітку формалізацію кожного з його етапів:

1. Формування комплексу цільових показників, що розраховуються на основі індикаторів (параметрів енергетичного стану підприємства). Цільові показники необхідні для планування та оцінки ефективності процесів енергозбереження підприємства і його структурних елементів (систем енергозабезпечення, підрозділів,

будівель тощо). Тому вони відображають плановий і фактичний рівні реалізації стратегічних завдань і підлягають щорічній корекції з урахуванням ряду факторів: фактичного відхилення показників від заданих значень за звітний період; оцінки фактичної ефективності заходів в галузі енергозбереження; зміни рівня технічного і технологічного розвитку; оцінки економічної ситуації та інші.

2. Планування та виконання точкових і комплексних заходів в галузі ефективного енергозбереження. Механізм реалізації заходів повинен мати чіткий взаємопов'язаний алгоритм дій з яким прогнозованим результатом, відповідати державним та галузевим нормативно-правовим документам, корелювати з раніше прийнятими на підприємстві цільовими програмами та рішеннями. Для кожного заходу повинні бути визначені виконавці, обсяги та джерела фінансування, а також схеми залучення коштів. З урахуванням встановлених стратегією тимчасових обмежень формують план-графік реалізації заходів.

3. Контроль процесів енергозбереження. Стратегія передбачає необхідність впровадження на підприємстві ефективної системи моніторингу, аналізу та прийняття рішень, що забезпечує розподіл зон відповідальності за виконання заходів, а також адаптивне керування процесами енергозбереження з урахуванням можливих ризиків та інших факторів організаційного, технічного, соціального і економічного характеру.

Першим етапом підвищення ефективності та економії енергоресурсів є проведення комплексного енергетичного обстеження об'єкту (дільниці, цеху, робочого місця) і розроблення на його основі економічно доцільних заходів щодо заощадження енергії. Дані заходи розробляють для кожного окремого типу споживача енергії: опалення, технології, освітлення, вентиляції тощо. Спочатку проводиться аналіз стану систем енергоспоживання, а потім – розрахунок економії енергії за типовими методиками.

Система забезпечення дільниць, цехів, приміщень, робочих місць є вагомим споживачем електроенергії, особливо у виробничих приміщеннях (до 80%). Тому застосування запропонованої методики

набуває великого значення за необхідності проведення обґрунтування ефективності раціонального використання споживаної електроенергії.

Для аналізу стану системи енергозабезпечення виробничого об'єкту, який обстежують, необхідно зібрати наступну інформацію:

- тип і кількість існуючих верстатів, пристосувань, приладів та іншого устаткування, яке споживає електроенергію;
- тип, кількість і потужність устаткування;
- режим роботи системи електрозабезпечення;
- електромеханічні характеристики обладнання, устаткувань;
- рік установлення обладнання;
- періодичність проведення профілактичних заходів за результатами аналізу дотримання експлуатаційних і технічних вимог до встановленого на ділянці обладнання;
- фактичний та нормований рівень потужності;
- значення коливань напруги електромережі;
- середній фактичний термін служби усіх видів обладнання й оснащення;
- фактичне і нормоване значення коефіцієнта корисної дії.

Потім, проводиться розрахунок показників енергоспоживання на підставі перерахованих вище даних, отриманих у результаті обстеження об'єктів.

Встановлена потужність  $P_i$ , Вт дорівнює:

$$P_i = P_l \cdot K_{пра} \cdot N, \quad (1)$$

де  $P_i$  – потужність верстату, пристрою, установки  $i$ -го виду на об'єкті, який обстежують;

$K_{пра}$  – коефіцієнт втрат у пускорегулювальній апаратурі;

$P_l$  – потужність обладнання;

$N$  – кількість однотипних пристроїв, верстатів тощо.

Річне та питома енергоспоживання на ділянці  $W_p$  визначають за формулою:

$$W_p = \sum_{i=1}^n W_{P_i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{P_i} \cdot \kappa_{\epsilon_i}, \quad (2)$$

де  $W_p$  – сумарне річне споживання електроенергії;

$W_{P_i}$  – річне споживання електроенергії  $i$ -им видом пристрою;  
 $T_{P_i}$  – річне число годин роботи пристроїв  $i$ -го виду;  
 $\kappa_{\theta_i}$  – коефіцієнт використання встановленої електричної потужності пристроїв  $i$ -го виду ( $\kappa_{\theta_i} = 0,92-1$ ).

$$W_{II} = \frac{W_P}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad (3)$$

де  $W_P$  – річне питома використання електроенергії;  
 $S_i$  – частка кожного пристрою  $i$ -го виду на досліджуваній ділянці.

Питомі показники енергоспоживання або встановленої потужності (кВт/м<sup>2</sup>) дозволяють на основі норм наближено ( $\pm 20\%$ ) оцінити загальний потенціал економії енергії.

Для точнішої оцінки використання електроенергії за кожним видом необхідно виконати розрахунок економії електроенергії за нижче приведеною методикою.

Значення напруги мережі визначають за формулою:

$$U_{cp} = (U_1 - U_2)/2, \quad (4)$$

де  $U_1, U_2$  – значення напруги мережі на початку та наприкінці вимірювання.

Для урахування відхилення фактичного споживання електроенергії від нормативних значень визначасмо коефіцієнт приведення:

$$k_{ni} = E_{fi}/E_{ni}, \quad (5)$$

де  $k_{ni}$  – коефіцієнт приведення споживаної електроенергії пристроями  $i$ -го виду;

$E_{fi}$  – нормоване значення необхідної кількості енергії для пристроїв  $i$ -го виду;

$E_{ni}$  – фактичне значення освітленості енергії для пристроїв  $i$ -го виду.

Потенціал річної економії електроенергії на ділянці розраховують за формулою:

$$\Delta W_{\bar{A}} = \sum_{i=1}^n k_{ni} \cdot \sum_{i=1}^f \Delta W_i^k. \quad (6)$$

До основних заходів проведення енергетичного обстеження відносяться:

1. Перехід на інший тип джерела енергії з більш високою енерговіддачею. Економія електроенергії  $\Delta W_i$ , кВт/рік у результаті даного заходу визначають за формулою:

$$\Delta W_i = W_{\bar{A}i} (1 - k_{uci} k_{zni}), \quad (7)$$

де  $k_{uci}$  – коефіцієнт ефективності заміни типу джерела енергії;  
 $k_{zni}$  – коефіцієнт запасу, який враховує зниження споживання енергії протягом терміну служби (при заміні з близьким за значенням  $k_{zn}$ , але з різною ефективністю,  $k_{zn}$  виключають або коригують, крім випадку, коли обстеження проводили після групової заміни джерел постачання електроенергії).

$$k_{uc} = \eta / \eta_N, \quad (8)$$

де  $\eta$  – енерговіддача існуючого джерела енергії;

$\eta_N$  – енерговіддача пропонованого до установки джерела енергії.

2. Підвищення коефіцієнта корисної дії існуючих верстатів, пристроїв, оснащення тощо.

Економія електроенергії в результаті даного заходу визначають за формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi} k_{ci}, \quad (9)$$

де  $k_{ci}$  – коефіцієнт ефективності запроваджених заходів;

$$k_{ci} = 1 - (y_c + \beta_c e^{-(t/tc)}), \quad (10)$$

де  $y_c$ ,  $\beta_c$ ,  $tc$  – постійні для заданих умов експлуатації пристроїв;

$t$  – тривалість експлуатації пристроїв між двома найближчими (попереднім і наступним) вимірюваннями.

3. Підвищення ефективності використання потужності силових приводів. Збільшення коефіцієнтів використання пристроїв за

потужністю на 20% і більше дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збалансування раціональних режимів роботи обладнання.

Ефективність даного заходу залежить від великої кількості факторів: кількості пристроїв, коефіцієнтів використання обладнання, режимів роботи робітників тощо. Тому точніше значення економії електроенергії можна отримати на підставі технічного розрахунку методом коефіцієнта використання.

4. Підвищення ефективності використання електроенергії при автоматизації керування енергоспоживанням.

Ефективність даного заходу є багатофакторною, методика розрахунку економії електроенергії складна для використання при енергообстеженні, але може бути рекомендована за необхідності точної оцінки.

На підставі досвіду впровадження систем автоматизації економію від даного заходу можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi}(k_{zai} - 1), \quad (11)$$

де  $k_{zai}$  – коефіцієнт ефективності автоматизації керування енергоспоживанням, який залежить від рівня складності системи керування.

У табл. 2 представлено значення  $K_{zai}$  для підприємств і виробництв зі звичайним режимом роботи.

Таблиця 2 – Показники рівня складності системи автоматичного керування енергоспоживанням.

№ пор.	Рівень складності системи автоматичного керування енергоспоживанням	$k_{zai}$
1.	Контроль рівня енергоспоживання та автоматичне включення і відключення устаткування при критичному значенні $E$	1,1-1,15
2.	Зонне керування обладнанням (включення і відключення пристроїв дискретно залежно від зонного розподілу устаткування)	1,2-1,25

3.	Плавне керування потужністю залежно від розподілу і підключення обладнання дільниці	1,3-1,4
----	---	---------

5. Установка енергоефективної пускорегулювальної апаратури:

$$\Delta W_i = W_{gi}(1 - K_{npai}^n / K_{npai}) \quad (12)$$

де  $K_{npai}$  – коефіцієнт втрат в пускорегулювальній апаратурі існуючих пристроїв  $i$ -го виду;

$K_{npai}^n$  – коефіцієнт втрат у встановлюваних пускорегулювальних пристроях.

6. Заміна двигунів, силових приводів є найефективнішим комплексним заходом, тому що включає в себе заміну обмоток, підвищення коефіцієнта корисної дії устаткування, оптимізацію енергорозподілу на дільниці. Для точної оцінки економії електроенергії необхідно проводити електротехнічний розрахунок споживання енергії для передбачуваних до установки пристроїв методом коефіцієнта використання або точковим методом. За розрахунковим значенням встановленої потужності (з енерготехнічного розрахунку) економію електроенергії визначають за формулою:

$$\Delta W_i = W_{gi} - P_i^N T_{gi}, \quad (13)$$

де  $P_i^N$  – встановлена потужність після заміни приводів;

$T_{gi}$  – річне число годин роботи приводів  $i$ -го виду.

За спрощеної оцінки (при заміні електроприводів на аналогічні за потужністю і споживанням) розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{Ui}(1 - k_{uci}k_{zni}k_{ci}k_{cbi}K_{npai}^N / K_{npai}), \quad (14)$$

де  $k_{cbi}$  – коефіцієнт, який враховує підвищення коефіцієнта корисної дії.

$$k_{cbi} = q_i / q_i^N, \quad (15)$$

де  $q_i$  – паспортний коефіцієнт корисної дії існуючих приводів;  
 $q_i^N$  – паспортний коефіцієнт корисної дії існуючих передбачуваних до установки приводів.

Розрахунок економії електроенергії при заміні приводів враховує заходи № 1, 2, 5, тому їх слід виключати при розрахунку загальної економії електроенергії для обладнання  $i$ -го виду.

У разі великої кількості однотипних пристроїв на ділянці, яку обстежують, зі схожими за параметрами, станом, і заходам розрахунок проводять за допомогою питомих показників економії електроенергії:

$$\Delta W^j = \Delta W_i^j / S_i^j, \quad (16)$$

де  $\Delta W^j$  – питома економія електроенергії для пристроїв  $i$ -го типу;  
 $\Delta W_i^j$  – розрахункова економія електроенергії для пристроїв  $i$ -го типу;  
 $S_i^j$  – частка кожного пристрою  $i$ -го виду на досліджуваній ділянці.

Загальна економія електроенергії в системах енергоспоживання обстежуваного об'єкту визначають за формулою:

$$\Delta W_g = \sum_{j=1}^N \Delta W_{yd}^j \cdot S^j, \quad (17)$$

де  $S^j$  – загальна кількість пристроїв  $i$ -го виду на ділянці, яку досліджують;

$N$  – кількість типів пристроїв.

За представленою вище методикою здійснюють розрахунок економії електроенергії на об'єктах і підрозділах, які задіяні у виробничих процесах підприємств. У середньому економічно реальний потенціал економії електроенергії в системах енергоспоживання цехів, ділянок може скласти 15-20%.

## ЗАВДАННЯ НА ПРАКТИЧНУ РОБОТУ.

Проаналізувати стан системи енергоспоживання на дільниці механічного цеху. Зробити енергетичне обстеження об'єкту. Дані для розрахунків наведено у табл. 3.

### Приклад виконання практичного завдання.

Систему енергоспоживання механічного цеху забезпечують системою автоматичного керування з коефіцієнтом корисної дії 52%: приводи, які використовують,  $\eta = 75$  кВт; режим роботи – 1 зміна (з 8 до 17 годин); кількість приводів – 15 штук; середньозважений коефіцієнт втрат електроенергії  $p = 3$ ; нормована потужність – 300 кВт; фактична потужність – 250 кВт; кількість годин роботи пристроїв на рік  $T_g = 1300$  годин; напруга мережі під час вимірювань  $U_c = 220$  В; коефіцієнт використання електроенергії 0,92; на момент вимірювання енерговитрат пройшло 360 днів з дня останньої перевірки.

Розрахунок:

1. Визначення встановленої потужності за формулою:

$$P = P_n \cdot K_{пра} \cdot N = 40 \cdot 1,2 \cdot 30 = 1440 \text{ Вт.}$$

2. Річне енергоспоживання дорівнює:

$$W_P = P \cdot T_{p_i} \cdot k_{e_i} = 1440 \cdot 1300 \cdot 0,92 = 1872 \text{ кВт год/рік.}$$

3. Економія за рахунок переходу на приводи зниженої потужності складає:

$$\Delta W_1 = W_{P_i} (1 - k_{e_i}) = 1872 \cdot (1 - 0,81) = 356 \text{ кВт год/рік.}$$

4. Економія за рахунок групування і зонування устаткування дорівнює:

$$K_{ci} = 1 - (y_c + B_c e^{-(t/tc)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$$

$$\Delta W_2 = W_g k_c = 1872 \times 0,03 = 56 \text{ кВт год/рік.}$$

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку.

№ варіанту	Режим роботи	Кількість пристроїв, шт.	Потужність пристроїв, кВт	Рівень складності системи автоматичного керування енергоспоживанням	Середньозважений коефіцієнт втрат	Кількість годин роботи пристроїв на рік, год.
1.	1 зміна	15	30	1,1	0,3	1300
2.	2 зміна	10	35	1,15	0,2	3420
3.	1 зміна	14	29	1,35	0,4	1300
4.	1 зміна	11	34	1,2	0,3	1300
5.	2 зміна	15	26	1,3	0,2	3420
6.	1 зміна	16	31	1,4	0,1	1300
7.	2 зміна	13	27	1,1	0,4	3420
8.	1 зміна	18	30	1,25	0,3	1300
9.	2 зміна	11	34	1,35	0,2	3420
10.	1 зміна	17	30	1,3	0,3	1300
11.	2 зміна	12	25	1,2	0,1	3420
12.	1 зміна	10	29	1,25	0,2	1300
13.	2 зміна	14	30	1,3	0,4	3420
14.	1 зміна	16	31	1,25	0,3	1300
15.	2 зміна	17	35	1,4	0,2	3420
16.	1 зміна	10	26	1,35	0,3	1300
17.	2 зміна	14	31	1,2	0,1	3420
18.	1 зміна	11	27	1,3	0,2	1300
19.	2 зміна	15	30	1,4	0,3	3420
20.	1 зміна	16	28	1,1	0,2	1300
21.	2 зміна	13	26	1,35	0,4	3420
22.	1 зміна	18	19	1,2	0,3	1300
23.	2 зміна	12	32	1,25	0,2	3420
24.	1 зміна	17	33	1,3	0,1	1300
25.	2 зміна	16	35	1,25	0,4	3420

5. Економія енергії при підвищенні коефіцієнта використання устаткування до  $p = 0,5$  складе 10% або  $\Delta W_3 = 187$  Вт год/рік.

6. Економія енергії в результаті впровадження системи автоматичного включення і відключення обладнання складе:

$$\Delta W_4 = W_P(k_{zai} - 1) = 1872 \times (1,1 - 1) = 187 \text{ кВт год/рік.}$$

7. Економія енергії внаслідок встановлення пуско-регулювальної апаратури складає:

$$\Delta W_5 = W_g(1 - K_{nra}^N) = 1872 \times (1 - 0,92) = 150 \text{ кВт год/рік.}$$

8. Економія за рахунок встановлення нових пристроїв з вищим коефіцієнтом корисної дії 75 %, але з аналогічним енергорозподілом дорівнює:

$$\Delta W_6 = W_g(1 - k_{cb}) = (1 - 0,52/0,75) = 580 \text{ кВт год/рік.}$$

9. Загальний резерв економії енергії складе:

$$\Delta W_{\Sigma} = k_p \sum_{k=1}^f \Delta W_i^k = 250/300 \times 1516 = 1263 \text{ кВт год/рік.}$$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.

1. Пояснити необхідність проведення аналізу стану систем енергоспоживачів на підприємстві.
2. Назвати необхідні дані для аналізу стану системи енергоспоживання.
3. Виділити основні етапи аналізу системи енергозабезпечення дільниці, цеху, робочого місця.
4. В чому полягає розрахунок техніко-економічних показників енергоспоживання цеху (дільниці) на основі аналізу обстеження енергоспоживачів?
5. Основні показники ефективності, які використовують для розрахунку витрат і економії енергоспоживання на дільницях механічного цеху.
6. Встановлена потужність обладнання, як визначають і від чого вона залежить?
7. Як визначити річне енергоспоживання на дільниці механічного цеху?
8. Які показники називають питомими показниками енергоспоживання?
9. Потенціал річної економії електроенергії в умовах виробництва, шляхи його підвищення.
10. Шляхи підвищення ефективності використання потужності силових приводів.
11. Для чого проводиться електротехнічний розрахунок споживання всіх видів енергії на підрозділах підприємства.
12. Яким чином досягають економічного ефекту при впровадженні системи автоматизації керування енергоспоживання?
13. Показники рівня складності системи автоматичного керування енергоспоживачів на підприємстві.
14. Резерви зниження витрат електроенергії на дільницях і цехах механічного оброблення деталей.
15. Що таке енергоефективність підприємства?

16. У чому різниця між енергоефективністю та енергозбереженням?

17. Охарактеризуйте склад і структуру енергетичних ресурсів підприємства.

18. Які показники характеризують забезпеченість та ефективність використання енергетичних ресурсів підприємства?

19. Як розраховують енергетичну цінність виробленої продукції?

20. Охарактеризувати методичні підходи до оцінки ефективності енергетичних витрат на виробництво продукції.

21. У чому полягає сутність механізму енергозбереження у підприємстві.

22. Визначити основні напрями економії енергетичних ресурсів при виробництві продукції машинобудування.

23. В чому полягає методика визначення ефективності та раціонального використання споживаної електроенергії?

24. Послідовність розрахунку показників енергоспоживання.

25. Оцінка економії енергозатрат методом проведення електротехнічного розрахунку енергії, яку споживають.

## Перелік літературних джерел.

1. Бойко Н.О. Обґрунтування ефективного впливу енергозберігаючих технологій на економічну безпеку підприємств / Н.О. Бойко, В.Ф. Коротчин // Вісн. економіки транспорту і промисловості. – 2012. – № 39. – С. 7-10.

2. Данильченко Л.М., Бобрик В.В. Методичний посібник для виконання семестрового циклу практичних робіт з дисципліни „Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень” для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “спеціаліст” і “магістр” усіх форм навчання / Л.М. Данильченко, В.В. Бобрик. – Тернопіль: Астон, 2015. – 98 с.

3. Данильченко Л.М., Ткаченко І.Г., Данильченко М.Ю. Методичні вказівки для виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту та обґрунтування економічної ефективності технологічних процесів для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”, “спеціаліст” і “магістр” усіх форм навчання / Л.М. Данильченко, І.Г. Ткаченко, М.Ю. Данильченко. – Тернопіль: Астон, 2015. – 89 с.

4. Дзядикевич Ю.В. Економічні основи ресурсозбереження: навч. посібник / Ю.В. Дзядикевич. – Тернопіль: Вектор, 2015. – 76с.

5. Іпполітова І.Я. Формування організаційно-економічного механізму енергозбереження на підприємстві / І.Я. Іпполітова, К.С. Сорокотяженко // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – Вип. 8. – С. 406-411.

6. Йохна М.А., Стадник В.В. Економіка і організація інноваційної діяльності: навч. посібник / М.А. Йохна, В.В. Стадник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2005. – 400 с.

7. Краснікова Л.І., Останін Д.В. Оцінка ефективності виробництва та споживання електроенергії в Україні / Л.І. Краснікова, Д.В. Останін. – Наукові записки: Том 15. Економіка, 2019. – С. 38-46.

8. Микитенко В.В. Енергоефективність промислового виробництва: [монографія] / В.В. Микитенко. – К.: Об'єднаний інститут економіки, 2004. – 281 с.

9. Показники ефективності технологічних витрат електроенергії. Постанова Кабінету Міністрів, положення від 18.11. 2020 р., № 2099.

10. Самойленко І.О. Оцінка ефективності енергоощадних заходів підприємства: методологічний підхід / І.О. Самойленко. – К.: Економіка і суспільство. – Вип. 14, 2018. – С. 515-521.

11. Сотник І.М. Економічні основи ресурсозбереження: навч. посібник / І.М. Сотник. – Суми: Університетська книга, 2013. – 284с.

12. Техніко-економічні основи промислового виробництва: навч. посібник / С.І. Іщук, О.В. Гладкий. – К.: ВЦ «Академія», 2011. – 296 с.

13. Тюріна Н.М., Ведерніков М.Д., Капінос Г.І. та ін. Економіка промислового підприємства: підручник / За ред. Н.М. Тюріної. – Львів: «Новий світ – 2000», 2008. – 312 с.

14. Чирков В.Г. Обґрунтування техніко-економічних заходів: метод. посіб. для пром. підприємств / Чирков В. Г. – К.: Фенікс, 2006. – 148 с.