

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ  
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

### Методичні вказівки до виконання практичних занять

для студентів напрямку підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності 5.05070103 «Електропостачання»  
денної форми навчання



ЛУЦЬК 2016

УДК 621.31(07)

ББК 31.47

Е62

До друку \_\_\_\_\_ Голова Навчально-методичної ради Луцького НТУ.  
(підпис)

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій Луцького НТУ \_\_\_\_\_ директор бібліотеки.  
(підпис)

Затверджено Навчально-методичною радою Луцького НТУ,  
протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 року.

Рекомендовано до видання Навчально-методичною радою Технічного коледжу Луцького НТУ, протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 року.

Голова навчально-методичної ради коледжу \_\_\_\_\_ Т.М. Бондарук  
(підпис)

Розглянуто і схвалено на засіданні циклової комісії викладачів зі спеціальності «Електропостачання» ТК Луцького НТУ,  
протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 року.

Голова циклової комісії викладачів зі спеціальності «Електропостачання» \_\_\_\_\_ Н.Л. Дудич

Укладач: \_\_\_\_\_ С.П. Літковець, викладач ТК Луцького НТУ  
(підпис)

Рецензент: \_\_\_\_\_ А.В. Гадай, к.т.н., доцент Луцького НТУ  
(підпис)

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ С.П. Літковець, викладач ТК Луцького НТУ  
(підпис)

**Енергозбереження** [Текст] : методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності 5.05070103 «Електропостачання» денної форми навчання / уклад. С.П. Літковець. – Луцьк : ТК Луцького НТУ, 2016. – 32 с.

Видання містить методичні вказівки до виконання практичних робіт.

Призначене для студентів спеціальності 5.05070103 «Електропостачання» денної форми навчання.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b> .....	4
<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	5
<b>Заняття 1.</b> Енергозберігаючі технології в системах освітлення .....	6
<b>Заняття 2.</b> Ресурсозберігаючі заходи в житлово-комунальному господарстві .....	13
<b>Заняття 3.</b> Підвищення енергетичної ефективності промислових та побутових споживачів .....	18
<b>Заняття 4.</b> Визначення енергетичної ефективності об'єктів відповідно до Датської шкали класів енергоефективності .....	24
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	30

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВВП	– валовий внутрішній продукт;
ДС	– джерело світла;
ЖКГ	– житлово-комунальне господарство;
ККД	– коефіцієнт корисної дії;
ЛЛ	– люмінесцентна лампа;
ЛР	– лампа розжарення;
НЛВТ	– натрієва лампа високого тиску;
ОВ	– оптичне випромінювання;
ПЕР	– паливно-енергетичні ресурси;
ПРА	– пуско-регулююча апаратура;
ТЕЦ	– теплоелектроцентраль;
УЗД	– ультразвукова діагностика.

## ПЕРЕДМОВА

Щороку в світі збільшується використання енергоресурсів, що призводить до посилення екологічних проблем. В даний час головним джерелом енергії залишаються викопні види органічного палива, що є невідновними. Україна належить до енергетично дефіцитних країн (задовольняє свої потреби в енергоресурсах за рахунок власного виробництва менше ніж на 50%). Поряд з цим, ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів в нашій державі є досить низькою, а енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в рази менша від енергоємності ВВП промислово розвинених країн світу. Тому енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів є одними з головних напрямків сталого розвитку економіки та національної безпеки України. Основоположим в цій сфері є Закон України «Про енергозбереження» від 1.07.1994 року, що є основою державної політики щодо енергозбереження та раціонального використання енергоресурсів.

Паливно-енергетичний комплекс забезпечує енергоресурсами економіку та соціальну сферу нашої держави та об'єднує понад 500 підприємств та організацій різних форм власності. Його роль в народному господарстві України постійно зростає. В даний час проблеми ефективного споживання енергетичних ресурсів та енергозбереження є одними з визначальних факторів переходу нашої держави та суспільства до сталого розвитку.

Практичні заняття з дисципліни «Енергозбереження» розширюють та поглиблюють теоретичні знання студентів, дозволяють їм набути досвід самостійного опрацювання та навички користування навчальною, нормативною та довідниковою літературою, а також навчають проводити аналіз ефективності впровадження сучасних енергозберігаючих технологій та заходів в різних галузях народного господарства.

Методичні вказівки призначені для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності 5.05070103 «Електропостачання» денної форми навчання.

## ЗАНЯТТЯ 1.

### ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ОСВІТЛЕННЯ

**Мета заняття:** Навчити студентів визначати економічну ефективність впровадження енергозберігаючих технологій в системах освітлення.

#### 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з різними оцінками витрати на освітлення для підприємств складають 20...40% від загальної кількості витрат на електроенергію, тому зменшення споживання електроенергії є важливою задачею для нашої держави.

**Джерелом світла** (ДС) називають пристрій, призначений для перетворення енергії в оптичне випромінювання (ОВ) з довжиною хвилі від 1 до  $10^6$  нм.

У разі використання штучного освітлення для генерування оптичного випромінювання, як правило, використовують електричну енергію. Також існують пристрої, які генерують ОВ з інших джерел енергії (природний газ, керосин тощо), але вони здебільшого використовуються в якості резервних джерел світла.

**До складу системи освітлення входять:**

- світильники з лампами, пуско-регулюючою апаратурою (ПРА), оптикою, що формує необхідний світловий потік;
- пристрої управління світильниками (вимикачі, автоматичні пристрої тощо);
- електричні розподільчі мережі;
- системи моніторингу та управління освітлювальними системами.

**Основними напрямками енергозбереження в системах освітлення є:**

- зміна графіку роботи виробництва для максимального використання денного світла;
- збільшення площі і прозорості вікон;
- підвищення відбиваючої здатності стелі та стін;
- можливість регулювання кількості використовуваних світильників;
- збільшення світлового потоку світильників шляхом підвищення прозорості плафонів, формування направленої світлового потоку тощо;
- використання місцевого освітлення;
- використання світильників із лампами з підвищеною світловіддачею;
- використання автоматичних пристроїв управління освітленням (датчики: руху, присутності, освітленості; запрограмовані таймери);
- розроблення та встановлення інтелектуальних систем управління освітленням.

Оцінку втрат в різних типах пристроїв, що виникають при перетворенні енергії в ОВ здійснюють за їх світловою віддачею. **Світлова віддача**

**характеризує** економічність і світлову ефективність ДС та є відношенням випромінюваного джерелом світлового потоку до споживаної їм потужності. Світлова віддача вимірюється в лм/Вт (Люмен/Ват) та показує, яка кількість затраченої енергії перетворюється на тепло чи інші види енергії, а яка використовується для генерування світлового потоку. Чим більша світлова віддача пристрою (світильника чи лампи), тим він ефективніший.

Важливими характеристиками ламп та світильників з точки зору енергозбереження є споживана потужність та коефіцієнт потужності. Споживана активна потужність витрачається на корисну роботу (створення світлового потоку), а коефіцієнт потужності дозволяє оцінити рівень реактивної потужності, від величини якого залежить рівень втрат електроенергії в електричних розподільчих мережах.

Термін служби ламп обмежений або їх роботоздатністю або зменшенням їх світлового потоку нижче встановленого значення.

З часом світловипромінюючі та світловідбиваючі поверхні забруднюються, як правило, пилом. Це призводить до зменшення світлового потоку, Тому необхідно періодично очищувати лампи та світильники для підвищення ефективності їх використання.

**Найбільш поширеними ДС є:** лампи розжарення, газорозрядні джерела ОВ низького, високого та надвисокого тиску, світлодіоди.

**Лампи розжарення (ЛР)** випромінюють жовто-червоне світло з неперервним спектром, що аналогічний спектру природних джерел світла.

**До переваг ламп розжарення відносять:** простоту конструкції та обслуговування, низьку вартість, різноманітність напруг та потужностей, можливість роботи як на постійному так і на змінному струмі, відсутність пульсацій світлового потоку, шкідливого впливу на здоров'я людини та необхідності застосування ПРА.

**До недоліків ЛР відносять:**

- низьку світловіддачу (10 – 22 лм/Вт) внаслідок перетворення в тепло більшої частини електроенергії, що живить нитку розжарення;
- термін служби, що не перевищує 1000 годин;
- чутливість до механічних вібрацій.

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парам металу або їхніх сумішах в ОВ, називають **газорозрядними джерелами оптичного випромінювання.**

**В якості газу використовують:** аргон, пари металів (ртуть, натрій).

**Люмінесцентні лампи (ЛЛ)** є газорозрядними джерелами ОВ низького тиску. Існують ЛЛ з системою плавного запуску, яка планомірно збільшує інтенсивність світла при включенні протягом 1 – 2 секунд, що продовжує термін служби лампи.

**Переваги ЛЛ порівняно з ЛР:**

- висока світловіддача (80 – 100 лм/Вт для ЛЛ; 40 – 80 лм/Вт для компактних люмінесцентних ламп);
- розсіяне світло, що рівномірно розподілене;
- тривалий термін служби (10000 – 13000 год.).

### **Недоліки ЛЛ:**

- необхідність використання ПРА, в якій відбуваються додаткові втрати потужності;
- пульсація світлового потоку;
- неможливість використання поза приміщеннями (стійка робота ЛЛ забезпечується при температурі навколишнього середовища від +5 до +50 °С);
- чутливість до перепадів напруги в електричній мережі;
- підвищення нижньої межі зони зорового комфорту, у межах якої освітлення сприймається як достатнє в порівнянні з ЛР;
- проблеми з запуском при низьких напругах мережі;
- необхідність утилізації.

**Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ)** є одними з найбільш ефективних джерел світла. Їх світлова віддача складає до 160 лм/Вт при потужностях 30 – 1000 Вт; термін служби може перевищувати 25000 годин. Запалювання НЛВТ відбувається за допомогою спеціальних запалювальних пристроїв, які дають імпульс із амплітудою 2 – 4 кВ. Час розпалювання ламп, як правило, становить 3 – 5 хв. До переваг НЛВТ також відносять невеликий спад світлового потоку впродовж терміну служби. Ці лампи застосовуються там, де економічні показники більш важливі, ніж точне відтворення кольорів. Їх теплий жовтий колір підходить для освітлення парків, доріг, теплиць, торгових центрів, а в деяких випадках для декоративного архітектурного освітлення.

**До недоліків НЛВТ відносять:** погіршені властивості передачі кольору, пульсацію світлового потоку, необхідність застосування ПРА, необхідність утилізації.

**Світлодіод** – напівпровідниковий пристрій, що випромінює некогерентне світло, при пропусканні через нього електричного струму (ефект електролюмінесценції). Сучасні світлодіодні лампи можуть випромінювати світло від інфрачервоної ділянки спектру до близької до ультрафіолету.

**Світлодіоди застосовують:** в системах загального освітлення, індикаційній техніці, при побудові світлодіодних джерел світла (інформаційні табло, світлофори, ліхтарики, гірлянди тощо), ландшафтному дизайні, для очищення питної води (ультрафіолетові світлодіоди) тощо. Як правило, потужність світлодіодних ламп для побутових цілей лежить в межах від 1 до 15 Вт, хоча існують і набагато більш потужні джерела для вуличного освітлення – 100 Вт і більше.

### **Переваги світлодіодних ламп:**

- споживання в 10 разів менше електроенергії в порівнянні з лампами розжарення;
- висока світловіддача (до 230 лм/Вт);
- тривалий термін служби (50000 – 100000 годин);
- висока механічна міцність та вібросійкість;
- відсутність пульсацій світлового потоку;
- безмежна кількість комутацій;
- стійкість до вібрацій низьких температур;
- відсутність шкідливих речовин;



- немає необхідності в спеціальній утилізації;
- без інерційності (включення світлодіода і набір максимальної потужності майже моментальні);
- маленька поверхня, що світить, дозволяє ефективніше використовувати оптику;
- можливість використання при зменшенні світлового потоку, що дозволяє замінювати світлодіоди в зручний для споживача час;
- направлене світло;
- відсутність ультрафіолетового випромінювання і мале інфрачервоне випромінювання;
- задовольняє всім стандартам на освітлювальні прилади;
- можливість використання цифрових контролерів дозволяє ефективно і гнучко управляти роботою світлодіодів;
- незначне тепловиділення.

#### **Недоліки світлодіодних ламп:**

- висока ціна;
- необхідність застосування ПРА;
- джерела світла, побудовані на базі світлодіодів, мають кут розсіювання від 15 до 120 градусів. Це передбачає їх використання безпосередньо над робочими місцями;
- направлене світло (недолік можна ліквідувати при встановленні декількох світлодіодів під різним кутом, але це приводить до множинних тіней).

До однієї з найбільш сучасних енергозберігаючих технологій відносять також **оптоволоконне освітлення**. Світловий потік з ДС потрапляє в один кінець світловода і, завдяки повному внутрішньому віддзеркаленню, проходить по ньому.

#### **До переваг оптоволоконного освітлення відносять:**

- економічність;
- електробезпеку (можна застосовувати для освітлення ванних приміщень, підсвічування басейнів, фонтанів, акваріумів);
- відсутність тепловиділення;
- пожежобезпека через відсутність нагріву при передачі світла;
- зручність розміщення у важкодоступних місцях.

В деяких випадках витрати на електроенергію в системах освітлення можна зменшити шляхом регулювання значення світлового потоку, що виробляється системою освітлення.

#### **До найпоширеніших способів регулювання світлового потоку належать:**

- зменшення загальної кількості працюючих ламп (використання набору вимикачів, які вмикають відповідні групи світильників тощо);
- використання спеціальних світильників зниженої потужності;
- зменшення світлового потоку працюючих світильників за допомогою світлорегуляторів.

**Світлорегулятор** – це пристрій, що регулює електричну потужність навантаження.

**Сучасні мікроконтролерні світлорегулятори виконують такі функції:**

- управління яскравістю;
- автоматичне відключення;
- плавне відключення;
- дистанційне керування;
- акустичне чи голосове управління.

**До способів включення освітлення в необхідний час відносять:**

- прохідні та перехресні вимикачі (використовуються для управління освітленням коридорів, сходів тощо);
- датчики руху (використовуються в охоронних системах, системах освітлення);
- датчики присутності (використовуються в системах освітлення та визначають присутність людей на контрольованій території).

**При розробці чи модернізації системи освітлення необхідно:**

- максимально використовувати природне освітлення;
- використовувати ефективні джерела світла;
- використовувати спеціалізовані автоматичні пристрої;
- використовувати спеціалізовані автоматизовані системи.

Отже, зниження споживання електроенергії в системах освітлення потребує комплексного підходу, що дозволить підвищити ефективність енергоспоживання, знизити витрати на освітлення та створити комфортний рівень освітленості.

## **2. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Яка частка витрат на освітлення від загальної кількості витрат на електроенергію для підприємств в нашій державі?
2. Які джерела використовуються для генерування оптичного випромінювання?
3. З чого складаються системи освітлення?
4. Які основні напрямки енергозбереження в системах освітлення?
5. Які показники характеризують економічність та ефективність джерел світла?
6. Які джерела світла є найбільш поширеними?
7. Які переваги та недоліки ламп розжарення?
8. Які джерела оптичного випромінювання називають газорозрядними?
9. Які переваги та недоліки люмінесцентних ламп?
10. Які переваги та недоліки натрієвих ламп високого тиску?
11. Що таке світлодіоди та яка область їх застосування?
12. Які переваги та недоліки світлодіодних ламп?
13. Що таке оптоволоконне освітлення та які його переваги?
14. Які найпоширеніші способи регулювання світлового потоку?
15. Що таке світлорегулятор та які його функції?
16. Які є способи включення освітлення в необхідний час?

17. Які фактори необхідно враховувати при розробці чи модернізації системи освітлення?

### ЗАДАЧА 1.1

Лампи розжарення споживають в п'ять разів більше електроенергії, ніж люмінесцентні лампи. При цьому забезпечується однакова освітленість. На освітлення школи лампами розжарення необхідно 10000 кВт·год електроенергії в місяць. Вартість 1 кВт·год складає 0,25 грн. Якою буде щомісячна економія коштів у випадку заміни всіх ламп розжарення в школі на люмінесцентні лампи? Якою буде економія коштів у випадку використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарення в школі протягом одного навчального року? Тривалість навчального року складає 10 місяців.

### РОЗВ'ЯЗАННЯ:

Визначаємо вартість освітлення школи лампами розжарення протягом одного місяця:

$$З_1 = W_1 \cdot T_i = 10000 \cdot 0,25 = 2500 \text{ грн.},$$

де  $Z_1$  – затрати на електроенергію для освітлення школи лампами розжарення протягом одного місяця, грн.;  $T_i$  – тариф на електроенергію, грн.;  $W_1$  – електроенергія, що необхідна для освітлення школи лампами розжарення протягом місяця, кВт·год.

Визначаємо вартість освітлення школи люмінесцентними лампами протягом одного місяця:

$$З_2 = W_2 \cdot T_i = 2000 \cdot 0,25 = 500 \text{ грн.},$$

де  $Z_2$  – затрати на електроенергію для освітлення школи люмінесцентними лампами протягом одного місяця, грн.;  $W_2 = W_1 \cdot 0,2 = 10000 \cdot 0,2 = 2000$  кВт·год – електроенергія, що необхідна для освітлення школи люмінесцентними лампами протягом місяця.

1. Щомісячна економія коштів у випадку заміни всіх ламп розжарення в школі на люмінесцентні лампи складає:

$$E_1 = Z_1 - Z_2 = 2500 - 500 = 2000 \text{ грн.},$$

де  $E_1$  – щомісячна економія коштів у випадку заміни всіх ламп розжарення в школі на люмінесцентні лампи, грн.

2. Економія коштів у випадку використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарення в школі протягом одного навчального року складає:

$$E = E_1 \cdot n = 2000 \cdot 10 = 20000 \text{ грн.},$$

де  $E$  – економія коштів протягом навчального року, грн.;  $n$  – кількість місяців в навчальному році.

**Отже, щомісячна економія коштів у випадку використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарення складає 2000 грн., а економія коштів протягом одного навчального року – 20000 грн.**

### ЗАДАЧА 1.2 (самостійно)

Лампи розжарення споживають в п'ять разів більше електроенергії, ніж люмінесцентні лампи. При цьому забезпечується однакова освітленість. На освітлення школи лампами розжарення необхідно  $W_1$  кВт·год електроенергії в місяць. Вартість 1 кВт·год  $T_i$ . Якою буде щомісячна економія коштів у випадку заміни всіх ламп розжарення в школі на люмінесцентні лампи? Якою буде економія коштів у випадку використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарення в школі протягом одного навчального року? Тривалість навчального року складає  $n$  місяців.

Таблиця 1.1.

#### Варіанти завдань

№ варіанту	$W_1$ , кВт·год	$T_i$ , грн.	$n$ , місяців
1.	20000	0,36	9
2.	12000	1,13	10
3.	14000	1,36	9,5
4.	8000	1,19	9
5.	15000	1,67	10
6.	17000	1,19	9,5
7.	11500	1,13	8,5
8.	16000	1,67	10
9.	22000	1,36	9,5
10.	19000	1,69	9

## ЗАНЯТТЯ 2.

### РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**Мета заняття:** Навчити студентів визначати економічну доцільність впровадження ресурсозберігаючих заходів в житлово-комунальному господарстві.

#### 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Житлово-комунальне господарство (ЖКГ) є одним із найбільших споживачів теплової енергії в Україні.

**В секторі ЖКГ необхідно впроваджувати наступні енергозберігаючі заходи:**

- використовувати енергетично ефективну побутову техніку та генеруюче обладнання;
- оснащувати енергоприймачі регульовальними та вимірювальними пристроями;
- проводити реконструкцію, уніфікацію та автоматизацію котелень;
- зменшувати втрати теплоти від огорожень (стін, вікон, дахів, підвалів) будинків та споруд;
- використовувати ізоляційні матеріали та здійснювати термомодернізацію будинків та споруд;
- удосконалювати теплові пункти та системи розподілу теплоти в середині будинків;
- здійснювати децентралізацію тепlopостачання житлових районів для зниження втрат теплової енергії під час її транспортування до споживачів;
- здійснювати облік споживання електричної та теплової енергії;
- здійснювати повторне використання вторинних енергетичних ресурсів;
- здійснювати широке використання нетрадиційних паливно-енергетичних ресурсів (теплоти ґрунту, енергії вітру, сонця);
- здійснювати використання систем акумулявання енергії;
- проводити заходи, що спрямовані на виключення можливості крадіжок енергоресурсів, зокрема, електричної та теплової енергії;
- проводити паспортизацію енергоспоживаючих об'єктів;
- створити стандарти теплоізоляції будинків та споруд;
- проводити ефективну тарифну політику, що спрямована на стимулювання скорочення споживання енергоресурсів;
- проводити широку рекламну кампанію щодо використання приладів домашнього та культурно-побутового призначення з найменшим енергоспоживанням.

В даний час в Україні проводяться активні пошуки альтернативних способів теплопостачання, що направлені на здешевлення послуг теплопостачання та підвищення їх якості. Системи централізованого теплопостачання активно втрачають навантаження, а з ним – можливості реконструкції та модернізації обладнання. Тому для нового будівництва розглядається варіант з індивідуальними системами теплопостачання за умови їх належного техніко-економічного обґрунтування.

Теплопостачання споживачів України забезпечується переважно промисловими та опалювальними теплоелектроцентралями (ТЕЦ), великими та середніми районними опалювальними котельнями, дрібними автономними опалювальними котельнями, по-квартирними генераторами, джерелами теплових вторинних енергоресурсів, нетрадиційними та відновлюваними джерелами енергії. Обладнання більшості ТЕЦ застаріле та не відповідає сучасним екологічним вимогам і нормативам, потребує реконструкції та модернізації.

Зношуваність старих трубопроводів теплових мереж веде до того, що тепловтрати в них складають до 60%. Коефіцієнт корисної дії (ККД) старого котельного устаткування складає 60-70%, а з врахуванням втрат в тепломережах знижується до 50%. В якості прикладу можна привести Херсонську ТЕЦ, об'єктивна інформація щодо технічного стану якої була отримана за допомогою ультразвукової діагностики (УЗД). В результаті з'ясувалось, що 54% мережевих трубопроводів міста не мають істотного запасу робочого ресурсу. УЗД теплових мереж виявила численні прориви, з яких кожену годину в землю витікає 350 м<sup>3</sup> гарячої води, що становить 45% від її загальної витрати.

Актуальність розвитку систем децентралізованої енергетики обумовлена, з одного боку – незадовільною якістю, ненадійністю та високою вартістю забезпечення теплових та електричних споживачів від централізованих джерел, а з іншого боку – появою на ринку України локальних високоефективних джерел тепла – електричних котлів, тепло-акумуляторів, малих газових котлів та міні котельень з високими значеннями коефіцієнта використання палива (твердого, рідкого та газового), когенераційних джерел теплопостачання та електропостачання, електромеханічних теплогенераторів, теплових насосів тощо.

**Об'єктивними умовами впровадження автономних (децентралізованих) систем теплопостачання є:** відсутність в ряді випадків вільних потужностей на централізованих джерелах у районах нової забудови; великі втрати теплової енергії в магістральних та розподільчих мережах. Сучасні тенденції змін цін на природний газ обумовлюють значні складнощі подальшого розвитку в Україні традиційних паротурбінних ТЕЦ. При цьому необхідно розуміти, що повна відмова від централізованого опалення практично неможлива, оскільки його частка в нашій державі є дуже великою. Порівняння екологічних впливів централізованих та децентралізованих джерел теплопостачання на навколишнє середовище в зонах щільного проживання мешканців свідчить про суттєві переваги великих ТЕЦ та котельних, особливо тих, що розташовані за межами міст.

На даний час для впровадження децентралізованих джерел теплоти необхідні нижчі капіталовкладення, а їх перевагою є можливість повної автоматизації режимів роботи, підтримки комфортних умов за власним бажанням споживачів, зниження витрат теплоти через відсутність зовнішніх теплових мереж, значне зменшення витрат на ремонт і обслуговування устаткування, відсутність необхідності відведення землі під теплові мережі та котельні. Сучасні квартирні тепло генератори на газовому паливі мають ККД більше 92%. Коефіцієнт корисного використання палива у міській котельні значно нижчий.

## 2. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які енергозберігаючі заходи необхідно впроваджувати в секторі житлово-комунального господарства?
2. Які проблеми та перспективи розвитку систем централізованого теплопостачання в нашій державі?
3. Яким чином здійснюється теплопостачання споживачів України?
4. В чому полягає актуальність розвитку систем децентралізованої енергетики?
5. Які об'єктивні умови для впровадження автономних систем теплопостачання та їх переваги в порівнянні з централізованими системами теплопостачання?

### ЗАДАЧА 2.1

Будинок загальною площею  $100 \text{ м}^2$  опалювався гасовим котлом. Витрати на  $1 \text{ м}^2$  при опаленні гасом становили 9,5 грн. на місяць. Після реконструкції було встановлено котел нового зразка тієї ж потужності, який споживає гасу на 35% менше. Скільки коштує опалення будинку новим котлом протягом одного місяця? Яка економія коштів мешканцями будинку за 1 місяць, 3 місяці, опалювальний сезон?

**Примітка.** Опалювальний сезон триває 8 місяців.

### РОЗВ'ЯЗАННЯ:

Визначаємо витрати на опалення будинку котлом старого зразка протягом одного місяця:

$$Z_1 = S \cdot Z_i = 100 \cdot 9,5 = 950 \text{ грн.},$$

де  $Z_1$  – затрати на опалення будинку котлом старого зразка протягом одного місяця, грн.;  $S$  – площа будинку,  $\text{м}^2$ ;  $Z_i$  – затрати на опалення  $1 \text{ м}^2$  котлом старого зразка протягом одного місяця.

Визначаємо витрати на опалення будинку котлом нового зразка протягом одного місяця:

$$Z_2 = Z_1 \cdot X = 950 \cdot 0,65 = 617,5 \text{ грн.},$$

де  $Z_2$  – затрати на опалення будинку котлом нового зразка протягом одного місяця, грн.;  $X$  – кількість % споживання газу новим котлом від старого, %.

Економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за один місяць становить:

$$E_1 = Z_1 - Z_2 = 950 - 617,5 = 332,5 \text{ грн.},$$

де  $E_1$  – економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за один місяць, грн.

Економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за три місяці становить:

$$E_2 = E_1 \cdot n_2 = 332,5 \cdot 3 = 997,5 \text{ грн.},$$

де  $E_2$  – економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за три місяці, грн.;  $n_2 = 3$  – кількість місяців, за які необхідно визначити економію.

Економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за опалювальний сезон становить:

$$E_3 = E_1 \cdot n_3 = 332,5 \cdot 8 = 2660 \text{ грн.},$$

де  $E_3$  – економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за опалювальний сезон, грн.;  $n_3 = 8$  – кількість місяців в опалювальному сезоні.

**Отже, опалення будинку новим котлом протягом одного місяця коштує 617,5 грн., а економія коштів мешканцями будинку у випадку встановлення котла нового зразка за один місяць складає 332,5 грн., за три місяці – 997,5 грн., а за опалювальний сезон – 2660 грн.**

### ЗАДАЧА 2.2 (самостійно)

Будинок загальною площею  $S$  опалювався газовим котлом. Витрати на  $1 \text{ м}^2$  при опаленні газом становили  $Z_1$  грн. на місяць. Після реконструкції було встановлено котел нового зразка тієї ж потужності, який споживає газу на  $Y\%$  менше. Скільки коштує опалення будинку новим котлом протягом одного



місяця? Яка економія коштів мешканцями будинку за 1 місяць, 3 місяці, опалювальний сезон?

**Примітка.** Опалювальний сезон триває  $n_3$  місяців.

**Таблиця 2.1.**

**Варіанти завдань**

<b>№ варіанту</b>	<b><math>S</math>, м<sup>2</sup></b>	<b><math>Z_i</math>, грн.</b>	<b><math>Y</math>, %</b>	<b><math>n_3</math>, місяців</b>
<b>1.</b>	80	10,5	45	7
<b>2.</b>	120	8,5	25	7,5
<b>3.</b>	140	10	30	7
<b>4.</b>	160	11,5	40	8
<b>5.</b>	200	15	15	9
<b>6.</b>	220	17,5	10	7,5
<b>7.</b>	260	12	20	8
<b>8.</b>	170	14,5	35	8,5
<b>9.</b>	210	16	25	7
<b>10.</b>	180	19,5	30	9

### ЗАНЯТТЯ 3.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

**Мета заняття:** Навчити студентів виявляти шляхи підвищення енергетичної ефективності промислових та побутових споживачів.

### 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Енергозбереження має суттєвий вплив на енергетичну безпеку держави, оскільки неефективне внутрішнє споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) вимагає великих обсягів їх імпорту, що призводить до значної залежності від країн-експортерів. Разом із тим потенціал енергозбереження в Україні становить понад 45% обсягу споживання ПЕР. Його реалізація дозволить в більшості випадків зняти гостроту проблеми зовнішньої енергетичної залежності.

**Енергоємність валового внутрішнього продукту** – основний показник ефективності економіки – в Україні значно вища, ніж у промислово розвинених країнах. Це є наслідком технологічної відсталості, недосконалої галузевої структури вітчизняної економіки та впливу її «тіньового» сектору. Така ситуація обмежує конкурентоспроможність національного виробництва і стає важким тягарем для економіки держави.

Одним із основних напрямів удосконалення системи енергозабезпечення України має стати підвищення ефективності використання палива та енергії шляхом використання енергоефективних продукції, технологій, обладнання, впровадження енергетично ефективних проектів.

**Енергоефективні продукція, технологія, обладнання** – продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками.

**Енергозберігаючі (енергоефективні) заходи** – заходи, спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних продукції, технологій та обладнання.

**Енергоефективний проект** – проект, спрямований на скорочення енергоспоживання, а саме: реконструкція мереж і систем постачання, регулювання і обліку споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів.

Для підвищення енергетичної ефективності промислових та побутових споживачів проводять енергетичний аудит, за результатами якого впроваджують енергозберігаючі заходи.

**Енергетичний аудит (енергетичне обстеження)** – визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення.

Енергетичний аудит спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання за рахунок підвищення ефективності їх використання.

**Предметом енергетичного аудиту** є система обстеження споживання палива та енергії, аналізу і видачі рекомендацій по ефективному використанню енергоресурсів.

**Об'єктом енергетичного аудиту** може бути будь-яке підприємство, енергетична установка, будівля, агрегат, що споживає або виробляє енергію.

**Призначенням енергетичного аудиту є:**

- складання карти використання об'єктом паливно-енергетичних ресурсів;
- розробка організаційних і технічних заходів, направлених на зниження втрат енергії;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка енергозберігаючих заходів.

Впровадженням енергозберігаючих рекомендацій на промислових підприємствах займається, як правило, служба енергетичного менеджменту.

**Енергетичний менеджмент** – це інструмент управління виробництвом (підприємством), який забезпечує повсякчасне дослідження і, відтак, надає знання про розподіл і рівні споживання енергоресурсів, а також про їхнє оптимальне використання для виробничих, комунально-побутових та інших потреб.

Головна увага приділяється найбільш енергоємним виробничим системам. До них передусім належать такі типові системи як теплові електростанції, котельні установки, сушильне устаткування, устаткування подачі тепла для виробничих потреб, системи опалення та водопостачання, системи вентиляції та кондиціонування повітря, холодильні установки, системи освітлення, системи подачі стисненого повітря, насоси тощо, а також будівлі. Вони, як правило характеризуються такими показниками: високими або низькими температурами (порівняно з температурою навколишнього середовища); інтенсивністю виробництва; високим рівнем споживання робочого тіла (пари, води, газу, стисненого повітря).

Для створення інформаційної бази даних про стан використання та резерви економії ПЕР проводять паспортизацію енергоспоживаючих об'єктів.

Паспорт призначений для відображення фактично наявного енергогенеруючого, енергоспоживаючого та енергопостачального обладнання, енергоспоживаючих технологічних процесів, цехів, споруд та ін., їх характеристик та стану використання ПЕР у виробництві, залучення до енергетичного балансу вторинних енергетичних ресурсів, поновлюваних та альтернативних джерел енергії та інші відомості, які забезпечують можливість аналізу стану енергоспоживання підприємства і ефективності використання

паливно-енергетичних ресурсів та розробки заходів щодо енергозбереження, розвитку та технічного переозброєння.

Паспорт заповнюють в одному примірнику та зберігають енерговикористовуючі підприємства: промислові, будівельні, транспортні, сільськогосподарські, комунальні, культурно-побутові, а також промислово-виробничі та районні котельні, підприємства об'єднаних котельень та теплових мереж усіх форм власності і підпорядкування, які мають проектну потужність по споживанню паливно-енергетичних ресурсів (зведених до умовного палива) за рік не менше, як 1000 т.у.п., або теплової енергії – 3000 Гкал і більше, незалежно від джерел їх надходження, або з приєднаною електричною потужністю, незалежно від джерел постачання, 100 кВт і більше. Термін дії Паспорта – 5 років.

**В енергетичному паспорті міститься:** якнайповніша інформація про споживання енергетичних ресурсів для потреб вентиляції та кондиціонування, про енергоспоживаюче обладнання для потреб водоспоживання, про надходження та використання води, газопостачання, установки із газами, газове обладнання, споживання та виробництво електроенергії, потенціал економії електроенергії, енергозбереження, системи і прилади обліку паливно-енергетичних ресурсів, альтернативні джерела енергії, вторинні, поновлювані енергетичні ресурси, споживання та виробництво пального, потенціал економії пального, теплопостачання, теплоізоляційне та теплотехнічне устаткування, електропостачання, електрообладнання, узагальнені показники споживання теплової енергії, електроенергії, енергоємність та теплоємність продукції, дані про економію паливно-енергетичних ресурсів, витрати на науково-дослідні роботи з економії ПЕР, витрати на впровадження заходів із економії, річний економічний ефект, окупність витрат, питомі витрати коштів для економії одиниці паливно-енергетичних ресурсів, загальна кількість механічних двигунів, автомобілів, залізничного транспорту і т.д.

До енергетичного паспорта існуючої будівлі обов'язково додається техніко-економічне обґрунтування рекомендованих для впровадження енергетично ефективних заходів. Форма паспорта енергетичної ефективності будівлі та порядок його складання затверджується спільним рішенням уповноважених органів державного управління.

**В енергетичному паспорті будівлі зазначається:**

1. Адреса будівлі.
2. Клас її енергетичної ефективності.
3. Відомості про тип, функціональне призначення та конструкцію будівлі, її поверховість, об'єм та загальну площу.
4. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, що стосуються такої будівлі.
5. Визначені відповідно до законодавства розрахункові/фактичні показники енергетичної ефективності будівлі.
6. Рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі (для існуючих будівель), що враховують місцеві кліматичні умови та є технічно і економічно здійсненними.

7. Прізвище, ім'я та по-батькові фахівця з енергетичної ефективності будівель, що склав паспорт енергетичної ефективності будівлі, його номер у Державному реєстрі фахівців з енергетичної ефективності будівель та контактна інформація.

**Підвищення енергетичної ефективності побутових споживачів здійснюється** шляхом модернізації будівель, застосування сучасних екологічно чистих теплоізоляційних матеріалів, оновлення систем опалення, освітлення та енергопостачання, використання енергоефективних побутових приладів та інтелектуальних систем контролю і автоматизації за використанням енергоресурсів.

**До найбільш поширених енергозберігаючих установок для генерації теплової енергії під час децентралізованого енергопостачання побутових споживачів відносять:** побутові газові та електричні водонагрівачі та котельні установки, локальні акумуляційні водонагрівачі, когенераційні установки малої потужності, установки гідродинамічного нагрівання, теплові насоси.

## 2. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під енергоемністю валового внутрішнього продукту та на якому вона рівні в нашій державі?

2. Які основні шляхи підвищення ефективності використання енергоресурсів?

3. Що таке енергоефективні продукція, технологія, обладнання?

4. Які заходи відносять до енергозберігаючих?

5. Що розуміють під енергоефективним проектом?

6. Що таке енергетичний аудит?

7. Що є предметом та об'єктом енергетичного аудиту?

8. Яке призначення енергетичного аудиту?

9. Що таке енергетичний менеджмент?

10. Для чого призначений паспорт енергоспоживаючого об'єкту?

11. Яка інформація міститься в паспорті енергоспоживаючого об'єкту?

12. Яка інформація міститься в енергетичному паспорті будівлі?

13. Яким чином підвищують енергетичну ефективність побутових споживачів?

14. Які енергозберігаючі установки є найбільш поширеними для генерації теплової енергії під час децентралізованого енергопостачання побутових споживачів?

### ЗАДАЧА 3.1

Автостоянка автотранспортного підприємства освітлюється десятима вольфрам-галогенними лампами потужністю 500 Вт кожна. Охоронці вмикають та вимикають лампи вручну, але іноді випадково залишають їх ввімкненими в денний час в 20% випадків. Для економії електроенергії пропонується замінити ці лампи десятима натрієвими лампами високого тиску потужністю 114 Вт

кожна (включаючи втрати механізму управління), які завдяки збільшеній світловіддачі забезпечують такий самий рівень освітленості. В неробочому стані в очікуванні поточного ремонту знаходяться в середньому дві вольфрамо-галогенні лампи та одна натрієва лампа високого тиску завдяки вищій надійності. Крім того, запропоновано встановити автоматизоване управління системою освітлення. Яким буде значення річного енергозбереження? Які чинники повинні бути враховані під час модернізації системи освітлення автостоянки?

### РОЗВ'ЯЗАННЯ:

Знаходимо річне споживання електроенергії автостоянкою автотранспортного підприємства в разі її освітлення вольфрамо-галогенними лампами:

$$W_{p1} = P_1 \cdot n_1 \cdot K_{31} \cdot t_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 4672 = 18688 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де  $W_{p1}$  – річне споживання електроенергії автостоянкою автотранспортного підприємства в разі її освітлення вольфрамо-галогенними лампами, кВт·год;  $P_1$  – потужність однієї вольфрамо-галогенної лампи, Вт;  $n_1$  – кількість вольфрамо-галогенних ламп, що освітлюють автостоянку, шт.;  $K_{31}$  – коефіцієнт завантаження у разі освітлення автостоянки вольфрамо-галогенними лампами;  $t_1 = 10 \cdot 365 + 14 \cdot 0,2 \cdot 365 = 4672$  – річна тривалість освітлення автостоянки вольфрамо-галогенними лампами, год.

Знаходимо річне споживання електроенергії автостоянкою автотранспортного підприємства в разі її освітлення натрієвими лампами високого тиску:

$$W_{p2} = P_2 \cdot n_2 \cdot K_{32} \cdot t_2 = 0,114 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 3650 = 3745 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де  $W_{p2}$  – річне споживання електроенергії автостоянкою автотранспортного підприємства в разі її освітлення натрієвими лампами високого тиску, кВт·год;  $P_2$  – потужність однієї натрієвої лампи високого тиску, Вт;  $n_2$  – кількість натрієвих ламп високого тиску, що освітлюють автостоянку, шт.;  $K_{32}$  – коефіцієнт завантаження у разі освітлення автостоянки натрієвими лампами високого тиску;  $t_2 = 10 \cdot 365 = 3650$  – річна тривалість освітлення автостоянки натрієвими лампами високого тиску, год.

Значення річного енергозбереження в разі модернізації системи освітлення автостоянки автотранспортного підприємства складає:

$$W = W_{p1} - W_{p2} = 18688 - 3750 = 14938 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де  $W$  – значення річного енергозбереження в разі модернізації системи освітлення автостоянки автотранспортного підприємства, кВт·год.

**Під час модернізації системи освітлення автостоянки повинні бути враховані:** витрати на заміну ламп та встановлення автоматизованої системи управління освітленням, а також витрати на оплату праці з технічного обслуговування ламп.

Отже, в разі модернізації системи освітлення автостоянки автотранспортного підприємства значення річного енергозбереження складе 14938 кВт·год електроенергії.

### ЗАДАЧА 3.2 (самостійно)

Автостоянка автотранспортного підприємства освітлюється десятьма вольфрамо-галогенними лампами потужністю  $P_1$  кожна. Охоронці вмикають та вимикають лампи вручну, але іноді випадково залишають їх ввімкненими в денний час в  $X\%$  випадків. Для економії електроенергії пропонується замінити ці лампи десятьма натрієвими лампами високого тиску потужністю  $P_2$  кожна (включаючи втрати механізму управління), які завдяки збільшеній світловіддачі забезпечують такий самий рівень освітленості. Коефіцієнт завантаження  $K_{31}$  вольфрамо-галогенних ламп, а коефіцієнт завантаження  $K_{32}$  натрієвих ламп високого тиску. Крім того, запропоновано встановити автоматизоване управління системою освітлення. Яким буде значення річного енергозбереження? Які чинники повинні бути враховані під час модернізації системи освітлення автостоянки?

Таблиця 3.1.

#### Варіанти завдань

№ варіанту	$P_1$ , Вт	$P_2$ , Вт	$X$ , %	$K_{31}$	$K_{32}$
1.	600	137	40	0,7	0,9
2.	700	160	10	0,7	0,8
3.	450	103	50	0,8	0,9
4.	800	182	30	0,7	0,9
5.	750	171	15	0,8	0,9
6.	400	91	25	0,8	0,9
7.	1000	230	5	0,7	0,9
8.	650	150	35	0,7	0,8
9.	750	170	30	0,8	0,9
10.	900	200	20	0,7	0,8

## ЗАНЯТТЯ 4.

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВІДПОВІДНО ДО ДАТСЬКОЇ ШКАЛИ КЛАСІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

**Мета заняття:** Навчити студентів визначати класи енергетичної ефективності об'єктів відповідно до Датської шкали.

#### 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Для оцінки енергетичної ефективності будівель у багатьох країнах використовується наступний підхід. Всю енергію, яка надходить у будівлю за рік (опалення, електрика, гаряча вода), підсумовують, а отриману величину ділять на площу будівлі. Таким чином, отримують питоме енергоспоживання будівлі за рік. Цю величину для різних об'єктів можна порівнювати і робити висновки про енергетичну ефективність тієї чи іншої будівлі.

**Енергетична ефективність будівлі** – властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу цієї будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування (проживання) у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимих (оптимальних) витратах енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, нагрівання води з урахуванням місцевих кліматичних умов.

**Під час визначення енергетичної ефективності будівель необхідно враховувати:**

1. Місцеві кліматичні умови.
2. Функціональне призначення, тип, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі.
3. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники будівлі.
4. Нормативні санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату приміщень будівлі.
5. Довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівлі.
6. Показники енергетичних характеристик інженерного обладнання.

У Данії було розроблено шкалу класів енергетичної ефективності, які визначаються залежно від питомого енергоспоживання та типу будівлі. Зрозуміло, що, наприклад, дитячий садок має споживати більше, ніж адміністративні споруди. Методика визначення класу енергетичної ефективності в ідеалі реалізована міжнародною компанією Display. До кампанії можуть долучитись лише адміністративно-територіальні одиниці (міста, села, селища тощо). Сплативши одноразові членські внески, учасник отримує через Інтернет доступ до спеціалізованого програмного забезпечення, яке на основі введених даних визначає клас енергетичної ефективності. Більше того, програмне



забезпечення формує плакат із основними показниками споруди та порадами з їх покращення, плакат може бути завантажений та надрукований і розміщений на об'єкті. Передумовою ефективного використання наданого програмного забезпечення є повноцінний облік енергоносіїв та деяких додаткових даних (технічний стан споруди, температурні дані і т. ін.).

Приклад спрощеного аналізу. Більшість об'єктів у різних областях України може бути віднесена до однієї з нижче наведених груп споруд (табл. 4.1).

**Таблиця 4.1.**

**Класи енергоефективності деяких споруд відповідно до Датської шкали**

<b>Річне питоме енергоспоживання, кВт·год/м<sup>2</sup></b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>Школи, адміністративні споруди</b>	<75	75-140	140-205	205-270	270-335	335-400	>400
<b>Соціально-культурні споруди</b>	<75	75-160	160-245	245-330	330-415	415-500	>500
<b>Дитячі садочки</b>	<75	75-145	145-215	215-285	285-335	335-425	>425
<b>Лікарні</b>	<150	150-225	225-300	300-375	375-450	450-525	>525

**Для визначення класів енергетичної ефективності споруд використовуються наступні дані:** споживання палива (дрова, газ, вугілля тощо), споживання теплової енергії (при центральному опаленні), площа будівлі, споживання електричної енергії.

**Алгоритм визначення класу енергетичної ефективності.** Для розрахунків потрібно перевести натуральні показники споживання енергії на об'єкті у розмірність кВт·год. У залежності від типу опалення (власне чи центральне) розрахунок ведеться за різними формулами. У випадку власного опалення:

$$EN = \frac{Nk}{859,8}, \quad (4.1)$$

де  $EN$  – енергія від спалювання різних видів палива при автономному опаленні, кВт·год/рік;  $N$  – річне споживання палива у натуральних показниках: тонн умовного палива, м<sup>3</sup>, л тощо. Ці дані можна отримати, запровадивши облік енергоносіїв. Більшість областей України вже публікують на своїх Інтернет сторінках дані про розрахунки за енергоносії;  $k$  – питома теплота згоряння конкретного виду палива (табл. 4.2); 859,8 – кількість ккал еквівалентна 1

кВт·год, тобто це коефіцієнт для перетворення кілокалорій у розмірність кВт·год.

Таблиця 4.2.

Природний газ	7960 ккал/м <sup>3</sup>
Дизельне паливо	10000 ккал/кг
Дрова (вологість 20%)	3268 ккал/кг
Мазут	9700 ккал/кг
Торфокрихта	2508 ккал/кг
Торфобрикет	4650 ккал/кг
Антрацит	7000 ккал/кг
Вугілля кам'яне	5000-7200 ккал/кг
Пелети	4300 ккал/кг

Якщо об'єкт підключений до системи централізованого опалення, використовується формула:

$$EQ = \frac{Q \cdot 1000000}{859,8}, \quad (4.2)$$

де  $EQ$  – річне споживання теплової енергії, кВт·год;  $Q$  – річне споживання теплової енергії, Гкал.

Далі потрібно додати отримані значення енергоспоживання і розділити на площу об'єкта:

$$E = \frac{EN + EQ + EE}{S}, \quad (4.3)$$

де  $E$  – річне питома енергоспоживання на об'єкті, кВт·год/м<sup>2</sup>;  $EE$  – сукупне річне споживання електричної енергії об'єктом, кВт·год;  $S$  – площа об'єкта, м<sup>2</sup>.

**Фактично  $E$**  – це значення, за яким визначається клас енергетичної ефективності за наведеною шкалою (табл. 4.1).

## 2. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під енергетичною ефективністю будівлі?
2. Які фактори необхідно враховувати під час визначення енергетичної ефективності будівлі?

3. Які є класи енергетичної ефективності споруд відповідно до Датської шкали?
4. Які дані необхідно використовувати для визначення класу енергетичної ефективності споруди?
5. В чому полягає алгоритм визначення класу енергетичної ефективності споруд?

#### ЗАДАЧА 4.1

Для опалювання школи автономною котельнею витрачається 100 000 м<sup>3</sup> природного газу в рік. Після модернізації котельні споживання газу зменшилося в 2 рази. Визначити клас енергетичної ефективності школи до та після модернізації. Площа школи 7 000 м<sup>2</sup>. Сукупне річне споживання електричної енергії школою 100 000 кВт·год.

#### РОЗВ'ЯЗАННЯ:

1. Для розрахунків переводимо натуральні показники споживання енергії школою у розмірність кВт·год. Оскільки школа опалюється автономною котельнею, то розрахунок енергії від спалювання різних видів палива до модернізації котельні проводимо за формулою (4.1):

$$EN = \frac{N \cdot k}{859,8} = \frac{100000 \cdot 7960}{859,8} = 925796,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

де  $N = 100000 \text{ м}^3$  – річне споживання палива у натуральних показниках;  $k = 7960 \text{ ккал} / \text{м}^3$  – питома теплота згоряння природного газу (табл. 4.2); 859,8 – кількість ккал еквівалентна 1 кВт·год, тобто це коефіцієнт для перетворення кілокалорій у розмірність кВт·год.

Далі додаємо отримані значення енергоспоживання і розділяємо на площу об'єкта за формулою (4.3):

$$E = \frac{EN + EQ + EE}{S} = \frac{925796,7 + 0 + 100000}{7000} = 146,54 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2,$$

де  $EQ = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  – річне споживання теплової енергії, оскільки школа не підключена до системи централізованого опалення;  $EE = 100000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  – сукупне річне споживання електричної енергії школою;  $S = 7000 \text{ м}^2$  – площа школи.

Далі визначаємо клас енергетичної ефективності школи до модернізації котельні відповідно до Датської шкали. Згідно з табл. 4.1 **клас енергоефективності школи С**.

2. Тоді визначаємо натуральні показники споживання енергії школою у розмірності кВт·год після модернізації котельні за формулою (4.1):

$$EN = \frac{N \cdot k}{859,8} = \frac{50000 \cdot 7960}{859,8} = 462898,35 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} .$$

Оскільки школа не підключена до системи централізованого опалення, то  $EQ = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год} .$

Далі додаємо отримані значення енергоспоживання і розділяємо на площу об'єкта за формулою (4.3):

$$E = \frac{EN + EQ + EE}{S} = \frac{462898,35 + 0 + 100000}{7000} = 80,41 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 .$$

Далі визначаємо клас енергетичної ефективності школи після модернізації котельні відповідно до Данської шкали. Згідно з табл. 4.1 **клас енергоефективності школи В.**

**Отже, школа до модернізації котельні мала клас енергетичної ефективності С, а після модернізації В.**

#### ЗАДАЧА 4.2 (самостійно)

Для опалювання споруди автономною котельнею витрачається  $N$ ,  $\text{м}^3$  природного газу в рік. Після модернізації котельні споживання газу зменшилося в  $X$  разів. Визначити клас енергетичної ефективності споруди до та після модернізації. Площа споруди  $S$ ,  $\text{м}^2$ . Сукупне річне споживання електричної енергії спорудою  $EE$ ,  $\text{кВт} \cdot \text{год} .$  Дані для заданого варіанту подані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3.

#### Варіанти завдань

№ варіанту	Вид споруди	Витрата газу для опалення $N$ , $\text{м}^3$	Сукупне річне споживання електроенергії $EE$ , $\text{кВт} \cdot \text{год}$	Площа $S$ , $\text{м}^2$	Зменшення споживання газу $X$ , разів
1.	Школа	80 000	90 000	6 000	1,5
2.	Лікарня	100 000	100 000	5 000	2
3.	Дитячий садочок	105 000	80 000	4 500	2,5
4.	Адміністративна споруда	85 000	80 000	8 000	1,5
5.	Школа	130 000	120 000	10 000	2

**Продовження табл. 4.3.**

<b>6.</b>	Дитячий садочок	90 000	85 000	4 000	1,5
<b>7.</b>	Лікарня	120 000	110 000	9 000	2,5
<b>8.</b>	Соціально-культурна споруда	95 000	140 000	12 000	2
<b>9.</b>	Адміністративна споруда	80 000	95 000	7 500	1,5
<b>10.</b>	Соціально-культурна споруда	75 000	70 000	6 500	2

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергозбереження» від 1.07.1994 №74/94-ВР.
2. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 №575/97-ВР.
3. Закон України «Про теплопостачання» від 2.06.2005 №2633-IV.
4. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 №555-IV.
5. Закон України «Про нафту і газ» від 12.07.2001 №2665-III.
6. Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» від 5.04.2005 №2509-IV.
7. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» від 24.07.2013 №1071-р.
8. Енергозбереження та основи енергоаудиту: конспект лекцій для студентів спец. 7.090504 «Нетрадиційні джерела енергії» / В.В. Цибуленко. – Херсон: ХНТУ, 2011. – 130 с.
9. Основы энергосбережения: учебное пособие / П.Ф. Богданович, Д.А. Григорьев, В.К. Пестис. – Гродно: ГГАУ, 2007. – 174 с.
10. Основы энергетического аудиту: конспект лекцій для студентів спец. 7.090509 «Суднові енергетичні установки та устаткування», 7.090210 «Двигуни внутрішнього згоряння» / В.С. Самохвалов, М.Ю. Багненко. – Херсон: НУК ім. адмірала Макарова, 2008. – 146 с.
11. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: навчальний посібник / В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний. – К.: Освіта України, 2009. – 438 с.
12. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М.: Изд. Машиностроение-1, 2006. – 256 с.
13. Енергетика, довкілля, енергозбереження / Під загальною ред. проф. В.А. Маляренка. – Харків: Рубікон, 2004. – 368 с.
14. Енергетичний менеджмент / Ю.В. Дзядикевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Економічна думка, 2010. – 295 с.
15. Основы менеджмента в электроэнергетике. Часть 1: учебное пособие / Г.Н. Ламакин. – Тверь: ТГТУ, 2006. – 208 с.
16. Енергозбереження. Частина 1: конспект лекцій для студентів спец. 7.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання» / К.В. Філімоненко. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2007. – 63 с.
17. Основы энергосбережения: курс лекций / А.И. Ольшанский, В.И. Ольшанский, Н.В. Беляков. – Витебск: ВГТУ, 2007. – 223 с.
18. Основы энергосбережения: учебно-методический комплекс / В.М. Беляев. – Мн.: МИУ, 2009. – 163 с.

## Навчально-методичне видання

### Енергозбереження

Методичні вказівки до виконання практичних занять  
для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та  
електротехнології» спеціальності 5.05070103 «Електропостачання»  
денної форми навчання

Редактор:

С.П. Літковець

Комп'ютерний набір та верстка:

С.П. Літковець

Підп. до друку 2016 р.  
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.  
Ум. друк. арк. 2. Обл.-вид. арк. 1,9.  
Тираж \_\_\_ прим. Зам.

Редакційно-видавничий відділ  
Луцького національного технічного університету  
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75  
Друк – РВВ Луцького НТУ

