

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять
та розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

**«ОСНОВИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
СЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,
освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Основи енергоменеджменту та енергетичної сертифікації будівель та споруд» : (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: О. М. Міланко, Р. Б. Ткаченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 38 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. М. Міланко,
канд. техн. наук, доц. Р. Б. Ткаченко

Рецензент

О. В. Гвоздецький, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції, протокол
№ 5 від 12.12.2024*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1	
СТРУКТУРА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ КОТЛА	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2	
ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ.....	7
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3	
ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.	
ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ.....	8
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4	
ПРОМИСЛОВІ БУДІВЛІ	11
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5	
КОГЕНЕРАЦІЯ І ТРИГЕНЕРАЦІЯ	14
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6	
ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ	15
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7	
ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.....	16
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8	
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ	27
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9	
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	30
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	35

ВСТУП

Енергетичний менеджмент належить до наук з управління, предметною сферою якого є забезпечення ощадного використання енергії на всіх стадіях її виробництва, передачі на відстань, розподілу і споживання на підприємствах та в установах. Таке управління повинно забезпечувати енергоефективність виробництва або діяльності взагалі шляхом розроблення та реалізації системи заходів щодо енергозбереження, включно із комплексним розв'язанням пов'язаних з цим технічних, економічних та екологічних проблем.

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 у практику новітніх досягнень науки і техніки. Існує об'єктивна необхідність у розвитку теорії управління енерговикористанням, впровадження світових досягнень у виробництво всіх галузей державного господарства. В умовах енергетичної кризи, значного підвищення цін на енергоносії, функціонування енергетичного ринку дуже актуальними стають питання ефективного використання енергії, ухвалення тактичних і стратегічних рішень в енерговикористанні на всіх стадіях виробничого процесу.

Для реалізації цих завдань стане у нагоді курс «Основи енергоменеджменту та енергетичної сертифікації будівлі», який передбачає вивчення основних понять управління енерговикористанням, ознайомлення з питаннями організації, розроблення стратегії, ухвалення технічних, економічних, фінансових та управлінських рішень, мотивації працівників в умовах енергоринку. Цей курс базується на всіх попередніх курсах електроенергетичного, теплоенергетичного, економічного та менеджерського напрямів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

СТРУКТУРА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ КОТЛА

Тема: тепловий баланс котла. Рівність між надходженням та витратою тепла. Коефіцієнт надлишку повітря. Теплота згоряння палива. Вологість палива.

Мета роботи: ознайомлення з методикою складання теплового балансу котла, визначення рівності між надходженням і витратою тепла, розрахунок коефіцієнта надлишку повітря, теплоти згоряння палива та впливу вологості палива на процес горіння.

Теоретичні відомості

Тепловий баланс котла відображає співвідношення між енергією, що надходить до котла із паливом, та енергією, яка використовується корисно або втрачається. Основне рівняння теплового балансу записується у вигляді:

$$Q_{\text{надход}} = Q_{\text{корисн}} + Q_{\text{втрат}}, \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{надход}}$ – теплота, що надходить із паливом;

$Q_{\text{корисн}}$ – корисно використана теплота;

$Q_{\text{втрат}}$ – втрати тепла.

Коефіцієнт надлишку повітря α визначає, наскільки більше повітря подається для горіння порівняно з теоретично необхідною кількістю:

$$\alpha = V_{\text{повітря}} / V_{\text{теор}}, \quad (1.2)$$

де $V_{\text{повітря}}$ – об'єм поданого повітря;

$V_{\text{теор}}$ – теоретично необхідний об'єм повітря для повного згоряння палива.

Теплота згоряння палива поділяється на нижчу ($Q_{\text{н}}$) та вищу ($Q_{\text{в}}$) залежно від врахування теплоти конденсації водяної пари.

Вологість палива впливає на його теплоту згоряння, оскільки частина енергії витрачається на випаровування води.

Загальне рівняння теплового балансу котла. Характеристики складових теплового балансу

Під час спалювання 1 кг (або 1 м³) робочої маси палива загальна кількість теплоти, яка може виділитися у палівні, називається доступною теплотою палива $Q_{\text{рр}}$, кДж/кг або кДж/м³. Він містить такі джерела надходження тепла:

$$Q_{\text{р}}^{\text{р}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}} + Q_{\text{доп}}, \quad (1.3)$$

де $Q_{\text{доп}}$ – додаткові джерела теплоти, супутні організації спалювання палива:

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{внш}} + Q_{\text{тл}} + Q_{\text{п}} - Q_{\text{к}}, \quad (1.4)$$

де $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – найменша питома теплота згоряння палива на робочу масу Дж/кг(м³);

$Q_{\text{внш}}$ – тепло, що надходить до котла разом із повітрям, коли воно нагрівається поза агрегатом (ця теплота враховується в тих випадках, коли повітря попередньо нагрівається від зовнішнього джерела перед надходженням до повітрянагрівача котла, наприклад, у калориферах парою від вихлопу турбіни);

$Q_{\text{ТЛ}}$ – фізична теплота палива, що надходить до пальників для згоряння; наприклад, під час спалювання мазуту його необхідно підігріти перед надходженням до котла;

$Q_{\text{П}}$ – теплота пари, що надходить до форсунок для розпилення мазуту;

$Q_{\text{К}}$ – тепло, що витрачається на розкладання карбонатів робочої маси сланцю, що містить CaCO_3 і MgCO_3 , з утворенням газоподібного CO_2 .

Додаткові джерела теплоти враховуються в тепловому балансі, якщо їх значення $0,5 \% Q_{\text{Р}}$.

Іншу частину тепла, що виділяється, складають різні тепловтрати, пов'язані з роботою парового котла:

- Q_2 – з теплою продуктів згоряння, що надходять із котла;
- Q_3 – з хімічним недопалом палива (газові горючі компоненти);
- Q_4 – з механічним недопалом палива (тверді неспалені частини);
- Q_5 – втрати тепла у навколишнє середовище (теплова ізоляція);
- Q_6 – з фізичною теплою видаленого із паливної жужеля.

У підсумку рівняння теплового балансу котла виглядає:

$$Q_{\text{Р}}^{\text{Р}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (1.5)$$

де Q_1 – використане тепло;

$Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$ – теплові втрати.

Корисно використана кількість теплоти:

$$Q_1 = Q_{\text{ТК}} + Q_{\text{ПЕ}}^{\text{К}} + Q_{\text{ВТ}} + Q_{\text{ЭК}}, \quad (1.6)$$

де $Q_{\text{ТК}}$ – тепло сприйняття робочого середовища у поверхнях паливної камери, кДж/кг;

$Q_{\text{ПЕ}}^{\text{К}}$ і $Q_{\text{ВТ}}$ – теплосприйняття пари у конвективних поверхнях основного і проміжного (вторинного) перегрівача, кДж/кг;

$Q_{\text{ЭК}}$ – теплосприйняття економайзера, кДж/кг.

Якщо віднести всі витратні статті теплового балансу до значення $Q_{\text{Р}}^{\text{Р}}$ отримаємо відносні частки витрат теплоти у відсотках:

$$q_i = \frac{100Q_i}{Q_{\text{Р}}^{\text{Р}}}, \% \quad (1.7)$$

де Q_i – будь-яка із абсолютних витрат теплоти. Використовуючи відносні значення витрат теплоти, рівняння теплового балансу можна записати так:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6. \quad (1.8)$$

Обладнання та матеріали

Під час практичної роботи необхідно використати такі обладнання та матеріали:

1. Котел, оснащений вимірювальними приладами.
2. Прилади для вимірювання температури та тиску.
3. Газоаналізатор.
4. Вологомір.
5. Паливо (вугілля, газ, мазут).

Хід роботи

Під час практичної роботи необхідно:

1. Виміряти параметри пального та повітря, що надходить до котла.
2. Визначити температуру димових газів на виході.
3. Обчислити теплоту згоряння палива.
4. Визначити коефіцієнт надлишку повітря.
5. Розрахувати тепловий баланс котла.
6. Проаналізувати вплив вологості палива на ефективність згоряння.

Обробка результатів та висновки

На основі отриманих даних необхідно скласти тепловий баланс котла, оцінити ефективність процесу горіння та визначити, які фактори впливають на енергетичні втрати. Висновки мають містити аналіз отриманих результатів та рекомендації щодо покращення роботи котла.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2 ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Перелік параметрів та вимірювальних приладів для енергоаудиту системи освітлення виробничої будівлі

Параметри, що підлягають вимірюванню:

1. Рівень освітленості (люкс, лк) – відповідність нормативним вимогам.
2. Споживана потужність (Вт, кВт) – визначення фактичного енергоспоживання світильників.
3. Коефіцієнт потужності ($\cos \phi$) – аналіз ефективності використання електроенергії.
4. Струм та напруга (А, В) – оцінка електричних параметрів мережі.
5. Світловий потік світильників (лм) – визначення ефективності світильників.

6. Температура кольору (К) – відповідність комфортності умов праці.
 7. Коефіцієнт пульсації світла (%) – аналіз рівня пульсації для оцінки впливу на зір.
 8. Тривалість роботи світильників (години) – аналіз строку служби ламп та їх деградації.
 9. ККД світильників (%) – оцінка ефективності світлорозподілу.
 10. Розподіл яскравості в приміщенні – оцінка рівномірності освітлення.
- Вимірювальні прилади:
1. Люксметр – для вимірювання рівня освітленості (наприклад, Testo 540, Hagner EC1).
 2. Аналізатор електроенергії – для оцінки споживаної потужності та коефіцієнта потужності (Fluke 435-II, Energomonitor 3.3).
 3. Мультиметр (струм, напруга) – для контролю електричних параметрів (Fluke 87V, UNI-T UT71E).
 4. Спектрофотометр або колориметр – для аналізу температури кольору та світлового потоку (Konica Minolta CL-200A);
 5. Осцилограф – для визначення пульсації світла.
 6. Термометр (інфрачервоний або контактний) – для вимірювання температури корпусу світильників (Fluke 62 MAX).
 7. Логер енергоспоживання – для довготривалого моніторингу споживання електроенергії.
 8. Фотометр – для оцінки яскравості світильників.
- Додаткові методи оцінки:
1. Використання тепловізора для аналізу втрат енергії у світильниках.
 2. Опитування персоналу щодо комфорту освітлення.
 3. Порівняння з нормативними вимогами (ДБН В.2.5-28:2006, ДСТУ EN 12464-1:2019).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ. ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ

Термін експлуатації ТМ та технічні характеристики

Термін експлуатації теплових мереж залежить від матеріалів труб, умов експлуатації та якості монтажу. Зазвичай нормативний термін служби теплових мереж становить:

- сталеві труби без антикорозійного покриття – 10–15 років;
- сталеві труби з антикорозійним покриттям та якісною ізоляцією – 25–30 років;
- полімерні труби (РЕХ, поліпропіленові, поліетиленові) – 30–50 років;

– попередньоізолювані труби (з ППУ-ізоляцією) – 25–40 років.

Технічні характеристики теплових мереж:

1) робоча температура:

– для централізованого теплопостачання – до 150 °С;

– для низькотемпературних систем – 50–90 °С;

2) робочий тиск:

– магістральні мережі – до 2,5 МПа;

– розподільчі мережі – до 1,0 МПа.

3) теплоносій:

– вода (найпоширеніший варіант);

– пар (в промислових системах);

4) втрати тепла:

– у сучасних попередньоізолюваних трубах – 2–5 %;

– у застарілих системах – до 30 %;

5) ізоляційні матеріали:

– пінополіуретан (ППУ);

– мінеральна вата;

– пінополістирол.

Для продовження терміну експлуатації теплових мереж використовують методи діагностики (тепловізійний контроль, ультразвукову дефектоскопію) та планові ремонти.

Ефективність транспортування теплової енергії

Ефективність транспортування теплової енергії залежить від багатьох факторів, серед яких:

1) тип теплоносія:

– вода (гаряча вода, перегріта вода);

– пара;

– мастило (теплоносій у високотемпературних системах).

2) тепловтрати:

– крізь стінки трубопроводів (кондуктивні втрати);

– через випромінювання тепла;

– витоки крізь нещільності у системі.

3) якість ізоляції:

– матеріал (мінеральна вата, пінополіуретан, аерогель тощо);

– товщина та ефективність покриття.

4) довжина та стан трубопроводів:

– чим довший трубопровід, тим більші втрати;

– спрацьованість, корозія, гідравлічний опір.

Температурний режим:

– високотемпературні системи (з більшою різницею температур) ефективніші, але мають більші втрати;

– оптимізація температурного графіка (наприклад, 95/70 °С або 130/70 °С).

5) циркуляція та гідравлічний опір:

– помпи повинні підтримувати стабільний потік теплоносія;

– балансування системи для рівномірного розподілу тепла.

6) автоматизація та контроль:

– використання сенсорів температури та тиску;

– регулювання витрат теплоносія;

– оптимізація режимів роботи залежно від споживання.

7) альтернативні методи транспортування:

– використання низькотемпературних систем (наприклад, теплових pomp);

– локалізація джерел тепла для зменшення довжини транспортування.

Зменшення тепловтрат і підвищення ефективності можливе шляхом застосування сучасних ізоляційних матеріалів, автоматизованих систем керування та використання нових методів передачі теплової енергії.

Показники надійності ТМ. Розрахунок втрат теплової енергії

Показники надійності теплових мереж

Надійність теплових мереж визначається здатністю системи забезпечувати безперервне та ефективне постачання теплової енергії споживачам. Основні показники надійності:

1. Коефіцієнт готовності (K_g) – відношення часу справної роботи до загального часу експлуатації:

$$K_g = T_p / (T_p + T_r), \quad (3.1)$$

де T_p – час справної роботи;

T_r – час ремонту.

2. Частота відмов (λ) – кількість відмов за одиницю часу:

$$\lambda = N / T, \quad (3.2)$$

де N – кількість відмов;

T – час спостереження.

3. Середній час безвідмовної роботи ($T_{сб}$) – середній період між відмовами:

$$T_{сб} = T_p / N. \quad (3.3)$$

4. Коефіцієнт відмов ($K_{відм}$) – частка теплових втрат через аварії:

$$K_{відм} = Q_{втрат} / Q_{заг}, \quad (3.4)$$

де $Q_{втрат}$ – втрати тепла через відмови,

$Q_{заг}$ – загальне тепlopостачання.

Розрахунок втрат теплової енергії

Втрати теплової енергії в теплових мережах поділяють на технологічні (через трубопроводи) та аварійні (через пошкодження).

Втрати через теплопровідність ($Q_{\text{труб}}$):

$$Q_{\text{труб}} = k \cdot S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) \cdot \tau, \quad (3.5)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі ізоляції ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

S – площа теплообміну (м^2);

$t_{\text{вн}}$ – температура теплоносія ($^\circ\text{C}$);

$t_{\text{зов}}$ – температура навколишнього середовища ($^\circ\text{C}$);

τ – час передачі тепла (год).

Втрати через витоки:

$$Q_{\text{вит}} = G_{\text{вит}} \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) \cdot Q, \quad (3.6)$$

де $G_{\text{вит}}$ – масова витрата втраченої води (кг);

c – теплоємність води ($\text{кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$).

Загальні втрати тепла

Сумарні втрати тепла визначаються як:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{труб}} + Q_{\text{вит}}, \quad (3.7)$$

де додаються втрати через теплопровідність та витоки.

Ці розрахунки допомагають оцінити ефективність тепломереж та вжити заходів для їхньої модернізації.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4 ПРОМИСЛОВІ БУДІВЛІ

Втрати тепла в огорожувальних конструкціях будівлі

Втрати тепла в огорожувальних конструкціях будівлі – це теплові втрати крізь стіни, покрівлю, підлогу, вікна та двері, що виникають через різницю температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем. Ці втрати є основною складовою загального теплового балансу будівлі та впливають на її енергоефективність.

Основні механізми тепловтрат

Теплопровідність – передача тепла через матеріали конструкцій (стіни, дахи, підлоги).

Конвекція – перенесення тепла повітряними потоками (наприклад, крізь щілини у вікнах і дверях).

Випромінювання – передача тепла у вигляді інфрачервоного випромінювання.

До факторів, що впливають на втрати тепла належать:

- товщина та матеріал конструкцій (бетон, цегла, дерево, утеплювачі);
- якість утеплення (ефективність теплоізоляційних матеріалів);
- площа та якість вікон і дверей (енергоефективні склопакети значно зменшують втрати);
- щільність і герметичність будівлі (щілини та нещільності збільшують втрати);
- кліматичні умови (температурний перепад між внутрішнім і зовнішнім середовищем).

До шляхів зменшення теплових втрат належать:

- утеплення стін, даху та підлоги із використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів (мінеральної вати, пінополістиролу тощо);
- встановлення енергоефективних вікон і дверей: застосування двокамерних або трикамерних склопакетів;
- герметизація швів і щілин із використанням монтажною піни, герметиків, теплоізоляційних стрічок;
- вентиляція з рекуперацією тепла, що зменшує втрати тепла під час провітрювання;
- використання тепловідбивних покриттів, що зменшує випромінювальні втрати тепла.

Розрахунок теплових втрат

Втрати тепла через огорожувальні конструкції можна розрахувати за формулою:

$$Q = \Delta T \cdot S / R, \quad (4.1)$$

де Q – тепловтрати, Вт;

ΔT – різниця температур (внутрішньої та зовнішньої), °C;

S – площа конструкції, м²;

R – термічний опір конструкції, м² · °C / Вт (визначається за товщиною та теплопровідністю матеріалів).

Зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції дозволяє значно скоротити витрати на опалення, підвищити комфорт у приміщенні та покращити енергоефективність будівлі.

Фактичні характеристики огорожувальних конструкцій

Фактичні характеристики огорожувальних конструкцій – це сукупність параметрів, що визначають їх експлуатаційні властивості, зокрема теплоізоляцію, звукоізоляцію, міцність, довговічність тощо.

Основні характеристики:

1) теплотехнічні показники:

- опір теплопередачі (R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) – здатність конструкції зменшувати втрати тепла;

- коефіцієнт теплопровідності (λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$) – наскільки добре матеріал проводить тепло;

- температурні деформації – зміна розмірів під дією температурних коливань.

2) звукоізоляційні характеристики:

- індекс ізоляції повітряного шуму (R_w , дБ) – рівень зменшення звуку через конструкцію;

- індекс ізоляції ударного шуму (L_n , дБ) – характеристика поглинання ударного шуму.

3) міцність і жорсткість:

- межа міцності (МПа) – максимальне навантаження перед руйнуванням;
- модуль пружності (E , ГПа) – показник деформаційної жорсткості матеріалу;

- стійкість до навантажень (вітрових, снігових, механічних впливів).

4) паропроникність та вологопоглинання:

- коефіцієнт паропроникності (μ , $\text{мг}/\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$) – здатність конструкції пропускати пар;

- вологопоглинання (%) – скільки води може увібрати матеріал.

5) вогнестійкість:

- клас пожежної небезпеки – показник горючості матеріалу;
- граничний стан вогнестійкості (REI , хвилини) – час, протягом якого конструкція зберігає тримальну здатність та теплоізоляційні властивості;

довговічність:

- термін служби – середня тривалість експлуатації без втрати функціональних властивостей;

- стійкість до біологічних і хімічних впливів (грибків, цвілі, корозії).

Фактичні характеристики визначаються лабораторними випробуваннями, розрахунками та експлуатаційними спостереженнями.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

КОГЕНЕРАЦІЯ І ТРИГЕНЕРАЦІЯ

Біопаливні когенераційні установки (КГУ) на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та газифікаторів є ефективними системами для одночасного виробництва електричної та теплової енергії з біомаси.

Принцип дії:

1. Газифікація біомаси. Біомаса (наприклад, гемблівка, сільськогосподарські відходи) підлягає термохімічному процесу газифікації, в результаті чого утворюється синтезгаз (суміш водню, оксиду вуглецю та метану).
2. Спалювання синтезгазу. Отриманий синтезгаз подається в газопоршневий двигун внутрішнього згоряння, де він згорає, приводячи в рух поршні двигуна.
3. Виробництво електроенергії. Механічна енергія обертання валу двигуна передається на генератор, який виробляє електричну енергію.
4. Утилізація тепла. Тепло, що виділяється під час роботи двигуна та в процесі охолодження, збирається за допомогою теплообмінників і може використовуватися для опалення, гарячого водопостачання або інших потреб. Такий підхід дозволяє досягти загального коефіцієнта корисної дії (ККД) понад 90 %, що значно перевищує ефективність окремого виробництва електроенергії та тепла.

Доступні установки в Україні

В Україні є кілька компаній, які пропонують когенераційні установки на біопаливі:

- Fogo Ukraine пропонує когенераційні установки, що працюють на біогазі, отриманому з органічних відходів;
- ДП «Автомоторс» постачає газопоршнєві когенераційні установки MWM/Deutz, які можуть працювати на біогазі та інших видах біопалива;
- Finpro Group пропонує когенераційні установки, що працюють на біомасі, зокрема газопоршнєві системи, які можуть використовувати біогаз як паливо.

Використання таких установок сприяє підвищенню енергоефективності та зменшенню викидів парникових газів, що є важливим кроком до сталого розвитку енергетики в Україні.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Типове вимірювальне обладнання для енергетичного аудиту

Для проведення енергетичного аудиту використовується спеціалізоване вимірювальне обладнання, яке дозволяє оцінити енергоефективність будівель, промислових об'єктів та інженерних систем.

Основне обладнання містить:

1. Тепловізори – прилади, які використовуються для виявлення теплових втрат через стіни, вікна, покрівлю, стики конструкцій; допомагають виявити місця втрати тепла, промерзання, містки холоду, погану ізоляцію.

2. Анемометри – прилади, які вимірюють швидкість повітряних потоків у вентиляційних системах та на відкритих ділянках; використовуються для оцінки ефективності вентиляції та герметичності будівель.

3. Пірометри (безконтактні термометри) – прилади, які дозволяють вимірювати температуру поверхонь без фізичного контакту; корисні для оцінки температурних аномалій та перевірки теплових режимів обладнання.

4. Лічильники енергії – прилади, які використовуються для вимірювання споживання електроенергії, газу, тепла, води; можуть бути як стаціонарними, так і портативними.

5. Газоаналізатори – прилади, які визначають склад газів у повітрі, наприклад, викиди CO₂, CO, CH₄, NO_x тощо; використовуються для аналізу якості горіння в котлах і топкових установках.

6. Люксометри – прилади, які вимірюють рівень освітленості, допомагають оцінити ефективність систем освітлення та потребу в модернізації;

7. Гігрометри та психрометри – прилади, які визначають вологість повітря і температуру точки роси; використовуються для оцінки ризику утворення конденсату і цвілі.

8. Манометри – прилади, які вимірюють тиск у трубопроводах, котлах та вентиляційних системах; допомагають визначити витоки та перевантаження системи.

9. Ультразвукові детектори витоків дозволяють виявити витоки повітря; газу та пару; використовуються для перевірки герметичності обладнання.

10. Акустичні витратоміри вимірюють витрату рідин та газів у трубопроводах; можуть бути безконтактними.

11. Детектори електромагнітного випромінювання використовуються для оцінки рівня електромагнітного забруднення на об'єкті.

12. Система Blower Door Test (тест дверного вентилятора); використовується для перевірки герметичності будівлі, створює контрольований перепад тиску та дозволяє виявити місця неконтрольованих витоків повітря.

Це основний набір обладнання, який допомагає комплексно оцінити енергоефективність об'єкта, знайти втрати енергії та сформулювати рекомендації для їх усунення.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Енергія сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі та вторинні енергетичні ресурси, які існують постійно або виникають періодично у довкіллі

Сонячна енергія отримується за допомогою сонячних панелей та використовується для виробництва електроенергії або нагріву.

Вітрова енергія перетворюється на електроенергію за допомогою вітрових турбін.

Гідроенергія використовується в гідроелектростанціях, де потік води приводить в рух турбіни.

Біоенергія отримується з біомаси, біогазу та біопалива.

Геотермальна енергія базується на використанні внутрішнього тепла Землі.

Океанічна енергія містить припливну, хвильову та теплову енергію морів та океанів.

Всі ці джерела є екологічно чистими та здатні замінити викопне паливо.

Класифікація та основні елементи сонячних систем

Геліоопалювальні системи – це системи, які використовують енергію сонячного випромінювання як джерело тепла. Їх характерною відмінністю від інших низькотемпературних систем опалення є використання спеціального елемента – сонячного колектора, призначеного для вловлювання сонячного випромінювання і перетворення його на теплову енергію.

За способом використання сонячного випромінювання сонячні системи низькотемпературного опалення поділяються на пасивні та активні.

Пасивні системи сонячного опалення – це системи, в яких елементом, що сприймає сонячне випромінювання та перетворює його на тепло, є сама будівля або її окремі огороження (будівля-колектор, стіновий колектор, даховий колектор тощо) (рис. 7.1).

Активні системи називаються низькотемпературними сонячними системами. Це системи опалення, в яких сонячний колектор є самостійним, окремим пристроєм, не пов'язаним з будівлею. Активні сонячні системи можна розподілити:

- за призначенням (системи гарячого водопостачання, опалення, комбіновані системи опалення та охолодження);
- за типом використовуваного теплоносія (рідина – вода, антифриз і повітря);
- за тривалістю роботи (цілорічні, сезонні);
- за технічним рішенням схем (одно-, дво-, багатоконтурні).

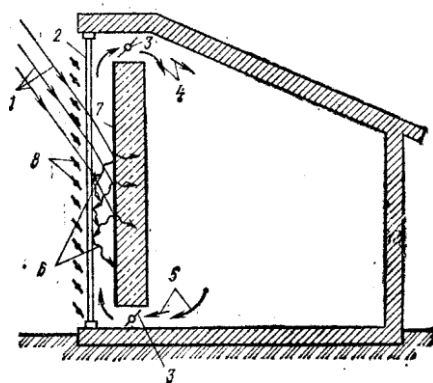


Рисунок 7.1 – Пасивна низькотемпературна сонячна система опалення «стінка-колектор»:

- 1 – сонячні промені; 2 – прозорий екран; 3 – повітряна заслінка;
4 – нагріте повітря; 5 – охолоджене повітря з приміщення;
6 – власне довгохвильове теплове випромінювання пристінного масиву;
7 – чорна світлоприймальна поверхня стінки; 8 – жалюзі

Повітря – поширений теплоносіє, який не замерзає у всьому діапазоні робочих параметрів. Під час використання в якості теплоносія можливе поєднання систем опалення з системою вентиляції. Однак повітря є малотеплоємним теплоносієм, що призводить до збільшення витрат металу на монтаж повітряних систем опалення порівняно з водяними.

Вода є теплоємним і широко доступним теплоносієм. Однак за температур нижче 0 °C необхідно додавати антифризи. Крім того, необхідно враховувати, що вода, насичена киснем, спричиняє корозію трубопроводів і приладів. Але споживання металу в сонячних системах на водній основі значно менше, що значною мірою сприяє їх більш широкому застосуванню.

Сезонні сонячні системи гарячого водопостачання зазвичай одноконтурні і працюють в літні та перехідні місяці, в періоди з плюсовою температурою

зовнішнього повітря. Вони можуть мати додаткове джерело тепла або обходитися без нього залежно від призначення обслуговуваного об'єкта та умов експлуатації.

Геліосистеми для опалення будівель зазвичай двоконтурні або, частіше, багатоконтурні, і для різних контурів можуть використовуватися різні теплоносії (наприклад, в геліоконтурі – водні розчини, незамерзаючі рідини; в проміжних контурах – вода, а в контурі споживача – повітря).

Комбіновані геліосистеми цілорічної експлуатації для опалення та охолодження будівель є багатоконтурними і містять додаткове джерело тепла у вигляді традиційного теплогенератора, що працює на органічному паливі, або теплового трансформатора.

Основними елементами активної геліосистеми є сонячний приймач, теплоаккумулятор, додаткове джерело або трансформатор тепла (теплова помпа), його споживач (системи опалення та гарячого водопостачання будівель). Вибір і розташування елементів в кожному конкретному випадку визначаються кліматичними факторами, призначенням об'єкта, режимом теплоспоживання, економічними показниками.

Концентруючі сонячні колектори сферичні або параболічні дзеркала, параболічні циліндри (рис. 7.2) виготовлені з полірованого металу, у фокусі яких розміщено теплоприймальний елемент (сонячний котел), по якому циркулює теплоносії. В якості теплоносія використовується вода або незамерзаючі рідини. Під час використання води як теплоносія у нічний час і у холодний період необхідно спорожнити систему, щоб уникнути її замерзання.

Для забезпечення високої ефективності процесу уловлювання і перетворення сонячного випромінювання концентруючий сонячний приймач повинен бути постійно спрямований точно до Сонця. Для цього сонячний приймач обладнаний системою стеження, що містить сенсор напрямку до Сонця, електронний блок перетворення сигналу та електродвигун із редуктором для обертання конструкції сонячного приймача у двох площинах.

Двоконтурна низькотемпературна геліосистема з параболічним циліндричним концентратором і рідинним аккумулятором тепла. В якості теплоносія у контурі сонячного колектора використовується антифриз, а у контурі системи опалення – вода.

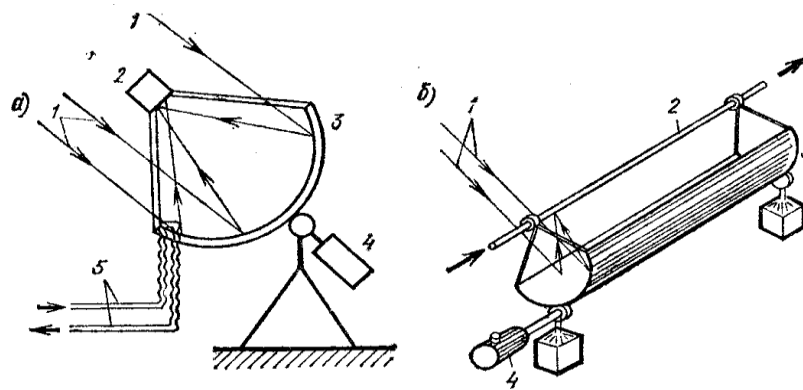


Рисунок 7.2 – Концентруючі сонячні колектори:

- а – параболічний концентратор; б – параболічний циліндричний концентратор;
 1 – сонячні промені; 2 – теплоприймальний елемент (сонячний колектор);
 3 – дзеркало; 4 – механізм приводу системи стеження; 5 – трубопроводи подачі
 і відведення теплоносія

Плоскі сонячні колектори (рис. 7.3) складаються зі скляного або пластикового покриття (одинарного, подвійного, потрійного); теплоприймальної панелі, пофарбованої в чорний колір із боку, який звернено до Сонця; ізоляції з тильного боку та корпусу (металевого, пластикового, скляного, дерев'яного).

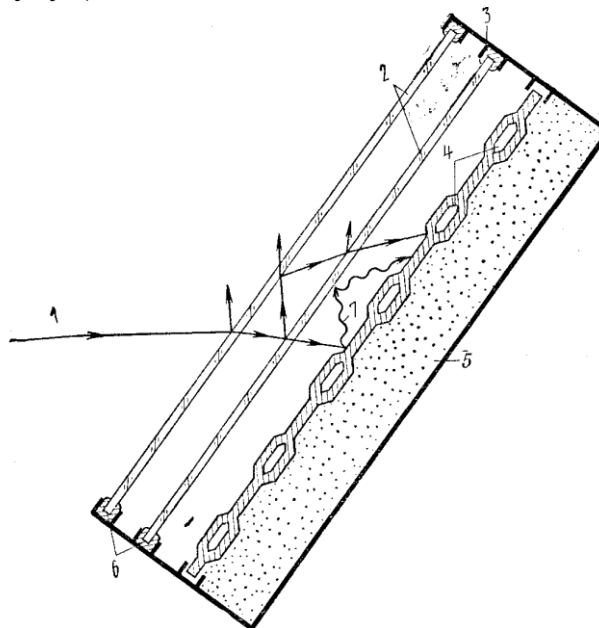


Рисунок 7.3 – Плоский сонячний колектор:

- 1 – сонячні промені; 2 – скління; 3 – корпус; 4 – теплоприймальна поверхня;
 5 – теплоізоляція; 6 – власне довгохвильове випромінювання теплоприймальної
 пластини

На рисунку 7.4 подано принципову схему низькотемпературної водяної геліосистеми із сонячними колекторами, в якій передбачено автоматичний дренаж колекторів після припинення впливу сонячного випромінювання.

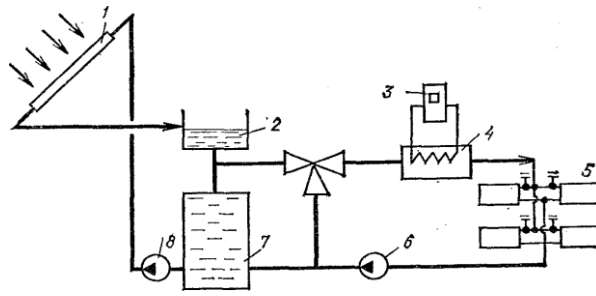


Рисунок 7.4 – Схема низькотемпературної водяної геліосистеми з плоскими колекторами та їх автоматичним дренажем у разі припинення циркуляції:
 1 – сонячні плоскі колектори; 2 – розширювальний бак; 3 – додаткове джерело тепла; 4 – теплообмінник; 5 – нагрівальні прилади; 6 – циркуляційні помпи;
 7 – бак – акумулятор тепла

Енергія вітру та можливості її використання

Енергія вітру – це одна з найбільш перспективних та екологічно чистих форм відновлюваної енергії. Вона отримується шляхом перетворення кінетичної енергії повітряних потоків на механічну або електричну енергію.

Вітряні турбіни використовують силу вітру для обертання лопатей, які з'єднані з генератором. Генератор перетворює механічну енергію на електричну, яку можна використовувати для живлення будинків, підприємств та інфраструктури.

До переваг використання вітрової енергії належать:

- екологічність: немає викидів шкідливих речовин у довкілля;
- відновлюваність: вітер є природним і невичерпним ресурсом;
- енергонезалежність: зменшення залежності від викопного палива;
- економічна вигода: у довгостроковій перспективі зменшуються витрати на виробництво енергії.

До недоліків та викликів використання вітрової енергії належать:

- нестабільність вітру: виробництво електроенергії залежить від погодних умов;
- візуальний та шумовий вплив: великі турбіни можуть створювати шум і впливати на ландшафт;
- висока початкова вартість – будівництво вітрових електростанцій потребує значних інвестицій.

Можливості використання

Вітропарки – великі вітрові електростанції, що забезпечують електроенергією міста та промислові об'єкти.

Домашні вітряки – малі турбіни для забезпечення енергією приватних будинків.

Офшорні вітряні електростанції встановлені у морях, де вітер стабільніший і потужніший.

Гібридні системи поєднують вітрову та сонячну енергію для більшої ефективності.

Вітрова енергетика продовжує розвиватися, зростає ефективність турбін і зменшується їхня собівартість, що робить цю технологію ще більш перспективною для майбутнього енергетики світу.

Енергетичні ресурси океану

Баланс відновлюваної енергії океану

Основна частина енергії, що надходить до Світового океану, є результатом поглинання ним сонячної радіації. Енергія надходить до океану і в результаті гравітаційної взаємодії космічних тіл і водних мас планети створює припливи і відпливи, і надходження тепла з глибин планети. Поверхня Світового океану займає близько 70 % поверхні всієї планети і становить приблизно 360 млн км². Більша частина цієї поверхні постійно вільна від льоду і добре поглинає сонячне випромінювання. У воді океану приблизно 65 % сонячної радіації поглинається першим метром водяного стовпа і до 90 % десятиметровим шаром. За добу в низьких широтах вода прогрівається приблизно на 10 м і більше за рахунок процесів теплопровідності і турбулентного перемішування (тверда поверхня суші прогрівається не більше ніж на 0,5 м).

Тепло, накопичене океаном, частково перевипромінюється у вигляді довгохвильового випромінювання ($\lambda > 10$ мкм), а частково передається в атмосферу крізь теплопровідний прикордонний шар і за рахунок випаровування.

Ці процеси різні для різних регіонів планети, але на широтах від 70° пн. ш. до 70° пд. ш. характеризується приблизно однаковими значеннями [2, 9]: довгохвильове випромінювання в атмосферу і космічний простір 41 %; тепловіддача в атмосферу за рахунок теплопровідності 5 %; втрати на випаровування 54 %.

Завдяки руху повітряних і водних мас енергія, накопичена в океані, розповсюджується по всій планеті. У ділянці між екватором і 70° пн. ш. у середньому 40 % тепла переноситься океанськими течіями, а за 20° пн. ш. внесок океану в передачу енергії становить до 74 %. Щороку з поверхні океану випаровується шар води товщиною близько 1 м (близько $340 \cdot 10^{12}$ т) і близько $36 \cdot 10^{12}$ т води повертається зі стоком річок, льодовиків тощо.

Приблизно 2/3 сумарної сонячної радіації підлягає різним змінам в океані і на поверхні суші: 43 % перетворюється на тепло; 22 % витрачається на

випаровування й опади; передача енергії річкам, вітру, хвилям, різним видам течій в океані складає 0,2 %. Приблизно 0,02 % всієї енергії, отриманої від сонячного випромінювання, витрачається на утворення продуктів фотосинтезу і частково на утворення викопного палива.

Порівняємо цю величину із сумарним потоком енергії, що надходить із надр Землі та у вигляді енергії припливів. Досить складно виділити з перерахованих вище потоків ті, які безпосередньо стосуються тільки океану. Для енергетики важливі не абсолютні значення потужностей різних джерел, а лише та їх частина, яка може бути перетворена на необхідні для господарської діяльності види енергії.

Співробітники Інституту океанографії Скріппса (США) оцінили сумарну і допустиму потужність переробки різних джерел енергії океану за п'ять років – з 1977 по 1982 рік. Пізніше оцінки були зроблені з урахуванням низки технологічних і екологічних факторів. Вони зазвичай виявлялися нижчими за енергією, яку можна використати.

Під час оцінки можливостей припливної енергії враховувалося, що ТЕС можуть працювати на повну потужність лише 30 % часу. Дані про океанічні течії були отримані з урахуванням допустимого уповільнення швидкості течії на 1 %. Під час оцінки можливостей енергетичного використання продуктів фотосинтезу океану враховано 50 % ефективності перетворення бурих водоростей на метан і можливість розміщення відповідних ферм у 20 % районів природного апвелінгу.

Апвелінг – це підйом глибинних вод, багатих біогенними речовинами, які відіграють роль добрив. Для генераторів берегових хвиль встановлено ККД 50 % і час роботи 40 % річного бюджету часу. Ефективність перетворення градієнта солоності береться рівною 3 %, а градієнта температури – 5 %, причому в останньому випадку вважається реальним розміщення перетворювачів на 2 % поверхні океану в тропічній зоні. Для вітрових станцій коефіцієнт перетворення енергії вітру береться рівним 60 %, а допустимим рівнем відбору електроенергії вважається 1 % від потужності вітрів, що дмуть від берега.

Також важливі такі «технологічні» властивості енергетичних ресурсів океану, як щільність енергії та стабільність джерела енергії. Ці властивості визначають розміри майбутніх перетворювачів, необхідні встановлені потужності та режими споживання енергії.

Основи перетворення енергії хвиль

З морських хвиль можна отримати величезну кількість енергії. Потужність хвиль у глибокій воді пропорційна квадрату їх амплітуди та періоду.

Найбільше хвильових енергетичних пристроїв розробляється для вилучення енергії з глибоководних хвиль. Це найпоширеніший тип хвилі, який виникає, коли середня глибина моря D перевищує значення половини довжини хвилі $\lambda / 2$.

Поверхневі хвилі в глибокій воді мають такі основні характеристики:

- хвилі є неруйнівними синусоїдальними з нерегулярною довжиною, фазою та напрямком приходу;
- рух кожної частинки рідини у хвилі є круговим (водночас мінливі контури хвиль свідчать про поширення хвильового руху, самі частинки не пов'язані з цим рухом і не рухаються в його напрямку);
- амплітуда руху частинок рідини експоненціально зменшується (важливо, що амплітуда хвилі a не залежить від її довжини λ).

Швидкість поширення c , період T залежить тільки від характеру попередньої взаємодії вітру з поверхнею моря.

У хвилях на глибині води поступального руху рідини немає. У приповерхневому шарі рідини її частинки здійснюють рух по колу з радіусом орбіти a , що дорівнює амплітуді хвилі. Висота хвилі H від вершини до основи дорівнює його подвоєній амплітуді ($H = 2a$).

Кутова швидкість частинок вимірюється в радіанах за секунду. Зміна форми поверхні хвилі така, що спостерігається поступальний рух, хоча сама вода не рухається у напрямку поширення хвилі (зліва направо). Цей видимий рух є результатом спостереження фазового зсуву послідовно розташованих частинок рідини. Щойно одна частинка в гребені опускається, інша посідає її місце, забезпечуючи збереження форми гребеня і поширення хвильового руху вперед.

Перетворювачі хвильової енергії. Перетворювачі, що відстежують форму хвилі

У цьому класі перетворювачів ми зосередимося насамперед на розробці професора Стівена Солтера з Единбурзького університету, що названа на честь творця «Солоної качки». Технічна назва такого перетворювача – коливальне крило. Форма перетворювача забезпечує максимальний відбір потужності (рис. 7.5).

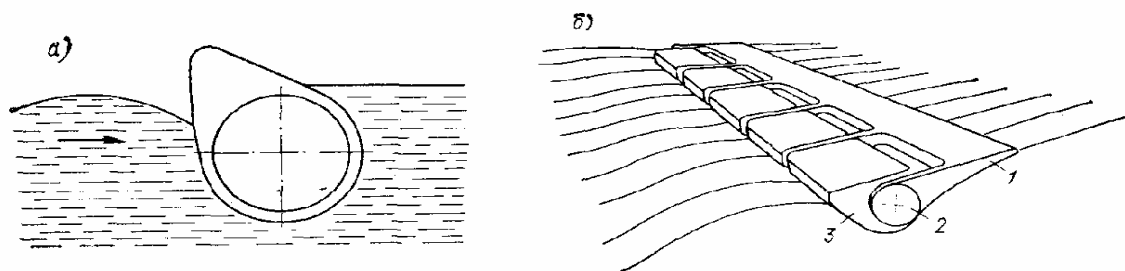


Рисунок 7.5 – «Солянка»:

а – схема перетворення енергії хвилі; б – варіант конструкції перетворювача;
1 – плавуча платформа; 2 – циліндрична опора з розміщеними у ній приводами та електрогенераторами; 3 – асиметричний поплавок

Хвилі, що надходять зліва, змушують качку коливатися. Циліндрична форма протилежної поверхні гарантує, що хвиля не поширюється вправо, коли качка коливається навколо осі. Потужність може бути відведена від осі коливальної системи таким чином, щоб забезпечити мінімальне відображення енергії. Відбиваючи і пропускаючи лише незначну частину енергії хвилі (приблизно 5 %), цей прилад має дуже високу ефективність перетворення в широкому діапазоні частот збуджуючих коливань (рис. 7.5).

Для опалення та гарячого водопостачання житлових і промислових будівель необхідна температура води не нижче 50–60 °С.

Найбільш раціонального використання термальних вод можна досягти шляхом їх послідовного використання: спочатку для опалення, а потім для гарячого водопостачання. Але це викликає певні труднощі, оскільки потреба в гарячій воді відносно постійна протягом року, а опалення має сезонний характер і залежить від кліматичних умов місцевості, температури зовнішнього повітря, пори року і доби. На сьогодні розроблено різні схеми використання термальних вод для опалення і гарячого водопостачання житлових і промислових будівель.

Теплопостачання високотемпературною високомінералізованою термальною водою

Термальна вода має температуру вище за 80 °С, але дуже мінералізована. За цих умов виникає необхідність встановлення проміжних теплообмінників. Принципове рішення такої схеми показано на рисунку 7.6.

Тут термальна вода зі свердловин поділяється на дві паралельні гілки: одна скеровується у теплообмінник опалення, а потім у теплообмінник 1-го ступеня підігріву води для гарячого водопостачання; другий – у теплообмінник 2-го ступеня.

Щоб уникнути заростання трубопроводу, використовують термальну воду з проміжним теплообмінником.

Свердловини надходять до резервуару зі змійовиками, через які надходить прісна річкова вода. Підігріта прісна вода надходить до споживача, а солі, що випадають з термальних вод, відкладаються у баку і на зовнішніх поверхнях змійовика. Недоліком теплообмінної схеми є зменшення потенціалу термальної води (на кінцеву різницю температур в теплообміннику).

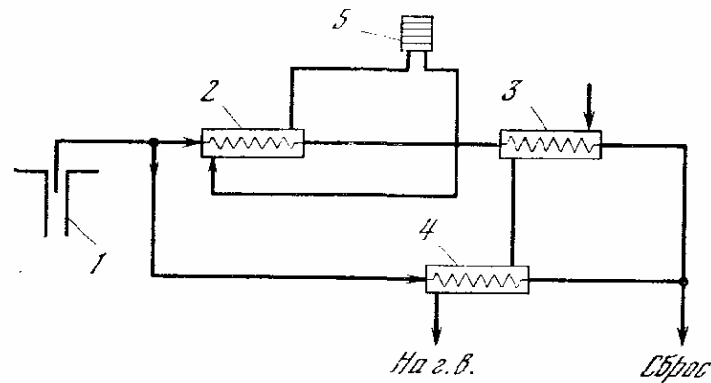


Рисунок 7.6 – Принципова схема геотермального теплопостачання з теплообмінниками:

1 – свердловина; 2 – теплообмінник системи опалення; 3 – теплообмінник 1-го ступеня гарячого водопостачання; 4 – теплообмінник 1-го ступеня гарячого водопостачання, 2-й етап; 5 – система опалення

Глибокі колодязі відкрили воду із високою температурою, і з'явилася можливість використовувати її для опалення житлових і промислових будівель, теплиць. Для цього вода з температурою 78 °С зі свердловин надходить до теплообмінника типу «труба в трубі», який передає частину тепла прісній воді. Далі прісна вода по трубах скеровується у житлові та промислові будівлі для гарячого водопостачання, технологічних потреб, а також у теплиці, де вирощують два врожаї овочів на рік. Термальна вода, охолоджена в теплообміннику до температури 37–38 °С, подається у ванни і душові бальнеологічного курорту.

Теплопостачання низькотемпературною, маломінералізованою термальною водою

Термальна вода маломінералізована, але з низьким тепловим потенціалом (температура нижче 80 °С). Це потребує збільшення потенціалу термальної води. Зробити це можна різними методами, ось основні з них:

- 1) подача термальної води паралельно з опаленням і гарячим водопостачанням і піковий нагрів води для опалення;
- 2) бездренуюча геотермальна система теплопостачання;
- 3) використання теплових pomp;
- 4) комбіноване використання теплових pomp і пікового опалення.

За схемою термальна вода зі свердловин надходить до системи гарячого водопостачання і паралельно до пікової котельні. Тут вона нагрівається до температури, що відповідає метеорологічним умовам, і подається в систему опалення (рис. 7.7). Ця схема особливо підходить для районів з дорогим бурінням, оскільки пікова котельня дозволяє скоротити кількість свердловин.

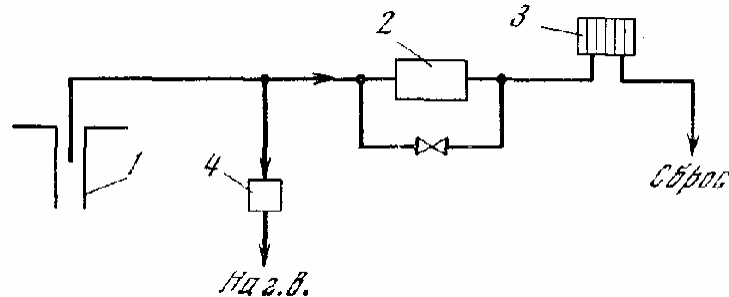


Рисунок 7.7 – Принципова схема геотермального теплопостачання із паралельним поданням геотермальної води для опалення і гарячого водопостачання та піковим підігрівом води для опалення:

- 1 – свердловина; 2 – козирковий нагрівач; 3 – система опалення;
4 – акумуляторний бак

Використання біомаси як альтернативного джерела енергії

Біомаса – це органічна речовина біологічного походження, яку можна використовувати як джерело енергії. Вона містить рослинні відходи, деревину, сільськогосподарські залишки, харчові відходи та біогаз. Завдяки своїй відновлюваності та екологічним перевагам біомаса стає важливим компонентом сучасної енергетики.

Основні види біомаси:

1. Деревина та деревні відходи – пелети, тріска, дрова.
2. Сільськогосподарські залишки – солома, лушпиння, стебла рослин.
3. Органічні побутові відходи – харчові відходи, біогаз зі сміттєзвалищ.
4. Енергетичні культури – ріпак, кукурудза, міскантус.
5. Тваринні відходи – гній, пташиний послід.

Методи отримання енергії з біомаси:

1. Спалювання – пряме спалювання деревини чи пелет для отримання тепла та електроенергії.
2. Піроліз – термічне розкладання без доступу кисню, що дає синтетичний газ, біовугілля та рідке паливо.
3. Газифікація – перетворення біомаси на горючий газ (синтезгаз).
4. Анаеробне бродіння – виробництво біогазу через розкладання органічних відходів за браком кисню.

5. Біодизельне виробництво – отримання рідкого біопалива з олійних культур.

Переваги використання біомаси:

- відновлюваність: постійне відтворення ресурсів.
- екологічність: зменшення викидів CO₂ порівняно з викопним паливом.
- утилізація відходів: скорочення обсягів сміття та його переробка в енергію;
- енергетична незалежність: зменшення залежності від імпорту викопного палива;
- розвиток сільського господарства – використання відходів аграрного сектору.

Недоліки використання біомаси:

- необхідність великих площ для вирощування енергетичних культур;
- високі початкові витрати на обладнання та переробку;
- викиди під час спалювання, хоча і менші, ніж у вугілля чи нафти;
- логістичні труднощі: зберігання та транспортування сировини.

Біомаса є перспективним альтернативним джерелом енергії, яке може частково замінити викопне паливо. Її використання сприяє екологічній безпеці, утилізації відходів та розвитку зеленої енергетики. Однак необхідні подальші інвестиції та вдосконалення технологій для підвищення ефективності цього джерела енергії.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Експертиза житлового будинку або підприємства

Енергоаудит – обстеження підприємств з метою встановлення основних витрат електроенергії, палива, води та інших ресурсів, а також виявлення можливості їх зменшення. Основна мета такого обстеження полягає в тому, щоб скоротити енерговитрати підприємства, заощадивши витрати організації.

Енергетичне обстеження підприємств

Енергетичне обстеження – експертна оцінка всіх аспектів діяльності організації або окремо взятого будинку, які пов'язані зі споживанням енергоресурсів. Це може бути не тільки електроенергія, але й інші види палива. Ефективно проведене обстеження дозволяє керівникові підприємства зрозуміти працездатність енергетичної системи фірми, її відповідність світовим стандартам, а також шляхи поліпшення її продуктивності.

Основні цілі проведення енергоаудиту

До основних цілей енергетичного обстеження підприємств належать:

1. Аналіз енергоспоживання підприємства і визначення основних проблем у нераціональній витраті енергії.
2. Визначення рівня енергоефективності підприємства.
3. Вироблення стратегії підвищення енергоефективності, а також скорочення невиправданої витрати ресурсів.

Усі рекомендації розробляються із чітким терміном їх виконання і подальшої окупності.

Головна мета енергетичного аудиту – мінімізація витрат підприємства на електроенергію та інші ресурси.

Обов'язковість проведення енергоаудиту

На сьогоднішній день на законодавчому рівні не передбачена обов'язковість проведення енергетичного обстеження як для підприємств, так і для житлових будівель. Однак з 01.07.2019 набуває чинності ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель». Згідно з положеннями цього закону кожна будівля незалежно від форми власності повинна мати енергетичний сертифікат. Термін його дії становить 10 років, після закінчення цього часу необхідно знову проводити енергоаудит.

Види енергоаудиту

Залежно від об'єкта аудиту виділяють такі його види:

- аудит житлових будинків: квартирні будинки, приватні будови;
- обстеження будівель комерційної сфери: заводи, фабрики, магазини тощо.

Такий поділ обумовлено тим, що у комерційних будівель витрати енергії набагато вищі, ніж у приватних будівель.

Також для визначення джерел енергетичних втрат можуть використовуватися послуги тепловізора, який дозволяє провести тепловізійне обстеження будинку або заводу.

Результат енергоаудиту – це компетентний та інформативний звіт, який, зі свого боку, надається у комплексі разом із графіками, знімками, розрахунками, результатами діагностики електромереж, електроустановок та систем опалення/охолодження.

Пильну увагу приділяють безпосередньо розробці плану реконструкції та профілактики для об'єкта, щоб зменшити витрати на споживання енергоресурсів.

Як виконується енергетичний аудит

Насамперед проводиться оцінка енергоефективності підприємства, для чого призначається проведення експертизи енергоспоживання об'єкта. Під час експертизи аудитор збирає такі відомості:

- дані фінансової та технічної документації об'єкта;
- фактичні виміри споживання ресурсів;
- місце розташування об'єкта;
- показники споживання енергоресурсів.

Результатом проведення експертизи є технічний звіт про виконане обстеження. У ньому в стислій формі викладаються проведені експертом заходи, а також основні показники, отримані під час аудиту. Важливою частиною такого звіту є аналітична довідка, в якій крім підсумкових показників обстеження вказуються проміжні, а також рекомендації щодо підвищення енергоефективності.

Заключна частина обстеження – видання енергетичного паспорта, що підтверджує проведення аудиту. Однак основною перевагою проведення енергоаудиту будинку є можливість підвищити його енергозбереження.

Експертиза житлового будинку або підприємства під час енергоаудиту передбачає комплексний аналіз енергоспоживання, тепловтрат і загальної ефективності використання енергії. Основна мета – виявити слабкі місця та запропонувати заходи для підвищення енергоефективності.

Основні етапи експертизи:

1) збір вихідних даних:

- технічна документація (плани, проєкти, характеристики матеріалів);
- інформація про опалювальні, вентиляційні, електричні системи;
- дані про споживання енергії (лічильники, рахунки за електроенергію,

газ, воду);

2) обстеження будівлі або підприємства:

- оцінка стану теплоізоляції стін, даху, підлоги;
- аналіз герметичності вікон і дверей;
- перевірка роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування

(HVAC);

- термографічна зйомка для виявлення тепловтрат;

3) аналіз ефективності енергоспоживання:

- розрахунок енергетичного балансу будівлі;
- визначення коефіцієнта корисної дії систем опалення та

електропостачання;

- виявлення місць перевитрати енергії;

4) рекомендації та розробка заходів з енергоефективності:

- модернізація систем утеплення;
- встановлення енергоефективних вікон та дверей;
- оптимізація систем освітлення (LED, сенсори руху);
- використання альтернативних джерел енергії (сонячних панелей, теплових pomp);

- автоматизація та цифровий контроль за енергоспоживанням;

5) фінансовий аналіз і прогноз економії

- оцінка вартості впровадження заходів;
- розрахунок окупності інвестицій;
- визначення можливих джерел фінансування (гранти, державні програми, кредити).

Після завершення експертизи складається звіт енергоаудиту, де детально описуються проблеми, їхні причини та можливі рішення. Це дозволяє власникам будівель або підприємств ухвалювати обґрунтовані рішення щодо підвищення енергоефективності.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Наближення власної оселі або робочого місця до умов максимального енергоресурсозбереження

Впровадження енергозбереження є важливим напрямом для зменшення витрат на енергію, підвищення ефективності використання ресурсів і зниження негативного впливу на довкілля.

Основні заходи з енергозбереження:

1) підвищення енергоефективності будівель:

- утеплення стін, даху, підвалу;
- установка енергоефективних вікон і дверей;
- використання світлодіодного освітлення;

2) оптимізація систем опалення та кондиціонування;

- встановлення теплових pomp;
- використання терморегуляторів і автоматичних систем керування температурою;
- підвищення ефективності котельного обладнання;
- використання альтернативних джерел енергії:
- сонячних панелей;

- вітроенергетичних установок;
- геотермальних систем.

3) раціональне використання електроенергії:

- встановлення сенсорів руху для освітлення;
- автоматизація електроспоживання;
- використання енергоефективних побутових приладів.

4) енергоменеджмент і моніторинг:

- впровадження систем енергомоніторингу;
- аудит енергоспоживання підприємств і установ;
- мотивація працівників до дотримання принципів енергозбереження.

Підвищення енергоефективності будівель – це ключовий крок до скорочення витрат на енергоресурси та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Ось основні заходи, які допоможуть зробити будівлі більш енергоефективними:

1) теплоізоляція:

- утеплення фасадів (мінвата, пінополістирол, піноскло);
- теплоізоляція даху та підлоги;
- енергоефективні вікна та двері (склопакети з низькоемісійним покриттям, багатокамерні профілі);

2) енергоефективні системи опалення та вентиляції:

- конденсаційні котли (високий ККД);
- теплові помпи (грунтові, повітряні, водяні);
- рекуперація тепла у вентиляційних системах;
- автоматизовані системи управління кліматом;

3) альтернативні джерела енергії:

- сонячні панелі (електроенергія);
- сонячні колектори (гаряче водопостачання);
- вітрові генератори (для автономного живлення);

4) оптимізація споживання електроенергії:

- світлодіодне освітлення;
- системи «Розумний дім» (автоматизація споживання);
- використання енергоефективної техніки (клас A+++);

5) водозбереження та екологічні рішення:

- системи збору дощової води;
- ефективні санітарні пристрої (аератори, двокнопкові зливи);
- зелені дахи та стіни (додаткова теплоізоляція та покращення мікроклімату).

Інвестування в енергоефективність окупається за рахунок скорочення витрат на комунальні послуги та підвищення комфорту проживання. Багато країн також пропонують фінансові стимули (гранти, кредити) для підвищення енергоефективності житла.

Оптимізація систем опалення та кондиціонування – це важливий крок у підвищенні енергоефективності будівель, зменшенні витрат на енергоспоживання та поліпшенні комфорту. Ось основні методи оптимізації:

1. Оптимізація систем опалення:

- автоматизація та управління: використання терморегуляторів, програмованих термостатів і систем «Розумний дім» для регулювання температури залежно від часу доби та присутності людей;
- модернізація котлів та обігрівачів: заміна застарілих котлів на конденсаційні або теплові помпи для підвищення ККД;
- оптимізація теплоізоляції: утеплення стін, підлоги, стелі та вікон зменшує втрати тепла
- гідравлічне балансування системи дозволяє рівномірно розподіляти теплоносій по всіх радіаторах;
- використання альтернативних джерел енергії: теплові помпи, сонячні колектори тощо;

2. Оптимізація систем кондиціонування:

- встановлення інверторних кондиціонерів: вони ефективніші, споживають менше електроенергії та забезпечують більш стабільну температуру;
- системи рекуперації повітря: використання вентиляції з рекуперацією дозволяє утримувати тепло взимку та прохолоду влітку;
- автоматизоване керування кліматом: сенсори температури, вологості та присутності людей допомагають мінімізувати зайве використання кондиціонера;
- оптимізація розташування блоків: правильне розміщення внутрішніх і зовнішніх блоків забезпечує більш ефективний теплообмін;
- використання природної вентиляції: продумана організація повітряних потоків дозволяє зменшити використання механічного охолодження.

Використання альтернативних джерел енергії

Альтернативні джерела енергії є ключовим напрямом розвитку сучасної енергетики, спрямованим на зменшення залежності від викопного палива та негативного впливу на навколишнє середовище. До основних видів альтернативної енергетики належать:

1. Сонячна енергія. Використання сонячних панелей для перетворення сонячного випромінювання на електроенергію або тепло. Ця технологія активно

розвивається завдяки зменшенню вартості обладнання та зростанню ефективності панелей.

2. Вітрова енергія – це виробництво електроенергії за допомогою вітрових турбін. Вітроенергетика широко використовується в країнах з постійними вітрами та розвинутою енергетичною інфраструктурою.

3. Гідроенергетика – використання енергії води для виробництва електроенергії. Гідроелектростанції можуть бути як великими, так і маленькими, що дозволяє ефективно використовувати водні ресурси.

4. Біоенергетика – виробництво енергії з біомаси, біогазу або біопалива. Це перспективний напрям, що дозволяє утилізувати органічні відходи та зменшувати викиди парникових газів.

5. Геотермальна енергія – використання тепла Землі для опалення або виробництва електроенергії. Геотермальні станції особливо ефективні в регіонах з високою вулканічною активністю.

Переваги альтернативної енергетики:

- екологічність: зменшення викидів CO₂ та інших забруднювачів;
- відновлюваність: джерела енергії не вичерпуються;
- енергетична незалежність: зменшення залежності від імпорту енергоресурсів;
- довгострокова економічна ефективність: хоча початкові інвестиції великі, з часом витрати на експлуатацію значно нижчі, ніж у традиційній енергетиці.

Однак існують і певні виклики, серед яких висока вартість впровадження, залежність від природних умов та необхідність збереження енергії. Незважаючи на це, розвиток альтернативної енергетики є стратегічно важливим для сталого майбутнього планети.

Раціональне використання електроенергії – це комплекс заходів, спрямованих на ефективне споживання електричної енергії, скорочення її втрат та на оптимізацію витрат. Це важливо як для економії коштів, так і для зменшення негативного впливу на довкілля.

Основні принципи раціонального використання електроенергії:

1. Енергозбереження у побуті:
 - використання енергоефективних приладів (LED-ламп, побутової техніки класу A++ і вище);
 - вимикання електроприладів, коли вони не використовуються;
 - раціональне використання освітлення (локальне освітлення замість загального, використання сенсорів руху);
 - використання багатотарифних лічильників для зменшення витрат у нічний час;

2. Енергозбереження на виробництві:

- впровадження автоматизованих систем керування електроспоживанням;
- оптимізація роботи обладнання та модернізація застарілих систем;
- використання відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей, вітрових електростанцій);

3. Енергетична ефективність у транспорті:

- перехід на електротранспорт та гібридні авто;
- оптимізація логістичних маршрутів для зменшення витрат енергії;

4. Популяризація енергозбереження:

- освітні програми для населення та підприємств;
- державні та міжнародні програми з підтримки енергоефективних технологій.

Раціональне використання електроенергії сприяє скороченню фінансових витрат, підвищенню енергонезалежності та захисту довкілля.

Енергоменеджмент і моніторинг – це комплекс заходів, спрямованих на ефективне використання енергоресурсів, зменшення витрат на енергію та підвищення енергоефективності підприємств, організацій та будівель.

Основні складові енергоменеджменту:

1. Організація системи енергоменеджменту:

- призначення енергоменеджера;
- визначення енергетичної політики;
- розробка енергетичної стратегії.

2. Енергетичний аудит:

- аналіз споживання енергії;
- виявлення неефективного використання енергоресурсів;
- оцінка потенціалу енергозбереження.

3. Планування та впровадження енергоефективних заходів:

- модернізація обладнання;
- оптимізація режимів роботи систем енергопостачання;
- використання відновлюваних джерел енергії.

4. Моніторинг та контроль енергоспоживання:

- встановлення систем збору та аналізу даних;
- використання енергетичних показників та індикаторів;
- автоматизація процесів управління енергоспоживанням.

5. Оцінка результатів і постійне вдосконалення:

- порівняння фактичних даних з плановими;
- аналіз ефективності впроваджених заходів;
- вдосконалення стратегії енергозбереження.

6. Інструменти моніторингу енергоспоживання:

- системи АСКОЕ (автоматизовані системи комерційного обліку енергії);
- смарт-лічильники;
- програмне забезпечення для аналізу даних;
- Інтернет речей (IoT) для моніторингу та управління енергією.

Упровадження ефективної системи енергоменеджменту дозволяє значно зменшити витрати на енергію, покращити екологічні показники та підвищити конкурентоспроможність підприємства чи організації.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4714:2007. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу. – Чинний від 2007–07–01. – Київ : Держстандарт України, 2007. – 25 с.
2. ДСТУ 4715:2007. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад і зміст робіт на стадіях розроблення та запровадження. – Чинний від 2007–07–01. – Київ : Держстандарт України, 2007. – 14 с.
3. ДСТУ 5077:2008 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Перевірка та контроль ефективності функціонування». – Чинний від 2009–07–01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2010. – 26 с.
4. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.
5. СНіП 2.04.14 – 88. Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів. – Чинний від 1990–01–01. – НДІПІ «Теплопроект», 1989. – 28 с.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 27 с.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.
8. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні зі зміною № 1. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. – 55 с.
9. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Чинний від 2023–01–03. – Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2022. – 63 с.
10. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. (ISO 50001:2018, IDT) – (Державний стандарт України). – Чинний від 03–06–2020. – Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2016. – 77 с.
11. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є. М. Іншеков, Є. Є. Нікітін, М. В. Тарновський, А. В. Чернявський. – Київ : Поліграф плюс, 2014. – 238 с.

12. ДСТУ ISO 50004:2016 Системи енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту. (ISO 50004:2014, IDT). – (Державний стандарт України). – Чинний від 29-04-2016. – Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд», 2016. – 70 с.

13. Енергетичний менеджмент : навч. посіб. / А. В. Праховник, В. П. Розен, О. В. Разумовський [та ін.]. – Київ : Нот. ф-ка, – 1999. – 184 с.

14. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навч. посіб. / Ю. І. Бакалін. – Харків : БУРУН і К. – 2006. – 320 с.

15. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України / О. М. Закладний, В. І. Дешко, Є. М. Іншеков [та ін.]. – Луганськ : Видавництво «Місячне сяйво», – 2009. – 696 с.

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять
та розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

**«ОСНОВИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
СЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,
освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Укладачі: **МІЛАНКО** Ольга Миколаївна,
ТКАЧЕНКО Роман Борисович

Відповідальний за випуск *О. М. Міланко*
Редактор Б. О. Хільська
Комп'ютерне верстання *О. М. Міланко*

План 2025, поз. 520М

Підп. до друку 28.05.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.