

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет  
будівництва, транспорту та  
енергетики

Кафедра електротехнічних  
систем та енергетичного  
менеджменту

# ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

*методичні рекомендації до виконання практичних робіт  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності  
141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"*

**Частина I**

Кропивницький  
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет  
будівництва, транспорту та  
енергетики

Кафедра електротехнічних  
систем та енергетичного  
менеджменту

# ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

*методичні рекомендації до виконання практичних робіт  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності  
141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"*

## Частина I

Затверджено  
на засіданні кафедри  
електротехнічних систем та  
енергетичного менеджменту  
Протокол № 1 від 06.09.2024 р.

Кропивницький  
2024

Основи екології енерговикористання: методичні рекомендації до виконання практичних робіт здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за напрямом 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Частина I. [уклад.: Л.Г. Віхрова, В.В. Зінзура, М.С. Мірошніченко], Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024 – 75 с.

Укладачі: Л.Г. Віхрова – проф., к.т.н., проф. каф. ЕТС та ЕМ,  
В.В. Зінзура – доц., к.т.н., доц. каф. ЕТС та ЕМ,  
М.С. Мірошніченко – доц, к.т.н., доц.каф. АВП

Рецензент: Медведєва О.В., к.б.н., доцент, зав. каф. екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя ЦНТУ

© Віхрова Л.Г.,  
Зінзура В.В.,  
Мірошніченко М.С. 2024  
© Центральноукраїнський  
національний технічний  
університет,  
2024

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1.</b> Поняття енергії та енергозбереження.....	7
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2.</b> Джерела енергії.....	15
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3.</b> Сталий розвиток та пом'якшення клімату.....	50
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4.</b> Енергетичний баланс підприємства.....	63
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	72

## ВСТУП

Рівень життя людей і розвитку техніки та технологій у будь якій країні світу безпосередньо пов'язаний з енерговикористанням. Раніше вважалося, що чим більше споживається енергії на одного мешканця, тим вищий рівень життя та ширше використання сучасних технологій як у промисловості, так і в інших галузях народного господарства. Однак упродовж крайньої половини (орієнтовно) століття (починаючи з 70-х років ХХ-го століття) на першому плані стоїть вже не кількість спожитої енергії, а ефективність її використання. Причиною цього є глобальні кризи – енергетична, екологічна та економічна.

Знання, які будуть набуті під час вивчення дисципліни «Основи екології енерговикористання», дадуть змогу майбутнім фахівцям розумно й ефективно управляти постачанням, розподілом та споживанням палива й енергії, котельними установками, системами розподілу енергії, енергетичними системами будівель, виробничим технологічним обладнанням, шкідливими викидами та відходами й ін.

Наведені методичні рекомендації до виконання практичних робіт є складовою частиною дисципліни «Основи екології енерговикористання» для студентів, які здобувають освітній рівень «бакалавр» за напрямком 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою практикуму є практичне вивчення, закріплення та поглиблення базових знань, які були отримані під час лекційних занять.

Студент повинен ознайомитись з проблемами вибору та обґрунтування більш раціонального типу енергоносіїв, інвестування та фінансування в енергозбереження, енергетичного навантаження підприємства, питаннями інформаційного забезпечення діяльності у напрямку підвищення енергоефективності підприємств та екологічної безпеки.

У цих методичних вказівках для виконання практичних робіт наведено задачі, які студенти повинні розв'язати згідно з індивідуальними завданнями.

За результатами семестру студент отримує підсумкову оцінку за 100-бальною системою.

*\*Вчасно захищеною вважається робота, захист якої відбувся у межах часу, що передбачений для цієї роботи в робочій навчальній програмі студента та згідно з розкладом занять.*

*Якщо за результатами модульного контролю студент отримав сумарну оцінку за два модулі, яка є меншою, ніж 45 балів, то він не допускається до іспиту і вважається таким, що не виконав всіх видів робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни «Основи екології енерговикористання».*

# ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

## Поняття енергії та енергозбереження

**Мета роботи:** ознайомитися з історичним аспектом виникнення енергозбереження, із загальними засадами Закону про енергозбереження та з основними поняттями енергозбереження.

### Теоретичні відомості

#### *1.1. Історичний аспект виникнення енергозбереження.*

Після енергетичної кризи 1972-1973 рр. розвинені країни прийняли так звані «енергетичні» закони. Наприклад, у США завдяки великій увазі, як було приділено енергозбереженню після нафтової кризи споживання енергоресурсів за десять років після кризи зменшилось на кілька відсотків порівняно з рівнем 1973 р., валовий же суспільний продукт країни за цей період зріс на 25%.

Україна дістала у спадщину від СРСР надзвичайно неефективну, енергоємну й матеріалоємну промисловість. Наприклад, для отримання 1т цементу ми витрачаємо 274 кг умовно палива, а японці – 142. Питомі затрати енергії у чорної металургії Японії на 20 –30% нижчі, ніж у нас, причому, як не парадоксально – головним чином за рахунок впровадження таких передових технологій, як безперервна розливка сталі, сухе гасіння коксу, утилізація тепла газів доменних печей. Ці технології були розроблені у нас, японці придбали ліцензії на їх застосування і мають із цього неабияку вигоду, а у вітчизняній металургії вони майже не впроваджені.

Невдовзі після здобутті Україною незалежності був прийнятий Закон України про енергозбереження 1994 р.

#### *1.2. Загальні засади Закону України про енергозбереження.*

Цей Закон визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій,

розташованих на території України, а також для громадян. У цьому Законі вживаються такі поняття:

**«енергозбереження»** – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів;

**«енергозберігаюча політика»** – адміністративноправове і фінансово-економічне регулювання процесів видобування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу та використання паливноенергетичних ресурсів з метою їх раціонального використання та економного витрачання;

**«паливно-енергетичні ресурси»** – сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві;

**«раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів»** – досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки та технології і одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище;

**«економія паливно-енергетичних ресурсів»** – відносне скорочення витрат паливноенергетичних ресурсів, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості;

**«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 облік споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів;

**«енергетичний аудит (енергетичне обстеження)»**– визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення;

**«менеджмент з енергозбереження»** – система управління, спрямована на забезпечення раціонального використання споживачами паливно-енергетичних ресурсів;

**«норми питомих витрат палива та енергії»** – регламентована величина питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів для даного виробництва, процесу, даної продукції, роботи, послуги;

**«прямі втрати паливно-енергетичних ресурсів»** – втрата паливно-енергетичних ресурсів поза технологічними процесами (вид нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів);

**«марнотратне витрачання паливно-енергетичних ресурсів»** – систематичне, без виробничої потреби, не зумовлене вимогами технічної безпеки недовантаження або використання на холостому ходу електродвигунів, електродвигунів та іншого електро і теплоустаткування; систематична втрата стисненого повітря, води і тепла, спричинена несправністю арматури, трубопроводів, теплоізоляції трубопроводів, печей і тепловикористовуючого устаткування;

**«недотримання вимог нормативної та проектної документації»** щодо теплоізоляції споруд та інженерних об'єктів, яке призводить до зниження теплового опору огорожувальних конструкцій, вікон, дверей в опалювальний сезон (вид нераціонального використання паливноенергетичних ресурсів).

Метою законодавства про енергозбереження є регулювання відносин між господарськими суб'єктами, а також між державою і юридичними та фізичними особами у сфері енергозбереження, пов'язаної з видобуванням, переробкою,

транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливноенергетичних ресурсів, забезпечення заінтересованості підприємств, організацій та громадян в енергозбереженні, впровадженні нергозберігаючих технологій, розробці і виробництві менш енергоємних машин та технологічного обладнання, закріплення відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозбереження.

### *1.3. Основні принципи державної політики енергозбереження.*

Основними принципами державної політики у сфері енергозбереження є:

- а) створення державою економічних і правових умов заінтересованості в нергозбереженні юридичних та фізичних осіб;
- б) здійснення державного регулювання діяльності у сфері енергозбереження на основі застосування економічних, нормативно-технічних заходів управління;
- в) пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів;
- г) наукове обґрунтування стандартизації у сфері енергозбереження та нормування використання паливно-енергетичних ресурсів, необхідність дотримання енергетичних стандартів та нормативів при використанні палива та енергії;
- д) створення енергозберігаючої структури матеріального виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій;
- е) обов'язковість державної експертизи з енергозбереження;
- є) популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;

ж) поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання та економічного витрачання паливно-енергетичних ресурсів;

з) встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів; и) вирішення проблем енергозбереження у поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва;

і) стимулювання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом комбінованого виробництва електричної та теплової енергії (когенерації);

ї) поступовий перехід до масового застосування приладів обліку та регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів;

й) обов'язковість визначення постачальниками і споживачами обсягу відпущених паливноенергетичних ресурсів за показаннями приладів обліку споживання паливноенергетичних ресурсів у разі їх наявності;

к) запровадження системи енергетичного маркування електрообладнання побутового призначення.

Об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження є відносини у сфері функціонування енергетичного господарства України, проектування, створення та впровадження наукових та конструкторських розробок, пов'язаних з підвищенням ефективності використання палива та енергії, інформаційного забезпечення народного господарства та населення з проблем енергозбереження, а також у сфері управління та контролю з а використанням паливно-енергетичних ресурсів.

#### *1.4. Основні поняття енергозбереження*

При реалізації енергетичної політики слід розрізняти економію ПЕР, що виникає внаслідок «природного» удосконалення технологічних процесів та підвищення свідомості суспільства, і ту, яка виникає внаслідок цілеспрямованої діяльності державних органів управління, зокрема завдяки цільовим

інвестиціям та іншим системним економічним заходам (імпортні та експортні митні бар'єри, податкові пільги і т.п.).

Енергозбереження – це діяльність спрямована на ефективне використання ПЕР. Енергозбереження реалізується за допомогою організаційних, технічних, інформаційних та правових методів. ПЕР – це сукупність всіх природних та перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві.

Енергозберігаючі заходи – це заходи спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних технологій, продукції, обладнання.

Енергетичний аудит – це складова частина енергоменеджменту, спрямована на обстеження об'єкта та його енерговикористання, визначення заходів для енергозбереження та їх техніко-економічне обґрунтування.

Пряма економія ПЕР виникає внаслідок зменшення енергозатрат на всіх етапах виробництва, в т.ч. – організаційних заходів і використання досконаліших засобів праці і технологій.

Непряма економія ПЕР виникає завдяки підвищенню якості продукції, зменшення її матеріалоемності, використанню нових матеріалів та нових джерел енергії.

Структурна економія ПЕР досягається шляхом переходу від енергозатратної до енергоекономної структури економіки як у регіональному, так і національному масштабах.

Неефективними (марнотратними) називаємо енергозатрати, що виникають внаслідок відхилення технологічних процесів від нормативних вимог, режимних карт, вимог технологічної та проектної документації на електро- та теплопостачання, відхилення характеристик споруд, машин та графіка їх роботи від паспортних вимог чи галузевих стандартів.

Теоретичний потенціал енергозбереження (ТПЕ) – це максимальна економія ПЕР, що досягається завдяки ліквідації всіх видів втрат.

Технічний потенціал енергозбереження рівний економії ПЕР, що може бути досягнена за фіксований проміжок часу доступними засобами залежно від стану науково-технічного рівня даного соціуму.

Економічний потенціал енергозбереження (ЕПЕ) – це частина технічного ПЕ, яка може бути прибутково впроваджена при наявності інвестиції, ЕПЕ завжди менший від технічного, оскільки регламентується окупністю та іншими вимогами до інвестицій.

Енергозберігаючий потенціал поведінки визначається розумінням актуальності енергозбереження суб'єктами ринку, що можуть (уповноважені) приймати рішення.

Енергоємність продукції – це відношення річного обсягу спожитої енергії (в натуральному обчисленні) до річного обсягу продукції (в натуральному та вартісному обчисленні). Аналогічно визначають електричну, або теплову ємність продукції.

Електропаливний коефіцієнт – це відношення обсягу річного споживання електроенергії до річного обсягу спожитої енергії палива (без урахування затрат на виробництво електроенергії).

Теплоенергетичний коефіцієнт – це відношення обсягу річного споживання тепла (гарячі пара, вода) до річного обсягу спожитої електроенергії.

Якість – це сукупність властивостей об'єкта, які визначають його здатність задовольняти певні потреби відповідно до його призначення.

Ефективність – це одна з характеристик якості, що виражається зіставленням витрат і результатів функціонування.

Існують два основних критерії визначення якості. Перший базується на нормуванні, порівнянні та максимізації відношення результату до затрат, а другий – різницею між результатами та затратами. Останній критерій слід застосовувати лише при адитивності результатів і витрат.

При оцінці ефекту енергозбереження використовують поняття інженерна та економічна еластичність потенціалу економії ПЕР.

Інженерна еластичність вимірює можливість заміщення енергії капіталом за умови, що його сприяння виробництву є постійним.

Економічна еластичність енергозбереження вимірює можливість заміщення енергії капіталом за умови незміни кінцевого продукту.

## Контрольні запитання

1. Що таке «енергетичні закони»?
2. Що визначає закон України про енергозбереження?
3. Що таке «енергозбереження»?
4. Що таке «енергозберігаюча політика»?
5. Що таке «паливно-енергетичні ресурси»?
6. Що означає «раціональне використання ПЕР»?
7. Що означає «економія ПЕР»?
8. Що таке «енергоефективний проект»?
9. Що таке «менеджмент з енергозбереження»?
10. Що таке «прямі втрати ПЕР»?
11. Що означає «марнотратне витрачання ПЕР»?
12. До чого призводить недотримання вимог нормативної та проектної документації?
13. Яка мета законодавства про енергозбереження?
14. Які основні принципи державної політики енергозбереження?
15. Що є об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження?
16. Що таке «енергетичний аудит»?
17. Як досягається структурна економія ПЕР?
18. Що таке «теоретичний та технічний потенціал енергозбереження»?
19. Що таке «економічний потенціал енергозбереження»?
20. Що таке «електропаливний коефіцієнт»?
21. Що таке «теплоенергетичний коефіцієнт»?
22. Які основні критерії якості енергозбереження?
23. Що таке «інженерна еластичність»?
24. Що таке «економічна еластичність»?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### Джерела енергії

**Мета роботи:** з'ясування питання щодо традиційних і відновлювальних джерел енергії. Види енергії.

### Теоретичні відомості

#### *2.1. Види ресурсів енергії*

Енергетичні ресурси (джерела енергії) - це матеріальні об'єкти, в яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною. Як згадувалося раніше, енергоресурси поділяють на первинні та вторинні. Первинні енергоресурси - це природні ресурси, які не переробляли і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо. Енергію, що безпосередньо можна видобути з цих ресурсів, теж називають первинною. У свою чергу, первинні ресурси (або джерела енергії) поділяють на відновлювані і невідновлювані і, відповідно, відновлювані та невідновлювані види енергії. Невідновлювані джерела енергії - це природньо утворені й накопичені в надрах планети запаси речовин, здатних за певних умов звільняти енергію, що міститься в них. Такими є викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерне паливо. Відновлювані джерела енергії - ті, відновлення яких постійно здійснюється в природі (сонячне випромінювання, біомаса, вітер, вода річок та океанів, гейзери тощо) і які існують на основі постійних чи періодично виникаючих в природі потоків енергії, наприклад: сонячне випромінювання (біомаса, енергія сонця, вітру, хвиль); гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі (наслідком якої є, скажімо, морські припливи та відпливи); тепла енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах (геотермальна енергія джерел гарячої води - гейзерів). Крім природних джерел відновлюваних енергоресурсів, сьогодні дедалі більшого значення

набувають антропогенні, до яких належать теплові, органічні та інші відходи діяльності людства.

## *2.2. Невідновлювані джерела енергії*

Невідновлювані ресурси - це викопне паливо, що складається з паливних речовин, незгоряючих залишків і вологи. Паливні копалини характеризуються спільним походженням пальної частини. Вони утворюються переважно з рослинної маси, але містять також певну кількість білкових і жирових речовин тваринного походження. Мільйони років у надрах Землі тривав процес розкладання рештків тварин і рослин, що колись переробили і зберегли сонячну енергію. У результаті утворилися такі невідновлювані джерела енергії, як нафта, вугілля, природний газ, торф, горючі сланці, запаси котрих досить обмежені. Поки людство не почало використовувати відновлювані джерела, кількість накопиченої в них енергії залишалась незмінною. Це як скарб, заритий в землю, що залишається незмінним, доки хто-небудь не знайде його і не почне витрачати. Але швидкість, з якою ми витрачаємо невідновлювані джерела енергії, в багато разів перевищує час їх утворення. Тому основною вадою невідновлюваних джерел енергії є те, що рано чи пізно вони будуть вичерпані. Друга значна вада - використання непоновлюваних джерел енергії завдає великої шкоди природі. Чому ж людство використовує непоновлювані джерела енергії попри всі їх вади й далі? Цьому є кілька причин: економічні (прагнення швидко отримати прибутки); психологічні (небажання змінювати звичний спосіб життя); і, навіть, політичні (енергія - це влада). Людству треба прагнути витрачати якомога менше енергії невідновлюваних джерел і чим більше - відновлюваних. Органічне паливо на Землі видобуваємо в твердій (торф, різні види вугілля і т.д.), рідкій (нафта) та газоподібній (природний газ) формі, що зумовлено розкладанням органічних речовин та їх джерелом. Розкладання відмерлої багатоклітинної рослинності, яке відбувається в товщі Землі в заболочених місцях, де шар води перешкоджає вільному доступу повітря, призводить до утворення темно-бурої маси торфу, в якому трапляються залишки рослин, що не розклалися (листя, стебла). В подальшому,



під дією тиску, температури і мікроорганізмів торф'яна маса перетворюється на буре вугілля. Продуктами 28 наступних стадій перетворення бурого вугілля є кам'яне вугілля й антрацит. До твердого викопного палива належать і горючі сланці. Це мінеральні породи, просякнуті органічними речовинами.

Природним рідким паливом є нафта - суміш вуглеводнів та розчинених в ній компонентів, які перебувають у рідкому стані при нормальному атмосферному тиску та температурі. У ній міститься деяка кількість рідких кисневих, сірчистих і азотистих сполук.

Існує декілька теорій щодо походження нафти. За найпоширенішою, нафта - це продукт розпаду нижчих рослинних та тваринних організмів, що існували в морях і океанах сотні мільйонів років тому. Гинучи, вони формували відкладення на глибинах від 30 метрів до 8 кілометрів. За іншою теорією, розробленою в інституті геологічних наук НАН України, нафта, це продукт синтезу Гідрогену та Карбону в приповерхневих шарах Землі.

Прихильники органічної теорії походження видів горючих копалин притримуються думки, що нафта і газ є побічними продуктами процесу вуглеутворення. Природний газ суто газових родовищ складається переважно з метану (95-98 %  $\text{CH}_4$ ). Природний газ, як нафта і вугілля, утворився в надрах Землі з рештків рослин і дрібних тварин.

Сучасне індустріальне суспільство немислиме без таких невідновлюваних енергоджерел, як газ, нафта і вугілля. Високо розвинуті країни отримують з них близько 80 % енергії. Крім того, що запаси цих енергоджерел обмежені, їхнім величезним недоліком є забруднення навколишнього середовища як у місцевому, так і у всепланетному масштабі.

При цьому маса утворених газоподібних чи твердих продуктів згоряння, що надходять у навколишнє середовище, у кілька разів перевищує масу використаного палива. Наприклад, при спалюванні природного газу - у 5 разів, при спалюванні вугілля - у 4 рази! Завдяки застосуванню новітніх технологій у виробництві енергії можна трохи знизити негативний вплив паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) на навколишнє середовище. Для вироблення електроенергії у світі за останні 30 років на теплових електричних станціях

(ТЕС) використано 76 млрд. тон вугілля, 3 млрд тонн мазуту, 3 трлн. м<sup>3</sup> газу, а на АЕС – тільки 0,2 млн. тон ядерного палива. Якщо розглядати структуру світової витрати палива людством, то атомна енергетика посідає близько 6%, органічне паливо - близько 89%, а всі нетрадиційні джерела енергії - лише 2%. Спалювання органічного палива призводить до щорічного викиду 27 млрд тонн карбону (IV) оксиду (CO<sub>2</sub>) в атмосферу і мільйонів тон оксидів Сульфуру та Нітрогену.

*2.2.1. Торф.* Торф є найменш сформованою формою вугілля, що досить сильно зберегла риси рослинного походження і складається з води (до 90%), карбону (5%) та летких сполук (5%). Залягає він переважно на болотах. У помірному кліматі середньорічна швидкість росту торфу на болотах 0,55-1,0 мм, а на верхових болотах 1-2 мм. У тропічному кліматі вона значно вища. Фахівці вважають, що необхідно 300 років для утворення торф'яного шару завтовшки 9 метрів. Поклади торфу в Україні поширені, головним чином, у західних, північно-західних та північних областях. Сьогодні виявлено понад 2500 родовищ торфу із запасами понад 2260 млн.т., з яких вироблено понад 45 % розвіданих запасів. Тор'яники займають площу близько 10 000 км<sup>2</sup> . Можливе використання торфу в якості палива на теплоелектростанціях, та для побутових потреб. Торф розробляють відкритим способом, тому його видобування пов'язане з негативним впливом на довкілля. На існуючих в Україні торфопереробних заводах є достатні потужності для суттєвого збільшення видобутку кускового торфу для безпосереднього використання як палива, фрезерного торфу як сировини для газифікації та брикетування торфу для забезпечення населення місцевим паливом. Але останній вважається низькоефективним завдяки великому вмісту води. Торф використовується не тільки як паливо. Він є цінною сировиною для хімічної і біохімічної промисловості, медицини, машинобудування, будівництва і ряду інших галузей. Так, наприклад, з торфу отримують білкові продукти, жири, вітаміни, барвники, цінний віск для особливо точного литва, виготовлення мастил для полірування хромованих і нікельованих виробів, просочення паперу, шкіри, дерева, у виробництві олівців і косметики.

2.2.2. *Вугілля.* Вугілля як невідновлюване енергоджерело було використане першим. Провідна роль в освоєнні вугілля як джерела енергії належить Англії, де розпочалася промислова революція.

Відколи Дж. Уатт винайшов паровий двигун, вугілля стало універсальним енергоносієм.

Парові судна і потяги полегшили пересування, і вугілля можна було перевозити по всій Англії та, зрештою, по всьому світу. Навколо заводів, що працювали на енергії вугілля й були зорієнтовані на світовий ринок, зводилися нові міста. Можна сказати, що вугілля і пара забезпечили перемогу капіталізму над феодалізмом і започаткували епоху промислового капіталізму в Європі й Америці. Внаслідок використання вугілля для виробництва енергії збільшилося забруднення навколишнього середовища, але сповільнився ще гірший процес - знищення лісів. У XVIII -XIX ст. забруднення атмосфери стає проблемою великих міст. Смог (суміш диму з туманом) багато років був найбільшою загрозою забруднення навколишнього середовища в Англії. Україна має значну кількість вугілля, так на сьогодні розвідані запаси складають близько 50 млрд.т. Основні запаси вугілля розвідані в Донецькому, ЛьвівськоВолинському і Дніпровському буровугільному басейнах. Вугілля є єдиним енергоносієм, розвідані запаси якого можуть забезпечити потреби енергетики і промисловості України у найближчі 300 років.

Вугілля зручне для виробництва електрики й інших промислових процесів. Воно дає дешеву енергію країнам, де це енергоджерело доступне. Слід відмітити, що в більшості розвинених країн видобуток вугілля протягом останніх десятиліть значно скоротився, а потреби в ньому покриваються за рахунок імпорту з інших країн. У Німеччині обсяг виробництва кам'яного вугілля за останні 30 років знизився більш як удвічі і сьогодні складає близько 65 млн. т на рік. У Франції за той же час видобуток вугілля знизився з 50 до 10 млн. т на рік. Деякі країни взагалі відмовилися від його видобутку (Нідерланди, Данія, Бельгія, Італія).

Видобуток вугілля ведеться двома способами. Економічно вигідний – відкритий. При цьому на великих площах горішній шар землі знімають і

вивозять. Після видобутку вугілля необхідно проводити рекультивацію території, що суттєво збільшує вартість вугілля. Якщо вугілля знаходиться досить глибоко, його видобувають підземним способом у шахтах.

Видобуток вугілля – небезпечна галузь. Шахтарі, які працюють у таких шахтах, часто потерпають від легеневих захворювань, оскільки вдихають багато вугільного пилу, що заважає нормальному газообміну у легенях і кровотворній системі. Необхідно пильнувати безпеку шахтарів під час роботи на глибині.

Після видобутку вугілля надходить на теплові електростанції, де виділена при його згорянні теплота нагріває воду до кипіння. Утворюється пара, що обертає турбіни, з'єднані з електричним генератором, який і виробляє електричну енергію. При цьому тільки одна третина теплоти витрачається на виробництво електроенергії, інші ж дві третини теплової енергії випромінюються в атмосферу. Вугілля як енергоджерело теж небезпечне для навколишнього середовища. При спалюванні вугілля утворюються отруйні гази, такі, як чадний газ (карбону (II) оксид), сірчастий газ (сульфуру (IV) оксид) і гази, що негативно впливають на клімат, наприклад, карбону (IV) оксид. Викиди цих газів значно зросли з часів промислової революції. Ніякий

інший вид невідновного енергоджерела не викидає так багато карбону (IV) оксиду як вугілля. Забруднення спричиняють також вугільний пил і сажа. Наслідки використання вугілля для вироблення електричної та теплової енергії досить невтішні. Лише одна ТЕС потужністю 1000 МВт за рік спалює 2,5 млн тон вугілля, "виробляючи" при цьому 6,5 млн тон CO<sub>2</sub>; 9 тис тон сульфурових оксидів; 4,5 тис тон нітрогену оксидів; 490 тон сполук важких металів і 700 тис. тон попелу.

Транспортування вугілля теж завдає шкоди довкіллю. Від місця видобутку вугілля найчастіше транспортують залізницею, а під час його навантаження й розвантаження в атмосферу викидається значна кількість вугільного пилу.

Крім того, ТЕС, що працюють на вугіллі, є джерелом переносу радіоактивних речовин з-під Землі в атмосферу (про це мало хто говорить). Так,

у попелі після спалювання вугілля, відсоток вмісту торію (Th), радію (Ra) та інших радіоактивних елементів досить значний.

За допомогою сучасних технологій можна дещо зменшити негативні наслідки використання вугілля для одержання енергії. Основні з цих технологічних способів такі:

- запровадження удосконалених конструкцій котлів, що знижують утворення оксидів сульфуру, нітрогену й викиди попелу;
- використання очисних споруд і фільтрів для очищення димових газів від сполук сульфуру, нітрогену і попелу;
- застосування водно-вугільних суспензій замість вугілля.

Сучасні технології використання вугілля без значного впливу на навколишнє середовище передбачають:

- газифікацію вугілля з подальшим використанням отриманого газу в якості енергоносія;
- спалювання вугілля на електростанціях, які використовують обладнання та технології уловлювання CO<sub>2</sub>.

2.2.3. *Нафта*. Нафта не тільки джерело енергії, але і сировина для нафтохімічної промисловості, виробництва пластмас і навіть ліків. Приблизно 90 % усієї нафти, що видобувається, використовують як паливо, решту застосовують для одержання нафтохімічних продуктів. Отже, маємо справу із звичайним марнотратством. Деякі складові сировини (необробленої) нафти використовували для одержання енергії сотні років. Китайці використовували нафту ще у 1000 році до н.е., переважно для виробництва гасу, олії для ламп. Нафтова свердловина, яку у 1859 році пробурили у Пенсильванії Едвін Дрейк не була першою у світі, але саме з неї почалася бензинова ера. До того часу бензин вважали занадто витратним продуктом. Та з розвитком автомобілебудування попит на нафту різко підвищився. З цього часу нафтова промисловість упевнено розвивається і лідирує на світовому ринку енергоджерел. Промислово розвинуті країни підвищили свій життєвий рівень, у першу чергу, саме завдяки більшому споживанню нафти. Недарма нафту називають “чорним золотом”.

Сира нафта розподілена на Землі нерівномірно і так само нерівномірно споживається населенням Землі. Її запаси у світі досить обмежені. Основні запаси нафти зосереджені на Близькому Сході, у Латинській Америці, Сибіру й Африці. У потужних споживачів нафти – США і європейських країнах – її запаси не такі великі. Важко сказати, на скільки ще вистачить її запасів. За прогнозами, вони можуть бути виснажені за 50-75 років, якщо не будуть знайдені нові поклади. В Україні розвідані запаси нафти становлять близько 300 млн. т. Спершу, ніж добувати нафту, треба провести геологічну розвідку, тобто знайти її поклади. Потім за допомогою бурових установок роблять свердловини, щоб добувати нафту із земних глибин. Став можливим видобуток нафти глибинним бурінням з дна океану. Далі сира нафта надходить на нафтопереробні заводи, де з неї одержують бензин, гас, дизельне паливо, парафін, бітум та інші нафтопродукти. Нафту легко транспортувати. Зазвичай її транспортують нафтопроводами або морем у нафтоналивних танкерах. І видобуток, і транспортування, і переробка нафти пов'язані зі шкідливим впливом на навколишнє середовище. Часто відбуваються розливи нафти в результаті її витіку зі свердловин або при транспортуванні. Час від часу ми дізнаємося про катастрофічні наслідки аварій нафтових танкерів. Нафта, що розлилася, утворює на поверхні води тоненьку масну плівку. Морські звірі та птахи, які потрапили в нафтові плями, здебільшого гинуть через порушення терморегуляції та розвиток сліпоты при потраплянні нафти в очі. Інша морська живність, що існує в поверхневих водах, потерпає від дефіциту кисню та сонячного світла. Наслідки нафтових розливів зникають дуже повільно. В найкращому випадку, коли берегова лінія відкрита, вітрові течії та хвилям потрібно до 4-5 років, щоб зникли всі їх сліди. У більш захищених від вітру і хвиль водах цей процес може тривати 10-15 років. Багато нафти і нафтопродуктів споживає транспорт. При цьому в атмосферу викидається велика кількість карбону (IV) оксиду. При переробці нафти і споживанні нафтопродуктів транспортом у навколишнє середовище виділяються чадний газ, сполуки плюмбуму, оксиди нітрогену і сульфур, що спричиняють хвороби рослин, тварин, людей. Таким чином, використання нафти не лише підвищує

життєвий рівень населення, а й завдає великої шкоди навколишньому середовищу - океанам, атмосфері та живим організмам. Тому варто використовувати її тільки там, де вона незамінна. Для виробництва теплоти ми можемо послуговуватися іншими джерелами енергії -тут вона цілком замінна.

*2.2.4. Природний газ.* Природний газ - це третє за величиною джерело енергії. Відомо, що 25 % енергії у світі виробляється з природного газу. Вміст енергії в природному газі високий, майже такий же, як у нафті. Україна використовує до 100 млрд.м<sup>3</sup> природного газу на рік, з яких власний видобуток становить близько 20 млрд.м<sup>3</sup> . До 2010 року видобуток природного газу планується збільшити на 10-15 млрд м<sup>3</sup> . Газом Україна в майбутньому може забезпечити себе самостійно. Розвідка покладів природного газу ведеться в Чорному морі, в Полтавській, Чернігівській і Харківській областях, у Карпатському регіоні. Розвідані запаси газу в Україні становлять 1,1 трлн. м<sup>3</sup> . Уже розвіданих запасів газу вистачить на 50 років при сучасному рівні видобутку. Значні об'єми газу зосереджені в нафтових родовищах (супутні гази) та вугільних шахтах (шахтний метан). Лише вугільні родовища України містять до 3,0 трлн. м<sup>3</sup> газу. Деякі газові свердловини спроможні дати до 6 млн. м<sup>3</sup> газу на добу. Природний газ використовується як паливо для електростанцій, побутове паливо, як сировина для промисловості тощо. Газ легко транспортувати до місця споживання по трубах. А перевівши його у скраплений стан, можна перевозити у залізничних та автоцистернах, нафтових танкерах. У той же час, слід пам'ятати, що Україна залежна від експорту природного газу з інших країн, передовсім Росії. Тому стратегічною метою нашої держави є: зменшення споживання газу всіма галузями народного господарства, та замінення його місцевими енергоресурсами (наприклад біомасою). Природний газ є найчистішою формою невідновної енергії: у ньому дуже низький вміст отруйних речовин, він згоряє дуже швидко, простий у використанні. Проте проблеми викидів карбону (IV) оксиду при використанні природного газу залишаються.

### *2.3. Традиційні способи виробництва теплової та електричної енергії*

Одним з досконалих видів енергії є електроенергія. Її широке використання зумовлене такими факторами: - можливість вироблення електроенергії у великих кількостях поблизу родовищ органічного палива та водних джерел; - можливість транспортування на далекі відстані з порівняно незначними втратами; - трансформації електроенергії в інші види енергії: механічну, хімічну, теплову, світлову; - відсутність забруднення довкілля; - можливість застосування на основі електроенергії принципово нових прогресивних технологічних процесів з високим ступенем автоматизації. Теплова енергія широко застосовується у побуті та на сучасних виробництвах у вигляді енергії пари, гарячої води, продуктів згоряння палива. Пару та гарячу воду традиційно отримують у котлах, в яких нагрівається вода за рахунок палива. Електричну і теплову енергію виробляють на : - теплових електричних станціях (ТЕС) на органічному паливі з використанням у турбінах водяної пари-паротурбінні установки (ПТУ), продуктів згоряння газотурбінні установки (ГТУ), їх комбінацій – парогазові установки (ПГУ); - гідравлічних електричних станціях (ГЕС), котрі перетворюють механічну енергію руху води на електричну, використовуючи енергію падаючого потоку води, течії, припливу; - гідроакумуючих станціях (ГАЕС), на яких механічну енергію руху води, попередньо накопиченої у штучній водоймі, перетворюють на електричну; - атомних електричних станціях (АЕС), які перетворюють енергію ядерного розпаду на електричну. З точки зору використання палива ефективним є комбіноване виробництво електричної та теплової енергії, або когенерація. Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії дозволяє до 20-30 % зменшити витрати палива (у порівнянні з їх роздільним виробництвом). Застосування когенерації дає можливість досягнути високого рівня безпеки енергопостачання при одночасному зменшенні негативного впливу на довкілля. З огляду на перспективи значного подорожчання традиційних енергоносіїв, ефективним є використання когенерації спільно з іншими джерелами



розосередженої генерації, зокрема з місцевими джерелами енергії, насамперед відновлюваними (солома, відходи, енергетичні культури).

#### *2.4. Атомна енергетика*

Сьогодні атомна енергетика зберігає свої позиції як одне з основних світових джерел енергії. На ядерну енергію припадає ~ 6 % світового паливно-енергетичного балансу і ~ 17 % всієї електроенергії, що виробляється. При цьому є країни, де сьогодні ядерна енергетика забезпечує найбільший внесок у національне виробництво електроенергії, а саме: Франція (76,4 %), Литва (73,7 %), Бельгія (56,8 %), Словаччина (53,4 %) і Україна (43,7 %). Україна посідає восьме місце у світі та п'яте в Європі за величиною встановленої потужності атомної енергетики. Перша атомна електростанція потужністю 5 тис. кВт була побудована в 1954 р. у Обнінську (Росія). Сьогодні в світі працює приблизно 400 АЕС. В Україні діють чотири АЕС з 15 ядерними енергоблоками – Рівненська (м. Кузнецовськ, Рівненська обл.), Південноукраїнська (м. Южно-Українськ, Миколаївська обл.), Запорізька (м. Енергодар, Запорізька обл.), Хмельницька (м. Нетішин, Хмельницька обл.), Чорнобильська АЕС (Київська обл.) – зупинена 15 грудня 2000 р. На атомних електростанціях як паливо використовують радіоактивні елементи – уран, торій і плутоній. Отримання електричної енергії базується на реакціях радіоактивного розпаду цих елементів, що відбуваються у ядерних реакторах - серці станції, і супроводжуються виділенням значної кількості тепла. Тепло поглинається теплоносієм, який циркулює навколо активної зони ядерного реактора. Розігрітий теплоносій в теплообміннику нагріває воду до кипіння. Пара, що утворилася, спрямовується на парову турбіну, яка обертає електрогенератор. За винятком ядерного реактора, АЕС працює як звичайна теплоелектростанція.

## *2.5. Відновлювані джерела енергії*

Відновлювані джерела енергії це ті, відновлення яких постійно здійснюється в природі, і тому їх вистачить на мільйони чи навіть на мільярди років. Це, наприклад, сонячне випромінювання, вітер, біомаса, припливні хвилі чи термальні джерела. Але у кожному випадку, в разі застосування відновлювані джерел енергії зростання енергоспоживання на Землі не порушує загальної теплової рівноваги і не спричиняє загального потепління. Ми не змінюємо кількість енергії, що надходить на Землю і йде з Землі. Перевага таких джерел енергії - вони не завдають шкоди природі. Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до відновлюваних джерел енергії належать такі категорії: - відновлювані джерела енергії (ВДЕ), які спалюються, і відходи біомаси: - тверда біомаса і тваринні продукти: біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина, рослинні відходи і відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси); - газ/рідина з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси і твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла; - муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного і громадського секторів). Утилізуються муніципальною владою з метою централізованого знищення; - промислові відходи: тверді й рідкі матеріали (наприклад, автомобільні покривки), що спалюються безпосередньо, зазвичай на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії; - гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій як великих, так і малих; - геотермальна енергія: тепла енергія, що надходить із земних надр, зазвичай у вигляді гарячої води або пари. Використовується для виробництва або безпосередньо як джерело тепла для систем тепlopостачання, потреб сільського господарства тощо; - сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої

води й електричної енергії; - енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах; - енергія припливів, морських хвиль і океану: механічна енергія припливних потоків або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії. У структурі світового виробництва електричної енергії ПДЕ посідають почесне друге місце. Вони забезпечують близько 20% світового виробництва електроенергії випередивши атомну енергетику, природний газ і нафту, поступаючись тільки вугіллю. Основну кількість електроенергії, що виробляється ПДЕ, отримано на гідроелектростанціях (92%). Незважаючи на значний прогрес у розвитку, геотермальна, сонячна й вітрова енергетика забезпечують менше 5% від загального внеску ПДЕ.

## *2.6. Сонячна енергія*

Сонце створює сприятливий клімат для життя на нашій планеті і дає нам сонячне проміння - унікальне та невичерпне джерело енергії. Воно здатне забезпечити нас такою кількістю енергії, яка значно перевищує наші потреби. Так, Україна, при загальній площі понад 600 тис.кв.км., за рік споживає близько 10 тис. ПДж первинної енергії, а Сонце на цю площу посилає близько 3400 тис. ПДж, що у 300 разів більше загального споживання Україною первинної енергії. Сонячну енергію часто називають остаточним розв'язанням світової енергетичної проблеми. Вона екологічно чиста, не завдає шкоди довкіллю. Основна проблема на шляху використання сонячної енергії - як вловити найбільшу частину потоку сонячної енергії та з найменшими втратами перетворити на такі необхідні нам тепло чи струм. Люди з давніх часів скеровували сонячну енергію собі на службу, використовуючи її для сушіння шкір тварин, з яких виготовляли одяг, меблі й посуд; для в'ялення риби та м'яса з метою їх тривалого зберігання; для одержання солі шляхом випаровування її з води. З часом люди удосконалювали знаряддя праці й винаходили нові способи використання сонячного випромінювання. З'явилися навіси, що зберігають сонячне тепло взимку і рятують від спеки влітку; теплиці, завдяки яким можна

подовжувати тривалість сільськогосподарських робіт; зимові сади. Сьогодні фахівці, що працюють над цими питаннями, досягли небачених успіхів. Вони створили безліч пристроїв, які використовують енергію сонця: високоефективні сушилки, сонячні пічки для приготування їжі та плавки металів, опріснювачі води. Сонячна енергія, що накопичується в верхніх шарах ґрунту, у воді, повітрі як теплова енергія може бути використана через теплові насоси та теплові колектори. На енергії сонячних променів сьогодні рухаються машини та літають літаки. Сонячна енергетика ґрунтується на перетворенні сонячного випромінювання в електричну (сонячні електричні системи) чи теплову енергію (сонячні теплові системи - виробляють тепло для одержання гарячої води, опалення приміщень тощо). Сфера використання сонячної енергії постійно розширюється. Ми зупинимось на сучасних технологіях використання енергії Сонця.

*2.6.1. Сонячна теплова енергетика.* Сонячна енергія найефективніше може бути використана як теплова. Перевагою таких систем є високий коефіцієнт корисної дії (ККД), який сягає 45-60%, а в разі застосування концентраторів - 80-85%. Тепло, отримане в сонячних системах тепlopостачання, використовується для нагрівання води, опалення будівель, у сільському господарстві, у технологічних процесах у промисловості. В сонячних перетворювачах готують їжу, сушать овочі та фрукти і, навіть заморожують продукти. Перетворення сонячної енергії в теплову обумовлене здатністю речовин поглинати електромагнітне випромінювання, внаслідок чого їх температура зростає. Широкого розповсюдження набуло використання низькотемпературних сонячних систем, де теплоносій нагрівається до температур 100-200° С. Але іноді потрібні більш високі температури, і з цією метою використовують різного типу концентратори сонячного випромінювання, що дозволяє досягати доволі високих температур (до 3000° С), чого достатньо навіть для плавки металів. Системи сонячного тепlopостачання поділяють на активні й пасивні. До перших належать системи, в яких теплова енергія, отримана від сонячного випромінювання, передається за

допомогою різних технічних засобів безпосередньо в місце її використання. Видатний італійський художник і винахідник Леонардо да Вінчі у 1515 р. створив один з перших проектів застосування енергії Сонця в промисловості із застосуванням гігантського параболічного дзеркала "для постачання тепла до будь-якого бойлера на фарбувальній фабриці". Цей проект є прикладом активної сонячної системи теплопостачання, де тепло передається на відстань за допомогою нагрітої води в місце споживання. Пасивні системи - це системи, в яких енергія сонця перетворюється на тепло безпосередньо в місці її споживання. Пасивне використання сонячної енергії добре відоме всім. Якщо на освітлений сонцем майданчик поставити резервуар, пофарбований у чорний колір, то вода в ньому добре нагріється. На практиці згаданий принцип використовують у будівництві, коли за рахунок певної орієнтації будинку відносно сонця і спеціальних технологій відпадає потреба в додатковому опаленні приміщень навіть узимку. Системи сонячного теплопостачання практично не вимагають експлуатаційних витрат, не потребують ремонту і вимагають затрат лише на їх побудову і поточне підтримання.

Найбільш поширеним є використання сонячного випромінювання для нагрівання води в системах опалення та гарячого водопостачання за допомогою найпростіших плоских сонячних колекторів. З урахуванням їх відносно невеликої вартості їм надають перевагу при нагріванні рідин до температури нижче 100 °С. Їх підрозділяють на одноконтурні (прямі) і двоконтурні (непрямі). В одноконтурних системах циркулює вода, а в двоконтурних - теплоносій-антифриз (звичайно, з вмістом поліпропіленгліколю). Цей теплоносій потрібний для того, щоб сонячна система теплопостачання могла використовуватися цілий рік.

Спочатку антифриз нагрівається в колекторі, а потім він нагріває воду через теплообмінник. Прості водонагрівачі утримують весь об'єм рідини, яку необхідно нагріти. До них належать:

- резервуар на поверхні землі (наприклад, басейн). Це найпростіший нагрівач води. Підвищення температури води в ньому обмежено високим

коефіцієнтом відбивання сонячного світла від поверхні води і тепловіддачею до землі та повітря, витратами на випаровування води;

- чорний резервуар - ємність з чорною матовою поверхнею, в якій міститься рідина. Його зазвичай розташовують на дахах будинків. Втрати тепла на випаровування майже відсутні, чорні поверхні поглинають практично все тепло, яке на них потрапляє. Нагрівачі цього типу досить недорогі, прості у виготовленні і дозволяють нагрівати воду до температури 45 °С. Зменшення температури може бути викликане тепловими витратами з поверхні, особливо за вітряної погоди;

- проточні нагрівачі. В такій системі вода протікає по паралельних трубках, закріплених на чорній металевій пластині. Пластину з трубками для захисту від вітру вміщують у вакуумний контейнер зі скляною кришкою, щоб уникнути втрат тепла через повітря. Водонагрівачі більш складної конструкції нагрівають за певний час лише незначну частину рідини, яка потім, як правило, накопичується в окремому резервуарі для використання енергії у потрібний час. Найпоширеніші пласкі (не фокусуючі) приймачі дозволяють збирати як пряме, так і розсіяне випромінювання, а відтак працювати як у сонячну, так і хмарну погоду. Основним елементом сонячної нагрівальної системи (колектора) є приймач, у якому відбувається нагрівання рідини за рахунок сонячного випромінювання. Принцип дії його дуже простий: промені сонця, проникаючи крізь скло колектора (проходить близько 80-85%), зустрічаються з чорним дном колектора (абсорбером) і значною мірою поглинаються ним. Абсорбер починає випромінювати інфрачервоне випромінювання, яке не може проникнути крізь скло назовні: знизу витіку тепла запобігає шар теплоізолюючого матеріалу. Акумуляоване таким чином тепло передається теплоносію, що протікає по трубках, розташованих на дні колектора. Циркуляція нагрітої рідини може здійснюватися як вимушено активні системи, або системи з примусовою циркуляцією теплоносія, з використанням pomp, так і природним шляхом - пасивні системи, або термосифонні, з природною циркуляцією, яка зумовлена перепадом температури і тиску, природною конвекцією. В останньому випадку нагрівач повинен розміщуватися нижче накопичувача нагрітої води.

Системи зі штучною циркуляцією вигідні, оскільки для їх створення можна використовувати існуючі водонагрівальні системи, підключаючи до них приймач сонячного випромінювання і насос. Крім того, немає потреби розташовувати в них накопичувач вище нагрівача. Недоліком цих систем є залежність від електроенергії, без якої вони не будуть працювати. Сьогодні у світі обладнано понад 30 млн.м<sup>2</sup> сонячних колекторів для гарячого водопостачання. Дві третини припадає на країни Європейського Союзу. Популярність цієї технології весь час зростає. Денна продуктивність таких колекторів на широті 50° (на рівні Києва) сягає 50-60 літрів води, нагрітої до 60-70 °С з квадратного метра. Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора становить від 40 до 60% і визначається його оптичними характеристиками, якістю теплової ізоляції, інсоляцією і температурами теплоносія та навколишнього повітря. Ефективність термальних геліоприймачів підвищується до 80-85%, якщо вони оснащені тими чи іншими дзеркальними поверхнями, що концентрують випромінювання. Дуже перспективними для використання є плоскі сонячні елементи з лінійними концентраторами випромінювання -фокони. Концентратори - фокони мають у перетині У-подібну форму (пласку чи параболоїдну, остання дорожча, але ефективніша).

*2.6.2. Фотоенергетика.* Сонячна енергія може бути перетворена на електроенергію безпосередньо чи опосередковано. Пряме перетворення сонячної енергії на електричну може бути здійснене за рахунок використання фотоелектричного ефекту, сенс якого полягає в тому, що світло (фотони), попадаючи на предмети, здатне вибивати з їх поверхні електрони. Для того, щоб кількість цих електронів була достатньою, були розроблені спеціальні сонячні елементи (фотоелементи), які складаються з двох типів матеріалу з різною електропровідністю. Найчастіше фотоелементи роблять на основі кремнію, другого за поширеністю на Землі елемента. Сонячне світло (фотон), попадаючи в такий матеріал, викликає порушення рівноваги так званого "р-п" переходу і спричиняє появу в системі електричного струму. Ефективність сучасних фотоелементів досить низька - в середньому 10-15 %. І хоча існують

перспективні розробки з ККД (близько 30%), вартість енергії, отриманої на сонячних батареях, залишається високою, в середньому вона в 4 рази дорожче геліотермічної. Сонячні елементи відрізняються між собою, передусім тим, яку частку сонячного випромінювання вони можуть перетворити на електричну енергію. Зрозуміло, ефективність роботи елементів буде залежати від того, на якій географічній широті вони перебувають, а також під яким кутом на них падають сонячні промені. Ще одним недоліком сонячних батарей є те, що вони вимагають акумуляторів (зазвичай батарей) для забезпечення безперервного енергопостачання вночі й у похмурі дні. Але виробництво електроенергії за рахунок використання сонячних батарей є одним із найбезпечніших способів. Сонячні батареї не створюють шуму, не залишають відходів, не споживають палива, крім сонячного світла. У батарей немає механізмів, що рухаються, тут не споживаються і не виділяються жодні речовини. Їх можна використовувати практично в будь-якій сфері, де потрібна електроенергія: для освітлення, роботи насосів, охолодження, радіопередач тощо. Застосування сонячних батарей особливо привабливе для віддалених районів, сільської місцевості та енергозабезпечення автоматичного устаткування. У зв'язку з тим, що фотоелектричні технології є дорогими, але ефективними, швидкому розвитку фотоелектричного ринку в світі сприяє державна фінансова підтримка. Наприклад, програма Європейського Союзу "1 000 000 дахів" передбачає стимулювання тих, хто послуговується цією технологією. Програм подібного типу в світі досить багато. Це і німецька - "100 000 сонячних дахів", і японська - "4 600 МВт до 2010 року", і американська "1 000 000 сонячних дахів", а також десятки інших. Урядові субсидії, зростання ринку та технічні досягнення обіцяють значне зниження цін у наступні роки. Активний ринок "сонячних помешкань" може прискорити це, оскільки удосконалені сонячно-енергетичні покрівельні матеріали й віконне скло можуть замінити з часом дорогі будівельні матеріали. Сонячні батареї можна встановлювати також уздовж автомагістралей, на автостоянках, на дахах муніципальних будівель і транспортних станцій.



## *2.7. Енергія вітру*

Близько 1% сонячної енергії, яку отримує Земля, спричиняє рух атмосферних повітряних мас, викликаний перепадом температур у різних шарах атмосфери через нерівномірний нагрів її Сонцем. Такий рух називається вітром. Отже, енергія Сонця перетворюється в механічну енергію вітру. Установки, що в свою чергу перетворюють енергію вітру на корисну механічну або електричну енергію, називають вітроенергетичними (ВЕУ) або вітрогенераторами. Новому кроку у розвитку сучасної вітроенергетики сприяла енергетична криза 70-х років ХХ століття. Виявилось, що вартість електроенергії, отриманої на вітроелектростанціях, відносно невелика. Розвиток вітроенергетики відбувся, насамперед, у країнах, які не мають власних потужних джерел енергії: великих рік, нафти, газу, вугілля. Проте, наприклад, такі континентальні місцевості, як Великі Рівнини в США чи Внутрішня Монголія в Китаї, мають вітрові ресурси, достатні для задоволення повних потреб цих країн в електроенергії. Стимулом для розвитку вітроенергетики є також бажання виробляти на своїй території екологічно чисту енергію. У теперішній час ВЕУ застосовуються для енергозабезпечення споживачів, віддалених від електромереж. Зокрема, в Китаї побудовано понад 150000 вітрових турбін потужністю лише 200 Вт кожна. Деякі місцевості у Данії, Німеччині й Іспанії одержують 10- 15% електрики від вітру. Автономні вітроустановки можуть замінити дизельні електростанції, опалювальні установки, що працюють на нафтопродуктах. ВЕУ також можуть бути призначені для безпосереднього виконання механічної роботи, наприклад, приведення в дію водяного насоса. Будова ВЕУ подібна до будови гідроустановки. Основними частинами установки є ротор, генератор, турбіна, обладнана пропелером (вітроколесом), яке безпосередньо приймає на себе енергію вітру. У більшості конструкцій ВЕУ ротор, турбіна і генератор розташовані на єдиному валу і мають горизонтальну орієнтацію. Вітрові турбіни, сучасні технології яких були розроблені у 1980-х роках, як правило, обладнані трилопатевиими пропелерами, що орієнтуються проти вітру. Останнім

часом зусилля розробників ВЕУ пов'язані зі створенням систем, що зможуть функціонувати при незначних швидкостях вітру. Також важливим для виробництва установок є зменшення вартості опор, на яких вони розташовуються. Багато вітроенергетичних об'єктів складаються з великих груп вітряків, які звать "вітряковими фермами" або вітроенергетичними станціями (ВЕС). Сучасні вітроустановки мають потужність 600-3000 кВт, а найпотужніші - 4,5 МВт. У теперішній час віротехнологія отримання енергії є найбільш дешевим способом вироблення екологічно чистої енергії. Безперечною перевагою вітрових електростанцій є те, що єдиним чинником забруднення навколишнього середовища є утворення при їх роботі шуму низької частоти. Вітроенергетичний потенціал в Україні досить великий. Більшість ВЕС призначена для роботи при швидкості вітру від 4 до 30 м/сек. В Україні можна виділити 6 регіонів, для яких використання енергії вітру є економічно ефективним. Це Карпатський, Приазовський, Донбаський, Західно-Кримський, Гірсько-Кримський і Керченський, а також дві зони - Харківську і Полтавську. Сьогодні Україна - лідер у галузі розвитку вітроенергетики серед країн Східної Європи і республік колишнього СРСР. Загальна потужність її ВЕС наприкінці 2007 р. вже досягла 83,35 МВт. І хоча цей показник занадто низький порівняно з Німеччиною або Данією, Україна належить до тих небагатьох країн, де налагоджене серійне виробництво 750 кВт вітроустановок (ВЕУ) і розпочато підготовку до виробництва установок з потужністю понад 1000 кВт і більше. До того ж українськими вченими Національної Академії наук України створений вітроенергетичний атлас країни, що дозволяє обрати найкращі райони для будівництва вітроелектростанцій. За допомогою спеціальних комп'ютерних програм тепер можна визначити майданчики, на яких ВЕУ будуть працювати з максимальною ефективністю.

## *2.8. Гідроенергетика*

Термін «гідроенергетика» визначає галузь енергетики, яка використовує енергію рухомої води, як правило, річок. Ця енергія перетворюється або на

механічну, або найчастіше на електричну. Поза гідроенергетикою водними джерелами енергії є морські хвилі й припливи, спричинені гравітаційною взаємодією Землі з Місяцем та Сонцем. Гідроенергетика - найрозвиненіша галузь енергетики на відновлюваних ресурсах. Річки є потоками води, що рухаються під дією сили тяжіння з вищих поверхонь Землі до нижчих і зрештою впадають у Світовий океан. Під впливом сонячного випромінювання вода випаровується з поверхні Світового океану, її пара підіймається в горішні шари атмосфери, конденсується у хмари й випадає у вигляді дощу, поповнюючи виснажені витoki річок. Отже, використовувана енергія річок вже є перетвореною в механічну енергією Сонця. Теперішні гідроелектростанції (ГЕС) є складними гідротехнічними спорудами. Основними їх елементами є водосховище, гребля, гідротурбіна, генератор. Шляхом створення греблі створюється різниця рівнів води. Вода, перетікаючи з верхнього рівня (б'єфа) на нижній, набуває великої швидкості. Водяний потік падає на лопаті турбіни, що обертає генератор, виробляючи тим самим електрику. У горах зустрічаються річки, вода яких падає зі значної висоти, і потужність її потоку майже не змінюється ні взимку, ні влітку. Для будівництва гідроелектростанцій на таких річках навіть не потрібні водосховища. Отримання електроенергії у такій спосіб є значно ефективнішим і дешевшим, ніж, скажімо, тепловим способом. Саме тому приблизно з 80-х років XIX століття сумарна потужність гідроелектростанцій продовжує зростати, подвоюючись приблизно кожні 15 років. Потужність гідроелектростанції залежить від витрат води й висоти її падіння. Навіть річки з невеликими витратами води, яка падає з чималої висоти, можуть виробляти велику кількість енергії. Проте, будуючи гідроелектростанції, не вдається зробити це безболісно для природи і людей. Насамперед, будівництво водосховищ пов'язано з екологічними й соціальними проблемами, такими, як зменшення площ родючих земель, порушення природних водних екосистем (у тому числі і через відсутність рибопропускних пунктів), переселення людей, які мешкають у зоні затоплення, скорочення кількості корисних речовин в землях, розташованих вниз за течією та іншими. Але найбільші збитки гідроенергетика завдає внаслідок затоплення великих площ при створенні водосховищ,

замулювання гребель, корозія гідротурбін і, порівняно з тепловими електростанціями, чималі капітальні витрати на спорудження ГЕС. У залежності від запровадженої потужності гідроелектростанції (ГЕС) поділяються на великі і малі. До малої гідроенергетики належать системи потужністю до 30000 кВт, які, у свою чергу, можна поділити на малі, міні- і мікро-ГЕС. Потужності малої гідроелектростанції цілком достатньо для забезпечення потреб в електроенергії невеликого міста, селища, а мікро-ГЕС може повністю забезпечити електроенергією приватний будинок. Невеликі гідроелектростанції дозволяють зберігати природний ландшафт, навколишнє середовище не тільки на етапі будівництва, але й у процесі експлуатації. Саме тому найбільш перспективним є виробництво гідроенергії на малих річках без створення штучних водосховищ. Це так звані міні- та мікро- ГЕС, які допомагають зберігати природний ландшафт і навколишнє середовище не лише на етапі будівництва, а й під час подальшої експлуатації гідроелектростанцій. На сьогодні мала гідроенергетика стає дедалі популярнішою в світі. Так, Китай, лідер у малій гідроенергетиці, за останні 40 років збільшив загальну потужність малих ГЕС у понад три тисячі разів! Серед європейських країн цей вид відновної енергетики найбільш популярний в Австрії (10% від загального виробництва електроенергії). В Україні нараховується понад 63 тис. малих річок загальною довжиною 135,8 тис.км, де можна встановлювати міні- чи мікро- ГЕС. Експлуатація малих ГЕС у нашій країні дає можливість виробляти близько 250 млн. кВтгод електроенергії, що дозволило б зекономити до 75000 т. дефіцитного органічного палива.

## *2.9. Енергія хвиль та припливів*

Всі ми спостерігали за тим, як хвилі б'ють у берег, як на них гойдаються красені морські лайнери, читали або бачили у фільмах, як могутні цунамі спустошують все навколо. Хвилі мають величезну енергію, яку людям потрібно навчитися використовувати. І такі спроби вже зроблено. У Норвегії побудовано 500-кіловатну хвильову енергетичну установку. Менші за потужністю хвильові

установки забезпечують енергією бакени і маяки, що вказують напрямок руху кораблям. Попри величезні запаси енергії хвиль, цей напрямок розвивається досить повільно через велику кількість технічних проблем, з якими пов'язане перетворення енергії хвиль в електричну. Основними з них є розосередження енергії на великій поверхні, непостійне хвилевідтворення, низька швидкість руху хвиль при значній силі їхньої дії. Більш поширеним є використання енергії припливів. Припливні коливання рівня всесвітнього океану пов'язані з гравітаційним впливом Місяця на водні маси Землі. Двічі на добу рівень світового океану піднімається і опускається. Висота припливу (різниця між найвищим і найнижчим рівнями води) в середньому сягає 0,5-10 м, а на Таїті становить аж 25 м. Швидкість руху води в протоках між островами доходить до 5 м/с (18 км/год). Серед сучасних припливних електростанцій (ПЕС) найбільш відома перша у світі і найпотужніша на сьогодні станція (240 МВт), що міститься у Франції на березі Ла-Маншу в гирлі річки Ране. Приплив у цьому місці переміщує 189 тис. МЗ води за секунду. Різниця рівнів становить 13 м, а швидкість течії між містами Брестом і Сен-Мало часто досягає 90 км/год. До недоліків ПЕС слід віднести труднощі, пов'язані із захистом дамб та устаткування від ударів крижаних торосів, особливо у північних районах. Поблизу дамб морська флора й фауна дуже потерпають внаслідок нагромадження забруднюючих речовин на прилеглий території та, хоча й незначного, але підвищення температури і зменшення вмісту кисню у воді. Крім того, дамби перешкоджають міграції риби.

### *2.10. Біоенергетика*

Біоенергетика - це галузь енергетики, що як енергоресурс використовує органічні речовини рослинного або тваринного походження (біомасу), котрі мають енергетичну цінність і можуть бути використані як паливо. Оскільки зростають потреби в енергії, з одного боку, і виснажуються ресурси викопного палива, з іншого, біомаса може стати одним з основних джерел сировини для хімічних виробництв і енергії. Біомаса поділяється на первинну (рослини,

тварини, мікроорганізми) і вторинну (відходи від переробки первинної біомаси і продуктів життєдіяльності людини і тварин). Остання група досить різноманітна: • Біологічні відходи тварин (гній великої рогатої худоби, послід домашніх птахів та інше); • Залишки від зберігання врожаю сільськогосподарських культур і побічні продукти їх переробки: солома, стебла та качани кукурудзи, стебла бавовни, шкаралупа арахісу, відходи картоплі, рисове лушпиння і солома тощо); • Відходи лісопереробної промисловості: кора, листя, гілля, тирса, стружки, щепи; • Промислові стічні води (зокрема, текстильних, а також молочних, цукрових та інших підприємств з переробки харчових продуктів); • Тверді побутові відходи та стічні води.

Ефективність біомаси як джерела енергії обумовлена легкістю її отримання та швидким поновленням запасів. Залежно від вологості і ступеня розпаду біомасу переробляють термохімічними методами (пряме спалювання, газифікація, піроліз, ожиження) або біологічними методами (анаеробна переробка, етанольна ферментація). В залежності від методу з біомаси можна отримати різні кінцеві енергетичні продукти, включаючи тепло, пару, низько- і висококалорійні гази та різні види рідкого палива. Енергія, прихована в біомасі, своїм походженням завдячує Сонцю. У зеленій частині рослини міститься особлива речовина - хлорофіл, з допомогою якої вони вловлюють сонячну енергію. За фотосинтезу відбуваються хімічні реакції, в яких беруть участь Карбон (С), Гідроген (Н), Оксиген (О) і сонячне випромінювання. В підсумку цього процесу утворюються органічні сполуки, енергія яких більша за енергію початкових матеріалів на величину поглинутої сонячної енергії. В процесі фотосинтезу також виділяється кисень, необхідний усьому живому на Землі, й поглинається карбону (IV) оксид. Щорічно на Землі за допомогою фотосинтезу утворюється близько 120 млрд тонн сухої органічної речовини, або біомаси, що енергетично еквівалентно понад 40 млрд. тонн нафти. Утворення біомаси змінюється залежно від місцевих умов, і на одиниці площі суходолу її утворюється приблизно в два рази більше, ніж на одиниці поверхні моря. Відповідно до програми розвитку поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) у країнах Європейського Союзу у 2010 р. біомаса буде покривати близько 74%

загального внеску ПДЕ, що становить близько 9% споживання первинних енергоносіїв. Загальні ресурси біомаси в Європі (у млн тонн сухої маси/рік) такі:

- деревного палива - 75;
- деревинних відходів - 70;
- біомаса, вирощувана на енергетичних плантаціях, складає 250 млн тонн/рік сільськогосподарських відходів - 250;
- міського сміття - 75.

На сучасному рівні за рахунок біомаси отримують сьому частину світового обсягу палива за кількістю отриманої енергії вона посідає, поряд із природним газом, третє місце. Україна має досить великий потенціал біомаси, придатний для одержання енергії. Загальні річні обсяги відновлюваних ресурсів біомаси в Україні стануть понад 115 мільйонів тонн. Біомаса (без частки, що використовується іншими секторами економіки) може забезпечити близько 10-17 млн тонн умовного палива на рік, або 5-8 % загальної потреби в енергії.

*2.10.1. Спалювання біомаси.* Теплову або електричну енергію можна отримувати простим спалюванням біомаси. Для половини населення Землі використання біомаси (деревини, гною, бадилля тощо) є основним, а іноді єдиним доступним джерелом енергії. Як ми вже згадували, в рослинах фотосинтез перетворює енергію сонця на хімічну енергію. Частина енергії зберігається в органічних молекулах, з яких складається біомаса. Карбон, що утворює кистяк органічних молекул, у процесі згоряння реагує з киснем і при цьому частина енергії виділяється у вигляді тепла. Одночасно виділяється й карбону (IV) оксид. Під час горіння біомаси не утворюється більше карбону (IV) оксиду, ніж було поглинуто рослиною за життя, оскільки рослини в процесі фотосинтезу засвоюють цей газ, відтак обсяги CO<sub>2</sub> що виділяються при спалюванні біомаси і споживаються рослинами при фотосинтезі врівноважують одне одного. Тобто використання біомаси для виробництва енергії не збільшує концентрацію карбону (IV) оксиду у атмосфері. Але пам'ятаймо: щоб ми могли розглядати біомасу як відновлюване джерело енергії, слід забезпечити її

виробництво принаймні на одному рівні зі споживанням. У багатьох країнах витрати деревного палива значно випереджають його відтворення. Це призвело до знищення більшості лісів Азії та Африки й прискорило утворення пустель у цих регіонах. Щороку, в тому числі і для спалювання, у світі вирубують 25 млн. гектарів лісу (це відповідає площі лісів трьох Україн). При спалюванні нафти, вугілля та газу спостерігаються ті ж закономірності, але час, необхідний для поновлення балансу CO<sub>2</sub> сягає кількох мільйонів років (як ми пам'ятаємо, саме такий час потрібен для утворення викопних копалин з відмерлих рештків рослин і тварин). Спалювання деревини, певно, найстаріший спосіб перетворення біомаси на біоенергію. Переваги використання деревини як біопалива полягають у низькому вмісті забруднюючих речовин порівняно з нафтою і вугіллям. При правильному спалюванні біомаси викид оксидів нітрогену і сульфуру в атмосферу може становити тільки 10% від загальної кількості оксидів, що утворюються при спалюванні нафти. Хоча кількість пилу і сажі залишається такою ж, як і при спалюванні викопного палива. Основною проблемою при прямому спалюванні є відносно низький ККД печей і топків та відносно великий, порівняно з іншими видами палива, вміст вологи. А в разі використання відходів лісопереробної промисловості та сільського господарства ще і необхідність спеціальної конструкції топків і підготовки біомаси до спалювання (брикетування тирси та щепи, пакування соломи і т.д.). Просте вогнище для приготування їжі має ККД 14-15%. Використання більш досконалих сучасних пристроїв дає змогу підвищити ККД до 70% і вище, скоротити потребу в паливі більш ніж утричі. Серйозною проблемою є енергетичне використання твердих побутових відходів. Сміттєспалювальні установки (інсинератори) в багатьох країнах світу малоефективні та спричиняють викид у навколишнє середовище токсичних продуктів згорання. Тому пошук та розробка нових схем використання твердих побутових відходів є дуже актуальними. Теплотворність окремих видів відходів:

- відходи лісового господарства - 2050 ккал/кг;
- відходи деревообробки - 2300 ккал/кг;
- міські тверді відходи - 2400 ккал/кг;



- пластмаса - до 12000 ккал/кг.

Правильне спалювання біомаси дозволяє уникнути багатьох проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля та економією ресурсів.

*2.10.3. Газифікація.* Газифікаційну технологію знешкодження відходів запозичили з металургійної промисловості, де її використовують, щоб отримати гази з бурого дуже золистого вугілля. Піроліз і термічна газифікація є спорідненими технологіями. Відмінність від піролізу хіба в тім, що термічний розклад відбувається при температурі близько 1200 °С з наявністю невеликої кількості кисню чи повітря. Газ, що утворюється, можна використовувати для парових котлів, а при певному очищенні і для газових турбін/генераторів. Тепловідтворююча властивість генераторного газу на три чверті менша від природного газу. Кінцеві продукти газифікації - це тверді шматки, що запеклися, і шлак, рідкі піролізні вуглеводні, гази, піролізний газ, синтез-газ. Існують три продукти газифікації: • вуглеводневі гази (так звані синтез-гази); • рідкі вуглеводні; • сажа (чорне вугілля і зола). Синтез-газ, як правило, це карбону (II) оксид і водень (понад 85% від об'єму) і у невеликій кількості карбону (IV) оксид та метан. Синтез-газ може використовуватися як паливо для виробництва електроенергії чи пари, або як хімічна складова для отримання багатьох речовин. При змішуванні з повітрям синтез-газ можна застосовувати у бензинових або дизельних двигунах (останні дещо удосконаливши). Газифікація цілком підходить для переробки відходів лісопереробної промисловості.

*2.10.4. Біогаз.* У нетрадиційній енергетиці особливе місце посідає переробка біомаси (органічних сільськогосподарських і побутових відходів) метановим шумуванням з одержанням біогазу та твердого залишку, який переважно використовується як високоякісне добриво. Біогаз, що утворюється, містить близько 50-60% -метану, 30% - карбону (IV) оксида, а також інші речовини, в тому числі невелику кількість сірководню (H<sub>2</sub>S), незначні кількості азоту, кисню, водню, амоніаку та карбону (II) оксиду. Перед використанням біогаз очищують від надлишків води та сірководню. Отримання біогазу

відбувається в спеціальних реакторах (метантенках), облаштованих і керованих таким чином, щоб забезпечити максимальне виділення метану. Біогаз використовують для освітлення, опалення, приготування їжі, для приведення в дію механізмів, транспорту, електрогенераторів. Коли йде мова про біогаз, всі, як правило, мають на увазі, що джерелом його утворення є відходи життєдіяльності тварин і птахів (тваринний гній, послід птахів) та каналізаційні стоки міст. Але значні кількості біогазу можна отримати за анаеробної ферментації промислових стічних вод, де велика концентрація розчинених органічних речовин. Це, передовсім, стосується стічної води всіх без винятку харчових підприємств (особливо підприємств з переробки молока, виробництва цукру, алкогольних напоїв та ін).

Сьогодні за рахунок недосконалих очисних систем, що здебільшого використовуються, стічні води потрапляють в навколишнє середовище практично не очищеними і викликають значне забруднення поверхневих та підземних вод. В Україні тільки на великих свинофермах і птахофабриках щорічно утворюється понад 3 млн тонн органічних відходів (у перерахунку на суху речовину), переробка яких дозволить одержати близько 1 млн.т умовного палива у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд. кВт• год електроенергії. В основі виробництва біогазу лежить процес анаеробного бродіння, тобто ферментація органічних речовин рослинного чи тваринного походження в умовах повної відсутності кисню. Відомо кілька десятків штамів мікроорганізмів, які розкладають складні органічні речовини до простих жирних кислот, і понад десяток штамів, які переробляють ці кислоти на метан, карбону (IV) оксид і воду. Безумовно, що паралельно виділяються й інші продукти біохімічних реакцій, але їх кількість незначна. Отриманий біогаз має теплоту згоряння 5340- 6230 ккал/м<sup>3</sup> (6.21-7.24 кВтгод/м<sup>3</sup> ). Найбільший вихід біогазу в метантенках отримують при температурі 43-52°C. За таких умов, при ферментації 1000 літрів гною на протязі трьох днів можна отримати 4500 літрів біогазу. Зараз у світі запроваджено близько 60 різновидів біогазових технологій. Внаслідок постійного вдосконалення з'явилася можливість для отримання біогазу використовувати спеціально вирощені трави та інші

сільськогосподарські культури, а також їх залишки та відходи лісопереробної промисловості. Одержуваний біогаз переважно використовується в теплоенергетичних установках, змонтованих поряд з біогазовими установками. Частково тепло використовується для виробничих процесів, але більша частина, як і електроенергія, розподіляється між споживачами. Біогаз, що отримується в процесі анаеробного зброджування гною та інших придатних для цього органічних відходів, є не тільки відновлюваним джерелом енергії, але й екологічним методом переробки та утилізації цих відходів в органічне добриво. Особливі умови ферментування призводять до втрати схожості насіння багатьох бур'янистих рослин та значно знижують забруднення продуктів бродіння хвороботворними мікробами і паразитами. Велике значення технології отримання і утилізації біогазу мають і у боротьбі з парниковим ефектом, оскільки здатні суттєво зменшити викиди парникових газів (зокрема, метану та карбону (IV) оксиду), що утворюються при розкладанні біомаси. Отже, впровадження анаеробної біотехнології одночасно вирішує низку важливих проблем. Програмою державної підтримки розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики в Україні заплановано створити та освоїти виробництво необхідного обладнання і довести річне виробництво біогазу до 5 млрд.м<sup>3</sup>, що еквівалентно 4,3 млн.т уп. щорічно, але реалізація цього заходу потребує істотних капіталовкладень. Україна має технічні можливості побудувати та експлуатувати понад 100 промислових установок отримання біогазу в метантенках.

### *2.11. Біопаливо*

Україна не може повністю забезпечити себе енергоносіями, тож змушена велику частину їх ввозити. Тільки на потреби автотранспорту щороку витрачається більше 12 млн.т. бензину і 15 млн.т. дизельного пального. Найближчим часом ці потреби будуть, в основному, забезпечуватися імпортною нафтовою сировиною. Таке становище породжує залежність

економіки України від країн-експортерів нафти та газу і є загрозою для нашої енергетичної і національної безпеки. З кінця 90-х років ХХ сторіччя і донині в Україні діє низка державних програм з пошуку і розробки альтернативних видів моторного палива. Є кілька видів моторного палива, які можна отримувати з біомаси, але найефективнішими в світі визнані: біодизельне пальне, що містить 90% енергії нафтових палив; етиловий спирт (етанол) - 50% їх енергії та метиловий спирт (метанол) - третю частину їх енергії. В Україні за рахунок розвинутої спиртопереробної промисловості саме паливний етанол має найбільший потенціал. Джерела його отримання - трав'янисті рослини та деревина, відходи сільського господарства та деревообробної промисловості, а також побутове сміття практично невичерпні. Воно є цілком сумісним з існуючими двигунами транспортних засобів і комерційних паливних систем розподілу і споживання. У ряді країн світу вже понад 15 років застосовують паливний спирт як домішку до світлих нафтопродуктів. При використанні 6-12% домішки спирту до бензину немає потреби змінювати конструкції двигунів автомобілів, збільшується октанове число моторного палива, що веде до зменшення енергетичних витрат при його виробництві, на 4-5% збільшується ККД двигуна та на третину зменшуються викиди шкідливих речовин в атмосферу

Однією з перших використувувати біопаливо стала Бразилія. На сьогодні Бразилія виробляє близько 45% (12 млрд. літрів на рік) екологічно чистого моторного палива з власних сировинних ресурсів (цукрової тростини). Це майже 10 млн тонн спирту на рік. У США також реалізується велика програма заміни бензинового пального етанолом, який одержують шляхом переробки надлишків кукурудзи й інших зернових культур. Використання спирту як пального запроваджено також у деяких європейських країнах, зокрема, у Франції і Швеції. Виробництво дизельного палива (біо-дизеля) - не менш перспективний напрямок розв'язання проблеми кількості власного моторного палива в Україні. Біодизельне паливо було відоме ще з початку минулого сторіччя, але ним знехтували через наявність дешевого нафтового палива. Його отримують з різних видів олійних культур: ріпак, конопля, соняшник, соя,

пальма тощо. Найприйнятнішим джерелом біодизеля в наших клімато-географічних умовах є насіння ріпаку. Через значний вміст шкідливих для організму людини органічних сполук, використання ріпакової олії в харчовій промисловості практично неможливе, але, завдяки тому, що її середня теплотворна здатність (33,1 МДж/л) є лише трохи меншою, ніж у дизельного палива (35,1 МДж/л), використання її як палива є доцільним і має велике значення для паливно-енергетичної галузі. Гектар плантації олійного ріпаку, при відповідних врожаях, дає в середньому одну тонну біодизельного палива, що замінює одну тонну дизельного палива. Побічний продукт виробничого процесу - гліцерол може використовуватися для виробництва 3,5 тис. предметів споживання, включаючи гліцерин, продовольчі змішувачі та нафтові мастила для машин, підсолоджуючі речовини, відновлювачі шкіри, токоферол (вітамін Е), зволожувачі, добрива, безліч продуктів, що використовуються у харчовій промисловості. В Україні заплановано в ході розширення посівів ріпаку одержати 9 млн. тон рапсового насіння, що може забезпечити отримання майже 3 млн. тон біодизельного палива (75% потреби агропромислового комплексу держави). Але, завдяки здатності ріпаку пристосовуватись до різних агрокліматичних умов, посівні площі під нього можна значно збільшити, що дозволить мати додаткові обсяги біодизельного палива. Якомога ширше використання різних видів біопалива виправдане і необхідністю захисту довкілля від транспортного забруднення. Автотранспорт в Україні характеризується низькою ефективністю двигунів, витрата палива в яких в 1,4-1,5 рази перевищує світові норми. Тому викид шкідливих речовин і парникових газів на один кілометр пробігу в Україні значно вищий.

При застосуванні біопалива вдасться значно поліпшити ситуацію. Так, використання біоетанолу в умовах міського циклу, зменшує викиди оксидів Нітрогену на 25-40%, карбону (II) оксида - майже у півтора рази, вуглеводнів - на 15-20%. Біодизельне паливо дає на 50%) менше часток вуглецю, ніж нафтодизельне паливо, а також меншу кількість сполук нітрогену і карбону (II) оксида. Викиди сульфуру (IV) оксиду при його спалюванні у 100 разів менші, ніж дизельного. Тверді речовини, що викидаються при згорянні біодизельного

палива, на відміну від тих, що викидаються при згорянні нафтодизельного палива, не є канцерогенними. Підсумовуючи розділ, можемо сказати, що в міру зростання потреб в енергії, з одного боку, і виснаження ресурсів викопного палива, з іншого, біомаса може стати одним з основних джерел сировини для хімічних виробництв і енергії.

### *2.12. Геотермальна енергія*

Геотермальна енергія – це тепло Землі, яке переважно утворюється внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантиї. Температура земної кори углиб підвищується на 2,5-3 °C через кожні 100 м. (так званий геотермальний градієнт). Отже, на глибині 20 км вона становить близько 500 °C, на глибині 50 км - порядку 700...800 °C, а в ядрі Землі - близько 5000 °C. У певних місцях, особливо по краях тектонічних плит материків, а також у так званих "гарячих точках", температурний градієнт вище майже в 10 разів, і тоді на глибині 500-1000 метрів температура порід сягає 300 °C. Однак і там, де температура земних порід не така висока, геотермальних енергоресурсів цілком достатньо. Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів: -пара, вода, газ; -розігріті гірські породи. Основним джерелом геотермальної енергії є постійний потік тепла з розжарених надр, спрямований до поверхні землі. Цього тепла досить, аби подібно до печі постійно нагрівати навколишню породу. Коли підземні води стикаються із цим теплом, вони теж нагріваються - іноді до 371 °C. Але утворення геотермальних ресурсів неможливе без наявності в гірських породах достатньої кількості дрібних тріщин та порожнин, так званого геотермального резервуару, в якому власне і формуються. Розміри резервуару бувають від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів. Гідротермальні джерела енергії поділяються на термальні води, пароводяні суміші і природну пару. Для отримання теплоти, акумульованої в надрах землі, її спочатку треба підняти на поверхню. Для цього бурять свердловини і, якщо вода досить гаряча, вона піднімається на поверхню природним чином, за нижчої температури може знадобитися насос. Геотермальні води - екологічно чисте джерело енергії, що

постійно відновлюється. Воно суттєво відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що його можна використовувати незалежно від кліматичних умов і пори року. Геотермальні води характеризуються багатьма факторами. Зокрема, за температурою вони поділяються на слабо термальні - до 40°C, високо термальні - 60-100°C та перегріті - понад 100°C. Вони різняться й за мінералізацією, кислотністю, газовим складом, тиском, глибиною залягання.

Геотермальну енергію можна перетворити на електричну або ж використати безпосередньо у вигляді теплоти. Залежно від характеристики геотермальних ресурсів, електрика виробляється в традиційних парових турбінах, куди надходять геотермальні води при температурі щонайменше 150 °C, або на парових заводах. Виходячи з наявних оцінок запасів геотермальної енергії, пріоритетними районами для розвитку геотермальної енергетики є Керченський півострів, Закарпаття, Прикарпаття (Львівська обл.), Донецька, Запорізька, Луганська, Полтавська, Харківська, Херсонська, Чернігівська та інші області. Найперспективнішим для видобутку високопотенційних геотермальних енергоресурсів є Карпатський геотермічний район, який характеризується високим геотермічним градієнтом і відповідно високими температурами гірських порід порівняно з іншими регіонами України. Температура порід в свердловинах, пробурених в Карпатах, на глибині 4 км сягає 210°C. Необхідні температури теплоносія для геотермальних електростанцій знаходяться на значно менших глибинах (на 1 -1,5 км), ніж у інших сприятливих місцях, де, за геологічними та геофізичними даними, на глибинах до 6 км. Так, на території області в районі с. Залуж є унікальне місце площею 30 км, де на глибині 4 тис.м. середня температура сухих порід +200 °C. Цих запасів вистачає для роботи невеликих геотермальних електричних станцій і тепличних агропромислових комплексів. Значні ресурси геотермальної енергії має Крим, для якого найбільш перспективними є Тарханкутський і Керченський півострови, де перепад температур менший і на глибині 3,5 - 4 км температура гірських порід сягає 160-180 °C. В Україні визначено шість пріоритетних напрямків розвитку геотермальної енергетики:

- створення геотермальних станцій для теплопостачання міст, населених пунктів і промислових об'єктів;
- створення геотермальних електростанцій;
- створення систем теплопостачання з підземними акумуляторами теплоти;
- створення сушильних установок;
- створення холодильних установок;
- створення схем геотермального теплопостачання теплиць.

Людина здавна використовувала природну гарячу воду протягом століть. Всесвітньо відомі термальні джерела Чехії - Карлові Вари і Маріанські лазні - популярні протягом уже 500 років. На цих курортах термальні води, багаті мінеральними солями з кристалічних скель, використовуються для лікувальних ванн і як питні. В промисловості геотермальні води використовуються для миття вовни, сушіння деревини, виробництва паперу і бетонних блоків, як джерело мінералів. У Франції, в районах Паризького й Аквитанського осадових басейнів, гаряча вода температурою 45-85 °С надходить зі свердловин глибиною до 1800 м. для обігріву 200 тис. будинків. Подібні басейни є в Бельгії, Німеччині, Данії, Нідерландах і Англії. Використання тепла геотермальних вод - це найпростіший і найдоступніший спосіб споживання геотермальної енергії. Для цього необхідно тільки пустити трубами геотермальні води прийнятної для споживачів температури. Обігрівання геотермальними водами широко застосовується в усьому світі для опалення лікарень і шкіл, житлових і виробничих приміщень, теплиць та підігріву води в басейнах, застосовується для розтоплення замерзлого ґрунту тощо. Оскільки геотермальна вода легко доступна, її використання буде зростати швидкими темпами.

### **Контрольні запитання**

1. Як утворюється вугілля в природі?



2. Чому вугілля було вирішальним фактором промислової революції в Англії та в усьому світі ?
3. Чому саме вугілля довгий час залишалося основним енергоджерелом у промисловості та на транспорті?
4. У чому переваги вугілля як джерела енергії?
5. У чому головний недолік вугілля як енергоджерела
6. Як утворюється нафта в природі?
7. Що спричинило збільшення споживання нафти?
8. У чому переваги нафти як джерела енергії порівняно з вугіллям?
9. Чи використовується нафта ще для чогось, окрім виробництва енергії?
10. Чи пов'язані шкідливі наслідки від використання нафти лише з викидами забруднювальних газів під час її згоряння?
11. Які предмети вдома зобов'язані своїм походженням нафті?
12. Чому природний газ вважається екологічно найчистішим з невідновлюваних джерел енергії ?
13. У чому, на вашу думку, переваги та недоліки природного газу як джерела енергії?
14. Як може зелене листя запасати і перетворювати енергію Сонця?
15. Що таке біоенергетика?
16. Чому біоенергію відносять до відновлюваних джерел енергії?
17. Що таке біомаса і як вона використовується для виробництва енергії?
18. Що таке піроліз?
19. Де можна використовувати біогаз?
20. Що може статися, коли з поверхні Землі зникнуть ліси?
21. Що таке геотермальна енергія?
22. Як люди використовують геотермальну енергію?
23. Де в Україні містяться найбільші поклади геотермальних вод?
24. У чому полягають переваги роботи геотермальних електростанцій?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### Сталий розвиток та пом'якшення клімату

**Мета роботи:** з'ясування питання щодо сталого розвитку та змін клімату.

#### Теоретичні відомості

##### *3.1. Клімат та глобальне потепління*

Клімат Землі постійно змінювався з моменту створення нашої планети. Це залежало від різноманітних геологічних та астрономічних явищ, таких як вулканічна активність та коливання орбіти Землі. Навіть зародження життя на планеті залежало від клімату. Зміни кліматичної системи відбувалися упродовж мільйонів років і відбуваються сьогодні. Але, за рахунок активної діяльності людини, характер та інтенсивність цих змін на відміну від багатомільйонної історії Землі носить небезпечний характер, ставлячи під загрозу саме існування людства на Землі. Поняття „клімат” можна визначити так: клімат - це усереднений стан погодних умов, властивий певній місцевості упродовж тривалого періоду часу. Що ж насправді це означає і яка різниця між погодою та кліматом? Погода - це теперішній стан атмосферних умов, який може змінюватися упродовж короткого періоду часу: годин, днів, тижнів. Схожа погода може бути в різних куточках світу і в різних кліматичних зонах. Клімат же - це стабільний фактор, який характеризує особливості умов цілих регіонів. Клімат міняється дуже повільно - упродовж десятиріч та сторіч. Кліматичні характеристики певних регіонів не залежать від того, якою є сьогодні погода - дощить чи сонячно, дме вітер чи ні. Для визначення клімату нам необхідно підсумувати погодні умови за тривалий час, зазвичай 20-30 років, і визначити, яких днів було більше - дощових, хмарних чи сонячних. Потім визначається середня температура і аналізується, які температурні режими переважають - тобто, чи були дні переважно м'якими, теплими чи прохолодними. Ось таким чином ми визначаємо основні кліматичні характеристики, притаманні різним

місцевостям і регіонам. Визначення кліматичних характеристик та спостереження за його змінами - це кропітка робота, яка вимагає залучення великої кількості висококваліфікованих фахівців та використання найсучасніших технологій. Глобальне потепління - це прогресуюче загальнопланетарне підвищення температури, що зумовлене антропогенним парниковим ефектом і призводить до змін клімату у масштабах Землі. Хоч потепління і є глобальною усередненою тенденцією, але слід зазначити, що зміна температур відбувається нерівномірно в залежності від сезону та місцевості, більше того, місцями в деякі сезони клімат навіть стає холоднішим. Наприклад, за даними науковців, в Україні зими потеплішали значно більше, ніж літо. Наукові дані незаперечні: клімат планети змінюється внаслідок глобального потепління спричиненого діяльністю людини

### *3.2. Планетарний клімат і парниковий ефект*

Наші знання про ранню атмосферу Землі і відповідно про процеси, що привели до походження і природного розвитку парникового ефекту, ще далекі від повноти і досконалості. З огляду на перспективи глобальної зміни клімату ці питання сьогодні активно досліджуються науковцями всього світу. Якщо подивитися в далеке минуле, виявляються часи, а точніше – епохи, коли Земля перетворювалася то на заледенілу кулю, що висить в космосі, то її атмосфера нагрівалася, як пекло. При цьому багато що вказує на те, що переходи між теплим і холодним станами планети були відносно швидкоплинні. 4,5 мільярда років назад Сонце було на 25% холодніше, ніж зараз. Проте на Землі був значний парниковий ефект, пов'язаний з великим вмістом карбону (IV) оксиду і водяної пари в атмосфері. Але в цілому, незважаючи на значні кліматичні зміни в різні історичні періоди, температура залишалася, загалом, на рівні, сприятливому для розвитку життя на Землі. Які механізми дозволяли підтримувати такий баланс, нам достовірно невідомо. Ученими лише визначено, що взаємодію геологічних і біологічних процесів забезпечувало переважне накопичення CO<sub>2</sub> в земній корі при відносному зниженні його вмісту

в атмосфері. Багато що говорить про те, що приблизно 770 мільйонів років назад Земля піддалася дуже різким кліматичним змінам з чотирма могутніми льодовиковими періодами, коли суша і Світовий океан були вкриті товстим шаром криги і снігу. У проміжках між льодовиковими періодами існували дуже активні періоди парникового ефекту, обумовлені різким зростанням вулканічної активності і відповідно збільшенням змісту CO<sub>2</sub> в атмосфері. Коли після останнього екстремального льодовикового періоду, близько 549 мільйонів років назад клімат нарешті стабілізувався, почався бурхливий розвиток життя на Землі і передовсім – багатоклітинних організмів, що, зрештою, і призвело до тієї видової різноманітності, яку спостерігаємо сьогодні. Протягом останнього мільйона років, за який маємо порівняно достовірні дані, льодовикові періоди спостерігалися з циклічністю приблизно в 100000 років і розділялися інтервалами потепління в 20000-50000 років. У даний час знаходимося саме в такому «теплому» інтервалі відносно стійкому в кліматичному відношенні періоді, що почався близько 10 000 років тому, а найближчий льодовиковий період настане не раніше, ніж через 5000 років. У геологічному масштабі часу це недовго, але з позиції тривалості людського життя такий термін є величезним. Вважають, що останній глобальний льодовиковий період завершився саме таким стрибкоподібним переходом до потепління. Першопричини подібних процесів могли бути різними: коливання по відношенню до Сонця орбіти Землі або нахилу вісі її обертання, падіння дуже великих метеоритів або повсюдна активізація вулканічної діяльності. Ймовірно, що кожен з цих чинників мав свій вплив на температурний режим планети. Все це свідчить про те, що планетарний клімат, навіть без людського втручання піддається хаотичним і достатньо різким змінам. Тому зміни клімату незалежно від причини їх виникнення є реальною загрозою для існування життя на Землі, яку необхідно приймати серйозно і враховувати при довготерміновому прогнозуванні та плануванні стратегії економічного і соціального розвитку конкретних регіонів, держав та зрештою і всього людства загалом.

### *3.3. Наслідки змін клімату*

Неконтрольований парниковий ефект. Якщо емісія парникових газів (ПГ) продовжуватиметься тими ж темпами, то різко зросте ризик значних змін в кліматичній системі Землі. За найгіршим сценарієм розвитку ми можемо зіткнутися з неконтрольованим парниковим ефектом, при якому відбудеться несподівано різке підвищення температури з не передбачуваними глобальними наслідками. Неконтрольований парниковий ефект може бути викликаний так званими механізмами позитивного зворотного зв'язку. Підвищення температури, викликане викидами парникових газів антропогенного походження, приведе до зменшення покритих снігом районів і об'єму льоду в морі в зимовий період. Коли поверхня Землі і моря стануть темнішими, то здатність відбивати сонячні промені знизиться, що приведе до більшого поглинання тепла і відповідно підвищення температури. Зростання температури приведе до танення снігу і льоду арктичної тундри, яке означає вивільнення великого об'єму CO<sub>2</sub> і метану, що у свою чергу ще більше посилить дію парникового ефекту. Існування різних екосистем визначається, перш за все, кліматом. Життя пристосовується до певних природних, в тому числі і кліматичних, умов більш менш широкого діапазону. Якщо кліматична система зазнає істотної трансформації, або вона відбудеться дуже швидко, то деякі види будуть вимушені переміститися в інші райони, пристосуватися або загинути. Як на суші, так і в морі, витісняючи аборигенні форми життя, почнеться рух окремих видів флори і фауни з півдня на північ, з районів, що «нагрілися», в звичніше -холодні. Є види рослин і тварин, для яких навіть короточасні заморожування, посухи означають смерть. І чим інтенсивніше та швидше протікатиме потепління, тим більше екосистем опиниться під ударом. Далеко не всі тварини і рослини зможуть вижити в умовах, що змінилися в результаті глобального потепління. Переможцями виявляться лише ті види, які швидше пристосовуються до змін, частіше розмножуються, займаючи при цьому великий ареал проживання, типовий для широкого спектру природних умов, а також ті, що вже зараз живуть поблизу від людини. Програють же ті види, які

займають особливі вузькі еконіші в багатовидових екосистемах, наприклад, тропічного лісу.

Новий, четвертий звіт IPCC говорить, що підвищення температури до 2100 р. може складати, при надзвичайно екстремальних (оптимістичних і песимістичних) сценаріях, від 1,1°C до 6,4°C. Як найбільш вірогідними вважаються зміни температури в межах 1,8-4,0°C, якщо світ продовжуватиме і далі спалювати викопне паливо на тому ж рівні що і сьогодні. Наголошується, що перед промисловою революцією люди викидали дуже мало ПГ, а концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері налічувала близько 280 ррт. А завдяки переважно спалюванню викопного палива, землекористуванню і вирубці лісу, концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері вже досягла 379 ррт. Науковці також прогнозують підвищення рівня морів, що загрожує низинам земної поверхні в світі, і зростання кількості і інтенсивності ураганів, тропічних штормів. Очікується, що активність тропічних циклонів за 21 сторіччя може зрости на 66%. Якщо у 2001 році експерти IPCC передбачали підвищення рівня морів у межах 9,88 см до 2100, щодо рівня в 1990 році, то згідно з новими даними - підвищення може сягнути від 18 до 59 см. А деякі дослідники передбачають можливість підняття рівня аж до 140 см. Зараз немає підстав вважати, що IPCC робить дуже песимістичні висновки, швидше за все - навпаки, Тому використовуємо в основному точку зору їх експертів, на думку яких, при збереженні сучасного рівня викидів карбону (IV) оксиду в атмосферу в XXI столітті його концентрація продовжить своє загрозливе зростання. Глобальне потепління має негативний вплив як на природу, так і в не в меншій мірі на життя людей. Наслідки різкого глобального потепління принесуть значно більше жертв і можуть бути набагато гірші, хоч і менш шокуючі порівняно з наслідками інших екологічних катастроф. Сьогодні ми не можемо спрогнозувати, що відбудеться з Землею і людством у найближчому майбутньому, якщо все пустити на самоплив, і це - жахливо. Немає ніякої упевненості в тому, що процес потепління йтиме поступово і ми встигнемо прийняти адекватні превентивні заходи. Чи встигнемо ми зупинитися в нашому

руйнівному впливові на Землю і чи зможемо своєчасно пристосуватися до умов, що змінюються?

*3.3.1. Підвищення рівня моря.* Підвищення рівня світового океану становить значну загрозу для узбережних зон континентів. Рівень світового океану залишався майже незмінним упродовж тривалого часу - від 3000 років тому назад і до 19 сторіччя. Незначні коливання рівня моря не перевищували 0,2 мм на рік. Проте у 20 сторіччі рівень моря став зростати у середньому на 1-2 мм на рік, а після 90-х років швидкість зростання досягла вже 3 мм на рік. В основному, підвищення рівня світового океану викликається збільшенням поверхневих водотоків, що зумовлено таненням снігів і криги в арктичних регіонах та високо у горах. Нагрів водної маси відбувається довше, ніж повітрям, особливо тих шарів, які лежать на великих глибинах. Це означає, що при відносно швидкому зростанні температури повітря загальне потепління водного середовища продовжуватиметься сторіччя. Більшості узбережних і острівних поселень, навіть невеликий підйом рівня моря загрожує затопленням. Особливо важкі наслідки таке підвищення буде мати для країн, що розвиваються, як наприклад, Бангладеш, де просто немає достатніх засобів на створення охоронних узбережних споруд. Поки танення льодовиків і льоду на гірських вершинах має незначний вплив на підвищення рівня морів, то, ймовірно, протягом наступних 100 років ця тенденція збережеться за умови стабілізації вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері. Але якщо емісію парникових газів не вдасться утримати на відповідному рівні, то ситуація може змінитися на протилежну. У такому разі, за прогнозами, протягом наступного тисячоліття повністю розтане лід Гренландії, що вже само собою призведе до підняття рівня морів на 7 м. Але більшість учених дотримується тієї точки зору, що в досяжному майбутньому нам не загрожує інтенсивне танення антарктичних льодовиків та кригової шапки на Північному полюсі.

*3.3.2. Дефіцит питної води.* У цілому, незважаючи на те, що деякі країни мають вдосталь води, світ вже зіткнувся із „водяною кризою”. У 80 країнах, в яких проживає 40% населення планети, люди постійно мають проблему нестачі питної води. З'являється жорстка конкуренція за водні ресурси між містами, що швидко ростуть, і сільськими поселеннями. У найгіршому стані знаходяться країни Центральної Африки та Близького Сходу. Подібна ситуація, крім того, є первинною причиною високої смертності при пологах, а також значно обмежує сільськогосподарські можливості цих регіонів.

*3.3.3. Падіння врожайності.* Глобальне підвищення температури спричиняє зміщення кліматичних поясів. Теплі зони будуть розширюватися на північ. Усе це може мати численні наслідки. Регіони із родючими землями та помірним кліматом страждатимуть від посух та повеней, що негативно вплине на сільське господарство. Як наслідок - різке зниження врожайності сільськогосподарської продукції в багатьох країнах світу, громадяни яких вже і без того страждають з голоду, породженого бідністю і природними катаклізмами. А зараз вони стоять віч-на-віч з реальною загрозою голодної смерті. Глобальне потепління має негативний вплив і на інші системоутворюючі галузі національних економік. Потепління порушить нормальне функціонування екологічних систем, позначиться на природних ресурсах, санітарних та інших умовах життя, торкнеться багатьох елементів інфраструктури і може стати причиною соціальних і економічних потрясінь. Проте північні регіони, де ґрунт менш пристосований до землеробства і вирощування більшості культур, можуть перетворитися на помірні зони із температурним режимом, придатним для вирощування продовольчих культур. У більшості північних регіонів земля наразі є вічною мерзлотою, але якщо вона почне танути, то з неї вивільниться в атмосферу величезна кількість метану. Зсув кліматичних поясів створює чудові умови для багатьох паразитів щодо розширення ареалів свого існування на території, де рослини є неадаптованими до них.



В цілому зміни у моделі планетарного клімату призведуть до зменшення обсягів виробництва продуктів харчування, та швидкого зростання цін на продукти харчування.

*3.3.4. Захворюваність та міграції.* Глобальне потепління буде мати прямі наслідки для здоров'я людей. Коли виникає нестача води та їжі, люди стають більш вразливими для хвороб. Із підвищенням температури тропічні хвороби можуть поширюватися з комахами в ті регіони, де раніше вони не спостерігалися. Інші носії хвороб, такі як миші, пацюки також будуть розширювати ареал існування на території, де зовнішня температура буде прийнятною для них і, тим самим, дозволяти бактеріям й вірусам потрапляти у нові регіони, в яких люди є непідготовленими до цих захворювань. Малярія, холера та хвороба Дайма поширюються на вищі широти та інші довготи. Так вже зафіксоване поширення малярії за межі тропіків і поширення її в країнах, у яких вона до цього не спостерігалася. Це стосується і України, зокрема її південних регіонів. Крім того, зміни клімату викликають масові евакуації та міграції людей внаслідок спустошуючих природних катаклізмів, виникнення загрози голоду на значних територіях внаслідок зменшення врожайності сільськогосподарських культур. Очікується, що у найближчому майбутньому рівень міграції людей, що тікатимуть від повеней, посух та голоду, буде постійно зростати. Ці та багато інших негативних наслідків, глобального потепління ще чекають на нас. Можливо, ми навіть не здогадуємося про більшість з них та не можемо їх передбачити. Більше того, досить складно спрогнозувати, як і до якої міри проявляться ті чи інші наслідки і як саме вони вплинуть на різні регіони світу.

*3.3.5. Морські течії.* Морські течії це невідомий чинник у процесах глобального потепління. Поза сумнівом, морські течії відіграють величезну роль у формуванні клімату Землі. Але, на жаль, щоб робити якісь більш менш достовірні довготривалі прогнози, ми дуже мало знаємо про їх реакцію на глобальне потепління або механізми їх впливу на глобальні процеси. Є думка, що Гольфстрім підтримується природними гігантським «насосом» в районі на схід від Гренландії. Теплі води, які приносяться цією течією, в Норвезькому

морі віддають величезну кількість тепла в атмосферу, змішуються з холодними водами Східногренландської течії, стають щільнішими і занурюються на глибину. Глибинні води з Норвезько-гренландського басейну перетікають через підводні пороги до Північної Атлантики, що викликає свого роду «всмоктування» нових водних мас з півдня. Якщо такий «насос» ослабне, то це призведе до відповідного ослаблення Гольфстріму. Є дані, що цей процес вже починається. А оскільки Гольфстрім відіграє ключову роль у формуванні м'якого клімату країн Північної Європи, то такий розвиток подій спричинить до значних його змін, що особливо позначиться на скандинавських країнах, де стане набагато холодніше.

#### *3.4. Міжнародні аспекти проблеми зміни клімату*

Зростаюча загроза глобальних змін клімату з не передбачуваними для людства наслідками заставляє світову спільноту об'єднувати свої зусилля у напрямку пошуку реальних шляхів виходу з наймасштабнішої екологічної кризи. Для оцінки майбутніх змін клімату планети Земля в 1988 році під егідою ООН і Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) було створено Міжурядову групу експертів з питань зміни клімату – International Panel on Climate Changes (IPCC), до складу якої увійшли представники 116 урядів, 13 міжурядових і 25 неурядових організацій. Чотири звіти IPCC про стан кліматичної системи планети, що підготовлені ученими-експертами країн учасниць в 1990, 1995, 2001 і 2007 роках, є визнаними практично всією світовою спільнотою як основоположні документи для ухвалення рішень на державних і міжнародних рівнях. На конференції з проблем змін клімату, яка відбулася 2 лютого 2007 р. під егідою IPCC у Парижі, був оприлюднений 4-й звіт цієї міжнародної групи. У цьому звіті вперше робоча кліматична група надала доповідь, в якій містяться наукові основи опису змін клімату. Цей звіт є результатом роботи 1200 експертів з проблем змін клімату з 40 країн, які протягом шести років досліджували клімат за підтримки сотень експертів з 113 країн. У доповіді вказується, що, швидше за все, 2 лютого 2007 р.

запам'ятається, як знаковий день, коли був знятий знак питання по дебатах на тему: чи веде людська діяльність до змін клімату. “Чіткі (неспростовані) дані – це ключове повідомлення цього звіту”, які підтверджують, що ті, хто має сумнів про роль людства в зміні клімату, “можуть більше не нехтувати очевидним”, оскільки з упевненістю на 90% можна стверджувати, що спалювання викопного палива і інша людська діяльність ведуть до змін клімату. Стурбованість громадськості багатьох країн Світу з питань наявних змін у кліматі планети привела до того, що в 1992 році в Ріо-де-Жанейро на Всесвітньому саміті представниками 155 держав була підписана Рамкова конвенція ООН з питань зміну клімату (РКЗК). Після отримання 50-ої ратифікаційної грамоти вона набула чинності у березні 1994 року (на 2007 рік до неї приєдналася 191 країна – і це є наймасштабнішою Конвенцією ООН за кількістю приєднаних до неї країн). У 1995 році в Берліні було зібрано найвищий орган РКЗК – першу Конференцію країн – учасниць (ККУ). У ній взяли участь 117 країн-учасниць, 53 держави-спостерігачі. Третє, дуже важливе за визначенням всієї Світової спільноти засідання ККУ, відбулося 01-12 грудня 1997 року в м. Кіото (Японія). Тоді був прийнятий, так званий, Кіотський протокол до РКЗК, “з метою заохочення сталого розвитку”. Для країн-учасниць РКЗК було встановлено кількісні зобов'язання по обмеженню і скороченню викидів парникових газів (ПГ). Ці зобов'язання повинні відповідати національним соціально-економічним умовам цих країн. У 2007 році Кіотський протокол ратифікували 175 країн світу. Серед них є 36 розвинутих країни, від яких вимагається зниження рівня викидів парникових газів їх промисловими підприємствами, тоді як країни, що розвиваються, зобов'язуються проводити моніторинг власних викидів та звітуватися про них. Україна, як сторона РКЗК 1996 року, ратифікувала цей протокол 04 лютого 2004 року. Ратифікація Росією протоколу (16.02.2005 року) вирішила питання про набуття ним чинності. Згідно з Кіотським протоколом в період дії першого відповідального періоду цих зобов'язань – з 2008 по 2012 рік економічно розвинені країни-учасниці мають забезпечити умови, при яких їх сукупні антропогенні викиди парникових газів в еквіваленті карбону (IV) оксиду не перевищать встановлених для них

норм і приведуть до скорочення щонайменше на 5% загальних викидів порівняно з рівнем 1990 року.

У Кіотському протоколі було передбачено три механізми, які повинні забезпечити скорочення викидів ПГ:

- Проекти спільного впровадження (СВ) (Joint Implementation (JI) – проекторно орієнтований механізм передачі одиниць скорочення викидів іноземному інвесторові країни із списку Додатку 1 Кіотського протоколу. Цей механізм дозволяє заявляти своє право країни, в якій реалізується проект СВ, і передавати одиниці скорочення викидів (ОСВ) - Emission Reduction Units (ERUs) іноземному інвесторові, який бере участь у фінансуванні цього проекту. Проект може бути будь-якого спрямування, проте в числі результатів його впровадження обов'язково повинно визначатися зниження викидів ПГ, так звана умова “додаткованості”;

- Механізм чистого розвитку (Clean Development Mechanism (CDM) – аналогічний механізму сумісного здійснення, участь у ньому передбачено для країн із списку Додатку 2 Кіотського протоколу, в який входять країни, що розвиваються;

- (Implementational Emissions Trading of Emission Trading Scheme (ETS) – механізм передачі надмірних одиниць встановленої кількості викидів ПГ від однієї країни до іншої на обмін фінансування або інші економічні вигоди. Право на продаж одиниць встановленої кількості належить державі, яка є стороною РКЗК. Передбачається також право підприємств в торгівлі викидами, якщо усередині країни здійснений розподіл квот на викиди ПГ, що може дозволити приватним компаніям вести міжнародну торгівлю дозволеними квотами з метою виконання ними національних зобов'язань. Кіотський протокол – це перша, але далеко не остання, спроба зробити якісну і кількісну оцінку можливостей різних країн по поліпшенню екологічної та загальної кліматичної ситуації, використовуючи механізми міжнародного права і взаємовигідної співпраці. Вже зараз світова спільнота обговорює можливі подальші міжнародні угоди з умовною назвою “після 2012 року” – що буде після закінчення дії вищезгаданого протоколу, які треба знайти важелі й

механізми для поліпшення екологічної та кліматичної ситуації в світі й забезпечення сталого розвитку країн світу. Першим кроком на цьому шляху стала конференція ООН з проблем зміни клімату, що проходила в грудні 2007 року на індонезійському острові Балі. Конференція відбувалася в атмосфері жорстоких і затяжних дискусій, засідання делегатів не припинялися навіть уночі. На Балійській конференції була укладена “дорожня карта” – план нових переговорів по боротьбі з глобальним потеплінням. “Дорожня карта” передбачає скорочення вирубки лісів, передачу екологічно чистих технологій країнам, що розвиваються, а також надання їм допомоги в боротьбі проти негативних наслідків глобального потепління, зокрема повеней і зниження врожайності земель, викликаних змінами клімату. У продовження цього процесу, 07-18 грудня 2009 року, в Копенгагені проходила 15-а конференція сторін Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, у якій взяли участь представники 194 держави. Учасникам Міжнародної конференції ООН у Копенгагені вдалося досягти мінімального консенсусу. У документі “Копенгагенський Акорд”, розробленому в останні години роботи саміту, записано, що не можна допустити підвищення температури на планеті більше, ніж на 2 градуси С. Однак у заяві, яка не має жодної юридичної сили, не прописано, яким чином досягається така мета. Домовленість, до якої зуміли прийти, передбачає прийняття всіма країнами у 2010 році зобов’язань щодо скорочення викидів у атмосферу ПГ з метою обмежити зростання температури на планеті 2 градуси С. Прийнято рішення виділити близько 30 млрд. доларів країнам, що розвиваються, на боротьбу зі змінами клімату. В офіційній позиції Уряду України пропонується взяти зобов’язання на рівні – 20 % від 1990 року до 2020 року. На сьогодні викиди ПГ в Україні складають лише 45 % від рівня 1990 року. Відповідно, оголошене Україною зобов’язання фактично передбачає зростання викидів ПГ на 70% від сьогоднішнього рівня.

Багато країн завдяки як роботі уряду, так і через громадські ініціативи, розпочали заходи, покликані сповільнити зміни клімату. Через освітні програми у школах, поширення інформації у ЗМІ сьогодні люди можуть дізнатися

набагато більше про глобальне потепління – набагато більше, ніж їм було відомо раніше.

### **Контрольні запитання**

1. Чому, на Вашу думку, процес виникнення негативних наслідків викидів парникових газів зайняв так багато часу?
2. Що є основною метою Кіотського протоколу?
3. Чому так важливо досягти нової угоди, яка має наслідувати Кіотську?
4. Чому найбільшими забруднювачами повітря парниковими газами є США, Китай, Росія та ЄС?
5. Як відбувалися зміни кліматичної системи?
6. Розкрийте поняття «клімат».
7. Що таке «кліматичні характеристики» і як вони визначаються?
8. Розкрийте поняття «парниковий ефект».
9. Що впливає на планетарний клімат?
10. Що таке «неконтрольований парниковий ефект»?
11. Які наслідки глобального потепління?
12. Яку загрозу становить підвищення рівня моря?
13. Яку загрозу становить дефіцит питної води?
14. Яку загрозу становить падіння врожайності?
15. Яку загрозу становлять захворюваність та міграції?
16. Яку загрозу становлять морські течії?
17. Які механізми скорочення викидів парникових газів, передбачених Кіотським протоколом?
18. Яка «дорожня карта» була прийнята на Балійській конференції?
19. Яка позиція Уряду України відносно викидів ПГ?
20. Як підвищиться температура до 2100 року?
21. Яка циклічність льодовикових періодів?
22. Як змінюється клімат?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### Енергетичний баланс підприємства

**Мета роботи:** ознайомитися з видами енергетичного балансу та виконати їх розрахунок.

#### Теоретичні відомості

Система енергопостачання потрібна для надійного задоволення потреб підприємства у необхідних видах енергії належної якості та достатньої кількості. Загальні принципи побудови таких систем однакові для будь яких підприємств та відрізняються тільки кількістю компонентів, які входять до їхнього складу.

Необхідні види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства від різних постачальників. Більшість підприємств приєднані до мереж централізованого енергопостачання (рис. 4.1).

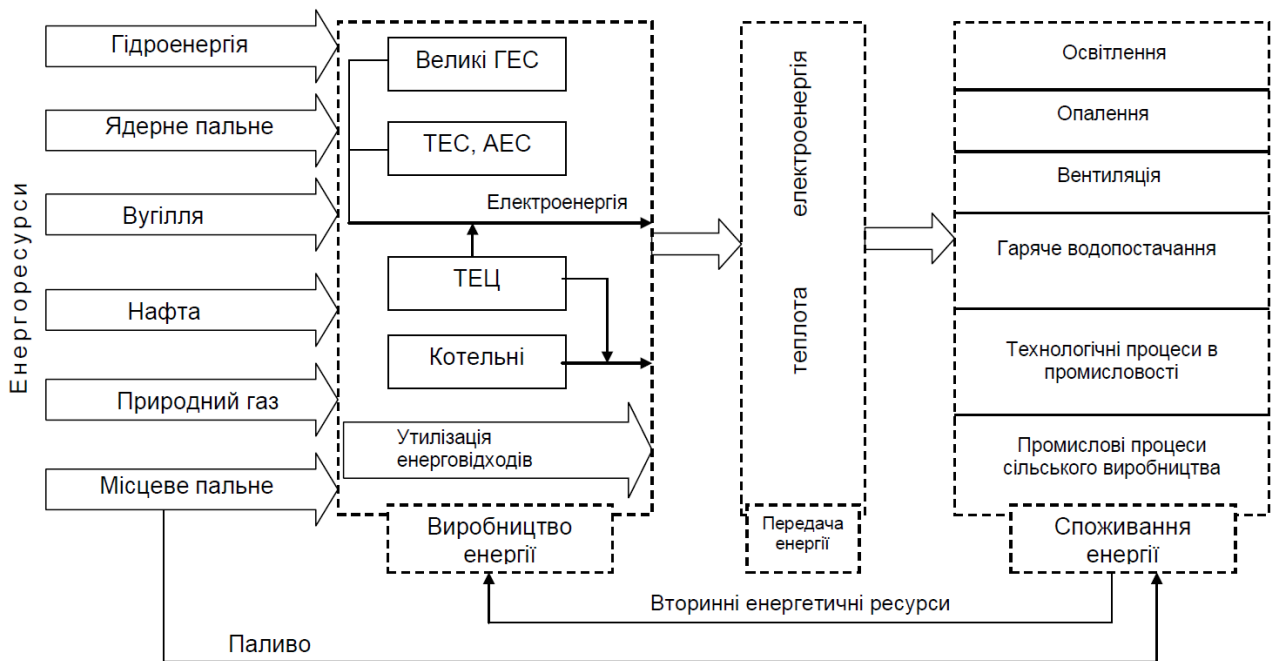


Рис. 4.1. Система централізованого енергопостачання промислових підприємств:

ГЕС – гідроелектростанція; ТЕС – теплова електростанція; АЕС – атомна електростанція; ТЕЦ – теплоелектроцентрально

До них належать електроенергія, теплова енергія та органічне паливо. Джерелом енергії також може бути безпосередньо оточуюче середовище з потоками прямої або перетвореної енергії Сонця, а також енергія надр Землі, енергія річок, морів та океанів тощо.

На наступній стадії системи енергопостачання енергетичні потоки при необхідності можуть бути перетворені в інші види енергії або змінювати свої параметри у відповідності з умовами експлуатації пристроїв споживання енергії.

Перетворення енергії здійснюється на ТЕЦ, в котельнях, на компресорних станціях, в холодильних установках, на теплових пунктах, трансформаторних підстанціях та інших об'єктах, які входять до складу підприємства (рис. 4.2).

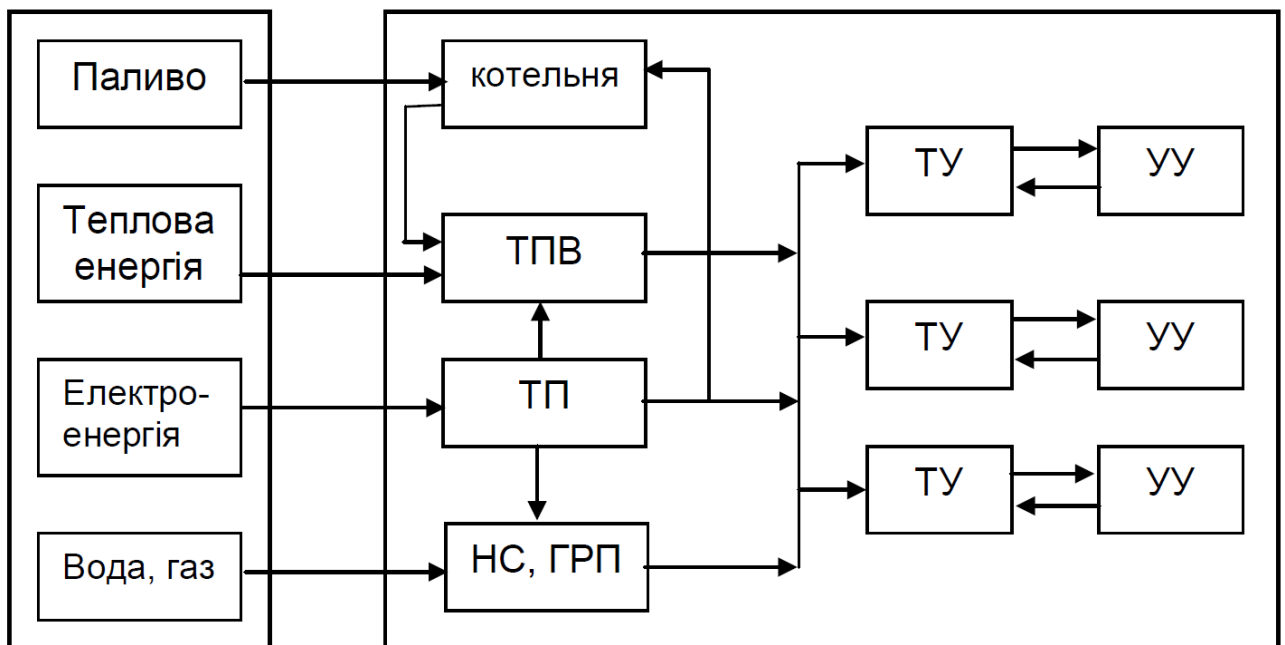


Рис. 4.2. Схема енергосистеми промислового підприємства:

ТПВ – тепловузол; ТП – трансформаторна підстанція; НС – насосна підстанція;

ГРП – газорегуляторний пункт; ТУ – технологічні установки;

УУ – утилізаційні установки

У більшості випадків розміщення джерел енергії (ДЕ) та споживачів не співпадає. Тому енергетичне господарство підприємства повинно мати розгалужену систему передачі та розподілу енергії. В якості ДЕ на



підприємствах можуть також виступати енергетичні відходи (вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)).

Основними споживачами енергії на підприємстві є:

- технологічні споживачі, які безпосередньо пов'язані з виготовленням готової продукції або наданням послуг;
- системи освітлення;
- системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
- гаряче та холодне водопостачання.

Технологічні споживачі в залежності від галузі промисловості та сфери послуг суттєво відрізняються один від одного. В цілому енергетичне господарство підприємства представляє собою розгалужену структуру, яка характеризується взаємопов'язаними енергетичними та матеріальними потоками різного виду та призначення.

Порядок проведення енергетичного обстеження підприємства

Обстеження включає в себе отримання загальної характеристики підприємства та даних, які необхідні для оцінки резервів економії енергоресурсів.

Для всебічного аналізу використання ПЕР на підприємстві складають наступні види енергобалансів:

- за видом енергоносіїв, які використовуються (паливо, теплова енергія, електрична енергія, механічна енергія);
- за цільовим призначенням, тобто з визначенням витрат на технологію та допоміжні потреби (опалення, вентиляцію, освітлення та ін.);
- за виробничо-територіальними одиницями (цех, ділянка та ін.);
- повний енергетичний баланс (у тепловому еквіваленті) включає в себе всі види енергії, які підлягають перетворенню на підприємстві.

Під час проведення енергетичного обстеження у загальній характеристиці підприємства повинні бути відображені наступні питання:

- номенклатура продукції та фактичні питомі витрати енергоресурсів та її виготовлення за рік, попередній перед проведенням енергетичного обстеження;

- джерела та схема енергопостачання;
- показники добових (взимку та влітку) графіків електричного та теплового навантаження;
- частина енергетичної складової в собівартості продукції;
- організаційна структура енергетичної служби.

Для оцінки ефективності використання енергії проводять обстеження за наступними напрямками:

#### 1. Стан технічного обліку:

- способи обліку (розрахунковий, приладний, досвідно-розрахунковий);
- форми отримання, обробки та представлення інформації про контроль витрат енергії за цехами, ділянками, енергоємними агрегатами;
- відповідність схеми обліку енергії структурі норм;
- оснащення приладами витрат ПЕР.

#### 2. Стан нормування:

- наявність на підприємстві затверджених норм витрат енергоресурсів;
- фактична структура норм у відповідності її технології та організації виробництва;
- динаміка норм та питомих витрат за три роки до обстеження.

3. Визначення резервів економії енергетичних ресурсів згідно з результатами обстежень обладнання та технологічних процесів, а також стану використання ВЕР.

За результатами проведення енергетичного обстеження підприємства складають перелік організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з економії палива та енергії. Системний підхід до аналізу енергоефективності технологічних процесів припускає виділення ієрархічних рівнів підпорядкування енерготехнологічних елементів систем енергопостачання та використання енергії промислового підприємства (рис. 4.3).

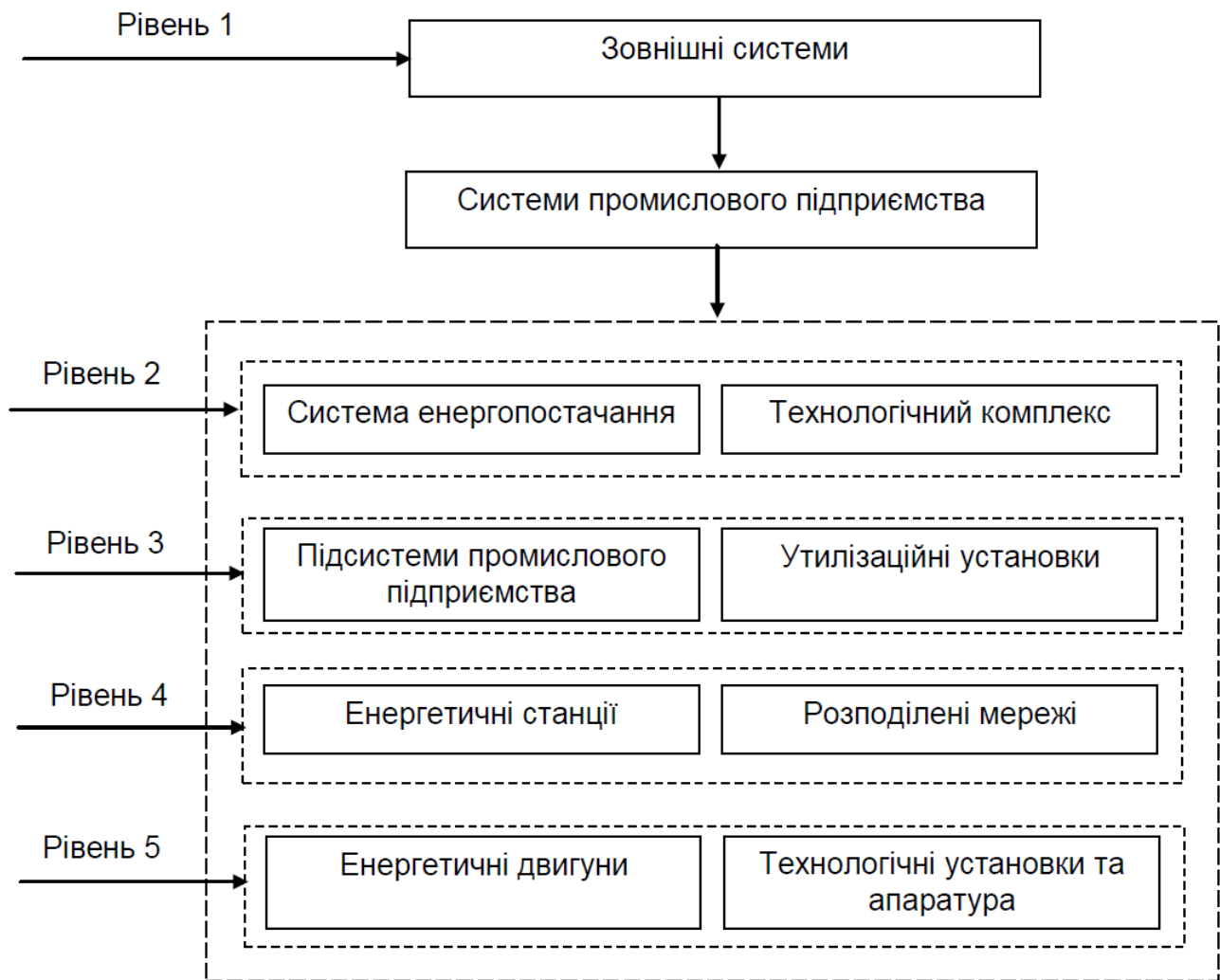


Рис. 4.3. Рівні ієрархії енергосистеми промислового підприємства

### *Розрахунковий аналіз енергетичних балансів*

Розрахунковий аналіз витрат електричної енергії може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

1. Витрата електроенергії на технологічні установки, кВт·год:

$$W = P_{\text{дв.ном}} k_{\text{в}} t \quad (4.1)$$

де  $P_{\text{дв.ном}}$  – номінальна потужність електродвигуна технологічної установки, кВт;  $k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання потужності електродвигуна;  $t$  – інтервал часу, год.

2. Витрата електроенергії на освітлення, кВт·год:

$$W_{\text{осв}} = \left( \frac{E_j S_j z}{C_j} \right) t_j \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де  $E_j$  – норма освітлення в  $j$ -му приміщенні, лк (люкс – одиниця вимірювання освітлення);  $S_j$  – площа  $j$ -го приміщення, м<sup>2</sup>;  $z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення, приймає значення від 1,1 до 1,15;  $t_j$  – час роботи освітлювального приладу в  $j$ -му приміщенні, год.;  $C_j$  – світлова віддача освітлювального приладу, лм/Вт (люмен – одиниця вимірювання світлового потоку), визначається за допомогою співвідношення:

$$C_j = \left( \frac{\Phi}{P_{\text{л}}} \right) n_{\text{л}}, \quad (4.3)$$

де  $\Phi$  – світловий потік лампи освітлювального приладу, лм;  $P_{\text{л}}$  – номінальна потужність лампи, Вт;  $n_{\text{л}}$  – кількість ламп в освітлювальних приладах.

#### *Розрахунковий аналіз теплової енергії*

Цей аналіз енергетичного балансу може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

- вміст хімічної енергії, теплота фазових перетворень, Гкал:

$$Q_{\text{II}} = M \cdot r \cdot 10^{-6}, \quad (4.4)$$

де  $M$  – витрата матеріального потоку за інтервал часу (години, рік), що розглядається, кг або м<sup>3</sup>;  $r$  – питома хімічна енергія, енергія фазових перетворень, ккал/кг або ккал/м<sup>3</sup>.

- тепловий вміст матеріальних потоків, Гкал:

$$Q_{\text{M}} = M \cdot c \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (4.5)$$

де  $c$  – масова або об’ємна питома теплоємність матеріального потоку  $M$ , ккал/(кг·град) або ккал/(м<sup>3</sup>·град);  $T$  – температура потоку, °С.

- витрата теплоти на опалення, Гкал:

$$Q_o = q_o \cdot V \cdot t (T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн}}) \cdot 10^{-6}, \quad (4.6)$$

де  $q_o$  – об’ємна опалювальна характеристика об’єкта, ккал/(м<sup>2</sup>·год·°С);  $V$  – зовнішній об’єм об’єкту, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{вн}}$ ,  $T_{\text{зовн}}$  – температури усередині та зовні об’єкту, °С;  $t$  – інтервал часу, що розглядається, год.

- витрата тепла на вентиляцію, Гкал:

$$Q_b = q_b \cdot V_b \cdot t_b (T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн}}) \cdot 10^{-6}, \quad (4.7)$$

де  $q_b = m c_b (V_b / V)$ ;  $m$  – кратність повітрообміну, 1/год;  $c_b$  – об’ємна питома теплоємність повітря, ккал/(м<sup>3</sup>·°С);  $V_b$  – об’єм, який вентилюють, м<sup>3</sup>.

- втрати теплоти разом з димовими газами, Гкал:

$$Q_{\text{дг}} = V_{\text{дг}} c_{\text{дг}} T_{\text{дг}} \cdot 10^{-6}, \quad (4.8)$$

де  $V_{\text{дг}}$  – вихід димових газів на 1 м<sup>3</sup> газоподібного або 1 кг твердого палива, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> або м<sup>3</sup>/кг;  $c_{\text{дг}}$  – об’ємна питома теплоємність димових газів, ккал/(м<sup>3</sup>·°С);  $T_{\text{дг}}$  – температура димових газів, °С.

- тепловий еквівалент електричної енергії, Гкал:

$$Q = W \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} \quad (4.9)$$

де  $W$  – підведена (споживана) електрична енергія на протязі інтервалу часу, що розглядається, кВт·год.

## Завдання до практичної роботи

Виконати розрахунковий аналіз енергетичних балансів підприємства:

- витрат електричної енергії;
- теплової енергії.

Таблиця 4.1. Варіанти завдань

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{дв.ном}}, \text{ВТ}$	800	5000	1760	923	1600	900	1500	2200	3600	2150
$k_{\text{в}}$	0,9	0,4	0,85	0,77	0,66	0,8	0,33	0,45	0,54	0,7
$t, \text{год.}$	8..12	7..15	7..10	7..12 13..17	8..10 11..15	8..17	9..18	9..12 14..18	10..18	8..14 15..19
$E_j, \text{ЛК}$	50	30	50	40	30	50	35	45	55	60
$S_j, \text{м}^2$	100	80	120	153	205	180	94	200	153	162
$z$	1,1	1,12	1,13	1,15	1,14	1,133	1,125	1,15	1,143	1,124
$t_j, \text{год.}$	15	9	7	12	10	6	11	12	13	8
$\Phi, \text{ЛМ}$	1550	1600	1000	1630	790	1000	1550	1630	1000	1600
$P_{\text{л}}, \text{ВТ}$	100	150	75	200	60	75	100	200	75	150
$n_{\text{л}}$	15	10	17	5	20	17	15	5	17	10
$M, \text{м}^3$	65	15	28	31	49	55	79	62	40	18
$r, \text{ккал} / \text{м}^3$	20	25	18	19	21	16	22	19	23	17
$c, \text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,41	0,406	0,45	0,5	0,47	0,42	0,44	0,49	0,46	0,43
$T, \text{°С}$	30	55	60	77	45	46	39	42	43	55
$q_{\text{о}}, \text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$	0,9	0,85	1,7	2,3	2,4	3,1	2,5	3,2	3,5	4
$V, \text{м}^3$	1000	800	1200	1530	2050	1800	940	2000	1530	1620
$T_{\text{вн}}, \text{°С}$	20	18	23	25	19	21	28	22	24	27
$T_{\text{зовн}}, \text{°С}$	13	10	18	17	5	15	14	18	10	16
$t_{\text{в}}, \text{год.}$	10	8	5	9	11	15	12	6	14	7
$m, \text{л} / \text{год.}$	5	3	8	7	2	4	6	2	4	5
$c_{\text{в}}, \text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,024	0,24	0,24	0,024	0,024	0,24	0,24	0,024	0,024	0,24
$V_{\text{в}}, \text{м}^3$	1000	800	1200	1530	2050	1800	940	2000	1530	1620
$V_{\text{дг}}, \text{м}^3 / \text{кг}$	10	5	12	22	18	12	11	16	20	22
$c_{\text{дг}}, \text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,38	0,41	0,42	0,45	0,46	0,48	0,49	0,46	0,42	0,45
$T_{\text{дг}}, \text{°С}$	0	100	200	300	400	500	600	400	200	300
$W, \text{ВТ}$	1200	800	2500	3000	1660	5420	4200	1100	930	2250

### Контрольні запитання

1. Для чого потрібна система енергопостачання підприємства?
2. З чого складається система централізованого постачання підприємства?
3. Які види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства?
4. Як здійснюється перетворення енергії підприємства?

5. Поясніть схему енергопостачання підприємства.
6. Назвіть основних споживачів енергії на підприємствах?
7. Що представляє собою енергетичне господарство підприємства?
8. Які види енергобалансів Ви знаєте?
9. Що називається загальною характеристикою підприємства (стосовно енергетичного балансу)?
10. Що включає порядок проведення енергетичного обстеження підприємства?
11. За якими напрямками проводять обстеження для оцінки ефективності використання енергії?
12. Які види енергобалансів складають на підприємстві?
13. Що повинно бути відображено у загальній характеристиці підприємства?
14. За якими напрямками проводять обстеження для оцінки ефективності використання енергії?
15. Які наслідки проведення енергетичного обстеження підприємства?
16. Поясніть ієрархічні рівні систем енергопостачання.
17. На основі яких співвідношень виконується розрахунковий аналіз втрат електроенергії?
18. На основі яких співвідношень виконується аналіз енергетичного балансу?
19. Дайте визначення наступним поняттям: номінальна потужність, номінальний струм, питома теплоємність, частота електричного струму?
20. Показники якості електричної енергії?
21. Дайте визначення надійності системи енергопостачання?
22. Що таке кратність повітрообміну?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Климчук М. М. Інтегративно–конвергенціальна методологія реалізації енергоощадного девелопменту в Україні [Текст] / М. М. Климчук, І. С. Івахненко, Ю. Л. Порфір'єв // Формування ринкових відносин в Україні. – 2019. – № 1. – С. 92-99.
2. Дорошенко В. М. Економічний потенціал енергозбереження: сутність, структура та методи оцінки [Текст] / В. М. Дорошенко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2019. – № 2. – С. 88-94.
3. Нараєвський С. В. Динаміка ефективності роботи вітроенергетики Європейського Союзу [Текст] / С. В. Нараєвський // Інвестиції : практика та досвід. – 2019. – № 9. – С. 18-23.
4. Хренова-Шимкіна Р. М. Створення незалежної системи сертифікації експертів із енергетичної ефективності будівель [Текст] / Р. М. Хренова-Шимкіна // Інвестиції : практика та досвід. – 2019. – № 7. – С. 134-139.
5. Лазарева О. В. Розвиток екологічної складової сталого розвитку економіки України [Текст] / О. В. Лазарева, В. А. Рощенко // Інвестиції : практика та досвід. – 2019. – № 8. – С. 19-22.
6. Оніпко Олексій ПЕК України: назріла потреба в ефективній модернізації [Текст] / Олексій Оніпко, Борис Коробко // Голос України. – 2019. – № 136 (20 лип.). – С. 4.
7. Сусліков С. В. Використання модернізованого методу оптимізації цільових споживчих функцій під час обґрунтування застосування технологій нетрадиційної відновлюваної енергетики [Текст] / С. В. Сусліков, О. О. Гавриць, М. А. Усов // Інвестиції : практика та досвід. – 2019. – № 13. – С. 24-29.
8. Зеленко В. А. Проблема енергоефективності у моделі сталого розвитку України: досвід ЄС [Текст] / В. А. Зеленко, Я. І. Ференчак, Н. М. Зеленко // Соціальноекономічні проблеми сучасного періоду України. – 2019. – № 1. – С. 18-23.



9. Дорошенко В. М. Категоріально-поняттєвий апарат енергозбереження: сучасні теоретичні підходи [Текст] / В. М. Дорошенко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2019. – № 6. – С. 104-110.

10. Дорошенко В. М. Концептуалізм стратегії управління енергозбереженням на будівельних підприємствах [Текст] / В. М. Дорошенко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2019. – № 9. – С. 68-75.

11. Шпичак О. М. Теоретичні основи біоенергетики в контексті закону збереження енергії [Текст] / О. М. Шпичак, О. В. Боднар // Економіка АПК. – 2019. – № 8. – С. 6-16.

12. Дзядикевич Ю. В. Зарубіжний досвід у сфері енергозбереження [Текст] / Ю. В. Дзядикевич, І. В. Любезна, В. В. Градовий // Інноваційна економіка. – 2019. – № 1-2. – С. 167-175.

13. Салашенко Т. І. Енергетика України та світу в умовах пандемії: наслідки та заходи боротьби [Текст] / Т. І. Салашенко // Економіка та держава. – 2020. – № 5. – С. 137-142.

14. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071.

15. Завитій Ольга. Теоретико-організаційні основи проведення енергетичного аудиту в Україні. Інститут бухгалтерського обліку, контроль та аналіз в умовах глобалізації. 2020.- Випуск 3-4 с.21-27.

16. Пришляк Н. В. Розвиток біоенергетики як складова забезпечення енергетичної безпеки України [Текст] / Н. В. Пришляк, В. Л. Курило, В. М. Пришляк // Економіка та держава. – 2020. – № 4. – С. 146-155.

17. Буяк, А. Сучасний стан і перспективи розвитку енергетичної галузі України / А.Буяк, Т. Кравченко // Економіст. 2018. № 6. С. 32-36.

18. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2019. – 232 с.

18. Варламова Г. Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія: Підручник. – Х.: Вид-во САГА, 2018. – 234 с.

19. Відновлювальні джерела енергії у локальних об'єктах / Ю.І. Якименко, Є.І. Сокол, В.Я. Жуйков, Ю.С. Петергеря, О.Л. Іванін. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2018. – 114 с.

20. Джеджула В.В. «Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління». Монографія. Вінниця, ВНТУ, 2014.

21. ДСТУ ІЕС 60050-604:2004. Словник електротехнічних термінів. Частина 604. Виробляння, передавання та розподіляння електричної енергії. Експлуатація електротехнічних установок. Енергозбереження та пом'якшення змін клімату.

22. Енергетичний аудит: Навч. посіб. / О. І. Соловей, В. П. Розен, Ю. Г. Лега, О. О. Ситник, А. В. Чернявський. – Черкаси: ЧДТУ, 2015. – 299 с. – Бібліогр.: с. 234. – укр.

23. Енергетичний аудит: Навчальний посібник /. Лега, О.О. Ситник А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. – Черкаси, 2017. – 299 с.

24. Енергозберігаючі будівлі та споруди: Навч. посіб. Ч. 2 / І. Н. Дудар, Т. Е. Потапова; Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2006. – 169 с. – Бібліогр.: с. 151- 152

25. Закон про електроенергетику № 575/97-ВР у редакції від 01.01.2014. Закон про засади функціонування ринку електричної енергії України № 663-VII від 24.10.2013 № 663-VII.

26. Інтелектуальні системи керування потоками електроенергії у локальних об'єктах / О.В. Кириленко, Ю.С. Петергеря, Т.О. Терещенко, В.Я. Жуйков. – К.: Медіа ПРЕС, 2015. – 212 с.

27. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище. Х.: Вид-во САГА, 2018. – 364 с.

28. Маляренко В.А. Енергоефективність та енергоаудит. Харків: САГА, 2019. – 336 с.

29. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. Харків: САГА, 2009. – 484 с.

30. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчал. посібник / О.І. Соловей, Ю.А. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – 483 с.

31. Основи енергозбереження: Навч. посіб. /А. В. Мартинов, О. Б. Неженцев, М. О. Шевченко; Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля. – Луганськ, 2016. – 231 с.

32. Пабат, А. Світова енергетика та глобальна економічна криза / А. Пабат // Економіст. 2019. № 2. С. 30-32.

33. Енергетичний інжиніринг та менеджмент. Проектування ефективних енергетичних систем: навч. посіб. / П. Г. Плешков, С. В. Серебренников, О. І. Сіріков, І. В. Савеленко; ред.: Плешков П. Г. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018.– 156 с.

34. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.

35. Бредун В.І. Екологічна безпека та управління ризиками. Навчальний посібник. –Полтава: Видання Національного університету імені Юрія Кондратюка, 2021. – 189 с.