

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Інститут енергетики та комп'ютерно-інтегрованих систем управління

Кафедра теплових електричних станцій і енергозберігаючих технологій

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

З ДИСЦИПЛІНИ «ВСТУП ДО ФАХУ»

для студентів першого (бакалаврського) рівня освіти
по спеціальності – 144 Теплоенергетика
зі спеціалізації – Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Інститут енергетики та комп'ютерно-інтегрованих систем управління

Кафедра теплових електричних станцій і енергозберігаючих технологій

Конспект лекцій

З дисципліни «Вступ до фаху»

для студентів першого (бакалаврського) рівня освіти
по спеціальності – 144 Теплоенергетика
зі спеціалізації –
Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження

Затверджено на засіданні
кафедри ТЕСЕТ
Протокол №___ від _____ 2020 р.

ОДЕСА 2020

Конспект лекцій з дисципліни «Вступ до фаху» для студентів першого (бакалаврського) рівня освіти по спеціальності – 144 Теплоенергетика, зі спеціалізації – Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження / Укл: Баласанян Г.А., Одеса, ОНПУ, 67 с.

Укладач: Баласанян Г.А. д.т.н., проф.

Рецензент: Мазуренко А.С. д.т.н.

Конспект лекцій розроблено з метою забезпечення високого рівня знань майбутніх фахівців з теплоенергетики.

Конспект лекцій призначено для студентів всіх форм навчання за спеціальністю – 144 -Теплоенергетика.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ	5
1.1 Основи технічної термодинаміки.....	5
1.1.1 Параметри і рівняння стану.....	5
1.1.2 Термодинамічні процеси	8
1.1.3 Закони перетворення енергії	10
1.1.4 Діаграми.....	11
1.2 Основи тепломасообміну	11
1.2.1 Теплопровідність	13
1.2.2 Конвективний теплообмін.....	14
1.2.3 Теплове випромінювання	17
1.2.4 Масообмін	19
2 ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	21
2.1. Склад палива, теплота згорання	21
2.2. Горіння палива. Газогенерація та піроліз.....	23
2.3. Поновлювані джерела енергії	23
2.3.1 Енергія вітру.....	27
2.3.2 Енергія Сонця	29
2.3.3 Енергія Землі.....	29
2.3.4 Енергія біомаси.....	30
3 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ	33
3.1. Котельні установки	33
3.2. Нагнітачі та теплові двигуни	36
3.2.1 Класифікація нагнітачів.....	36
3.2.2 Характеристики та робоча точка нагнітача	41
3.2.3 Теплові двигуни.....	41
4 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ.....	49

4.1 Джерела теплопостачання.....	49
4.1.1 Парові та водогрійні котельні	49
4.1.2 ТЕЦ та ТЕС	50
4.2 Теплові мережі	51
4.3 Системи виробництва і розподілу енергоносіїв	52
5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ, ЕКОНОМІКА ТА	
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ	54
5.1 Консалтингові схеми в енергетиці	54
5.2 Енергетичний аудит.....	56
5.3 Енергетичний менеджмент	57
5.4 Енергозбереження.....	60
5.5 Економіка теплоенергетики.....	63
ЛІТЕРАТУРА	65

ПЕРЕДМОВА

Останнім часом на перше місце серед проблем людства виходять питання ефективного виробництва та використання енергоносіїв, запровадження енергоефективних технологій у всіх галузях життєдіяльності, посилення частки нетрадиційної енергетики в балансі країн. В зв'язку з цим підготовка теплоенергетиків набуває особливої актуальності і важливості.

Теплоенергетика – галузь, що займається виробництвом і використанням теплової енергії та перетворенням її в інші види енергії.

Даний конспект призначений для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки "Теплоенергетика". Конспект підготовлено відповідно до навчальної програми дисципліни "Вступ до фаху".

Даний конспект покликаний надати студентам загальне уявлення про теплоенергетику і сформувати у нього модель його майбутньої спеціальності.

Матеріали посібника допоможуть майбутнім теплоенергетикам більш свідомо сприйняти фундаментальні та загально-інженерні теплоенергетичні дисципліни.

Автор намагався зорієнтувати студентів на найбільш суттєві проблеми теплоенергетики – підвищення ресурсо- та енергоефективності обладнання, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище.

На думку автора, даний конспект буде корисним як для підготовки студентів-теплоенергетиків, так і для інших суміжних спеціальностей.

Викладений матеріал дозволить готуватись до лекційних занять. Достатня кількість завдань та прикладів дозволить якісно організувати самостійну роботу студентів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ

Теплотехніка (Heating Engineering) – наука, яка вивчає методи отримання, перетворення, передавання і використання теплоти, а також принципи дії і конструктивні особливості теплових машин, апаратів і пристроїв. Теплота використовується у всіх областях діяльності людини.

Розрізняють два принципово різних напрями використання теплоти – енергетичне і технологічне. При енергетичному використанні теплота перетворюється в механічну роботу, за допомогою якої в генераторах створюється електрична енергія, зручна для передавання на відстань. Теплоту при цьому одержують спалюванням палива в котельних установках або безпосередньо в двигунах внутрішнього згорання. При технологічному – теплота використовується для направленої зміни властивостей різних тіл (розплавлення, затвердіння, зміни структури, механічних, фізичних, хімічних властивостей).

Для встановлення найраціональніших способів використання теплоти, аналізу економічності робочих процесів теплових установок і створення нових, найдосконаліших типів теплових агрегатів необхідно розроблення теоретичних основ теплотехніки.

Такими теоретичними розділами є основи технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки і основи теорії теплообміну, в яких досліджуються закони перетворення і властивості теплової енергії, процеси руху рідин, газів і розповсюдження теплоти.

1.1 Основи технічної термодинаміки

Термодинаміка зародилася в першій чверті XIX століття в процесі вивчення питань, зв'язаних з роботою теплових двигунів.

Формування основних законів термодинаміки дозволило виявити нові закономірності для властивостей речовин під час хімічних і фазових перетворень. Розроблення технічної проблеми перетворення теплоти на роботу обумовила появу нової галузі фізики, яка згодом переросла в науку, здатну досліджувати явища у різних сферах діяльності.

Термодинаміка є фундаментальною наукою. В технічній термодинаміці (Technical thermodynamics) термодинамічний метод досліджень синтезується з теоретичними і експериментальними досягненнями фізики та інших наук для вирішення питань технічного прогресу.

1.1.1 Параметри і рівняння стану

Величини, які характеризують фізичний стан тіла називаються **термодинамічними параметрами стану**. Такими параметрами є питомий об'єм, абсолютний тиск, абсолютна температура, внутрішня енергія, ентальпія, ентропія, концентрація, теплоємність і т. д.

За відсутності зовнішніх силових полів (гравітаційного, електромагнітного і ін.) термодинамічний стан однофазного тіла можна однозначно визначити трьома параметрами – питомим об'ємом (v), температурою (T), тиском (P).

Питомий об'єм (Specific volume) – величина, яка визначається як відношення об'єму речовини до його маси, $\text{м}^3/\text{кг}$

$$v = V / M . \quad (1.1)$$

Густина (Density) *речовини* – величина, яка визначається відношенням маси до об'єму речовини, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$\rho = M / V . \quad (1.2)$$

Тиск (Pressure) – величина, яка визначається відношенням сили, яка діє на стінку посудини до площі цієї стінки, Па

$$P = F / S. \quad (1.3)$$

Окрім прийнятої в системі СІ одиниці вимірювання тиску – Па на практиці використовуються такі одиниці вимірювання:

- $1 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 1 \text{ мм вод. ст.} = 9,81 \text{ Па};$
- $1 \text{ ат (технічна атмосфера)} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 98,1 \text{ кПа};$
- $1 \text{ атм (фізична атмосфера)} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101,325 \text{ кПа};$
- $1 \text{ ат} = 0,968 \text{ атм};$
- $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,32 \text{ Па};$
- $1 \text{ бар} = 0,1 \text{ МПа} = 100 \text{ кПа}.$

Розрізняють надлишковий і абсолютний тиск.

Надлишковий тиск – різниця між абсолютним тиском рідини або газу і тиском навколишнього середовища.

Температура (Temperature) – характеризує ступінь нагрітості тіл і є мірою середньої кінетичної енергії поступального руху його молекул. Чим більша середня швидкість руху, тим вища температура тіла. За термодинамічний параметр стану системи приймають термодинамічну температуру (T), тобто абсолютну температуру, її вимірюють у К (градус Кельвіна).

Основні термодинамічні параметри стану P , v і T однорідного тіла залежать один від одного і взаємозв'язані між собою певним математичним рівнянням, яке називається *рівнянням стану*: $f(P, v, T) = 0$.

Рівноважним станом називається стан тіла, при якому у всіх точках його об'єму P , v , T і всі інші фізичні властивості однакові.

Сукупність змін стану термодинамічної системи при переході з одного стану в інший називається *термодинамічним процесом*.

Якщо процес проходить через рівноважні стани, то він називається рівноважним. В реальних випадках всі процеси є нерівноважними.

Параметрами стану є: внутрішня енергія, ентальпія, ентропія тощо.

В загальному випадку внутрішньою енергією називається сукупність всіх видів енергій, що присутня в тілі або системі тіл.

В технічній термодинаміці розглядаються тільки такі процеси, в яких змінюються кінетична і потенціальна складові внутрішньої енергії. При цьому знання абсолютних значень внутрішньої енергії не потрібне.

Внутрішня енергія (U) є функцією двох основних параметрів стану газу, тобто $U = f(P, T)$, $U = f(v, T)$, $U = f(P, v)$ і визначається

$$dU = C_v dT, \quad (1.4)$$

де C_v – коефіцієнт пропорційності, який називають ізохорною теплоємністю.

Кожному стану робочого тіла (системи) відповідає цілком певне значення параметрів стану, то для кожного стану тіла буде характерна своя однозначна, цілком визначена величина внутрішньої енергії U .

Робота (L) поняття, запозичене з механіки. Для випадків механічної деформації, яка виникає під дією тиску в газах чи рідинах, робота визначається як добуток тиску на приріст об'єму

$$dL = P dv. \quad (1.5)$$

Ентальпія (h) – функція двох незалежних змінних $h = f(P, T)$, яка визначається з рівнянь

$$dh = C_p dT, \quad (1.6)$$

де C_p – коефіцієнт пропорційності, який називають ізобарною теплоємністю.

Відношення $c_p / c_v = k$ – називається коефіцієнтом Пуассона і залежить від числа ступенів свободи молекули. Для одноатомних газів $k = 1,66$, для двоатомних $k = 1,4$, для триатомних – $k = 1,33$.

Теплота (Q) – енергія, яка передана від одного тіла до іншого, шляхом обміну кінетичною енергією між молекулами або променистим перенесенням внутрішньої енергії

$$dQ = CdT, \quad (1.7)$$

де C – коефіцієнт пропорційності, який називають істинною теплоємністю і характеризує теплоту, необхідну для підвищення температури одиниці тіла на один градус.

Ентропія (S) – функція стану тіла, яка змінюється в термодинамічних процесах і визначається з рівняння

$$dQ = TdS. \quad (1.8)$$

Із підведенням теплоти до тіла його ентропія збільшується, із відведенням – зменшується. В адіабатних процесах (якщо немає теплообміну з навколишнім середовищем) – зміна ентропії дорівнює нулю. В реальних (необоротних) процесах ентропія зростає.

1.1.2 Термодинамічні процеси

До основних термодинамічних процесів ідеальних газів відносять ізохорні ($v = \text{const}$), ізобарні ($p = \text{const}$), ізотермічні ($T = \text{const}$), адіабатні ($S = \text{const}$) та політропні процеси.

Крім того, термодинаміка вивчає процеси в реальних газах, парогазових сумішах, вологому повітрі. Ці процеси використовуються в сушарках, в системах кондиціонування повітря, в контактних тепломасообмінних апаратах тощо.

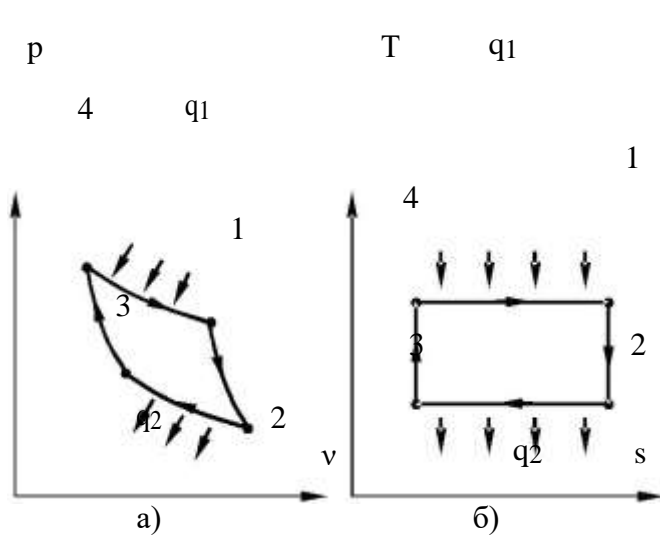
Процеси течії та дроселювання потоків використовуються при розробленні трубопровідної арматури, сопел парових та газових турбін, струминних апаратів для перекачування рідин та газів.

Окремим розділом є хімічна термодинаміка, де вивчаються теплові ефекти реакцій, закони термохімії, умови хімічної рівноваги тощо.

Термодинамічні процеси стиску та розширення газів використовуються при розробленні поршневих, осьових та відцентрових компресорів, парових та газових турбін.

З використанням термодинамічних зворотних циклів розробляють холодильні машини та теплові насоси.

Прикладом оборотного циклу є відомий **цикл Карно**. Це круговий цикл, що складається з 2-х ізотермічних і 2-х адіабатних процесів. Оборотний цикл Карно в $p-v$ і $T-s$ діаграмах показаний на рис.2.1.



В ізотермічних процесах 4-1 і 2-3 підводиться та відводиться теплота від циклу.

В адіабатних (без теплообміну з навколишнім середовищем) процесах 3-4 і 1-2 – стиск і розширення робочого тіла.

Основною характеристикою будь-якого циклу є термічний коефіцієнт корисної дії (ККД)

Рисунок 1.1 – Оборотний цикл Карно в $p-v$ (а) та $T-s$ (б) діаграмах

$$\eta_t = L_{\text{ц}} / Q_{\text{ц}} \text{ або } \eta_t = L_{\text{ц}} / (Q_1 - Q_2) . \quad (1.9)$$

Для оборотного циклу Карно ККД визначається за формулою

$$\eta_t = L_{\text{ц}} / Q_{\text{ц}} \text{ або } \eta_{t \text{ К}} = (T_1 - T_2) / T_1 . \quad (1.10)$$

З останнього витікає:

– термічний ККД циклу Карно не може дорівнювати одиниці, тому що не можна здійснити умову $T_1 = \infty$ або $T_2 = 0$;

– ефективність циклу Карно залежить від температур гарячого та холодного джерел і не залежить від властивостей робочого тіла.

Цикл Карно є найдосконалішим циклом і має найвищий ККД з усіх можливих оборотних циклів.

1.1.3 Закони перетворення енергії

Основу термодинаміки складають універсальні об'єктивні закони природи.

Перший закон термодинаміки має різні формулювання.

1. Енергія не зникає і не виникає знову, вона лише переходить з одного виду в інший в різних фізичних процесах.

2. Теплота, підведена до системи, витрачається на зміну енергії системи і виконання роботи.

Рівняння першого закону записується

$$Q = (U_1 - U_2) / L, \quad (1.11)$$

де Q – підведена до системи теплота;

$(U_1 - U_2)$ – зміна внутрішньої енергії;

L – виконана робота.

Другий закон термодинаміки також являє собою об'єктивний закон природи, який вказує на напрямок протікання природних процесів та на однобічне необоротне перетворення енергії в процесі їх здійснення.

Є кілька формулювань другого закону термодинаміки.

1. Теплота не може самовільно переходити від більш холодного до більш нагрітого тіла.

2. Всі процеси в природі необоротні.

2. Виконання роботи можливе там, де є різниця температур.

3. Для існування теплового двигуна необхідні 2 джерела – гаряче та холодне.

Математичний запис другого закону термодинаміки

$$L = Q_1 - Q_2, \quad (1.12)$$

де Q_1 і Q_2 – підведена до двигуна від гарячого джерела та відведена до холодного.

1.1.4 Діаграми

Для зручності розрахунків процесів з використанням водяної пари в 1904 р. Мольє розроблена h-s діаграма (див. дод. А, рис. А.1).

Для розрахунків процесів у вологому повітрі у 1918 р. Рамзін розробив h-d діаграму повітря (див. дод. А, рис. А.2).

Для розрахунків циклів холодильних машин та теплових насосів розроблені діаграми для різних холодильних робочих тіл – холодоагентів. На рис. А.3 (додаток А) показана p-h діаграма аміаку, який використовується в потужних холодильних установках на підприємствах харчової, переробної та інших промисловостей.

1.2 Основи тепломасообміну

Теплопередача або теплообмін (*Heat exchange*) – вчення про самовільні необоротні процеси розповсюдження теплоти в просторі. Під процесом розповсюдження теплоти розуміється обмін внутрішньою енергією між окремими елементами, областями середовища, що розглядається.

Перенесення теплоти здійснюється трьома основними способами: теплопровідністю, конвекцією і тепловим випромінюванням.

Теплопровідність (*Heat Conductivity*) є молекулярним перенесенням теплоти в тілах (або між ними), обумовленим змінністю температури в даному просторі.

Конвекція (*Convection*) можлива тільки в рухомому середовищі. Під конвекцією теплоти розуміють процес її перенесення при переміщенні об'ємів рідини або газу (рухомого середовища) в просторі з області з однією температурою в область з іншою. При цьому перенесення теплоти нерозривно пов'язано з перенесенням самого середовища.

Теплове випромінювання (*Thermal radiation*) – процес розповсюдження теплоти за допомогою електромагнітних хвиль, обумовлений тільки температурою і оптичними властивостями випромінюючого тіла. При

цьому внутрішня енергія тіла (середовища) переходить в енергію випромінювання. Процес перетворення внутрішньої енергії речовини в енергію випромінювання, перенесення випромінювання і його поглинання речовиною називається теплообміном випромінюванням.

В природі і техніці елементарні процеси розповсюдження теплоти – теплопровідність, конвекція і теплове випромінювання дуже часто відбуваються сумісно. Теплопровідність в чистому вигляді переважно має місце лише в твердих тілах. Конвекція теплоти завжди супроводжується теплопровідністю. Сумісний процес перенесення теплоти конвекцією і теплопровідністю називається **конвективним теплообміном**.

Процеси теплопровідності і конвективного теплообміну можуть супроводжуватися теплообміном випромінюванням. Теплообмін, обумовлений сумісним перенесенням теплоти випромінюванням і теплопровідністю, називають **радіаційно-кондуктивним теплообміном**.

Якщо перенесення теплоти здійснюється додатково і конвекцією, то такий процес називають **радіаційно-конвективним теплообміном**.

Іноді радіаційно-кондуктивне і радіаційно-конвективне перенесення теплоти називають **складним теплообміном**.

В техніці і в побуті часто відбуваються процеси теплообміну між різними рідинами, розділеними твердою стінкою. Процес передавання теплоти від гарячої рідини до холодної через стінку, що їх розділяє, називається **теплопередачею** (Heat transfer).

Теплопередача здійснюється різними елементарними процесами теплоперенесення. Парогенерувальні труби котельного агрегату, наприклад, одержують теплоту від продуктів згорання палива в результаті радіаційно-конвективного теплообміну. Через шар зовнішнього забруднення, металеву стінку і шар накипу теплота передається теплопровідністю. Від внутрішньої поверхні труби до рідини, що її омиває, теплота переноситься конвективним теплообміном (тепловіддачею).

Тепловий потік може бути визначений за основним рівнянням теплопередачі, Вт

$$Q = k \cdot F \cdot \bar{t} \quad , \quad (1.13)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$); F – площа поверхні теплообміну, м^2 ;

t – середньотемпературний напір, °С.

Процеси теплообміну можуть відбуватися в різних середовищах: чистих речовинах і сумішах, при зміні і без зміни агрегатного стану робочих середовищ і т. д. Залежно від цього теплообмін протікає по різному і описується різними рівняннями. Багато процесів перенесення теплоти супроводжуються перенесенням речовини. Наприклад, при випаровуванні води в повітря, крім теплообміну, має місце і перенесення пари, що утворилася, в пароповітряну суміш. В загальному випадку перенесення пари здійснюється як молекулярним, так і конвективним шляхом.

Сумісний молекулярний і конвективний перенос маси називають **конвективним масообміном**.

При наявності масообміну процес теплообміну ускладнюється. Теплота додатково може переноситися разом з масою дифундуючих речовин.

В загальному випадку перенесення теплоти в суміші різних речовин може викликатися неоднорідним розподілом інших фізичних величин, крім температури. Наприклад, різниця концентрації компонентів суміші приводить до додаткового молекулярного перенесення теплоти (дифузійний термоэффект). Звичайно перенесення теплоти, обумовлене подібними ефектами, порівняно невелике і, як правило, ним можна нехтувати.

1.2.1 Теплопровідність

Необхідною умовою розповсюдження теплоти є нерівномірність розподілу температури в середовищі. Таким чином для передавання теплоти необхідний ненульовий градієнт температури в різних точках тіла.

Відповідно до закону Фур'є теплота dQ_τ , Дж, що проходить через елемент ізотермічної поверхні dF , m^2 , за проміжок часу $d\tau$, с, пропорційна температурному градієнту $\partial t/\partial n$

$$dQ_\tau = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau . \quad (1.14)$$

Теплота, що проходить за одиницю часу через одиницю площі ізотермічної поверхні називається **густиною теплового потоку**, яка в скалярному вигляді записується так

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} . \quad (1.15)$$

Залежність (1.15) – математичний запис **основного закону теплопровідності** – густина теплового потоку пропорційна градієнту температури.

Коефіцієнт пропорційності λ в рівняннях (1.14) і (1.15) характеризує здатність речовини проводити тепло і називається **коефіцієнтом теплопровідності**.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти теплопровідності речовин λ , Вт/(м·К)

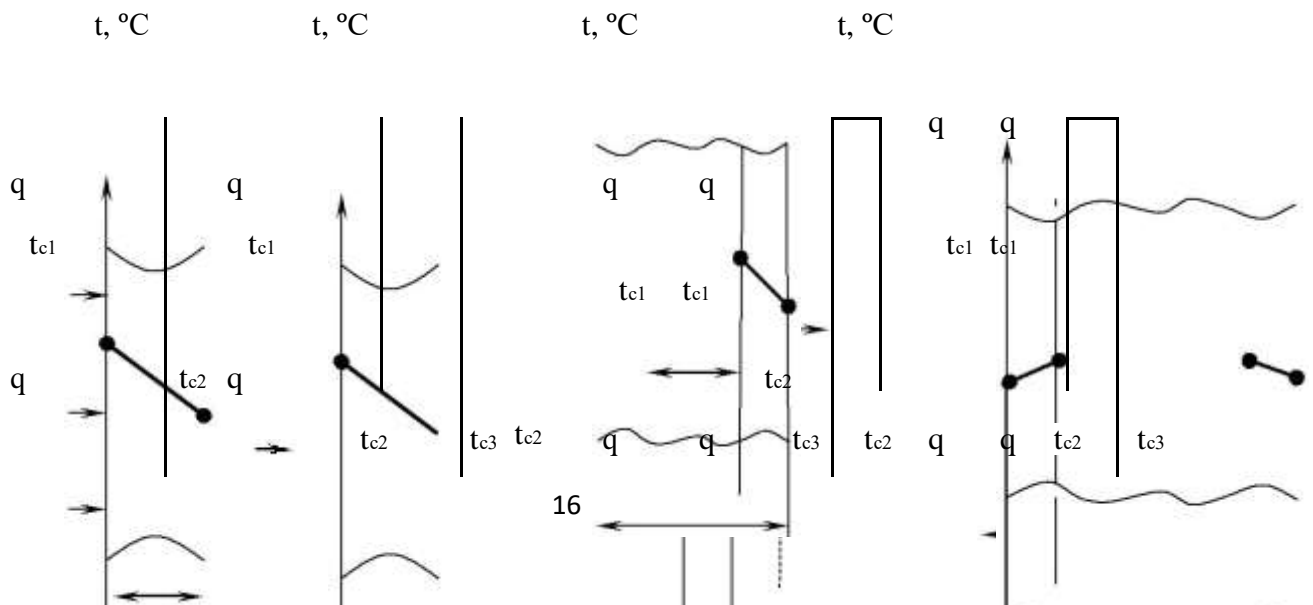
Речовина	Значення λ	Речовина	Значення λ
Азбестовий картон	$0,03 + 0,85 \cdot 10^{-4}t$	Скло (0..100 °С)	0,7...0,88
Бетон з щебенем	1,28	Повітря (0..100 °С)	0,0244...0,0321
Залізобетон	1,55	Вода (0..100 °С)	0,55...0,683
Папір (20 °С)	0,14	Сталь (100 °С)	50...54
Деревина (дуб) (0...50 °С)	0,2...0,43	Мідь (0...100 °С)	393...384
Цегляна кладка (0 °С)	0,81...0,87	Алюміній (0...100 °С)	202...206
Лід (0 °С)	2,2	Пінополістирол	$0,03 + 0,00015 \cdot t$

Густина теплового потоку для теплопровідності через одношарову плоску стінку (див. рис. 2.2 а) визначається за формулою, Вт/м²

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{c1} - t_{c2}), \quad (1.16)$$

де δ – товщина стінки, м;

t_{c1} , t_{c2} – температура з обох боків стінки, °С.



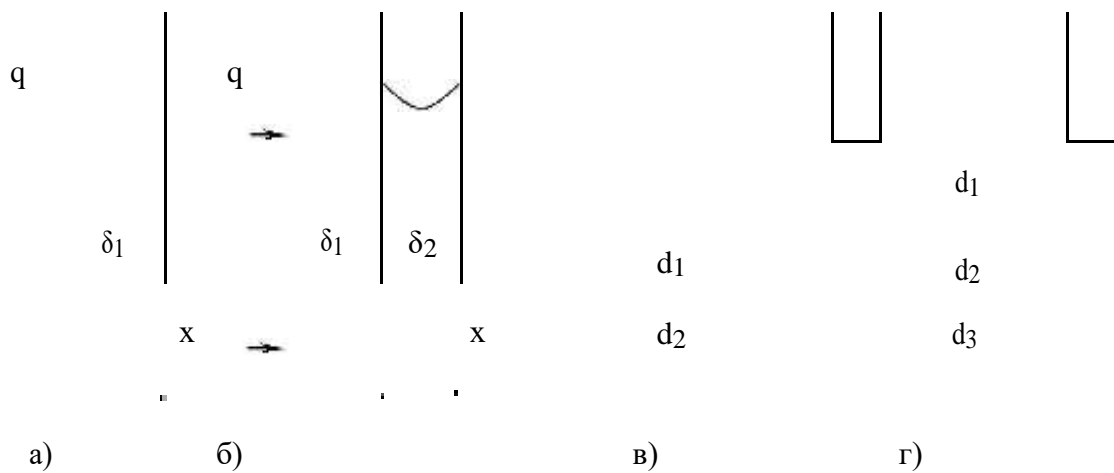


Рисунок 1.2 – Теплопровідність через плоску (а, б), циліндричну (б, в), одношарову (а, в) та багатошарову (б, г) стінку

Відношення λ/δ називають тепловою провідністю стінки, а обернену величину δ/λ – термічним опором стінки.

Для одношарової циліндричної стінки (див. рис. 1.2 в) визначають лінійну густину теплового потоку, Вт/м

$$q_1 = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (1.17)$$

Густина теплового потоку для багатошарової плоскої (рис. 1.2,б) та циліндричної (рис. 1.2,г) стінки, відповідно, Вт/м^2 і Вт/м

$$q = \frac{t_{c1} - t_{c3}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad (1.18)$$

$$q_1 = \frac{t_{c1} - t_{c3}}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_{2,1}}{d_{1,1}} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_{3,2}}{d_{2,2}}} \quad (1.19)$$

1.2.2 Конвективний теплообмін

Конвективний теплообмін пов'язаний із передаванням теплоти за рахунок теплопровідності та конвекції.

В інженерних розрахунках часто визначають конвективний теплообмін між потоками рідини або газу і поверхнею твердого тіла. Цей процес конвективного теплообміну називають *конвективною тепловіддачею або тепловіддачею*.

Для розрахунків тепловіддачі використовують закон Ньютона-Ріхмана, який в загальному вигляді записується так

$$q = \alpha \cdot (t_c - t_p), \quad (1.20)$$

де $(t_c - t_p)$ – різниця температур між стінкою і рідиною або температурний напір, $^{\circ}\text{C}$.

Згідно з цим законом тепловий потік прямо пропорційний площі поверхні F і температурному напору $(t_c - t_p)$. Коефіцієнт пропорційності α називається *коефіцієнтом тепловіддачі*.

Цей коефіцієнт залежить від умов протікання процесу, форми тіла, режиму руху, температури та інших властивостей потоку, що омиває стінку тощо.

Між коефіцієнтом теплопередачі через плоску стінку, теплопровідністю і коефіцієнтами тепловіддачі з обох боків стінки є зв'язок, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (1.21)$$

Для циліндричної стінки лінійний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}. \quad (1.22)$$

Конвекцію поділяють на вільну (коли рух відбувається за рахунок нерівномірності масових сил, пов'язаних, наприклад, з нерівномірністю температурного поля) та примусову (коли рух відбувається за рахунок підведення енергії ззовні, наприклад, під дією насоса).

Орієнтовні значення коефіцієнта інтенсивності конвективної тепловіддачі α складають:

- за умов вільної конвекції повітря $3 \dots 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- за умов вільної конвекції води $300 \dots 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- за умов примусової конвекції газів $10 \dots 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- за умов примусової конвекції води $10^3 \dots 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- за умов кипіння або конденсації водяної пари $10^3 \dots 10^5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

1.2.3 Теплове випромінювання

Процеси променистого теплообміну широко використовуються в теплоенергетиці, ракетній техніці, металургії, хімічній промисловості тощо.

Промениста енергія виникає за рахунок енергії інших видів в результаті складних молекулярних і внутріатомних процесів. Природа всього випромінювання однакова. Воно розповсюджується в просторі електромагнітними хвилями. Джерелом теплового випромінювання є внутрішня енергія нагрітого тіла. Кількість променистої енергії в основному залежить від фізичних властивостей і температури випромінюючого тіла.

Випромінювання властиво всім тілам, і кожне з них випромінює і поглинає енергію безперервно, якщо температура його не рівна 0 К. При однакових або різних температурах між тілами, розташованими в просторі, існує безперервний променистий теплообмін. При температурній рівновазі тіл кількість променистої енергії, що віддається, буде рівна кількості променистої енергії, що поглинається.

Інтегральний потік, що відпускається з одиниці поверхні називається густиною потоку випромінювання

$$E = \frac{dQ}{dF}, \quad (1.22)$$

де Q – променистий тепловий потік, Вт, що відпускається з площі поверхні dF , м^2 .

Кожне тіло здатне не тільки випромінювати, але і відбивати, поглинати і пропускати через себе падаюче випромінювання від іншого тіла.

Для тіла, що бере участь у променевому теплообміні з іншими тілами, на основі закону збереження енергії можна скласти рівняння теплового балансу

$$E_{\text{пад}} = E_{\text{погл}} + E_{\text{відб}} + E_{\text{проп}}, \quad (1.23)$$

де $E_{\text{пад}}$, $E_{\text{погл}}$, $E_{\text{відб}}$, $E_{\text{проп}}$ – теплові потоки, що падають на поверхню тіла, поглинуті, відбиті і пропущені ним, Вт.

Для переважної більшості твердих тіл $E_{\text{проп}} = 0$. Якщо $E_{\text{пад}} = E_{\text{погл}}$, то це абсолютно чорне тіло, якщо $E_{\text{пад}} = E_{\text{відб}}$ – то це абсолютно біле тіло в природі не існує абсолютно чорних і білих тіл, але такі поняття є важливими для порівняння властивостей тіл.

Густина теплового потоку випромінювання визначається за законом Стефана-Больцмана, який для практичних розрахунків подається у вигляді, Вт/м²

$$E = \varepsilon \cdot c_0 \cdot \frac{T^4}{100} - \frac{T_{\text{ст}}^4}{100}, \quad (1.24)$$

де ε – міра чорноти тіла, значення якої для різних матеріалів наведено в табл. 2.2;

c_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, $c_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴);

T , $T_{\text{ст}}$ – абсолютна температура тіла, що випромінює, та стінки, на яку випромінюється теплота, К.

Таблиця 1.2 – Міра чорноти матеріалів ε

<i>Матеріал</i>	<i>Значення ε</i>	<i>Матеріал</i>	<i>Значення ε</i>
Алюміній полірований (50...150 °С)	0,04...0,06	Цегла шамотна (1000 °С)	0,75
Жерсть (20 °С)	0,28	Цегла червона (20 °С)	0,88...0,93
Мідь полірована (50...100 °С)	0,02	Деревина (20 °С)	0,8...0,9
Сталь (50 °С)	0,56	Скло (20...100 °С)	0,91...0,94
Чавун (50 °С)	0,81	Сажа	0,95

1.2.4 Масообмін

Аналогічно теплообміну масообмін (Mass exchange) може відбуватись як молекулярним, так і молярним шляхом.

Дифузія (Diffusion) характеризується потоком маси компонента, тоб-то кількістю руху, що проходить за одиницю часу через дану поверхню в напрямку нормалі до неї. Густина потоку маси, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

$$j = \frac{dJ}{dF}, \quad (1.25)$$

де J – потік маси, $\text{кг}/\text{с}$.

В однорідній за температурою і тиском суміші густина потоку маси визначається за законом Фіка

$$j = -D \frac{\partial \rho_i}{\partial n}, \quad (1.26)$$

де ρ_i – місцева концентрація даного компонента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

D – коефіцієнт молекулярної дифузії або **коефіцієнт дифузії**, $\text{м}^2/\text{с}$;

Градiєнт концентрації є рушійною силою масообміну. Таку дифузію

називають **концентраційною дифузією**.

Існує також **термічна дифузія**, яка виникає, якщо температура суміші нерівномірна. Тоді найбільш важкі або найбільш крупні молекули намагаються перейти в більш холодну зону. Така дифузія може бути значною лише при великих температурних нерівномірностях суміші.

Бародифузія пов'язана із нерівномірністю тиску суміші. В такому випадку більш важкі молекули переходять зону підвищеного тиску, а легкі – в зону пониженого. Така дифузія виникає при значних перепадах тиску і різних молекулярних масах компонентів.

Таким чином, перенесення маси компонента в суміші шляхом молекулярної дифузії є наслідком концентраційної, термічної та бародифузії.

В рухомому середовищі речовина переноситься не тільки молекулярною дифузією, але й конвекцією.

Практичний інтерес викликають процеси сушки, випаровування, сублімації, конденсації, сорбції, десорбції тощо. В таких гетерогенних системах межа тверде тіло-газ і рідина-газ відіграє таку ж роль, як стінка в

конвективному теплообміні. Масообмін між рідкою або твердою поверхнею і газом називають *масовіддачею*.

В розрахунках масовіддачі використовують формулу

$$j_{i c} = \beta(\rho_{i c} - \rho_{i 0}), \quad (1.27)$$

де $j_{i c}$ – середня густина потоку маси i -го компонента, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

β – коефіцієнт масовіддачі, $\text{м}/\text{с}$;

індекси c і 0 відповідають концентрації на межі поділу фаз і вдалині від неї.

Контрольні запитання

1. Дайте означення поняття теплотехніка. Наведіть основні напрями використання теплоти.
2. Наведіть основні термодинамічні параметри стану.
3. В яких одиницях вимірюється тиск і які співвідношення між цими одиницями?
4. Поясніть поняття внутрішня енергія, ентальпія, робота. Як вони визначаються?
5. Термічний ККД циклу Карно і висновки, отримані на його основі.
6. Наведіть перший закон термодинаміки.
7. Поясніть другий закон термодинаміки.
8. Які діаграми використовуються в термодинамічних розрахунках?
9. Які процеси вивчає гідрогазодинаміка? Наведіть приклади.
10. Наведіть основні фізичні властивості рідин і газів.
11. Основне рівняння гідростатики. Закон Паскаля.
12. Дайте означення сталого, рівномірного, напірного руху рідини.
13. Живий переріз та витрата потоку.
14. Поясніть число Рейнольдса і режими руху потоку.
15. Наведіть рівняння Бернуллі. Поясніть його складові.
16. Втрати тиску потоку по довжині труби і в місцевих опорах.
17. Поясніть методи визначення коефіцієнтів гідравлічного опору в залежності від режиму течії потоку.
18. Дайте означення понять теплопередача, теплообмін. Способи передавання теплоти.
19. Поясніть основне рівняння теплопередачі. Яким чином визначається коефіцієнт теплопередачі?

20. Закон Фур'є. Тепловий потік через плоску стінку.
21. Теплопровідність різних матеріалів. Тепловий потік через циліндричну стінку.
22. Закон Ньютона-Ріхмана. Діапазони коефіцієнтів тепловіддачі для різних умов теплообміну.
23. Дайте пояснення процесу теплового випромінювання. Закон Стефана-Больцмана.
24. Закон Фіка. Різновиди дифузії.

2 ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

На промислових підприємствах як джерела енергії переважно використовують первинні енергоносії – електроенергію та викопні непоновлювальні вуглеводневі палива – кам'яне та буре вугілля, природний, коксовий, попутний газ, мазут, газовий конденсат, дизельне паливо тощо.

Все більше впроваджуються нетрадиційні джерела енергії – поновлювальні джерела (сонячна, вітрова, геотермальна та інші види енергії), а також використання органічних відходів.

2.1 Склад палива, теплота згорання

Паливо (Fuel) – речовина, яку доцільно використовувати для отримання теплоти у великих кількостях.

Основним джерелом теплоти на промислових підприємствах є органічне паливо.

Для отримання теплоти використовується хімічна реакція швидкого окиснення – **горіння** (Burning).

Теплота згорання палива коливається в межах 3800...46000 кДж/кг або кДж/м³. Для порівняння показників котлоагрегатів, що працюють на різних видах палива використовується поняття "**умовне паливо**", теплота згорання якого прийнята 29300 кДж/кг.

Вугілля (Coal) використовується в основному для виробництва електроенергії на теплових електростанціях та теплоелектроцентралях великих підприємств, мазут (Fuel Oil) і природний газ (Natural gas) використо-

ується в комунальній теплоенергетиці і в котельнях промислових підприємств.

Органічне паливо містить: горючі речовини, внутрішній баласт, негорючі мінеральні домішки і вологу.

До горючої частини палива відносяться вуглець С, водень Н, сірка S та їх сполуки. Основне виділення теплоти відбувається за рахунок окиснення вуглецю С. Вміст водню Н коливається в межах 2...10 %, але при його згоранні виділяється в 4,4 раза більше теплоти, ніж при згоранні вуглецю. Вміст сірки S у твердому паливі сягає 7...8 %, в рідкому – 3...3,5 %, а в природному газі – майже відсутній. Сірка є найшкідливішою складовою палива, оскільки при її згоранні утворюються ангідриди SO₂ і SO₃, які агресивно впливають на навколишнє середовище і на поверхні агрегатів.

Кисень О і азот N є внутрішнім баластом.

Вологість палива W коливається в діапазоні 5...70 %. Надлишкова вологість погано впливає на роботу котла. Зольність палива A складається з Al₂O₃, SiO₂, оксидів заліза, кар-бонатів та сульфатів магнію, кальцію, заліза. Збільшення зольності погіршує вміст горючих речовин, збільшує забруднення поверхонь, стираються труби тощо.

Склад палива, в такому вигляді як воно поступає до споживача, називається *робочим складом палива*

$$C^P, H^P, O^P, N^P, S^P, A^P, W^P, 100 \% . \quad (2.1)$$

Від хімічного складу палива залежать його властивості. Найважливішими характеристиками палива є: теплота згорання; вихід летких речовин; склад мінеральних домішок; вологість; сірчистість.

Розрізняють вищу на нижчу теплоту згорання палива.

Вища теплота згорання палива Q_V^P – теплота, що виділяється при повному окисненні горючих складових палива, і теплота, що виділяється при конденсації водяної пари, яка міститься в продуктах згорання палива.

Нижча теплота згорання палива Q_H^P – теплота, що виділяється при повному окисненні всіх горючих складових палива.

В СРСР прийнято було рахувати теплові баланси за нижчою тепловою згорання палива, а в Англії, США та інших – за вищою.

Теплоту згорання визначають експериментально за допомогою калориметра. В розрахунках нижчої робочої теплоти згорання палива використовують такі емпіричні формули:

– для твердого та рідкого палива, кДж/кг

$$Q_H^P = 338 \cdot C^P + 1025 \cdot H^P - 108,5 \cdot O^P - S^P - 25 \cdot W^P ; \quad (2.2)$$

– для газового палива, кДж/м³

$$Q_H^P = 108 \cdot H^P + 126 \cdot CO^P + 234 \cdot H_2S^P + 358 \cdot CH_4^P + 591 \cdot C_2H_4^P + \\ + 638 \cdot C_2H_6^P + 860 \cdot C_3H_6^P + 913 \cdot C_3H_8^P + 1135 \cdot C_4H_8^P + \\ + 1187 \cdot C_4H_{10}^P + 1461 \cdot C_5H_{12}^P + 1403 \cdot C_6H_6^P . \quad (2.3)$$

Для розрахунку вищої робочої теплоти згорання можна скористатись формулою

$$Q_V^P = Q_H^P + 25,1 \cdot W^P + 9 \cdot H^P . \quad (2.4)$$

Виходячи з рівнянь хімічних реакцій отримані емпіричні залежності для визначення теоретичної витрати повітря для спалювання палива:

– для твердого та рідкого палива, м³/кг

$$V^0 = 0,0889 \cdot C^P + 0,375 \cdot S^P + 0,265 \cdot H^P - 0,033 \cdot O^P ; \quad (2.5)$$

– для газового палива, м³/м³

$$V^0 = 0,0476 \cdot C^P + 0,5 \cdot CO^P + 0,5 \cdot H^P + 1,5 \cdot H_2S^P + \sum m \cdot C_m H_n - \frac{O^P}{4} . \quad (2.6)$$

2.2 Горіння палива. Газогенерація та піроліз

Спалювання кожного виду палива відбувається за певною ланцюго-вою реакцією. Найпростіший випадок горіння газового палива, коли проходить окиснення горючих складових у вуглекислий газ і воду.

Для здійснення процесу горіння разом з горючим газом подається необхідна кількість окисника. Якщо окисника не вистачатиме – будуть утворюватись продукти неповного згорання CO, SO, сажа C, вуглеводні C_nH_m тощо.

Якщо окисник подавати з надлишком, то температура в зоні горіння буде знижуватись і пірометричний ефект знижуватиметься.

Горіння палива можливе при дотриманні двох основних умов:

- температура в зоні горіння вища температури спалаху (табл. 2.1);
- концентрація палива в паливо-повітряній суміші (для газових палив) повинна відповідати певному діапазону концентрацій (табл.2.2).

Температура спалаху – температура, за якої утворення ланцюгів реакцій горіння і обривання таких ланцюгів знаходяться у рівновазі.

Таблиця 2.1 – Температури спалаху деяких палив у повітрі при атмосферному тиску

Паливо	Температура, °C	Паливо	Температура, °C
Водень H ₂	530...590	Бензин	410...560
Окис вуглецю CO	610...658	Деревина	295
Метан CH ₄	645...850	Буре вугілля	450
Сірководень H ₂ S	290	Кокс	600...700

Для того, аби газова паливо-повітряна суміш спалахнула, концентрація палива повинна бути між **верхньою та нижньою концентраційними межами спалаху**.

Таблиця 2.2 – Верхня та нижня концентраційні межі спалаху деяких газо-вих палив

Паливо	Концентрація палива у суміші, %	
	нижня межа	верхня межа
Метан CH ₄	5,0	15,0
Водень H ₂	4,1	24,0
Окис вуглецю CO	12,5	24,0
Сірководень H ₂ S	4,5	45,0
Природний газ	4,5	13,5
Генераторний газ	20,7	73,7
Коксовий газ	7,0	21,0

Наявність верхньої та нижньої концентраційних меж пов'язана із автотермічністю процесу. Якщо замало повітря (концентрація палива вища верхньої межі), то для проведення процесу недостатньо окисника і реакція припиняється. Якщо повітря забагато (концентрація палива нижча нижньої межі), то виділення теплоти при горінні недостатньо для нагріву суміші до температури спалаху і реакція також припиняється.

Якщо температура суміші підтримується вище температури спалаху, то суміш горить при будь-якій концентрації палива.

Важливим показником горіння палива є *нормальна швидкість горіння*. Це така швидкість, з якою фронт полум'я насувається на нерухому газоповітряну суміш.

Якщо по трубі подавати суміш із нормальною швидкістю горіння, то фронт полум'я буде нерухомим. Якщо подавати із більшою швидкістю – полум'я буде відриватись, якщо із меншою – буде проскакування полум'я в трубу, рух полум'я назустріч суміші.

Проскакування полум'я неможливе через отвір розміром 1 мм і менше, тому в промисловості і побуті використовують пальники із малими отворами.

Найпростіше спалювати природний газ, його підготовка – тільки зниження та підтримання певного тиску перед пальником.

Для спалювання рідкого палива (мазуту, дизельного пального) необхідно використовувати форсунки (Sprayers). Ці пристрої розпилюють паливо, після цього воно випаровується і вже потім спалахує.

Тверде паливо подрібнюють, підсушують і потім спалюють кусками розміром 20...30 мм, або у вигляді пилу 1...100 мкм.

Газогенерація (Gasgeneration) – термічна деструкція вуглеводневої сировини або палива у присутності поданого ззовні окислювача. Термін "газифікація" також застосовується відносно реакцій окиснення вугілля з утворенням, наприклад, CO або CO₂. Процес газогенерації оптимізують за максимальним виходом газу. Температура газогенерації складає 600...1100 °C. Газ, що виділяється, містить в основному CO, CO₂, H₂O, H₂, CH₄ і інші вуглеводні. Газогенерація може здійснюватися такими окисниками, як повітря, кисень, пара, CO₂.

Піроліз (Pyrolysis) – термічна деструкція вуглеводневої сировини чи палива у відсутності поданого ззовні окисника. Піроліз проходить при від-

носно низьких температурах (500...800 °C). Продуктами піролізу є в основному смола, вугілля і гази з низькою молекулярною вагою. Також можуть виділятися значні кількості CO і CO₂.

При термічному переробленні біомаси процеси піролізу, газогенерації та повного спалювання можуть відбуватися одночасно (див. рис. 2.1).

Швидкість кожного з цих процесів визначається, в тому числі, концентрацією окисника.

Однією з основних задач сучасної теплоенергетики є зменшення використання викопних палив – природного газу, мазуту, вугілля за рахунок використання нетрадиційних джерел енергії та альтернативних палив, наприклад, органічних відходів.

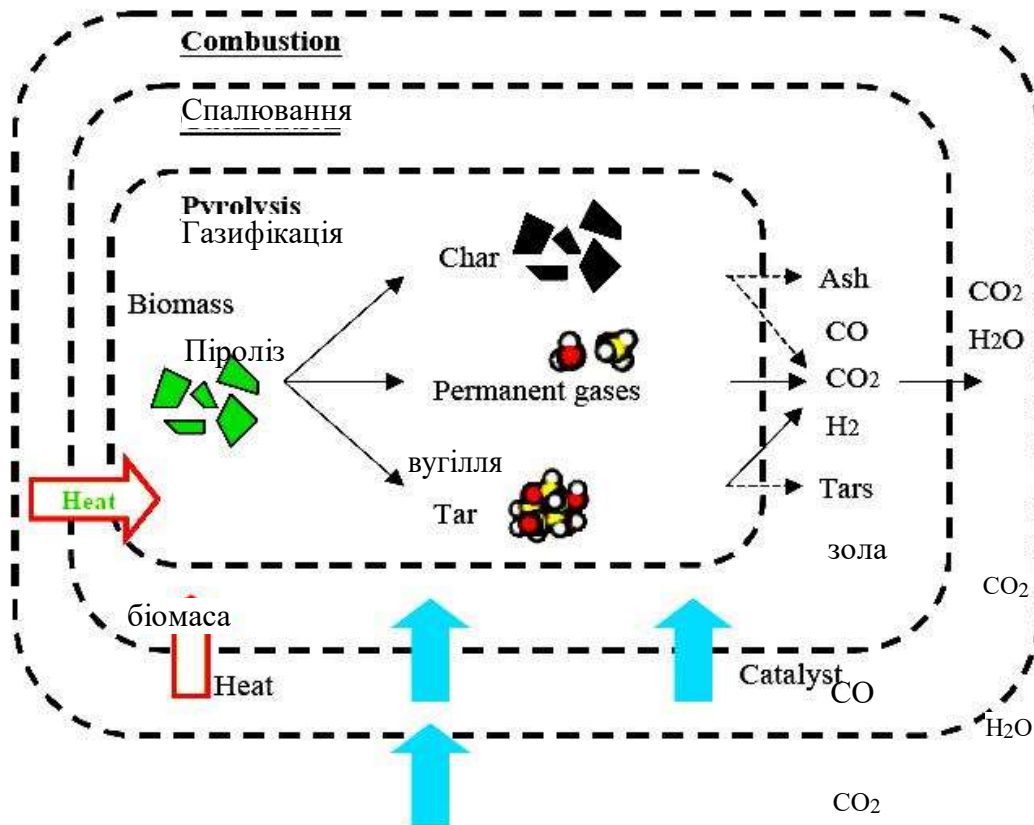


Рисунок 2.1 – Процес термічного перероблення біомаси

2.3 Поновлювані джерела енергії

Поновлювані джерела енергії (Renewable energy sources) є альтернативою первинним вичерпним енергоресурсам – природному газу, нафті, вугіллю.

До поновлюваних джерел енергії відносять: енергію Сонця; енергію вітру; енергію ґрунту і ґрунтових вод; енергію припливів та хвиль; енергію біомаси. Ресурсна база основних джерел енергії наведена в таблиці 3.3.

2.3.1 Енергія вітру

Вітровий потенціал виникає в зв'язку із нерівномірним нагрівом поверхні Землі. Основними характеристиками вітрового потенціалу є швидкість вітру і повторюваність вітру.

Таблиця 2.3 – Енергетичний потенціал основних джерел енергії

Джерело енергії	Потенціал
Вугілля	$2,96 \cdot 10^{22}$ Дж
Нафта	$8,3 \cdot 10^{18}$ Дж
Природний газ	$7 \cdot 10^{18}$ Дж
Ядерна енергія (уран)	$4,2 \cdot 10^{25}$ Дж
Енергія річок	$1,01 \cdot 10^{17}$ Дж/рік
Енергія хвиль	$(1,8...18) \cdot 10^{16}$ Дж/рік
Енергія припливів	$3,24 \cdot 10^{17}$ Дж/рік
Енергія вітру	$(1,8...18,7) \cdot 10^{18}$ Дж/рік
Температурний градієнт: морів і океанів	$(3,6...36) \cdot 10^{18}$ Дж/рік
повітря	$(3,6...36) \cdot 10^{15}$ Дж/рік
надр Землі	$(1,8...7,2) \cdot 10^{18}$ Дж/рік
Сонячне випромінювання на поверхню Землі	$(7,2...10,08) \cdot 10^{20}$ Дж/рік
Енергія біомаси і торфу	$3,6 \cdot 10^{19}$ Дж/рік

Найбільш ефективно використовувати вітроустановки (див. рис. 2.2) в районах із швидкістю вітру більше 5 м/с.

Значний потенціал вітроенергетики має в Азово-Чорноморському регіоні.

Недоліками вітроенергетики є шум і вібрація, які спричиняють-ся вітроагрегатами, і нестабільність вітрів, що вимагає дублювання джерел енергії, і, відповідно, здорожує установку.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд одного з видів вітроустановок

2.3.2 Енергія Сонця

Сонячне випромінювання вкрай нерівномірне по земній поверхні та протягом року. Сонячна енергетика є найбільш екологічно чистою, але її недоліком є мала густина падаючого потоку. Це призводить до високої вартості сонячних енергоустановок. Сонячна енергія використовується за допомогою двох видів установок:

– з отриманням електричного струму (фотоелектричні перетворювачі) (рис. 3.3, а), капітальні вкладення в такі системи складають зараз 300...1000 у.о. на 1 м² поверхні;

– з отриманням теплової енергії (сонячні колектори) (рис. 3.3, б), капіталовкладення складають до 300 у.о. на 1 м² поверхні.

В напівпровідникових фотоелектричних перетворювачах при падінні сонячного світла виникає електричний струм. В трубах сонячного колектора циркулює вода або інший теплоносій, який нагрівається від сонячних променів.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Установки для використання енергії Сонця – фотоелектричні перетворювачі (а) та сонячні колектори (б)

Часто використовують пасивні системи сонячного опалення (стіни Тромба-Мішеля, заklenі веранди тощо). Такі системи включені в конструкцію будівлі, їх термін окупності не перевищує 3...5 років.

2.3.3 Енергія Землі

Геотермальна енергетика включає як теплоту гарячих джерел (рис. 2.4, а), яку можна використовувати безпосередньо для енергетичних

потреб, так і теплоту ґрунту (рис. 2.4, б), яку використовують як холодне джерело в теплових насосах.



Рисунок 3.4 – Геотермальні енергоресурси – гарячі джерела (а),
теплота ґрунту (б)

Геотермальна енергетика є потужним і екологічно чистим джерелом енергії, але гарячі геотермальні джерела зустрічаються рідко, вода в них має велику кількість солей. Такі джерела використовуються для теплопостачання та виробництва електроенергії на геотермальних електростанціях.

Використання теплоти ґрунту вимагає великих витрат і значних територій. Теплота ґрунту використовується переважно для теплопостачання, причому потенціал цієї теплоти необхідно підвищувати за допомогою теплових насосів.

Холод ґрунту влітку використовують для кондиціонування повітря. Для цього повітря прокачується через закопані в землю труби.

2.3.4 Енергія біомаси

Біомаса (Biomass) відіграє домінуючу роль серед інших поновлюваних джерел енергії в Україні. Існують різні біоенергетичні технології, які дозволяють отримувати корисні продукти – електричну і теплову енергію, паливо, високоякісні добрива, будівельні матеріали тощо.

З біомаси можна отримувати біогаз, синтез-газ, біоетанол, біодизель, тверде паливо тощо. Технології перероблення біомаси дозволяють також вирішувати проблему утилізації шкідливих побутових та промислових відходів.

Лідерами з використання біогазових технологій є такі країни, як Німеччина, Велика Британія, США, Канада, Бразилія, Данія, Китай та ін.

В біогазових установках (рис. 3.5, а) утилізують органічні відходи, виробляючи біогаз з теплою згорання 20...24 МДж/м³ та якісні добрива.

Для виробництва біогазу можна використати будь-які органічні відходи, в тому числі, відходи харчової і переробної промисловості, комунальні стічні води і тверді побутові відходи, відходи тваринництва і рослинництва. На сміттєзвалищах за допомогою спеціальних свердловин можна отримувати звалищний газ (dumprgas), який використовується для виробництва теплової та електричної енергії.



а)



б)

Рисунок 2.5 – Біоенергетичні установки: біогазова установка перероблення сільськогосподарських відходів (а) і установка для отримання біодизелю (б)

З багатьох сільськогосподарських культур (наприклад рапс, кукурудза, соняшник) можна отримувати моторне паливо – біодизель (рис. 2.5, б).

Для високоефективного спалювання біомаси її підсушують і пресують у вигляді брикетів або пелетів (гранул) (рис. 2.6).



а)



б)

Рисунок 2.6 – Продукти підготовки біомаси до спалювання: пелети (а) і брикети (б)

Контрольні запитання

1. Які палива відносяться до первинних та нетрадиційних?
2. Охарактеризуйте елементарний склад палива.
3. Поясніть різницю між вищою та нижчою теплотою згорання палива.
4. За яких умов можливе горіння палива? Температура спалаху.
5. Поясніть поняття "газогенерація", "піроліз".
6. Проаналізуйте співвідношення потенціалів первинних та нетрадиційних джерел енергії.
7. Наведіть переваги і недоліки енергії вітру і Сонця.
8. Проаналізуйте можливості використання теплоти ґрунту та енергії біомаси.

3 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

3.1 Котельні установки

Котельна установка – пристрій, призначений для виробництва теплоти у вигляді пари або гарячої води заданих параметрів для енергетичних, технологічних або опалювальних цілей. Котельна установка складається з котлоагрегату і допоміжного обладнання.

Котельний агрегат (котлоагрегат, котел) (Boiling aggregate) включає топкові пристрої, теплообмінні поверхні для використання теплоти димо-вих газів, каркас, обмурівку, сходи, арматуру та ін.

Допоміжне обладнання – димососи, вентилятори, живильні насоси, водопідготовка, паливopідготовка, системи паливopодавання, золо- і шлаковидалення.

Котельні установки поділяють на три класи: *парові* (з виробництвом водяної пари); *водогрійні* (відпуск гарячої води); *комбіновані* (відпуск і пари, і гарячої води).

Схема парогенератора (Steam boiler) наведена на рис. 3.1.

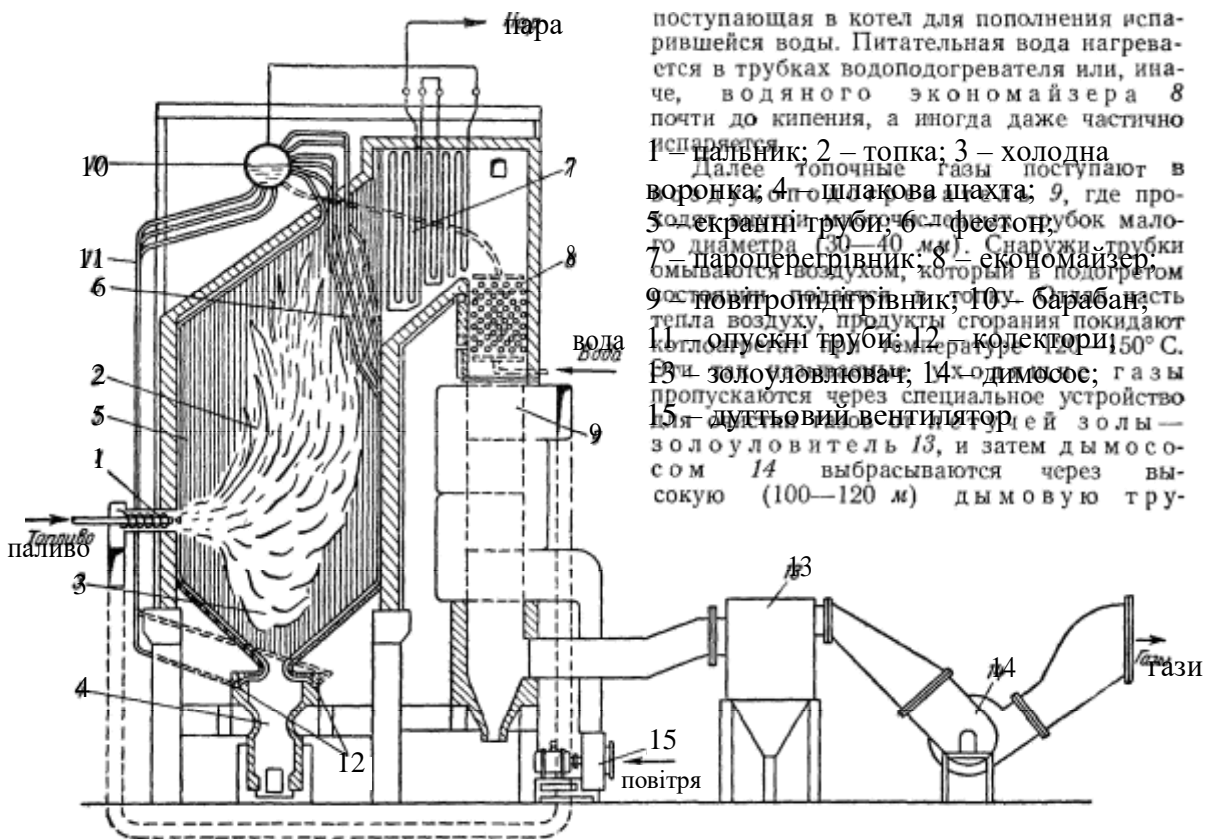


Рисунок 3.1 – Принципова схема котельної установки

Під час роботи котельної установки виробляється теплова енергія у вигляді гарячої води або водяної пари. Це корисна теплота. Крім того, будь-який реальний процес супроводжується втратами.

Під час роботи котла відбуваються такі теплові втрати: втрати з відхідними газами; втрати від хімічної неповноти згорання палива; втрати від механічної неповноти згорання палива; втрати теплоти через стіни котла; втрати теплоти зі шлаком.

Коефіцієнт корисної дії котлоагрегатів залежить від виду палива, потужності котла, режиму його роботи тощо. В середньому значення ККД коливається в межах $\eta_k = 86 \dots 94 \%$. В конденсаційних газових котлах значення ККД, розраховане за нижчою теплотою згорання, може сягати 109 %, а за вищою – 97 % і вище.

Витрата палива для котла визначається за формулою, кг/с, м³/с

$$V_p = \frac{Q_k}{Q_n \cdot \eta_k}, \quad (3.1)$$

де Q_k – теплова потужність котла або корисна теплота, кВт;

Q_n – теплота, що виділяється при спалюванні палива, кДж/кг або кДж/м³.

Пристрої, в яких відбувається спалювання палива називаються **топками**.

Топки поділяють на **шарові** для спалювання кускового палива і **камерні** – для спалювання газоподібного і рідкого палива, твердого палива в пи-лоподібному (подрібненому) стані, а також для спалювання суміші палив.

Останнім часом все більше розповсюдження отримують топки з кип-лячим шаром (див. рис. 4.2). Їх перевагою є можливість спалювання низь-

косортних палив, відходів тощо.



Рисунок 3.2 – Вигляд котла із топкою із циркуля-ційним киплячим шаром

"Кипіння" шару палива відбувається за рахунок підведення повітря в нижню частину топки із підвищеним напором. Цього напору достатньо аби підняти частинку палива в об'ємі топки. Таким чином, постійно відбувається рух частинок. При цьому паливо краще контактує із повітрям, рівномірніше розподіляється в об'ємі топки і відповідно більш якісно згорає.

Вздовж стін топки встановлені труби, які слугують захистом стін від високих теплових навантажень. Тому такі труби називають екранними трубами. В них відбувається утворення насиченої пари. Пара відділяється в барабані – великій циліндричній посудині, наполовину заповненій водою в стані насичення.

Пристрій в якому відбувається підготовка паливо-повітряної суміші називається **пальником**. Конструкції пальників залежать від теплової потужності і виду палива. На рис. 3.3 показані різновиди пальників.



Рисунок 3.3 – Конструкції пальників: а – інжекційний пальник газового котла малої потужності; б – вентиляторний пальник для газового або рідкого палива; в – пальник для спалювання пелет в котлі малої потужності

Для підготовки пари певної температури в парогенераторах встановлюють пароперегрівники. Використання пари з більш високою температурою дозволяє виробляти більше електроенергії в парових турбінах.

Димові гази після пароперегрівника мають високу температуру і для охолодження їх перед викиданням через димову трубу встановлені так звані "хвостові поверхні" – економайзер і повітропідігрівник.

В економайзері підігрівається вода, а в повітропідігрівнику – повітря перед подачею на пальник.

Для подавання в котел води використовують живильний насос, для подачі повітря – дуттьовий вентилятор, для видалення продуктів згорання – димосос.

Водогрійні котли мають більш просту конструкцію і складаються з топки і конвективних пучків, де димові гази, охолоджуючись, нагрівають мережеву воду.

Побутові водогрійні котли можуть встановлюватись на підлозі або

підвішуватись на стіну. Теплообмінники котлів виконують сталевими, чавунними або мідними. Такі котли можуть працювати на природному газі або на твердому паливі – вугіллі, деревині, пелетах, брикетах тощо.

Конструктивні схеми побутових котлів потужністю до 100 кВт наведені на рис. 3.4 і 3.5.

Котельні установки в системах енергопостачання є найбільшим споживачем викопних енергоресурсів – природного газу, нафти і вугілля. Підвищення ефективності роботи такого обладнання є першочерговою задачею, оскільки дозволить зменшити використання первинних вичерпних джерел енергії і скоротити обсяги техногенного навантаження на навколишнє середовище.

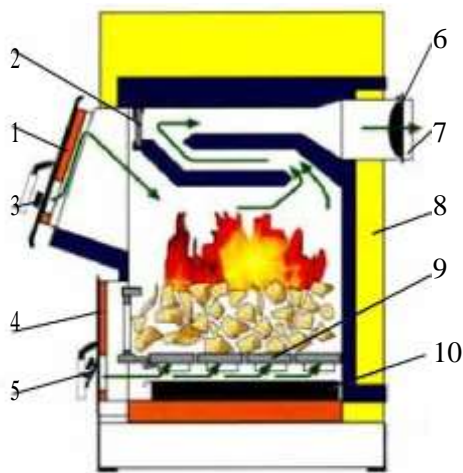


Рисунок 3.4 – Газогенераторний твердопаливний котел:

- 1 – люк для завантаження;
- 2 – засувка;
- 3 – клапан вторинного повітря;
- 4 – люк золовидалення;
- 5 – клапан первинного повітря;
- 6 – шибер;
- 7 – газохід;
- 8 – теплоізоляція;
- 9 – решітка;
- 10 – піддон; 11 – основа

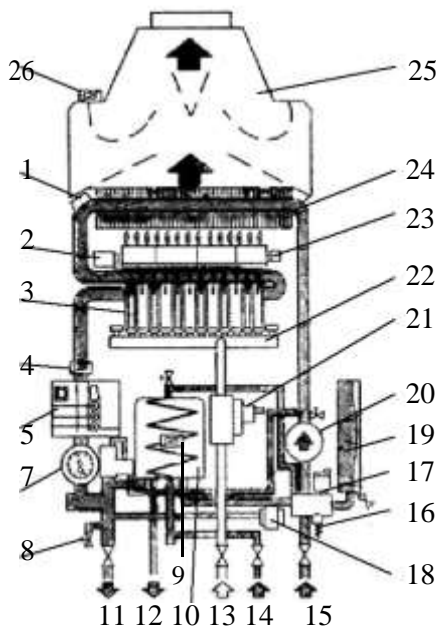


Рисунок 3.5 – Схема настінного двоконтурного котла:

- 1 – запобіжник для обмеження температури води;
- 2 – запальвальний електрод; 3 – газовий пальник;
- 4 – температурний датчик; 5 – регулятор котла;
- 7 – датчик температури і тиску; 8 – кран;
- 9 – датчик температури гарячої води;
- 10 – теплообмінник гарячої води;
- 11 – подавальний трубопровід; 12 – гаряча вода;
- 13 – газопровід; 14 – холодна вода;
- 15 – зворотний трубопровід; 16 – запобіжний клапан;
- 17 – повітровідвідник; 18 – перепускний вентиль;
- 19 – розширювальний бак; 20 – насос;
- 21 – газовий клапан; 22 – блок пальників;
- 23 – іонізаційний електрод; 24 – теплообмінник;
- 25 – газохід; 26 – датчик тяги

3.2 Нагнітачі та теплові двигуни

3.2.1 Класифікація нагнітачів

Нагнітачами називають пристрої, які призначені для стиску та пе-

реміщення рідин і газів. Нагнітачі (НГ) для рідин називаються *насосами* (pumps), а для газів – *вентиляторами* (ventilators) (із напором 2...12 кПа), *газодувками* (15...30 кПа), *компресорами* (compressors) (30 кПа і більше).

За принципом дії НГ поділяються на лопатеві, об'ємні і струминні.

Об'ємні НГ поділяються на поршневі, зубчасті та пластинчасті.

Поршковий об'ємний НГ у найпростішому випадку (рис. 3.6) являє собою розташований в циліндричному корпусі поршень, при русі якого в один бік потік всмоктується через всмоктувальний клапан і надходить в робочу камеру. В разі зворотного руху поршня робоче потік стискається і виштовхується із камери через нагнітальний клапан.

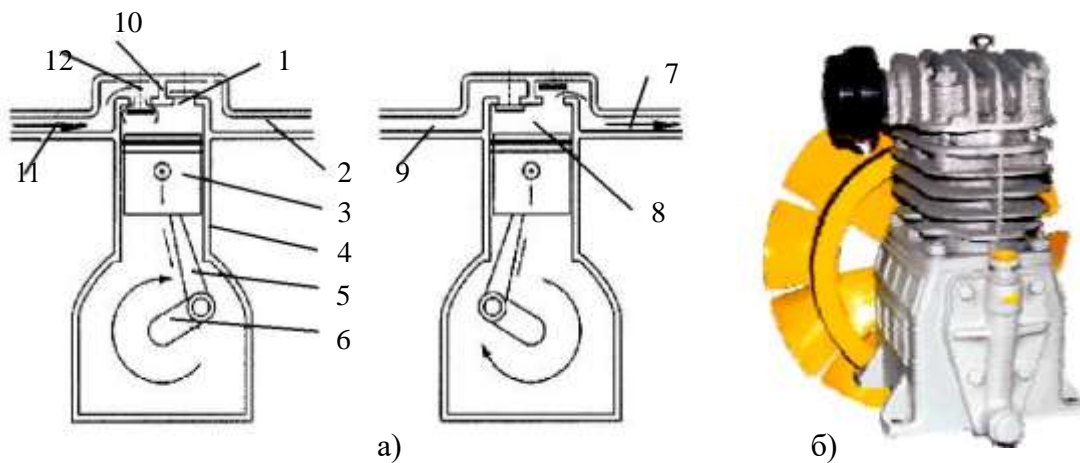


Рисунок 3.6 – Принцип дії (а) та зовнішній вигляд (б) поршневого компресора: 1, 12 – нагнітальний та всмоктувальний клапани; 2, 7 – нагнітальна лінія; 3 – поршень; 4 – корпус; 5 – шток; 6 – вал; 8 – робоча камера; 9, 11 – всмоктувальна лінія; 10 – перегородка

Позитивними якостями такого НГ є високе значення ККД, можливість стиску до високих тисків, незалежність подачі від створеного тиску.

Недоліками є: громіздкість, труднощі з'єднання з електродвигуном, необхідність управління клапанами, нерівномірність подачі, складність регулювання.

Зубчасті (шестеренні) нагнітачі складаються з пари зчеплених між собою шестерень (рис. 3.7), які розташовані в корпусі з мінімальним зазором між зубцями і корпусом.

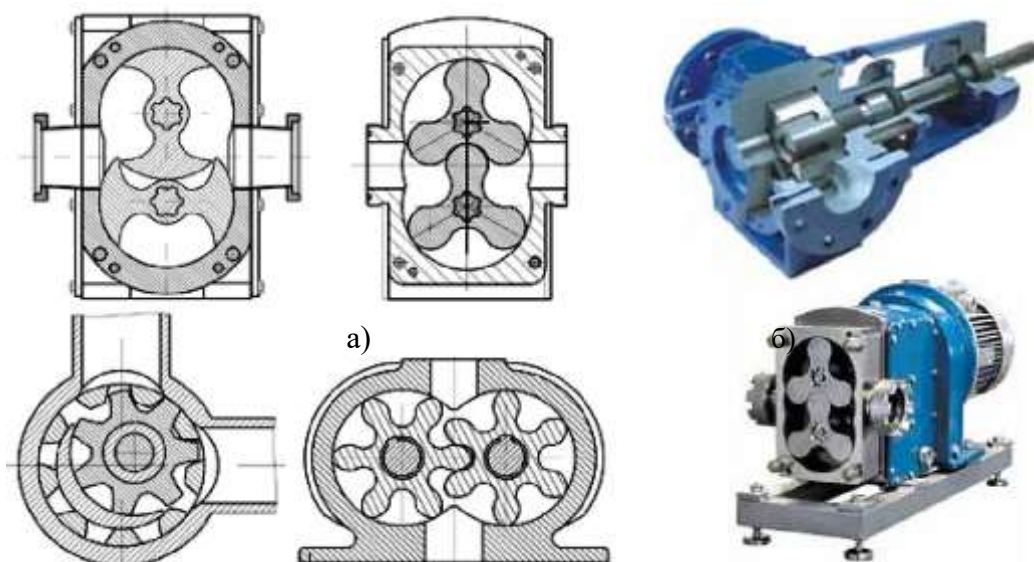


Рисунок 3.7 – Конструкція (а) та зовнішній вигляд (б) шестеренних насосів

Зубці під час обертання захоплюють рідину і без стиску переносять її зі сторони всмоктування в сторону нагнітання. Стиск здійснюється в зазорі між зубцями. Такі НГ конструктивно дуже прості та компактні. Їх можна безпосередньо з'єднувати із електродвигуном. Вони призначені для в'язких рідин, мають малу подачу і більш низький ККД, що пов'язано із втратами в торцевих зазорах і тертям від зчеплення шестерень.

Пластинчасті НГ (рис. 3.8) являють собою циліндричний корпус 2, в якому ексцентрично розташований ротор 1, в пазах якого перебувають пересувні пластини 3.

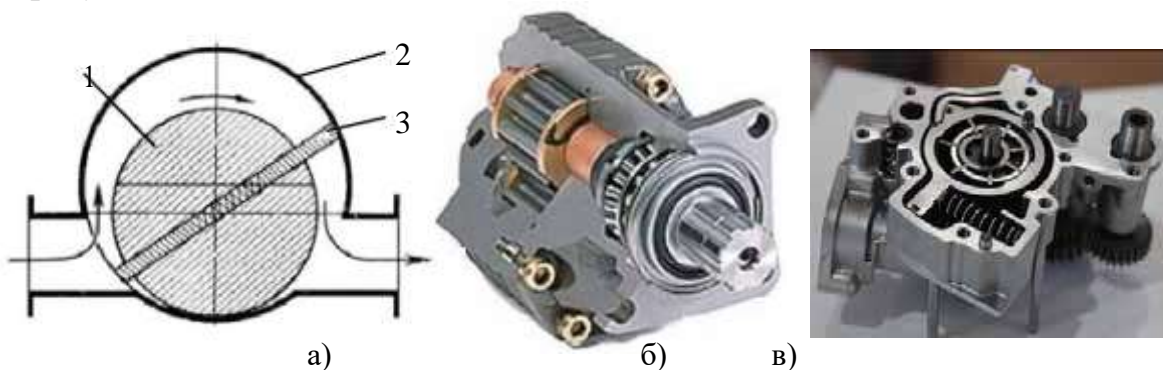


Рисунок 3.8 – Конструкція (а) та зовнішній вигляд (б, в) пластинчастих насосів:
1 – ротор; 2 – корпус; 3 – пластини

Під обертання ротора пластини пересуваються в пазах. Внаслідок зменшення простору між пластиною і стінкою при обертанні робоча рідина, яка надходить через всмоктувальний патрубок, стискається і виштовхується через нагнітальний патрубок. На відміну від поршневих НГ ротаційні нагнітачі простіше з'єднувати з електродвигуном.

В **струминних** НГ (ежекторах) використовується енергія струмини рідини або газу. Схема струминного НГ показана на рис. 4.9.



Рисунок 3.9 – Конструкція (а) та зовнішній вигляд (б) струминних насосів: 1 – сопло; 2 – всмоктувальна лінія; 3 – робоча камера; 4 – дифузор

Він складається з корпусу, сопла 1, всмоктувального патрубку 2, камери змішування 3, дифузора 4. Рідина з великим тиском надходить в сопло, де швидкість її зростає, а тиск значно зменшується.

Це дозволяє підсмоктувати через патрубок 2 іншу рідину чи газ. В процесі перемішування струмин відбувається обмін кількості руху між частинками середовищ. В дифузорі тиск суміші збільшується.

Перевагою таких НГ є простота конструкції, але низький ККД.

Лопатеві нагнітачі поділяють на відцентрові, осьові, вихрові.

Відцентрові НГ (рис. 3.10) являють собою лопатеве колесо 2, яке розташоване у спіральній камері 3. Під час обертання колеса потік надходить в осьовому напрямку через всмоктувальну трубу 1, відхиляється на 90° і надходить в міжлопатеві канали. Під дією відцентрових сил здійснюється за-кручування і виштовхування потоку через нагнітальний патрубок 4.

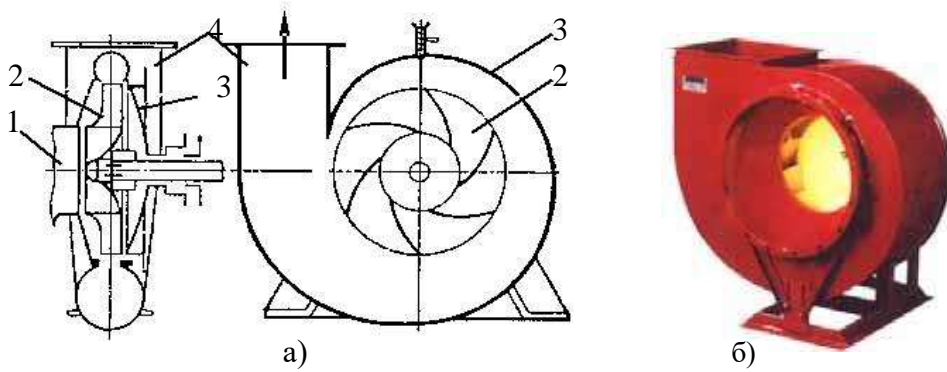


Рисунок 3.10 – Конструкція (а) та зовнішній вигляд (б) відцентрового нагнітальника: 1 – всмоктувальний патрубок; 2 – робоче колесо; 3 – камера; 4 – нагнітальний патрубок

Відцентрові НГ мають порівняно високий ККД, достатньо прості за конструкцією, мають плавну подачу. Але їх подача залежить від опору системи. Відцентрові НГ використовують як насоси, вентилятори, а також як багатоступеневі компресори.

Осьові НГ (рис. 3.11) мають вигляд лопатевого колеса, яке розташоване в циліндричному корпусі.

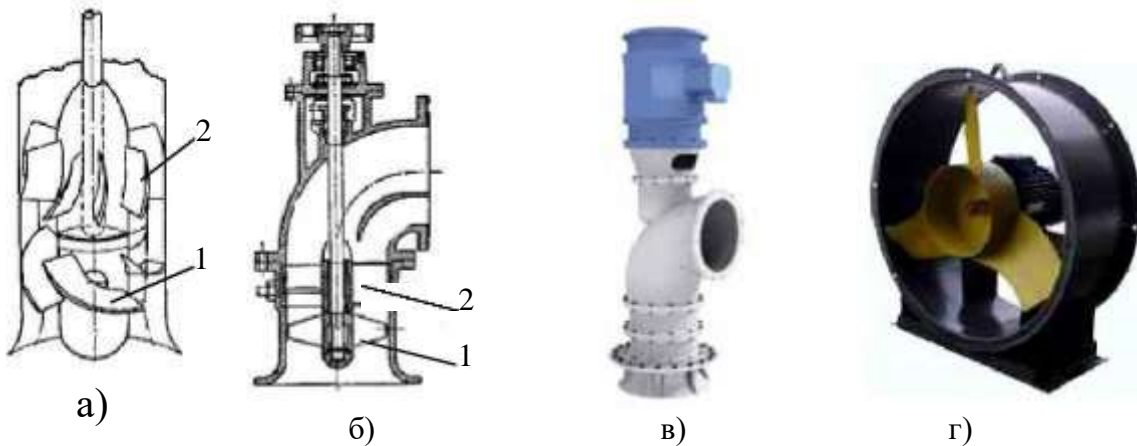


Рисунок 3.11 – Конструкція (а, б) та зовнішній вигляд осьового насоса (в) та вентилятора (г): 1 – робоче колесо; 2 – напрямний апарат

Під час обертання колеса здійснюється рух потоку вздовж осі НГ. Осьові НГ бувають реверсні, мають вищий ККД і більш компактні, ніж відцентрові. Але осьові НГ створюють менші напори.

Вихрові нагнітачі мають лопатеве колесо (рис. 3.12), яке нагадує відцентрове, але з прямими лопатями.



Рисунок 3.12 – Конструкція лопатей (а) та зовнішній вигляд вихрового насоса

Через відсутність радіального переміщення потоку їх не можна від-

носити до відцентрових, а через відсутність осьового переміщення – до осьових. Вони прості за конструкцією, можуть працювати у реверсному режимі, але мають низький ККД.

3.2.2 Характеристики та робоча точка нагнітача

Характеристиками (рис. 3.13) лопатевого нагнітача називають графіки залежності напору H або P (м в. ст. або Па), ККД η та потужності N (кВт) від об'ємної подачі V (м³/год).

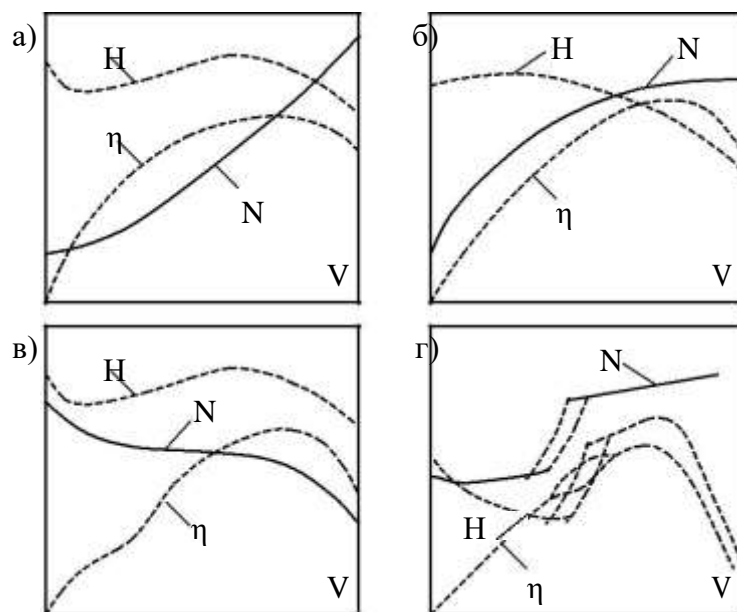


Рисунок 3.13 – Типові характеристики насосів і вентиляторів: а – вентилятор із загнутими вперед лопатями; б – вентилятори і насоси із загнутими назад лопатями; в – низьконапірні осьові насоси; г – високонапірні осьові вентилятори

Значення цих характеристик залежать від швидкохідності НГ та конструкції робочого колеса. Потужність N , кВт, подача V , м³/с, напір H , кПа, та ККД η пов'язані залежністю

$$N = \frac{V \cdot H}{\eta} . \quad (3.2)$$

Характеристика мережі – це залежність опору мережі від витрати середовища. Для визначення робочої точки нагнітача в осях $H = f(V)$ відкладаються характеристика нагнітача і мережі (рис. 3.14).

Характеристика мережі $H = f(V)$ має переважно параболічний характер. Для виявлення характеристик робочої точки нагнітача, що працює на мережу, знаходять точку перетину характеристик нагнітача та характеристик мережі.

Якщо опір системи при розрахунковій подачі V_p нижчий, ніж розрахунковий опір $H_c < H_{c_p}$, то замість розрахункової подачі V_p , що відповідає точці В, нагнітач матиме більшу подачу $V > V_p$, яка відповідає робочій то-

чці А (див. рис. 3.14, а).

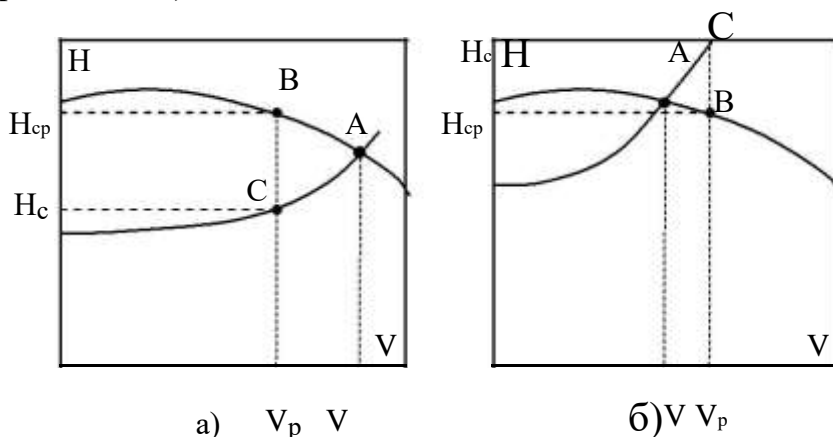


Рисунок 3.14 – Характерні випадки сумісної роботи нагнітача та мережі

Якщо опір системи більше розрахункового $H_c > H_{cp}$ для подачі V_p , то замість розрахункової подачі V_p , що відповідає точці В, нагнітач матиме нижчу подачу $V < V_p$, що відповідає робочій точці А (див. рис. 3.14, б).

3.2.3 Теплові двигуни

Сучасними тепловими двигунами в теплоенергетиці є парові та газові турбіни, двигуни внутрішнього згорання. **Турбіна** (Turbine) являє собою ротаційний двигун лопатевого типу. Струмина пари (газу) за допомогою напрямних (соплових) апаратів надходить на криволінійні лопаті, які закріплені на робочому колесі (диску) двигуна. Соплові апарати призначені для перетворення потенціальної енергії тиску та теплової енергії робочого тіла на кінетичну енергію потоку. Крім того, вони забезпечують необхідний кут входу потоку на робочі лопаті. Робоче тіло безударно обтікаючи профілі лопатей змінює вектор швидкості як за модулем, так і за напрямком. Внаслідок цього виникає колова швидкість, яка створює крутний момент на валу і ротор турбіни обертається.

Схема та зовнішній вигляд турбіни показані на рис. 3.15.

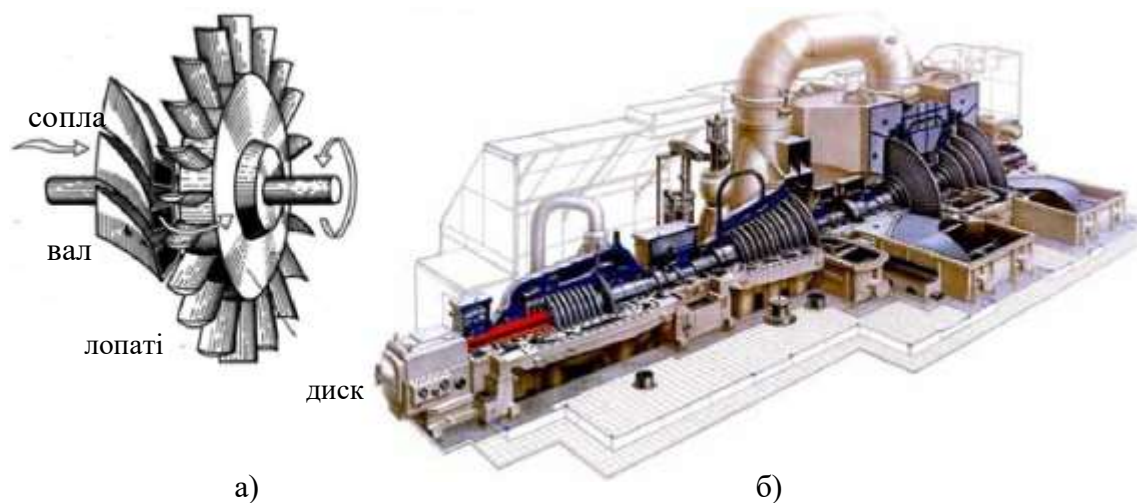


Рисунок 3.15 – Схема ступеня (а) та зовнішній вигляд (б) турбіни

3.3 Тепломасообмінні установки

Теплообмінні установки – пристрої для передавання теплоти від нагрітого середовища до нагріваного. В тепломасообмінних установках крім теплоти переноситься і маса робочих тіл. До тепломасообмінних установок можна віднести теплообмінні апарати (теплообмінники) та технологічне обладнання, де використовуються теплоносії – теплотехнологічні установки: сушильні; ректифікаційні; випарні та інші.

3.3.1 Теплообмінники

Теплообмінники (Heat exchangers) поділяють на такі види: *рекуперативні*, *регенеративні* та *змішувальні* (контактні).

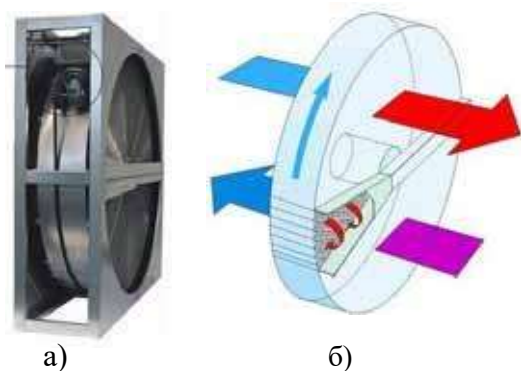
В рекуперативних теплообмінниках теплота передається від одного середовища до іншого через стінку, яку ці середовища омивають з різних боків. В регенеративних теплообмінниках середовища по чергово омивають ту саму сторону поверхні відповідно нагріваючи її, а потім – охолоджуючи.

Найбільш поширеними конструкціями рекуперативних теплообмінників є пластинчасті і кожухотрубчасті апарати (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Рекуперативні теплообмінники: пластинчастий (а) та кожухотрубчастий (б)

В хімічній технології широко використовуються оболонкові та змішувальні теплообмінники.



теплоносіїв (б) роторного регенеративного теплообмінника

Рисунок 3.17 – Вигляд (а) та схема руху

Регенеративні теплообмінники в теплоенергетиці зустрічаються рідше. Наприклад, обертові повітропідігрівники в котлах великої потужності або теплоутилізатори в вентиляційних установках (рис. 3.17).

Недоліком регенеративних теплообмінників є можливість підмішування одного теплоносія в інший.

Змішувальні (контактні) теплообмінники використовуються для охолодження димових газів, охолодження оборотної води тощо.

Теплова потужність теплообмінника, в якому охолоджуються або нагріваються теплоносії визначається з рівняння теплового балансу, кВт

$$Q_{то} = G \cdot c_p \cdot (t' - t''), \quad (3.3)$$

де G – витрата теплоносія, кг/с;

c_p – середня теплоємність теплоносія, кДж/(кг·К);

t', t'' – температури теплоносія на вході і виході з теплообмінника, °С.

3.3.2 Теплотехнологічні установки

В переважній більшості технологічних процесів використовуються теплові процеси. Обладнання для проведення таких процесів називається теплотехнологічними установками.

Випарні установки (Evaporate units) призначені для згущення розчинів. Випарні установки використовуються в харчовій, переробній і хімічній промисловості.

В трубний простір такого апарату подається розчин з низькою концентрацією, а в міжтрубний – нагрівний теплоносій, наприклад, водяна пара. За рахунок википання частини води з розчину його концентрація підвищується. Упарений розчин відводиться з апарата. Зовнішній вигляд та принцип роботи показані на рис. 3.18.

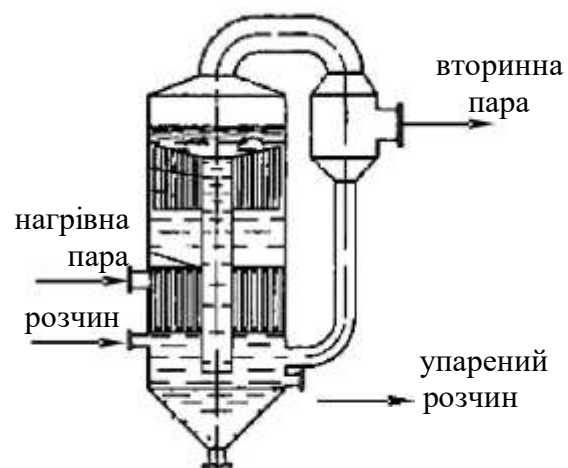


Рисунок 3.18 – Зовнішній вигляд випарних апаратів (а) та принцип їх роботи (б)

Випарювання може відбуватись під надлишковим тиском або під розрідженням. Це впливатиме на температуру кипіння. **Ректифікаційні установки** (Rectification units) призначені для роз-

ділення рідких сумішей на практично чисті компоненти. Ректифікація широко використовується в харчовій і переробній промисловості, в хімічній галузі, нафтопереробці, металургії та ін.

Під час розділення відбувається багатократний масо- і теплообмін між компонентами із різними температурами кипіння – висококиплячими і низькокиплячими. Через необхідність багаторазового контакту компонентів ректифікаційні колони виконують вертикальними з висотою до 50 м. Для рівномірного розподілу компонентів встановлюють сітчасті тарілки або ковпачки.

Принципова схема ректифікаційної колони показана на рис. 3.19.

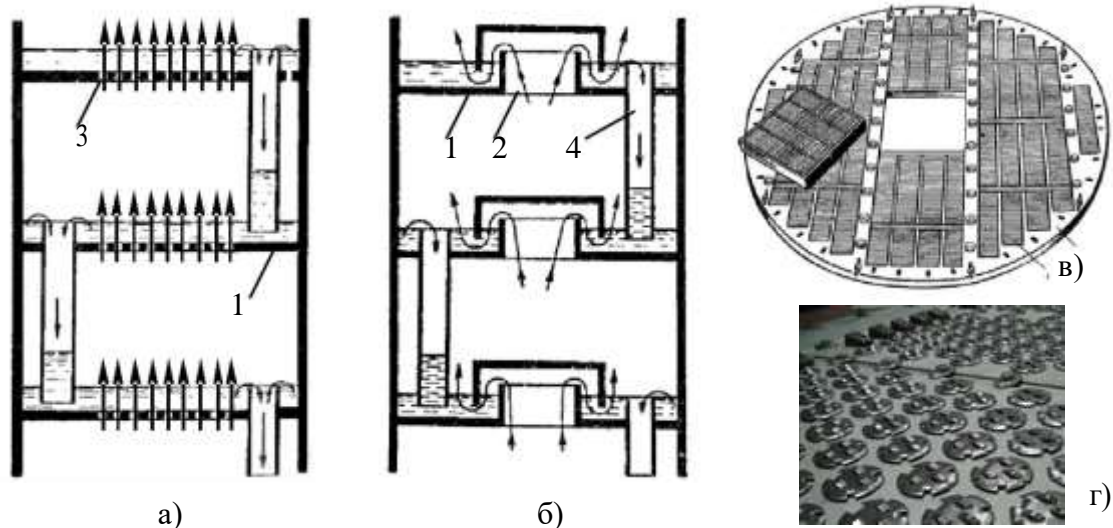


Рисунок 3.19 – Конструктивна схема сітчастої (а) та ковпачкової ректифікаційної колони, вигляд сітчастої (в) та ковпачкової тарілки (г): 1 – тарілка; 2 – ковпачок; 3 – отвори тарілки; 4 – переливна труба

В нижній частині колони відбувається кипіння суміші компонентів. Пара піднімається крізь сітки або ковпачки і шар рідини (флегми), яка стікає з верхніх тарілок на нижні. При цьому пара частково конденсується, віддаючи теплоту на закипання низькокиплячого компонента. Так з кожною наступною тарілкою пара збагачується низькокиплячим компонентом, а рідина – висококиплячим. У верхній частині колони отримуємо пару із високою концентрацією низькокиплячого компонента, а в нижній – кубовий залишок з високою концентрацією низькокиплячого компонента.

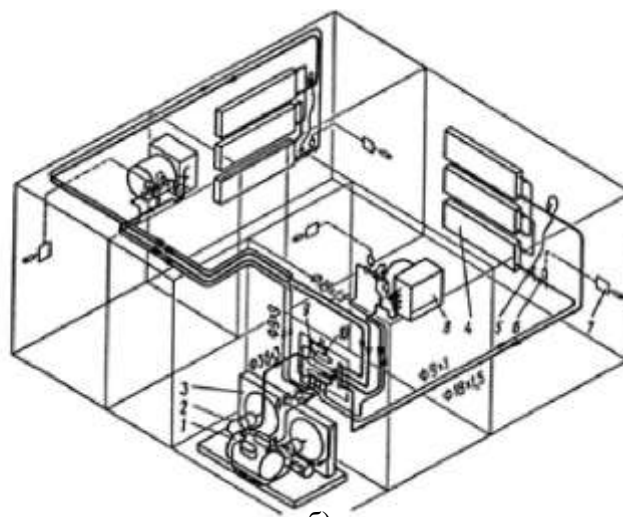
Холодильні установки (Refrigeration units) призначені для виробни-

цтва холоду (відведення теплоти).

Холодильні установки використовуються надзвичайно широко і є одним з найбільших споживачів електроенергії. Найчастіше вони комплектуються парокompресійними холодильними машинами, які складаються з компресора, конденсатора, дросельного пристрою і випарника. Зовнішній вигляд холодильної машини та схема холодильної установки малої потужності показані на рис. 3.20.



а)



б)

Рисунок 3.20 – Вигляд холодильної машини (а) та схема холодильної установки (б)

Температура в холодильній камері підтримується за рахунок постійного підведення робочого тіла в охолоджувальні поверхні. Всередині цих поверхонь відбувається кипіння робочого тіла за умов низького тиску і температури. Таким чином, проводиться підведення холоду (відведення теплоти) з камери. Потім в компресорі пара стискається і її температура зростає. Після цього вся отримана в камері і компресорі теплота викидається через конденсатор в навколишнє середовище. В дросельному пристрої тиск і температура робочого тіла знову знижується і цикл повторюється.

Робочими агентами в холодильних машинах можуть бути аміак або фреони. Їх вибирають так, щоб тиск у випарнику був близьким до атмосферного, а тиск в конденсаторі не занадто високим. Аміак є небезпечним для людини, а фреони шкідливі для навколишнього середовища. Останнім часом розробляються фреони, які мають мінімальний потенціал глобального потепління і вплив на озоновий шар.

Діапазон робочих температур холодильних установок 120...293 К.

Для більш низьких температур використовують криогенні установки.

Сушильні установки (Drying units) використовують для зменшення вологості продукції. Сушіння можна поділити на природне (сонячне випромінювання, вітер) та штучне.

Штучне сушіння є одним з найенергоємніших процесів оброблення продукції. Виділяють кондуктивне і конвективне сушіння. Кондуктивне – коли теплота для випарювання вологи з продукції передається теплопровідністю від нагрітої поверхні, а конвективне – коли теплота передається з потоком гарячого теплоносія – повітря, димових газів, перегрітої пари.

На рис. 3.21 показана схема конвективної барабанної сушарки.

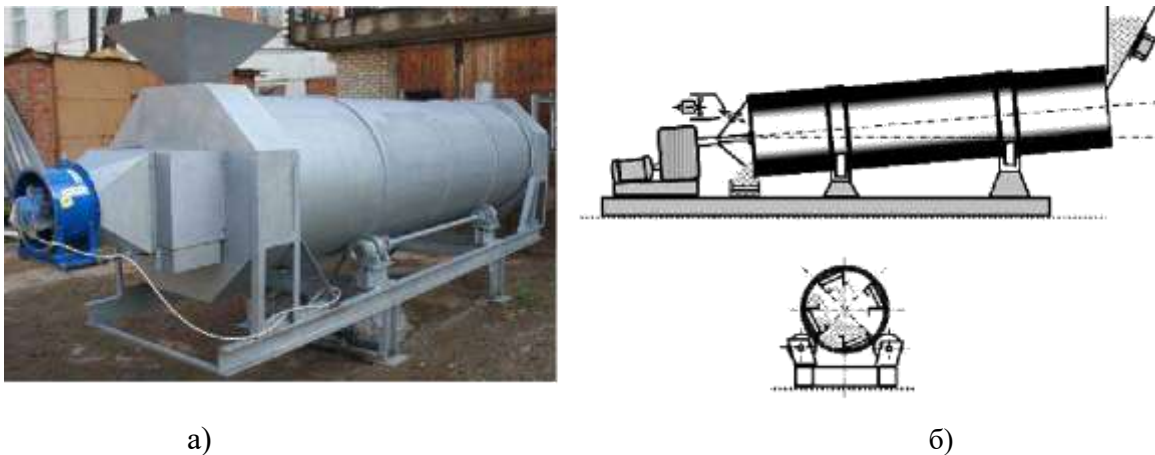


Рисунок 3.21 – Зовнішній вигляд (а) та схема (б) конвективної барабанної сушильної установки

З одного боку сушарки подається волога продукція, а з іншого – сушильний агент – частіше підігріте повітря або димові гази. Барабан сушарки обертається, продукція пересипаючись рухається проти течії сушильного агента. Це забезпечує якісний тепломасообмін і відведення вологи.

Високотемпературні установки (High temperature units) призначені для термічного оброблення продукції. Основою таких установок є печі, конвертери, реактори.

Це обладнання має паливоспалювальні і тягодуттьові пристрої, обмурівку, газоходи та повітропроводи тощо.

Обмурівку робочих камер високотемпературних установок виконують з вогнетривких матеріалів – вогнетривів. Це конструкційні матеріали, які мають високу температуру початку деформації і низьку теплопровідність. Найбільше використовують шамот, високоглиноземні, магнезитові, хроммагнезитові, доломітові матеріали. Для таких матеріалів допустимі температури в камерах складають 1350...1750 °С, теплопровідність матеріалу 0,1...0,5 Вт/(м·К). Для нижчих робочих температур можна викорис-

товувати волокнисті вогнетриви із теплопровідністю $0,03 \dots 0,02 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Контрольні запитання

1. Наведіть схему та основні елементи парогенератора.
2. Поясніть конструкцію та принцип дії водогрійного котла.
3. Наведіть класифікацію та конструкцію основних типів нагнітачів.
4. Що називається характеристикою нагнітача, характеристикою мережі? Як знайти робочу точку нагнітача?
5. Призначення, конструкція та принцип дії турбіни.
6. Поясніть призначення та класифікацію теплообмінних апаратів.
7. Наведіть призначення та особливості конструкції випарних апаратів та ректифікаційних колон.
8. Поясніть призначення та принцип дії холодильних, сушильних та високотемпературних установок.

4 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

Теплоенергетичні системи призначені для виробництва теплової енергії, її перетворення в інші види енергії (наприклад, електричну енергію), транспортування та розподіл енергії по споживачах.

4.1 Джерела тепlopостачання

До джерел тепlopостачання (Sources of thermal supply) відносять парові і водогрійні котельні, теплоелектроцентралі ТЕЦ та електростанції: теплові ТЕС, атомні АЕС та ін.

4.1.1 Парові та водогрійні котельні

Парові та водогрійні котельні (Boiler room) призначені для виробництва теплової енергії у вигляді гарячої води, насиченої або перегрітої пари.

Котельні складаються з кількох котельних установок. Вони включають котли, вентилятори, димососи, станцію хімоводоочищення, конденсатне господарство, систему паливопідготовки, теплообмінники, насоси тощо.

Парові котельні на відміну від водогрійних не тільки постачають теплоту на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та кондиціонування, а й забезпечують технологічні потреби підприємства.

Приклади компонування котелень показані на рис. 4.1.



а)



б)

Рисунок 4.1 – Компонування парової (а) та водогрійної (б) котельні

Компонування обладнання котелень виконують згідно з вказівками СНіП II-35-76 – "Котельні установки". Вибір і компонування обладнання котелень повинні задовольняти вимоги щодо надійності та довговічності системи, якості тепlopостачання, економічності під час спорудження та експлуатації, концентрацій шкідливих викидів,

безпеки обслуговування.

4.1.2 ТЕЦ та ТЕС

Теплоелектроцентральною ТЕЦ призначена для одночасного виробництва теплової та електричної енергії. Для цього на ТЕЦ крім котельних установок встановлені теплові двигуни – турбіни.

Приклади компонування обладнання ТЕЦ показані на рис. 4.2.

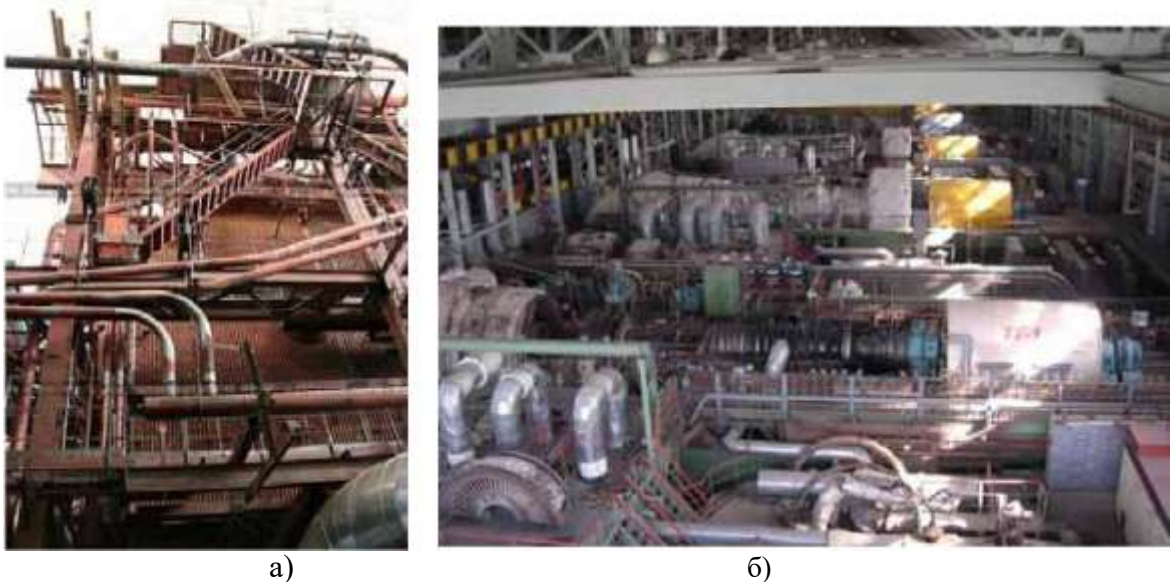


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд обладнання ТЕЦ: а – паровий котел ТЕЦ без обмурівки; б – компонування обладнання турбінного цеху

Останнім часом широко впроваджувалися міні-ТЕЦ обладнані двигунами внутрішнього згорання (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд обладнання міні-ТЕЦ з газопоршневими двигунами

Такі газопоршневі або дизельні двигуни, з'єднані з електрогенераторами, спалюючи газове або інше паливо, виробляють електричну енергію. Крім того, відпускається теплова енергія, відібрана від системи охолодження двигуна та гарячих димових газів.

Теплова електрична станція ТЕС призначена для виробництва електричної енергії. Вона відпускає також теплову енергію для теплопостачання, але частка теплової енергії незначна.

4.2 Теплові мережі

Теплові мережі (Thermal networks) – це комплекс обладнання, призначений для транспортування теплової енергії від джерела теплопостачання і забезпечення споживачів теплотою із певними параметрами.

Теплові мережі включають систему теплопроводів (Hot-water pipes) та теплові пункти для розподілу та регулювання параметрів теплоносія.

Теплопроводи призначені для транспортування теплоти з парою або гарячою водою. Теплопроводи прокладаються підземним та надземним способом. Схеми прокладання теплопроводів показані на рис. 4.4.

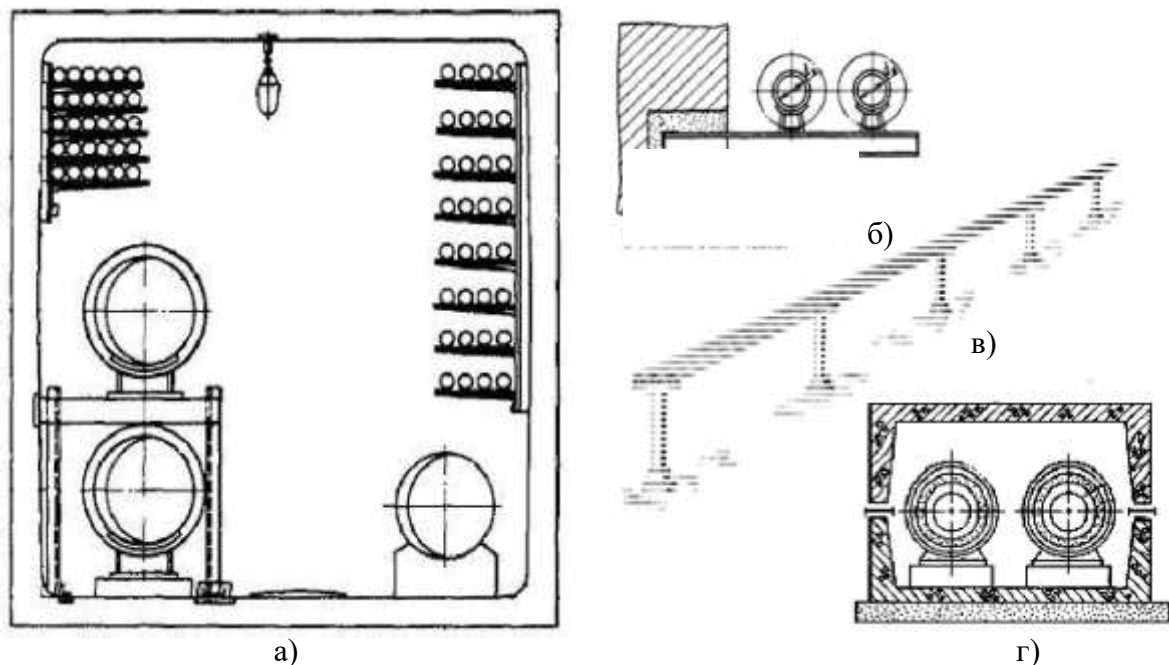


Рисунок 4.4 – Способи прокладання теплопроводів: а), г) – підземна в прохідному та непрохідному каналі; б), в) – надземна на кронштейнах та на щоглах

Для регулювання параметрів теплоносія використовують теплові

пункти. Останнім часом поширення набувають модульні теплові пункти повної заводської готовності (див. рис. 4.5).

Вони спроектовані для заданої потужності та характеристик споживача, обладнання та арматура пункту скомпоновані на каркасі із максима-льною компактністю.



Рисунок 4.5 – Зовнішній вигляд блочного теплового пункту

4.3 Системи виробництва і розподілу енергоносіїв

До таких систем відносять системи водопостачання, паливопостачання, системи постачання повітря.

Система водопостачання є складною інженерною системою, яка включає пристрої для приймання води, її перекачування, очищення, регулювання та підтримання тиску води, трубопровідну систему.

Розрізняють господарсько-питний водопровід та виробниче водопостачання.

В залежності від кількості "свіжої" води розрізняють прямотечійні, каскадні та оборотні схеми водопостачання промислових підприємств. Прямотечійна схема характеризується використанням виключно "свіжої" води. Оборотна система споживає "свіжу" воду тільки для поповнення втрат (1...3 %). Каскадна схема передбачає використання води після частини споживачів для інших споживачів, наприклад, після охолодження обладнання вода може використовуватись для миття продукції.

Система повітропостачання призначена для забезпечення споживачів стисненим повітрям. Розрізняють технологічне та силове повітря. Силове призначене для привода машин та механізмів, технологічне безпосередньо використовується для виготовлення

продукції.

Стиснене повітря отримують на компресорних станціях, які складаються з компресорів, повітрозбірників (ресиверів), охолодників, осушувальних установок тощо.

Система паливопостачання є однією із основних складових тепло-енергетичної системи. Як паливо в теплоенергетиці в основному використовується природний газ, мазут, вугілля.

В залежності від виду палива вибирається склад елементів системи.

Для природного газу достатньо регулювати тиск перед пальниками. Мазутне господарство включає ємності з обігрівом для зберігання мазуту, мазутопроводи з обігрівальними паропроводами-супутниками, підігрівники, насоси, що забезпечують постійну циркуляцію мазуту. Система постачання твердого палива складається з бункерів, дробарок, млинів, сушильних установок, конвеєрних ліній тощо.

Контрольні запитання

1. Які об'єкти відносяться до джерел теплопостачання? Поясніть відмінність котелень, ТЕЦ та ТЕС.

2. Поясніть призначення та способи прокладання теплових мереж. Наведіть приклади.

3. Поясніть призначення та склад обладнання теплових пунктів.

4. Які системи відносяться до систем виробництва та розподілу енергоносіїв? Які енергоносії виробляють такі системи?

5. Дайте класифікацію систем водопостачання.

6. Поясніть відмінність систем підготовки різних палив.

5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ, ЕКОНОМІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ

Україна є однією з найбільших країн Європи і має потужний проми-словий комплекс. В наш час, на жаль, енергоємність виробництва продукції в Україні перевищує показники країн ЄС в 2...4 рази. Тому питання підвищення енергоефективності і впровадження енергозбережних техно-логій стає першочерговою задачею.

Підвищити енерго-екологічну та економічну ефективність теплоенергетичних об'єктів можна за рахунок:

- використання природоохоронних заходів та застосування заходів щодо енергозбереження;
- застосування екологічного моніторингу;
- стимулювання розвитку наукових досліджень і практичного використання новітніх наукових досягнень і науково-технічних розробок.

Найбільш капіталоемними є природоохоронні заходи. Капіталовкладення в ці заходи становлять 2 % від внутрішнього продукту в США і Японії, 1,2–1,8 % – у країнах Західної Європи. При цьому природоохоронні заходи не дають 100 % ефекту очищення шкідливих викидів. Уловлювання викидів не вирішує проблему відходів і лише переводить їх у безпечнішу для навколишнього середовища форму. Тому останнім часом в усьому світі переважає стратегія використання відходів виробництва, ресурсо- і енергозбереження.

Одним із напрямів підвищення ефективності енергетики є енергозбереження. Цей напрям дозволяє зменшити енергоємність одиниці продукції за рахунок модернізації та вдосконалення виробничих процесів. У багатьох країнах використовують різні стимули та способи для економії енергії на виробництві і в побуті, зокрема: упровадження норм і обмежень споживання енергії та палива з відповідними системами штрафів за перевитрату, уведення літнього часу, поліпшення теплоізоляції житлових будинків і виробничих приміщень тощо.

5.1 Консалтингові схеми в енергетиці

Паливно-енергетичні кризи змусили переглянути ставлення

суспільства до взаємодії процесів виробництва та використання енергії і навколишнього середовища. Відбулася кардинальна зміна у свідомості населення, передусім технічно розвинених країн. Цьому сприяла також цілеспрямована діяльність урядів у галузі енергетики, яка включала як роз'яснювальну роботу, так і жорсткі обмеження. Розроблення і реалізація комплексу заходів, метою яких є раціональніше використання енергії, є суттю державної політики багатьох країн світу. Один з важливих державних заходів – створення консалтингових схем. **Консалтингова схема** – це система планованих заходів, здійснюваних у якійсь спеціально обраній галузі.

До таких заходів належать:

- створення консалтингових фірм, які надають споживачам енергії, розробникам, працівникам планово-економічного сектору, експлуатаційно-му персоналу і керівникам підприємств послуги у сфері економії енергії;

- розроблення відповідних навчальних програм та ілюстративного матеріалу для підвищення рівня підготовки працівників з раціонального енерговикористання ;

- проведення широкої інформаційної компанії через засоби масової інформації, випуск друкованої продукції, що рекламує і пояснює саму ідею енергозбереження;

- висвітлення в пресі вдалих прикладів економії енергії, підготовка і публікація статей для фахівців у технічних журналах.

Створення і впровадження консалтингових схем зумовили зміни на краще у сфері економії енергії країн Західної Європи. Так, загальне споживання енергії в Данії 1990 р. залишалося на рівні 1973 р., тоді як валовий національний продукт виріс за цей же час на 40 %.

Такий самий підхід застосовують до побудови системи раціонального поєднання заходів щодо економії енергії та захисту навколишнього середовища. За основу беруть раціональне планування енергоспоживання за рахунок удосконалення технології. Це стосується як способу і культури експлуатації всякого устаткування, так і загального психологічного підходу до споживання енергії.

Удосконалення енерготехнологій та енергозбереження залежить від ефективності енергетичного устаткування та систем: ТЕС, ТЕЦ, опалювально-виробничі котельні, котлоагрегати різного призначення, печі; системи розподілу теплоти: теплові пункти, теплові мережі;

системи вентиляційного устаткування будинків різного призначення; устаткування для виробництва, постачання та споживання електричної енергії.

5.2 Енергетичний аудит

Енергетичний аудит – це технічне інспектування підприємств (виробництв) щодо їх енергоспоживання з метою визначення можливої економії енергії і допомоги підприємству (виробництву) в економії енергії на практиці завдяки механізмам енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві енергетичного менеджменту. Проведення енергетичного аудиту – початкова фаза впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Аудитор повинен брати до уваги всі споживані види енергії з тим, щоб виробити пропозиції не тільки щодо їх скорочення, але й щодо оптимізації структури енергоспоживання.

Загальні вимоги до генеральної стратегії енергетичного аудиту такі:

- можливість її застосування для всіх типів виробництв і компаній;
- облік усіх видів енергії;
- сприяння зменшенню витрат часу на проведення аудиту завдяки максимальній стандартизації;
- можливість ідентифікації етапів для продовження роботи або її припинення;
- можливість використання енергетичного аудиту як бази для співпраці між аудиторами різних напрямів діяльності підприємства.

Структура генеральної стратегії проведення енергетичного аудиту включає чотири етапи.

Етап 1. Попередній контакт аудитора з керівництвом підприємства, ознайомлення з підприємством, основними виробничими процесами і технологічними лініями, укладання угоди з керівництвом підприємства про подальшу діяльність.

Етап 2. Упорядкування карти споживання енергії на підприємстві, ідентифікація можливості значної економії енергії.

На цьому етапі загальне енергоспоживання різних енергоносіїв розбиваються на окремі процеси і установки, групи технологічних процесів, окремі об'єкти (будинки). Це і є створення карти споживання енергії, основане на проведенні спеціальних вимірювань і розрахунків.

Усі виявлені можливості економії енергії вносять у перелік місць можливої економії, враховуючи пріоритетність.

Етап 3. Оцінювання економії енергії та економічних переваг від впровадження різних можливих заходів, вибір конкретної програми енергозбереження для першочергового впровадження, підготовка ключових технічних і економічних даних, надання керівництву підприємства звіту про енергетичний аудит, ухвалення рішення про проведення подальшої роботи з енергозбереження і укладання угоди про подальшу діяльність.

Етап 4. Впровадження програми енергозбереження, запуск системи енергетичного менеджменту, продовження діяльності щодо підвищення ефективності енергозбереження.

Успішна реалізація схеми енергетичного аудиту залежить від високої кваліфікації аудитора.

Він має знати:

- принципи роботи енергогенерувальних установок;
- процеси енергоспоживання (сушка, термооброблення, теплопостачання промислових підприємств і технологічних процесів, опалення, вентиляція і кондиціонування будівель, системи водопостачання, різання, плавлення, лиття тощо);
- основні енергетичні установки і системи (холодильні установки, компресорні станції, вентиляційні системи, системи освітлення, насоси, інші системи з електроприводами).

Він має вміти аналізувати доцільність використання того чи іншого енергоресурсу для забезпечення технологічних процесів на підприємстві.

5.3 Енергетичний менеджмент

Енергетичний менеджмент (ЕМ) дозволяє одержати докладну картину споживання енергії на підприємстві і порівняти ефективність існуючого споживання зі споживанням енергії на інших підприємствах.

Мета ЕМ – оцінювання проектів економії енергії та планованих заходів щодо енергозбереження на певному підприємстві.

Енергетичний менеджмент – це система керування енергоспоживанням на підприємстві, яка опирається на проведення типових вимірювань і перевірок та забезпечує таку роботу підприємства, коли споживається тільки необхідна (теоретично) для

виробництва кількість енергії. Це основний інструмент скорочення споживання енергії і відповідно підвищення ефективності її використання, а також зниження негативного впливу енергетики на навколишнє середовище. За впровадження нового для підприємства виду діяльності і загалом за енергетичну ефективність підприємства відповідає енергетичний менеджер.

Основні обов'язки енергоменеджера такі:

- участь у впорядкуванні карти споживання енергії на підприємстві, збирання даних про споживання ПЕР з використанням лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;

- упорядкування плану установа додаткових лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;

- збирання даних про потоки сировини, первинних енергоресурсів і готової продукції;

- розроблення пропозицій щодо підвищення ефективності використання енергії загалом і на окремих виробництвах;

- локалізація і впровадження заходів для економії енергії, що не потребують інвестицій або які можна реалізувати за рахунок мінімальних інвестицій;

- локалізація, оцінювання і визначення пріоритетності заходів для економії енергії, що потребують великих інвестицій;

- впорядкування схеми аварійного зупинення устаткування і варіантів енергопостачання для випадків аварійного припинення зовнішньої подачі енергії тощо;

- інформування персоналу підприємства про діяльність щодо енергетичного менеджменту та інформування про заходи, вжиті для економії енергії;

- упровадження нових технологій на існуючих і нових енергосистемах для підвищення енергоефективності виробництва;

- участь у розробленні виробничого плану і стратегії енергоспоживання на підприємстві.

Енергетичний менеджер зобов'язаний підтримувати власну інформованість у галузі енергетики, а також знати законодавство, систему оподаткування, питання захисту навколишнього середовища тощо. Перелік обов'язків енергетичного менеджера дуже широкий і потребує від нього різнобічних і глибоких знань.

Систему енергетичного менеджменту можна розглядати як сукупність таких етапів.

Перший етап – це запуск системи. Початок впровадженню системи енергетичного менеджменту може покласти енергетичний

аудит, який дасть уявлення про ситуацію в енергоспоживанні підприємства.

Другий етап – аналіз і порівняння реальних рівнів споживання з ключовими цифрами з літератури, інших підприємств тощо.

Третій етап – визначення стану і обрання пріоритетів у виконанні проектів заощадження енергії.

На *четвертому етапі* проробляють бюджет виконання обраних проектів. Цей бюджет будують на вже відомих цифрах питомого споживання енергії на підприємстві.

П'ятий етап – це контроль за споживанням енергоносіїв, рівень якого має не перевищувати того, який зазначено в бюджеті. На цьому етапі іноді вдається виявити додаткових несподіваних споживачів енергії і про-вести аналіз причин, через які вони виникають.

На цьому перший цикл замикається. Наступний починається з тієї самої процедури. Такі системи енергетичного аудиту та енергетичного менеджменту працюють на більшості підприємств, які випускають конкурентоспроможну продукцію в країнах Європейського союзу.

Найефективніше використання енергії пов'язано з такими основними показниками:

- високим рівнем використання загального обсягу виробництва (як-що обсяг виробництва 50 % від максимального (проектного) рівня, то до-сить складно домогтися високої ефективності використання енергії);

- раціональним підбором типу енергоносіїв для основних енергоєм-них виробництв;

- вихідною якістю сировини;

- ефективністю роботи окремих установок і систем загалом (котлів, агрегатів і т. ін.);

- низьким рівнем втрат у системах розподілу енергії (пари, стиснено-го повітря, електроенергії).

Основну увагу треба приділяти найбільш енергоємним виробничим системам як ТЕС, котельні установки, сушильне устаткування, устатку-вання подачі тепла для виробничих потреб, системи опалення і водопоста-чання, системи вентиляції і кондиціонування повітря, холодильні установки, системи освітлення, системи подачі стисненого повітря, насоси та ін.

Втрати енергії відбуваються у всіх компонентах системи, але вар-тість їх усунення різна. Тому, аналізуючи в процесі енергетичного мене-джменту можливості енергозбереження, треба підходити до таких

систем комплексно. Зазвичай розгляд доцільно починати з кінця системи: саме тут (у навантаженні) найчастіше криються найдешевші і швидко реалізовані можливості енергозбереження.

5.4 Енергозбереження

Розглянуті вище заходи – енергетичний аудит і менеджмент, спрямовані на підвищення ефективності виробництва і споживання енергії, тісно пов'язані із загальними організаційними заходами щодо енергозбереження

(Energy saving).

До них перш за все належать такі:

- розроблення законодавства і стандартів стосовно енергозбереження;
- впровадження обліку і контролю споживання енергоресурсів на всіх рівнях (від індивідуального споживача до регіону, галузі, держави загалом);
- перегляд цін і тарифів на енергоресурси, застосування державного нагляду за їх споживанням, скасування дотацій на споживання енергії та палива;
- визначення і підтримка оптимальних параметрів технологічних процесів;
- податки і штрафи за викиди в навколишнє середовище шкідливих речовин (Harmful matters);
- пільги на податки і кредити за впровадження енерго- і ресурсозбе-режних технологій, техніки, матеріалів;
- дотації населенню і підприємствам, які застосовують енергозбере-жну техніку, технології, матеріали та екологічно чисті енергоустановки і пристрої.

Проблема енергозбереження тісно переплітається з проблемами енергетики, екології, технічного переозброєння та структурної перебудови всієї економіки. Енергозбереженням на Україні керує Кабінет Міністрів через Держкоменергозбереження згідно із Законом «Про енергозбереження». Енергозбережна політика – орієнтований на довгострокову перспективу комплекс заходів для підвищення ефективності використання енерго-ресурсів в економіці держави за допомогою скорочення витрат кінцевої енергії на задоволення відповідних обсягів суспільних потреб, підвищення коефіцієнта корисного використання енергії завдяки вдосконаленню всього циклу видобування, виробництва, перетворення, розподілу і викорис-тання ПЕР, заміщення дорогих та обмежених за ресурсними можливостями

джерел енергії дешевшими та необмеженими, проведення дієвої структурної перебудови господарських комплексів із якнайширшим урахован-ням екологічних аспектів.

Основний потенціал енергозбереження зосереджено в галузях про-мисловості, що споживають найбільше енергоресурсів – енергетиці, мета-лургії, хімічній і нафтохімічній промисловості, виробництв і будівельних матеріалів , машинобудуванні, житлово-комунальному секторі. На підставі комплексного аналізу напрямів і заходів енергозбереження можна визна-чити такі його пріоритети:

- впровадження нових енергозбережних технологій та обладнання, зокрема збільшення частки вже освоєних енергозбережних технологій;
- зменшення матеріалоемності продукції (сировина, ефективніші матеріали, зменшення втрати матеріалів тощо);
- підвищення ступеня використання вторинних енергоресурсів;
- підвищення якості продукції;
- удосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів;
- впровадження засобів силової електроніки (регульований елект-ропривод, технологічні перетворювачі тощо);
- вдосконалення систем теплопостачання (джерела тепла, мережі теплопостачання, технологічні системи тощо);
- використання сучасних екологічно безпечних технологій спалю-вання низькоякісного вугілля;
- виробництво енергії за рахунок використання вторинних енерго-ресурсів без додаткового залучення палива;
- використання економічних систем і приладів електроосвітлення. До першочергових енергозбережних заходів належать:
- впровадження сучасних енергоефективних технологій (інтенсифі-кація процесу спалювання газу і твердого палива);
- впровадження економічних паливних пристроїв та пальників, установок для утилізації теплових відходів з метою підвищення рівня ви-користання вторинних енергоресурсів;
- впровадження тиристорних приводів частотного регулювання споживання електроенергії;
- встановлення сучасних приладів та систем обліку виробництва, транспортування та споживання енергоресурсів (природний газ, електрич-на і тепла енергія, вода тощо);
- автоматизація енерготехнологічних процесів;
- створення енергоефективних демонстраційних зон у галузях сус-пільного виробництва та об'єктах бюджетної сфери;

- розроблення та впровадження енергоефективних люмінесцентних та інших ламп освітлення та електронної пускорегулювальної апаратури до них;
- залучення в паливно-енергетичний баланс регіонів місцевих палив;
- впровадження маловитратних організаційно-технічних заходів;
- використання нетрадиційних палив та відновлюваних джерел енергії.

Найбільше палива в Україні витрачають для виробництва теплової енергії. Тому підвищення енергоефективності в цьому секторі навіть на декілька відсотків знижує загальну потребу країни в ПЕР на сотні тисяч тонн умовного палива. При цьому провідну роль у складі великих систем відіграє потужне, найекономічніше устаткування для комбінованого виробництва теплоти та електроенергії.

Енергетики Західної Європи дотримуються думки, що частка електричної енергії, виробленої ТЕЦ, у загальному балансі має становити близько 50 %. В Україні вона поки ще не перевищує 7 %, тоді як у Фінляндії в 1997 р. становила 34 % від загальної встановленої потужності. У муніципальній енергетиці Фінляндії пропорція комбінованого виробництва теплоти та електроенергії майже найвища у світі – 76 %.

На Україні історично переважає система централізованого теплопо-стачання, що до недавнього часу була характерна лише для країн колишнього СРСР і деяких інших країн (Фінляндії, Данії, Норвегії, Швеції). Останнім часом централізовані системи (перш за все на базі технологій теплофікації та когенерації) набули подальшого розвитку в багатьох розвинутих країнах світу, наприклад у США, Великій Британії, Німеччині. Порівняння техніко-економічної ефективності роздільної та комбінованої схеми виробництва теплової енергії свідчить, що економія палива в умовах комбінованого виробництва сягає 18...22 % на рік, щорічні витрати зменшуються на 20...25 %, а шкідливі викиди CO₂ – на 20 %.

Вагомий потенціал енергозбереження має комунально-побутовий і житловий сектор, на частку якого припадає близько 30 % споживання енергії в Україні. Особливої уваги заслуговує питання розміщення об'єктів комунальної та децентралізованої енергетики. Слід зауважити, що найбільші втрати виробленої електроенергії мають регіони, віддалені від ТЕС і АЕС на значні відстані (Крим, Одеська, Рівненська, Волинська, Житомирська області, південні частини Херсонської,

Запорізької і Донецької областей). Сюди належать і села України, до яких прокладено ЛЕП невисокої напруги (6, 10 кВ). Як показують розрахунки фахівців США, передавання електроенергії напругою 11 кВ на відстань більше 5 км, виходячи з діючих тарифів, є збитковим через високі питомі і абсолютні втрати енергії.

Дослідження в галузі ефективного перетворення енергії охоплюють широке коло проблем. Базові теплоенергетичні процеси характеризуються поступовим зменшенням енергетичного потенціалу робочого тіла. Завдання полягає не тільки в підвищенні цього потенціалу збільшенням кількості енергії, яку можна перетворити на роботу, але й у створенні процесів перетворення теплової енергії з мінімальними тепловими втратами, можливість подальшого корисного використання низькотемпературної теплової енергії в інших процесах і, нарешті, з максимальним зниженням впливу енергетики на навколишнє середовище.

5.5 Економіка теплоенергетики

Теплоенергетичний об'єкт для здійснення своєї діяльності повинен мати кваліфікований персонал, засоби виробництва, основні фонди та оборотні засоби.

Основні фонди – сукупність матеріально-речовинних цінностей, які тривалий час беруть участь у процесі виробництва продукції, зберігаючи при цьому свою натуральну форму, а їх вартість поступово переноситься на вироблену теплову та електричну енергію. Основні фонди поділяються на активні (машини, обладнання, інструмент, інвентар тощо) та пасивні (будівлі, склади, лабораторії, дороги тощо).

Оборотні засоби – сукупність власних та запозичених грошових засобів, яка сприяє грошовому кругообігу і забезпечує безперервність процесу виробництва теплової та електричної енергії. В теплоенергетиці орієнтовна структура оборотних фондів така: паливо – 85 %; запчастини, матеріали – 11 %; інші запаси, включаючи витрати майбутніх періодів 4 %.

Перед розробленням проекту будівництва або реконструкції тепло-енергетичного об'єкту виконують **техніко-економічне обґрунтування**. Це передпроектна документація, в якій здійснюються прогнозні розрахунки, доповнюється або конкретизується схема розвитку території, обирається оптимальний варіант з найбільшим економічним, екологічним та енергетичним ефектом.

Кожен проект розробки або реконструкції теплоенергетичного

об'єкту закінчується визначенням *техніко-економічних показників*:

- встановлена потужність об'єкту, МВт;
- одинична потужність теплоенергетичного обладнання, МВт;
- параметри виробленого енергоносія (тиск, температура, витрата);
- річні витрати умовного палива, т. у. п./рік;
- річний відпуск теплової (ГДж/рік) та електричної (МВт·год/рік) енергії;
- річні витрати теплової та електричної енергії на власні потреби;
- питомі капіталовкладення (грн/кВт);
- питомі витрати умовного палива (кг у. п./ГДж), (кг у. п./МВт·год);
- собівартість виробленої теплової та електричної енергії (грн/ГДж) або (грн/МВт·год).

Повна *собівартість виробництва енергії* включає виробничу собівартість, адміністративні витрати, витрати на збут. До виробничої собівартості відносять:

- вартість палива, води, енергії, допоміжних матеріалів, запасних частин та інших предметів, послуг виробничого характеру;
- основну та додаткову заробітну плату, матеріальну допомогу та інші виплати, нарахування на соціальні заходи і страхування;
- амортизацію основних засобів та інших активів, орендну плату, втрати від браку;
- витрати, пов'язані із управлінням виробництвом та обслуговуванням виробничого процесу.

Тарифи на енергетичну продукцію є важливою техніко-економічною категорією. Такі тарифи встановлюються як франко-споживач, тобто враховують витрати на транспортування енергії до споживача.

Основою для визначення тарифу є повне покриття собівартості виробництва продукції.

Тарифи на енергетичну продукцію повинні визначатись з врахуванням таких принципів:

- кожна працююча система повинна мати можливість відшкодувати витрати на виробництво, транспортування та збут продукції, крім того їй повинно бути гарантовано отримання прибутку, достатнього для розрахунків з держбюджетом, виплати банківських кредитів, утворення фондів економічного стимулювання;
- створення умов стимулювання споживачів до використання енергоефективного обладнання;
- забезпечення правильного співвідношення між ціною палива та

теплової і електричної енергії.

Прибуток – це частина доходу підприємства, що залишається після відшкодування усіх витрат, пов'язаних із виробництвом і реалізацією енергії. Прибуток є основним фінансовим показником господарської діяльності підприємства, це джерело стимулювання працівників та впровадження інноваційних проектів.

Рентабельність виробництва – показник фінансово-господарської діяльності підприємства, визначається як відношення прибутку до суми вартості виробничих фондів і величини оборотних засобів.

Рентабельність продукції – відношення прибутку, отриманого від діяльності підприємства, до собівартості виробної енергії.

Контрольні запитання

1. Наведіть заходи для покращення екологічної, енергетичної та економічної ситуації в теплоенергетиці.
2. Поясніть призначення та особливості консалтингових схем.
3. Що таке енергетичний аудит? З яких етапів він складається?
4. Наведіть основні організаційні заходи щодо енергозбереження.
5. Поясніть заходи, що приводять до енергозбереження на підприємствах, в комунальному секторі, в будівництві, транспорті, побуті. Проілюструйте прикладами.
6. Поясніть поняття основні фонди та оборотні засоби. Наведіть приклади з теплоенергетичних об'єктів.
7. Проаналізуйте як формується собівартість та тарифи на теплоенергетичну продукцію.
8. Наведіть основні техніко-економічні показники теплоенергетичного об'єкту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іванов А. Й. Промислова теплоенергетика (вступ до спеціальності) : навч. посіб. / А. Й. Іванов, Д. М. Пархоменко, Ю. Л. Курбатов. – К. : НМК ВО, 1992. – 228 с.
2. Чепурний М. М. Енергозбережні технології в теплоенергетиці : навч. посіб. / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 115 с.