***Практична 1***

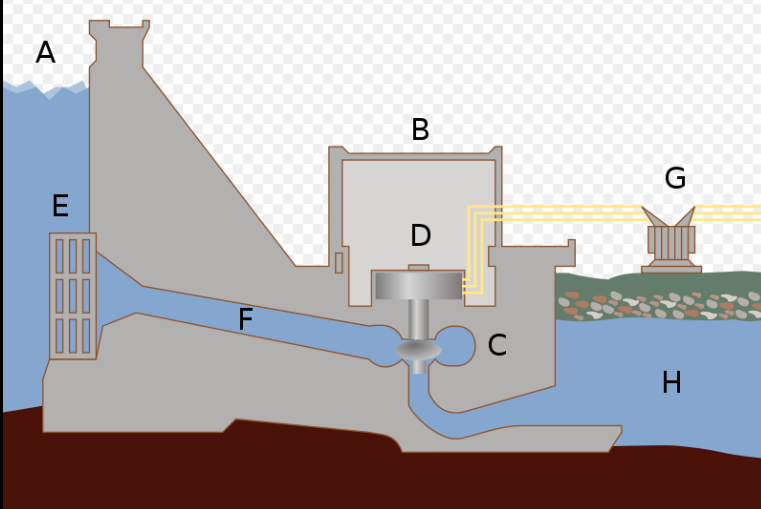
***Побудова феноменологічних моделей***

***енергетичних комплексів***

**Електрогенерація**

***Комплекс гідроелектростанції***

Гідроелектростанції використовують перепад води для генерації електроенергії. Турбіна перетворює кінетичну енергію води в механічну енергію. Потім генератор перетворює механічну енергію турбіни в електричну енергію.



Дамба гідроелектростанції A - водосховище, B - електростанція, C - турбіна, D - генератор, E - водозабірна труба, F - напірний трубопровід, G - міжміські лінії електропередач, H - річка

Об᾽єкти моделювання: **гідротурбіна, генератор.**

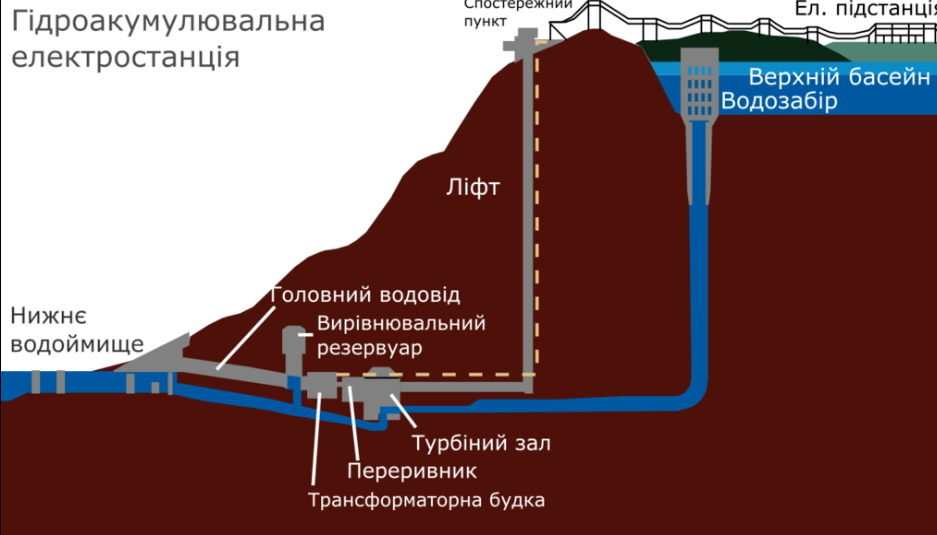
Феноменологічна схема гідроенергетичних процесів (рис. ):



Для ГАЕС додатково:

Насоси перекачування води з нижнього водоймища у верхній басейн

На гідроакумулюючих електростанціях (ГАЕС) при надлишку електроенергії насос закачує воду у верхній резервуар ГАЕС, перетворюючи електричну енергію на потенціальну енергію стовпа води. Накопичена вода використовується для виробництва електроенергії в гідротурбінах для покриття піків споживання. Об᾽єкти моделювання: **гідротурбіна, генератор, трубопровідний транспорт, насоси.**



**Атомні електростанції.**

Теплова енергія, яка виділяється в процесі ядерної реакції використовується у паровому циклі Ренкіна.

Найпоширенішою конструкцією є **водо-водяний реактор** під тиском (ВВЕР). У першому контурі вода нагрівається до більш ніж 300°C, при тиску достатньому для збереження робочого тіла у рідкому стані, та використовується для виробництва пари у другому контурі. Отримана пара використовується у **паротурбінній установці.**

Менш розповсюджені **киплячі реактори,** де пара виробляється безпосередньо в реакторі та направляється до турбіни при подібних температурі та тиску.

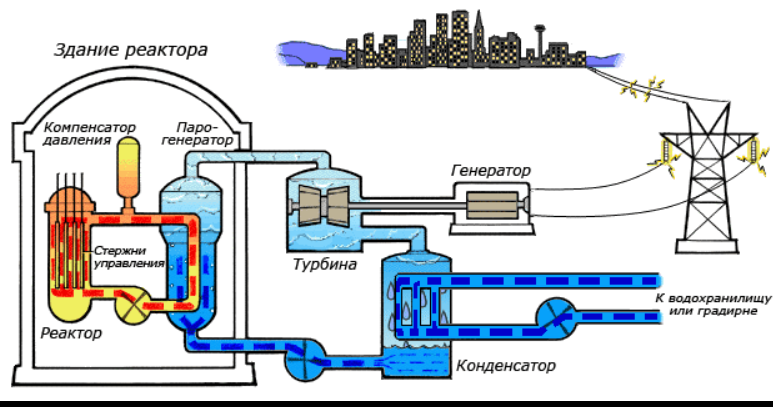


Схема роботи атомної електростанції з водо-водяним реактором.

Інтерактивна схема.

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80> <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>

**Водно-водяний ядерний реактор** ([англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Pressurized water reactors (****PWR****)*) — [реактор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80), який використовує в ролі [сповільнювача](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1%87_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2) та [теплоносія](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0) звичайну ([легку](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80)) воду. Найпоширеніший у світі тип водо-водяних реакторів — з водою під тиском. У країнах колишнього СРСР діють реактори [ВВЕР](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80), в інших країнах загальна назва таких реакторів PWR (Реактор з водою під тиском, [англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Pressurized water reactor*).

Активна зона водно-водяного реактора складається з тепловидільних збірок, заповнених пластинчастими або циліндричними [тепловидільними елементами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82). Корпус тепловидільної збірки виготовляють з листового матеріалу ([алюмінію](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%B9), [цирконію](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B9)), що слабко поглинає [нейтрони](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD). Збірки розміщують в циліндричній клітці, яку разом зі складками поміщають у корпус реактора. Кільцевий простір між ним і зовнішньою стінкою клітки, заповнений водою, виконує роль [відбивача](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%B1%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%87_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2). Вода, проходячи знизу вгору через зазори між тепловидільними елементами, охолоджує їх. Таким чином, вона виконує роль теплоносія, сповільнювача та відбивача. Корпус реактора розрахований на міцність, виходячи з тиску води. Горловина корпусу закривається герметичною кришкою, яку знімають при завантаженні та вивантаженні тепловидільних збірок.

У фізичних водно-водяних реакторах зазвичай використовують воду під атмосферним тиском. Корпуси таких реакторів герметичної кришки не мають, і вода в них перебуває під атмосферним тиском (має відкритий рівень).

Енергетичні водно-водяні реактори (зокрема, [ВВЕР](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80)) повинні працювати з використанням води під тиском.



6. **Передача генерованої електроенергії**

Феноменологічна схема роботи атомної електростанції з водо-водяним реактором



6. **Конденсаційний контур**

Феноменологічна схема роботи атомної електростанції з киплячим реактором

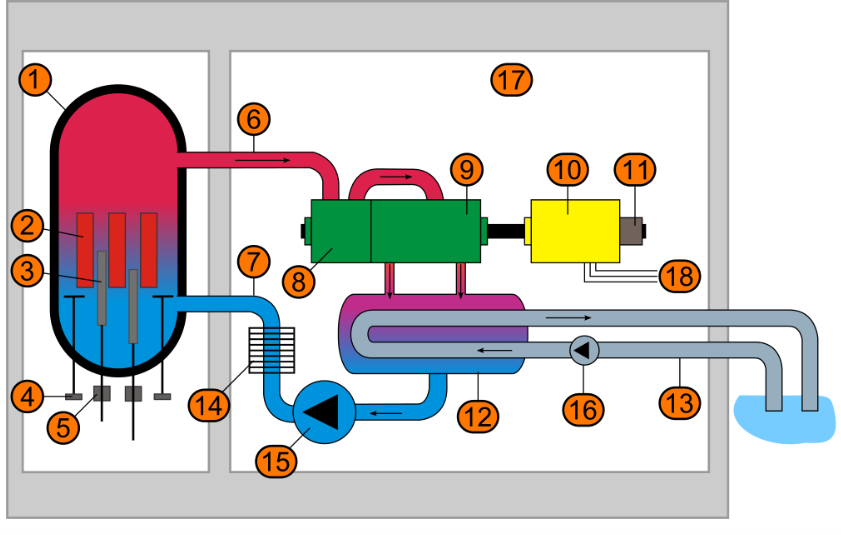


Схема роботи атомної електростанції з киплячим реактором 1. Корпус реактора (КР) 2. [Тепловиділяючі збірки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D1%8F%D1%8E%D1%87%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0) 3. [Стрижні](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%8E%D1%87%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82&action=edit&redlink=1) управління і захисту 4. Циркуляційні [насоси](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81) (ЦН) 5. Приводи стрижнів СУЗ 6. Пара на турбіну 7. Живильна вода 8. Циліндр високого тиску [турбіни](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0) (ЦВТ) 9. Циліндр низького тиску [турбіни](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0) (ЦНТ) 10. [Турбогенератор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) 11. Збудник 12. [Конденсатор](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)&action=edit&redlink=1) 13. Гідротранспортний трубопровід конденсатора 14. Підігрівач живильної води 15. Живильний насос 16. Конденсатний насос 17. Залізобетонна оболонка 18. Підключення до мережі

**Кипля́чий я́дерний реа́ктор** ([англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Boiling Water Reactor* (BWR)) — [енергетичний](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) [ядерний реактор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80), в якому пароводяну суміш отримують безпосередньо в [активній зоні](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0).

В [АЕС](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%95%D0%A1) з не киплячими реакторами температура води в першому контурі нижче температури кипіння при встановленому робочому тиску для даних типів реакторів. Для отримання прийнятного коефіцієнта корисної дії необхідні температури (більше 300 °C), це можливо тільки при високому тиску (в реакторах [ВВЕР-1000](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%95%D0%A0-1000) робочий тиск у корпусі 15,7 [МПа](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C_(%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D0%A1%D0%86))), що вимагає створення високоміцного корпусу. Насичена водяна пара під тиском 1,2–6,0 МПа при температурі до 330 °C виробляється в другому контурі. У киплячих реакторах пароводяну суміш отримують в активній зоні. Тиск води в першому контурі становить близько 7,0 МПа. При цьому тиску вода закипає в об'ємі активної зони вже при температурі 280 °C. Киплячі реактори мають ряд переваг в порівнянні з не киплячими. У киплячих реакторах корпус працює при нижчому тиску, у схемі АЕС немає [парогенератора](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80).

Киплячі реактори монтуються в [гермооболонці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0) (контайнменті), в якій також монтуються системами зниження тиску. Контайнмент складається з двох головних частин — сухої шахти (сухого боксу) реактора ([англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *dry-well*) і бака-барботера ([англ.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *wet-well*). У випадку аварії з втратою теплоносія в межах гермооб'єму, пара направляється за допомогою козирків (напрямних апаратів) в бак-барботер з водою, де відбувається її конденсація. На додаток є також системи з розпиленням води в гермооб'ємі.

Ще одна особливість киплячих реакторів полягає в тому, що у них відсутнє борне регулювання, компенсація повільних змін [реактивності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) (наприклад: вигорання палива) виконується лише міжкасетними поглиначами, які виконані у вигляді хреста. Борне регулювання неефективне через високу розчинність [бору](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80_(%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)) в парі (більша його частина буде виноситися в [турбіну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)). Бор вводять лише на час перевантаження палива для створення глибокої [підкритичності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0).

У більшості киплячих реакторів [поглинаючі стрижні](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%8E%D1%87%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82&action=edit&redlink=1) системи управління і захисту (СУЗ) розташовуються знизу. Таким чином значно підвищується їх ефективність, так як максимальний [потік](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%BA) [теплових нейтронів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8) зміщений у реакторах цього типу в нижню частину [активної зони](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0). Така схема також зручніша при перевантаженнях [палива](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE) та звільняє верхню частину реактора від приводів СУЗ, дозволяючи таким чином більш ефективно організувати [сепарацію пари](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B8&action=edit&redlink=1)

Для стійкої роботи киплячого [корпусного реактора](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) вибирають такий режим, при якому масова **кількість пари** не перевищує певну величину. При великих значеннях масової кількість пари робота реактора може бути нестійкою. Така нестійкість пояснюється тим, що пара витісняє воду з активної зони, а це збільшує довжину уповільнення нейтронів LS. При дуже бурхливому кипінні значення LS зростає настільки, що реактор отримує негативну (від'ємну) [реактивність](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0) і потужність реактора починає падати.

Зниження потужності зменшує інтенсивність кипіння, масову кількість пари, а значить, і довжину уповільнення нейтронів. У результаті такого процесу реактивність стає позитивною, після чого потужність реактора і внаслідок чого інтенсивність кипіння починають зростати. Відбувається небезпечне для конструкції реактора і персоналу, який його обслуговує, коливання потужності.

Якщо **паровміст** нижче допустимого, таких небезпечних коливань потужності не відбувається, реактор саморегулюється, забезпечуючи стабільний режим роботи. Так, зниження рівня потужності та зменшення інтенсивності кипіння звільняє реактивність, що забезпечує повернення рівня потужності до вихідного положення. Паровміст води на виході з активної зони залежить від питомої потужності. Тому допустимий паровміст, нижче якого забезпечується стійка робота киплячого реактора, обмежує потужність реактора з заданими розмірами активної зони. При такому обмеженні з одиниці об'єму киплячого реактора знімається менша потужність, ніж з одиниці об'єму некиплячого реактора. Це істотний недолік киплячих реакторів.

Вказані процеси характерні для активної зони, в якій об'єм води-уповільнювача надлишковий щодо оптимальної її кількості, що визначається з відношення об'єму води до об'єму палива. У цьому випадку зменшення кількості води-уповільнювача нейтронів в активній зоні через кипіння наближає співвідношення обсягів сповільнювача й палива до оптимального і призводить до збільшення властивості «розмноження» палива.

У разі затиснутої активної зони, в якій води відносно бракує навіть за відсутності кипіння, поява кипіння буде супроводжуватися зниженням потужності через нестачу уповільнення нейтронів на воді і погіршення «розмножуючих» властивостей такої активної зони.

Енергетичні об᾽єкти моделювання: **водо-водяний реактор, паротурбінна установка, киплячі реактори, електрогенератор.**

**Теплоелектростанції: Газотурбінна електростанція**

**Газотурбінна електростанція** — теплова [електростанція](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F), в якій, для приведення в рух електричного **генератора**, використовується[газова турбіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0) ([тепловий двигун](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD) безперервної дії, в апараті лопаток якого — енергія стислого і нагрітого газу перетворюється в механічну роботу на валу).

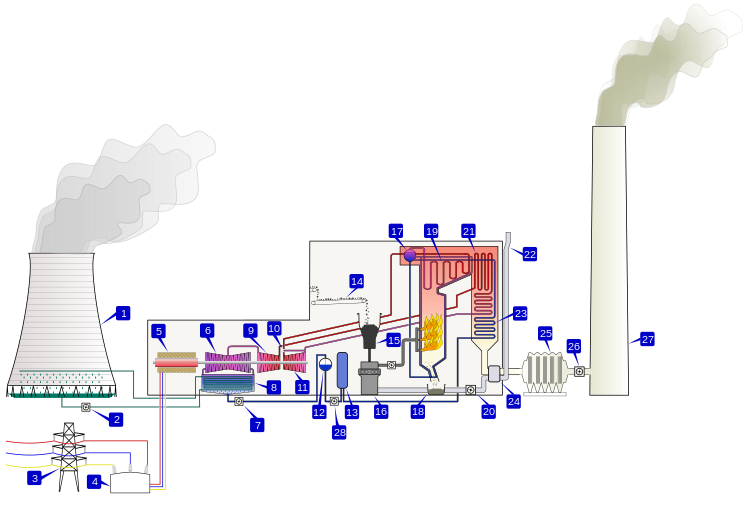
Більш розлого, газова електростанція — це теплова електростанція, яка спалює природний газ для виробництва електроенергії. Електростанції на [природному газі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7) виробляють майже чверть [світової електроенергії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97) та значну частину загальних викидів [парникових газів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B8), отже — змінюють клімат. Однак, вони можуть забезпечувати сезонне диспетчеризоване вироблення електроенергії, щоб збалансувати змінну в часі енергію від відновлюваних джерел там, де [гідроелектростанції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F) або з'єднувальні лінії недоступні.

[Україна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0), зокрема, є одним із виробників у світі газотурбінних електростанцій невеликої потужності.

Об᾽єкти моделювання: **газова турбіна, електрогенератор.**

**Теплоелектростанції: Спалювання вугілля у факелі на ТЕС.**

Використовується паровий цикл Ренкіна – розмелене вугілля (**подрібнення у барабанних млинах до -100 мкм**) системою **пневмотранспотру** подається у топку **парового котла**, а отримана пара з високою температурою та тиском обертає **парову турбіну**.



**Типова схема теплової електричної станції, що працює на вугіллі**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. [Охолоджувач](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9E%D1%85%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%87&action=edit&redlink=1) пари | 10. [Клапан](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%BD) контролю пари | 19. **Головний контур**[теплообмінника](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) |
| 2. [Водяний насос](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81&action=edit&redlink=1) | 11. [Турбіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)**пари високого тиску** | 20. Насос гарячого повітря |
| 3. [Високовольтна лінія](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BB%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%8F&action=edit&redlink=1) | 12. Водяний [дозатор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) | 21. **Вторинний контур** [теплообмінника](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) |
| 4. Підвищувальний [трансформатор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) | 13. Водяний нагрівач | 22. Вхідна труба для повітря |
| 5. [Електричний генератор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) (3-фази) | 14. [Конвеєр](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%94%D1%80) для вугілля | 23. **Первинний контур**[теплообмінника](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) |
| 6. [Турбіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)**низького тиску** | 15. [Бункер](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%80_(%D1%94%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)) для вугілля | 24. Повітряний **теплообмінник** |
| 7. Водяний насос | **16.**[Вугільний ежектор](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&redlink=1) | 25. **Фільтрувальна установка** |
| 8. Збірник конденсату | 17.[Паровий котел](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB) | 26. Витяжний вентилятор |
| 9. [Турбіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)**середнього тиску** | 18. [Бункер](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%80) золи | 27. [Димова труба](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B0) |

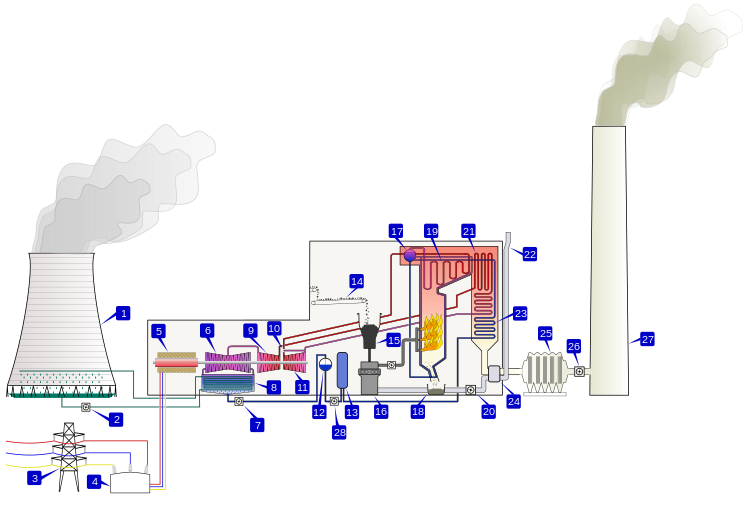
Спалювання вугілля у факельних котлах призводить до утворення величезної кількості шкідливих викидів, зокрема SOx, NOx, зола тощо. Контроль викидів пиловугільних енергоблоків є дуже витратним.

**Енергоблоки з докритичними параметрами пари**. Вода нагрівається у барабанному котлоагрегаті для виробництва пари при тиску меншому від критичний (22,1 MПа). Найбільш ефективні енергоблоки даного типу досягають ККД 38%. Питомі капіталовкладення у докритичний енергоблок на 10-20% нижчі ніж у надкритичний блок.

**Енергоблоки з надкритичними та ультра-надкритичними** (USC) параметрами пари. Надкритичні енергоблоки використовують пару тиском 24-26 MПа, температурою до 580°C та демонструють ефективність до 42-43%. Сучасні USC блоки працюють при температурі до 620°C, та тиску 25-9 MПa. Питомі капіталовкладення USC можуть бути на 10% вищими ніж у суперкритичних енергоблоків, внаслідок використання дорогих матеріалів та технологій.

Перспективні Ультра-надкритичні (A-USC) технології. Розвиток A-USC спрямований на досягнення ефективності 50% та вище, це вимагає температури пари 700-760°C та тиску 30-35 MПа. Матеріали для високотемпературних елементів базуються на нікелевих сплавах.

Об᾽єкти моделювання: **процес подрібнення вихідного вугілля, процес пневмотранспортування і вдування (ежектування) вугілля в ядро факела, процес горіння вугілля у факелі, паровий котел, процеси теплообміну, парова турбіна, електрогенератор.**

****

1. **Подрібнення + термосушка вугілля**

2. **Ежектування і пневмотранспорт вугільного пилу в топку**

3 **Спалювання вугілля у факелі**

4. **Теплообмін**

5. **Пароутворення**

6. **Парова турбіна**

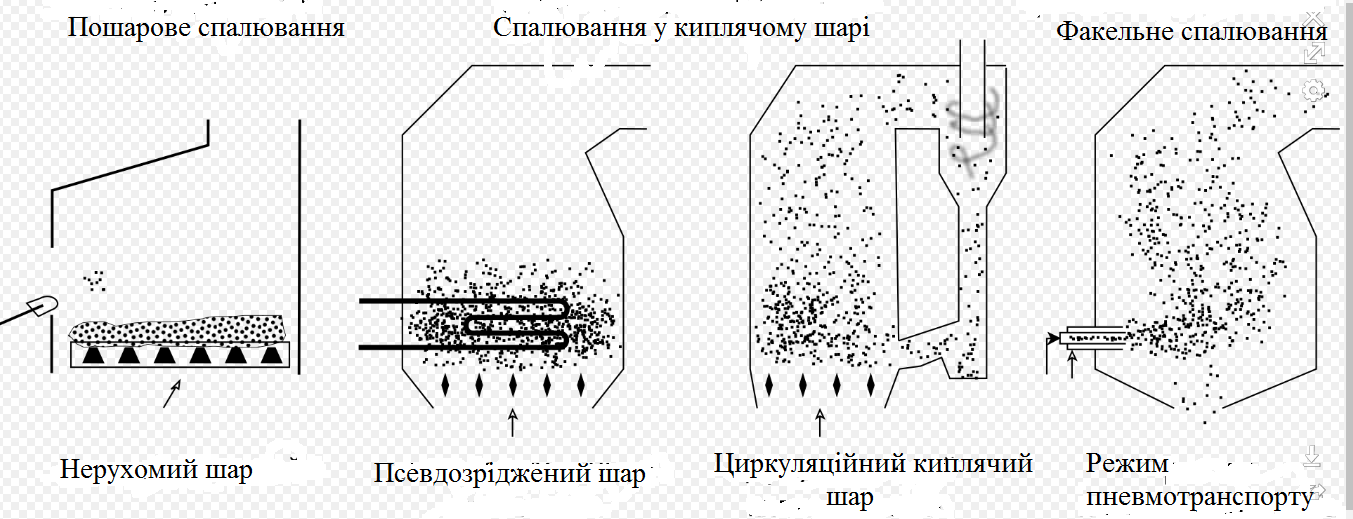
7. **Електрогенератор**

8**. Трансформація генерованої електроенергії**

9. **Передача генерованої електроенергії**

**Теплоелектростанції: Спалювання вугілля у киплячому шарі на ТЕС.**

**Спалювання в киплячому шарі** — одна з технологій спалювання [твердих палив](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B5_%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE) в енергетичних [котлах](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB), при якій у [топці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B0) створюється [киплячий шар](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%87%D0%B8%D0%B9_%D1%88%D0%B0%D1%80) з частинок палива та негорючих матеріалів. Технологія була привнесена в [енергетику](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) з [хімічної промисловості](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) приблизно в [1970](https://uk.wikipedia.org/wiki/1970) роки для спалювання [вугілля](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F). На сьогоднішній день ця технологія спалювання вважається застарілою.



Технології спалювання в киплячому шарі

У енергоблоках, оснащених котлами з ***циркулюючим киплячим шаром*** *(ЦКШ)* використовується паровий цикл Ренкіна. Вугілля лише подрібнюється, але не розмелюється, а спалювання здійснюється при температурах нижчих ніж у пиловугільному котлі. Висхідний потік повітря підтримує у топці турбулентний шар вугілля та золи. Великі частинки вугілля, які виносяться повітрям сепаруються та повертаються до шару. Технологія підходить для використання широкого спектру палив, у тому числі низькоякісних.

Технологія не вимагає витратної очистки вихідних газів. Внаслідок зниженої температури у топці викиди NOX є низькими. Додавання вапна у киплячий шар дозволяє зв’язати до 95% SO2.

Об᾽єкти моделювання: **газова турбіна, парова турбіна, електрогенератор, топка з киплячим шаром.**

**Теплоелектростанції: Парогазова установка**

**Парогазова установка** (англ. Combined Cycle Gas Turbine, CCGT) — частина електрогенеруючої станції ([ТЕС](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%95%D0%A1), [ТЕЦ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%95%D0%A6), [ГРЕС](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%A0%D0%95%D0%A1)), що служить для виробництва електроенергії.

Парогазова установка містить два окремих [двигуна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD)**:**[паросиловий](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)**і**[газотурбінний](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD)**.**

У газотурбінній установці турбіну обертають газоподібні продукти згоряння палив. Паливом може служити як [природний газ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7), і продукти [нафтової](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0) промисловості ([дизельне паливо](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE)).

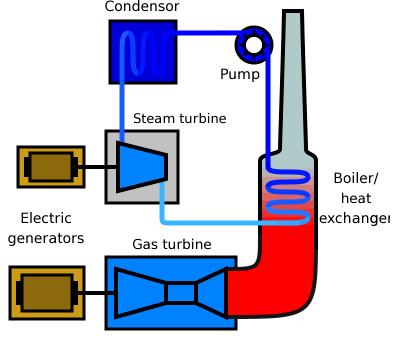


Схема роботи парогазової установки, електрика одержується двічі — за допомогою газової, а потім парової турбіни.

На одному валу з турбіною знаходиться **електрогенератор,** який за рахунок обертання ротора виробляє [електричний струм](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC). Проходячи через **газову турбіну**, продукти згоряння віддають лише частину своєї енергії і на виході з неї, коли їх [тиск](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%81%D0%BA) вже близько до атмосферного і робота не може бути ними виконана, все ще мають високу температуру. З виходу газової турбіни продукти згоряння потрапляють у паросилову установку, в котел-утилізатор, де нагрівають воду і утворюється [водяна пара](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0). Температура продуктів згоряння достатня для того, щоб довести пару до стану, необхідного для використання в **паровій турбіні** ([температура](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) димових газів близько 500°C дозволяє отримувати перегріту пару при [тиску](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%81%D0%BA) близько 100 атмосфер. Парова турбіна приводить в дію другий електрогенератор (схема multi-shaft).

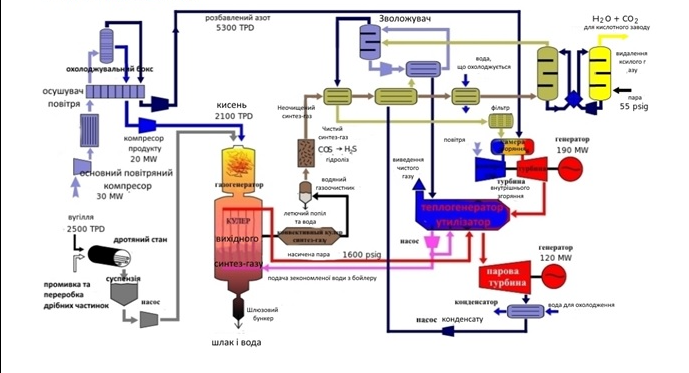
Широко поширені парогазові установки, у яких парова та газова турбіни знаходяться на одному валу, у цьому випадку використовується тільки один, найчастіше двопривідний генератор (схема single-shaft). Така установка не може працювати в газовому режимі (з непрацюючим паровим контуром), так як парова турбіна не може обертатися без пари (потрібна пара на холостому ходу, для охолодження). Також часто пара з двох блоків ГТУ-котел-утилізатор направляється в одну загальну паросилову установку (дуплексна схема).

Іноді парогазові установки створюють з урахуванням існуючих старих паросилових установок (схема topping). У цьому випадку гази, що йдуть, з нової газової турбіни скидаються в існуючий паровий котел, який відповідним чином модернізується. [ККД](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9A%D0%94) таких установок, як правило, нижче, ніж у нових парогазових установок, спроектованих та побудованих «з нуля».

Об᾽єкти моделювання: [**паросиловий**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)**і**[**газотурбінний**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD) **двигуни, газова турбіна, парова турбіна, електрогенератор**.

**Теплоелектростанції: Парогазова установка з газифікацією вугілля (IGCC).**

Використовується комбінація парового циклу Ренкіна та газового циклу Брайтона. В **газифікатор**і з вугілля виробляється синтез-газ, він очищується та подається до газової турбіни, після якої тепло вихідних газів утилізується для виробництва пари, яка обертає парову турбіну**.**

У процесі газифікації синтез-газ можна виробляти з широкого спектра вуглецевмісної сировини, наприклад, високосірчистого вугілля, важких нафтових залишків і біомаси. Рослина називається комплексною, тому що (1) синтез-газ, що отримується в розділі газифікація, використовується як паливо для газової турбіни в комбінованому циклі, і (2) пар, що виробляється синтез-газовими кулерами в розділі газифікація, використовується в паровій турбіні в [змішаному циклі](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%97%D0%BC%D1%96%D1%88%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%83_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D1%96&action=edit&redlink=1). На цьому прикладі виробництво синтез-газу використовується як паливо в **газовій турбіні[[1]](#footnote-1),** яка виробляє електричну енергію. У звичайному змішаному циклі, так званих "відходів тепла" від вихлопу газової турбіни використовується в котлі-утилізаторі (ку) для виробітку пари для **парової турбіни** циклу. На КЦКГ рослина підвищує загальну ефективність процесу шляхом додавання більш високої температури пари, що утворюється в процесі газифікації в паротурбінному циклі. Ця пара потім використовується в парових турбінах для виробництва додаткової електричної потужності.

**Складність та витратність технології IGCC поки не дозволя**ють їй досягти промислових масштабів розповсюдження. Успішно експлуатуються декілька демонстраційних станцій потужністю 250-300 MВт з ефективністю на рівні 50%.

Об᾽єкти моделювання: **газифікатор, газова турбіна, парова турбіна, електрогенератор**.

### Альтернативна електроенергетика

До альтернативної електроенергетики належать способи генерування електроенергії, що мають низку переваг порівняно з «традиційними» (згаданими вище), але з різних причин не отримали достатнього поширення. Основними видами альтернативної енергетики є:

[*Вітроенергетика*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — використання кінетичної енергії вітру для отримання електроенергії.

Об᾽єкти моделювання: **вітротурбіна, генератор.**

[*Сонячна енергетика*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (геліоенергетика) — отримання електричної енергії з енергії сонячних променів.

Об᾽єкти моделювання: **сонячні модулі (фотопанелі).**

Загальними недоліками вітро- і геліоенергетики є відносна мала потужність генераторів при їх високій вартості. Також в обох випадках обов'язково потрібні акумулювальні потужності на нічний (для геліоенергетики) і безвітряний (для вітроенергетики) час.

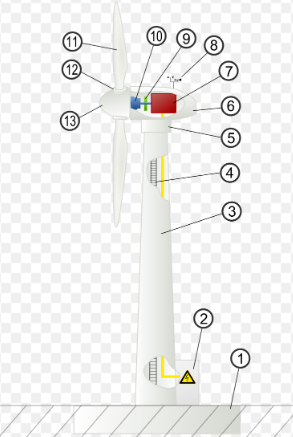
[*Геотермальна енергетика*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — промислове отримання енергії, зокрема електроенергії, з гарячих джерел, термальних підземних вод. По суті геотермальні станції є звичайними ТЕС, на яких джерелом тепла для нагрівання пари замість котла чи ядерного реактора використовуються підземні джерела тепла з надр Землі. Недоліком таких станцій є географічна обмеженість їх застосування: геотермальні станції рентабельно будувати лише у регіонах тектонічної активності, тобто, там, де ці природні джерела тепла є найдоступнішими.

Об᾽єкти моделювання: **процес ліфтингу теплоносія,** **сепаратор вода/пара, парова турбіна, теплообмінник. Також: геологічне моделювання теплових підземних колекторів.**

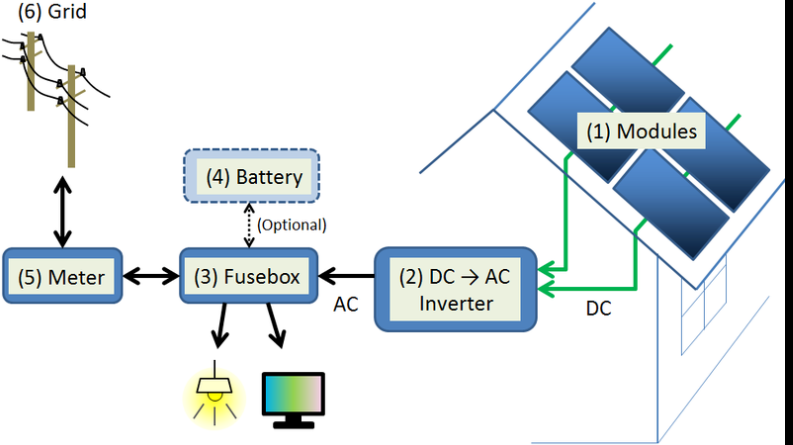
***Воднева енергетика*** — використання водню як енергетичного палива має великі перспективи: водень має дуже високий [ККД](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B4%D1%96%D1%97) згоряння, його ресурс практично не обмежений, спалювання водню є абсолютно екологічно чистим (продуктом згоряння в атмосфері кисню є дистильована вода). Однак повною мірою задовольнити потреби людства воднева енергетика поки що не може через дорожнечу виробництва чистого водню і технічні проблеми його транспортування у великих кількостях.

Об᾽єкти моделювання: **процес спалювання водню, парова турбіна, електрогенератор.**

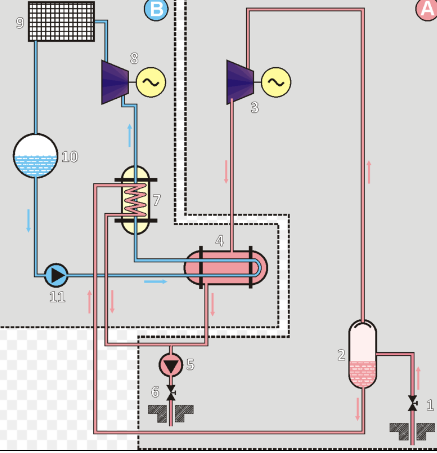
Варто також відзначити такі альтернативні види гідроенергетики: [*припливну*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F) і [*хвильову*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%85%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D1%8C) енергетику. У цих випадках використовується природна кінетична енергія морських припливів і вітрових хвиль відповідно. Поширенню цих видів електроенергетики заважає необхідність збігу дуже багатьох чинників при проектуванні електростанції: необхідним є таке узбережжя, на якому припливи (і хвилювання моря відповідно) були б досить сильними і сталими.



Конструкція вітроенергетичної установки:1-фундамент, 2-підключення до електричної мережі, 3-вежа, 4-драбина для доступу технічного персоналу до обладнання, 5-система орієнтації за вітром, 6-корпус, 7-електричний генератор, 8-анемометр, 9-електрична або механічна муфта зчеплення, 10-коробка перемикання передач, 11-лопаті, 12-система зміни кута атаки лопаті, 13-кришка механізму зміни кута повороту лопаті



Структурна схема сонячної електростанції: 1-сонячні модулі (фотопанелі), 2-електричний інвертор, 3-блок запобіжників, 4-акумуляторні батареї, 5-лічильник електроенергії, 6-електрична мережа



Принципова схема роботи [геотермальної електростанції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F). (А) — перший (паровий) контур; (В) — другий контур (на ізобутані); 1- експлуатаційна свердловина, 2- сепаратор вода/пара, 3- парова турбіна, 4- теплообмінник, 5- насос закачки, 6- нагнітальна свердловина, 7- перегрівач, 8- турбіна на ізобутані, 9- повітряний/водяний конденсатор, 10- конденсатозбірник,

11- насос

**Теплогенерація**

Основу всієї енергетичної системи світу становить **теплоенергетика**.

2/3 електростанцій у світі працюють на теплових циклах, переважно Цикл Ренкіна (Rankin cycle) на водяній парі та Цикл Брайтона у газовій турбіні.

Теоретичну основу теплоенергетики становить термодинаміка.

**Теплоенергетика** — галузь [енергетики](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), в якій електрична або теплова енергія виробляється з використанням хімічної енергії органічного [палива](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE).

Основу всієї енергетичної системи світу становить теплоенергетика. 2/3 електростанцій у світі працюють на теплових циклах, переважно [Цикл Ренкіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D0%A0%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B0) (Rankin cycle) на водяній парі та [Цикл Брайтона](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D0%91%D1%80%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0) у [газовій турбіні](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0).

Методи виробництва теплової енергії

1. Спалювання органічного палива в окисному середовищі, заснований на використанні теплоти екзотермічних хімічних реакцій.
2. Самокерована ланцюгова ядерна реакція поділу важких ядер трансуранових елементів.
3. Перетворення електричної енергії на теплову.
4. Перетворення сонячної енергії на теплову.
5. Використання теплоти геотермальних вод.
6. Перетворення теплової енергії теплоносія з низьким енергетичним потенціалом на високопотенційну теплову енергію іншого теплоносія з витратами деякої кількості інших видів енергії, що підводяться ззовні (наприклад, [теплові насоси](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81), що використовують електроенергію)

Теоретичну основу теплоенергетики становить [термодинаміка](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0), [тепломасоообмін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD) та [гідродинаміка](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0).

Головним завданням теплоенергетики є проблема раціонального використання теплової енергії в промисловості та комунальному господарстві. Предметом вивчення теплоенергетики є термодинамічні цикли і схеми енергоустановок, ступінь їх досконалості, питання горіння палива, теплообмін, теплофізика, властивості робочих тіл і [теплоносіїв](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9) та ін.

Перетворення теплової енергії здійснюється в різних машинах, апаратах та пристроях, які поділяються на:

* генеруючі: [Теплогенератор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), [піч](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D1%87)
* акумулюючі: [Сонячний колектор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80)
* перетворюючі: [парова турбіна](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0)
* транспортуючі: [Теплотраса](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%B0&action=edit&redlink=1), [Теплообмінник](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)
* споживачі: [Опалювальний прилад](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9E%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B4&action=edit&redlink=1)

Технічну основу сучасної теплоенергетики складають теплосилові установки теплових електростанцій ([ТЕС](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%95%D0%A1)), які складаються з [котлоагрегатів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB) та [парових турбін](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0).

**Теплоенергетика у світовому масштабі** переважає серед традиційних видів, на базі [вугілля](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F) виробляється 46% усієї електроенергії світу, на базі газу – 18%, ще близько 3% – за рахунок спалювання біомас, [нафта](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0) використовується для 0,2%. Сумарно теплові станції забезпечували у 2011 р. близько 80 % загальної вироблення всіх електростанцій світу.

На 2013 рік, середній ККД теплових електростанцій дорівнював 34%, при цьому найефективніші вугільні електростанції мали ККД у 46%, а найефективніші газові електростанції — 61%.

Типи теплових електростанцій:

1. [Паротурбінні електростанції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97) — енергія перетворюється за допомогою паротурбінної установки;

2. [Газотурбінні електростанції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97) — енергія перетворюється за допомогою газотурбінної установки;

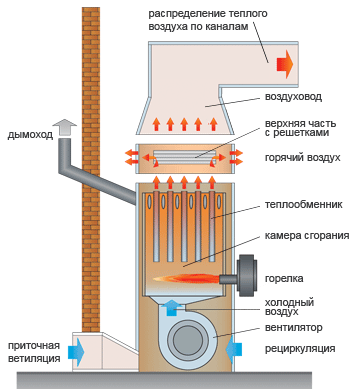
3.Парогазові електростанції — енергія перетворюється за допомогою парогазової установки.

У світі теплоенергетика переважає серед традиційних видів електроенергетики, обсяги виробництва цієї галузі становлять 90 % від загального виробітку всіх електростанцій світу. На основі нафти виробляється 39 % всієї електроенергії в країнах світу, на основі вугілля — 27 %, газу — 24 %.

Енергетика таких країн, як [Польща](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%89%D0%B0) і [ПАР](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%90%D0%A0) практично повністю заснована на використанні [вугілля](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F), а [Нідерландів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%96%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B8) — на використанні газу. Дуже велика частка теплоенергетики в [Китаї](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%B9), [Австралії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%8F), [Мексиці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BA%D0%B0).

[Теплогенератор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)

**Теплогенератор** — сукупність пристроїв і механізмів для виробництва [теплової енергії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F) у вигляді водяної пари, гарячої води або підігрітого повітря на основі перетворення різних видів енергії (хімічної, випромінювання, електричної та ін.) в теплову. Застосовується в промисловості, транспорті та побуті для індивідуального опалення та гарячого водопостачання приміщень або невеликих будівель різного призначення.

****

Як правило, теплогенератор складається з камери згоряння з повітряним теплообмінником, пальника та вентилятора відцентрового або осьового. Паливом для теплогенератора може служити природний газ, дизельне пальне або відпрацьоване масло в залежності від типу пальника, так само виробляються теплогенератори на твердому паливі дровах, вугіллі, гранулах, деревних відходах.

Гарячі гази, отримані в камері згоряння, направляються в [теплообмінник](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) і далі [димохід](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%B4). Теплообмінник, у свою чергу, обдувається повітряним потоком, що створює вентилятор, нагріваючи його. Нагріте повітря розподіляється по приміщенню через ґрати в корпусі теплогенератора або через систему підключених до нього вентиляційних каналів.

При цьому досягається збільшення температури повітря, що подається на 20—70 К (для спец. задач до 150), що дозволяє влаштовувати на базі теплогенераторів також і системи припливної вентиляції приміщень.

Теплова потужність теплогенераторів лежить у діапазоні від 20 до 2000 кВт. Приблизно до 300 (400) кВт теплогенератори виготовляються в єдиному корпусі, від 350 (400) кВт теплогенератори для транспортування поділяють на секцію нагріву (теплообмінника) та секцію вентиляторів.

Статичний тиск на виході із теплогенератора визначається потужністю [вентилятора](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80). Залежно від навантаження (вентиляційної системи) статичний тиск може бути різним і лежить в діапазоні від 100 до 2000 Па (залежить від параметрів вентилятора).

Для роботи в системах припливної вентиляції, теплогенератор може оснащуватися камерою згоряння та теплообмінником з нержавіючої сталі та пристроєм відведення конденсату. Це необхідно, якщо теплообмінник сильно охолоджується (при температурі продуктів згоряння на виході після теплообмінника нижче 140—160°С). При постійній (номінальній) витраті повітря, підвищене охолодження теплообмінника може відбуватися за рахунок холодного повітря на вході перед теплообмінником (нижче 0°C) або за рахунок зниження теплової потужності нижче 60—65 % максимальної паспортної (номінальної) навіть при роботі на 100 % рециркульованому повітрі.

1. **Газова турбіна** ([фр.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%83%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Turbine* від [лат.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) *Turbo* — ***вихор, обертання***) — це [тепловий двигун](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD) безперервної дії, на [лопатках](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0_(%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D1%8C)) якого [енергія](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F) стисненого і нагрітого [газу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7) перетворюється на [механічну роботу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) на [валу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)). [↑](#footnote-ref-1)