

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Теплопостачання є великою галуззю народного господарства. Досить сказати, що на потреби теплопостачання щорічно витрачається 25% усього виробленого палива. В умовах обмежених паливних ресурсів раціональне і економне їх витрачання є завданням державної важливості. Значна роль у вирішенні цього завдання відводиться централізованому теплопостачанню та теплофікації, які тісно пов'язані з електрифікацією і енергетикою.

Централізоване теплопостачання засноване на використанні великих районних котелень, які характеризуються значно більшими ККД, ніж дрібні опалювальні установки. Теплофікація, тобто централізоване теплопостачання на базі комбінованого вироблення тепла та електроенергії, є вищою формою централізованого теплопостачання. Вона дозволяє скоротити витрату палива до 25%. При централізованому теплопостачанні дрібні опалювальні установки, які є джерелами забруднення повітряного басейну, ліквідовуються, замість них використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин. Таким чином, централізація теплопостачання сприяє охороні навколишнього середовища. В даний час в результаті досягнень у галузі використання ядерного палива розвивається новий напрямок - централізоване теплопостачання на базі атомних ТЕЦ і атомних котелень. Використання ядерного палива для теплопостачання скорочує витрату дефіцитного органічного палива і полегшує вирішення проблеми паливно-енергетичного балансу країни.

### 1.1 Сучасні централізовані системи теплопостачання

Централізована система теплопостачання складається з наступних основних елементів: джерела тепла, теплових мереж і місцевих систем споживання - систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Для централізованого теплопостачання використовуються два типи джерел тепла: теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і районні котельні (РК). На ТЕЦ здійснюється комбіноване виробництво тепла та електроенергії, що забезпечує істотне зниження питомих витрат палива при отриманні електроенергії. При цьому спочатку тепло робочого тіла - водяної пари - використовується для отримання електроенергії при розширенні пари в турбінах, а потім тепло відпрацьованої пари, що залишилося, використовується для нагріву води в

теплообмінниках, які є обладнанням теплофікації ТЕЦ. Гаряча вода застосовується для теплопостачання. Таким чином, на ТЕЦ тепло високого потенціалу використовується для вироблення електроенергії, а тепло низького потенціалу - для теплопостачання. У цьому полягає енергетичний сенс комбінованого вироблення тепла і електроенергії. При роздільному їх виробленні електроенергію одержують на конденсаційних станціях (КЕС), а тепло - на котельнях. У конденсаторах парових турбін на КЕС підтримується глибокий вакуум, якому відповідають низькі температури (15-20°C), і охолоджуючу воду не використовують. У результаті на теплопостачання витрачають додаткове паливо. Отже, роздільне вироблення економічно менш вигідне, ніж комбіноване. Переваги теплофікації і централізованого теплопостачання яскравіше проявляються при концентрації теплових навантажень, характерних для сучасних міст, які розвиваються. Слід враховувати, що при теплофікації капітальні вкладення в ТЕЦ і теплові мережі виявляються вищими, ніж в КЕС і централізовані системи теплопостачання від РК, так ТЕЦ економічно доцільно будувати лише при великих теплових навантаженнях. Для європейської частини при існуючих ціностях теплофікація економічно доцільна при теплових навантаженнях більше 400 Гкал /год.

Іншим джерелом теплопостачання є РК. Теплова потужність сучасних РК становить 150-200 Гкал/год. Така концентрація теплових навантажень дозволяє використовувати великі агрегати, сучасне технічне оснащення котелень, забезпечує високі ККД використання палива. В якості теплоносія для теплопостачання міст використовують гарячу воду, а для теплопостачання промислових підприємств - водяний пар. Теплоносій від джерел тепла транспортують по теплопроводам. Гаряча вода надходить до споживачів по подаючим теплопроводам, віддає в теплообмінниках своє тепло і після охолодження повертається по зворотнім теплопроводам до джерел тепла. Таким чином, теплоносій безперервно циркулює між джерелом тепла і споживачами. Циркуляцію теплоносія забезпечує насосна станція джерела тепла. Водяна пара надходить промисловим споживачам за паропроводами під власним тиском, конденсується в теплообмінниках і віддає своє тепло. Конденсат повертається до джерела тепла під дією надлишкового тиску або за допомогою конденсатних насосів.

Сучасними тепловими мережами міських систем теплопостачання є складні інженерні споруди. Протяжність теплових мереж від джерела до крайніх споживачів складає десятки кілометрів, а діаметр магістралей досягає 1400 мм. До складу теплових мереж входять: теплопроводи;

компенсатори, що сприймають температурні подовження; відключаюче, регулююче і запобіжне обладнання, яке встановлюється в спеціальних камерах; насосні станції; районні теплові пункти (РТП) і теплові пункти (ТП). Теплопроводи прокладають під землею в непрохідних і напівпрохідних каналах, в колекторах і без каналів. Для скорочення втрат тепла при русі теплоносія по теплопроводах застосовують їх теплоізоляцію. Для керування гідравлічним і тепловим режимами системи теплопостачання автоматизують, а кількість тепла, що подається регулюється відповідно до вимог споживачів.

Найбільша кількість тепла витрачається на опалення будівель. Опалювальне навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури. Для підтримки відповідності подачі тепла потребам у ньому, застосовують центральне регулювання на джерелах тепла. Домогтися високої якості теплопостачання, застосовуючи тільки центральне регулювання, не вдається, тому на теплових пунктах і у споживачів встановлюють додаткове автоматичне регулювання. Витрата води на гаряче водопостачання безперервно змінюється, і для підтримки стійкого теплопостачання гідравлічний режим теплових мереж автоматично регулюють, а температуру гарячої води підтримують постійною і рівною 65°C.

Сучасні централізовані системи теплопостачання є складним комплексом, що включає джерела тепла, теплові мережі з насосними станціями і тепловими пунктами і абонентські вводи, оснащені системами автоматичного управління. Для забезпечення надійного функціонування таких систем необхідна їх ієрархічна побудова, при якій всю систему розчленовують на ряд рівнів, кожен з яких має своє завдання, яке зменшується за значенням від верхнього рівня до нижнього.

Верхній ієрархічний рівень складають джерела тепла, наступний рівень - магістральні теплові мережі з РТП, нижній - розподільні мережі з абонентськими вводами споживачів. Джерела тепла подають в теплові мережі гарячу воду заданої температури і заданого тиску, забезпечують циркуляцію води в системі і підтримують у ній належні гідродинамічний і статичний тиск. Вони мають спеціальні водопідготовчі установки, де здійснюється хімічна очистка і деаерація води. По магістральних теплових мережах транспортуються основні потоки теплоносія у вузли теплоспоживання. У РТП теплоносій розподіляється по районах і в мережах районів підтримується автономний гідравлічний і тепловий режими. У магістральні теплові мережі окремих споживачів приєднувати не варто, щоб не порушувати ієрархічності побудови системи.

Для надійності теплопостачання необхідно резервувати основні елементи верхнього ієрархічного рівня. Джерела тепла повинні мати резервні агрегати, а магістральні теплові мережі повинні бути закільцьовані із забезпеченням необхідної для них пропускної здатності в аварійних ситуаціях. Розподільні теплові мережі, ТП і абонентські вводи забезпечують розподіл теплоносія по окремим споживачам і становлять нижчий ієрархічний рівень, який у більшості випадків не резервують. Ієрархічна побудова систем теплопостачання забезпечує їх керованість у процесі експлуатації.

## 1.2 Основні види енергії і джерела тепла, які використовуються для теплопостачання

Джерелом тепла називається комплекс обладнання та пристроїв, за допомогою яких здійснюється перетворення природних і штучних видів енергії в теплову енергію з потрібними для споживачів параметрами.

Для цілей теплопостачання практичне значення на найближчу перспективу має органічне та ядерне паливо, геотермальна і сонячна енергія. До штучних видів енергії, які використовуються для вироблення тепла на теплопостачання, відносяться «вторинні енергоресурси» промислових підприємств і електрична енергія. В даний час широко застосовуються джерела тепла, які використовують органічне паливо - тверде, рідке і газоподібне. Основними джерелами тепла є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що виробляють комбінованим способом електричну енергію і тепло, і котельні, що виробляють тепло.

Залежно від виду робочого тіла, використовуваного в циклі станції, ТЕЦ бувають паротурбінні, газотурбінні і парогазові. Переважне поширення в даний час мають паротурбінні ТЕЦ, які володіють високими техніко-економічними показниками.

Геотермальна енергія у вигляді гарячої води і пари застосовується для теплопостачання і вироблення електроенергії на Камчатці, Північному Кавказі, в Казахстані, Середній Азії, Угорщині, Новій Зеландії, Ісландії, США та ін. Використання геотермальної енергії не впливає безпосередньо на довкілля. Труднощі зазвичай в обмеженості доступних для практичного використання запасів і неоднорідному (іноді агресивному) складі різних геотермальних джерел. Необхідно відзначити, що геотермальна енергія може бути отримана практично скрізь (в одних районах Землі геотермальні води і порожнини високого тиску знаходяться відносно близько від поверхні, в

інших - глибше). Крім того, низькопотенційне тепло у вигляді гарячої води або пари може бути отримано шляхом закачування води в гарячі магматичні шари літосфери вулканів, тому геотермальна енергія віднесена до найбільш перспективних видів енергії для отримання низькопотенційного тепла.

Вторинні енергоресурси (ВЕР) в даний час знаходять застосування на деяких промислових підприємствах для вироблення тепла на тепlopостачання та електроенергії. ВЕР утворюються на промислових підприємствах побічно - в процесі виробництва при випуску основних видів продукції. До них відносять: фізичне тепло, надлишковий тиск відходів і продукції, а також горючі відходи, потенціал яких не використовується в технологічних циклах. Вироблення тепла та електроенергії за рахунок такого потенціалу дозволяє економити паливо на замінних установках, внаслідок чого підвищуються енергетичні показники промислових підприємств.

Застосування електроенергії для тепlopостачання має певні переваги: можливість використання енергії безпосередньо у споживачів, відносна простота подачі та застосування, легкість регулювання та вимірювання величини навантаження та ін., а також та обставина, що витрати на виробництво електроенергії оплачують споживачі тепла. Необхідно відзначити, що електроенергія є найбільш досконалим видом енергії і вироблення її в даний час проводиться з великими витратами палива в порівнянні з витратами палива на вироблення тепла: ККД КЕС становить приблизно 40 %; котельні - 70-90%, тому пряма трансформація електроенергії в тепло в різних електростанціях і електронагрівачах енергетично недоцільна. Можливість застосування електроенергії для тепlopостачання може розглядатися в особливих вкрай рідкісних випадках, пов'язаних з труднощами доставки палива або прокладки трубопроводів, при достатній потужності електричних станцій і ліній електропередач, при крайній неритмічності і короткочасності режимів роботи теплових споживачів, при значних провалах в графіках електроспоживання в ізолюваних станціях і енергосистемах з важкорегулюєними джерелами і т.п.

Джерелами тепла на ядерному паливі є атомні ТЕЦ і атомні котельні. Вони особливо перспективні для великих централізованих систем тепlopостачання, оскільки економічно доцільні при великих одиничних потужностях.

Сонячна енергія як джерело енергії має ряд переваг: чистоту, нескінченність у часі, «безкоштовність» та ін. Однак широке її застосування зустрічає технічні труднощі внаслідок малої щільності (питомої потужності) і неритмічності дії в часі, тому використання сонячної енергії можливе тільки

в певних районах: на півдні України, в Середній Азії, Казахстані. Основний напрямок робіт, експериментально реалізуються в останні роки - децентралізоване теплопостачання окремих будівель.

Крім зазначених основних видів енергії для теплопостачання може використовуватися і низькотемпературне тепло (природне і штучне) будь-яких середовищ (повітря, води, ґрунту та ін.) за допомогою теплових насосів. Останні підвищують низькотемпературний потенціал середовища до рівня, необхідного для теплопостачання, витрачаючи при цьому деяку кількість електричної, теплової або іншої енергії.

## РОЗДІЛ 2 ТЕПЛОВІ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ

### 2.1 Класифікація котелень

Котельні систем централізованого теплопостачання діляться на районні, квартальні, групові та котельні підприємств. Перші призначені для постачання теплотою всіх споживачів району житлової забудови або промислового вузла і входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж, другі і треті - для теплопостачання одного або декількох кварталів, групи житлових будинків або громадських будівель і проектується при незначній щільності теплових навантажень, входячи до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Котельні підприємства - це котельні, які є на промислових підприємствах і служать для теплопостачання цих підприємств, їх житлових фондів, а також інших промислових підприємств, передбачених схемою теплопостачання в порядку кооперування.

Залежно від характеру теплових навантажень районні котельні і котельні підприємств поділяються на:

- промислові, які використовуються для технологічного постачання паром або гарячою водою промислових підприємств;
- опалювальні, призначені для забезпечення опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
- промислово-опалювальні, які застосовуються для технологічного теплопостачання та постачання теплотою систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислових підприємств, житлових і громадських будівель.

Квартальні та групові котельні, як правило, опалювальні.

Котельні всіх типів класифікуються за такими ознаками:

- 1) за типом використовуваних котлів (парові; водогрійні; пароводогрійні - з паровими і водогрійними котлами);
- 2) за видом спалюваного палива (котельні, що працюють на газоподібному, рідкому або твердому паливі);
- 3) за виглядом теплоносія і схеми відпустки теплоти (котельні, які виробляють пар з поверненням або без повернення конденсату; котельні, які відпускають теплоту гарячої води при закритій або відкритій системі теплопостачання; котельні, які відпускають пар і теплоту гарячої води по перерахованих схемах в їх різних поєднаннях);

- 4) за способом розміщення на генеральному плані (вбудовані, прибудовані, відокремлені)
- 5) по технологічній структурі (блочні, неблочні);
- 6) щодо компонування обладнання (закриті, напіввідкриті і відкриті);
- 7) по режиму роботи (базові районні; пікові, які працюють спільно з ТЕЦ).

## 2.2 Загальні відомості про теплові схеми котелень

Теплова схема котельні - це умовне графічне зображення її основного та допоміжного обладнання, яке об'єднується лініями трубопроводів для робочих середовищ. Розрізняють принципову, розгорнуту і робочу (монтажну) теплові схеми котельні.

На принциповій тепловій схемі котельні вказують тільки її головне устаткування (котлоагрегати, підігрівачі, деаератори, насоси) та основні трубопроводи без арматури, різноманітних допоміжних пристроїв і другорядних трубопроводів, а також без уточнення кількості і розташування обладнання.

Розгорнута теплова схема котельні містить все обладнання, яке в ній встановлюється, а також всі трубопроводи, які з'єднують обладнання, з запірною і регулюючою арматурою. Якщо об'єднати в розгорнутій тепловій схемі всі елементи і обладнання котельні при великій їх кількості важко, то цю схему поділяють на частини згідно технологічного процесу.

Робочу (монтажну) теплову схему котельні зазвичай подають в ортогональному, а її окремі складні вузли - іноді в аксонометричному зображенні з зазначенням відміток розташування трубопроводів та їх нахилу, арматури, кріплень, розмірів і т.д. Наводяться всі необхідні відомості про марку сталі або матеріалу, з якого виконаний той чи інший вузол, способи його з'єднання із суміжними деталями, їх масу або масу всього блоку, тобто складається специфікація всіх елементів, що входять в теплову схему котельні.

Розгорнута і робоча (монтажна) теплові схеми котелень можуть бути складені тільки після розробки її принципової теплової схеми і виконання розрахунків, на підставі яких обирається обладнання котельні.



## РОЗДІЛ 3 ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

### 3.1 Класифікація електричних станцій

Електричною станцією називається комплекс обладнання та пристроїв, призначених для перетворення енергії природного джерела в електричну енергію і тепло. Електричні станції класифікують за такими ознаками:

1. По виду використовуваної природної енергії:

а) гідроелектростанції (ГЕС) - електрична енергія виробляється за рахунок механічної енергії води річок;

б) теплові електричні станції (ТЕС), що використовують органічне паливо;

в) атомні електростанції (АЕС), що використовують атомну енергію.

2. По виду енергії, що відпускається:

а) конденсаційні теплові електричні станції (КЕС) (рис.3.1), які відпускають тільки електричну енергію;

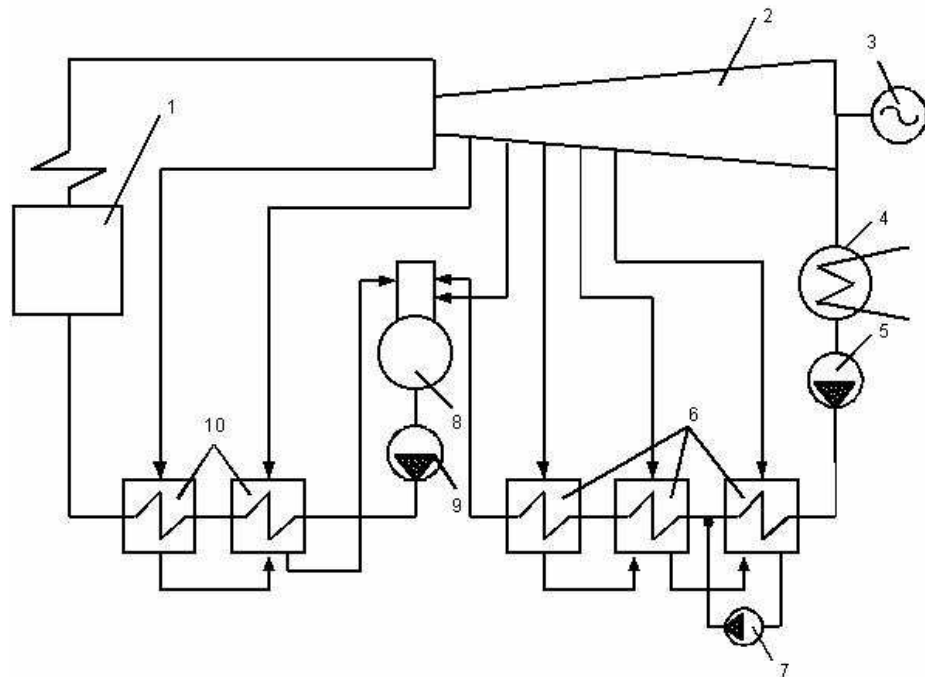


Рис.3.1 - Теплова схема паротурбінної конденсаційної установки

1 - паровий котел, 2 - турбіна, 3 - електрогенератор, 4 – конденсатор, 5 - конденсатний насос, 6 - підігрівач низького тиску, 7 - дренажний насос, 8 – деаератор, 9 - живильний насос, 10 - підігрівач високого тиску.

б) ТЕЦ - теплові електростанції, які відпускають електричну та теплову енергію. Теплова енергія відпускається у вигляді відпрацьованої пари або газу теплового двигуна.

3. По виду теплового двигуна:

а) електростанції з паровими турбінами - паротурбінні ТЕС (основний вид ТЕС);

б) електростанції з газовими турбінами - газотурбінні ТЕС;

в) електростанції з парогазовими установками - парогазові ТЕС;

г) електростанції з двигунами внутрішнього згорання - ДЕС.

4. За призначенням:

а) районні електростанції загального користування: конденсаційні електростанції – ГРЕС; теплоелектроцентралі - ТЕЦ; комунальні електростанції;

б) промислові електростанції, що входять до складу виробничих підприємств. Паротурбінні електростанції поділяють за такими ознаками (умовно, оскільки параметри пари і потужності агрегатів і ТЕС ростуть):

1) за потужністю агрегатів: малої потужності з агрегатами до 100 МВт; середньої - 100-1000 МВт; великої - більше 1000 МВт;

2) по тиску свіжої пари: низького тиску - до 30 кгс/см<sup>2</sup>; середнього - 30-90 кгс/см<sup>2</sup>; високого - 90-245 кгс/см<sup>2</sup>; надкритичного - 245 кгс/см<sup>2</sup> ( $P_{кр}=225,5\text{кгс/см}^2$  ( 22,12 МПа),  $t_{кр} = 374,16^{\circ}\text{C}$ );

3) за схемою з'єднань парогенераторів і турбоагрегатів ТЕС:

а) блокові електростанції, коли кожен турбоагрегат приєднується до одного або двох певних парогенераторів (при потужності турбоагрегатів 150 МВт і вище);

б) блокові електростанції з поперечними зв'язками, коли всі парогенератори і турбіни приєднані до загальних парових магістралей;

4) за типом компонування обладнання та будівлі: ТЕС закритого, відкритого та напіввідкритого типу.

Теплові електростанції зазвичай працюють спільно з іншими електростанціями. Енергосистемою називають сукупність електростанцій і підстанцій, які з'єднані між собою лініями електропередачі та мають загальне централізоване управління. Промисловими називаються електростанції, призначені в основному для енергопостачання підприємств та прилеглих до них районів, для них характерно:

1) двосторонній зв'язок електростанції з основними технологічними агрегатами (ТЕС є джерелами електроенергії та тепла для підприємств і споживачами горючих відходів виробництва та вторинних енергоресурсів);

2) об'єднання ряду пристроїв електростанції та підприємства в єдину систему (паливне господарство, система водопостачання, транспортні пристрої, ремонтні майстерні та ін.);

3) наявність на ряді електростанцій парових турбін для приводу нагнітачів повітря і кисню. Потужні турбокомпресори (до 32 МВт), призначені для подачі стисненого повітря в доменні печі (ТЕЦ металургійних, машинобудівних і хімічних заводів), які в цих випадках називають пароповітрядувними станціями (ППС) або ТЕЦ-ППС.

### 3.2 Комбіноване вироблення тепла та електричної енергії

У конденсаційній паровій турбіні відпрацьований пар надходить в конденсатор, де конденсується і віддає приховану теплоту пароутворення охолоджуючій воді. Ця теплота становить 55-65% підведеної в котлі теплоти, марно втрачається, оскільки температура охолоджуючої води, на виході з конденсатора лише трохи (на 10-15°C) перевищує атмосферну. У той же час для побутових і технологічних потреб (наприклад, для опалення будівель, підігріву та сушіння матеріалів) потрібна порівняно невисока температура теплоносія (100-150°C), яким може служити пар, відпрацьований в турбіні до тиску, необхідного для теплового споживача. У цьому випадку може бути повністю використана теплота конденсації відпрацьованої пари в технологічних апаратах для нагріву води або сушіння матеріалів, а конденсат повернутий в цикл турбінної установки. Таким чином, одночасне вироблення електричної енергії і теплоти в одній і тій ж теплосиловій установці вигідніше роздільного. У цьому легко переконатися, якщо порівняти ідеальні теплові цикли в TS-діаграмі для конденсаційної турбіни і турбіни з протитиском.

В конденсаційній турбіні теплота відпрацьованої пари, еквівалентна площі фігури  $1ae21$  (рис.3.2), повністю втрачається, оскільки вона відводиться з охолоджувальною водою. У турбіні ж з підвищеним тиском відпрацьованої пари (з протитиском), яка одночасно з виробленням електроенергії обслуговує і

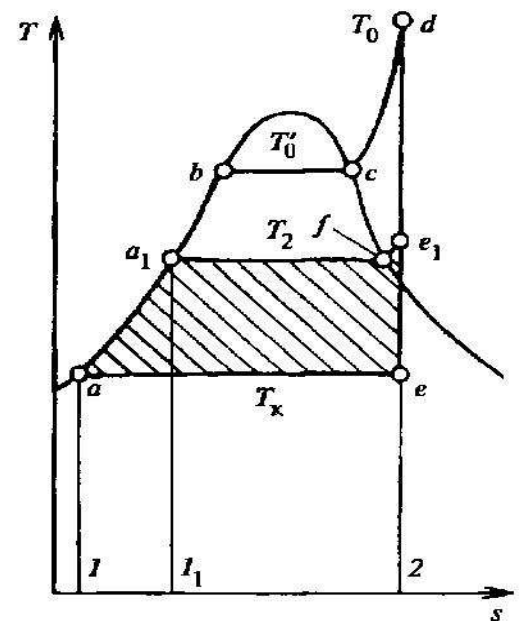


Рис. 3.2 - TS-діаграма теплового процесу конденсаційної турбіни

теплових споживачів, майже вся теплота відпрацьованої пари, еквівалентна площі фігури *11ale121*, може бути використана для задоволення потреб теплових споживачів. Комбіноване вироблення на теплових електричних станціях електроенергії та теплоти для побутових і технологічних потреб за рахунок відбору та використання відпрацьованої пари на базі централізованого теплопостачання називається теплофікацією.

Теплофікація є одним з найважливіших методів зниження питомої витрати палива на теплових електростанціях. Тому в даний час близько 50 % електроенергії виробляється на ТЕЦ, тобто на станціях, де здійснюється комбіноване вироблення тепла та електроенергії. Для покриття ж всієї потреби в електроенергії необхідно окрім теплофікаційних турбін мати конденсаційні турбіни.

### 3.3 Порівняння комбінованого і роздільного вироблення електричної та теплової енергії

Комбіноване вироблення електричної та теплової енергії забезпечує зменшення витрати палива. Однак при малій річній тривалості теплового споживання і дешевому паливі економічним може бути роздільне виробництво електричної енергії і тепла. Це коли, електроенергія виробляється конденсаційним шляхом, а теплота відпускається з котельні низького тиску (КНТ) (рис.3.3).

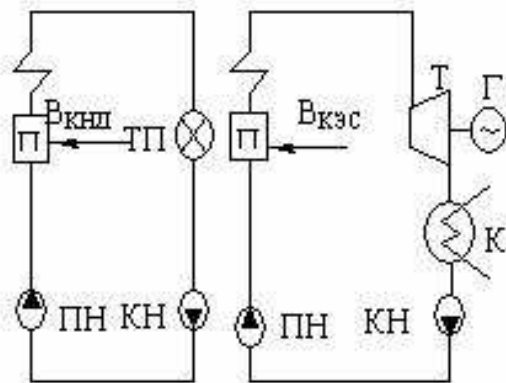


Рис. 3.3 – Схема роздільного вироблення електричної та теплової енергії

Порівняємо витрати палива (основні техніко-економічні показники) на ТЕЦ і роздільну установку (РУ). Загальні витрати палива на роздільну установку  $B_{py}$  і на ТЕЦ  $B_{ТЕЦ}$

$$B_{py} = B_{КЕС} + B_{КНТ} \quad (3.1)$$

$$B_{ТЕЦ} = B_E + B_T \quad (3.2)$$

Або, висловлюючи  $B_{py}$  і  $B_{ТЕЦ}$  через питомі витрати палива, отримаємо

$$B_{py} = b_{КЕС} (N_K + N_T) + B_{КНТ} \quad (3.3)$$

$$B_{ТЕЦ} = (b_e^p \cdot N_T + b_e^k \cdot N_K) + B_c^T \quad (3.4)$$

Тут  $N_T, N_K$  - відповідно потужність пара, що йде у відбір і через всю турбіну в конденсатор;  $b_e^p$  - питома витрата палива, пов'язана з відбором пари;  $b_e^k \approx b_{КЕС}$  і беручи  $B_c^T \approx B_{КНТ}$ , отримаємо

$$\Delta B = B_{PV} - B \approx (b_{КЕС} - b_e^p) \cdot N_T, \quad (3.5)$$

де індекс «р» означає протилежний тиск,  $N_T$  - потужність відбору пари на теплофікацію. Співвідношення (3.5) дозволяє визначити економію палива завдяки теплофікації. Питома економія умовного палива, кг/ГДж визначається за формулою:

$$\Delta b = \frac{\Delta B}{Q_T} = (b_{КЕС} - b_e^p) \cdot E_T \quad (3.6)$$

або

$$\Delta b = 0.15 \cdot \bar{E}_T, \quad (3.7)$$

де  $E_T$  - питома вироблення електроенергії на тепловому споживанні.

Беручи  $E_T = 50 - 100$  кВт • год /ГДж, отримуємо  $b = 7,5 - 22,5$  кг/ГДж (в середньому  $b = 15$  кг/ГДж). Формула (3.7) наочно показує залежність ефективності теплофікації від енергетичної досконалості вироблення електроенергії на тепловому споживанні, тобто від параметрів пари і ККД турбіни і ТЕЦ. При відпуску теплоти  $Q_T = 10^6$  ГДж економія умовного палива за рахунок теплофікації  $B \sim 15\,000$  т.

### 3.4 Принципові теплові схеми ТЕЦ на органічному паливі

ТЕЦ мають високі енергетичні показники в порівнянні з КЕС, оскільки частина теплоти, відпрацьованого в турбіні пара, використовується у зовнішнього споживача. При повному використанні теплоти відпрацьованого в турбіні пара втрати тепла в холодному джерелі відсутні (турбіни з протитиском), а при частковому - в холодному джерелі (конденсаторі) втрачається менше тепла, ніж на КЕС.

ТЕЦ можуть мати турбіни з протитиском (рис.3.4) або конденсаційні з регульованими відборами пара (рис.3.5).

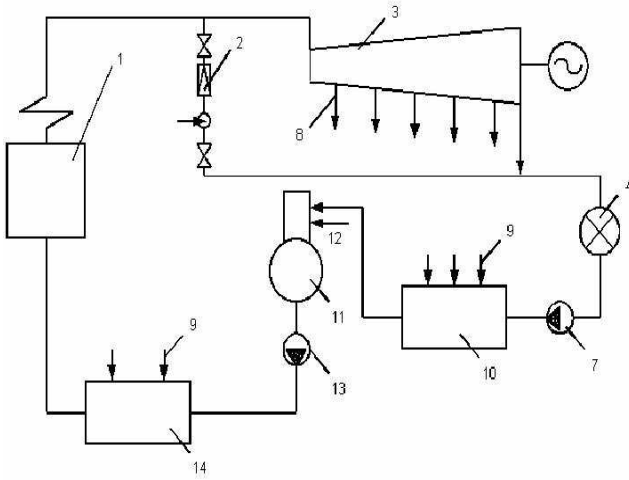


Рис.3.4 - Схема ТЕЦ на органічному паливі з турбіною з протитиском

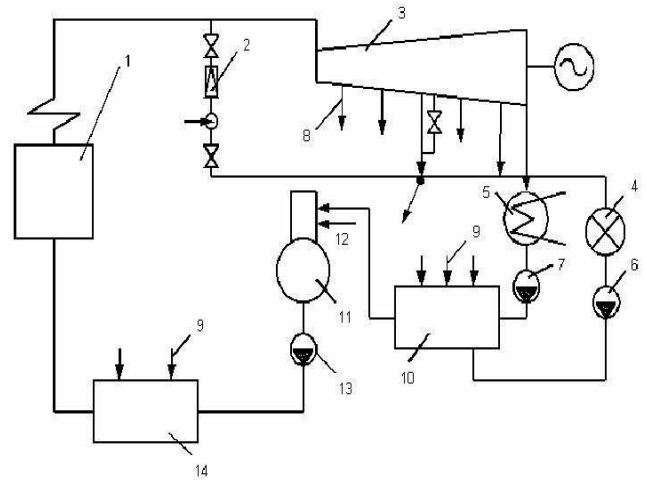


Рис.3.5 - Схема ТЕЦ на органічному паливі з турбіною з регульованим відбором пара

Умовні позначення на рис.3.4 та рис.3.5: 1 - паровий котел, 2 - РОУ, 3 - турбоагрегат, 4 - тепловий споживач, 5 - конденсатор, 6 - насос зворотного конденсату, 7 - конденсатний насос, 8 - пар з відборів; 9,12 - пар на регенеративний підігрів і в деаератор; 10, 14 - регенеративні підігрівачі низького і високого тиску; 13 - живильний насос

У схемах з турбінами з протитиском (типу Р) (рис.3.4) весь відпрацьований пар подається тепловому споживачу, тому існує пряма залежність між вироблюваною електричною енергією і витратою цього пара. При знижених електричних навантаженнях частина пара пропускається крізь турбіни через редуційно-охолоджувальний пристрій (РОУ) при високих електричних навантаженнях і невеликій потребі в парі у теплового споживача відсутня електроенергія виробляється на електростанціях з турбінами конденсаційного типу. Таким чином, установка використовується досить ефективно тільки у випадку, коли вона розрахована на ту частину теплового навантаження, яка зберігається протягом більшої частини року. Тиск пари за турбіною вибирається на вимогу споживача.

На установках з турбінами з регульованими відборами (рис.3.5), вироблення електричної енергії і відпустка тепла можуть змінюватися в досить широких межах незалежно один від одного. При цьому повна номінальна електрична потужність досягається за відсутності теплового навантаження. Турбіни такого типу мають зазвичай один, два або навіть три регульовані відбори. При одному регульованому відборі пар, який відводиться від турбіни, може надходити на виробничі потреби (турбіни типу

П) або на теплофікацію (турбіни типу Т). При двох регульованих відборах або обидва відбори є теплофікаційними (турбіни типу Т), або один з них є виробничим, а інший - теплофікаційним (турбіни типу ПТ). Є також установки з одним виробничим і двома теплофікаційними відборами.

Робочі процеси пара в турбінах з протитиском або регульованими відборами якісно не відрізняються від процесів у турбінах КЕС. Однак на установках з протитиском робочий процес може закінчуватися на  $i, S$ -діаграмі до прикордонної кривої (в області слабо перегрітої пари). Початкові параметри пари на установках ТЕЦ приймаються зазвичай такими ж, що й на конденсаційних, але якщо на КЕС при початковому тиску 12,7 МПа завжди застосовується цикл з проміжним перегрівом пари, то на ТЕЦ такий цикл при цьому значенні  $p_0$  застосовується тільки на установках потужністю 180 МВт (з турбінами теплофікаційного типу Т-130-180) і при високому тиску  $p_0=23,5$  МПа на установках потужністю 250 МВт (з турбінами теплофікаційного типу Т-250-240).

### 3.5 Методика розрахунку ПТС (принципова теплова схема) ТЕЦ

На відміну від розрахунку принципової теплової схеми КЕС для ПТС ТЕЦ крім електричного навантаження потрібно знати ще й теплове навантаження. Розрахунок ПТС ТЕЦ виконується при максимальних енергетичних навантаженнях. Завданням розрахунку є визначення характеристик обладнання та показників ТЕЦ для декількох типових навантажень (режимів) за річний період. Наприклад, по опалювальному навантаженні такими режимами є наступні:

1. Розрахунковий режим - відповідає найбільшій відпустці (витраті) тепла на опалення з відборів при великому відпуску тепла промисловим споживачам і найбільшій електричній потужності турбогенератора при мінімальному пропуску пари в конденсатор.

2. Режим низької розрахункової температури.

3. Режим проміжних температур зовнішнього повітря і відповідною цим температурам витратою тепла на опалення.

4. Режим мінімальної відпустки тепла на опалення.

5. Режим при зниженому опалювальному навантаженні: тепло відпускається тільки на гаряче водопостачання, при цьому електричне навантаження на турбогенератор дещо знижене за рахунок збільшення навантаження, наприклад, на конденсаційні турбіни. На практиці розрахунок теплової схеми ТЕЦ може виконуватися не по всіх наведених вище варіантах

(режимах роботи). Найбільш важливим є режим роботи ТЕЦ при максимальному тепловому та електричному навантаженні, а також режим, відповідний низькій розрахунковій температурі зовнішнього повітря.

Для розрахункового режиму розрахунок теплової схеми виконується в наступній послідовності:

1. Проводиться побудова в  $iS$  - діаграмі процесу розширення пари в турбіні.
2. Складається зведена таблиця параметрів пари і води.
3. Складається рівняння матеріального балансу.
4. З отриманих рівнянь матеріального балансу виділяються шукані і початкові величини.
5. Складаються рівняння теплового балансу елементів ПТС і виділяються величини, що підлягають визначенню. Встановлюється порядок розв'язання рівнянь для визначення необхідних величин.
6. Складається баланс теплофікації турбоустановки з урахуванням допоміжних відборів пари на підігрів повітря, мазуту, підсушування палива та ін.
7. Обчислюються показники турбогенератора і ТЕЦ в цілому по витратах пари, води і їх параметрами, за електричної потужності і за видатками тепла і палива.