

Тема 15. Водопостачання підприємств теплоенергетики

1. Споживачі води на ТЕС.
2. Системи і схеми водопостачання ТЕС і ТЕЦ.
3. Вимоги до якості води.

1. До підприємств теплоенергетики відносяться атомні, теплові та електричні станції для міст, районів та промислових підприємств. Підприємства теплоенергетики відносяться до найбільш водоемких споживачів в народному господарстві, вони споживають приблизно 25% від загальної витрати води, яку споживають всі промислові підприємства. Достатньо відмітити, одна сучасна ТЕС споживає 100-150 тис. м³/год води. Одночасно ці підприємства характеризуються значною кількістю стічних вод та значною кількістю забруднень.

На теплових електростанціях вода використовується для живлення та продувки котлів, охолодження конденсаторів парових турбін, повітроохолоджувачів та газоохолоджувачів генераторів запитуючих насосів, маслоохолоджувачів систем змащення механізмів, золовидалення та інше. Кожний теплообмінник являє собою батарею латунних або мельхіорових трубок, які знаходяться у металевому корпусі. По трубках циркулює охолоджуюча вода, а між трубками проходить повітря, газ, масло, які потрібно охолоджувати. Нагріта вода після конденсатора часто використовується на шлако- і золовидалення гідравлічним способом. Найпростіша конденсаційна станція (рис.5.1) передбачає паровий котел 1, з якого пар потрапляє на турбіну 2. Турбіна у свою чергу обертає електричний генератор 3. Відпрацьований пар потрапляє в конденсатор 4, куди насосом 5 подається охолоджуюча вода.

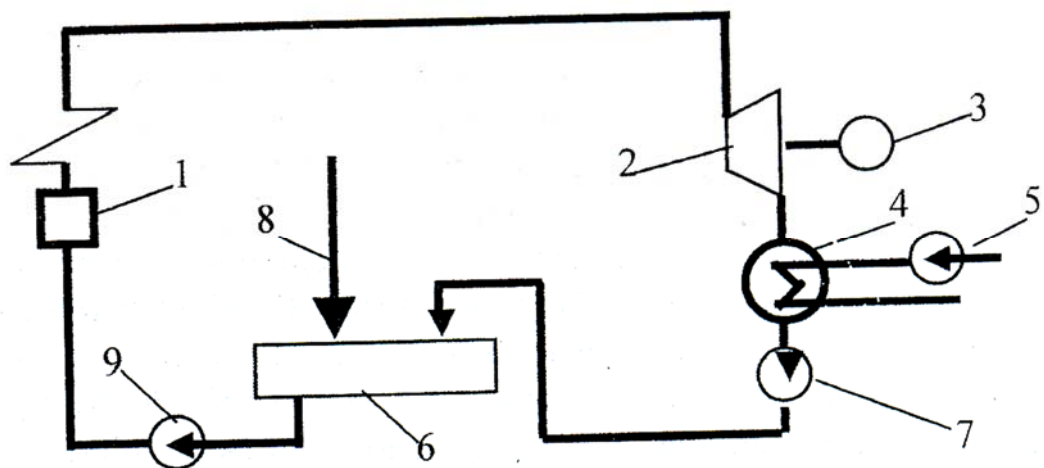


Рис. 15.1 - Схема конденсаційної електростанції:

1- паровий котел; 2- турбіна; 3- електричний генератор; 4- конденсатор; 5-циркуляційний насос; 6- бак запитуючої води; 7- конденсатний насос; 8- подача знесоленої води; 9-запитуючий насос

Конденсат перекачується в бак запитуючої води 6. В бак подається додатково свіжа очищена і знесолена вода. Необхідна кількість води подається в котел насосом 8.

Пар виробляється в котлах, в яких спалюють вугілля, газ, нафтопродукти, торф. На атомних станціях парові котли замінені на атомні реактори. Електричні станції, які виробляють тільки електроенергію, зветься конденсаційними. Якщо додатково виробляється теплова енергія (пар на технологічні потреби, опалення, гаряче водопостачання), то вони називаються теплофікаційними. Витрати води на електростанціях можуть доходити, в залежності від їх потужності, до 100 м³/с.

На сучасних ТЕС утворюються наступні категорії стічних вод:

1. продувочні води систем оборотного водопостачання і стічні води від охолодження конденсаторів парових турбін, які викликають в основному теплове забруднення водних об'єктів;
2. стічні води від установок хімічної підготовки води, зокрема, від регенерації іонообмінних фільтрів, води конденсатоочисток, для яких характерна висока мінералізація;
3. води систем гідрозоловидалення ТЕС, які спалюють тверде паливо;
4. відпрацьовані розчини після хімічної очистки теплосилового обладнання та його консервації;
5. стічні води від сховищ мазуту;
6. поверхнево-зливові стічні води з території підприємств.

2 Системи і схеми водопостачання ТЕС і ТЕЦ

Схеми водопостачання можуть бути:

- прямоточні (при наявності досить потужного джерела),
- оборотні (найчастіше),
- змішані.

Для охолодження конденсаторів використовується технічна вода без нормування її якості. Проте підвищення коефіцієнту корисної дії паросилової установки досягається покращенням якості води та зниженням її температури.

При прямоточній системі охолодження вода проходить через конденсатор турбіни одноразово, при цьому забір води з ріки здійснюється обов'язково із створу, який розташовано вище по течії, ніж скид води. Вода після використання на охолодженні скидається в річку, водосховище. Така система потребує значних капітальних вкладень, потужних джерел водопостачання, проте забезпечує низькі і стабільні температури води.

Подача води з водойми може забезпечуватись блочною або центральною насосною станцією. При блочній станції на кожний блок (котел, турбіна) подається двома циркуляційними насосами й окремим водоводом. В такій системі засувки і зворотні клапани на напірних лініях не встановлюються, а тепла вода скидається в самопливний канал великого перерізу (4.2×3 м). Система найбільш економічна і надійна. При центральній насосній станції вода подається споживачам по двох- трьох водоводах великого діаметра (3-3.3 м) декількома насосами (не менше чотирьох). В схемі багато запірної й запобіжної арматури, відповідно великі гідравлічні втрати. В прямоточній системі витрати води можуть бути забезпечені тільки на великих

річках. Крім того, скид великої кількості теплої води обмежує застосування таких систем.

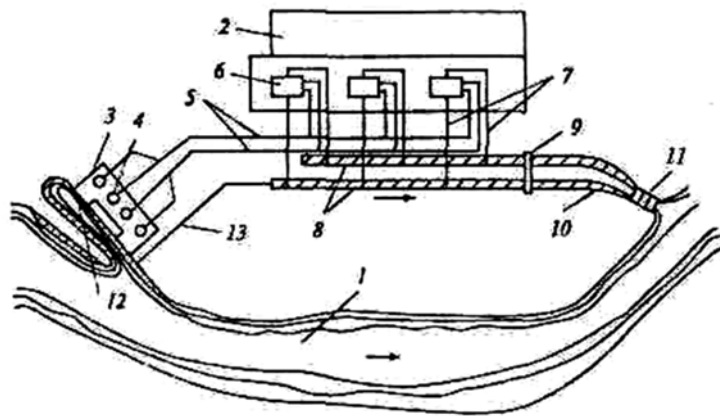


Рис. 15.2 - Схема прямої системи технічного водопостачання електростанцій:

1-річка; 2-головний корпус; 3- водоприймальний пристрій та берегова насосна станція; 4- циркуляційні насоси; 5-напірні трубопроводи; 6 – конденсатори турбін; 7-зливні трубопроводи; 8- закритий відвідний канал; 9- пристрій для регулювання води у закритому відвідному каналі; 10-відкритий відвідний канал; 11- водоскидна споруда; 12- водозабір; 13-трубопровід обігрівання водозабору

На теплових і атомних електростанціях з охолоджувальною водою у водні об'єкти скидається велика кількість теплоти. Так, питома кількість теплоти, яка відводиться з охолоджувальною водою при нагріві її у конденсаторах парових турбін на $8-10^{\circ}\text{C}$, стає на ТЕС коло $43 \text{ кДж}/(\text{кВт ч})$, а на АЕС $73 \text{ кДж}/(\text{кВт ч})$ при витраті води $100-300 \text{ м}^3/\text{с}$. Скидати ці теплі води безпосередньо у водойми не можна, оскільки навіть незначне підвищення температур позначається на екологічній обстановці природних водоймищ.

Таким чином, найбільш вигідною для забезпечення конденсаторів парових турбін водою є оборотна схема з водосховищем-охолоджувачем. У цій схемі дуже важливо забезпечити необхідний хімічний склад охолоджуючої води для того, щоб знизити, або повністю виключити небезпечність утворення щільних сольових відкладень та корозійний знос металу, з якого виготовлені конденсатори. Це і є причиною виготовлення конденсаторів із латуні. З другого боку, потрібно проведення стабілізаційної обробки води у цій системі з метою запобігання утворенню щільних сольових відкладень і корозії. Для цієї системи все це є визначальним для забезпечення її працездатності. Крім того, охолоджуюча вода повинна мати певну температуру.

Найбільш поширеним методом стабілізації охолоджуючої води є продувка систем водяного охолодження, тобто відвід частини оборотної води із заміною її свіжою. При продувці знижуються концентрації усіх домішок, у тому числі хлоридів та сульфатів, що сприяє послабленню процесів корозії в оборотній системі охолодження. Звичайно стабілізацію води проводять разом

із обробкою води хімічними реагентами. До хімічних методів обробки охолоджувальної води відносяться підкислення, рекарбонізація, фосфатування.

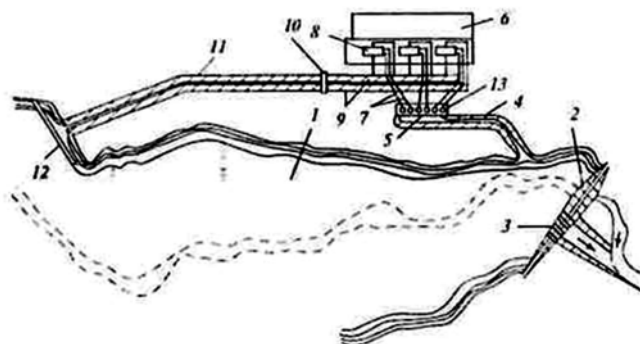


Рис. 15.3 - Схема оборотної системи технічного водопостачання з водосховищем-охолоджувачем:

1-водосховище-охолоджувач; 2-гребля, 3-водоскид греблі; 4- відкритий підвідний канал; 5-водоприймач та берегова насосна станція; 6- головний корпус; 7-напірні трубопроводи; 8-конденсатори турбін; 9 – закритий відвідний канал; 10- пристрій для регулювання води у закритому відвідному каналі; 11-відкритий відвідний канал; 12-струморозподільча споруда; 13-трубопровід обігрівання водозабору

При оборотній системі охолодження вода проходить через конденсатор багаторазово. Охолодження нагрітої вод, яка покидає конденсатор, здійснюється за рахунок її часткового випаровування. За СНиП рекомендований перепад температур нагрітої та охолодженої води - до 9°C. В реальних умовах самого жаркого періоду цей перепад часто не забезпечується, що призводить до зниження ефективності роботи ТЕЦ.

Для охолодження можуть бути використані: 1) пруди та водосховища-охолоджувачі, 2) баштові градирні, 3) вентиляторні градирні.

Градирні – це спеціальні пристрої для штучного охолодження рідких теплоносіїв. Вони знайшли велике поширення у промисловості і, зокрема, на ТЕЦ.

Основним робочим елементом градирні є зрошувальний пристрій. Вода після конденсаторів турбін подається на зрошувальний пристрій, в якому розподіляється на краплини, струмені або плівки. Вода у вигляді крапель, струменів та плівок стікає вниз, а назустріч їй рухається повітря через бокові отвори знизу витяжної башти (рис.5.4). в процесі взаємодії з повітрям вода охолоджується в результаті конвективного теплообміну та часткового випаровування. Нагріте та насичене водяними парами повітря відводиться уверх через витяжну башту. За взаємним напрямком руху середовищ найбільше поширення у нашій країні отримали протиточні градирні з природною тягою і зрошувальними пристроями.

Вода потрапляє у градирню до зрошувального пристрою на висоті 10-20 м. Висота витяжної башти залежить від типорозміру градирні і може

досягати 150 м, діаметр башти внизу 100м, а вихідний діаметр 45-60м. Площа зрошувального пристрою найбільш крупних градирень складає близько 10000м².

Під витяжною баштою градирні мається басейн глибиною 2м для збирання охолодженої води. Вода з басейну циркуляційними насосами подається у головний корпус електростанції.

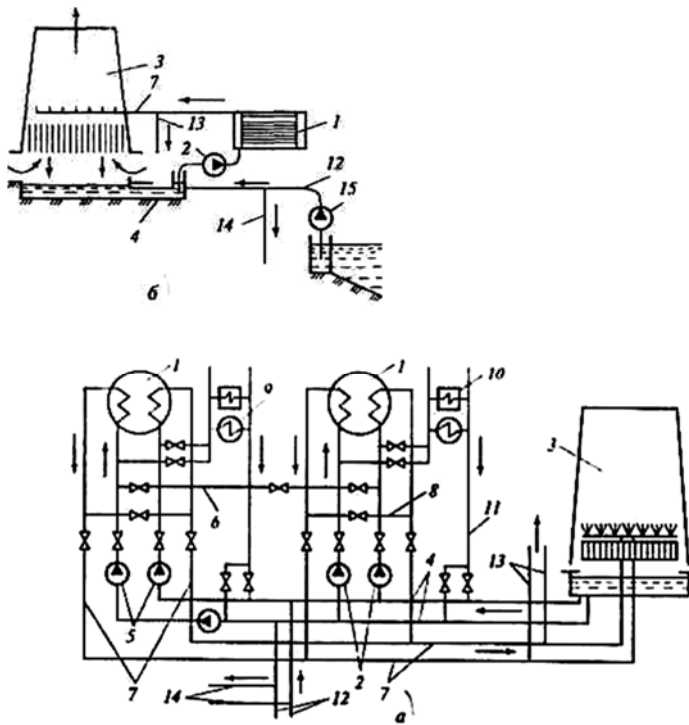


Рис.15.4 - Оборотна система технічного водопостачання з градирнями: а-схема трубопроводів технічної води; б-схема оборотного водопостачання

1-конденсатори турбін; 2-циркуляційні насоси; 3- градирня; 4-підвідні самопливні водоводи к циркуляційним насосам; 5-напірні трубопроводи до конденсаторів турбін; 6-перемичка між напірними трубопроводами до градирні; 8- перемичка між зливними трубопроводами турбін; 9- масло охолоджувачі турбін; 10-газо- та повітроохолоджувачі генератору; 11- трубопровід скидної води від охолоджувачів газу і масла у підвідні водоводи; 12-трубопроводи підживлення циркуляційної системи; 13-трубопроводи продувки циркуляційної системи та подачі води у систему гідрозоловидалення; 14-трубопроводи подачі води на водопідготовку; 15-насоси додаткової води

На великих станціях перевагу слід віддавати оборотним системам з охолодженням води в баштових градирнях (Рівненська атомна електростанція), в водосховищах-охолоджувачах (Хмельницька атомна електростанція), для невеличких станцій – з охолодженням води у вентиляторних градирнях або бризкальних басейнах. При використанні

градирень охолоджена вода потрапляє у машинний зал станції, де встановлені циркуляційні насоси подачі води на конденсатори. В деяких випадках використовуються змішані системи, коли в маловодні періоди додатково до прямої системи підключаються водосховища, градирні, бризкальні басейни.

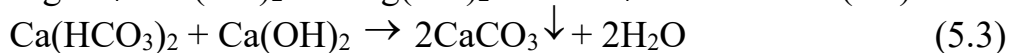
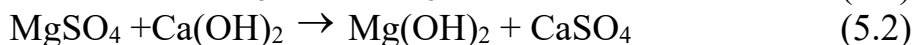
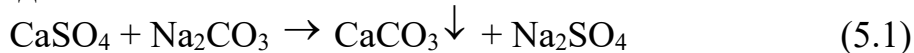
Для охолодження газу, повітря та масла застосовують конденсат, який циркулює в замкненому контурі та охолоджується водою у спеціальних теплообмінниках.

3. Крім охолоджуючих систем оборотного водопостачання у теплоенергетиці є споживачі хімічно обробленої води, які пред'являють до води завищені вимоги. До них відносяться парові котли, випарники, пароутворювачі, теплові мережі з закритою або відкритою системою теплопостачання.

Для виробництва з води пари застосовують парові котли різної продуктивності та різних параметрів, у першу чергу – тиску. Вода, що подається у котли для виробництва пари - не звичайна, а зм'якшена (хімічно очищена). Загальна жорсткість цієї води повинна бути не вище 0,6 мг-екв/л для котлів низького тиску, а для котлів високого тиску 0,03-0,06 мг-екв/л.

Вода для живлення парових котлів проходить спеціальну обробку для надання їй складу та властивостей у відповідність до вимог. З води вилучають механічні домішки, солі жорсткості та розчинний у воді кисень. Поповнення витрат живильної води на ТЕС запроваджується хімічно знесолоною водою або дистиллятом.

Пом'якшення води здійснюється у декілька стадій. Спочатку вода оброблюється реагентним методом (найчастіше содо-вапняним), при якому з води видаляється основна маса солей тимчасової та постійної жорсткості.



Реагентним методом можна знизити загальну жорсткість води до 0,4-0,8 мг-екв/л. Чим вище температура води, яка обробляється, тим нищу жорсткість води можна отримати цим методом. Більш глибоке зм'якшення води досягається застосуванням іонообмінної технології, в результаті якої видаляється та частина солей, що залишилися у воді, а також, якщо потрібно з води видаляються аніони (хлориди, сульфати тощо). На більшості підприємств теплоенергетики для видалення з води солей жорсткості застосовуються натрій-катіонітові фільтри. На першому ступені вода знижується до 0,1 мг-екв/л, а на другому – до 0,01 мг-екв/л. У процесі фільтрування іонообмінна смола цих фільтрів поступово насичується солями жорсткості і через визначений час ці фільтри необхідно регенерувати, тобто відновлювати їхню іонообмінну здатність. Для регенерації Na-катіонітових фільтрів найчастіше використовують розчин повареної солі NaCl. У результаті регенерації утворюються стічні води, що містять поварену соль, а також солі кальцію і магнію (CaCl₂, MgCl₂). Хімічний склад стічних від регенерації Na-катіонітових

фільтрів характеризується високим солевмістом та високою жорсткістю. Ці води складають основний об'єм хімічно забруднених стічних вод, що утворюються в процесі хімічної підготовки води. Методи очищення цих стічних вод, на жаль відсутні. Тому вони без очищення скидаються в каналізаційну мережу і потрапляють у водні об'єкти, забруднюючи їх цими солями.

У процесі хімічної підготовки води для живлення парових котлів утворюються декілька видів стічних вод:

- стічні води та осад (шлам) від освітлювачів (вертикальних відстійників) для реагентного (содо-вапняного) зм'якшення води;
- стічні води від промивки механічних фільтрів;
- стічні води від спущування завантаження натрій-катионітових фільтрів;
- засолонені стічні води від промивки (регенерації) натрій-катионітових фільтрів (ці води забруднені солями жорсткості, хлоридами та іншими компонентами сольового змісту).

Схема установки для хімічної підготовки включає практично всі види апаратів для очистки води:

1. очистка від механічних домішок у відстійниках з коагуляцією та флокуляцією;
2. фільтрування води на механічних зернистих фільтрах;
3. зм'якшення води содо-вапняним методом з подальшим прояснюванням пом'якшеної води в освітлювачах із завислим шаром або у вертикальних відстійниках;
4. фільтрування пом'якшеної води на механічних зернистих фільтрах;
5. подальше зм'якшення води на натрій-катионітових фільтрах в один або два ступеня;
6. видалення з води хлоридів та сульфатів на іонообмінних фільтрах.

Контрольні запитання:

1. Основні споживачі води на ТЕС.
2. Системи водопостачання теплових електростанцій, їх характеристика, вибір.
3. Охолодження конденсаторів парових турбін.
4. Хімічна підготовка води для живлення парових котлів.
5. Вимоги до якості води для живлення парових котлів
6. Основні категорії стічних вод підприємств теплоенергетики.