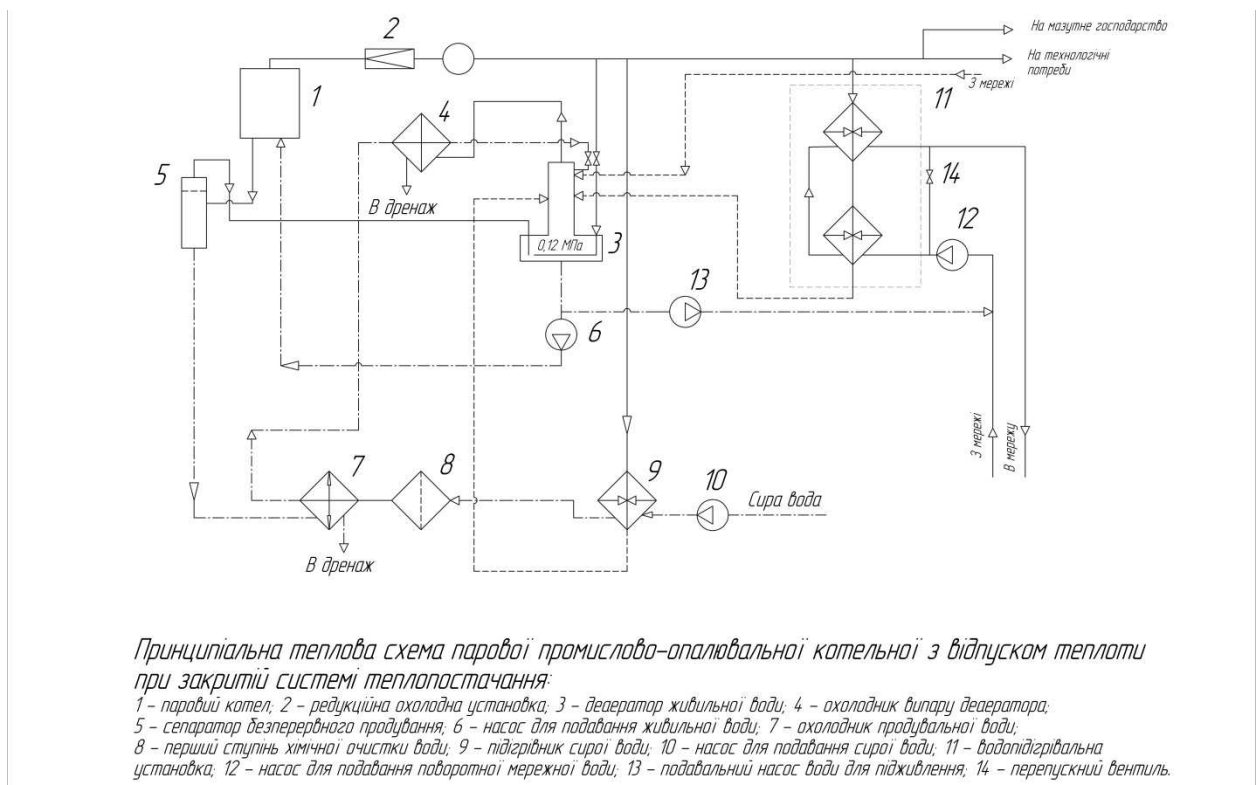


## РОЗДІЛ 7 ПРИНЦИПОВІ ТЕПЛОВІ СХЕМИ КОТЕЛЕНЬ

### 7.1 Принципові теплові схеми парових котелень

Парові котельні з котлоагрегатами низького тиску (1,4 або 2,4 МПа), які зараз проектуються, частіше за все призначені для одночасного відпуску пари і гарячої води, тому в їх теплові схеми вводяться водопідготовчі установки. Принципову теплову схему парової промислово-опалювальної котельні з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання показано на рис. 7.1.



**Рис.7.1 – Принципова теплова схема парової промислово-опалювальної котельні з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання**

Пара, що отримується в котлах 1, проходить через редуційну охолоджуючу установку 2, де відбувається зниження його параметрів, і надходить у паропровід, за яким направляється на технологічні потреби, в водопідігрівальну установку 11 і мазутне господарство. Частина пара витрачається на власні потреби котельні (деаерація хімічно очищеної води, підігрів сирі води). Конденсат водяної пари (чистий) подається у деаератор

живильної води 3 і далі в котлоагрегат. Якщо конденсат забруднений, то він очищується.

Мережева вода, що використовується для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання споживачів, нагрівається в водопідігрівальній установці 11. Поворотна мережена вода насосом 12 подається в водопідігрівальну установку, що складається з двох послідовно з'єднаних теплообмінників. У першому з них (по ходу мережевої води) гріючим теплоносієм є конденсат водяної пари, що утворюється в другому теплообміннику - пароводяному підігрівачі. Нагріта до необхідної температури мереж вода надходить у вхідний трубопровід теплової мережі.

Втрати конденсату і витоків води з мережі заповнюються сирією водою для підживлення. Сира вода насосом 10 подається в пароводяний теплообмінник 9, в якому підігрівається до температури 20 ... 30 ° С, і спрямовується в першу ступінь хімічного очищення 8, де відбувається її пом'якшення і зниження лужності. Потім вода підігрівається в охолоджувачі продувочної води 7, охолоджувачі випаровування деаератора 4 і надходить у головку деаератора 3.

Деаерація живильної води і води для підживлення (видалення з води  $O_2$ ,  $CO_2$  та інших газів з підвищенням температури до кипіння) необхідна для зменшення корозії поверхонь нагріву, трубопроводів котельні та теплової мережі, а також запобігання погіршення тепловіддачі і зниження ефективності роботи теплообмінної апаратури.

У парових котельнях застосовуються деаератори, які працюють при тиску, близькому до атмосферного (0,12 МПа) і температурі 104°С, для чого в деаератор подається пар після редуційної охолоджуючої установки 2 з тиском 1 або 0,7 МПа. Суміш газу і пари повинна безперервно відводитися від головки деаератора в охолоджувач 4, де пара конденсується, а гази йдуть в атмосферу. Теплота випаровування утилізується і використовується для підігріву хімічно очищеної води. Конденсат випаровування у великих котелень повертається у цикл, а в дрібних скидається в дренаж.

Деаерована вода живильним насосом 6 направляється в водяний економайзер парового котла і в охолоджувач редуційної охолоджуючої установки (на схемі не показаний).

У схемі передбачено також утилізацію теплоти безперервної продувки котлоагрегату. Вода безперервної продувки після сепаратора 5 надходить в охолоджувач 7, де охолоджується до 40°С і скидається в дренаж. (Якщо загальна жорсткість мережної води не перевищує 0,05 мг-екв/кг, то допускається використання продувочної води для підживлення теплової мережі

закритої системи теплопостачання). Пара з сепаратора 5 безперервної продувки, який утворюється завдяки зниженню тиску продувної води від 1,4 або 2,4 МПа після котла до 0,17 МПа в сепараторі, подається в деаератор 3.

Особливістю роботи котельних в закритих системах теплопостачання є те, що витрата води на підживлення теплових мереж зазвичай незначна. При цьому, як показано на рис.7.1, підживлення теплової мережі здійснюється насосом 13 від деаератора живильної води 3, тобто окремий деаератор для підготовки води з метою підживлення мережі не потрібний.

Принципову теплову схему парової промислово-опалювальної котельні з відпуском теплоти при відкритій системі теплопостачання представлено на рис.7.2. Через те, що в цій системі витрата води визначається її втратами в тепловій мережі і котельній (що було і в розглянутій вище закритій системі теплопостачання), а також витратою води на гаряче водопостачання при її безпосередньому заборі в тепловій мережі, то встановлюється додатковий деаератор води для підживлення 17.

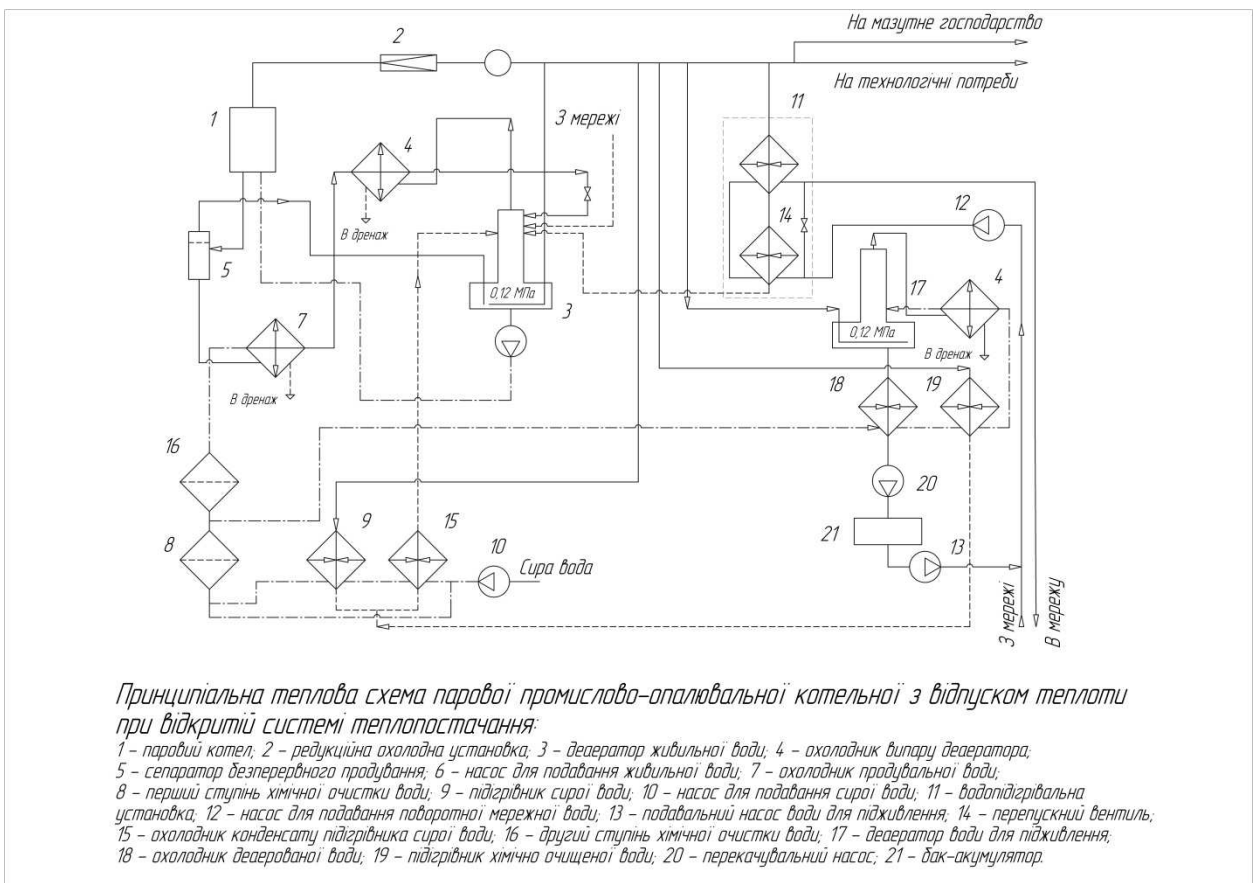


Рис.7.2 – Принципова теплова схема парової промислово-опалювальної котельні з відпуском теплоти при відкритій системі теплопостачання

Особливістю цієї схеми теплопостачання є те, що витрата води в ній нерівномірна. Тому для вирівнювання добового графіка відпуску теплоти на гаряче водопостачання і зменшення розрахункової продуктивності устаткування водопідготовки в схему введений бак-акумулятор для деаерованої води 21. Вода для підживлення з деаератора 17 за допомогою перекачуючих насосів 20 подається в цей бак, звідки насосом для підживлення 13 вона прямує в поворотну лінію теплової мережі.

У схемі є друга ступінь хімічної очистки води 16, живильний паровий котел. Вода для підживлення після першого ступеня хімічної очистки 8 підігрівається в охолоджувачі деаерованної води 18, подіігрівачі пом'якшеної води 19, охолоджувачі випаровування деаератора 4 і надходить в деаератор води для підживлення 17.

У охолоджувачі деаерованої води 18 вода для підживлення охолоджується до температури  $70^{\circ}\text{C}$ , що дає можливість направити її безпосередньо в теплову мережу для гарячого водопостачання в літній час і відключити при цьому водопідігрівальної установку 11.

У схемі здійснюється двоступеневий нагрів сирі води. У першій ступені (теплообмінник 15) по ходу сирі води гріючим теплоносієм є конденсат пари, що утворюється в другій ступені (пароводяний теплообмінник 9). Конденсат в першій ступені нагріву сирі води охолоджується до температури  $80^{\circ}\text{C}$  і надходить в деаератор живильної води 3.

На підставі розглянутих принципових теплових схем парових промислово-опалювальних котелень можуть бути складені такі ж схеми парових опалювальних котелень. Для цього в схемах на рис. 7.1 і 7.2 необхідно виключити лінію подачі пари з котельні на технологічні потреби і лінію надходження конденсату від споживачів в деаератор живильної води.

Принципова тепла схема парової промислової котельні може бути складена на підставі схеми, показаної на рис. 7.1, з виключенням з неї водопідігрівальної установки 11 і всіх пов'язаних з нею ліній.

## 7.2 Принципові теплові схеми водогрійних котельних

Водогрійні котельні, як правило, є опалювальні і проектується виходячи з кількості теплоти, яка відпускається на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання з використанням в якості теплоносія гарячої води з температурою  $150/70^{\circ}\text{C}$  (опалення та вентиляція) і  $65\dots75^{\circ}\text{C}$  (гаряче

водопостачання). Нагрівання мережної води здійснюється безпосередньо в водогрійних котлах.

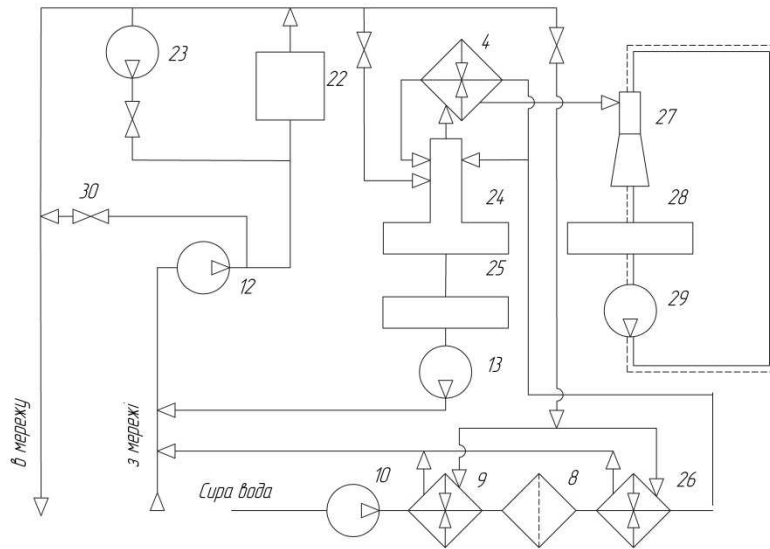
Відзначимо, що водогрійні котельні без парових котлів можуть проектуватися в тому випадку, коли єдиним паливом для водогрійних котлів служить або газ, або мазут, який надходить в котельню вже розігрітим. Якщо мазут, який є також резервним паливом, подається в холодному стані, то для його розігріву потрібно мати водяний пар. Тому в водогрійних котельнях повинні додатково встановлюватися службові парові котли для потреб мазутного господарства.

На рис.7.3 показано принципову теплову схему водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти при закритій системі тепlopостачання. Вода в зворотній лінії теплової мережі з невеликим напором (0,2 ... 0,4 МПа) підводиться до насоса 12. До нього ж насосом 13 для підживлення подається деаерована вода з бака 25. До насоса 12 спрямовується і гріюча вода після теплообмінників 9 і 26, призначених для підігріву сирові і хімічно очищеної води відповідно. Далі вся вода надходить у водогрійний котел 22.

При роботі котлоагрегатів можлива корозія поверхонь нагріву внаслідок конденсації  $H_2O$  і  $SO_3$  з димових газів на зовнішніх поверхнях труб. Щоб уникнути або зменшити її інтенсивність, температуру води на вході в котли необхідно підтримувати вище температури точки роси димових газів, причому мінімально допустима температура води на вході в котли повинна бути не нижче 60, 70 і 110°C при спалюванні природного газу, мало- і високо-сірчистого мазутів відповідно.

Оскільки температура води в поворотних лініях теплових мереж майже завжди нижче 60 °C, у схемі передбачається подача гарячої води на вхід котла (рециркуляція) за допомогою рециркуляційного насоса 23.

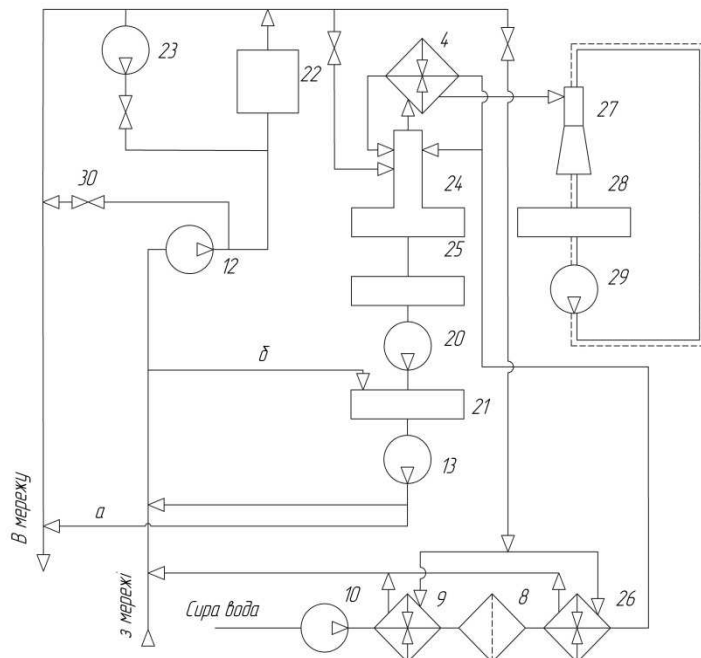
Для забезпечення розрахункової температури води на вході в теплові мережі при всіх режимах роботи котельні, крім максимального зимового, частину води з поворотної лінії після насоса 12 направляється в подавальну магістраль системи через регулятор перепуску 30. Ця лінія називається перепускною.



Принципіальна теплова схема водогрійної опалювальної котельної з відпуском теплоти

1 – паровий котел; 2 – редукційна охолодна установка; 3 – деаератор живильної води; 4 – охолодник випару деаератора; 5 – сепаратор безперервного продування; 6 – насос для подавання живильної води; 7 – охолодник продувальної води; 8 – перший ступінь хімічної очистки води; 9 – підгрівник сирової води; 10 – насос для подавання сирової води; 12 – насос для подавання паворотної мережної води; 13 – подавальний насос води для підживлення; 22 – водогрійний котел; 23 – рециркуляційний насос; 24 – вакуумний деаератор; 25 – бак з деаерованою водою; 26 – підгрівник хімічно очищеної води; 27 – ежектор; 28 – бак з робочої води; 29 – насос для подавання робочої води; 30 – регулятор перепуску.

Рис.7.3 – Принципова теплова схема водогрійної опалювальної котельної з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання



Принципіальна теплова схема водогрійної опалювальної котельної з відпуском теплоти

1 – паровий котел; 2 – редукційна охолодна установка; 3 – деаератор живильної води; 4 – охолодник випару деаератора; 5 – сепаратор безперервного продування; 6 – насос для подавання живильної води; 7 – охолодник продувальної води; 8 – перший ступінь хімічної очистки води; 9 – підгрівник сирової води; 10 – насос для подавання сирової води; 12 – насос для подавання паворотної мережної води; 13 – подавальний насос води для підживлення; 20 – насос для подавання паворотної мережної води; 21 – бак з деаерованою водою; 22 – водогрійний котел; 23 – рециркуляційний насос; 24 – вакуумний деаератор; 25 – бак з деаерованою водою; 26 – підгрівник хімічно очищеної води; 27 – ежектор; 28 – бак з робочої води; 29 – насос для подавання робочої води; 30 – регулятор перепуску.

Рис.7.4 – Принципова теплова схема водогрійної опалювальної котельної з відпуском теплоти при відкритій системі теплопостачання

Витік води в теплових мережах заповнюються водою для підживлення, яка підготовлюється так. Сира вода насосом 10 подається в підігрівач 9, хімічно очищується в першій ступені очищення 8, підігрівається в теплообміннику 26, пароводяному охолоджувачі випаровування 4 і надходить у колонку вакуумного деаератора 24. Вакуум ( $\sim 0,03$  МПа) у системі підтримується завдяки відсмоктуванню пароповітряної суміші з колонки за допомогою водострумного ежектора 27, в контур якого включений бак з робочою водою 28 і насос для її подачі 29. Після деаератора 24 вода для підживлення стікає в бак 25, звідки насосом для підживлення 13 вона подається в поворотну лінію мережної води перед насосом 12.

Щоб отримати гарячу воду на потреби гарячого водопостачання, у споживачів встановлюються проміжні підігрівачі, які включаються в теплову мережу за змішаною або паралельної схемою.

Принципова тепла схема водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти при відкритій системі теплопостачання відрізняється від розглянутої в основному продуктивністю водопідготовки для підживлення теплової мережі. Розроблено кілька варіантів цієї схеми, що відрізняються між собою різними способами завантаження і вивантаження баків-акумуляторів з деаерованою водою, які повинні бути в цій системі теплопостачання. На рис.7.4 зображений варіант принципової теплової схеми водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти при відкритій системі теплопостачання і використанні перекачувальних насосів 20 для подачі деаерованої води і насоса для підживлення 13. У схему можуть бути введені річний мережевий насос для подачі води з бака-акумулятора 21 лінією а в теплову мережу гарячого водопостачання, а також літній насос підживлення, що дасть економію електричної енергії. Надлишок води для підживлення при мінімальному споживанні для гарячого водопостачання (наприклад, у нічний час доби) може знову направлятися в бак-акумулятор 21 лінією б.

### 7.3 Принципові теплові схеми пароводогрійних котелень

Пароводогрійні котельні є промислово-опалювальними і забезпечують технологічне навантаження паром, а опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання - гарячою водою. У таких котелень додатково може встановлюватися установка для підігріву мережної води.

На рис. 7.5 показана принципова тепла схема пароводогрійної промислово-опалювальної котельні з відпуском теплоти при закритій системі