

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 1

СУМИ – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 1

для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу
освітньої програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм здобуття освіти
ступеню вищої освіти «бакалавр»

СУМИ – 2025

УДК 621.18(072)
Ч 44

Укладачі: **Чепіжний А.В.**, к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Ч 44 Експлуатація теплоенергетичного обладнання :
методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи. Частина
1 / укл. А. В. Чепіжний – Суми, 2025 – 52 с.

В методичних вказівках висвітлено питання самостійного вивчення здобувачами освіти матеріалу з дисципліни експлуатація теплоенергетичного обладнання.

Рецензенти:

Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент кафедри технічного сервісу та галузевого машинобудування

Лобода В.Б., к.т.н., професор кафедри охорони праці та фізики

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В. к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету.

Протокол №6 від __.__.____ року

ЗМІСТ

ТЕМА 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ.....	6
ТЕМА 2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	18
ТЕМА 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНИХ.....	25
ТЕМА 4. ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ БАРАБАННОГО ТА ПРЯМОТОЧНОГО ТИПУ.....	39
ТЕМА 5. СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТУРБІНИ.....	42
ТЕМА 6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ТУРБОУСТАНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51

ТЕМА 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

План

1. Хімічні властивості металів.
- 1.1. Взаємодія з неметалами.
- 1.2. Електрохімічний ряд напруг металів.
- 1.3. Відношення до води.
- 1.4. Відношення до кислот.
- 1.5. Відношення до лугів.
- 1.6. Взаємодія із солями інших металів.

1 Хімічні властивості металів

Хімічні властивості металів залежать від електронної будови їх атомів, а саме від структури валентних енергетичних підрівнів і великих розмірів атомних радіусів (порівняно із атомними радіусами неметалів). Зовнішні електрони в атомах металів суттєво віддалені від ядра і слабо сполучені з ним, завдяки чому метали мають невисокі значення потенціалів іонізації, які характеризують їх відновні властивості. Метали достатньо легко віддають свої валентні електрони, перетворюючись у позитивно заряджені іони.

Однак різним металам відновна здатність притаманна неоднаковою мірою. Висновок про можливість взаємодії конкретного металу з тим чи іншим окисником можна зробити, виходячи зі знака енергії Гіббса ($\Delta G < 0$) чи із порівняння стандартних електродних потенціалів відповідних окисно-відновних систем:

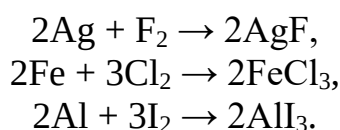
$$\varepsilon_{\text{ок/відм}}^0 > \varepsilon_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0$$

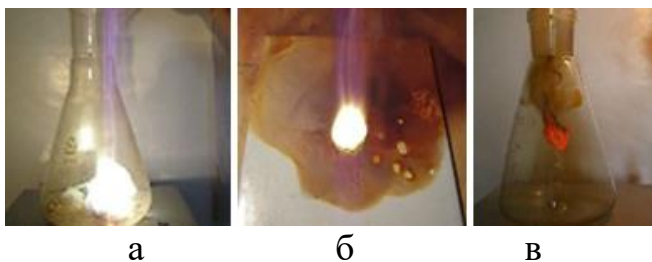
У загальному випадку відновні властивості металів посилюються у межах підгруп періодичної системи елементів із зростанням порядкового номера, збільшенням атомних радіусів і зменшенням величин енергії іонізації. Деякі метали (наприклад, лужні та лужноземельні) настільки активні, що їх необхідно зберігати у запаяному посуді під шаром гасу, вазеліну чи парафіну.

1.1 Взаємодія з неметалами

Практичне значення має відношення металів до дії галогенів, кисню, сірки та інших простих речовин неметалів з окисними властивостями.

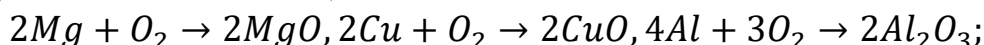
1. Галогени. Серед галогенів окисна здатність зменшується при переході від фтору до йоду, тому F_2 і Cl_2 окислюють всі метали, Br_2 – більшість, а I_2 – тільки найактивніші. При цьому активні метали швидко згорають в атмосфері F_2 і Cl_2 , з бромом реакція відбувається повільніше, а з йодом – при підпалюванні реакційної суміші (рис. 1.1). Внаслідок взаємодії утворюються солі – галогеніди металів:



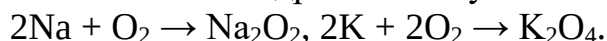


а – магнію у хлорі; б – магнію у йоді; в – заліза у хлорі.
Рисунок 1.1 – Згоряння металів в атмосфері галогенів

2. Кисень. З киснем за тих чи інших умов взаємодіють майже всі метали, але менш енергійно. Як продукти, як правило, утворюються оксиди металів, причому не обов'язково вищі:



Лужні метали (за винятком літію, який окислюється до оксиду Li_2O) утворюють перокси, де Оксиген має ступінь окиснення – 1, чи надперокси, в яких Оксиген виявляє дробовий ступінь окиснення – 1/2:



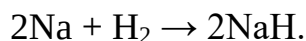
3. Сірка. Із сіркою, особливо при нагріванні чи у розплавленому стані, реагує більшість металів з утворенням бінарних сполук – сульфідів металів (рис. 1.2), наприклад:



Рисунок 1.2 – Поетапний перебіг реакції, що відбувається при взаємодії магнію з сіркою за схемою $Mg + S \rightarrow MgS$

4. Водень. З воднем взаємодіють переважно активні метали. Продуктами взаємодії є бінарні сполуки – гідриди металів, які бувають такими:

- солеподібні, які представлені гідридами лужних і лужноземельних металів, що утворюються внаслідок безпосередньої взаємодії між простими речовинами:



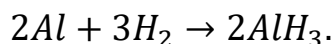
Солеподібні гідриди металів характеризуються іонним типом зв'язку, високою відновлювальною здатністю, доброю розчинністю у воді, при якій відбувається достатньо бурхлива реакція:



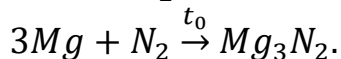
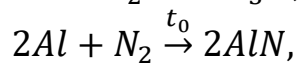
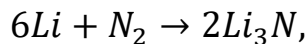
- металоподібні гідриди, які за характером хімічного зв'язку близькі до металів, а за складом належать до бертолідів, тобто не мають фіксованого стехіометричного співвідношення між компонентами:



- ковалентні гідриди, яким притаманна полімерна природа, – це гідриди таких металів, як Be, Mg, Al, Cu, Zn та ін.:



5. Азот слабким окисником завдяки надзвичайно міцному хімічному зв'язку, тому на більшу частину металів він не діє. Лише деякі метали здатні згоряти в атмосфері азоту з утворенням бінарних сполук, які називаються нітриди, а за кімнатної температури у реакцію з ним може вступати тільки літій:



6. Інші слабкі окисники (вуглець, кремній, бор) при високій температурі утворюють з металами бінарні сполуки – карбіди, силіциди, бориди відповідно. Для багатьох із них характерні висока твердість (наприклад, WC, TiC, CrB₂), жароміцність (ZrC, MoB₅, TiN_x), хімічна стійкість (TiN_x, ZrN), тому вони застосовуються як абразиви, вогнетриви, матеріали різальних інструментів, жароміцні та хімічно стійкі покриття.

1.2 Електрохімічний ряд напруг металів

При контакті металу з електролітом відбувається перехід заряджених частинок через межу поділу, внаслідок чого виникає різниця потенціалів на межі метал-розчин електроліту, яка називається електродним потенціалом (позначається символами ε чи ϕ).

Електродний потенціал – це певна різниця електростатичних потенціалів, що виникає між електродом і електролітом при їх контакті.

Електродний потенціал ε , який може набувати додатного або від'ємного значення визначають за допомогою спеціальних методів відносно еталонних електродів – водневого, хлорсрібного тощо.

Електродний потенціал, виміряний відносно стандартного водневого електрода за стандартних умов (298 К, 101325 Па) при активності іонів металу в розчині 1 моль/л, називається стандартний електродний потенціал ε_0 .

Значення стандартних електродних потенціалів для багатьох поширених металів наводять у спеціальних довідниках (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Стандартні електродні потенціали металів

Електрод	ε_0	Електрод	ε_0	Електрод	ε_0
Li/Li ⁺	-3,045	Zn/Zn ²⁺	-0,76	Cu/Cu ²⁺	+0,34
K/K ⁺	-2,92	Cr/Cr ³⁺	-0,74	Ag/Ag ⁺	+0,97
Ca/Ca ²⁺	-2,90	Fe/Fe ²⁺	-0,44	Hg/Hg ²⁺	+0,85
Na/Na ⁺	-2,71	Cd/Cd ²⁺	-0,40	Pt/Pt ²⁺	+1,19
Mg/Mg ²⁺	-2,36	Ni/Ni ²⁺	-0,25	Au/Au ³⁺	+1,50
Al/Al ³⁺	-1,66	Pb/Pb ²⁺	-0,126		
Mn/Mn ²⁺	-1,18	½H ₂ /H ⁺	0,00		

Значення стандартних електродних потенціалів характеризують силу окисників і відновників: чим вище значення ε_0 , тим активнішим окисником є окиснена форма електрохімічної системи (катіон металу), і навпаки, чим

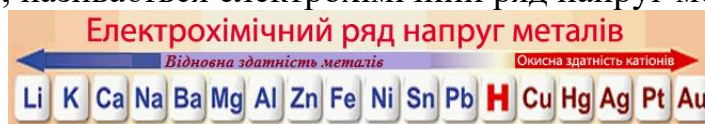
нижче значення ε_0 , тим активнішим відновником є відновлена форма (метал у вільному стані).

Мірою електрохімічної активності металу є енергія, яку необхідно витратити для роботи по перетворенню металу із твердого кристалічного стану в стан гідратованих іонів у розчині. Ця енергія визначається сумою трьох складових:

- енергія атомізації, яка поглинається при переведенні металу із кристалічного стану в ізольовані атоми і залежить від міцності кристалічної решітки;
- енергія іонізації, що витрачається на відривання валентних електронів від вільних атомів металу і зумовлюється його положенням у періодичній системі елементів;
- енергія сольватації, яка виділяється при сольватації іонів металу і визначається електронною структурою, радіусом та зарядом іона, а також природою розчинника.

Загальна енергія перетворення металу з кристалічного стану в гідратовані іони у водному розчині залежить від співвідношення окремих складових. Чим менше значення має ця енергія, тим від'ємнішим є стандартний електродний потенціал і, відповідно, тим активнішим виявляє себе метал в електрохімічних процесах.

Послідовність розміщення металів у порядку зростання стандартних електродних потенціалів, якому відповідає зменшення електрохімічної активності металів, називається електрохімічний ряд напруг металів:



З аналізу електрохімічного ряду напруг металів впливає декілька важливих висновків.

Метали, стандартні електродні потенціали яких нижчі, ніж водневий електродний потенціал у нейтральному середовищі

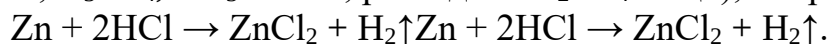
$$(\varepsilon_2\text{H}^+/\text{H}_2 = -0,413\text{В})(\varepsilon_2\text{H}^+/\text{H}_2 = -0,413\text{В}),$$

термодинамічно здатні витіснити водень із води, наприклад:

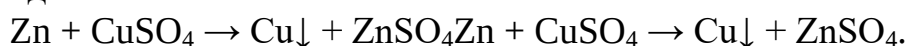


Але ті активні метали ($\varepsilon_0 > -0,413\text{В}$), що розміщуються у ряді напруг після Mg, за звичайних умов з H_2O не взаємодіють, тому що покриті нерозчинними у воді оксидними плівками.

Метали, які розміщені у ряді напруг до H_2 , витісняють водень з кислот-неокисників (HCl , H_3PO_4 , CH_3COOH , розведена H_2SO_4 тощо), наприклад:



Для металів, що розміщуються у ряді напруг після Mg, характерна закономірність: більш активний метал витісняє менш активний із розчину його солі. Або для загального випадку: метал, що розміщується ближче до початку ряду напруг, витісняє інший метал, що знаходиться правіше, з розчину його солі, наприклад:

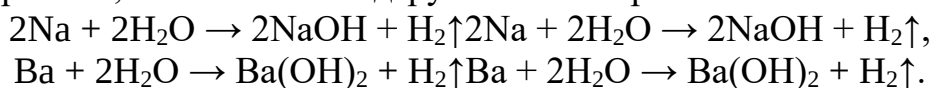


А метали у ряді напруг до Mg настільки активні, що у водних розчинах солей взаємодіють не з сіллю, а з водою.

Під час реакції у розчинах електролітів відновні властивості металів зменшуються від початку ряду напруг, а окисні властивості катіонів металів, навпаки, від кінця ряду напруг. Так, метали Li, Na, Mg, Zn виявляють сильні відновні властивості і легко окислюються, а катіони Pt^{2+} , Au^{3+} , Ag^{+} , Cu^{2+} є сильними окисниками, які швидко відновлюються до вільних металів.

1.3 Відношення до води

Більшість металів не розчиняються у воді, однак майже всі s-елементи, крім берилію Be, вступають з нею у хімічну реакцію з утворенням відповідної основи і водню. При цьому рубідій Rb і цезій Cs реагують із вибухом, калій K – із самозайманням водню, який виділяється внаслідок реакції, натрій Na і літій Li – бурхливо, а метали ІА-підгрупи – без згоряння:



p-Елементи, незважаючи на те, що стоять у ряді напруг до водню (рис. 1.3), не можуть розкласти воду, оскільки їх поверхня покрита хімічно стійкою оксидною плівкою, щільно з'єднаною з металом.

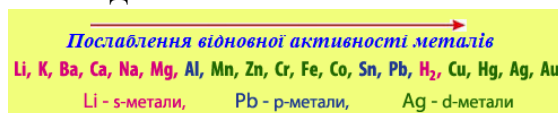
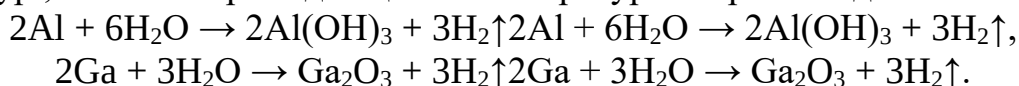


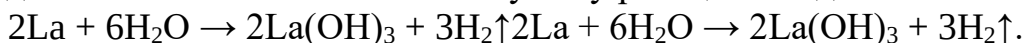
Рисунок 1.3 – Електрохімічний ряд напруг металів

Однак якщо видалити захисну плівку чи перевести метал у тонкодисперсний стан (у вигляді порошку), то деякі з них здатні розчинятися у воді, наприклад, алюміній може взаємодіяти з рідкою водою при кімнатній температурі, а галій – при підвищеній температурі з парами води:



Позбавлений захисної оксидної плівки алюміній взаємодіє з рідкою водою при кімнатній температурі.

Серед d-елементів тільки лантан вступає у реакцію з водою



Дія води на метали посилюється за наявності розчиненого в ній кисню. При цьому деякі малоактивні метали, які за звичайних умов не взаємодіють з H_2O , окислюються аерованою водою за схемою



1.4 Відношення до кислот

Оскільки метали згідно із їх природою та призначенням (конструкційні та інструментальні матеріали) можуть використовуватися у різному оточенні, то необхідно мати повну інформацію про їх поведінку у середовищах, які містять іони Гідрогену, тобто у водних розчинах кислот чи тих солей, що утворені сильними кислотами і внаслідок гідролізу дають кислу реакцію середовища.

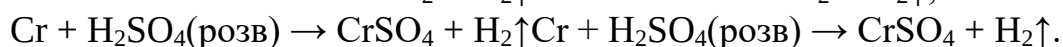
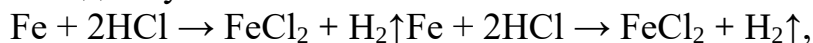
Однак щоб прогнозувати можливість взаємодії кожного металу з тією чи іншою кислотою, слід аналізувати відомості про властивості як самого металу (активний, малоактивний, схильний до пасивації тощо), так і кислоти. За характером дії, в тому числі по відношенню до металів, кислоти умовно поділяють на дві групи:

- неокисні кислоти, в яких окисником виступає іон Гідрогену H^+ ;
- окисні кислоти, в яких окисником є кислотний залишок за рахунок центрального атома, що перебуває у максимальному чи достатньо високому ступені окиснення.

Крім того, залежно від кількісного вмісту кислоти у розчині вони можуть бути концентрованими і розведеними, що також впливає на шлях перебігу реакції та склад продуктів, які при цьому утворюються.

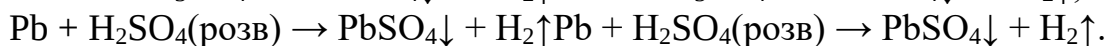
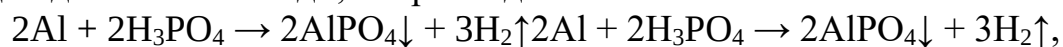
I. Неокисні кислоти (розведена сульфатна H_2SO_4 , галогеноводневі HF , HCl , HBr , HI , ортофосфатна H_3PO_4 , оцтова CH_3COOH та інші слабкі кислоти) діють тільки на метали, що стоять у ряді напруг до водню і мають помітно від'ємне значення стандартного електродного потенціалу (рис. 1.12). У результаті таких реакцій виділяється вільний водень і утворюються солі.

Слід взяти до уваги декілька важливих моментів. По-перше, якщо метал здатний виявляти у сполуках декілька ступенів окиснення, то неокисні кислоти окислюють його мінімально. Наприклад, Fe і Cr такими кислотами окислюються тільки до ступеня окиснення +2:

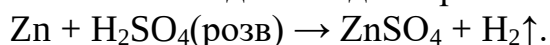


По-друге, деякі метали, стандартний електродний потенціал яких близький до нуля, майже не взаємодіють з неокисними кислотами. Це пов'язано із значною перенапругою виділення водню на таких металах. Наприклад, стійкими до дії розведеної сульфатної, хлоридної та слабких кислот є метали: галій, вольфрам, індій.

По-третє, якщо продуктом реакції металу з неокисною кислотою є малорозчинна сіль, то вона покриває поверхню металу плівкою і тим захищає його від подальшої взаємодії, наприклад:



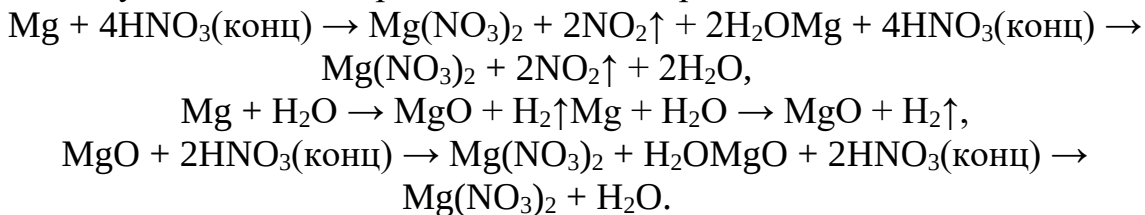
Взаємодія цинку з сульфатною кислотою, внаслідок якої утворюється сіль цинк сульфат і виділяється вільний водень згідно з рівнянням



II. Окисні кислоти, до яких належать: нітратна кислота HNO_3 будь-якої концентрації, концентрована сульфатна H_2SO_4 та інші кислоти, окисна здатність яких зумовлюється не наявністю іона H^+ , а властивостями недисоційованих молекул самих кислот чи їх аніонів. Окисні кислоти взаємодіють із усіма металами від початку ряду напруг до срібла включно (рис. 1.12).

Особливість дії окисних кислот полягає в тому, що вони окислюють метал без виділення водню. Проте у випадку реакції найактивніших металів (Li , Na , K , Mg) з дуже розведеними розчинами окисних кислот, яка відбувається

надзвичайно бурхливо, водень все ж таки може виділятися, але це є результатом взаємодії металу не з кислотою, а з водою, наявною в розчині кислоти. Наприклад, при внесенні магнію у розчин концентрованої нітратної кислоти можуть одночасно проходити декілька реакцій:

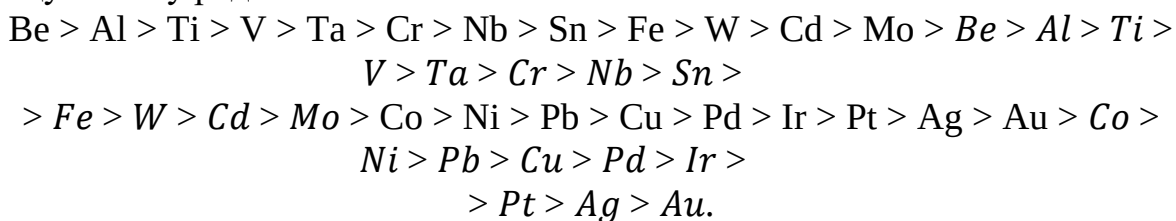


Другою особливістю концентрованих розчинів окисних кислот, яку слід завжди пам'ятати, є їх здатність спричиняти пасивацію деяких металів.

Пасивація – це набуття термодинамічно нестійким металом корозійної стійкості внаслідок утворення на його поверхні щільних непоруватих плівок із малорозчинних сполук, які захищають метал від руйнування.

Схильними до пасивації металами є алюміній Al, хром Cr, залізо Fe, титан Ti та ін.

За схильністю до пасивації найпоширеніші у техніці метали розміщуються у ряд:



При контакті таких металів (наприклад, алюмінію Al, хрому Cr чи заліза Fe,) з окисними кислотами на поверхні схильних до пасивації металів виникає захисна плівка малорозчинних сполук, що зберігає метал від подальшого розчинення у кислоті, тому при кімнатній температурі реакція миттєво припиняється. Але при сильному нагріванні захисна плівка розчиняється і тоді починається взаємодія металу з кислотою (рис. 1.4).

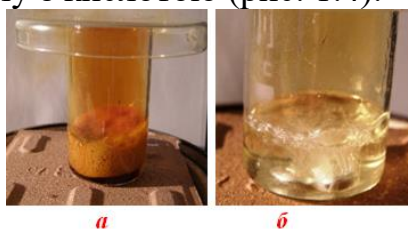


Рисунок 1.4 – При сильному нагріванні Fe (а) і Al (б) з концентрованою нітратною кислотою захисна плівка на поверхні металу розчиняється і відбувається взаємодія металу з HNO_3 , внаслідок якої виділяється бурий газ NO_2

Необхідно знати ще один важливий момент. З міркувань техніки безпеки не проводять реакцію лужних і більшості лужноземельних металів з концентрованими сульфатною і нітратною кислотами, оскільки така взаємодія супроводжується сильним вибухом (рис. 1.5).

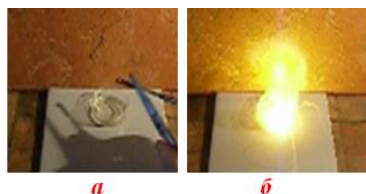
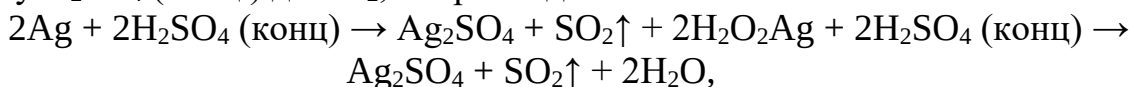


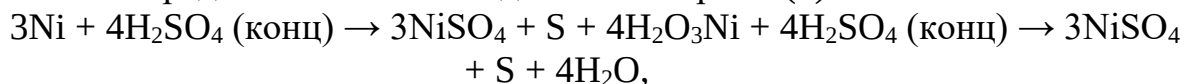
Рисунок 1.5 – Взаємодія натрію Na з концентрованою сульфатною кислотою проходить з вибухом: а) концентрована H_2SO_4 , в яку опускають шматочок Na; б) перебіг реакції Na з H_2SO_4 (конц.)

Взаємодія лужного металу натрію Na з концентрованою сульфатною кислотою H_2SO_4 (конц) супроводжується самозайманням продуктів реакції або навіть вибухом – у випадку достатньої кількості вихідних речовин.

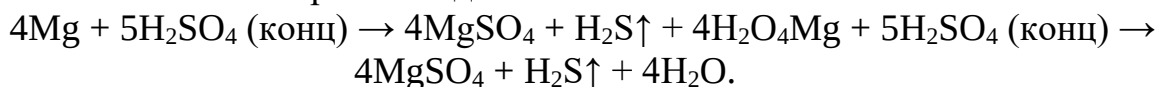
II.1. Концентрована сульфатна кислота, окисна здатність якої виявляється за рахунок Сульфуру (+6), при взаємодії з металами залежно від їх активності, температури середовища, ступеня концентрування кислоти може відновлюватися по-різному. Малоактивні метали відновлюють сульфатну кислоту H_2SO_4 (конц.) до SO_2 , наприклад:



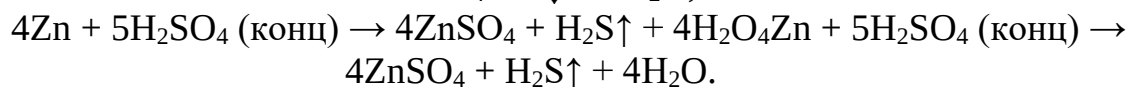
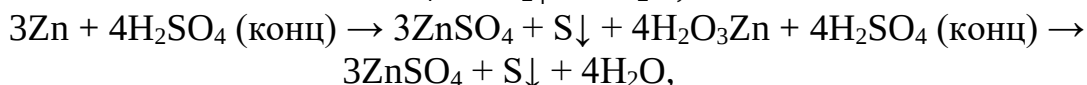
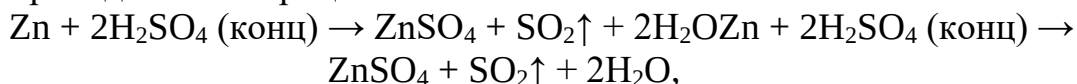
метали середньої активності – до вільної сірки S(0):



активні метали – переважно до H_2S :



Але на практиці достатньо активні метали звичайно реагують із концентрованою сульфатною кислотою з утворенням суміші сірчастого газу SO_2 , сірководню H_2S і вільної сірки S, тобто паралельно відбуваються всі три імовірні реакції. Наприклад, при взаємодії H_2SO_4 (конц.) з цинком одночасно можуть проходити такі процеси:



II.2. Концентрована нітратна кислота при взаємодії з металами відновлюється, як правило, до бурого газу – нітроген (IV) оксиду, а метал при цьому окислюється найчастіше до максимального (чи достатньо високого) ступеня окиснення (рис. 1.6 і 1.7 а), наприклад:

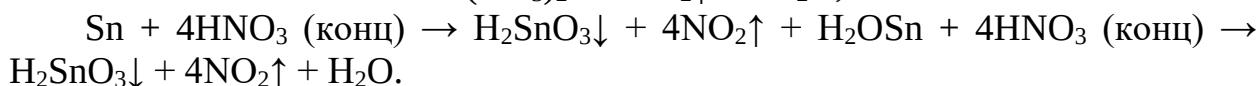
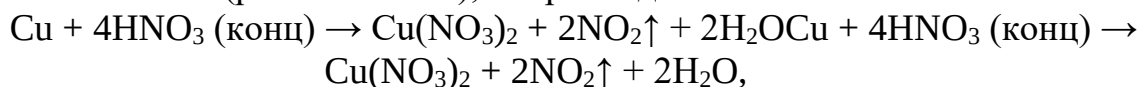


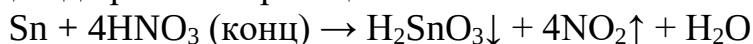


Рисунок 1.6 – Поетапна взаємодія олова Sn з концентрованою нітратною кислотою HNO_3 , внаслідок якої виділяється бурий газ NO_2

Взаємодія активного металу магнію з концентрованою нітратною кислотою відповідно до рівняння реакції



Взаємодія малоактивного металу олова Sn з концентрованою нітратною кислотою відповідно до рівняння реакції



П.3 Розведена нітратна кислота у реакціях із малоактивними металами (Cu, Ag, Hg, Pb) виділяє нітроген (II) оксид (рис. 1.7 б):

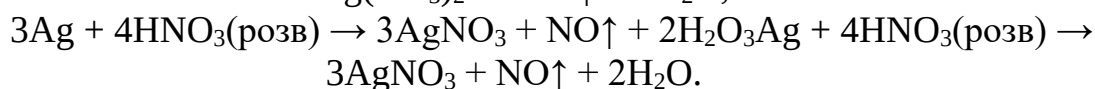
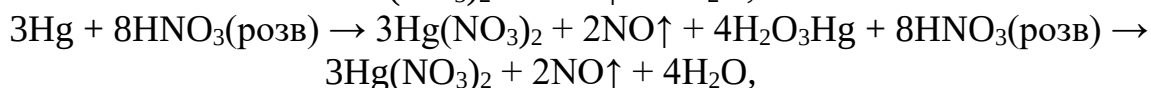
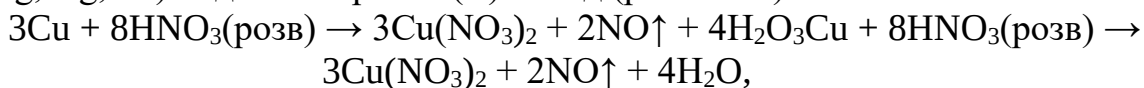
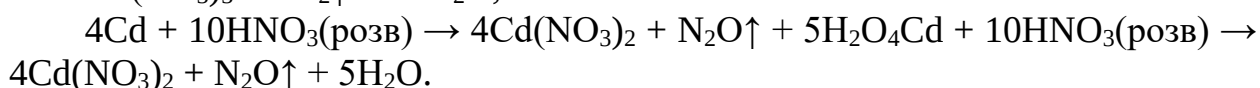
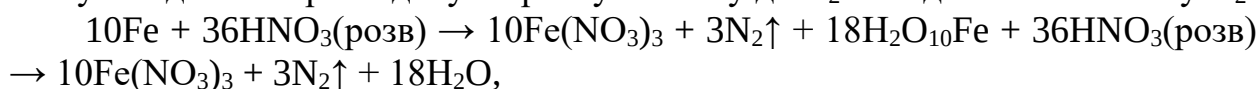
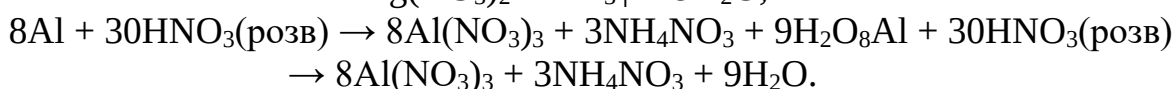
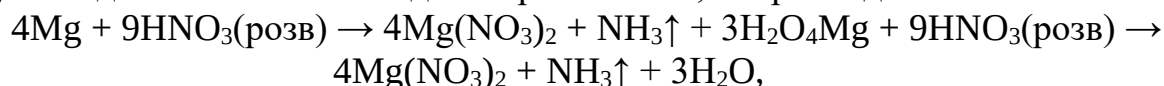


Рисунок 1.7 – Взаємодія ртуті: а) з концентрованою нітратною кислотою; б) з розведеною HNO_3

Інколи деякі метали, що стоять усередині ряду напруг (Fe, Cd, Ga), можуть відновити розведену нітратну кислоту до N_2O чи до вільного азоту N_2 :



П.4 Дуже розведена нітратна кислота взаємодіє з активними металами (Mg, Al, Zn, V, Nb) з утворенням амоніаку NH_3 (чи іона амонію NH_4^+), який реагує з надлишком кислоти і дає нітрат амонію, наприклад:



Отже, у загальному випадку особливості взаємодії металів з HNO_3 і характер продуктів, що утворюються, залежать від активності металу, концентрації та кількості кислоти і умов проведення реакції (рис. 1.8).

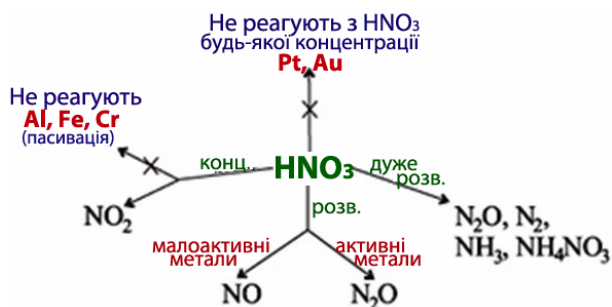


Рисунок 1.8 – Найімовірніші продукти відновлення нітратної кислоти при її взаємодії з металами

1.5 Відношення до лугів

У реакцію з лугами вступають лише амфотерні метали. У загальному випадку терміном амфотерність (від грецьк. *amphoterous* – і той і інший) позначають здатність хімічних сполук виявляти кислотні або основні властивості залежно від природи другого компонента, що бере участь у кислотно-основній взаємодії. Відносно до металів амфотерним вважають метал, здатний взаємодіяти з лугами з утворенням середніх чи комплексних солей, в аніоні яких міститься окиснений метал. Амфотерні метали – це берилій Be (s-елемент), алюміній Al, олово Sn, свинець Pb, германій Ge (p-елементи), цинк Zn (d-елемент).

Якщо взаємодія відбувається у водних розчинах (рис. 1.9), то утворюються комплексні гідроксосолеї, комплексоутворювачем в яких є катіон амфотерного металу, наприклад:

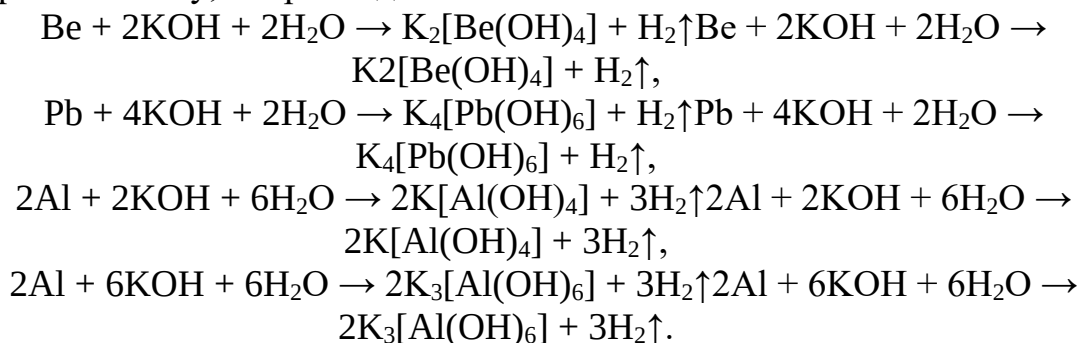
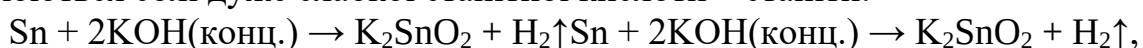
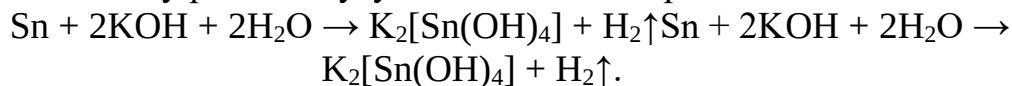


Рисунок 1.9 – Поетапний перебіг взаємодії алюмінію з лугом і згоряння водню, що виділився внаслідок реакції

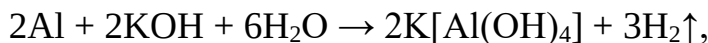
У деяких випадках взаємодія амфотерного металу відбувається по-різному залежно від концентрації розчину лугу, як це видно із наведених вище рівнянь, що відбивають реакції алюмінію з лужними розчинами. Можна навести інший приклад: при розчиненні олова у концентрованому лузі утворюються солі дуже слабкої станітної кислоти – станіти:



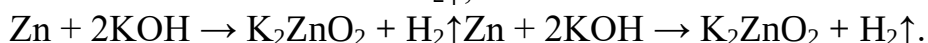
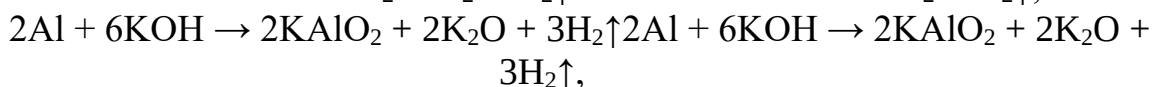
а у розведеному розчині лугу – комплексні гідроксостаніти:



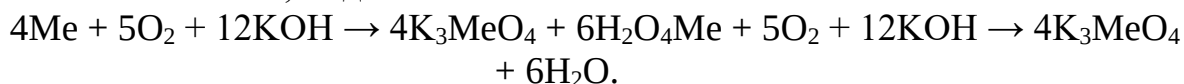
Взаємодія амфотерного металу алюмінію Al з лугом KOH, внаслідок чого утворюється комплексна сіль і виділяється водень:



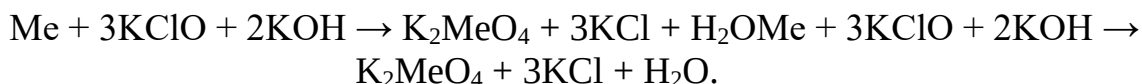
При сплавленні амфотерних металів з твердими лугами отримують звичайні середні солі – берилати, алюмінати, цинкати і т.ін.:



Деякі метали хоч фактично і не належать до амфотерних, можуть взаємодіяти з лугами за наявності сильних окисників. Наприклад, якщо через розчин лугу пропускати під тиском струмінь кисню, то такі метали, як ванадій V, ніобій Nb і тантал Ta (d-елементи) вступають у реакцію з утворенням солей – ванадатів, ніобатів і танталатів відповідно, набуваючи максимального ступеня окиснення +5, згідно із загальною схемою



Аналогічно поведуть себе із лугами за наявності окисників і d-метали рутеній Ru та осмій Os. При сплавленні із сумішшю лугу і окисника вони дають середні солі – рутенати і осмати, в яких ступінь окиснення металу дорівнює +6:



1.6 Взаємодія із солями інших металів

Метали у вільному стані виявляють відновлювальні властивості, які послаблюються із зростанням значення стандартного електродного потенціалу від початку ряду напруг до його кінця (рис. 1.12), а у стані позитивно заряджених іонів – окислювальні, які у зазначеному напрямку, навпаки, посилюються. Це є передумовою для витіснення малоактивних металів із розчинів їх солей більш активними металами (рис. 1.10), наприклад:

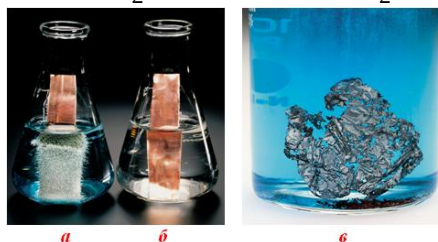


Рисунок 1.10 – Взаємодія металу з сіллю іншого металу в розчині: а) витіснення активнішою порівняно з сріблом міддю катіонів Ag^+ з розчину солі AgNO_3 внаслідок реакції $\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}\downarrow$, при цьому срібло

осаджується на мідній пластинці, а розчин при цьому набуває блакитного забарвлення за рахунок $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; б) при занурюванні мідної пластинки у розчин солі більш активного металу (ZnSO_4) реакція не відбувається; в) витіснення активним алюмінієм катіонів Cu_2^+ з розчину солі внаслідок реакції $2\text{Al} + 3\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Cu}\downarrow$, чиста мідь осідає на дні посудини

Необхідно пам'ятати, що найбільш активні метали, які розміщуються на самому початку ряду напруг, при внесенні їх у водні розчини солей малоактивних металів вступають у взаємодію не з сіллю, а з водою, що міститься у розчині. Так, якщо шматочок калію занурити у розчин солі малоактивного металу (наприклад CuSO_4 чи $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), то реакція відбувається за схемою:



Реакції між металами і простими нерозчинними солями менш активних металів (галогенідами загального складу MeHal_x , халькогенідами MeXSy) звичайно відбуваються тільки при сильному нагріванні, хоч і супроводжуються екзотермічними ефектами:



ТЕМА 2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

План

1. Обслуговування турбіни та турбінної установки при нормальній роботі.
 - 1.1. Обслуговування систем захисту та регулювання.
 - 1.2. Обслуговування систем маслопостачання й змащування.
 - 1.3. Спостереження за працюючою турбіною.

1. Обслуговування турбіни та турбінної установки при нормальній роботі

Експлуатація ПТУ у загальному випадку складається з пуску, роботи з електричним та тепловим навантаженнями (нормальною роботою) і зупинки. Найпростіше – це робота при сталому навантаженні. Тому дослідження експлуатації турбіни та ПТУ доцільно почати саме з цього етапу, незважаючи на те, що йому передуює пуск. Багато операцій, що виконуються під час нормальної роботи установки, повторюються майже без змін і на інших етапах експлуатації.

Основним завданням персоналу, обслуговуючого турбоустановку, при нормальній роботі є забезпечення заданої електричної і теплової потужності з повною гарантією надійної роботи та максимально можливої економічності.

1.1. Обслуговування систем захисту та регулювання

При нормальній експлуатації турбіни необхідно ретельне обслуговування та регулярні перевірки систем захисту й регулювання. Постійний контроль за системою регулювання на сучасних електростанціях покладається на черговий персонал і інженера, відповідального за роботу цієї системи.

Ретельний огляд доступних вузлів систем регулювання та захисту, порівняння поточних показань приладів з попередніми, уважне ставлення до всіх «незвичних» відхилень у роботі турбіни, виконання всіх операцій і перевірок відповідно до інструкцій з експлуатації дозволяє надійно експлуатувати ці системи і, відповідно, саму турбіну.

Поточне обслуговування системи регулювання. Обслуговування систем захисту і регулювання здійснюється згідно з інструкціями, розробленими з урахуванням вимог заводських виробників турбін, Правил технічної експлуатації (ПТЕ) та Методичних рекомендацій щодо перевірки й випробувань систем регулювання і захисту.

Особливу увагу під час оглядів слід приділяти всім потенційним джерелам витоку масла, щоб виключити можливість виникнення пожежі.

Необхідно уважно контролювати положення гайок, стопорів і інших кріпильних деталей на штоках, золотниках та органах паророзподілу, оскільки ці деталі працюють у умовах вібрацій, що можуть спричинити їх викручування і порушення роботи. Також потрібно слідкувати за технічним станом усіх доступних вузлів: кулачкових механізмів, їх валів, підшипників, пружин тощо.

Особливу увагу слід звертати на коливання регулювальних органів, які можуть спричинити обрив приводних штоків унаслідок втоми.

Необхідно слідкувати за змінами тисків і пульсацій у основних маслопроводах систем регулювання й захисту: у лінії подачі масла для змащення, в імпульсних лініях, лініях захисту й порожнинах сервомоторів. Зміни цих тисків понад передбачені межі свідчать про несправності в системах регулювання, маслозабезпечення або паророзподілу: про нещільність клапанів, ущільнень поршнів і штоків сервомоторів, засмічення регулювальних шайб тощо.

Пульсації золотників спричиняються ненормальною роботою імелера, забрудненням маслопроводів, потраплянням тверді частинки між золотниками й буферами, підвищенням вмістом повітря в маслі та іншими причинами.

Перевірка герметичності стопорних, регулювальних і зворотних клапанів. Першорядну увагу обслуговуючого персоналу слід приділяти виключенню можливості розгону турбіни при відключенні електричного генератора від мережі.

Для цього має бути забезпечена достатня герметичність стопорних і регулювальних клапанів циліндрового високого тиску (ЦВТ) і циліндрового середнього тиску (ЦСТ), а також зворотних клапанів на трубопроводах регульованих і нерегульованих відборів.

Забезпечити абсолютну герметичність клапанів ЦВТ і ЦСТ під час тривалої експлуатації неможливо через різні теплові розширення клапанів і сидел, ерозійний знос цих деталей та з інших причин. Тому ПТЕ допускає невелику нещільність клапанів: за номінального тиску перед стопорними або регулювальними клапанами пропуск пари не має викликати обертання турбіни з частотою, що перевищує половину номінальної.

Перевірка герметичності клапанів виконується при зупинці турбіни за номінального тиску в конденсаторі – для того, щоб сили опору обертання ротора були однаковими. Після зняття навантаження й відключення генератора від мережі частота обертання ротора зменшується. Для перевірки герметичності регулювальних клапанів їх необхідно закрити й відкрити стопорні клапани. Потім слід підняти тиск перед регулювальними клапанами до номінального. Через пропускання пари через їхні нещільності турбіна вийде на деяку стійку частоту обертання, яку й потрібно порівняти з номінальною.

Аналогічно виконується перевірка герметичності й стопорних клапанів, при цьому регулювальні клапани мають бути повністю відкриті.

Для турбін з проміжним перегрівом пари здійснюються роздільні перевірки кожної групи клапанів: стопорних клапанів ЦВТ, регулювальних клапанів ЦВТ, стопорних клапанів ЦСТ і регулювальних клапанів ЦСТ. Для таких турбін можлива перевірка при їх пуску на змінних параметрах, коли тиск перед турбіною менший за номінальне значення.

Необхідно підкреслити, що, хоча стопорні й регулювальні клапани можуть бути нещільними, їх спільне закриття має забезпечити таку герметичність, щоб ротор турбіни не обертася.

ПТЕ передбачає перевірку герметичності регулювальних і стопорних клапанів не рідше одного разу на рік. Крім того, перевірка обов'язково

виконується при пуску після монтажу, перед капітальним ремонтом турбіни (для визначення обсягу необхідних ремонтних робіт по клапанах) і після ремонту (для контролю якості відновлювальних робіт), а також перед випробуванням автомата безпеки шляхом підвищення частоти обертання.

Поява значної нещільності регулювальних і стопорних клапанів у період між перевірками може бути визначена аналізом тривалості вибігу ротора турбіни після відключення генератора від мережі й припинення подачі пари до турбіни. Збільшення часу вибігу часто свідчить про нещільність клапанів.

При появі будь-яких ознак зниження герметичності клапанів необхідно терміново провести їх аварійну перевірку.

Крім герметичності регулювальних і стопорних клапанів, має бути забезпечена герметичність зворотних клапанів, встановлених на трубопроводах відборів.

Перевірка герметичності зворотних клапанів, встановлених на паропроводах регулювальних відборів теплофікаційних турбін, що працюють паралельно з іншими турбінами на колекторі відбору, виконується шляхом плавної зміни тиску перед закритим клапаном – повільним відкриттям засувки, встановленої на паропроводі відбору за зворотним клапаном. Зазвичай при перевірці герметичності зворотного клапана турбіну розганяють до частоти обертання приблизно $33\text{--}35\text{ с}^{-1}$, а потім, при закритому зворотному клапані, шляхом відкриття засувки збільшують тиск перед зворотним клапаном до $0,3\text{ МПа}$.

Незмінність частоти обертання свідчить про достатню герметичність зворотного клапана. Аналогічним чином може перевірятися герметичність інших зворотних клапанів, якщо до них можна підвести пару з стороннього джерела.

Крім зворотного клапана та засувки на паропроводі регулювального відбору, встановлюють захисні клапани, що запобігають надмірному підвищенню тиску в камері відбору.

Герметичність зворотних клапанів і спрацювання захисних клапанів мають перевірятися не рідше одного разу на рік. Таку саму перевірку слід виконувати перед кожним випробуванням турбіни на скидання навантаження.

Розходжування клапанів. Герметичність стопорних, регулювальних і зворотних клапанів є абсолютно необхідною, але недостатньою для запобігання розгону турбіни при скиданні навантаження, якщо за допомогою регулювання не вдається перевести турбіну в режим холостого ходу. У такому випадку потрібно миттєво закрити органи виконавчого апарату системи захисту. Разом з тим у умовах нормальної експлуатації ці органи працюють у режимі «сторожі». Тому через відкладання солей на штоках клапанів, температурні деформації окремих деталей клапана та з інших причин у момент спрацювання в аварійному режимі може відбутися заїдання штока й затримка у закритті клапана. Ще гірше, якщо клапан закрийється не повністю або не закрийється зовсім.

З метою впевненості у постійній працездатності стопорних, регулювальних і зворотних клапанів їх систематично розходжують –

примусово переміщують на визначену відстань, переконуючись у плавності й легкості їх руху. Розходжування виконують при частковому або повному навантаженні залежно від конструкції органів відпуску пари.

Для розходжування сучасні турбіни обладнують спеціальними пристроями, що дозволяють виконувати повне розходжування клапанів. В ПТЕ передбачено розходжування регулювальних і стопорних клапанів на повний хід перед запуском турбіни.

Для підвищення надійності роботи клапанів їх обов'язково піддають щоденному частковому розходжуванню визначених невеликих меж, закріплених в інструкціях з експлуатації.

Перевірка роботи системи захисту. Стопорні, регулювальні й зворотні клапани є виконавчими органами системи захисту, для успішної роботи якої необхідно, щоб усі інші її елементи працювали у нормі. До них перш за все належить автомат безпеки, який реагує при частоті обертання на 10-12 % вище номінальної.

Для впевненості у правильній роботі автомата безпеки й усієї ланцюжка від нього до стопорних і регулювальних клапанів у систему регулювання вводять спеціальні пристрої, що дозволяють розходжувати бойки (або кільця) автомата безпеки й перевіряти всю систему в цілому при номінальній частоті обертання на холостому ходу або під навантаженням.

Регулярність перевірок роботи системи захисту при номінальній частоті обертання регламентується заводом-виробником турбіни. В ПТЕ передбачено таку перевірку після розбірки системи регулювання, що має спільні маслопроводи з системою захисту, після тривалої зупинки (більш ніж 1 місяць), коли може статися корозія деталей автомата безпеки і золотників, а також після 4 місяців експлуатації.

Найнадійнішим способом перевірки системи захисту є розгін турбіни до частоти скидання автомата безпеки. Така перевірка має певний рівень ризику для турбіни, тому повинна виконуватися з регулярністю, передбаченою заводом-виробником. Однак, як мінімум, у ПТЕ передбачена така перевірка після розбірки автомата безпеки та його налаштування, перед випробуванням турбіни на скидання навантаження та після тривалого простою.

При спрацьовуванні системи захисту і закритті стопорних і регулювальних клапанів обов'язково перевіряється закриття зворотних клапанів на лініях відборів.

Випробування системи регулювання. Для перевірки стану системи регулювання відповідно до ПТЕ щорічно виконують зняття статичної характеристики.

Зняття статичної характеристики обов'язково здійснюють перед капітальним ремонтом (для визначення необхідних ремонтних робіт по системі регулювання), після капітального ремонту (для визначення якості виконаних робіт і налаштування системи) і після реконструкції системи регулювання.

При виявленні значних змін статичних і динамічних характеристик системи регулювання турбіна випробовується на повне скидання

навантаження з відключенням електричного генератора від мережі. Під час випробувань за допомогою осцилографування фіксують частоту обертання ротора, зміщення основних елементів системи регулювання (золотників, сервомоторів, клапанів) і тиск у характерних точках системи. Аналіз осцилограм дозволяє виявити недоліки окремих ланок і вузлів системи та намітити шляхи їх усунення.

При скиданні навантаження автомат безпеки не має спрацьовувати, тобто збіг частоти обертання має бути меншим за рівень налаштування автомата безпеки. Якщо при випробуванні на скидання навантаження система регулювання турбіни не переводить її у режим холостого ходу і спрацьовує автомат безпеки, а стопорні клапани припиняють доступ пари до турбіни, то необхідна налаштування систем регулювання і захисту.

1.2. Обслуговування систем маслопостачання й змащування

Надійність систем маслопостачання й змащування забезпечується ретельним доглядом за всяким обладнанням і уважним стеженням за параметрами, що характеризують роботу систем. В інструкціях з експлуатації обов'язково зазначаються тиски в системах регулювання, змащування й на всмоктувальній стороні масляних насосів.

Для нормальної роботи турбіни має правильно функціонувати масляний бак, забезпечуючи тривале збереження масла, відділення від нього повітря, шламу й твердих частинок. Рівень масла в баку має відповідати вимогам інструкції з експлуатації і перевірятися з передбаченою регулярністю (зазвичай раз на зміну). Одночасно потрібно контролювати справність сигналізації про мінімально допустимий рівень і різницю рівнів у брудному й чистому відсіках масляного баку.

Для надійної роботи системи маслопостачання мають регулярно перевірятися резервні та аварійні масляні насоси й пристрої їх автоматичного ввімкнення з частотою 2 рази на місяць. Крім того, їх перевіряють перед кожним пуском і зупинкою турбіни.

Реле тиску під'єднується до напірної магістралі з маслом, на якій встановлений вентиль, що дозволяє змінювати тиск масла, що подається до реле тиску, без зміни тиску в системі змащування. Таким чином можна перевіряти включення резервних і аварійних насосів під час роботи турбіни.

Якість роботи маслоохолоджувачів перевіряється за різницею тисків на вході й виході масла й охолоджуючої води, а також за нагріванням охолоджуючої води й охолодженням масла. Якщо при сталому витраті охолоджуючої води перепад тиску по маслу або температура масла на виході з маслоохолоджувача зростають, це свідчить про засмічення маслоохолоджувача і необхідність його очищення. У цьому випадку зазвичай підключають резервний маслоохолоджувач, а забруднений направляють на очищення. Цю операцію потрібно виконувати дуже обережно, пам'ятаючи, що неправильні дії можуть призвести до відключення турбіни або аварії підшипників.

У кожній інструкції обумовлюються мінімальні допустимі значення рівня масла в баку, максимальні допустимі температури на виході з маслоохолоджувача (зазвичай 40-45°C) і з підшипників (зазвичай 60-65°C). При виході одного чи кількох із цих параметрів за граничні рівні система вважається аварійною, і машиніст турбіни повинен діяти у відповідності з протиаварійною інструкцією.

Хімічна лабораторія електростанції має регулярно проводити аналіз експлуатованого масла, щоб вчасно виконувати його регенерацію і заміну.

1.3. Спостереження за працюючою турбіною

Насамперед увагу слід приділяти параметрам, вихід яких за допустимі межі загрожувє надійній роботі турбіни. Це, перш за все, відносне розтягнення ротора і його осьовий зсув. При виході цих параметрів за межі допустимих можливе зближення ротора з нерухомими деталями, що може призвести до важкої аварії.

При монтажі та ремонтах турбіни ротор у корпусі встановлюють так, щоб у робочих умовах, коли ці деталі прогріваються, між ними були достатньо малими, але не допускали зближення зазорів. Розміри необхідних зазорів спочатку розраховують під час проектування турбіни, а потім уточнюють під час налагодження головного зразка. Кожну турбіну обладнують вимірниками відносного розтягнення ротора, і після налагодження ці значення вносяться до інструкції з експлуатації – допустимі рівні відносного розтягнення кожного з валів ротора щодо корпусу.

Значення і напрямок осевого зсуву ротора щодо піддушника упорного підшипника дозволяє контролювати стан ковпачків упорного підшипника. Тому на кожній турбіні передбачено вимірювання зміщення гребня упорного підшипника щодо втулки.

Особливо уважно слід стежити за осевим розтягненням ротора при будь-яких режимних змінах, під час пусків і зупинок. Після кожної зміни режиму рекомендується уважно «слухати» турбіну за допомогою стетоскопа, щоб виявити можливі зближення.

Уважне спостереження за вібрацією, яка не має перевищувати допустимих меж, дозволяє своєчасно виявляти багато відхилень від норми.

Параметри пари перед турбіною, після проміжного нагріву і всередині турбіни мають підтримуватися у потрібних межах. При їх відхиленнях обслуговуючий персонал зобов'язаний діяти відповідно до інструкції з експлуатації та протиаварійної інструкції. Підтримання тисків у допустимих межах у контрольних точках турбіни допомагає уникнути перевантаження ковпачків упорних підшипників через відкладення у прохідній частині. В інструкції з експлуатації обов'язково вказуються тиски при нормальній роботі і їх граничні значення у камері регульовальної ступені та камерах відбору в різних режимах роботи. Поступове збільшення тисків у контрольних точках прохідної частини сигналізує про необхідність промивки турбіни для видалення відкладень або наявність інших несправностей.

Економічна робота турбіни можлива лише за умов хорошої роботи конденсаційної установки. У нормативних характеристиках конденсатора визначаються нормативний вакуум, нормативний нагрів охолоджуючої води у конденсаторі, температурний напір та переохолодження конденсату для широкого діапазону роботи. Погіршення роботи конденсаційної установки найчастіше пов'язане із забрудненням трубок, дефіцитом охолоджуючої води, неповною герметичністю вакуумної системи турбінної установки: частини турбіни, що працює під розрідженням, конденсатора і ПНТ.

Особливо уважно потрібно контролювати роботу ущільнень. Важливу роль для економічної та надійної роботи турбоустановки відіграє спостереження за системою регенеративного підігріву живильної води. Недостатній підігрів живильної води спричиняє зайве споживання палива. Температура живильної води $t_{ж.в.}$, що подається в котел, залежить від витрати пари через ЦВТ, що визначає тиск у першому відборі і, відповідно, $t_{п.в.}$.

Роботу турбоустановки без увімкнених ПВТ допускається лише у крайніх випадках і лише при зниженні навантаження. Робота без увімкнення ПНТ для багатьох турбін взагалі недопустима через погану роботу дегазатора при подачі недостатньо прогрітого конденсату.

Постійно має контролюватися рівень конденсату нагрівальної пари у паровому просторі підігрівачів, щоб виключити їх переповнення й закидання води в турбіну. Щонайменше один раз на тиждень потрібно перевіряти захист ПВТ від переповнення. Ефективність роботи підігрівачів оцінюється за температурним напором δ_t у підігрівачі (за різницею температур насичення, що відповідає тиску нагрівальної пари, та температури конденсату, що залишає підігрівач). Нормально, коли у ПНТ $\delta_t = 2...3$ °С, а в ПВТ - $1...1,5$ °С. Збільшення температурного напору в ПНТ зазвичай пов'язане із забрудненням трубчастої системи і погіршенням вакууму, а в ПВТ – із проходженням деякої кількості живильної води по обвідній лінії, а в деяких випадках – із поганою конструкцією підігрівачів.

ТЕМА 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНИХ

План

1. Монтаж котелень і котлів.
 - 1.1. Вимоги до монтажу тепломеханічної частини.
 - 1.2. Вимоги до території котелень.
 - 1.3. Вимоги до монтажу хімводопідготовки котельні.
 - 1.4. Вимоги до монтажу живильних пристроїв та допоміжного обладнання.
 - 1.5. Вимоги до монтажу електросилового устаткування.

1. Монтаж котелень і котлів

1.1. Вимоги до монтажу тепломеханічної частини

Під час спорудження фундаментів котельні одночасно слід зводити фундаменти під котли і допоміжне обладнання. Монтаж слід вести великоблоковими вузлами, складеними та випробуваними на заготівельних підприємствах з урахуванням можливості їх транспортування та наявності вантажопідйомних механізмів для встановлення блоків на їхні постійні місця. Укладання панелей перекриття та улаштування покрівлі слід провадити після встановлення великої ваги обладнання котельні. Під час монтажу котелень слід суворо дотримуватись нормативних документів, паспортів заводу-виготовлювача та інструкцій з монтажу встановлюваного обладнання і проекту котельні. Незалежно від методів монтажу при зведенні будівель і приміщень котелень слід передбачити монтажні прорізи.

Під чавунні секційні котли згідно з установочними кресленнями виконують бетонну основу і одночасно дуттьовий канал. Після затвердження основи приступають до укладання стін зольника, топки і газоходів на висоту до рівня розміщення нижніх головок секцій. Стінки топки слід класти з вогнетривкої цегли. Одночасно з муруванням у стінки топки закладають підколосникові балочки, правильність закладання яких перевіряють укладанням колосників. З фронтового боку котла лази для очищення збірних бічних газоходів. Лази закладають цеглою без перев'язки з рештою мурування на глиняному розчині. Обмурування котлів повинне забезпечувати правильний рух топкових газів і не допускати підсмоктувань зовнішнього повітря у газоходи. Для обмуровування застосовується звичайна глиняна цегла марки 100, правильної форми, не деформована.

Недопалену і перепалену цеглу застосовувати не допускається. Мурування виконують, чергуючи ложковий ряд з поперечниковим. Починають з викладання кутів, перевіряючи правильність за виском. Стояки каркасу, які закладають обмуруванням, ретельно ізолюють азбестом, щоб запобігти перегріванню. Лежаки від котла до димової труби викладають з червоної цегли. Склепіння збірного лежача у напрямку до димової труби викладають суворо за кресленнями, порушення прокладки під час експлуатації може викликати утворення «мертвих кутів»; при накопиченні у них продуктів неповного згорання може призвести до вибуху. Мурування газоходів та лежачків при розміщенні їх вздовж стіни будівлі чи при проходженні через

стіну або фундамент не зв'язують з муруванням будівлі. Відстань між ними повинна становити не менше 70 мм. Дно лежача вистилають двома рядами цегли пліском. Склепіння, що перекриває лежак, виконують в одну цеглу. Згори склепіння слід засипати шлаком чи інфузорною землею шаром не менше 100 мм і зверху кладуть два ряди червоної цегли пліском. При високому рівні ґрунтових вод улаштовують дренажі або застосовують захисний гідроізоляційний шар цементу з церезитом товщиною 30 мм.

Котел слід встановлювати на затверділе мурування не раніше як через 3 дні після його закінчення. Між муруванням і нижньою основою котла прокладають два шари листового азбесту.

Монтаж котлів, які пройшли складання, та гідравлічне випробування на заготівельних підприємствах, полягає у переміщенні котла з транспортних засобів на підготовлену основу. Після цього монтажні болти слід замінити постійним, а потім виконати наступні роботи. Передбачені при складанні котлів, що надійшли розібраними.

Секційні чавунні котли усіх марок найкраще складати (якщо вони надійшли розібраними) за допомогою універсальних пристроїв за паспортом та інструкцією по монтажу. Стінки топки котла треба викладати з вогнетривкої цегли на шамотному розчині. Червону цеглу перед укладанням в обмурок змочують водою, вогнетривку цеглу попередньо змочувати забороняється. Товщина шарів при муруванні червоної цегли повинна становити не більше 3 мм, а вогнетривкої - не більше 2 мм.

Щоб складання секцій котла було надійним, пакети починають складати з попередньої або задньої секції залежно від габаритів котельні. По черзі піднімають секції на викладені цегляні стінки в міру приєднання секцій до пакета. Завчасно пригнані ніпелі легенько промащують графітовим мастилом і вставляють у ніпельні отвори секцій, легенько вдаряючи їх дерев'яним молотком. На середину ніпеля треба накрутити 2 - 3 витки джгутика з азбестового шнура, просоченого пастою; вільний кінець змащують і на нього одягають наступну секцію. Треба ретельно стежити за тим, щоб розмір азбестової підмотки не перевищував глибини канавок біля ніпельних отворів двох суміжних секцій (зайва підмотка призводить до поломки секції під час стягування). Секції треба стягувати рівномірно і плавно, без ривків, не допускаючи перекосів, одночасно по нижніх і верхніх головках. Зазор між роздільними ребрами головок секцій після натягування секцій повинен бути не більше 2 мм. Рівність зазорів забезпечує паралельне положення торців верхніх і нижніх головок кожної секції у вертикальній площині. Послідовно приєднуючи і стягуючи по одній секції, складають правий чи лівий пакет котла, потім другий пакет, суворо відцентрований на початку складання по трійниках пакетів.

Після закінчення складання пакетів монтажні болти змінюють постійними стяжними: до складених пакетів приєднують на шпильках коліна і трійники, прибирають пристрій. Складений пакет підлягає випробуванню гідравлічним тиском згідно з паспортом (як правило, 1,25 робочого). Після гідравлічного випробування видаляються тимчасові заглушки, встановлюють

колосники, ущільнюють мастикою і азбестовим шнуром топку і ведуть під верх обмуровання згідно з кресленнями.

Після закінчення кладки обмуру його стягують каркасом з куткової сталі і стяжних болтів. Усі місця зіткнення секцій котла з цегляними муруваннями обмурки обов'язково прокладають азбестовим картоном; одночасно з муруванням обмурку монтують топкову гарнітуру, навішують фронтальну плиту з завантаженими і зольними дверцями, установлюють шибери, блоки, троси і противаги.

Фундаменти під котли викладають за кресленнями на загальній монолітній бетонній плиті товщиною 100 мм, верх якої розміщується на 218 мм нижче від рівня підлоги і збігається з подом бічних повздовжніх і торцевого (заднього) поперечного лежаків. Під час викладання лежаків за котлом встановлюють збірні рамки для шиберів.

Усі секції виставляють на цегляній основі, центрують по колекторах, схоплюють, а потім зварюють колекторні стики. Після зварювання перевіряють горизонтальність установлення котла, провадять гідравлічне випробування, після чого приступають до обмуровання. До початку обмуровання установлюють каркас котла, навішують фронтальні плити, укладають на підколосникові балочки колосники і приєднують зольникову коробку (чи газові пальники). Мурування з червоної цегли провадять на глиняному розчині, вогнетривкої - на шамотному. Особливу увагу під час мурування бічних і задньої торцевої стін приділяють попередженню забруднення розчином розведених ребер конвективної поверхні нагрівання. Для цього між ребрами котла і стіною топки, що викладають, закладають сталевий лист, який пересувають вгору в міру викладення стіни. У фронтальній стіні на відстані близько 500 мм від стелі топки влаштовують оглядовий отвір. Під час просушування обмурку всередині топки укладають теплоізоляційну мастику на розігрітій поверхні та усувають усі нещільності обмуровання.

Стальні трубні парові котли малої потужності поставляють заводи-виготівники у складеному вигляді в обмурку та обшивці. Після розпакування провадять технічний огляд усього обладнання за відправними документами, а потім складають акт технічного приймання котлоагрегату з додаванням відомості виявлених дефектів. Котли встановлюють на бетонну підготовку під полозки без кріплення фундаментними болтами. Встановлення треба перевірити за рівнем у повздовжньому і поперечному напрямках і усі наступні монтажні роботи провадити згідно з кресленнями та інструкціями заводів-виготівників на монтажні роботи. Монтаж електричної частини і заземлення обладнання слід провадити згідно з ПУЕ до 1000 В.

Останнім часом у комунальній енергетиці України поширені жаротрубні стальні водогрійні автоматизовані котли продуктивністю до 3,15 МВт. Ця серія котлів відзначається високим ККД, відсутністю обмуровання. Котли можуть бути встановлені без фундаменту на підлозі котельні (без ухилу), а також змонтовані як пересувні блокові установки. Ці агрегати, які відзначаються простою експлуатацією, компактністю, малими габаритами і незначною масою, з часом витіснять старі малоефективні моделі.

В усіх випадках блокового транспортування котлів продуктивністю до 6,5 т/год. котла 10 т/год. у низькій компоновці опорною конструкцією є тільки нижня опорна рама. На час транспортування особливо ретельно затягують болти кріплення котла до опорної рами (опорні балки нижнього барабана і опори камер екранів).

Пересувати котел можна на котках, які підводять під раму котла з допомогою домкратів або підклинюванням; при цьому треба піднімати одночасно два суміжних кути рами. До місця монтажу котел доставляють на автомашині з причепом, на спеціальних санях або візках, на сталевому листі. Навантаження, переміщення, розвантаження котла і його блоків провадити кантуванням не дозволяється. Поздовжні балки опорної рами котла мають на кожному кінці отвори, підсилені привареними втулками, які служать для піднімання і транспортування.

Під час приймання вантажу (котла) від транспортної організації монтажна організація провадить кількісну перевірку його за вантажними документами і технічний огляд із складанням акта технічного приймання та відомості виявлених дефектів. Під час приймання блоків, незалежно від наявності обмурку та обшивки, провадять технічний огляд внутрішніх та зовнішніх поверхонь, внутрішньої перегородки і трубних пучків, перевіряють головні розміри котла та його основні деталі. У перегородці не допускаються щілини між плитами; ущільнювані поверхні фланців, штуцерів, люків не повинні мати забоїн, рисок, перекосів, хвилястостей тощо. Дефекти усуває замовник або монтажна організація за окрему оплату. При прийманні котла, що прибув у розібраному вигляді, технічний огляд починають із зварних барабанів. Зовнішнім оглядом перевіряють доброякісність швів, трубних отворів і штуцерів для арматури, виявляють дефекти і пошкодження у вигляді тріщин, пел, розшарувань, згортань, а також овальності, конусності, задири, забоїни і риси на стінках трубних отворів, наявність задилок на їх кромках. Якщо барабани одержані не від заводу-виготовника котла, то провадять ретельнішу перевірку і промірювання довжини, діаметра, товщини стінок, овальності та прогини через кожний метр довжини. Так само перевіряють камери екранів і пароперегрівачів.

Орієнтування за допусками повинно бути у паспорті котла. Кип'ятильні, екранні та перегрівальні труби надходять у готовому вигляді зігнутими та обрізаними за розмірами без припусків. Вони повинні відповідати допустимим відхиленням за діаметром, товщиною стінки, овальністю та радіусом гнуття по паспортних вимогах.

Усю арматуру піддають огляду та гідравлічному випробуванню на щільність. Під час огляду перевіряють чистоту відливки корпусу (відсутність свищів, тріщин), чистоту обробки ущільнювальних поверхонь (відсутність забоїн, подряпин), чистоту обробки циліндричної та нарізної частини шпинделя, легкість його обертання. Перевірку та приймання фундаменту під котел провадять перед початком складання котла. Майданчик і колодязі для закладних болтів очищають, розбивають монтажні осі, якими є поздовжня вісь котлоагрегату лінія фронту котла.

Осі розбивають за кресленнями з промірами від колон чи стін будівлі. Для фіксації осей натягують тонкий сталевий дріт на висоті, яка забезпечує вільний прохід під ним. У стіни будівлі забивають скоби, кінці дроту перекидають через скоби і для натягування підвішують до них вантаж. Для перевірки можливих відхилень при виконанні будівельних конструкцій будівлі після попереднього встановлення осей перевіряють їх взаємну перпендикулярність, після чого положення осей фіксують дротом, укладеним в утворені у скобах канавки. Одержавши і зафіксувавши відправні точки, перевіряють геометричні розміри фундаменту, правильність розташування колодязів для закладених болтів та їх розміру, відповідність кресленням габаритів фундаменту в цілому і його прямокутність – шляхом зіставлення довжин діагоналей, висотних позначок опорних поверхонь каркасу і опорних рам (перевіряють нівеліром з рейкою або водяним рівнем). Відхилення за розмірами фундаменту визначають вимогами, за яким габарити башмаків повинні укладатися у габарити опорних поверхонь, а габарити обмуровки не виходити за межі лінії обрізання фундаменту. Приймання фундаменту оформляють відповідним актом заінтересованих сторін з доданням виконавчої схеми фундаменту. Після приймання фундаменту провадять складання, встановлення, вивірку і розкріплення монтажного чи обв'язувального каркасів, щогл, кранів та інших монтажних конструкцій та механізмів.

При блоковій поставці в обмурку та обшивці роботи виконують у такій послідовності: викладають обмуток шлакових та зольних відсіків і встановлюють силовий каркас; установлюють і вивіряють блоки на силовому каркасі або на фундаменті з бетону або червоної цегли; монтують сходи й площадки, арматуру і трубопроводи у межах котла; провадять гідрравлічне випробування; викладають задній поріг у топці, стінці, яка відділяє камеру догорання від топки, частини фронтової стінки та інших обмурувальних вузлів; установлюють обдувний прилад. Під час монтажу котла, який поставляється транспортним блоком без обмурка та обшивки, виконують описані операції і ще додається: встановлення за заливання закладних болтів колон каркасу, встановлення каркасу котла; усі обмурувальні роботи, за винятком обмурування шлакових і зольних відсіків, виконують після гідрравлічного випробування котла.

При поставці котлів у розібраному вигляді монтаж набагато ускладнюється і пов'язаний з рядом додаткових операцій це відповідальні види зварювальних робіт, становлення труб екранів, підготовка і вальцювання труб конвективного пучка, встановлення барабанів, колекторів, виносних циклонів, камер, перегрівачів тощо. Гідрравлічному випробуванню у цьому разі передують перевірка засміченості усіх труб та змійовиків металевими шарами (діаметр шару повинен становити 0,85 внутрішнього діаметра труб, які перевіряються).

Гідрравлічне випробування при цьому провадять згідно з діючими правилами у присутності представника Держнаглядохоронпраці України пробним тиском (1,25 робочого). Під час випробувань котел, пароперегрівач і водяний економайзер повинні перебувати під пробним тиском протягом 5 хвилин. Падіння тиску при цьому не допускається. Потім провадять огляд

котла, під час якого тиск знижують до величини робочого і підтримують на цьому рівні увесь потрібний час. Піднімання й зниження тиску провадять поступово.

Котел вважається витримавшим випробування, якщо протягом 5 хвилин не відбулося падіння пробного тиску. А при огляді не виявлено крапель чи підмоклих місць у місцях вальцювання і на зварних швах.

При поставці котлів у блоці внутрішній огляд та гідравлічне випробування котла у присутності представника Держнаглядохоронпраці України виконують на заводі-виготовнику - про що є запис у паспорті котла, однак остаточне гідравлічне випробування котла у присутності представника Держнаглядохоронпраці України виконують на місці монтажу. При цьому перевіряють щільність вальцювальних з'єднань трубої системи та бічних екранів, розлад яких можливий під час транспортування, а також місць приварювання труб монтажу трубопроводів і встановлення арматури. Після гідравлічного випробування розкривається верхній барабан, провадять монтаж внутрішньобарабанних пристроїв та установлюють обдувальний прилад.

При провадженні обмурувальних робіт готують вибракування червоної та вогнетривкої цегли за якістю. Готують цементно-вапняний та шамотний розчини. Усі роботи провадять згідно з робочими кресленнями, дотримуючись ізоляції конструкцій, температурних швів. Особливо ретельно слід виконувати стельові перекриття котла, цегла склепінь підлягає підтесуванню та притиранню, допускається товщина швів у вогнетривкому муруванні у межах 2-3 мм. Неекрановані ділянки вогневого боку важкого обмурку в районі топки від роз'їдання шлаками і вигорання слід охороняти спеціальними обмазками.

При спалюванні у топках котлів рідкого і газоподібного палива в обмурку встановлюють вибухові клапани. Поверхню верхнього барабана, що виходить у топку, торкретують, наносячи склад на стінку із сталюого дроту, натягнутого на каркас з круглої сталі, а колектори екранів захищають муруванням із шамотної цегли.

У теплу пору року обмурування сушать протягом 5 діб на деревному паливі, у зимову – 6-8 діб. Під час сушіння стежать за рівнем води у водовказівних колонках. На кінець сушіння температура води у котлі не повинна перевищувати 80-90°C. Котли, що надійшли у полегшеному обмурку, просушують потягом трьох діб.

Монтаж прямоточних секцій водотрубних котлів ТВГ слід провадити у такій послідовності: укладають на фундамент раму котла, установлюють опори на рамі, установлюють секції котла і з'єднують їх перепускними трубами на зварюванні, викладають піл котла, установлюють подові пальники, установлюють каркас, обмуровують котел, монтують трубопроводи і арматуру в межах котла, приєднують повітроводи, монтують сходи й площадки, установлюють контрольно-вимірювальні прилади і сигнально-запобіжну арматуру. Усі роботи щодо монтажу котла провадять згідно з діючими правилами на монтажні роботи (ДБН) з урахуванням особливостей конструкції котла.

Основу під котел слід виконувати з бетону не нижче марки 100. Місця установа двотаврових балок і фундаментальних плит підлити бетоном. Після перевірки рівнем горизонтальності опорної рами під колектори починають встановлювати радіаційні поверхні нагрівання котла, які мають п'ять вертикальних топкових і один стельовий екрани. Особливістю конструкції котла є розміщення трьох топкових екранів у вигляді двосвітних, які розбивають топку на чотири відсіки. Після встановлення вертикальних топкових і стельових екранів приварюються із секцій, кожна з яких являє собою вертикальний колектор з ввареними змійовиками. Секції між собою також з'єднують приварюванням перепускних труб. Після складання котла монтують його каркас і в суворій відповідності з кресленнями провадять обмурування, звертаючи особливу увагу на надійний захист верхніх та нижніх колекторів радіаційної поверхні від перегрівання.

Кладку шамотної цегли слід провадити на шамотному розчині другого класу; для кладки червоної цегли розчин складний складу 1:1:6. Установлення двох вибухових клапанів на верхній задній стінці конвективного газоходу виконують у процесі кладки обмурку. Особливу увагу слід звертати при викладанні щілини пальника (ширина щілини 110 мм). Запірно-регульовальну арматуру встановлюють після ревізії та випробувань. Для ущільнюючих прокладок слід застосовувати пароніт, оброблений графітовим змащенням.

Закінчений монтаж котел промивають технічною водою. Промивання вважається закінченим, якщо на виході у дренаж вода надходить освітленою. Після огляду котла інспектором Держнаглядохоронпраці та гідравлічного випробування слід провадити сушіння котла, для чого протягом 4-5 днів котел прогривають на невеликій витраті газу (від 10 до 25 % номінальної).

Під час приймання фундаменту під котел перевіряють правильність розміщення фундаменту і його осей відносно будівлі та сусіднього фундаменту, а також висотні позначки (рівнем або нівеліром). Відхилення фактичних розмірів фундаменту не повинні перевищувати значень, вказаних у паспорті котла. Для вирівнювання висотних позначок допускається встановлення сталених прокладок, але не більше трьох в одному пакеті, з наступним зварюванням їх по периметру. Встановлення на опори топкового і конвективного блоків котла починають після приймання фундаменту і встановлення рами колосникової решітки. Під час установа враховують напрямки теплових розширень під час роботи котла. Внаслідок розширення елементів котла вздовж його поперечної осі, а також керуючись розрахунком теплових розширень, вміщеним у документації заводу-виготівника, нижні плити рухомих опор топкового блока зміщують у бік фронту, а конвективного блока – у бік заднього екрана, і, крім того, усі опори зміщують також вздовж поперечної осі до зовнішньої сторони котла, після чого закріплюють болтами з гайками. Максимальні зміщення мають перші опори топкового блока, внаслідок чого репер для спостереження за розширенням котла треба встановлювати проти першої опори топкового блока.

На котлах продуктивністю 10; 20; 30 Гкал/год. (11,6; 23,2; 34,8 МВт) конвективний і топковий блоки з'єднують між собою патрубками 219×10 мм.

виконаними з припуском 50 мм. Монтажний припуск повинен бути ліквідований для того, щоб витримати розмір 444 мм між камерами по осях. Після стискування патрубків слід здійснити кріплення конвективного і топкового блоків між собою і тільки після цього - приварювання нижніх плит опор до закладних деталей. Перед промиванням та гідравлічним випробуванням котла треба переконатися у тому, що у місцях монтажних зварних з'єднань блоків та окремих елементів котла немає обмурку. Монтаж площадки і сходів слід провадити після обмурування конвективної частини котла.

Під час установа ротаційного пальника слід дотримуватись ущільнення по фланцю у місцях проходу болтів. Повітропровід у місці кріплення до повітряного короба з боку топки обварюють з боку короба. Під час монтажу дробоструминної установки площини спряження пневмотранспортної лінії повинні бути підігнані й не мати засмокування повітря. Положення сопла для введення дробу в інжектор регулюють під час налагоджування котла. Під час приймання елементів каркасних конструкцій слід керуватися допусками, вказаними у технічній документації, яка надходить разом з конструкціями котла.

Металоконструкції та блоки до початку монтажу за наявності вантажопідйомних механізмів і пристроїв краще укрупняти. При цьому доведення труб допускається провадити тільки із застосуванням підігрівання 700-780°C. Полиці каркаса треба складати на стелажах, які виключають можливість деформації складуваних конструкцій. До початку монтажу слід прийняти від будівельної організації фундамент. Установити металоконструкції каркаса. При встановленні блоків та окремих елементів каркаса, а також трубних блоків котла спочатку треба встановити бічні стіни і проміжну задню колону, а після вивірки – задню стінку зв'язують з основними колонами бічних стін каркаса поперечними ригелями. Потім башмаки підливають цементним розчином марки 200 і на 3-4 дні припиняють роботу до повного затверднення підливки башмаків і стояків. До цього завантажувати встановлений каркас категорично забороняється. Після готовності бічних і задньої стінок всередину каркаса заводять трубну частину котла (бічні екрани, задній екран, фронтний екран, пакети конвективної частини) і встановлюють фронтальну проміжну колону і зв'язуючі поперечні ригелі. Після встановлення і вивірки блоків поверхонь нагрівання монтують перепускні труби, витримуючи допуски між осями колекторів і по висоті відповідно з допустимими відхиленнями. Останніми монтують сходи і площадки за відповідними схемами і кресленнями, дотримуючись горизонтальності сходинок у двох напрямках – поздовжньому і поперечному.

1.2. Вимоги до території котелень

До початку експлуатації котельні повинні бути виконані передбачені проектом: планування та огороження території котельні, пристрої для відведення зливових, талих і ґрунтових вод від будівель та споруд і з території, прокладені автомобільні або залізничні шляхи, обладнані пожежні проїзди та

під'їзди до водоймів та місткостей, водопровідні, каналізаційні і теплові мережі з необхідними спорудами, мережі зовнішнього освітлення, зв'язку і сигналізації, контрольні свердловини для спостереження за режимом ґрунтових вод.

Під час експлуатації котельню треба утримувати у технічно справному стані й чистоті: пристрої відведення зливових і ґрунтових вод з усієї території котельні, від будівель та споруд (дренажі, водовідвідні канали, відмостки, жиронафтоуловлювачі тощо), залізничні шляхи та переїзди через них, автомобільні шляхи, пожежні проїзди та під'їзди до пожежних водойм та місткостей, мости, переходи тощо;

- водопровідні мережі і системи каналізації, їхні споруди;
- джерела питної води, водойми і санітарні зони охорони джерел водопостачання;
- мережі зовнішнього освітлення, зв'язку і сигналізації; огорожі території, озеленення та об'єкти благоустрою території.

Підземні комунікації водопроводу, каналізації, теплопостачання, газопроводів, мазутопроводів, підземні кабелі повинні мати покажчики.

Усі металеві підземні комунікації на території котельні повинні мати протикорозійний захист.

Контроль за режимом ґрунтових вод здійснюється шляхом спостереження за їх рівнем у контрольних свердловинах: у перший рік експлуатації - один раз на місяць, наступні роки – залежно від рівня їх вимірювання, але не рідше одного разу на квартал.

Відповідно до вимог місцевої санітарно-епідеміологічної служби персонал котельні повинен провадити вимірювання температури ґрунтової води й відбирання проб для хімічного аналізу. Результат спостережень заноситься у спеціальний журнал.

До початку паводкових періодів усі водостічні пристрої слід ретельно оглянути і підготувати до відведення зливових вод. Вводи в будівлі та споруди труб, кабелів, які містяться нижче за рівень ґрунтових вод, треба ущільнити (герметизувати), механізми, які відкачують воду, слід привести до готовності.

Контроль за станом конструкцій та інженерних систем будівель та споруд повинен здійснюватися шляхом проведення планових, а при необхідності й позачергових загальних або часткових оглядів. Під час оглядів виявляють несправності та причини їх появи, перевіряють обсяг і якість виконання поточного і капітального ремонту. Технічні огляди будівель та споруд треба провадити згідно з вимогами інструкцій по їх експлуатації.

При виявленні під час оглядів деформацій та інших дефектів елементів конструкцій будівель та споруд, які можуть призвести до зниження їх несучої здатності, стійкості або порушення нормальної роботи обладнання, слід вжити термінових заходів щодо забезпечення безпеки їх подальшої експлуатації. Про небезпечний стан будівель та споруд слід негайно повідомити керівництву підприємства. Особливу увагу під час оглядів слід приділяти будівлям та спорудам котелень, які мають знос понад 60 %.

Для перекриттів у кожному приміщенні на підставі проектних даних повинні бути визначені граничні навантаження і встановлені відповідні таблички на видних місцях. Забороняється складувати на майданчиках та перекриттях в будівлі котелень великі вантажі, матеріали, треба уникати значних ударних навантажень під час розвантаження та переміщення великого обладнання.

Під час виникнення вібрацій перекриттів, які виникають внаслідок розбалансування обертальних елементів обладнання чи неправильного встановлення його, вібрації слід своєчасно усувати шляхом балансування чи встановлення вібро-ізолюючих основ і амортизуючих елементів і систем.

Забороняється пробивати отвори і прорізи в несучих конструкціях без проведення перевірних розрахунків на міцність. У разі потреби пробивання отворів та прорізів, порушені й захисні та ізоляційні конструкції перекриттів слід відновлювати. Несучі конструкції будівель та фундаменти обладнання слід захищати від попадання на них води мінеральних мастил.

Якщо під час обстеження у плитах і балках залізобетонних перекриттів будівель виявлено тріщини, слід провадити ретельне спостереження за їх станом (ставити ліпні маяки). Результати обстеження і спостережень треба заносити в журнал і вживати своєчасних заходів щодо забезпечення надійності споруд. Металеві елементи конструкцій будівель та споруд слід захищати від корозії внаслідок нанесення антикорозійних покриттів, які в міру потреби слід відновлювати.

Протягом першого року експлуатації котельні треба систематично стежити за осіданням фундаментів будівель та відповідальних споруд, оглядаючи їх не рідше як один раз на місяць. Для спостереження за осіданням фундаментів найвідповідальніших будівель та споруд треба закладати реperi. Димові труби котельні слід оглядати зовні не рідше як один раз на рік, а всередині – не рідше як один раз на чотири роки.

До моменту введення котелень в експлуатацію в будівлях та спорудах повинно бути закінчене будівництво об'єктів промислової санітарії в обсязі, передбаченому діючими санітарними нормами (душові, роздягальні, медпункт, вентиляційні та обезпилюючі установки).

Залізні покрівлі котелень періодично треба фарбувати олійною фарбою, а рулонні - захисними мастиками (залізо – кожні 4 роки, рулонні – не рідше одного разу на 3-5 років). Покрівлі з хвилястого шифера не повинні піддаватися ударним впливам, ходити по них дозволяється тільки при прокладанні на покрівлі дерев'яних спеціальних доробинок (сходинок). Капітальний і поточний ремонт покрівлі з рулонних покриттів слід провадити при температурі зовнішнього повітря не нижче як +5°C і в сухий час року.

Очищати покрівлю від снігу, намерзлого льоду та вугільного пилу допускається тільки дерев'яними лопатами. Робітники, які виконують роботи на покрівлі, повинні бути проінструктовані, мати допуск та відповідне спорядження (пояси, вірьовки тощо). Треба періодично контролювати стан перекриттів і конструкцій, для чого їх слід один раз на рік оглядати у відповідальних місцях, стежити за надійністю елементів, а у разі їх

пошкодження негайно вживати заходів до відновлення. У зимовий період слід періодично очищати від снігу поверхню землі, яка прилягає до зовнішніх стін котельні на відстані не менше ніж 2 м. Строки і канали для відведення води з поверхні підлог у котельні треба утримувати у справному стані й чистоті.

Змонтовані блискавкозахисні пристрої можна прийняти в експлуатацію тільки після того, як їх прийняла робоча комісія за участю представників пожежного нагляду. Під час експлуатації усі блискавкозахисні пристрої підлягають періодичному контролю не рідше як один раз на рік (перед грозовим періодом – травень-червень).

Капітальний і попереджувальні ремонти будівель та споруд котелень слід виконувати на підставі складених планів. Відповідальність за справний стан, чистоту будівель та споруд котелень та надійну їх експлуатацію несуть особи, відповідальні за безпечну експлуатацію котелень. Приміщення, у яких прокладені газопроводи, встановлена запірно-регулювальна арматура, повинні бути вентиляльованими доступними для обслуговуючого персоналу. Займати їх під склади, майстерні і тимчасові сховища матеріалів та обладнання категорично забороняється.

Внутрішні газопроводи використовувати як несучі конструкції та заземлювачі категорично забороняється. Приміщення котелень повинні бути забезпечені природним освітленням. Також котельні підлягають обов'язковому обладнанню електричним аварійним освітленням від автономних джерел живлення (акумуляторні, турбіни або дизель-генератори).

В котельнях, які працюють на газовому паливі, усі види електроосвітлення повинні бути виконані у вибухозахищеному виконанні – це стосується і приводів пускової апаратури. Котельні повинні бути забезпечені системою пожежегасіння, погодженою з пожежним наглядом, і мати первинні засоби пожежегасіння, установлені у легкодоступних місцях, обладнані необхідним інвентарем: піском, баграми та вогнегасниками.

1.3. Вимоги до монтажу хімводопідготовки котельні

Залежно від якості живильної води та виду вироблюваної теплової енергії (пара, перегріта пара, вода температурою 150°C та ін.) котельні обладнуються відповідним устаткуванням водопідготовки. Це можуть бути магнітні апарати, системи одно- двоступінчастого Na-катіонування Na-H-катіонування; Na-амоній-катіонування, знесолення тощо.

Проектування установок водопідготовки (УВП) повинні провадити спеціалізовані проектні чи пусконаладжувальні організації, які мають на це відповідний дозвіл від Держнаглядохоронпраці України. Фундаменти під устаткуванням УВП, як правило, виконуються одночасно з усіма іншими фундаментами, призначеними для основного й допоміжного устаткування котельні.

Перевірку фундаментів під фільтри, насоси, солерозчинники, сепаратори безперервної продувки здійснюють перед початком монтажу відповідного устаткування. Монтаж устаткування УВП, а воно для котелень не є великогабаритним (виняток становлять фільтри), здійснюється за звичайними

правилами – вертикальність встановлення, відповідність планам та розрізам проекту та ув'язка з будівельними конструкціями стосовно проходів, проїздів та зручності встановлення запірно-регулюючої арматури.

Найбільш громіздке устаткування УВП – це фільтри, мокре зберігання солі та насосні станції перекачування розчинів, вони встановлюються тільки на великих джерелах теплопостачання. Правила приймання в експлуатацію цього устаткування детально повинні бути описані у проектно-кошторисній документації.

Солепроводи і кислотоводи повинні бути виконані з труб з відповідним внутрішнім покриттям. Насоси повинні бути виконані у кислототривкому виконанні з відповідних сталей або спеціальне покриття. Ущільнювальні прокладки повинні бути з фторопласту, різьбові з'єднання складені на стрічці фторопластового ущільнюючого матеріалу (ФУМ).

Після монтажу система УВП підлягає випробуванню на герметичність тиском 1,25 робочого і передається по акту на подальше виконання передпускових та пусконаладжувальних робіт. Дуже важливо, щоб УВП була готова до моменту сушіння обмурку котлоагрегатів.

Усі трубопроводи та устаткування УВП повинні мати протикорозійне покриття й пофарбовані у відповідні кольори, запірно-регулювальна арматура повинна легко відкриватися руками, сальники не повинні текти, а запірні пристрої повинні бути щільними. Термометри слід встановити тільки в гільзах, а манометри повинні бути одного класу з непростроченим перевірним клеймом.

1.4. Вимоги до монтажу живильних пристроїв та допоміжного обладнання

Живильні пристрої котельні служать для подачі води в котли і залежно від типу котлів допускається застосування:

- а) центробіжних і поршневих насосів з електричним приводом;
- б) насосів з ручним приводом;
- в) насосів з паровим приводом (ежектори).

Типи і продуктивність насосів визначаються проектом.

Для живлення парових котлів встановлюють не менше двох живильних насосів. При цьому продуктивність кожного насоса повинна бути не менше 120% номінальної продуктивності усіх одночасно діючих котлів. За конструктивним виконанням приводи насосів виготовляють з еластичною муфтою, гідравлічною, електромагнітною муфтою і в моноблоці.

До встановлення на фундаменти насосам треба зробити ревізію і за паспортними даними провести розконсервацію. Яскраво на корпусі стрілкою вказати напрямок обертання. Після встановлення на фундамент насос треба виставити за рівнем, завести фундаментні болти та підлити колодязі фундаменту цементним розчином марки не нижче 200. Після повного застигання анкерів, насосу з приводом, слід виконати статичне і динамічне балансування і обв'язати його згідно з проектом відповідними трубопроводами.

До котельно-допоміжного устаткування належать: економайзери, деаератори, повітропідігрівачі трубчасті, фільтри та підігрівачі мазуту, пальники і форсунок для спалювання рідкого і газоподібного палива, апарати для очищення поверхонь нагрівання, тяго-дутьові машини, водопідігрівачі, топки механічні, топки з пневмомеханічними закидувачами, системи золошлаковидалення, системи повернення винесення, дахові вентилятори, системи паливоподачі і паливоприготування, баки, акумулятори, охолоджувачі випарники, сепаратори безперервної продувки, системи охолодження дренажів і продувок, місткості горизонтальні, підігрівачі, батарейні циклони, скрубери, елеватори і ежектори, гідрозатвори і запобіжні пристрої (викидні).

Усе котельно-допоміжне устаткування повинно бути внесено у паспорт котла. Котельно-допоміжне устаткування повинно бути після надходження з заводу-виготівника (постачальника) розконсервоване, укомплектоване паспортами, інструкціями з монтажу та експлуатації і змонтоване у технологічній схемі котельні. Приймання після монтажу устаткування проводиться представником замовника або на період пусконаладжувальних робіт (згідно з угодою) працівником пусконаладжувальної організації.

Після проведення пусконаладжувальних робіт устаткування повинно бути без дефектів і пропрацьоване під навантаженням не менше 72 годин та за актом передане замовнику (або підприємству, яке експлуатує котельню) з паспортами та відповідними інструкціями з експлуатації та режимними картками. До початку пусконаладжувальних робіт котельня, яка вводиться в експлуатацію, повинна бути укомплектована атестованим інженерно-технічним та обслуговуючим персоналом.

Під час налагоджування окремих вузлів блоків та одиниць технологічного устаткування обслуговуючий персонал повинен ознайомлюватися з роботою устаткування, правилами зупинки, запуску та регулювання. Більша частина допоміжного устаткування встановлюється у технологічній схемі і об'язується трубопроводами з запірною-регулювальною арматурою (вентилі, крани, засувки, зворотні клапани, регулятори тиску тощо), але часто після розконсервації та випробування арматуру доводиться піддавати відразу ж відповідному ремонту: притирання ущільнювальних поверхонь, шліфування поверхонь, що труться, заміна сальникових ущільнювачів набавки, заміна прокладок тощо. Це дуже трудомісткі операції, на виконання яких доводиться витратити багато часу. Остаточне доведення поверхонь, які ущільнюються, доводиться виконувати вручну. Якість притирання перевіряють після промивання і складання арматури гідравлічним тиском $1,25P_{роб}$, але не менше 3 МПа. На щільність арматуру випробують при закритому затворі подачею води під клапан для вентилів з Ду 10-50 мм і на клапан – для вентилів з Ду більше 50 мм. Зворотні клапани випробують подачею води на клапан. Сальникове ущільнення і з'єднання кришки з корпусом вентилів та засувки випробовують тиском води під клапан при відкритому затворі.

1.5. Вимоги до монтажу електросилового устаткування

Освітлювальні електропроводки, як правило, слід монтувати з комплексних тросових чи струнних заготовок із застосуванням виробів та вузлів заводського виготовлення.

Виконання електромонтажних робіт слід провадити у дві стадії. На першій стадії виконуються усі підготовчі та заготівельні роботи, включаючи встановлення закладних деталей в будівельні конструкції, підготовку трас електропроводок і заземлення, заготовку силових і освітлювальних електропроводок, складання укрупнених вузлів та блоків, попереднє регулювання, перевірку та випробування електрообладнання, апаратури і машин на стендах тощо. На другій стадії виконують монтаж електрообладнання, на електричних мережах по виконаній на першій стадії робіт заготовці, обробку і підімкнення проводів і кабелів до електрообладнання тощо.

Вивантаження електродвигунів з автомашин і вагонів треба здійснювати за допомогою кранів та автонавантажувачів. Під час пересування електродвигунів, звільнених від упакування, застосовують крани, тельфери, електрокари, навантажувачі, які використовують і для піднімання електродвигунів під час встановлення на фундаменти. Перед установленням на місце треба провести огляд електродвигунів. Машини, які прибули з підприємства-виготівника у складеному вигляді, на місці монтажу перед установленням не розбирають. Якщо немає впевненості у тому, що під час транспортування і зберігання машина після заводського складання залишилася непошкодженою і незабрудненою, то необхідність і міра розбирання машини відзначається в акті, який складається компетентними представниками замовника і монтажної організації.

Під час монтажу електричних машин до 1000 кВт повинні провадитись такі роботи: промивання підшипників ковзання, вимірювання опору ізоляції, установлення й кріплення за рівнем, вивірки за різних способів з'єднань, вивірка пасової передачі, зняття і насаджування шківів, напівмуфт, шестерень, підшипників кочення, перевірка спряження електродвигуна з машиною, яку він обертає. Налагодження індукторних муфт ковзання та сушіння електродвигунів.

Усі прилади, які надійшли від заводів-постачальників, разом з технічною документацією і паспортами передаються за актом монтажній чи налагоджувальній організації. Перед монтажем прилади при потребі проходять перевірку, а потім після готовності мереж, імпульсних ліній монтуються на місця, передбачені проектом. Прилади показуючі слід установлювати у місцях, зручних для перегляду. Якщо з робочого місця оператора шкала не переглядається, слід установлювати дублюючі прилади із зниженим рівнем обзору. Група приладів, що показує розрідження, тиск повітря, які заповнюються водою чи спиртом, повинні мати підфарбовану рідину.

ТЕМА 4. ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТИВ БАРАБАННОГО ТА ПРЯМОТОЧНОГО ТИПУ

План

1. Зовнішні забруднення поверхонь нагрівання.
2. Очищення поверхонь нагрівання.
3. Дробуочистка.

1. Зовнішні забруднення поверхонь нагрівання

У процесі роботи котла виникає забруднення зовнішніх поверхонь нагрівання. На екранах і ширмах топки, яка працює на пилоподібному твердому паливі, можливі відкладення шлаку. Ці відкладення утворюються при температурі газів на виході з топки, більш високій, ніж температура розм'якшення золи, а також у високотемпературних зонах топки при незадовільній аеродинамічній організації топкового процесу в тих випадках, коли розплавлені частки золи, які не встигають остудитися і затвердіти, накидаються потоком газів на стінки топок і труби екранів. Звичайне шлакування починається в проміжках між екранними трубами, а також у застійних зонах і ділянках топки. Якщо температура топкового середовища в зоні утворення шлакових відкладень нижча температури початку деформації золи t_1 , то зовнішній шар шлаку складається із затверділих часток. При підвищенні температури зовнішній шар шлаку може оплавлятися, що сприяє налипанню нових часток і прогресуючому шлакуванню.

Шлакування зменшує теплосприйняття поверхонь нагрівання, розташованих у топці, і підвищує температуру продуктів згоряння на виході з топки, що може призвести до порушення нормального гідродинамічного режиму роботи екранів і ширм. В області пароперегрівника, якщо температура газів нижче t_1 , мають місце ущільнені відкладення твердих часток золи.

В економайзері утворюються пухкі сипучі відкладення дрібних фракцій золи, причому ріст забруднюючого шару супроводжується руйнуванням його більш великими частками, у результаті чого встановлюються динамічна рівновага і сталий стан забруднюючого шару.

Зольність палива не впливає на товщину забруднень. По досягненні визначеної товщини забруднень зола більше не осаджується на забруднених трубах. Товщина липких забруднень в області низьких температур залежить від A^p і характеристик золи, і прогресує в часі. Унаслідок забруднення конвективних поверхонь нагрівання погіршуються умови теплопередачі і підвищуються їхні аеродинамічні опори. У результаті підвищується температура відхідних газів збільшуються втрати і витрата електроенергії на тягу.

Під коефіцієнтом забруднення розуміють термічний опір шару відкладень

$$\varepsilon = \frac{\delta_b}{\lambda_b}$$

де δ_b – товщина шару відкладень, м;

λ_v – теплопровідність шару відкладаень, Вт/(м·°С).

Значення ε залежить від швидкості потоку, діаметра труб, що обтікаються і їхнього розташування в пучці. Для коридорного розташування ε завжди вище, ніж для шахового. Відкладення призводять до зниження коефіцієнта теплопередачі в поверхнях нагрівання і підвищенню температури відхідних газів тобто зменшується ККД котла.

2. Очищення поверхонь нагрівання

Існує три основних способи очищення зовнішніх поверхонь нагрівання:

- обдування;
- віброочистка;
- дробуочистка.

Обдування може проводитися паром, водою, пароводяною сумішшю і повітрям.

Найбільш ефективно обдування водою, тому що водяний струмінь має найбільшу далекобійність і термічний ефект. На практиці застосовують парове обдування, що створює достатній динамічний напір струменя.

Динамічний напір для пари:

$$H = \frac{W_l^2}{2 \cdot \vartheta_n}$$

де W_l^2 – осьова швидкість;

ϑ_n – питомий об'єм пари.

При тиску пари 4 МПа на відстані 3 м від виходу струменя, динамічний напір буде дорівнювати $2000 \text{ Па} < H_{l=3 \text{ м}} > 2000 \text{ Па}$. Для видалення сипучих відкладень досить мати тиск $H_{ек} = 200 \dots 250 \text{ Па}$. Для видалення щільних відкладень $H_{п.н} = 400 \dots 500 \text{ Па}$. Для видалення шлакових наростів $H_m = 2000 \text{ Па}$.

Схема пристрою для парового обдування представлена на рисунку 1.

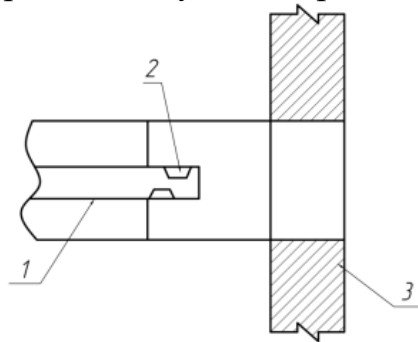


Рисунок 1 – Схема пристрою для парової обдувки: 1 – обдувочна голівка; 2 – сопла; 3 – обмурівка котла

Пристрій працює в такий спосіб. За допомогою висувної штанги голівка висувається в топку й одночасно починає обертатися. У цей час відкривається паровий клапан і пара подається до сопел (двом діаметрально розташованим).

Віброочистка застосовується для ширмових і вертикальних конвективних перегрівників.

3. Дробуочистка

Схеми дробуочистних установок представлені на рисунку 2. Очищення проводиться за рахунок кінетичної енергії падаючих чавунних дробинок $d = 3...5$ мм. Схема дробуочистки працює під розрідженням, що створюється ежектором 4. Дріб рівномірно розподіляється по перетину газоходу за допомогою розкидача 7. Дробинки збивають відкладення з труб і збираються в нижній частині опускної шахти, у бункері 1, звідкіля разом із золою по трубопроводу 2 попадають у циклон-дробууловлювач 3. У циклоні відбувається відділення золи від дробу і далі дріб попадає в живильник 6, з якого подається в розкидач 7 і т.д.

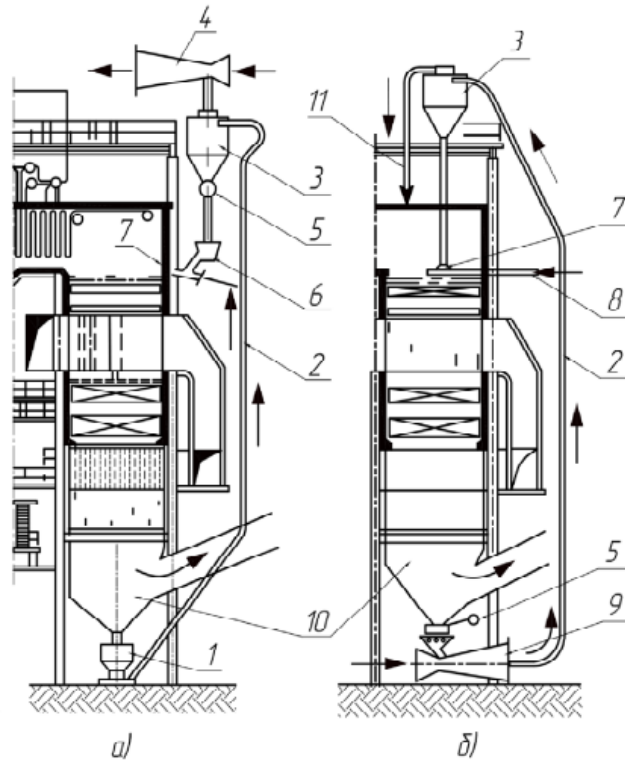


Рисунок 2 – Схеми дробуочистних споруд: а – установка під розрідженням з пневматичним закидачем дробу; б – установка під тиском з верхнім накидачем дробу; 1 – бункер для дробу; 2 – трубопровід для подачі дробу; 3 – дробууловлювач-циклон; 4 – ежектор; 5 – автоматичний клапан-мигавка; 6 – тарілковий живильник; 7 – розкидач дробу; 8 – підведення і відведення від розкидача охолоджуючої води; 9 – інжектор; 10 – вихід продуктів згоряння; 11 – вихід повітря з пиловловлювача

ТЕМА 5. СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТУРБІНИ

План

1. Пуск конденсаційної турбіни із холодного стану.
2. Особливості пуску турбін з регульованим відбором пари і протитиском.
3. Пуск турбіни із гарячого резерву.
4. Зупинення парової турбіни.

1. Пуск конденсаційної турбіни із холодного стану

Точний порядок і послідовність операцій з пуску турбіни визначається в експлуатаційній інструкції, яка складається для кожної турбіни окремо, але основні правила пуску і зупинення турбіни однакові для турбін одного типу. Різниця може бути лише в деяких деталях пускових операцій. Тому, засвоївши основні загальні для всіх турбін правила пуску, легко розібратись в індивідуальній виробничій інструкції. Найбільш складним є пуск конденсаційної турбіни з регенерацією із холодного стану, тобто після тривалого простою.

Операцію пуску починають з прогріву паропроводу між парогенераторами і турбіною та створення в ньому робочого тиску, а також прогріву перепускних труб і парових коробок регулювальних клапанів. Ця операція має здійснюватись повільно і обережно. В разі швидкого прогріву в паропроводі можуть виникати значні теплові напруги, які призводять до руйнації фланцевих з'єднань і пошкодження паропроводу. Впуск пари в холодний паропровід спочатку супроводжується інтенсивною конденсацією, внаслідок чого в окремих ділянках паропроводу може накопичуватись вода, здійснюватись гідравлічні удари, а пізніше закид води в турбіну. Тривалість прогріву паропроводу залежить від його довжини, конфігурації, параметрів пари і визначається індивідуальною інструкцією. Тиск в паропроводі для середніх параметрів пари має зростати зі швидкістю 0,15 МПа за хвилину. Перед початком прогріву всі дренажні лінії мають бути відкриті та з'єднані з атмосферою. Продувка паропроводу здійснюється до тих пір, поки витікання конденсату повністю не припиниться.

Прогрів перепускних труб і парових коробок регулювальних клапанів повинен здійснюватись з відкритим стопорним клапаном і закритими регулювальними клапанами. До початку обертання ротора турбіни має бути забезпечено мащення всіх підшипників. Це досягається за допомогою допоміжного масляного насоса з турбоприводом. Турбопривод насоса живиться парою із паропроводу свіжої пари і не залежить від роботи турбіни. Протягом кількох хвилин прогривається паропровід до турбіни масляного насоса і перевіряється справність останнього. Якщо насос створює потрібний тиск у масляній системі і не спостерігається ненормального шуму і вібрації, то він готовий до роботи. Якщо виявиться несправність допоміжного масляного насоса, розпочинати пуск турбіни не можна. Після пуску допоміжного масляного насоса починається циркуляція масла між насосом, підшипниками і масляним баком, внаслідок чого масло прогривається. Коли температура

масла дорівнюватиме нормальному значенню (35-40°C), необхідно подати охолодну воду на маслоохолодники і в подальшому підтримувати температуру масла на зазначеному рівні шляхом регулювання витрати охолодної води.

Далі здійснюють перевірку запобіжних пристроїв турбіни, а також органів паророзподілу і регулювання. Така перевірка здійснюється за допомогою гідравлічної передачі. Якщо турбіна запускається в хід за допомогою стопорного клапана, то всі регулювальні клапани мають бути попередньо відкриті. Якщо турбіна запускається за допомогою спеціальної пускової засувки, то перед пуском має бути повністю відкритий стопорний клапан.

Перед пуском пари в турбіну створюється розрідження в конденсаторі. Необхідне розрідження має бути не менше 300 мм рт. ст. Пуск конденсаційної установки складається із таких операцій: пуск циркуляційного і конденсаційного насосів. Обидва насоси запускають без відкриття напірного вентиля. Попередньо конденсатор заповнюють конденсатом або водою із хімоводоочистки на 3/4 висоти водомірного скла. Конденсатний насос запускається на рециркуляцію по замкненому контуру: конденсатор – конденсатний насос – холодильник парових ежекторів – конденсатор.

Після того як через холодильники парових ежекторів починається циркуляція, можна подавати пару на ежектори, за допомогою яких утворюється розрідження в конденсаторі. Розрідження в конденсаторі, яке необхідно створити до початку прогріву самої турбіни, має становити більше 300 мм рт. ст. Прогрів турбіни починається з поштовху ротора турбіни парою. Для цього відкривають обвідний вентиль пускової засувки, а в разі його відсутності – засувку або стопорний клапан настільки, щоб створити за клапаном тиск пари, достатній для приведення ротора в повільне обертання. Прогрів турбіни в разі нерухомого ротора заборонений. Тиск пари за пусковим клапаном залежить від маси ротора кількості підшипників та інших особливостей конструкції. Його значення має бути вказано у виробничій інструкції.

Перед поштовхом ротора необхідно перевірити відкриття усіх дренажних вентилів. Коли ротор почав обертатись, повністю закривають засувку або клапан, за допомогою яких здійснюється пуск турбіни. Це робиться для запобігання різкого підвищення кількості обертів, небезпечного для нормального прогріву турбіни. Після цього знову починають повільно відкривати пускову засувку для підтримання обертання ротора з малою кількістю обертів.

Одночасно подають свіжу пару на кінцеві ущільнення турбіни, щоб довести розрідження в конденсаторі до нормальної величини. Забороняється подача пари на ущільнення до поштовху турбіни для запобігання однобічного місцевого прогріву ротора та його скривлення. В турбінах, оснащених валоповоротним пристроєм, пара на ущільнення може подаватись до впуску пари в турбіну. Швидкий прогрів турбіни недопустимий, оскільки ротор прогривається швидше, ніж статор, що може призвести до зміни зазорів у проточній частині турбіни і до чиркання ротора. Необхідний час прогріву

турбіни має бути точно вказано в індивідуальній інструкції. Період прогріву турбіни поділяється на два послідовних процеси: прогрівання з малою кількістю обертів (до 15% від номінального) і прогрівання з поступовим збільшенням кількості обертів до номінального значення (для турбін середнього тиску становить 150об/хв).

Головний масляний насос може забезпечувати необхідний тиск масла, як правило, після досягнення половини робочих обертів. Після вступу в роботу головного масляного насоса можна зупиняти допоміжний маслonaсос. Зупинення здійснюється поступовим прикриванням парової засувки на лінії свіжої пари. Якщо тиск масла починає зменшуватись, то з відключенням допоміжного насоса потрібно почекати. На випадок аварійного порушення роботи головного масляного насоса має бути передбачено автоматичне включення в роботу допоміжного насоса.

Для кожного турбінного ротора існує критичне число обертів, при досягненні якого з'являються значні вібрації. Якщо ротор гнучкий, то критичне число обертів менше стандартного і становить, як правило, 55–75%. Перехід через критичне число обертів повинен здійснюватись швидко. У валів із жорсткими валами критичне число обертів більше стандартного, а посилення вібрації спостерігається при переході через число обертів, яке кратне стандартному.

Під час прогрівання турбіни машиніст регулює подачу пари вручну. При цьому муфта швидкісного регулятора має бути виведена синхронізатором в крайнє положення, яке відповідає найменшому числу обертів при повністю відкритих усіх регулювальних клапанах. Коли в процесі підвищення кількості обертів відцентрова сила, яка діє на вантажі регулятора, буде перевищувати опір регуляторної пружини, муфта регулятора почне переміщуватись, зумовлюючи переміщення золотника. Цей момент і буде моментом введення в дію системи автоматичного регулювання турбогенератора. При цьому всі регулювальні клапани почнуть поступово закриватись до тих пір, поки в роботі не залишиться тільки один не повністю відкритий клапан. Після досягнення стандартного числа обертів належить перевірити запобіжний вимикач турбіни шляхом підвищення кількості обертів, перевірити дії синхронізатора, а також перевірити щільності органів паророзподілу.

Після цього на генератор подають збудження і переходять до його синхронізації. Підключення генератора на паралельну або синхронну роботу з іншими генераторами має здійснюватись в момент, коли частота генератора (число періодів змінного електричного струму) та його напруга однакові з такими в електромережі, а також збігаються фази напруг. Зміна частоти здійснюється вручну за допомогою синхронізатора турбіни. Після того як турбогенератор синхронізований і включений на паралельну роботу з електромережею, він починає працювати зі сталою кількістю обертів. Помітна зміна числа обертів і частоти генератора тепер може виникнути тільки у випадках суттєвої зміни навантаження в енергосистемі. Безпосередньо після включення в електромережу турбогенератор працює на холостому ході. Тривала робота в цьому режимі не рекомендується, оскільки викликає

небажаний перегрів хвостової частини турбіни внаслідок низького ККД. Для завантаження турбогенератора, який працює на електромережу, користуються синхронізатором. Тепер зміна положення синхронізатора зумовлює не зміну кількості обертів, яка залишається сталою, а збільшення потужності внаслідок збільшення витрати пари на турбіну. Завантажувати турбогенератор потрібно поступово і обережно, оскільки ще триває прогрівання ротора, виникає перерозподіл температур по довжині турбіни. В процесі збільшення кількості обертів до стандартної величини корпус турбіни перебуває під розрідженням. В головній частині турбіни установлюється температура значно нижча нормальної, а в хвостовій – навпаки більш висока. В процесі завантаження температура в частині високого тиску (ЧВТ) може різко зростати, а температура в останніх східцях турбіни – навпаки, зменшується внаслідок збільшення ККД. В результаті різкого підвищення температури в перших східцях турбіни може виникнути ослаблення посадки дисків на валу. Навантаження турбін середнього тиску здійснюється зі швидкістю 5% номінальної потужності за хвилину. Навантаження, як правило, здійснюють ступінчасто з витримкою певного часу для окремих навантажень. Рекомендується витримувати турбіну при навантаженнях 40-50% не менше 30 хвилин. Це також визначається умовами обережного прогрівання обмотки електрогенератора.

Після того, як набрано невелике навантаження на турбогенератор, можна припинити рециркуляцію конденсату, закриваючи засувку на лінії між холодильниками ежекторів і конденсатом, за умови, що в нижчій частині конденсатора підтримується стійкий рівень конденсату.

Подача свіжої пари до переднього кінцевого ущільнення може бути припинена після того, як у камері першого східця турбіни досягається тиск, більший атмосферного, а із вістової труби спостерігається слабке паріння. Після цього турбіна може бути переведена на самоущільнення, тобто пара, яка просочується із першої камери турбіни, відводиться до хвостових ущільнень, що перебувають під розрідженням. Регулювання подачі пари на ущільнення здійснюється протягом усього періоду завантаження. В разі великих навантажень турбіни частина пари із переднього ущільнення відводиться на регенеративні підігрівники.

Регенеративні підігрівники включаються в роботу після того, як у відповідній камері відбору досягається атмосферний тиск. Підігрівники низького тиску, які працюють під розрідженням, як правило, завжди підключені до відбору. Між турбіною і таким підігрівником ставиться зворотний клапан для запобігання аварійного закиду води в турбіну із системи регенерації.

Операції з пуском турбіни супроводжуються періодичними наглядами за температурним режимом підшипників і тепловим розширенням турбіни, а також періодичними прослуховуваннями з метою виявлення шуму і вібрацій.

2. Особливості пуску турбін з регульованим відбором пари і протитиском

Пуск конденсаційної турбіни з регульованим відбором пари здійснюється так само, як і чисто конденсаційної турбіни до моменту включення регульовального відбору. Цей відбір можна здійснювати лише після того, як турбіна завантажена на 30-40% від номінальної потужності. Перед пуском регулятор тиску у відборі має бути відключений, а перепускні клапани перед частиною низького тиску (ЧНТ) відкриті. Регулятор тиску повинен включатись в роботу безпосередньо в процесі переходу на роботу з регульованим відбором пари. Одночасно вводиться в дію золотник регулювання відбору пари, керуючий перепускними клапанами або поворотною діафрагмою. Після установаження сталого тиску відкривають запірну засувку на лінії відбору між турбіною і споживачами пари та поступово прогрівають цей паропровід. В процесі прогрівання турбіни повинні бути відкритими дренажні лінії в камері відбору і на магістралі відбірної пари. До прогріву турбіни перевіряються стан автоматичного затвора і запобіжних клапанів на лінії відбору.

Пуск протитискової турбіни, як правило, здійснюють на вихлоп в атмосферу, для чого закривають вентиль, який відокремлює турбіну від промислової магістралі та вручну відкривають атмосферний клапан. Переключення турбіни на роботу з протитиском здійснюється після досягнення стандартної кількості обертів. Для цього поступово прикривають атмосферний клапан з метою створення за турбіною протитиску, який ненабагато перевищує тиск в промисловій магістралі, а потім повільно відкривають вентиль подачі пари в цю магістраль. Весь період пуску аж до синхронізації електрогенератора з електромережею турбіна керується швидкісним регулятором, після чого включають в роботу регулятор тиску і турбіна починає працювати за тепловим графіком. Регулятор швидкості відіграє роль запобіжного пристрою на випадок аварійного розгону турбіни.

3. Пуск турбіни із гарячого резерву

Нерухомий вал зупиненої турбіни охолоджується нерівномірно. В процесі остигання турбіни нижня частина вала охолоджується швидше, ніж верхня, внаслідок чого вал вигинається догори. Із остиганням вигин вала спочатку зростає, а потім починає зменшуватись і після вирівнювання температури між верхньою та нижньою частинами турбіни вал знову стає прямим. Отже вигин вала під час остигання носить змінний і тимчасовий характер. Якщо під час зупинки в турбіну просочується пара внаслідок нещільностей запірних вентилів, регульовальних клапанів, дренажних ліній, то деформація вала може опинитись надмірно великою і не щезати в процесі остигання до тих пір, доки не буде усунено просочування пари.

Для запобігання потрапляння пари в зупинену турбіну на відвідній трубі із паропроводу свіжої пари до турбіни між пусковою засувкою і стопорним клапаном устаноується так званий вентиль обезпарювання, який повністю відкривається після зупинення турбіни. Гранично допустима величина

прогину вала повинна бути значно меншою радіальних зазорів лабіринтових ущільнень. У вітчизняних турбінах радіальні зазори дорівнюють 0,15–0,2 мм. Тому допустиму величину температурного прогину вважають рівною 0,05 мм.

Пуск недостатньо остигнувшої турбіни може викликати сильну вібрацію, загинання лабіринтових ущільнень та їх руйнацію, а в подальшому може призвести до пошкодження опорних підшипників. Тому інструкціями забороняється пуск турбіни, яка не має валоповоротного пристрою. Протягом певного періоду після зупинення турбіни він здійснюється лише з дозволу головного інженера електростанції з дотриманням обережності. В цьому випадку має бути збільшений час прогрівання турбіни на малих обертах, оскільки значно прискорюється вирівнювання температур в роторі та статорі, внаслідок чого скривлення вала поступово щезає. Якщо при цьому все ж таки з'являється вібрація, то це означає, що прогрів турбіни був недостатнім. Потрібно зменшити кількість обертів до такого значення, при якому вібрація щезне, і знову збільшувати оберти після додаткового прогрівання.

Якщо турбіна оснащена валоповоротним пристроєм, можна обмежувати температурний прогин шляхом повороту вала на 180° через певні проміжки часу. Безперервним повільним обертанням ротора за допомогою валоповоротного пристрою в період остигання турбіни можна запобігти температурній деформації вала. При цьому кількість обертів може становити від двох до чотирьох за хвилину.

4. Зупинення парової турбіни

В процесі зупинення турбогенератора порядок операцій, в основному, є зворотним порядком пускових операцій. Перед тим як починати операції зупинення, необхідно перевірити справність допоміжного турбомаслонасоса і резервного масляного насоса з електроприводом. Якщо зупиняється турбіна з регульованими відборами пари, то переходять на роботу без відборів, зі ступінчастим зменшенням електричної потужності, а також виключають регенеративні підігрівники. Зменшення навантаження здійснюється за допомогою синхронізатора. Якщо турбогенератор працює ізольовано, то зменшення навантаження здійснюється поступовим відключенням споживачів. Услід за тим знімають збудження та відключають електрогенератор відбірних шин і після цього вибивають запобіжний вимикач або закривають головну пускову засувку.

В процесі зменшення навантаження включається лінія рециркуляції конденсату для того, щоб не порушити режиму охолодження ежекторів і не зірвати роботу конденсатного насоса, оскільки розрідження в конденсаторі має зберігатись аж до зупинення ротора. Після відключення турбіни від паропроводу кількість обертів починає різко зменшуватись і увесь корпус опиняється під розрідженням. Тому необхідно подати пару на кінцеві ущільнення, щоб запобігти різкому погіршенню розрідження і, внаслідок цього, перегріву останніх східців турбіни до температури, вищої за допустиму. В перші хвилини процесу зупинення турбіни кількість обертів сповільнюється. Якщо побудувати залежність зміни кількості обертів за

часом, то така крива називається кривою вибігу. Головний масляний насос вже на початку процесу вибігу не забезпечує достатньої подачі масла в систему мащення. Через це виникає необхідність пуску допоміжного турбомаслонасоса, який залишають в роботі ще на 20–30 хвилин після повного зупинення ротора. Для того, щоб забезпечити охолодження циркуляційного масла, маслоохолодники також працюють до зупинення допоміжного масляного насоса. Якщо після зупинення допоміжного масляного насоса температура масла починає зростати до 50°C , то останній необхідно знову включити в роботу на деякий час. Якщо турбіна оснащена валоповоротним пристроєм, то після зупинення ротора його включають на кілька годин. При цьому повинні бути забезпечені мащення і охолодження підшипників за допомогою допоміжного масляного насоса. Конденсатний насос зупиняють одночасно з ежектором після зупинення ротора, а циркуляційний насос – після зупинення допоміжного масляного насоса. Далі відкривають вентиль, який з'єднує з атмосферою паропровід перед стопорним клапаном. В процесі зупинення має бути точно визначена тривалість вибігу турбогенератора. Час вибігу в турбіні має бути однаковим. Відхилення часу вибігу від нормальної величини вказує на дефекти в стані турбогенератора. Аварійні зупинки турбогенератора передбачені в протиаварійній інструкції. При цьому зупинення здійснюється в нормальному порядку, а в особливо небезпечних випадках – зі зриванням вакууму в конденсаторі. Зрив вакууму здійснюється з метою прискорення зупинення. Прискорене зупинення в деяких випадках дає можливість врятувати турбіну або уникнути більш серйозних пошкоджень. Прискорене зупинення зі зривом вакууму небажане, оскільки викликає перегрів хвостової частини турбіни. Для того, щоб зірвати вакуум, необхідно відкрити вентиль на повітропроводі між конденсатором і ежектором та з'єднати, таким чином, паровий простір конденсатора з атмосферою. Випадки, в яких обов'язкова аварійна зупинка турбіни [37].

1. Металічні звуки усередині турбіни.
2. Ознаки гідравлічного удару і закидання води в турбіну.
3. Підвищення кількості обертів і неспрацьовування регулятора безпеки.
4. Небезпечний осьовий зсув ротора і неспрацьовування реле осьового зсуву.
5. Аварії масляної системи.
6. Поява вібрації, вищої за допустиму межу.
7. Аварії та несправності підшипників.
8. Збільшення температури вихлопного патрубку вище допустимого в інструкції значення.
9. Зменшення обертів до 95% від нормального (частоти до 47,5 Гц).
10. Серйозне пошкодження устаткування і паропроводів.
11. Випадки, коли подальша робота турбогенератора загрожує життю та здоров'ю людей або пошкодженню основного устаткування.
12. Пожежа в турбінному залі, яка не може бути негайно ліквідована.

ТЕМА 6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ТУРБОУСТАНОВКИ

План

1. Експлуатація деаератора.

1. Експлуатація деаератора

Схема деаератора наведена на рис. 1. Перед пуском деаератора необхідно перевірити стан арматури і контрольно-вимірювальних приладів. Парова засувка 1, засувка 2 на лінії основного конденсату турбіни, засувка 3 на лінії зворотного конденсату, засувки 7 і 8 на лінії живильних насосів, а також засувка 9 на лінії спуску води повинні бути закритими.

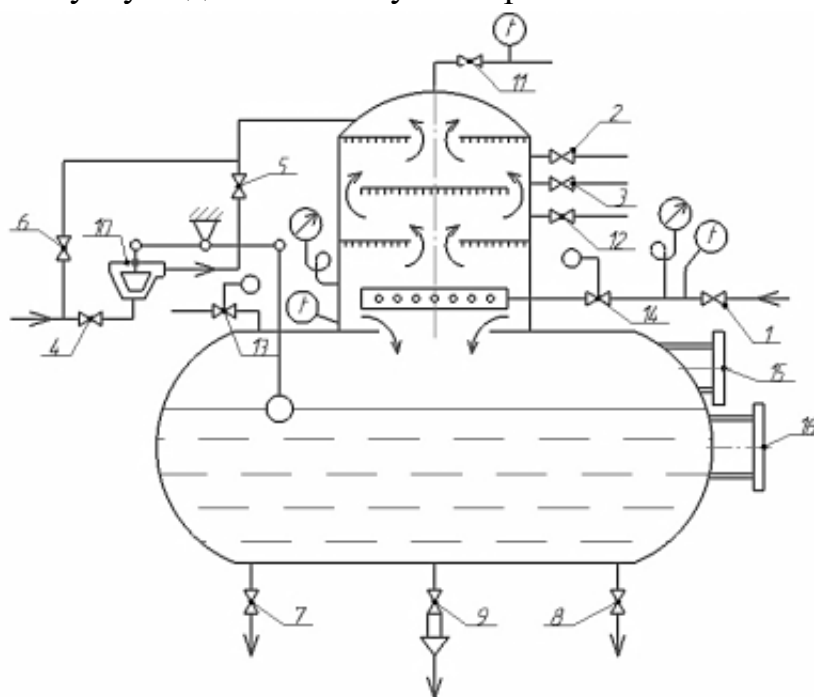


Рисунок 1 – Схема деаератора

Якщо деаератор включається в роботу із холодного стану, він насамперед має бути заповнений хімічно очищеною водою на 1/3 верхнього водомірного скла 25 через вентиль 6.

Під час включення деаератора живильний насос працює на хімічно очищеній воді із деаератора, для чого потрібно відкрити засувки 7 і 8. Рівень води в деаераторі регулюється автоматичним регулятором рівня 10. Потроху відкриваючи вентиль 11 на трубопроводі випуску повітря із деаератора, починають включати подачу пари за допомогою засувки 1. Подачу пари потрібно здійснювати повільно, щоб уникнути різких температурних розширень підвідного паропроводу та деаератора. Із вістової труби 11 під час пуску має бути невелике випаровування. Витрата пари регулюється за тиском в головці деаератора, що також забезпечує підтримання необхідної температури води. Включення деаератора на живлення конденсатом від турбіни здійснюється шляхом відкриття засувки 2. Одночасно вентиль на лінії

подачі хімічно очищеної води автоматично перекривається поплавковим регулятором рівня 10.

Після включення деаератора в роботу відкривають вентиль 3 на лінії зворотного конденсату і вентиль 12 на лінії дренажів. Витрата пари на деаератор автоматично регулюється за тиском дросельним клапаном 14.

В процесі обслуговування деаератора здійснюється регулярний запис показань контрольно-вимірювальних приладів: тиск в головці деаератора; температура і рівень води в деаераторі; тиск у конденсатній лінії 2; тиск в лінії подачі хімічно очищеної води; температура пароповітряної суміші в лінії 11, витрата грійної пари та показання киснеміра. Зниження тиску в деаераторі спричиняє недогрів води та неповну її деаерацію.

Здійснюється нагляд за рівнем води у водомірних приладах 15 і 16. Один раз за зміну береться проба живильної води із бака деаератора для аналізу на вміст кисню, який не повинен перевищувати $0,03 \text{ г/м}^3$. Один раз за зміну ведеться продування водопоказних приладів. Здійснюється нагляд за щільністю усіх з'єднань трубопроводів і арматури.

В разі паралельної роботи двох деаераторів усі вони повинні живитись парою однакового тиску із загального колектора. Парові простори деаераторів мають бути з'єднані зрівняльними паропроводами. Перед відключенням деаератора необхідно переконатись, що живлення парогенераторів забезпечується від інших джерел.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова:

1. Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Резидент Н. В., Ткаченко С. Й., Чепурний М. М. – [Вид. 2-е, перероб. і доп.]. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 142 с.
2. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем: Підручник. / За редакцією професора Б.Х. Драганова: - Київ: ЦП «Компринт», - 2017 – 338 с.
3. Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання теплових мереж: Затв.-15.11.2001№ 485/Мін. праці України. - Х.: Форт, 2003. – 336 с.

Допоміжна:

4. РД 34.35.615-76 Норми технічного обслуговування технологічних захистів теплоенергетичного обладнання на теплових електростанціях.
5. Клімов С.В. Експлуатація і обслуговування машин: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 218 с.
6. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: Вид-во НУК, 2011. 156 с.
7. Ельтельман Е.М., Ельтельман Л.Е. Експлуатація вентиляційних систем хімічних виробництв. - Л.: Хімія, 2016. – 112 с.
8. Налагодження і регулювання систем вентиляції та кондиціонування повітря: Довід. посібник / Б.А. Журавльов, Г.Я. Загальський, П.А. Овчінніков: Під ред. Б.А. Журавльова. - К.: Будівельник, 2015. – 448 с.
9. Волков О.Д. Проектування вентиляції промислової будівлі. - Харків: Вища шк. 2015. –239 с.
10. Наладка і експлуатація водяних теплових мереж: Довідник/ В.І. Манюк, Я.І. Каплінський, Е.Б. Хиж. - К.: Будівельник, 2016. –432с.
11. Експлуатація теплових пунктів і систем теплоспоживання: Довідник / В.П. Вітальєв, В.Б. Ніколаєв, Н.Н. Сельдін. - К.: Будівельник, 2015. – 623 с.
12. Борщов Д.Я. Експлуатація опалювальної котельні на газоподібному паливі. – К.: Будівельник, 2017. –240с.
13. Драганов Б.Х., Буляндра О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві / За ред. Б.Х. Драганова. – Київ: Урожай, 1995. – 224 с.

Інтернет ресурси:

14. <https://profiteh.ua/tekhnichna-ekspluatatsiia-teplovykh-ustanovok-ta-merezh/>
15. <https://profiteh.ua/ekspluatatsiia-teplomekhanichnoho-obladnannia/>
16. <https://vzo.com.ua/ua/content/kotelni-ustanovki>
17. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-2/2-13>
18. <https://bio.ukr.bio.ua/articles/11016/>

Чепіжний Андрій Володимирович

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 1**

Суми РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень, 2025р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman
Тираж: 50 примірників Замовлення _____ Умов. друк. арк. 2,1
