

О. М. Головченко, О. М. Нанак

**Енергетичні установки
Частина 1. Експлуатація устаткування
промислової котельні на газовому
та рідкому паливі**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. М. Головченко, О. М. Нанака

Енергетичні установки
Частина 1. Експлуатація устаткування промислової
котельні на газовому та рідкому паливі

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 621.18(075)
ББК 31.36я73
Г61

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 23.05.2013 р.)

Рецензенти:

Н. Р. Веселовська, доктор технічних наук, професор

О. Б. Мокін, доктор технічних наук, доцент

О. Д. Демов, кандидат технічних наук, доцент

Головченко, О. М.

Г61 Енергетичні установки. Частина 1. Експлуатація устаткування промислової котельні на газовому та рідкому паливі : лабораторний практикум / О. М. Головченко, О. М. Нанака. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 146 с.

В лабораторному практикумі розглянуто питання експлуатації устаткування промислової котельні на газовому та рідкому паливі. Для самостійної роботи студентів подані теоретичні основи експлуатації котельні у вигляді запитань та відповідей на них. Наведений опис комп'ютерної технології навчання енергетиків «КТН-Е». Розглянуті методики виконання лабораторних робіт на комп'ютерних тренажерах.

Призначений для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології».

УДК 621.18(075)
ББК 31.36я73

© ВНТУ, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Правила техніки безпеки	8
РОЗДІЛ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ХІМВОДООЧИЩЕННЯ.....	11
1.1 Теоретичні відомості.....	11
1.1.1. Очищення води на механічних фільтрах.....	11
1.1.1.1 Фізична модель роботи механічного фільтра	11
1.1.1.2 Очищення води на насипних механічних фільтрах	15
1.1.1.3 Очищення води на намивних механічних фільтрах.....	17
1.1.2 Очищення води в іонітних фільтрах.....	19
1.1.2.1 Стадії роботи іонітного фільтра.....	19
1.1.2.2 Технологічні схеми очищення води у фільтрах роздільної дії.....	21
Запитання та відповіді.....	26
1.2 Лабораторні роботи.....	34
Лабораторна робота № 1. Освітлювач.....	36
Лабораторна робота № 2. Na-катіонітний фільтр.....	39
Лабораторна робота № 3. Механічні фільтри.....	42
Лабораторна робота № 4. H-катіонітні фільтри першого (I) східця.....	44
Лабораторна робота № 5. Аніонітові фільтри першого (I) східця.....	46
Лабораторна робота № 6. H-катіонітні фільтри другого (II) східця.....	49
Лабораторна робота № 7. OH-аніонітні фільтри другого (II) східця.....	51
Лабораторна робота № 8. Фільтри змішаної дії (ФЗД).....	54
Лабораторна робота № 9. Експлуатація насосних агрегатів.....	57
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	63
Запитання та відповіді.....	63
2.1 Лабораторні роботи	116
Лабораторна робота № 10. Пуск двобарабанного вертикально- водотрубного котла ДКВР.....	121
Лабораторна робота № 11. Включення теплофікаційної установки.....	129
Лабораторна робота № 12. Складання теплового балансу котельного агрегату.....	132
Лабораторна робота № 13. Пуск устаткування мазутонасосної станції	142
Лабораторна робота № 14. Аварійний режим котла.....	144
ЛІТЕРАТУРА	145

ВСТУП

Аналіз вимог підприємств до молодих спеціалістів-енергетиків показав необхідність підсилення практичної і, зокрема, операторської підготовки випускників. Для розв'язання цієї задачі ВНТУ та Ладижинською ТЕС створена комп'ютерна технологія безперервного навчання у ВУЗі та на підприємстві «Енергетик» («КТН-Е»). Об'єктами вивчення «КТН-Е» є котли, турбіни, електрогенератори, насоси, компресори, двигуни внутрішнього згорання, підігрівачі, конденсатори, випарники, випарні установки, устаткування хімоводоочищення, водосховища, теплові мережі, гідравлічні турбіни. «КТН-Е» призначена для вивчення цього устаткування на теоретичних, практичних, лабораторних заняттях та для контролю знань. Суть практичних і лабораторних робіт, які виконуються за допомогою «КТН-Е», полягає у тому, щоб спроектувати агрегат, ввести параметри спроектованого агрегата до тренажера і на тренажері навчитися керувати цим агрегатом.

Практичні заняття відбуваються з підсистемами САПР. Лабораторні заняття виконуються на комп'ютерних тренажерах. Лабораторні і практичні заняття проводяться, здебільшого, в ігровій формі.

Контроль знань виконується за допомогою тестування та автоматично – при виконанні практичних та лабораторних робіт. «КТН-Е» має апаратну та програмну частини. Апаратна частина складається з ПЕОМ та створеної у ВНТУ панелі сенсорного введення інформації до ПЕОМ, яка встановлюється на дисплеї замість захисного скла.

Панель призначена для наближення керування тренажерами до реального керування агрегатами. Панель дозволяє імітувати натискання на кнопки та повертання ключів операторами агрегатів дотиком до відповідних зображень на екрані комп'ютерного тренажера і тим самим дозволяє позбутися клавіатури ПЕОМ та «миші», яких немає на щитах керування агрегатами. Програмна частина забезпечує функціонування, як цілого ПЕОМ, сенсорної панелі, навчальних програм і комп'ютерних тренажерів.

«КТН-Е» складається з розділів: введення; технічний мінімум знань; ТЕС. В першому та другому розділах розташовані тести вхідного контролю здібностей, психофізичного стану та знань того, кого навчаємо.

Контроль виконується за розробленими тестами з 15 дисциплін, які містять, приблизно, 2700 запитань і 10000 можливих відповідей.

Розділ «ТЕС» складається з підрозділів: котлотурбінний цех; електроцех; цех хімоводоочищення; ремонтний цех; цех вимірювань та автоматики; цех налагодження; гідротехнічний цех; цех теплопостачання; паливно-транспортний цех; конструкторська група.

Розділ «Котлотурбінний цех» (КТЦ) має підрозділи: організація роботи цеху та посадові інструкції; характеристики устаткування цеха; котли; турбіни; підігрівники; конденсатори; режими експлуатації устаткування.

Розділи з устаткування КТЦ містять підрозділи «Проектування» та «Експлуатація».

В розділі «Проектування» наведені програми проектних розрахунків устаткування. Ці програми сумісні з аналогічними програмами, які використовуються в енергомашинобудуванні.

В розділі «Експлуатація» наведені інструкції з експлуатації та тренажери. Тренажери виконані двох типів: ситуаційні та дослідницькі. Ситуаційний тренажер являє собою виведені на екран ПЕОМ технологічні схеми агрегатів із зображеннями органів керування в положеннях «ввімкнено-вимкнено». «Учень» повинен, у передбаченій інструкцією з експлуатації агрегата послідовності, вибирати курсором необхідні зображення органів керування та фіксувати їх. Керування супроводжується рухомими зображеннями теплоносіїв для висвітлення внутрішніх процесів в прототипі тренажера. Дії учня за тренажером оцінюються викладачем або автоматично. Дослідницькі тренажери дозволяють відповісти на запитання «А що буде, коли...?» та призначені для підвищення професійної майстерності того, кого навчаємо.

На дослідницькому тренажері енергоблока виконуються етапи пуску блока з холодного стану: опробування дистанційного керування арматурою блока; включення конденсаційної установки та набирання вакууму; включення підігрівників живильної води низького тиску; включення живильної установки; збирання схеми пароводяного тракту котла; збирання схеми газоповітряного тракту котла; промивання котла; розпал котла та прогрівання паропроводів; пуск установки рециркуляції димових газів; поштовх турбіни і початкове навантаження блока; пуск пилосистеми; пуск системи гідрозоловидалення; навантаження блока до номінальної потужності; включення до роботи підігрівачів високого тиску (ПВТ).

В розділі «Хімцех» подані такі матеріали: в підрозділі «Теоретичні заняття» здійснено опис устаткування цеху та інструкції з його експлуатації; в підрозділі «Практичні заняття» розміщені програми розрахунків насосних агрегатів та програми технологічних розрахунків фільтрів; в підрозділі «Лабораторні заняття» знаходяться тренажери з навчання обслуговування насосних агрегатів та фільтрів. Тренажери з насосів призначені для здобуття навиків прийняття рішень в аварійних ситуаціях. Тренажери з фільтрів призначені для навчання ведення експлуатаційних режимів.

В розділі «Електроцех» подано такі матеріали: в підрозділі «Теоретичні заняття» знаходяться описи устаткування та інструкції з його експлуатації; в підрозділі «Практичні заняття» знаходиться програма конструкторського розрахунку електрогенератора. В підрозділі «Лабораторні заняття» розміщено комп'ютерний тренажер з експлуатації електрогенератора.

В розділі «Гідроцех» подано такі матеріали: в підрозділі «Теоретичні заняття» знаходиться опис водосховища; в підрозділі «Практичні заняття»

знаходиться програма розрахунку турбін малої ГЕС; в підрозділі «Лабораторні заняття» знаходиться програма гідрологічного та теплового розрахунків водосховища.

В розділі «Конструкторська група» подано такі матеріали: підрозділ «Інформаційно-довідкова система» містить стандартні зображення елементів схем та самі схеми агрегатів, програми розрахунків параметрів теплоносіїв. Підрозділ «Математичні методи» містить програми розв'язання систем диференціальних та алгебраїчних рівнянь, програми апроксимації, регресійного аналізу та інші. В підрозділі «САПР» подано опис пакетів «АВТОКАД» та інших засобів САПР.

В розділі «Цех тепlopостачання» знаходяться: програма розрахунків теплових схем котелень, програма розрахунків котлів ДКВР, програма теплового і гідравлічного розрахунку теплових мереж, програми для визначення діаметрів сопел і шайб у споживачів, дослідницький тренажер з експлуатації котла ДКВР.

Комп'ютерна технологія навчання «Енергетик» супроводжує навчальний процес на 1, 2, 3, 4, 5 курсах та використовується для підготовки персоналу Ладижинської ТЕС. Елементи «КТН-Е» застосовуються на турбінному та котельнобудівному заводах.

При застосуванні «КТН-Е» в навчальному процесі є доцільним врахувати гендерний фактор. Гендер – це змодельована суспільством та підтримувана соціальними інститутами система цінностей, норм і характеристик чоловічої та жіночої поведінки, стилю життя та способу мислення, ролей та відносин жінок і чоловіків, набутих ними, як особистостями, в процесі соціалізації. Студенти-енергетики вивчають дисципліни з робочої професії та експлуатації теплових електростанцій (ТЕС). До складу ТЕС входять котлотурбінний та хімводоочисний цехи або відділення. Оператори котлотурбінного цеху (КТЦ) працюють в умовах високого нервового напруження через важкі наслідки можливих помилок, шуму та вібрації фундаменту турбін, підвищених концентрацій пари мастил та продуктів згоряння палив, електромагнітного випромінювання електрогенераторів. Від операторів потрібні значні фізичні зусилля при відмовах електроприводів арматури та при ліквідації пошкоджень та аварій. Через ускладнені умови роботи серед операторів КТЦ практично немає жінок. В цеху хімводоочищення вода з водосховища прокачується насосними агрегатами через фільтри і збирається в баки знесоленої води. Навантаження на операторів цього цеху є відносно невисокими, тому, в більшості, персонал є жіночим. Тому на початку занять студенти за власним бажанням вибирають до виконання одну з двох груп лабораторних робіт.

1. Всі роботи з експлуатації котла та одну роботу з експлуатації хімводоочищення.

2. Всі роботи з експлуатації хімводоочищення і без робіт з експлуатації котла.

Комп'ютерна технологія навчання створена в науково-дослідній лабораторії ВНТУ «АСУ-Е» під керівництвом акад. Б. І. Мокіна і д. т. н. С. В. Юхимчука та в навчально-тренувальному центрі підготовки персоналу Ладжинської ТЕС, очолюваному І. М. Юношевим та Ф. П. Коханчуком. Крім авторів посібника, в розробці «КТН-Е» брали участь інженери Т. О. Старічек, М. В. Пушкар, В. А. Каплун, А. А. Ободнік, В. В. Студинський, Л. П. Євтушек, Т. Ф. Кропив'янська.

Правила техніки безпеки

Вивчення правил техніки безпеки відбувається за допомогою програми-тренажера. Контроль набутих знань з правил техніки безпеки відбувається тестуванням. Меню вибору режиму вивчення правил техніки безпеки, меню вибору теми вивчення правил техніки безпеки, приклади тестових запитань з правил техніки безпеки наведені на рисунках 1, 2, 3. Результати тестування у вигляді оцінок «задовільно» та «незадовільно» виводяться на екран комп'ютера (рис. 4).

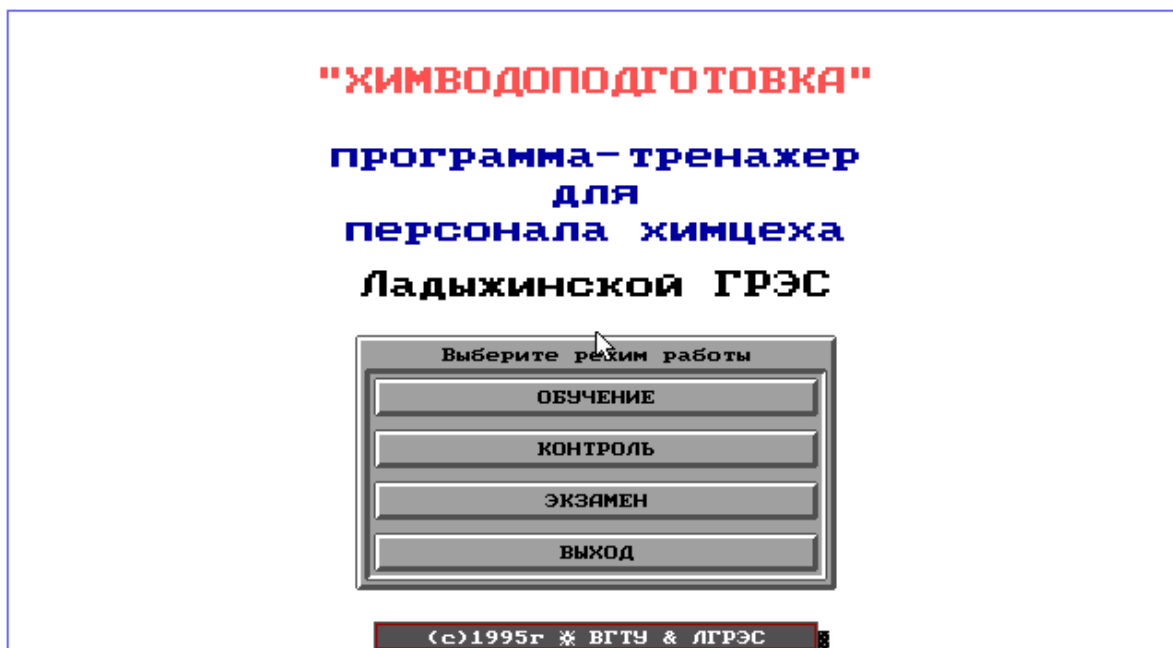


Рисунок 1 – Меню вибору режиму вивчення правил техніки безпеки

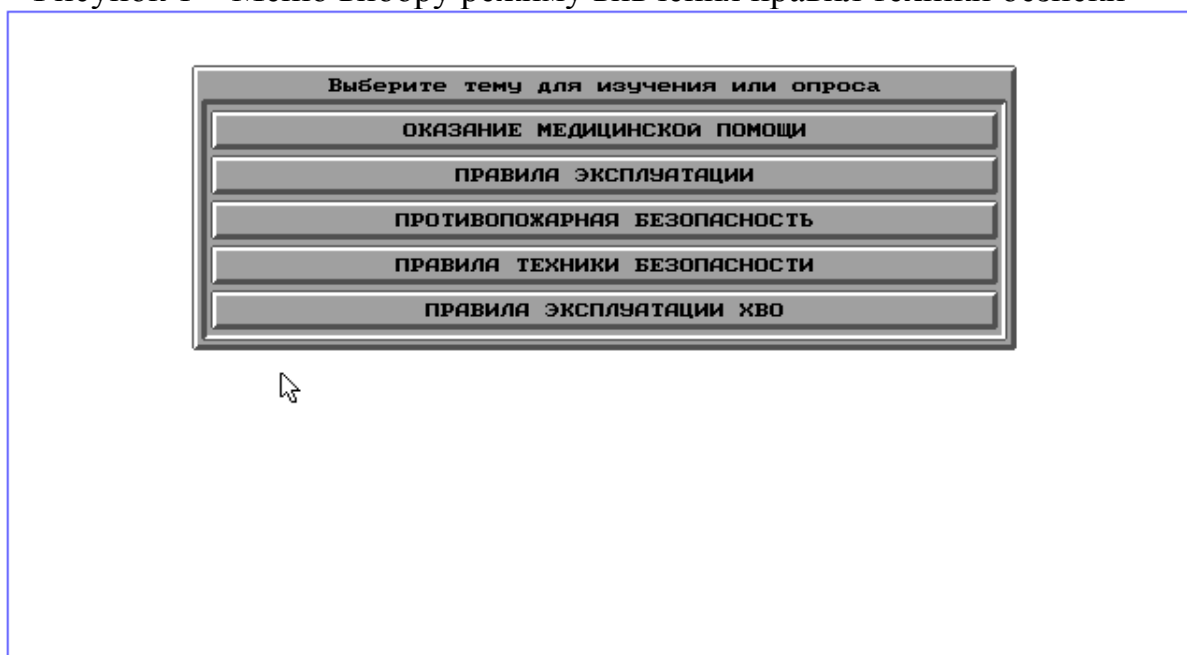
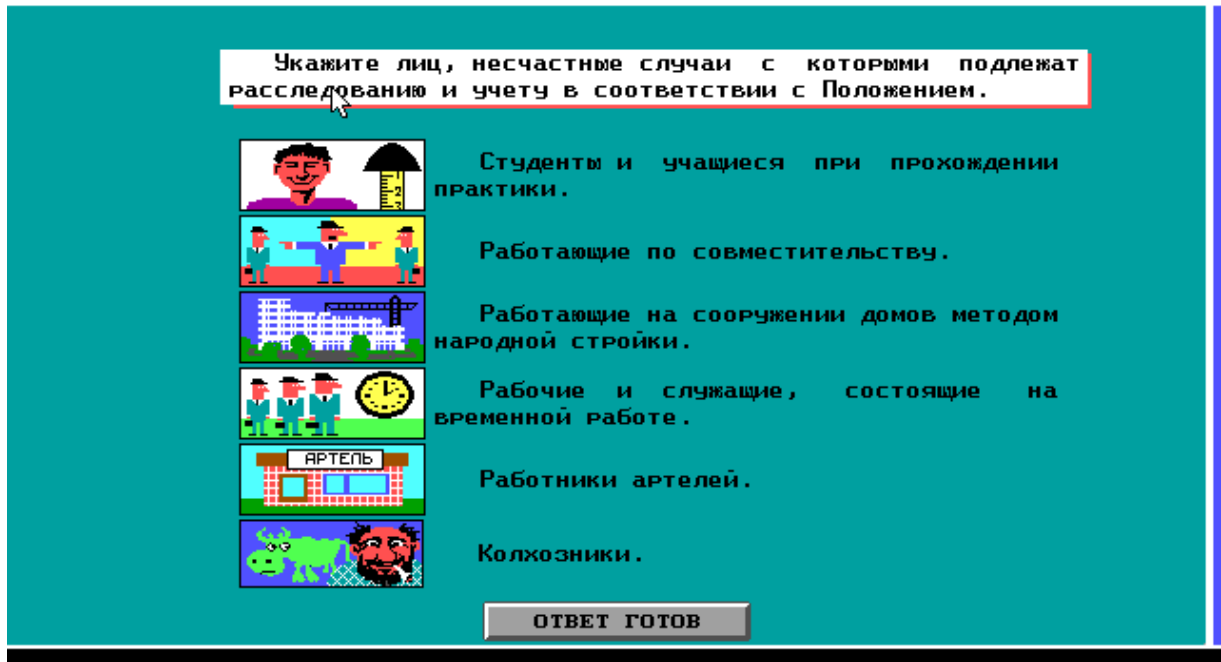


Рисунок 2 – Меню вибору теми вивчення правил техніки безпеки

а)



б)

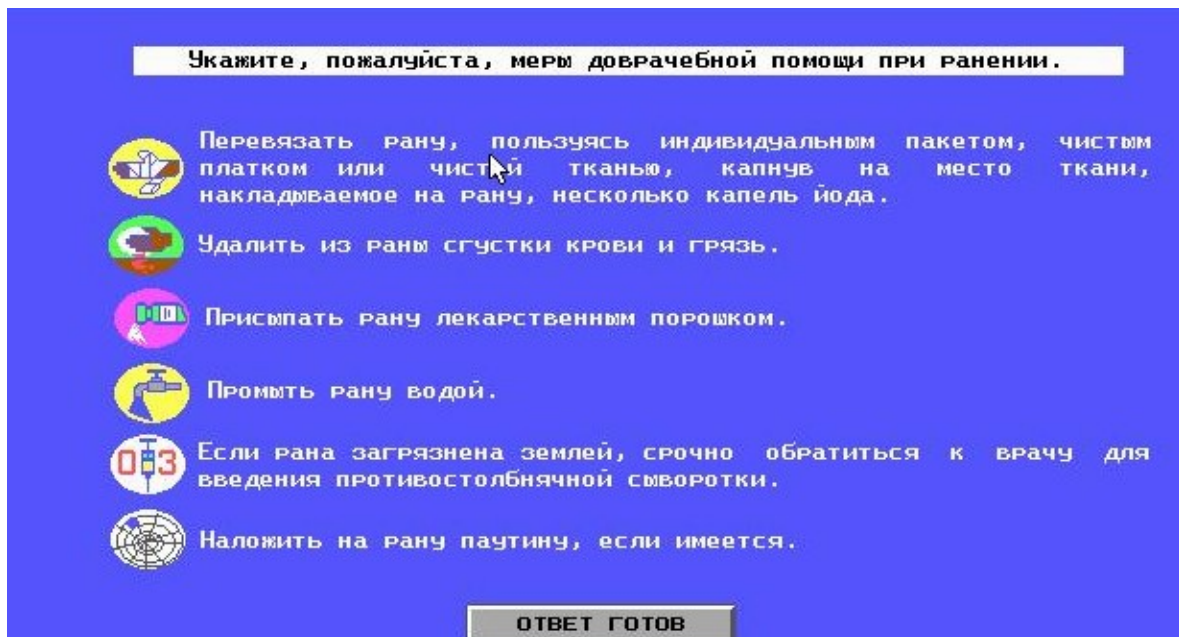


Рисунок 3 – Приклады тестових запитань з правил техніки безпеки

В)

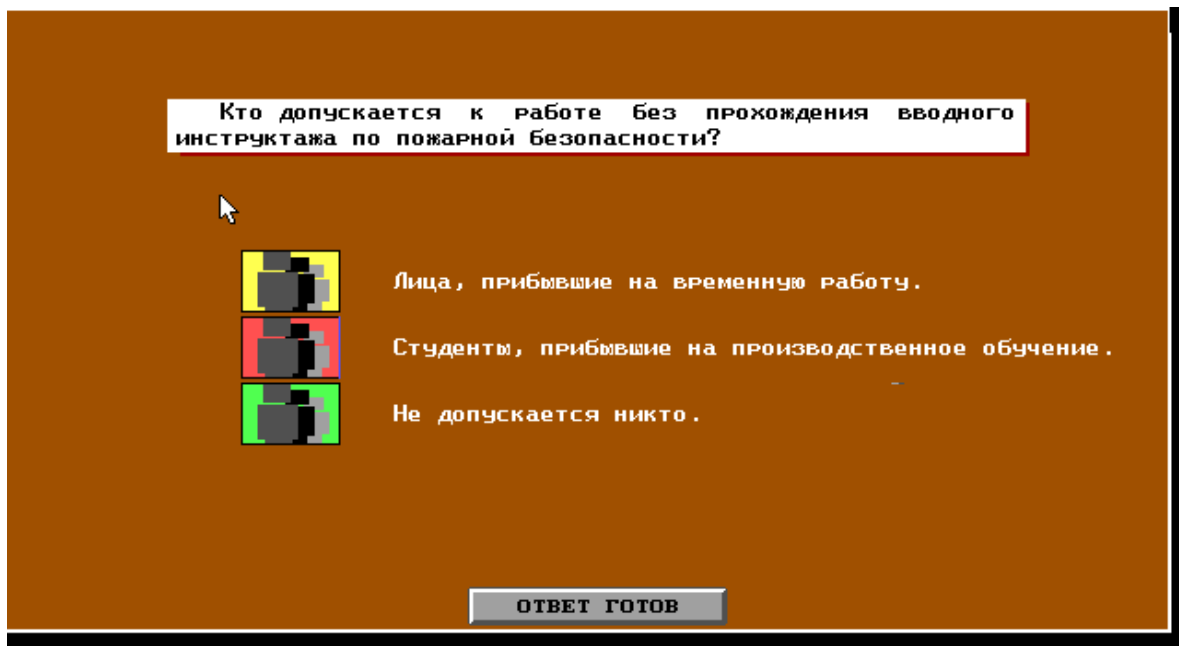


Рисунок 3, аркуш 2

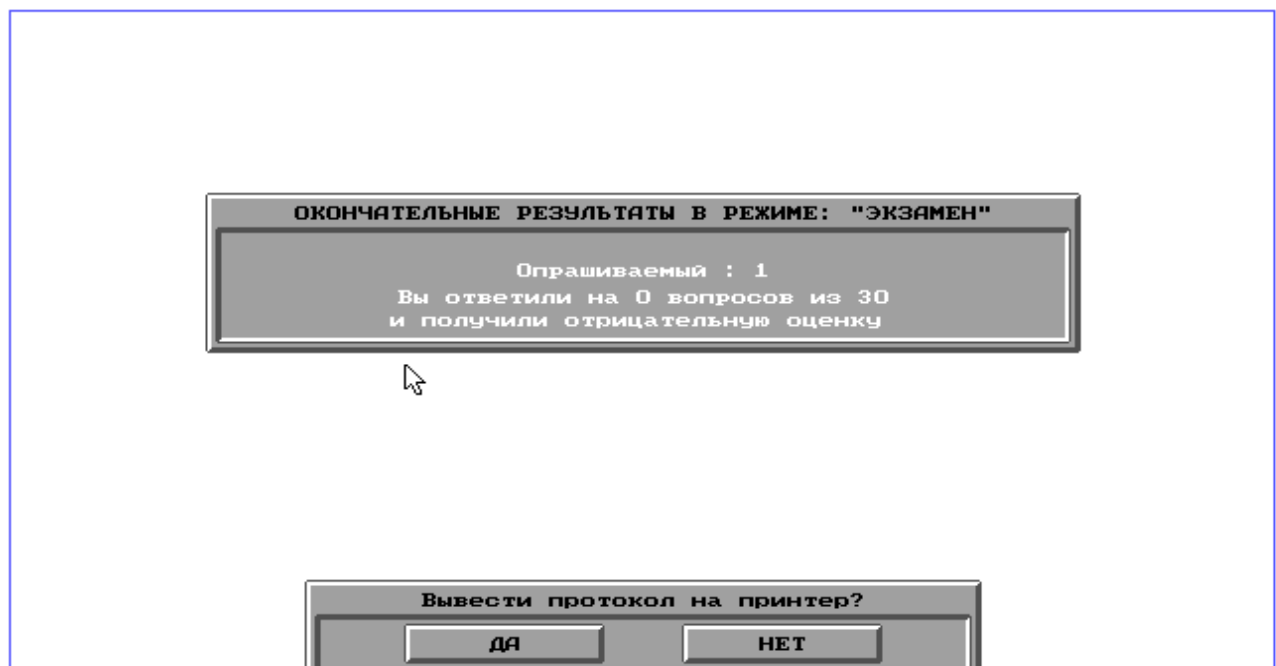


Рисунок 4 – Экран вывода оцінки тестування

РОЗДІЛ 1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ХІМВОДООЧИЩЕННЯ

1.1 Теоретичні відомості

1.1.1 Очищення води на механічних фільтрах

1.1.1.2 Фізична модель роботи механічного фільтра

Стійкому накопиченню суспензії усередині фільтруючого шару шляхом перекриття його внутрішніх каналів передує перш за все взаємодія частинок уловлюваної суспензії з поверхнею зерен фільтрівного матеріалу. Природа такої взаємодії аналогічна природі взаємодії двох колоїдних частинок. Енергія загальної взаємодії складається з електричної і ван-дер-ваальсової складових. Проте для механічного фільтрування важливу роль виконує значення енергетичного бар'єра, що виникає між частинкою уловлюваної суспензії і поверхнею зерна фільтрівного матеріалу.

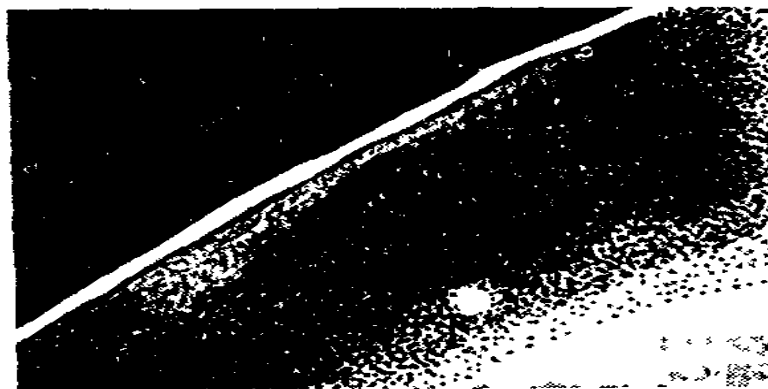


Рисунок 1.1 – Світлина взаємодії суспензій з фільтрівним матеріалом

При проходженні частинки суспензії усередині фільтрувального шару траєкторія її відхиляється від ліній потоку рідини в результаті дії діючих вандерваальсових сил (рис. 1.1). Таке відхилення супроводжується втратою швидкості руху частинкою суспензії, оскільки з наближенням до меж порового каналу шару швидкість перебігу рідини зменшується і на границі рівна нулю. Якщо між частинкою суспензії і поверхнею фільтрівного матеріалу унаслідок однакових знаків електричних зарядів їх поверхонь існує енергетичний бар'єр, то рух частинки до поверхні закінчується в тому місці простору, яке відповідає нульовій енергії взаємодії. Очевидно, чим більший енергетичний бар'єр, тим далі від поверхні припиняється переміщення до неї частинки суспензії, і тим більше в цьому місці простору швидкість рідини. Під дією останньої, частинка суспензії, огинаючи по лінії потоку зерно фільтрівного матеріалу, йде в застійну зону туди, де швидкість руху рідини практично рівна нулю. Зазвичай для

кожного зерна це області, що примикають до точок контакту між зернами. Тому чим більше енергетичний бар'єр, тим швидше частинка потрапляє в застійну зону і, начеб то прилипнувши до поверхні зерна фільтрівного матеріалу, залишається на ній.

При дуже повільному русі частинок суспензії в застійну зону до неї з глибини каналу може підійти інша частинка, здатна взаємодіяти вже не тільки з поверхнею зерна фільтрівного матеріалу, але і з першою частинкою. В результаті подібної взаємодії багатьох частинок на стінці порового каналу фільтрувального шару утворюватиметься конгломерат частинок суспензії, в якому всі частинки, злипнувшись, об'єднані в єдине ціле, хоча і знаходяться одна від одної на деякій відстані. Роз'єднанню частинок в такому конгломераті перешкоджають діючі між ними вандерваальсові сили, а щільнішому злипанню – електричні сили.

Із зростанням налипаючих до зерна фільтрівного матеріалу конгломератів, збільшується дія на них потоку рідини. Оскільки збільшення конгломератів відбувається деякими порціями, рівними розміру частинки, що долучилася, залежність сили дії від розміру описується ламаною лінією. Таким чином, при деякому розмірі конгломерату приєднання до нього нової частинки приводить до зриву його з поверхні зерна фільтрівного матеріалу. Такий зрив відбувається не тільки при повільному русі конгломерату поблизу поверхні порового каналу, але і при знаходженні його в застійній зоні, де швидкість руху рідини хоча і дуже невелика, проте відмінна від нуля.

З самого початку механічного фільтрування процес прилипання (адгезії) частинок суспензії починається з лобового шару зерен фільтрівного матеріалу і розповсюджується вглиб фільтрувального шару. Оскільки прилипання неминуче веде до зменшення концентрації твердої фази в рухомій рідині, можна уявити собі деяку висоту шару фільтрівного матеріалу, нижче якої концентрація твердої фази, зваженої в рухомій рідині, практично рівна нулю. Цю висоту шару прийнято називати мінімальною висотою фільтрувального шару. Розподіл концентрації твердої фази, зваженої в рухомій рідині, уздовж висоти фільтрувального шару (фронт фільтрування) в початковий момент фільтрування показано на рис. 1.2 (крива 1).

Конгломерати, що з часом накопичилися на поверхні зерен лобового шару, починають зриватися і проникати в глибші шари фільтрівного матеріалу. На їх місце відкладаються нові частинки, з яких ростуть нові конгломерати. Якщо концентрація частинок у фільтрованій воді велика, то процеси відкладення і зриву відбуваються одночасно, а концентрація твердої фази, зваженої в рухомій по лобових порах шару рідині, зростає і стає рівною концентрації їх в початковій воді (C_0) (рис. 1.2, крива 2). З цієї миті, що відповідає кінцю стадії формування фронту фільтрування, по порових каналах шару фільтрівного матеріалу починають рухатися конгломерати частинок, з яких кожен є не що інше, як результат

локального підвищення концентрації частинок початкової суспензії. Маючи великий розмір, в порівнянні з початковими частинками, конгломерати, групуючись, здатні брати участь в процесі перекриття порових каналів в середині фільтрувального шару шляхом утворення «склепіння».

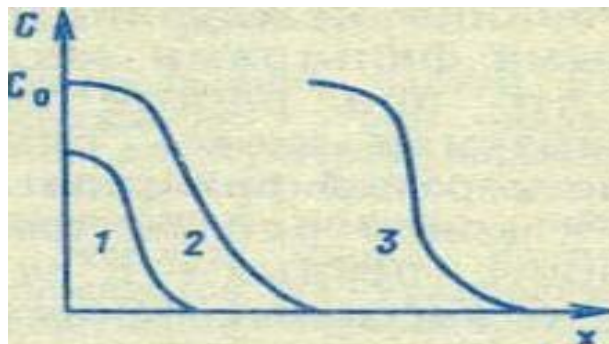


Рисунок 1.2 – Розподіл концентрації суспензії в шарі фільтрувального матеріалу:

1 – концентраційний фронт в процесі його формування; 2 – сформований концентраційний фронт; 3 – концентраційний фронт, що паралельно переміщується

Конгломерати, що зриваються, на відміну від початкових частинок мають велику масу. Тому при русі по звивистих порових каналах фільтрувального шару вони під дією інерційних сил можуть відхилитися від ліній потоку рідини. Ударяючись в поверхню зерен в місцях викривлення порових каналів, конгломерати руйнуються, оскільки є неміцними утвореннями на зразок пластівчастого осаду, частинки в якому нещільно прилягають одна до одної. Частинки первинних розмірів, що утворилися, проникають ще глибше в шар фільтрувального матеріалу і, знов, прилипаючи до поверхні зерен фільтрувального шару, починають утворювати конгломерати. Цей процес відповідає переміщенню вглиб зони насичення фільтрувального шару (рис. 1.2, крива 3). Отже, в процесі фільтрування можна виділити три основні стадії: первинний розподіл концентрації уловлюваної речовини уздовж шару фільтрувального матеріалу (утворення фронту фільтрування), насичення лобових шарів фільтрувального матеріалу уловлюваною речовиною (формування фронту фільтрування) і, нарешті, переміщення зони насичення всередину (переміщення фронту фільтрування по шару фільтрувального матеріалу).

До моменту початку переміщення фронту фільтрування фільтруючий шар вже не можна розглядати геометрично однорідним. У верхній його частині утворилися «склепіння», частина каналів перекрита, а пористість стала помітно нижчою початкової. У такому шарі, внаслідок наявності закупорених каналів, з'являється можливість утворення занадто об'ємних конгломератів, що вже не зриваються з поверхні, а заповнюють пори фільтрувального шару над утвореними «склепіннями». Через невелике

число перекритих каналів до моменту початку руху фронту фільтрування процес накопичення уловлюваних частинок у верхньому шарі осаду протікає поволі, проте, почавшись, він неодмінно повинен привести до того, що основна частина затримуваної твердої фази концентруватиметься у верхньому шарі фільтрівного матеріалу. Як показує досвід, ця величина звичайно складає 0,3–0,5 м.

Оскільки в реальних умовах очищення природної води від механічних домішок (концентрація останніх значна), процес переміщення фронту фільтрування практично починається одразу ж після початку фільтрування. В цьому випадку на якості фільтрату позначиться мінімальна висота фільтрувального шару. Дійсно, якщо висота фільтрівного завантаження буде рівна або менша мінімальній висоті фільтрувального шару, у фільтраті в перший же момент з'явиться деяка концентрація уловлюваної речовини. Поява такої концентрації одержала назву проскакування, а величину її називають проскакуваною концентрацією. Відповідно до кривої 2 (рис. 1.2) із зменшенням проскакуваної концентрації зменшується відповідна їй мінімальна висота фільтрувального шару. Для даної проскакуваної концентрації мінімальна висота фільтрувального шару визначається швидкістю фільтрування, при збільшенні якої вона збільшується, діаметром порового каналу або середнім діаметром зерен фільтрувального шару, із зменшенням якого мінімальна висота знижується і в межі при діаметрі каналу, меншому діаметру частинок в початковій суспензії, стає рівною нулю (тільки поверхневе фільтрування), значенням енергетичного бар'єра, що виникає при взаємодії частинок суспензії з поверхнею зерен фільтрівного матеріалу, із зменшенням якого мінімальна висота знижується і стає мінімальною для даного розміру частинок суспензії і порового каналу шару, коли електрична складова взаємодії направлена в ту ж сторону, що і вандерваальсова (обидві поверхні різнозаряджені – бар'єра немає).

Викладений вище механізм фільтрування вперше у загальних рисах був сформульований Д. М. Мінцем у середині сорокових років і відомий як концепція «відкладення – зрив».

У реальних умовах роботи механічних фільтрів, діаметр зерен фільтрівного завантаження яких складає приблизно 0,5 мм і більше (грубозернисті завантаження), висота фільтрувального шару близька до мінімальної висоти фільтрувального шару, хоча висота шару у фільтрах складає іноді близько 2 м. Ці фільтри одержали назву насипних фільтрів. Таким чином, більшість фільтрів постійно працює в умовах проскакування або близьких до проскакування, причому проскакувана концентрація у відносних одиницях ($\varphi = C/C_0$) іноді досягає 0,5–0,6. За таких умов роботи фільтра масовий зрив конгломератів з поверхні зерен, розташованих у середині або внизу фільтрівного завантаження, приводить до періодичного збільшення концентрації суспензії у фільтраті. Це явище на практиці одержало назву самоочищення механічного фільтра.

При зменшенні діаметра порових каналів (діаметра зерен фільтрівного завантаження) можна створити умови чисто поверхневого фільтрування. В цьому випадку не потребується високих шарів фільтрівного матеріалу. Тонкошарові фільтри з дрібнозернистим фільтрувальним шаром ($d_{cp} \sim 0,05$ мм) називають наливними фільтрами. Оскільки реальні суспензії мають певний спектр дисперсності, нижня межа якого завжди менша середнього діаметра порових каналів завантаження наливних фільтрів, розглянутий вище механізм має місце і при роботі наливних фільтрів. Різниця між наливними і насипними фільтрами полягає у тому, що при роботі останніх затримувана суспензія накопичується вище за верхню межу завантаження тільки до кінця роботи фільтра, а при роботі перших – із самого початку, тобто насипні фільтри працюють в основному в режимі об'ємного фільтрування, поступово переходячи в поверхневе, а наливні працюють, головним чином, в режимі поверхневого фільтрування, що супроводжується об'ємним.

1.1.1.2 Очищення води на насипних механічних фільтрах

Експлуатація механічного фільтра складається з операцій по підготовці фільтра до роботи і очищення води, що подається на нього. Унаслідок відмінності за конструкцією і способом застосування фільтрівних матеріалів слід розглянути окремо режим роботи фільтрів насипного та наливного типів.

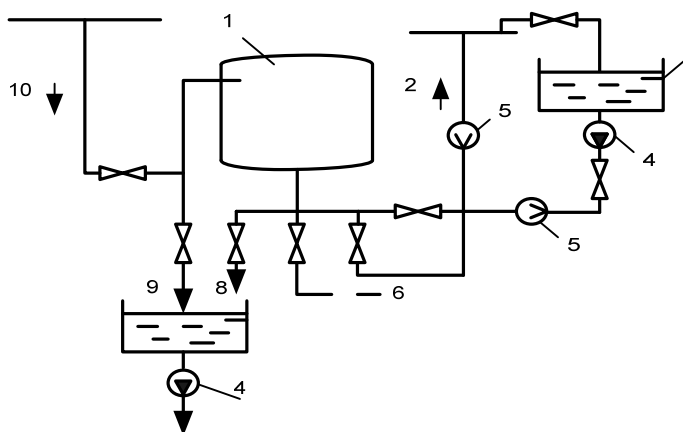


Рисунок 1.3 – Принципова схема освітлювального фільтра насипного типу:

1 – освітлювальний фільтр; 2 – фільтрат; 3 – бак промивальної води; 4 – насос; 5 – витратомір; 6 – стисле повітря; 7 – бак повторного використання промивальної води; 8 – спуск перших порцій фільтрату; 9 – скидання промивальної води; 10 – оброблювана вода

Підготовка до роботи освітлювального фільтра насипного типу (рис. 1.3) полягає в промиванні шару фільтрівного завантаження від затриманих забруднень. Для якісного відмивання необхідно, щоб зерна фільтрівного матеріалу знаходилися в завислому стані. При цьому

необхідно створити такі умови, при яких зерна фільтрівного матеріалу стикалися б між собою і відбувалося б повне відтирання з їх поверхні налиплих забруднень. Промивку фільтрівного матеріалу здійснюють висхідним потоком води, яку подають у фільтр через нижній дренажно-розподільний пристрій. Необхідною умовою промивки є розширення об'єму шару фільтрівного матеріалу на 40–50 %, дозволяючи зернам фільтрівного матеріалу вільно переміщатися в потоці води.

Відриваючись з поверхні фільтрівних зерен, частинки забруднень і частинки фільтрівного матеріалу, що подрібнилися, разом з висхідним потоком води відводяться з фільтра через верхній дренажно-розподільний пристрій. Необхідне розширення фільтрувального шару досягається при відповідній швидкості потоку води, яка характеризується інтенсивністю промивки, тобто витратою води в літрах за 1 секунду через 1 м² площі поперечного перерізу фільтра.

Інтенсивність промивки залежить від роду фільтрівного матеріалу, діаметра його зерен і температури промивальної води. Так, для кварцового піску інтенсивність промивки складає 15–18, для роздрібненого антрациту 10–12 л/(м²·с). Інтенсивність промивки контролюють за годинною витратою промивальної води. Час, необхідний для промивки фільтра, складає 6–10 хв. Якість промивки контролюють, аналізуючи проби води, що виходить з фільтра, на каламутність. При цьому необхідно контролювати вміст в пробах води великих частинок фільтрівного матеріалу, які характеризують наявність винесення фільтрівного матеріалу з фільтра. При виявленні винесення слід зменшити інтенсивність промивки.

Для промивки фільтра використовують освітлену воду, яку наперед накопичують в спеціальному баку і подають на фільтр насосами. Напір, створюваний насосами, повинен бути розрахований так, щоб подолати опір, створюваний трубопроводами, шаром фільтрівного завантаження і шаром води у фільтрі. Для економії освітленої води рекомендується повторно використовувати промивальну воду. Для цього промивальну воду, що виходить з фільтра, збирають в бак, з якого за допомогою насоса рівномірно подають (разом з осадом) протягом доби в трубопровід початкової води перед освітлювачем, а при вапнуванні – в нижню частину освітлювача.

Для підвищення якості промивки у фільтр через нижній дренажно-розподільний пристрій подають стисле повітря з витратою 20 л/(м²·с). Фільтрувальний шар обробляють стислим повітрям протягом 3–5 хв до подачі у фільтр промивальної води.

Після закінчення промивки перший каламутний фільтрат скидають або в дренаж, або в бак повторного використання промивальної води. Після промивки фільтр включають в роботу.

Під час роботи фільтра вода подається через верхній дренажно-розподільний пристрій на шар фільтрівного матеріалу, проходить його, і за допомогою нижнього дренажно-розподільного пристрою збирається і

відводиться з фільтра в загальний колектор освітленої води. Швидкість фільтрування при цьому складає 10 м/год для схем з освітлювачами і 5 м/год для схем без освітлювачів. Під час роботи фільтра необхідно підтримувати постійною швидкість фільтрування, контролювати перепад тиску на шарі фільтрівного матеріалу, відбирати проби початкової води і фільтрату для визначення каламутності. При зниженні прозорості фільтрату, а також досягнувши максимально допустимого перепаду тиску на шарі фільтрівного матеріалу, фільтр відключають на промивку.

У освітлювальних фільтрах насипного типу, призначених для очищення конденсату турбін від продуктів корозії, застосовують сополімер стиролу і дивінілбензолу. Фільтрування проводять при швидкості до 100 м/год і температурі оброблюваного конденсату до 333 К. Контроль якості процесу фільтрування сополімером здійснюють за концентрацією продуктів корозії у фільтраті і перепадом тиску на шарі фільтрівного матеріалу. Фільтроцикл вважається закінченим якщо він досягнув заданого перепаду тиску на фільтрувальному шарі.

Під час роботи фільтра забороняється розпушувати фільтрівний матеріал, щоб уникнути перемішування зерен сополімера. Відключення фільтра проводять так, щоб не викликати розпушування і перемішування фільтрувального шару. Після відключення проводять дренажування фільтра. Рівень води у фільтрі встановлюють на 200 мм нижче за верхню межу фільтрівного матеріалу, після чого проводять вивантаження з фільтра частини фільтрувального шару завтовшки 200 мм і потім проводять довантаження у фільтр свіжого фільтрівного матеріалу. Після закінчення довантаження проводять відмивання фільтрівного матеріалу конденсатом або знесоленою водою зі швидкістю 60–80 м/год до тих пір, поки фільтрат за якістю стане відповідати конденсату, обробленому на механічному фільтрі. Після відмивання фільтр включають в роботу.

1.1.1.3 Очищення води на наливних механічних фільтрах

Робота фільтра наливного типу (рис. 1.4) складається з операцій по наливанню фільтрувального шару, фільтруванню, змиву відпрацьованого фільтрувального шару. Для наливання в спеціальному баку на воді або конденсаті готують пульпу порошкоподібного фільтрівного матеріалу (перлит, діатоміт, суміш порошкоподібних іонообмінних смол) концентрацією приблизно 3 г/кг. Приготовану пульпу наливують циркуляційними насосами на фільтрувальні патрони фільтра, при цьому швидкість пропуску пульпи через фільтр складає 0,4–0,6 м/год. Наливання продовжують до повного освітлювання води, що повертається з фільтра в бак для приготування пульпи. Витрата порошкоподібного фільтрівного матеріалу складає приблизно 0,4 кг/м². До включення фільтра в роботу для запобігання можливості мимовільного сповзання фільтрувального шару з фільтрувальних елементів через фільтр продовжують прокачування

конденсату або води по замкненому контуру при швидкості, рівній швидкості при наміванні.

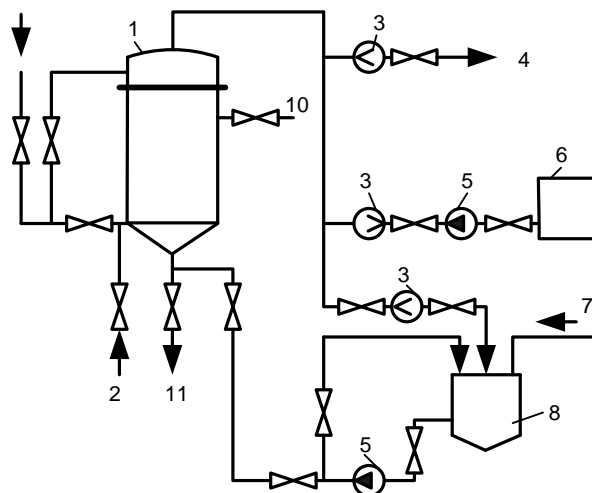


Рисунок 1.4 – Принципова схема освітлювального фільтра намівного типу:

1 – намівний фільтр; 2 – стисле повітря; 3 – витратомір; 4 – фільтрат; 5 – насос; 6 – бак промивальної води; 7 – конденсат; 8 – бак для приготування пульпи фільтрівного матеріалу; 9 – оброблюваний конденсат; 10 – повітряник; 11 – дренаж

Очищення води на намівному фільтрі проводять при швидкості фільтрування до 5–10 м/год. Під час роботи фільтра контролюють перепад тиску на фільтрувальному шарі, а також концентрацію продуктів корозії у воді, що подається у фільтр, і у фільтраті. Для зменшення швидкості росту гідравлічного опору фільтрувального шару проводять безперервну подачу в оброблювану воду невеликої кількості фільтрівного матеріалу (підживлення). Фільтр відключають на промивку, досягнувши заданого перепаду тиску на фільтрувальному шарі або при зниженні навантаження приблизно на 50 % в порівнянні з навантаженням на свіжоамитому фільтрі.

Заміну фільтрувального шару проводять шляхом «шокової» регенерації, яка забезпечує якнайменший об'єм рідких відходів. З фільтра зливають воду до рівня нижче 100 мм від трубної дошки в нижній частині, після чого подають у фільтр стисле повітря до досягнення тиску не менше 0,6 МПа. Потім тиск повітря різко скидають (гідравлічний удар). Цю операцію повторюють 5–6 разів. Для кращого видалення частинок фільтрувального шару проводять барботаж стислого повітря в нижній частині фільтра з відведенням повітря через повітряник. Після цього скидають пульпу з фільтра через дренаж і промивають фільтрувальну поверхню водою, що подається з бака промивальної води. На очищену фільтрувальну поверхню намівають свіжий шар фільтрівного матеріалу і включають фільтр в роботу.

Для кращого очищення фільтрувальної поверхні від залишків продуктів корозії і частинок фільтрівного матеріалу після 30–40 фільтроциклів проводять хімічну регенерацію, яка полягає в періодичній обробці фільтрувальної поверхні розчинами шавлевої кислоти концентрацією 4 % і гідроксида натрію концентрацією 8 %.

1.1.2 Очищення води в іонітних фільтрах

1.1.2.1 Стадії роботи іонітного фільтра

Метод іонного обміну має широке застосування при очищенні води від розчинених домішок. Технологічно очищення води методом іонного обміну здійснюють шляхом фільтрування води через промислові фільтри, завантажені іонітами.

Для видалення з води катіонів застосовують катіоніти, що знаходяться в H^+ , Na^+ - або NH_4^+ -формі. Очищення води від аніонів проводять за допомогою аніонітів, що знаходяться в OH^- , HCO_3^- - або Cl^- -формі.

Процес очищення води на катіоніті називають катіонуванням. При H -катіонуванні відбувається обмін всіх катіонів, що знаходяться у воді, на катіон водню, що знаходиться в катіоніті. Якщо спочатку катіоніт знаходився повністю в H -формі, то всі катіони, присутні у воді, обмінявшись на іони водню, затримуються шаром катіоніту, а у фільтрат перейдуть іони водню, додавши йому кислу реакцію. При цьому кислотність фільтрату відповідатиме сумі концентрацій всіх катіонів, присутніх в початковій воді. Якщо в початковій воді присутні аніони HCO_3^- , то значення рН фільтрату обумовлюється концентрацією аніонів HCO_3^- і значенням першої константи дисоціації вугільної кислоти.

У практиці очищення води якість роботи H -катіонітного фільтра контролюють за кислотністю або концентрацією катіона Na^+ у фільтраті, оскільки завдяки найнижчій константі обміну ці іони рухатимуться по шару катіоніту попереду всіх, а їх максимальна концентрація буде рівна загальній концентрації катіонів в початковій воді. При наближенні концентраційного фронту катіонів Na^+ до нижніх шарів H -катіонітного фільтра вони з'являються у фільтраті і стадія роботи H -катіонітного фільтра на цьому закінчується. Фільтр відключають при появі катіонів Na^+ у фільтраті в заданій концентрації.

Якщо спочатку деяка частина катіоніту містила якусь кількість катіонів, що підлягають видаленню, то виділяючись в процесі очищення води з верхніх шарів катіоніту іони водню регенерують його нижні шари, унаслідок чого у фільтраті з самого початку часу роботи фільтра присутні катіони Na^+ , Ca^+ і Mg^+ . Далі концентрація цих катіонів у фільтраті знижується і потім знов зростає при підході відповідних концентраційних фронтів до нижніх шарів катіоніту. В цьому випадку рН фільтрату визначається кількістю катіонів водню, що спочатку знаходяться в

катіоніті, і часом роботи фільтра. При Na-катіонуванні відповідно до концентраційних констант обміну відбувається обмін іонів NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} і Ca^{2+} , що знаходяться у воді, на катіони Na^+ , що знаходяться в катіоніті. Таким чином, при Na-катіонуванні знижується один з основних технологічних показників – жорсткість.

Звичайно Na-катіонітні фільтри застосовують тільки для зниження жорсткості оброблюваної води. Якщо спочатку весь катіоніт знаходився в Na-формі, то протягом всього часу роботи фільтра катіони жорсткості у фільтраті відсутні. Поява їх у фільтраті буде викликана наближенням концентраційного фронту катіонів жорсткості до нижніх шарів катіоніта. Звичайно стадія роботи Na-катіонітного фільтра закінчується, досягши заданої концентрації іонів жорсткості у фільтраті.

В цьому випадку, якщо на початку стадії роботи завантаження Na-катіонітного фільтра частково містило катіони жорсткості, в процесі роботи фільтра катіони Na^+ , що виділяються з верхніх шарів, регенеруватимуть нижні шари катіоніта і приводитимуть до збагачення фільтрату катіонами кальцію і магнію. Цей процес протікатиме до тих пір, поки згідно з теорією динаміки іонного обміну в нерівноважних умовах кількість катіонів жорсткості не відповідатиме концентрації катіоніта іонів Na^+ , що виділяються з верхніх шарів. Саме тому в цьому випадку початкові порції фільтрату міститимуть деяку кількість катіонів жорсткості, яка потім зменшуватиметься, виходячи за межі аналітичного визначення. Концентрація катіонів жорсткості у фільтраті почне зростати тоді, коли концентраційний фронт іонів жорсткості наблизиться до нижніх шарів іоніту.

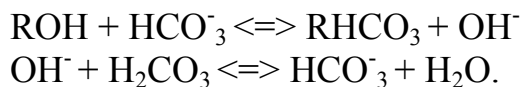
При амоній-катіонуванні з оброблюваної води віддаляються всі катіони, за винятком іонів Na^+ .

Процес очищення води на аніоніті носить назву аніонування. При аніонуванні відбувається обмін аніонів, що містяться у воді, на аніон, що знаходиться в аніоніті. Найчастіше для очищення води від аніонів застосовують аніоніт в OH-формі, при цьому в загальному випадку відбувається обмін всіх аніонів з оброблюваної води на аніон OH^- .

Розрізняють способи аніонування, що протікають на слабоосновних і сильноосновних аніонітах. Процес OH-аніонування на слабоосновних аніонітах є головним чином обміном аніонів сильних кислот. В деяких випадках при значних константах дисоціації аніоніту слабоосновні аніоніти можуть поглинати і такі аніони слабких кислот, як аніон HCO_3^- , при цьому більша частина гідроксиду знаходиться в дифузному шарі і здатна до обміну, а інші хімічно пов'язані з фіксованим іоном і не беруть участь в обміні.

Звичайно в схемах очищення води фільтр, завантажений слабоосновним аніонітом в OH-формі, розташовують після фільтра, завантаженого катіонітом в H-формі. При цьому на фільтр надходить кисла вода, рівновага дисоціації слабоосновного аніоніту переміщується в бік

утворення діссоційованих протиіонів. В цьому випадку рН фільтрату звичайно відповідає значенню, що відповідає концентрації довільної суміші бікарбонат іонів і вуглекислоти:



При підвищенні рН у воді, яка подається у фільтр, що пов'язано з проскакуванням іонів натрію на катіонітному фільтрі, припиняється дисоціація аніоніту, а отже, і здатність його до іонного обміну. Через це значення рН знижується, в ньому зростає концентрація аніонів вуглекислоти.

Процес ОН-аніонування на сильноосновному аніоніті є обміном всіх іонів, що містяться в оброблюваній воді, на іон ОН⁻, що знаходиться в аніоніті. Звичайно фільтр, завантажений сильноосновним аніонітом в ОН-формі, розташовують також після Н-катіонітного фільтра. Таке розташування викликане не тільки бажанням змістити рівновагу дисоціації в потрібну сторону, але і вимогою не допустити в процесі роботи випадання всередині і на поверхні зерен аніоніту частинок гідроксиду магнію, які могли з'явитися у фільтраті Н-катіонітного фільтра, якщо його завантаження первинне не повністю відрегеновано.

1.1.2.2 Технологічні схеми очищення води у фільтрах роздільної дії

Заповнення втрат води в контурі ТЕС здійснюють хімічно знесоленою водою, хімічно очищеною водою або дистиллятом випарників. Вибір схеми хімводоочищення проводять залежно від типу електростанції, типу і тиску котлів, способу регулювання температури перегрітої пари, якості початкової води. Очищення додаткової води для котлів в більшості випадків здійснюють за комбінованою схемою, що складається з двох фаз обробки – початкового очищення і іонного обміну. Вибір схеми очищення конденсату проводять залежно від норм якості живильної води котлів. Вибір схеми очищення живильної води тепломережі проводять з урахуванням типу теплової мережі – з відкритим або із закритим водорозбором. В наш час застосовують два типи схем підготовки додаткової води: паралельну – для однофункціональних іонітних фільтрів і блокову – для різнофункціональних іонітних фільтрів. У першому випадку початкову воду подають до кожного однойменного іонітного фільтра із загального колектора, а фільтрат збирають після цих фільтрів в самостійний колектор. У другому випадку до складу кожного блока включають по одному фільтру відповідного ступеня, сполучених послідовно. До недоліків блокової схеми відносяться збільшення кількості апаратів, збільшення кількості іонітів, менший коефіцієнт використання іонітів. Застосування блокової схеми дозволяє понизити

капітальні витрати при споруді установки із очищення додаткової води і поліпшити експлуатаційні показники. Відповідно до цього блокова схема очищення додаткової води включається у всі проекти сучасних потужних ТЕС. Разом з нею продовжують експлуатуватися паралельні схеми на діючих ТЕС, а також виконуються проекти паралельних схем для теплоенергетичних установок малої потужності, теплових мереж і т. д. Можливе застосування схеми, виконаної у вигляді «напівланцюжків». В цьому випадку перший ступінь іонування виконаний за паралельною схемою, другий ступінь – за блоковою.

Як другу фазу очищення води застосовують такі основні схеми. Для отримання пом'якшеної води, яку використовуємо для підживлення тепломережі закритого типу і живлення водогрійних котлів, застосовують схему одноступеневого Na-катіонування (рис. 1.5). Початковою водою для цих фільтрів є артезіанська або водопровідна. У Na-катіонітних фільтрах відбувається пом'якшування води. Як фільтрівний матеріал в Na-катіонітному фільтрі застосовують слабокислотний катіоніт. Після Na-катіонітного фільтра вода прямує в декарбонізатор, в якому відбувається видалення агресивних газів. При очищенні за цією схемою в обробленій воді залишкова загальна жорсткість складає 0,02–0,03 мг-екв/кг, вільна вуглекислота відсутня, концентрація розчиненого кисню не перевищує 50 мкг/кг. Фільтр відключають на регенерацію при досягненні у фільтраті жорсткості, рівної 0,05 мг-екв/кг, або при досягненні жорсткості, рівної $0,5 J_{\text{перв}}$. Недоліки даної схеми полягають в тому, що отримання фільтрату, жорсткість якого не перевищує 0,1 мг-екв/кг, можливе при жорсткості початкової води, що не перевищує 7 мг-екв/кг; неможливо одержати глибокопом'якшену воду з жорсткістю 0,01 мг-екв/кг; відносно висока витрата солі на регенерацію катіоніту; неповне використання ємності поглинання катіоніту.

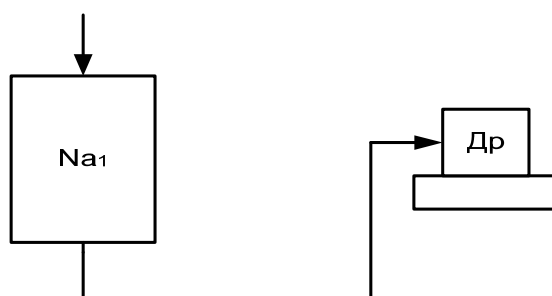


Рисунок 1.5 – Принципова схема одноступеневого Na-катіонування:
Na₁ – Na-катіонітний фільтр; Др – деаератор

Для приготування живильної води тепломережі з відкритим водорозбором застосовують H-катіонування з «голодною» регенерацією (рис. 1.6). Відмінною особливістю H-катіонітного фільтра з «голодною» регенерацією є те, що катіоніт регенерують недостатньою, стехіометричною кількістю кислоти. Витрату кислоти при регенерації

вибирають такою, щоб забезпечити у фільтраті мінімальну лужність і відсутність кислотності. При пропуску води через Н-катіонітний фільтр з «голодною» регенерацією відбувається руйнування карбонатної жорсткості. Карбонатна жорсткість у фільтраті складає 0,4–0,7 мг-екв/кг. При подачі під час регенерації кількості кислоти, яка перевищує стехіометричну витрату, у фільтраті Н-катіонітного фільтра під час роботи з'являється кислотність. Для забезпечення відсутності кислотності в обробленій воді після Н-катіонітного фільтра з «голодною» регенерацією встановлюють буферний саморегульований фільтр. При попаданні кислоти води в буферний фільтр проходить його регенерація, під час якої в оброблювану воду надходять катіони жорсткості. Буферні фільтри не регенерують, розпушування шару катіоніта реалізують первинною водою, що надходить на Н-катіонітні фільтри з «голодною» регенерацією. Після буферного фільтра воду подають в декарбонізатор, в якому відбувається видалення вуглекислоти. Як фільтрівні матеріали в цій схемі застосовують слабокислотний катіоніт. При дотриманні режиму регенерації дана схема забезпечує відсутність в обробленій воді кислотності і лужність, рівну 0,7–1,5 мг-екв/кг. Н-катіонітний фільтр з «голодною» регенерацією відключають, досягнувши лужності у фільтраті, більшої ніж 1,5 мг-екв/кг.

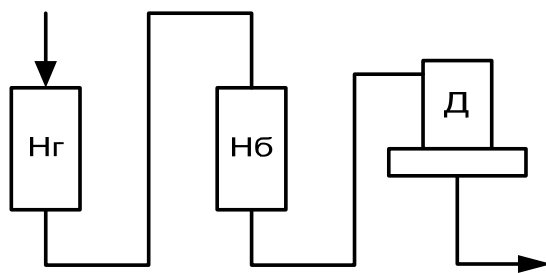


Рисунок 1.6 – Принципова схема Н-катионування з «голодною» регенерацією:

Нг – Н-катіонітний фільтр з «голодною» регенерацією; Нб – буферний фільтр;
Д – декарбонізатор

Підготовку води для випарників, встановлених на ГРЕС і ТЕЦ з барабанными і прямотруминними котлами і турбінами потужністю до 200 МВт, на ГРЕС з барабанными котлами і турбінами потужністю 200 МВт і більше, на ГРЕС і ТЕЦ з прямотруминними котлами, виконують за схемою рис. 1.7, 1.8. Оброблювана вода надходить на Na-катіонітний фільтр 1-го ступеня, в якому відбувається видалення основної кількості іонів Ca^{2+} і M^{2+} . Катіони жорсткості, що залишилися, поглинаються Na-катіонітним фільтром 2-го ступеня. Як фільтрівний матеріал в Na-катіонітних фільтрах застосовують слабокислотний катіоніт. При очищенні води за цією схемою залишкова жорсткість після Na-катіонітного фільтра 1-го ступеня може досягати 50–70 мг-екв/кг, а після 2-го ступеня 3–5 мкг-екв/кг. Na-катіонітний фільтр 1-го ступеня відключають на регенерацію в той момент, коли жорсткість фільтрату досягне 50 %

жорсткості початкової води. Фільтроцикл Na-катіонітного фільтра 2-го ступеня припиняють в той момент, коли жорсткість у фільтраті перевищить 10 мкг-екв/кг. Na-катіонітний фільтр 2-го ступеня можна відключати на регенерацію також за часом, не допускаючи появи у фільтраті проскакування жорсткості.

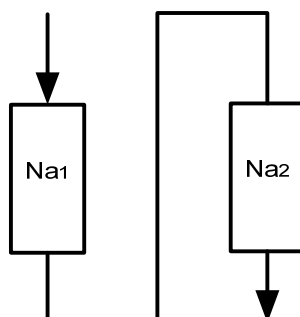


Рисунок 1.7 – Принципова схема двоступеневого Na-катіонування:
Na₁, Na₂ – відповідно Na-катіонітні фільтри 1-го і 2-го ступенів

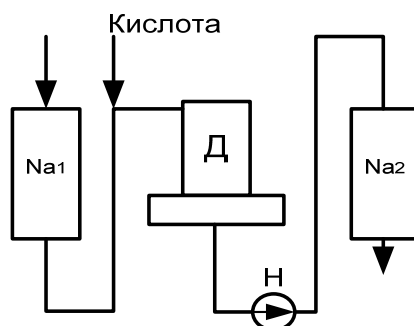


Рисунок 1.8 – Принципова схема двоступеневого Na-катіонування з
декарбонізатором:
Na₁, Na₂ – відповідно Na-катіонітні фільтри 1-го і 2-го ступенів; Д – декарбонізатор;
Н – насос

Недолік даної схеми полягає у відсутності видалення вуглекислоти.

У вдосконаленій схемі (рис. 1.9) воду після Na-катіонного фільтра 1-го ступеня підкисляють, внаслідок чого при взаємодії іонів H^+ з бікарбонат-іонами HCO_3^- утворюється вільна вуглекислота. Для видалення з оброблюваної води вуглекислоти між 1-м і 2-м ступенями Na-катіонування встановлюють декарбонізатор. Дану схему застосовують і при підготовці додаткової води для котлів низького і середнього тиску.

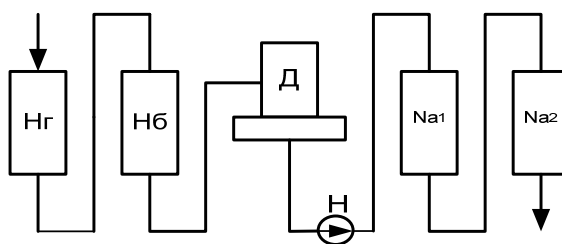


Рисунок 1.9 – Принципова схема послідовного Н-катіонування з «голодною» регенерацією та двоступеневого Na-катіонування:
 Н_г – Н-катіонітний фільтр з «голодною» регенерацією; Н_б – буферний фільтр; Д – декарбонізатор; Na₁, Na₂ – відповідно Na-катіонітні фільтри 1-го і 2-го ступенів; Н – насос

Підготовку води для випарників здійснюють також за схемою, поданою на рис. 1.9. У даній схемі застосовують поєднання Н-катіонування з «голодною» регенерацією і двоступеневого Na-катіонування. Оброблена за цією схемою вода має залишкову жорсткість, що не перевищує 5 мкг-екв/кг.

Підготовку додаткової води для підживлення казанів низького і середнього тиску, а також живильної води випарників і підживлювальної води тепломережі здійснюють за схемами з паралельним і послідовним Н–Na-катіонуванням (рис. 1.10, 1.11).

При паралельному Н–Na-катіонуванні початкову воду розділяють на два потоки, кожний з яких пропускають через Н- або Na-катіонітні фільтри. У цих фільтрах відбувається видалення з води іонів жорсткості і, крім того, в Н-катіонітному фільтрі з оброблюваної води віддаляються іони Na⁺. Кисла Н-катіонована вода змішується з лужною водою Na-катіонітовою, при цьому відбувається нейтралізація лужності води, що виходить з Na-катіонітного фільтра. Після 1-го ступеня іонування воду направляють в декарбонізатор для видалення вуглекислоти. Декарбонізована вода надходить в Na-катіонітний фільтр 2-го ступеня, в якому відбувається остаточне пом'якшення. Очищена за цією схемою вода має залишкову жорсткість 0,01 мг-екв/кг, лужність її складає 0,3–0,4 мг-екв/кг.

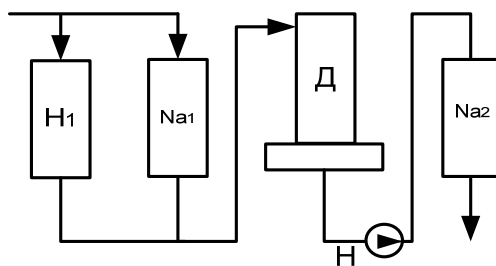


Рисунок 1.10 – Принципова схема паралельного Н–Na-катіонування:
 H₁, Na₁ – Н-катіонітний і Na-катіонітний фільтр 2-го ступеня

Схема послідовного Н–Na-катіонування відрізняється від паралельної схеми тим, що Н-катіонову воду змішують з початковою водою. У Н-катіонітному фільтрі відбувається видалення іонів жорсткості і іонів Na^+ . У пом'якшену кислу воду додають жорстку початкову воду в кількості, необхідній для досягнення лужності 0,2–0,5 мг-екв/кг, після чого воду направляють в декарбонізатор для видалення вільної вуглекислоти. Воду, що виходить з декарбонізатора, прокачують насосом послідовно через два ступені Na-катіонітних фільтрів, в яких відбувається практично повне пом'якшування. При обробці води за цією схемою залишкова жорсткість очищеної води складає 0,01 мг-екв/кг, лужність – не менше 0,7 мг-екв/кг.

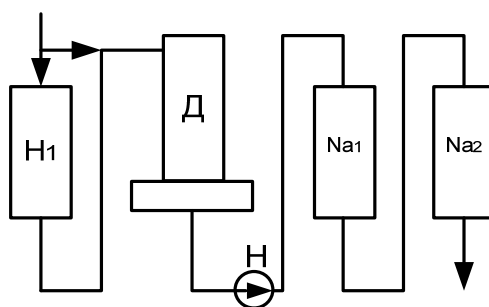


Рисунок 1.11 – Принципова схема послідовного Н–Na-катіонування:
 H_1 , Na_1 – Н-катіонітний і Na-катіонітний фільтр 1-го ступеня; Д – декарбонізатор;
 Н – насос; Na_2 – Na-катіонітний фільтр 2-го ступеня

Запитання та відповіді

Жорсткість води

1. *Що таке жорсткість води? Тимчасова жорсткість. Постійна жорсткість. Загальна жорсткість та її вимірювання. Що таке міліграм-еквівалент?*

В залежності від вмісту хімічних домішок воду прийнято поділяти на м'яку, середньої жорсткості та жорстку. Якщо вода вміщує невелику кількість солей кальцію, магнію, то її вважають м'якою. Якщо ж вона вміщує багато солей кальцію та магнію, то її вважають жорсткою. Розрізняють жорсткість тимчасову, постійну та загальну. Тимчасова або карбонатна жорсткість – це така жорсткість, коли в воді знаходиться двовуглекислі солі кальцію та магнію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Тимчасовою вона називається тому, що при нагріванні води до $70\text{ }^\circ\text{C}$ і більше ці солі випадають в осад у вигляді шламу і накипу та дають вуглекислий газ CO_2 . Постійна або некарбонатна жорсткість характеризується вмістом у воді важкорозчинних хлористих солей CaCl_2 і MgCl_2 , а також сірководислих CaSO_4 і MgSO_4 та кремністих солей CaSiO_3 , котрі при нагріванні води не випадають в осад і не знижують жорсткість. Їх

випад у вигляді накипу та шламу відбувається лише при випаровуванні води. Загальна жорсткість води визначається сумарним вмістом в ній катіонів кальцію і магнію (тобто сумою тимчасової і постійної жорсткості води) і виражається міліграм-еквівалентом в 1 кг води (мг-екв/кг); 1 мг-екв/кг відповідає вмісту 20,04 мг/кг Ca^+ або 12,16 мг/кг Mg^+ . В останній час для визначення жорсткості води введена нова одиниця: мікрограм-еквівалент на кілограм (мкг-екв/кг), яка в тисячу разів менша мг-екв/кг. 1 мг-екв/кг = 1000 мкг-екв/кг.

2. Яка вода вважається м'якою?

Вода вважається м'якою, якщо її жорсткість складає до 2 мг-екв/кг; від 2 до 5 – вода середньої жорсткості; від 5 до 10 – жорсткою, і дуже жорсткою при 10 мг-екв/кг. В випадку, коли жорсткість води дана в градусах, то її перерахунок в мг-екв/кг слід виконати діленням числа градусів на 2,8, тобто на еквівалентну масу CaO .

3. Що таке накип? Чим він є небезпечним? На скільки відсотків збільшує витрату палива 1 мм шару накипу на екранних трубах?

Накип – це тверді відкладення солей кальцію та магнію на поверхнях нагріву парового котла. Тверді частинки, які виділяються з котлової води і не пригоряють до поверхні нагріву котла, називаються шламом. За хімічним складом розрізняють гіпсовий накип із вмістом гіпсу 50 % та більше, та силікатний накип із вмістом кремнієвої кислоти SiO_2 більше 20 %. Як гіпсовий, так і силікатний накип являє собою твердий камінь кристалічної структури, який важко видалити з поверхні нагріву котла. Машиністи парових та водонагрівних котлів мають пам'ятати, що жити котли слід лише м'якою водою, тому що в котлі перетворюється на пару тільки чиста вода, а солі кальцію і магнію, які вміщує жорстка вода, залишаються на стінках котла, утворюючи щільний шар накипу, котрий є поганим провідником теплоти (накип у 40 та більше разів гірше проводить теплоту ніж сталь чи залізо). Накип заважає стінкам котла охолоджуватися водою, внаслідок чого вони сильно нагріваються і стають менш міцними. Деформації, які утворюються під тиском пари на стінки котла, можуть призвести до вибуху котла. Окрім того, за наявності на стінках парового чи водонагрівного котла накипу та бруду втрати палива на пароутворення сильно збільшуються. Наприклад, при товщині накипу в 1 мм використання палива збільшується на 4–3 %.

Засоби очищення живильної води

4. Яка мета очищення живильної води?

Мета очищення живильної води – видалення з води механічних домішок, а також зниження вмісту в ній некарбонатних і карбонатних солей жорсткості.

5. Як видаляють з води механічні домішки?

Механічні домішки, наприклад пісок, частинки глини, мулу та інші домішки видаляють шляхом фільтрації та відстоювання води.

6. Де очищують живильну воду від механічних домішок?

Живильну воду очищують від механічних домішок в спеціальних фільтрах, які за будовою поділяються на самопливні (відкриті) та напірні (закриті). Відкриті фільтри являють собою підземні резервуари, котрі, звичайно, монтують по кілька штук і розділяють між собою водонепроникними перебірками. Середню частину відкритого резервуару на 1/3 висоти заповнюють фільтрівним матеріалом, який укладений кількома шарами. Найбільш великі частинки фільтрівного матеріалу розміщують знизу, а найдрібніші (0,55 мм) – вгорі. З метою забезпечення сталого рівня води відкриті фільтри слід забезпечувати автоматичним живильним клапаном поплавкового типу. Витрата води регулюється засувкою, встановленою на трубопроводі після дренажної системи.

7. Що являє собою закритий напірний фільтр?

Закритий напірний фільтр являє собою вертикальний або горизонтальний циліндричний резервуар зі сферичними днищами та двома люками. Резервуар обладнаний дренажною системою, приладом для подачі води з кількома трубами для роздачі чи воронкою, зовнішніми трубопроводами та вимірювальними приладами.

8. Чим заповнюється закритий фільтр?

Зазвичай закритий фільтр заповнюється або кварцевим піском, або дробленим антрацитом з незначним вмістом сірки, або кількома шарами і того і іншого фільтрівного матеріалу товщиною порядку 1 м. Між верхнім днищем резервуару і фільтрівним матеріалом залишають простір товщиною біля 0,5 м, а робочий простір нижнього сферичного днища бетонують до рівня отворів дренажної системи.

9. Куди спочатку надходить вода всередині фільтра?

Спочатку вода всередині фільтра під тиском не більшим 0,6 МПа (6 кгс/см²), який створюється насосом, надходить у верхній розподільний пристрій фільтра. Далі, пройшовши зі швидкістю 14–28 мм/с (5–10 м/г) шар фільтрівного матеріалу, очищена вода надходить в дренажний пристрій зі щілинними ковпачками, з отворами шириною 0,4–1 мм, і виходить в трубопровід, а механічні домішки, які знаходяться у воді (пісок, глина, мул) затримуються на поверхні фільтрівного матеріалу або в його порах.

10. Що відбувається з фільтрівним матеріалом в процесі роботи фільтра?

В процесі роботи фільтра фільтрівний матеріал поступово забруднюється і опір фільтрувального шару збільшується, внаслідок чого пропускна здатність його знижується. Щоб відновити пропускну здатність фільтрівного матеріалу від бруду та шламу, який накопичився, треба його очистити. Цю операцію проводять шляхом оберненої промивки фільтрівного матеріалу, для чого крізь забруднений фільтр в зворотному напрямку (тобто знизу вгору) пропускають протягом 6–8 хвилин

інтенсивний потік води зі швидкістю 20–30 м/с. Цей потік розрихлює і розмиває шлам. Потім швидкість води знижують до 6–8 м/с і протягом 15–20 хвилин відмивають фільтрівний матеріал. На промивку фільтра із усіма перемиканнями зазвичай потрібно не більш 30–35 хвилин. Тривалість роботи відкритих фільтрів між промивками складає 12–16 годин, закритих – 18–24 годин. Максимальний опір фільтрувального шару може досягати в закритих фільтрах – 5, в відкритих – 2,5 м вод. ст.

11. Чи можна видаляти з води найдрібніші частинки шляхом фільтрації?

Ні, неможна, тому що вони несуть на своїй поверхні одноіменні електричні заряди і таким чином, взаємно відштовхуючись одна від одної, знаходяться в завислому стані. Осідання можливе лише після знищення цих зарядів, що досягається шляхом коагуляції – видалення з води дуже мілких домішок (мізерної маси, яка не піддається відстоюванню), шляхом додавання в воду коагулянтів: сірчаноокислого алюмінію, залізного купоросу або хлористого заліза, а також інших речовин, що створюють в розчині частинки, заряджені позитивно.

12. Що являє собою процес коагуляції?

Процес коагуляції полягає в тому, що найдрібніші частинки коагулянтів заряджені протилежними електричними зарядами, що взаємно нейтралізуються. Втрачаючи заряд, частинки злипаються, утворюють великі пластівці і осідають.

13. В яких спорудженнях обробляють воду коагулянтами?

Воду обробляють коагулянтами в спеціальних відстійних резервуарах, при цьому вміст найдрібніших органічних речовин в воді зменшується на 60–80%. З метою прискорення процесу коагуляції воду змішують з реагентом, а сиру воду додатково нагрівають до 35–40 °С в напірному змішувачу.

14. Як з води видаляють солі кальцію та магнію? На чому ґрунтується пом'якшення води методом катіонного обміну? Що таке Na, H, NH₄ - катіонування?

Хімічні домішки – солі магнію і кальцію – з води видаляють методом осадження. При видаленні з води накипоутворювачів (солей магнію та кальцію) методом осадження додають в воду соду та вапно, котрі з кальцієм та магнієм утворюють солі з дуже малим ступенем розчинності (крейда, гідрооксид натрію), які випадають в осад. Ці осади, як будь-які механічні домішки, видаляють з води відстоюванням чи фільтрацією. Пом'якшення води шляхом катіонного обміну ґрунтується на здатності певних нерозчинних в воді матеріалів – катіонів – поглинати присутні в воді катіони кальцію і магнію, віддаючи воді катіони натрію Na, водню H чи амонію NH₄. В залежності від вмісту в поверхневому шарі катіона того чи іншого обмінного катіона (Na, H чи NH₄) розрізняють Na-катіонування, H-катіонування та NH₄-Na-катіонування. При фільтрації води крізь шар катіонітного матеріалу катіони обмінюються, внаслідок чого загальна

жорсткість води може бути знижена до 0,03–0,04 мг-екв/л. Лужність не змінюється, а суха остача дещо збільшується.

15. До якого рівня можна знизити жорсткість води методом катіонного обміну?

Методом катіонного обміну можна майже повністю ліквідувати жорсткість. Остаточна жорсткість води, пропущеної через катіонітовий фільтр, в багатьох випадках не перевищує 0,02–0,05 мг-екв/л. Але може бути досягнуте і більш глибоке пом'якшення – до 0,002 мг-екв/л.

16. З яких частин складається установка катіонного обміну?

Якщо катіонна установка натрій-катіонітна (Na-катіонітна), то вона складається з бака діаметром 700–3400 мм, в якому розміщують катіоніт; бака для збирання відмивних вод попередньої регенерації, яка використовується для розрихлення; солерозчинника, який являє собою невеликий бак з двома люками, що використовуються для виготовлення соляного розчину; зовнішніх трубопроводів та арматури. В нижній частині бака, де розміщують катіоніт, розташовано пристрій, призначений для рівномірного розподілу води по перерізу фільтра і для попередження попадання сульфовугілля в живильний бак. Пристрій складається з колектора і системи труб. Вода в труби попадає через штуцери, приварені до верхньої частини труби. На штуцери нагвинчені пластмасові ковпачки зі щілевими отворами. Щоб пристрій не руйнувався в процесі експлуатації, його закріплюють в бетонній подушці. На подушці зроблена кварцова підстилка товщиною біля 400 мм з зернами величиною 1–10 мм (величина зменшується знизу вгору). Поверх кварцового шару покладено сульфовугілля 1,5–3,0 м в залежності від типу фільтра. В верхньому днищі фільтра закріплені відбійний лист і розбризкуючий пристрій для рівномірного розподілу води, яка надходить в резервуар, і головним чином для розчину солі або іншого регенеруючого розчину в фільтрі по всій площі поперечного перерізу.

17. З яких послідовно повторюючих операцій складається процес пом'якшення води в Na-катіонітному фільтрі?

Процес пом'якшення води в Na-катіонітному фільтрі складається з таких операцій: пом'якшення води, розрихлення, регенерації і відмивки регенованого сульфовугілля (катіонітного матеріалу).

18. Як відбувається робочий цикл в катіонітному фільтрі, заповненому сульфовугіллям?

Робочий цикл в катіонітному фільтрі, заповненому сульфовугіллям, протікає таким чином: вода після очистки від механічних домішок потрапляє в фільтр крізь верхню воронку фільтра і розподілюється рівномірно по всій площі поперечного перерізу фільтра, проходячи крізь сульфовугілля зверху донизу, при цьому катіони Na^+ обмінюються при фільтрації з катіонами Ca^+ і Mg^+ та утворюють в пом'якшеній воді натрійові солі з великою розчинністю – NaHCO_3 , NaCl , Na_2SO_4 і Na_2SiO_3 .

Частина з них, наприклад бікарбонат натрію 2NaHCO_3 , в котловій воді переходить в карбонат Na_2CO_3 , діоксид вуглецю та воду – $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Верхня частина фільтра – від воронки до катіонітного матеріалу – завжди заповнена водою (висота шару води над катіонітним матеріалом – 0,8–1 м); завдяки цьому вода рівномірно проходить крізь фільтр. Повітря, яке накопичується під час роботи, періодично випускають з фільтра, відкриваючи спеціальний кран. Пом'якшена відфільтрована вода забирається дренажною системою і крізь нижню засувку відводиться з фільтра. Швидкість фільтрації води крізь катіоніт може коливатись в широких межах, проте нормальною величиною вважається 10–20 м/г. Велика швидкість фільтрування (до 40–50 м/г), хоч і можлива, проте не завжди економічна внаслідок значних втрат напору, а також можливості збільшення густини фільтрувального шару та зменшення через це об'єму поглинання катіонітового матеріалу.

19. Чи погіршується катіоніт (сульфовугілля) при проходженні через нього непом'якшеної води?

Погіршується, і як тільки жорсткість пом'якшеної води почне збільшуватись, катіонітовий фільтр слід зупинити на регенерацію. Сигналом для цього, зазвичай, є збільшення жорсткості пом'якшеної води до 0,05 мг-екв/л.

20. Чи необхідно перед регенерацією насиченням сульфовугілля розчином столової солі розпушувати сульфовугілля? Як відбувається розпушування та скільки хвилин?

Необхідно, тому що під час пом'якшення води густина сульфовугілля фільтра дещо збільшується. З метою ліквідації процесу збільшення густини фільтрувального шару і для забезпечення вільного доступу води і розчину солі до зерен катіоніта перед регенерацією катіоніт попередньо розпушують зворотним (оберненим) потоком води, причому, щоб не порушувати рівномірної товщини шару катіоніту (сульфовугілля), розпушення треба проводити плавно, бажано водою від попередньої регенерації. Лінійна швидкість потоку води при розрахунку на вільну площу поперечного перерізу фільтра може складати від 8–12 до 18 м/г, що відповідає інтенсивності розпушення від 2,2–3,3 до 5 л/с. Для того, щоб швидкість розпушення була сталою, на трубопроводі від бака встановлюють відрегульовані обмежувачі – шайбові чи поплавкові. Час розпушення зазвичай складає 15 хвилин і контролюється по кольору зливних вод. Якщо після 15 хвилин розпушення колір зливних вод не стає більш світлим, то цю операцію слід продовжувати. Під час розпушення необхідно слідкувати за тим, щоб зерна катіоніту не виносилися в дренаж. Якщо це явище буде виявлено, швидкість розпушення зменшують.

21. Коли необхідно пропускати через шар катіоніту (сульфовугілля) розчин столової солі та який час?

Розчин столової солі крізь шар катіоніту слід пропускати після закінчення розпушення, яке відновить у катіоніта обмінну здатність. Іони

натрію столової солі витісняють зі сульфовугілля поглинені ним іони кальцію і магнію, котрі перейдуть в розчин. Катіоніт, збагачений іонами натрію, знов отримує здатність пом'якшувати жорстку воду. Розчин столової солі крізь катіоніт пропускають звичайно зі швидкістю 3–4 м/г. Тривалість пропускання розчину столової солі (регенерації) складає зазвичай 14–16 хвилин.

22. Коли необхідно відмивати катіоніт і який час? За якими ознаками закінчують процес відмивання?

Відмивання катіоніту слід проводити після пропускання крізь нього розчину столової солі, тобто після регенерації. Це робиться для того, щоб видалити з катіоніту продукти регенерації (CaCl_2 , MgCl_2) і залишки столової солі NaCl . Відмивні води спочатку спускають в дренаж, а потім направляють в бак відмивної води. Швидкість води під час відмивки катіоніту в бак необхідно підтримувати в межах 6–8 м/г, а в дренажний пристрій – 4–5 м/г. Тривалість відмивки 25–30 хвилин. Відмивку зазвичай закінчують тоді, коли вода стане безбарвною і прозорою, а жорсткість її зменшиться до 0,05 мг-екв/л. Обслуговуючий персонал має пам'ятати, що всі процеси при пом'якшенні води треба проводити так, щоб не допустити попадання повітря в шар катіоніту.

23. Яким чином готують розчин столової солі для регенерації Na-катіонітної установки?

Раніше, зазвичай, розчин готували ручним способом. Сіль завантажували в солерозчинник через верхній люк. Після завантаження солі в солерозчинник подавали висвітлену воду, котра виходила із солерозчинника вже у вигляді розчину. В наш час, в котельнях, приготування розчину столової солі автоматизовано. Працюють такі установки таким чином. Соляний розчин із соляного складу насосом подається крізь фільтр в бак. Як тільки рівень розчину досягне в ньому заданої відмітки, регулятор рівня зупиняє насос. Після розпушення фільтра з блока керування подається імпульс на відкривання засувки, яка регулює поступання води в ежектор. Розчин солі в ежектор надходить з бака через бачок постійного рівня з поплавцем. Кількість поступаючого розчину регулюється вентилем. Оскільки гідравлічний опір в трубопроводі розчину солі приблизно постійний, концентрація розчину солі після ежектора, встановлена за допомогою концентратоміра, буде підтримуватися приблизно постійна, завдяки чому загальна кількість солі, яка подається в фільтр, буде визначатися тривалістю відкриття засувки.

24. В чому різниця між Na-катіонуванням та H-катіонуванням?

Різниця полягає в тому, що при Na-катіонуванні катіоніт регенерується розчином столової солі, а при H-катіонуванні – зазвичай сірчаною кислотою H_2SO_4 , котра у водному розчині дисоціює на два катіона водню H^+ і сульфатний аніон SO_4 . При пропусканні такого розчину через іоніт відбувається катіонний обмін, в результаті якого кальцій-катіоніт і магній-катіоніт перетворюються в водень-катіоніт (H-катіоніт). При пом'якшенні

жорсткої води шляхом пропускання крізь водень-катіонітовий фільтр усі катіони цієї води – (Ca^+ , Mg^+ , Na^+ та ін.) – замінюються на катіони H^+ . Частина катіонів водню взаємодіє з присутнім в пом'якшеній воді бікарбонатним аніоном, утворюючи вуглекислоту та воду.

25. Який метод пом'якшення води є найбільш розповсюдженим? Який пристрій має декарбонізатор та як він працює? Що таке «голодна» регенерація?

Найбільш широке застосування отримав метод послідовного Na -катіонування з H -катіонуванням. При такому методі непом'якшена вода, яка очищена від механічних домішок, надходить в H -катіонітний фільтр, де катіони Ca і Mg заміщуються катіонами водню, утворюючи діоксид вуглецю і розчин мінеральних кислот. Потім вода надходить в декарбонізатор – ємність, всередині якої розташована насадка з дерев'яних дощок або керамічних кілець Рашига. На насадку зверху подається вода, яка вміщує вільний діоксид вуглецю, а знизу повітря, з яким і виходить частина CO_2 . Обмін повітря проходить за допомогою вентилятора, який подає повітря під насадку. Вода, після видалення частини CO_2 , надходить в проміжний бак, який є буферною ємністю, і потім, насосом подається в натрій-катіонітні фільтри, де й проводиться додаткове пом'якшення. Для регенерації водень-катіонітного фільтра служить розчин сірчаної кислоти, який надходить з бака, а для регенерації натрій-катіонітного фільтра – розчин солі з бака. В баках знаходиться й вода, необхідна для розпушення катіоніта в фільтрах. Схему водень – катіонування можна виконати й таким чином, щоб після фільтра частина пом'якшеної води перемішувалася з певною кількістю початкової води. При цьому виконається нейтралізація кислої пом'якшеної води бікарбонатами кальцію та магнію, які знаходяться в початковій воді. Якщо далі, за допомогою декарбонізатора буде видалений CO_2 , а регенерація фільтрів буде «голодною», то можна отримати пом'якшену воду з невеликою остаточною лужністю і карбонатною жорсткістю 0,7–1,5 мг-екв/кг, яка придатна для підживлення теплових мереж. Таку схему застосовують для обробки води, карбонатна жорсткість якої наближується до загальної жорсткості, а лужність складає біля 2 мг-екв/кг.

26. Чим регенерують H -катіонітні фільтри і що в них є катіонітом?

Для регенерації водень – катіонітних фільтрів застосовується 1–1,5 % розчин сірчаної кислоти, як катіоніт для водень-катіонітних фільтрів застосовують сульфовугілля і катіоніти марок КУ-1 та КУ-2 із розрахунковою робочою обмінною здатністю 270–310 г-екв/м³. Питомі витрати 100 % сірчаної кислоти на регенерацію катіоніта в фільтрах складає біля 49 г/(г-екв). Швидкість фільтрації води залежить від солевмісту початкової води і складає від 1,4 мм/с (5 м/г) при $S_{\text{поч}}$ води 32 мг-екв/кг до 7 мм/с (25 м/г) при $S_{\text{поч}}$ води 3 мг-екв/кг.

27. Де в катіонітному фільтрі досягається найбільш глибоке пом'якшення води та чи можна в катіонітному фільтрі пом'якшити воду, не очищену від механічних домішок?

Найбільш глибоке пом'якшення води в катіонітному фільтрі досягається на початку робочого циклу, тому що жорстка вода, яка містить катіони кальцію та магнію і надходить в фільтр знизу вгору, спочатку контактує з найбільш відрегенерованими шарами катіоніту (сульфовугілля), молекули яких містять в своїй іонній атмосфері майже виключно катіони натрію. Внаслідок цього, катіонний обмін буде проходити в цих шарах достатньо повно і пом'якшена вода буде містити мінімальну остаточну кількість катіонів кальцію та магнію. Проте по мірі опускання в нижні шари катіоніту, вода, яка обробляється, буде зустрічатися з молекулами катіоніту, які все більше забруднені катіонами кальцію та натрію, а це гальмує корисний катіонний обмін. Окрім цього, в природних водах поряд із катіонами кальцію та магнію завжди присутня певна кількість катіонів натрію, які також гальмують корисний обмін іонів. Це збільшує остаточну жорсткість пом'якшеної води тим більше, чим більша жорсткість початкової води і початковий вміст в ній катіонів натрію.

1.3 Лабораторні роботи

Джерелом води, яка очищується, є водосховище або водогін. Сира вода в них підігрівається в підігрівниках сирої води рис. 1.12, очищується в ХВО, накопичується в баках рис. 1.13, по трубопроводах знесоленої води рис. 1.14 надходить в атмосферний деаератор, а звідти живильним насосом подається в котлоагрегат.

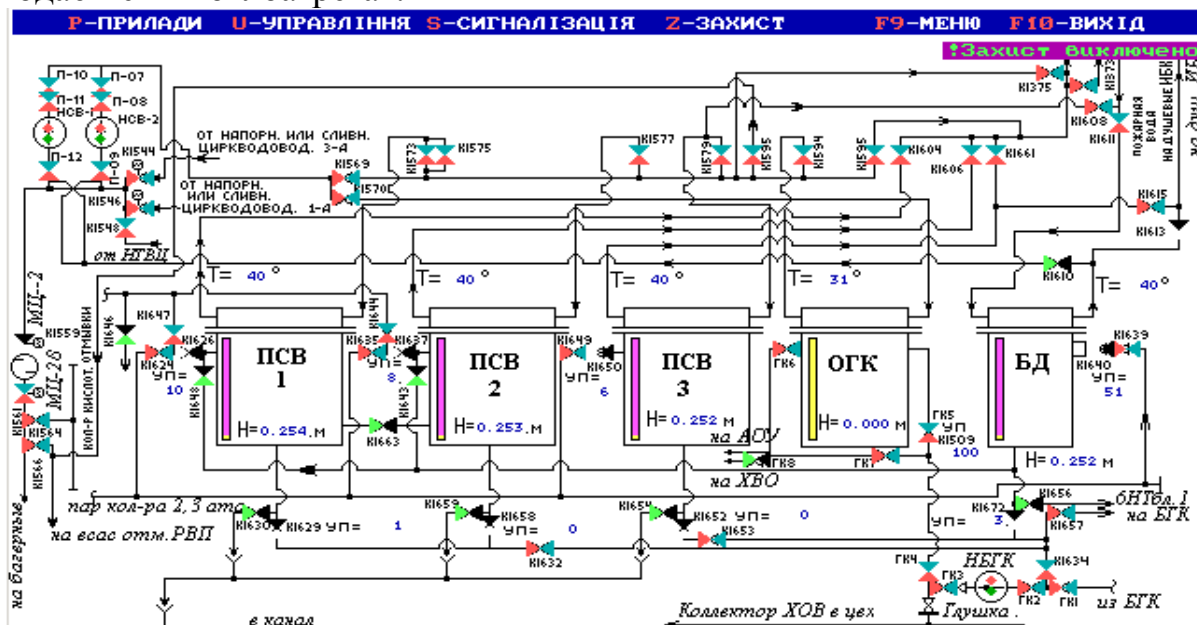


Рисунок 1.12 – Підігрівники сирої води

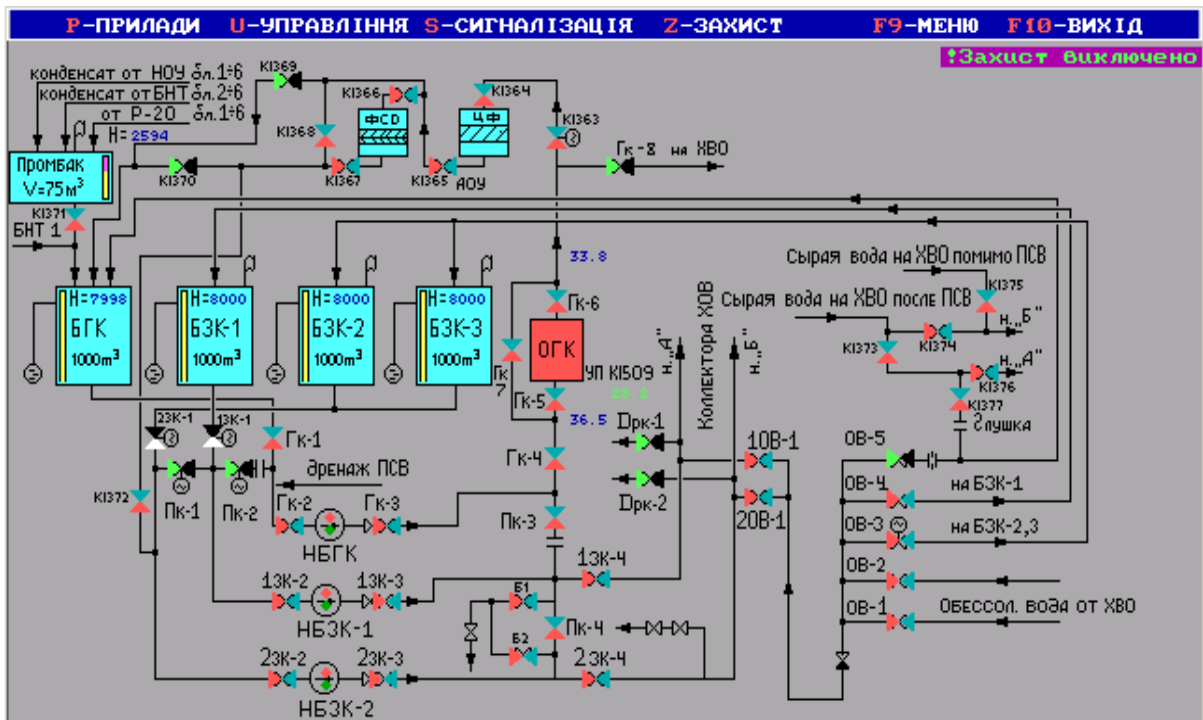


Рисунок 1.13 – Баки запасу знесоленого конденсату

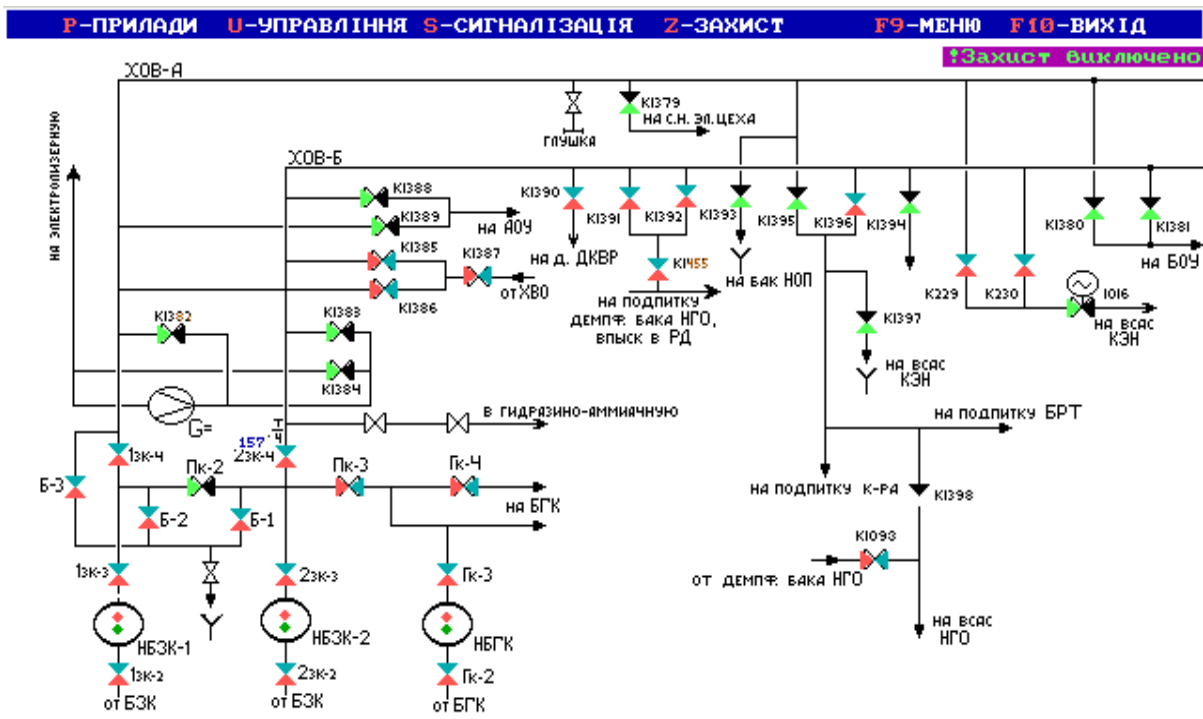


Рисунок 1.14 – Трубопроводи знесоленої води

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ОСВІТЛЮВАЧ

Підготовка схеми подачі вапняного молока в освітлювач

Схема подачі вапняного молока до освітлювача наведена на рис. 1.15.

Існує таке значення рН, при якому коллоїдні частинки можуть розпадатись або як основи, або як кислоти. В стані рівноваги $\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{FeO}_3$ тобто кількість одиниць лугу $\text{Fe}(\text{OH})_3$, які перейшли в кислоту H_2FeO_3 , буде рівною кількості одиниць H_3FeO_3 , які перейшли в $\text{Fe}(\text{OH})_3$, і таке значення називається ізоелектричним. Для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ізоелектричний стан середовища $\text{pH} = 10 + 0,1$ одиниць. Для того, щоб заглушити процес утворення $\text{Fe}(\text{OH})_3 \Rightarrow \text{H}_3\text{FeO}_3$ необхідно збільшити значення рН до 10,2–10,3, що досягається шляхом введення надлишку $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до 0,2–0,3 мг-е/кг.

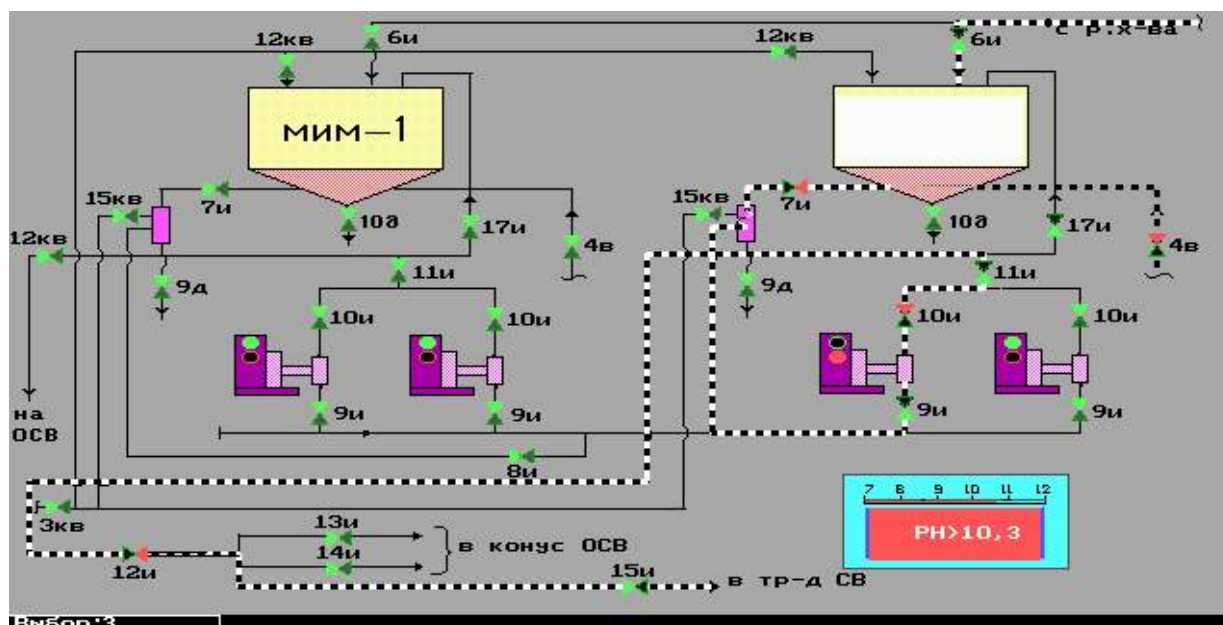


Рисунок 1.15 – Подача вапняного молока до освітлювача

Для того, щоб скласти схему подачі вапняного молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в освітлювач, необхідно виконати такі операції:

- відкрити вентиль 6И для заповнення мішалки вапняного молока, відкрити вентиль по повітрю 4В для його перемішування, заповнивши мішалку, закрити вентиль 6И;
- відкрити вентиль 7И;
- відкрити вентилі 9И, 10И на насосі, відповідно номеру освітлювача та графіку роботи;
- відкрити вентилі 11И, 12И, 15И (13И, 14И);
- включити насос НДИ № 1 або НДИ № 2 відповідний схемі.

Експлуатація освітлювача

Схема підготовки освітлювача до роботи наведена на рис. 1.16.

В природній воді присутні домішки, колоїдні частинки та іони розчинених в воді солей та газів $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, H_2SiO_3 , CaSO_4 , MgCl_2 , NaNO_3 , NaHCO_3 , NaHSiO_3 та ін.

За своїми фізико-хімічними властивостями та розмірами ці речовини діляться на три групи.

1. Грубодисперсні з розміром частинок 10^{-4} мм. До них відносяться домішки піску, продукти розпаду органічних речовин та ін.

2. Колоїдно-дисперсні з розміром частинок від 10^{-4} до 10^{-5} мм. До них відносяться $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, H_2SiO_3 .

3. Молекулярно-дисперсні з розміром частинок 10^{-6} мм. До них відносяться солі металів, від слабозрозчинних до добре розчинних. Це NaCl , MgCl_2 , NaNO_3 , NaHCO_3 , NaHSiO_3 , CaSO_4 та ін.

Грубодисперсні та колоїдно-дисперсні частинки видаляються із природної води методом коагуляції з наступним осадженням. Цей процес проводиться в освітлювачі.

Для включення в роботу освітлювача необхідно виконати такі операції:

- заповнити шламоуцільнювач, відкрити 9КВ, 4Д; до Т4 пробовідборної (п/о) точки;
- закрити 9КВ, 4Д;
- відкрити 1СВ, 3СВ, регулятор витрати та заповнити освітлювач до Т1.

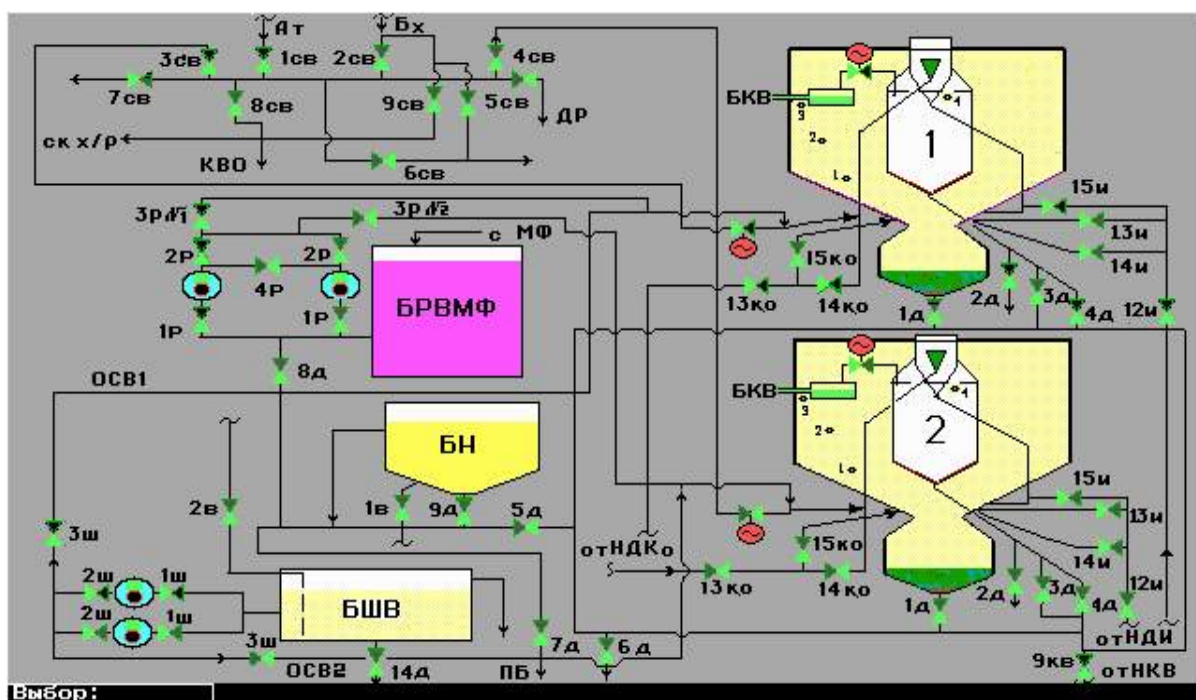


Рисунок 1.16 – Підготовка освітлювача до роботи

Відкрити 15Н, регулятором витрати встановити 120 т/год. В Т2 надлишок гідратнолужності повинен складати 0,2–0,3 мк-е/кг;

- відкрити 13КО, 14КО. Концентрація коагулянта в освітлювачі повинна складати 0,2–0,3 мг-е/кг;

- відкрити 2Д, встановити відсічку 10 %;

- скласти схему надходження шламових вод в освітлювач (рис. 1.17):

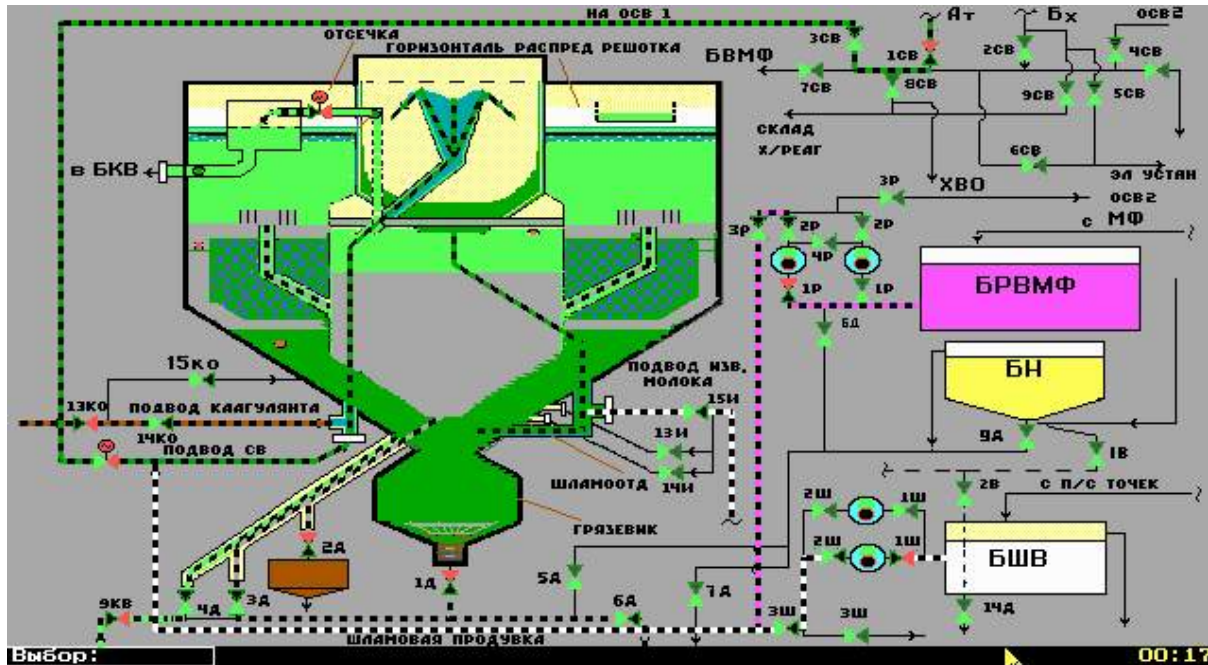


Рисунок 1.17 – Експлуатація освітлювача

- відкрити 1Ш, 2Ш, 3Ш, включити насос, встановити ключ в автоматичний режим;

- скласти схему надходження регенеративних вод розпушування МФ, відкрити 1Р, 2Р, 3Р, включити насос;

Після 8 годин роботи виконати продування шламоуцільнювача в такій послідовності:

- відкрити 6Д, 3Д на період 1–2 хвилини;

- закрити 6Д, 3Д.

Після 24 годин роботи освітлювача виконати продування грязезбірника освітлювача в такій послідовності:

- відкрити 6Д;

- відкрити 1Д (30–40 %) на 1–2 хвилини;

- закрити 6Д, 1Д.

Після 10 днів роботи освітлювача виконати відмивання заспокоювальної сітки освітлювача в такому порядку:

- відключити НДИ, закрити 15Н;

- відключити НДКО, закрити 14КО;

- відключити насос (НРВНФ), закрити 3Р;

- відключити насос (НШВ), закрити ЗШ;
 - закрити регулювальний клапан витрати сирогої води на освітлювач;
 - відкрити арматуру 6Д, 1Д, здренувати воду з освітлювача до рівня 3–5 см нижче нижньої кромки збірної жолоба;
 - закрити арматуру 1Д;
 - промити сітку шлангом, при цьому відкрити арматуру 8КВ, 11КВ;
 - закрити арматуру 3КВ, 11КВ;
 - дати освітлювачу постояти 1–1,5 години для того, щоб змитий шлам випав в грязезбірник;
 - відкрити 1Д на 30–40 % та дренувати освітлювач протягом 1–2 хвилини;
 - закрити 6Д, 1Д;
 - відкрити регулювальний клапан витрати сирогої води на 120 т/год;
 - відкрити арматуру 15Н, включити НДИ;
 - відкрити арматуру 14КО, включити НДК0;
 - відкрити арматуру 3Р, включити насос НРВВМФ, переключити ключ в положення «авт.»;
 - відкрити арматуру ЗШ, включити насос НШВ в режимі «авт.».
- Освітлювач в роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

НА-КАТІОНІТНИЙ ФІЛЬТР

Схема Na-катіонітного фільтра наведена на рис. 1.18.

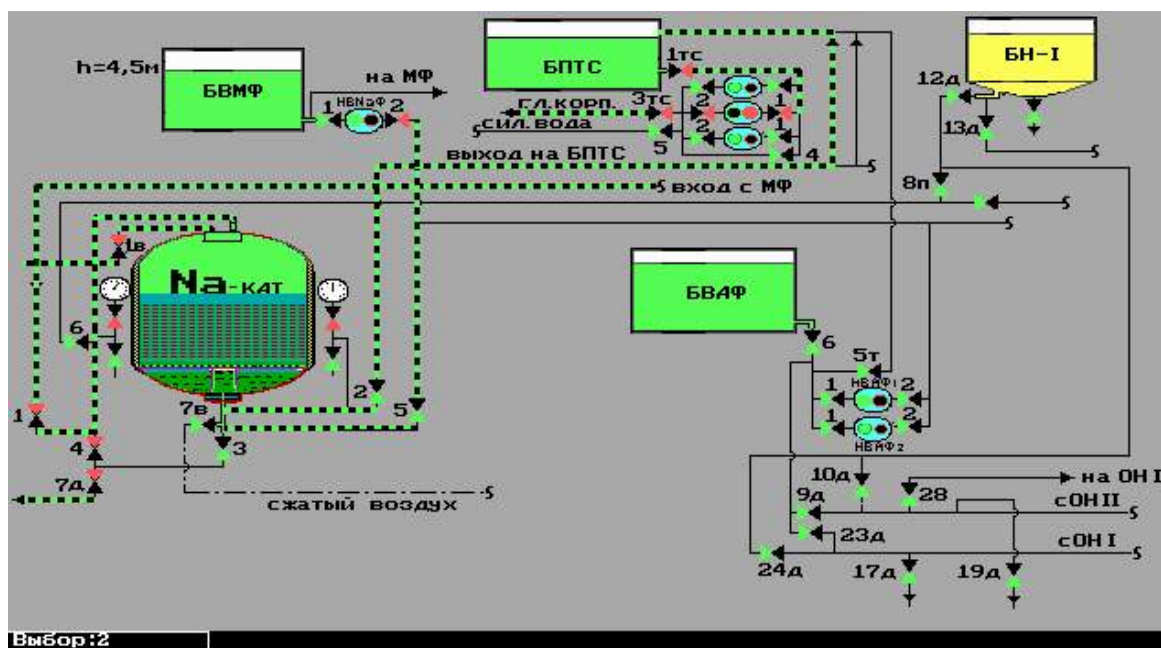
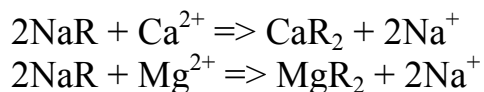


Рисунок 1.18 – Схема Na-катіонітного фільтра

Натрій-катіонітні фільтри призначені для пом'якшення води підживлення тепломережі. Пом'якшення відбувається за рахунок заміни катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} на катіони Na^+ :



Порядок пуску

Для того, щоб включити Na-катіонітний фільтр в роботу, необхідно виконати такі операції:

- відкрити засувки 1, 2;
- відкрити 1В, видалити повітря;
- закрити 1В;
- засувкою 1 встановити витрату $Q = 30\text{--}60$ т/год;
- тиск на вході повинен бути $P = 6,0$ кгс/см².

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить: контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка.

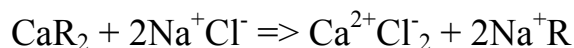
Контроль ведеться:

- за якістю води після фільтра на жорсткість $J = 700$ мкг-е/кг;
- за виносом фільтрівного матеріалу;
- за витратою води через фільтр;
- за перепадом тиску на фільтрі $P < 2,5$ кгс/см².

Регенерація

Регенерація вичерпаного в процесі фільтрування Na-катіоніту виконується солевим розчином після регенерації аніонітових фільтрів І східця, при сумісній регенерації ОН ІІ східця і ОН І східця з БН № 1.

Процес відтворення Na-катіоніту:



Перед початком регенерації необхідно виконати розпушування та відмивку шихти від механічних домішок. Для цього необхідно виконати такі операції:

- закрити засувки 1, 2;
- відкрити 4, 5, 7Д на НВ NaФ № 1, № 2;
- включити НВ NaФ;
- встановити 5 витрату $Q = 45\text{--}50$ т/год, слідкувати, щоб не було виносу фільтрівного матеріалу;

- мити до освітлення води в п/о точці «вхід»;
- відключити НВ НаФ, закрити № 1, № 2;
- закрити засувки 5, 4, 7Д;
- відкрити 1В, зняти тиск в фільтрі $P = 0$ кгс/см²;
- закрити 1В.

Регенерація з БН № 1

- Відкрити засувки 6, 3, 7Д, 8П, 12Д;
 - при появі лужності по фенол-фталеїну з п/о точки «вихід»;
 - закрити 12Д, 8П, 6, 3, 7Д;
 - 1 годину витримати фільтр під регенераційним розчином.
- Після цього виконати відмивку:
- відкрити 1, 1В, видалити повітря;
 - закрити 1В;
 - відкрити 3, 7Д, встановити 1 витрату $Q = 30-60$ т/год;
 - мити до аналізів в п/о точці «вихід» $Ж \leq 700$ мкг-е/кг;
 - закрити 1, 3, 7Д;
 - відкрити 1В, зняти тиск $P = 0$ кгс/см²; закрити 1В;
 - фільтр вважати в резерві або включити в роботу.

Регенерація від ОН I східця

- Відкрити 6, 3, 7Д, 8П, 24Д;
 - при появі лужності по фенол-фталеїну з п/о точки «вихід»;
 - закрити 24Д, 8П, 6, 3, 7Д;
 - 1 годину витримати фільтр під регенераційним розчином.
- Після цього виконати відмивку:
- відкрити 1, 1В, видалити повітря;
 - закрити 1В;
 - відкрити 3, 7Д, встановити 1 витрату $Q = 30-60$ т/год;
 - мити до аналізів в п/о точці «вихід» $Ж \leq 700$ мкг-е/кг;
 - закрити 1, 3, 7Д;
 - відкрити 1В, зняти тиск $P = 0$ кгс/см²;
 - закрити 1В;
 - фільтр вважати в резерві або включити в роботу.

Регенерація сумісна від ОН II східця та ОН I східця

- Відкрити 6, 3, 7Д, 8П, 28, 24Д;
 - при появі лужності по фенол-фталеїну в п/о точці «вихід»;
 - закрити 24Д, 8П, 6, 3, 7Д;
 - 1 годину витримати фільтр під регенераційним розчином.
- Після цього виконати відмивку:

- відкрити 1, 1В, видалити повітря;
- закрити 1В;
- відкрити 3, 7Д, встановити 1 витрату $Q = 30\text{--}60$ т/год;
- мити до аналізів в п/о точці «вихід» $Ж \leq 700$ мкг-е/кг;
- закрити 1, 3, 7Д, 28;
- відкрити 1В, зняти тиск до $P = 0$ кгс/см²;
- закрити 1В;
- фільтр вважати в резерві або включити в роботу.

Розпушування та відмивка фільтра при збільшенні перепаду тиску
 $P = 2,5$ кгс/см²

Необхідно виконати такі операції:

- відкрити 3, 7Д, 1В;
- опустити водяну подушку протягом 5–7 хвилин;
- закрити 3;
- відкрити 7В, розпушувати повітрям 5–7 хвилин;
- закрити 7В;
- відкрити 5, 4;
- відкрити 6 на БВАФ, № 1, № 2 на НВАФ;
- включити насос НВАФ1;
- видалити повітря, закрити 1В;
- мити фільтр до освітлення води в п/о точці «вхід»;
- відключити НВАФ, закрити 6, № 1, № 2;
- закрити 5, 4;
- включити на довідмивку та перевірку перепаду тиску;
- відкрити 1, 3, перепад повинен бути $P = 1,0$ кгс/см²;
- закрити 1, 3, 7Д;
- фільтр вважати в резерві або включити в роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

МЕХАНІЧНІ ФІЛЬТРИ

Механічні фільтри призначені для затримання механічних домішок в освітленій воді та часткового обеззалізнювання. Схема механічних фільтрів наведена на рис. 1.19.

Порядок пуску механічних фільтрів

Для того, щоб включити в роботу механічний фільтр (МФ), необхідно виконати такі операції:

- відкрити арматуру 1КВ, 3КВ, 1М, 2М, включити в роботу НКВ1;
- відкрити арматуру 4КВ, встановити витрату 80–90 т/год. Тиск на

фільтри повинен бути не більше $6,0 \text{ кгс/см}^2$;

- відкрити повітряник 1В, видалити повітря;
- закрити повітряник 1В.

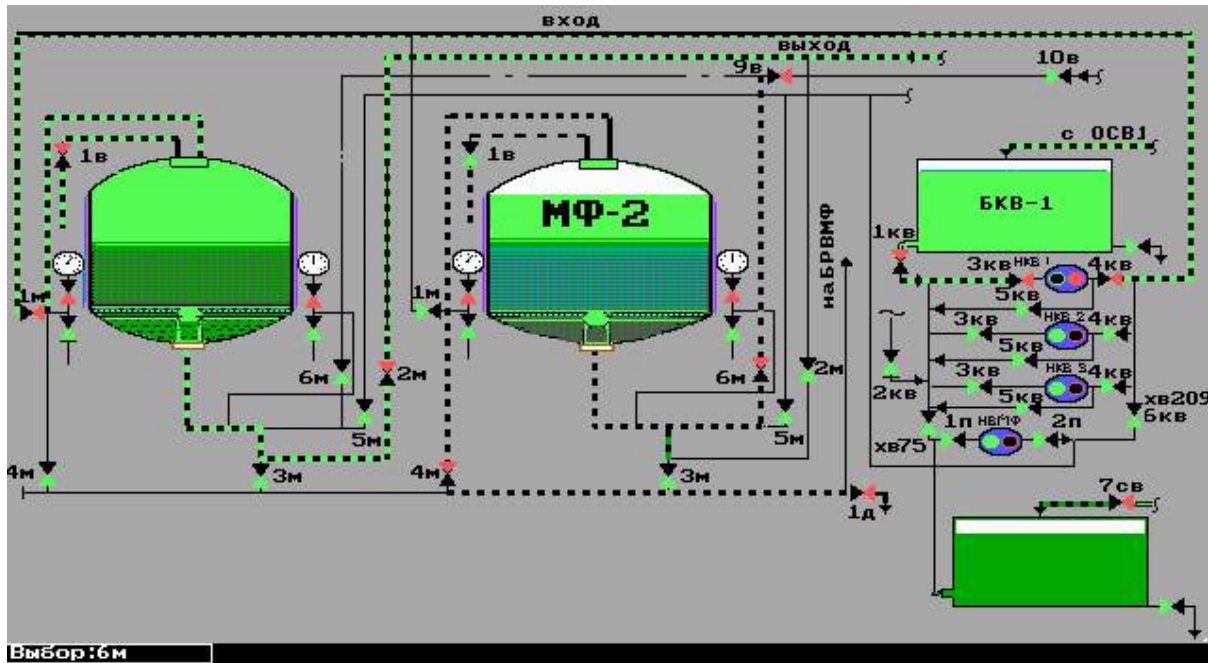


Рисунок 1.19 – Схема механічних фільтрів

Розпушування та промивка механічних фільтрів

Фільтр відключають на промивку, якщо зміна стабільності води після МФ більша $0,15 \text{ мг-е/кг}$, перепад тиску більший $2,5 \text{ кгс/см}^2$ та досягнення фільтроциклу 3000–3500 т.

Промивку необхідно проводити в такій послідовності:

- заповнити бак БВМФ, відкрити арматуру 7СВ. При рівні в баку 4,5 м закрити 7СВ;
- опустити водяну подушку в фільтрі, відкрити арматуру 1Д, повітряник 1В, арматуру 3М;
- через 3–4 хвилини закрити 3М;
- відкрити арматуру 4М;
- закрити повітряник 1В;
- відкрити арматуру 9В, 10В, 6М;
- закрити 9В, 10В, 6М та 1Д (на 50 % – встановлюється автоматично);
- відкрити арматуру 5М, 1П, 2П, включити НВМФ, встановити 5М витрату ($280\text{--}300 \text{ т/год}$ – витрати встановлюються автоматично);
- промивку проводити на БРВМФ протягом 24 хвилин або більше до повного освітлення промивальної води;
- відключити НВМФ, закрити арматуру 2П, 1П, 4М, 5М.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Н-КАТІОНІТНІ ФІЛЬТРИ ПЕРШОГО (І) СХІДЦЯ

Н-катіонітний фільтр І східця складається з 2-х окремих корпусів (передвключеного та загального). Призначені Н-катіонітні фільтри для зниження загальної жорсткості та видалення карбонатної жорсткості в початковій воді. Схема Н-катіонітного фільтра І східця наведена на рис. 1.20.

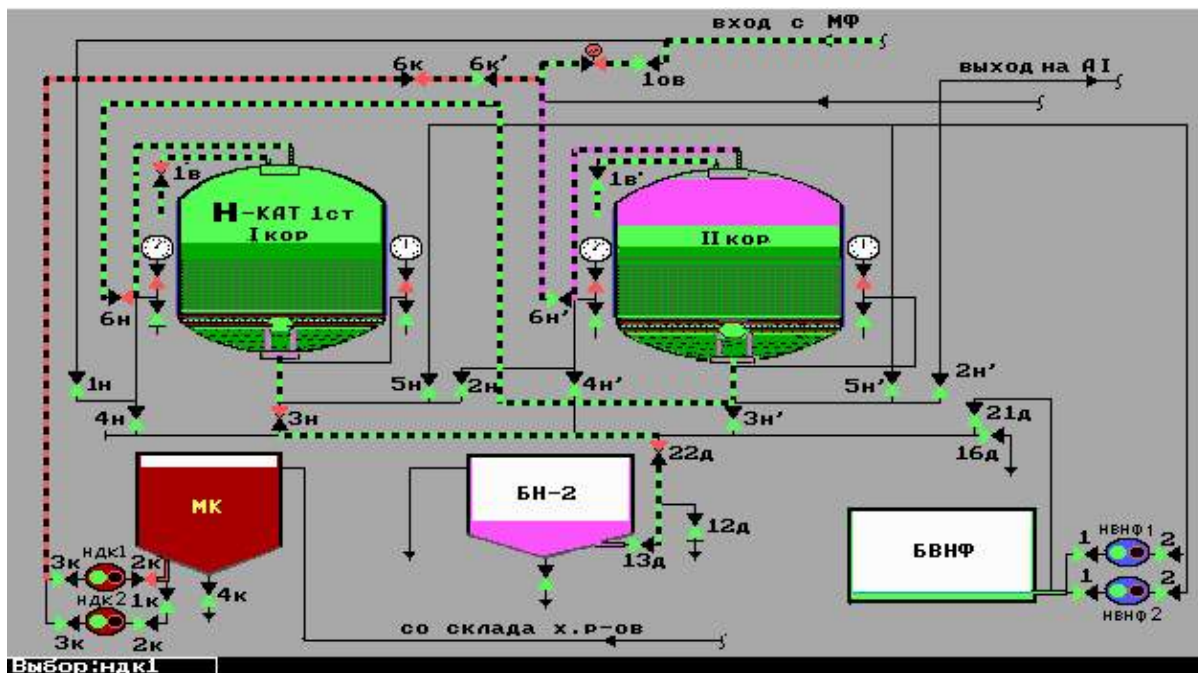


Рисунок 1.20 – Схема Н-катіонітного фільтра І східця

Порядок пуску в роботу

Для того, щоб включити в роботу фільтр, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 1Н, 2Н, 2Н', 30 т/год;
- встановити 1Н витрату 60–90 т/год;
- відкрити 1В, 1В', видалити повітря;
- закрити 1В, 1В'.

Тиск на фільтрі повинен бути 6 кгс/см².

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить: контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка.

Контроль ведеться:

- за якістю води на жорсткість та кислотність. Жорсткість Ж повинна

складати 4–6 мкг-е/кг.

Зниження кислоти не повинно бути більшим 0,2–0,3 мг-е/кг порівняно з працюючими фільтрами.

Збільшення лужності на аніонітному фільтрі І східця не повинно перевищити 50–60 мкг/кг за попередній аналіз;

- за перепадом тиску (він повинен бути меншим 2,5 кгс/см²);
- за виносом фільтрувального матеріалу;
- за витратою води через фільтр.

Розпушування

- Відключити фільтр, закрити арматуру 1Н, 2Н, 2Н';
- відкрити повітряники 1В, 1В';
- закрити повітряники 1В, 1В';
- закрити 16Д;
- відкрити 21Д, 4Н, 1Н. Заповнити БВАФ до рівня 4,5 м;
- закрити 1Н, 4Н, 21Д;
- відкрити 16Д, 4Н', 5Н';
- відкрити засувки на насосі НВНФ2 № 1, № 2, включити насос, встановити 5Н' витрату 100–120 т/год;

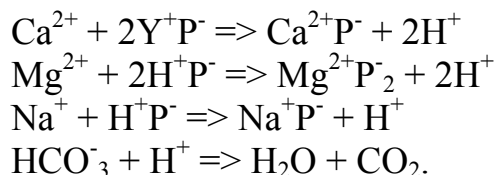
Розпушування ведеться до освітлення води. Після цього:

- відкрити 4Н, 5Н;
- закрити 5Н', 4Н';

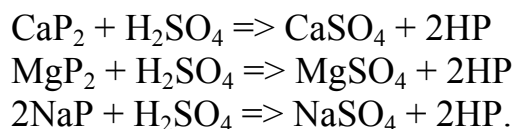
Розпушування ведеться до освітлення води. Після цього відключити НВНФ, закрити засувки № 1, № 2, 5Н, 4Н, 16Д.

Регенерація

При Н-катіонуванні обмінним іоном є катіон Н⁺. Катіонний обмін відбувається на катіоніті, що містить кислі функціональні групи з обмінним іоном водня:



Регенерація вичерпаного в процесі фільтрування катіоніту виконується 1,8–2,0 % розчином сірчаної кислоти:



Для того, щоб відрегенерувати вичерпаний катіоніт в фільтрі І східця, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 22Д, 13Д, 6Н, 6Н', 3Н;
- відкрити 10В, 10В', встановити витрату клапаном 65–70 т/год;
- закрити 10В';
- відкрити 1В, 1В', видалити повітря, закрити 1В, 1В';
- відкрити 6К, 6К', 3К, 2К, включити НДК1;

Концентрація кислоти повинна складати 1,8–2,0 %;

- відкачати розчин кількістю 16 см по лінійці з мірника;
- відключити НДК;
- закрити 2К, 3К, 6К, 6К';

Виконати 20 хвилинну відмивку на БН № 2;

- відкрити 21Д, закрити 22Д, 13Д;
- відмивку продовжити до жорсткості 2,0 мкг-е/кг, кислотності 2,5 мкг-е/кг;
- закрити 10В, 6Н, 6Н', 3Н;
- відкрити 1Н, 3Н;
- відмивку продовжити до жорсткості 2,0 мкг-е/кг, кислотності 2,5 мкг-е/кг;
- закрити 1Н, 3Н, 21Д.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

АНІОНІТОВІ ФІЛЬТРИ ПЕРШОГО (І) СХІДЦЯ

Аніонітові фільтри І східця призначені для видалення аніонів сильних кислот (Cl^- , SO_4^- , NO_3^-). Схема аніонітового фільтра І східця наведена на рис. 1.21.

Порядок пуску

Для того, щоб ввести в дію аніонітовий фільтр, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 1А, 2А;
- відкрити 1В, видалити повітря;
- закрити 1А, 1В.

Тиск на фільтрі повинен бути 6 кгс/см².

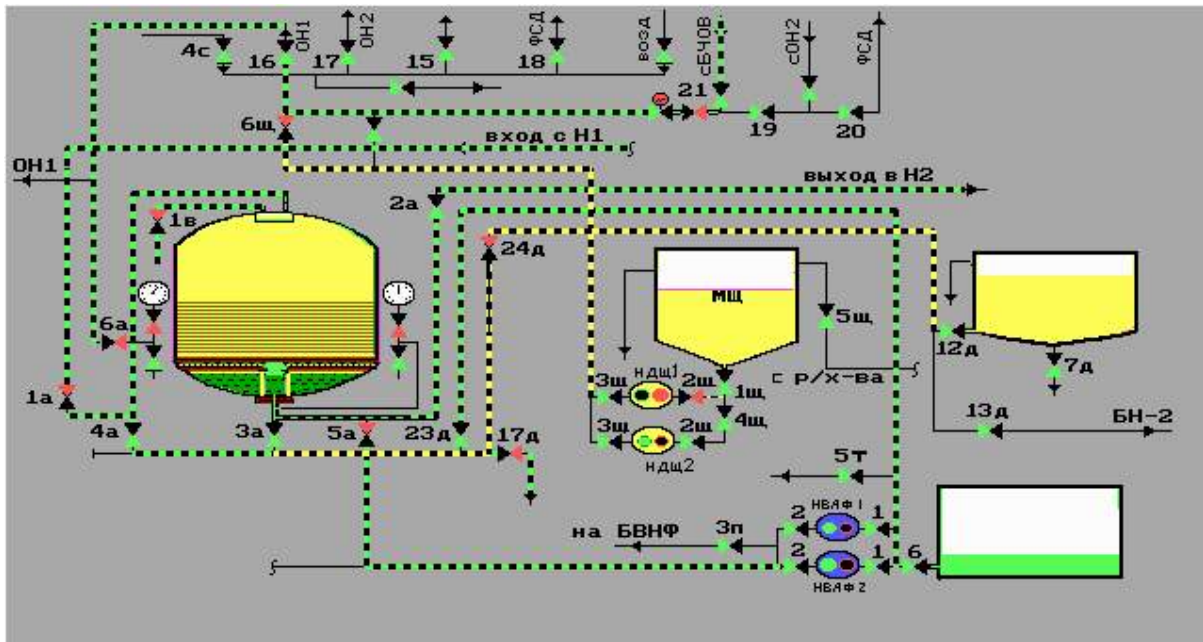


Рисунок 1.21 – Схема аніонітового фільтра І східця

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить:

- контроль за режимом роботи;
- розпушування;
- регенерація та відмивка.

Контроль ведеться:

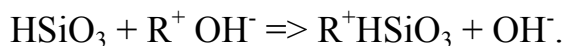
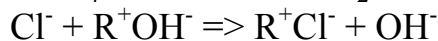
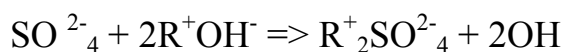
- за якістю води на виході фільтра на хлориди СГ, кількість яких не повинна перебільшувати 2,5–3 мг/л;
- перепадом тиску, який повинен бути меншим 2,5 кгс/см²;
- виносом фільтруючого матеріалу;
- зменшенням витрати більше 50 %.

Розпушування

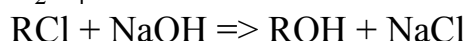
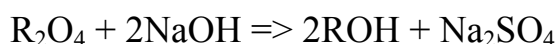
- Відключити фільтр, закрити 1А, 2А;
- відкрити 23Д, 6, 4А, 1А. Заповнити БВАФ до рівня 4,5 м;
- закрити 1А, 4А, 23Д;
- відкрити 17Д, 4А, 5А, на НВАФ, відкрити арматуру № 1, № 2;
- включити НВАФ, відповідний складеній схемі;
- засувкою 5А встановити витрату 80–100 т/год;
- розпушування вести до освітлення води п/о точки «вхід»;
- відключити НВАФ;
- закрити 6, № 1, № 2 на насосі, 5А, 4А, 17Д;
- відкрити 1В. Зняти тиск до 0 кгс/см².

Регенерація

При аніонуванні води проходить процес обміну присутніх в ній аніонів на обмінні іони OH^- :



Регенерація вичерпаного в процесі фільтрування аніоніту проводиться 2–3 % розчином їдкого натру:



Для того, щоб відрегенерувати вичерпаний аніоніт в фільтрі OH^- східця, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 24Д, 12Д, 6А, 3А, 21, 21(1), 16, 21(2);
- регулятором витрати встановити витрату $Q = 30\text{--}35$ т/г;
- відкрити 21(2), 6Щ, 1Щ;
- відкрити 2Щ, 3Щ на НДЩ № 1, № 2;
- включити НДЩ, відповідний складеній схемі.

Концентрація регенованого розчину повинна бути 2–3 %. Далі:

- відкачати 37 см лугу по лінійці мірника;
- відключити НДЩ;
- закрити 1Щ, 2Щ, 3Щ, 6Щ;
- промити трубопроводи і фільтр протягом 20–30 хвилин;
- закрити 21, 21(1), 16, 21(2), 3А;
- витримати фільтр під лугом 1–2 години;
- провести відмивку;
- відкрити 1А, 3А, 1В, видалити повітря;
- встановити витрату $Q = 50\text{--}60$ т/год засувкою 1А;
- відмивка на БН № 1 до хлоридів $\text{Cl}^- = 20$ мкг/кг;
- перевести відмивку при $\text{Cl}^- = 20$ мкг/кг на БВАФ;
- відкрити 23Д, 6;
- закрити 24Д, 12Д;
- відмивку вести до $\text{Cl}^- = 2,0\text{--}2,5$ мг/кг та до $\text{Щ0} = 200$ мкг-екв/кг;
- закрити 1А, 3А, 23Д, 6.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Н-КАТІОНІТНІ ФІЛЬТРИ ДРУГОГО (II) СХІДЦЯ

Н-катіонітні фільтри II східця призначені для видалення з води катіонів натрія та залишків катіонів кальцію і магнію. Схема Н-катіонітного фільтра II східця наведена на рис. 1.22.

Порядок пуску

Для того, щоб включити в роботу водень-катіонітний фільтр II східця, необхідно виконати такі операції:

- відкрити засувки 1М, 2М;
- засувкою 1Н встановити витрату 80–200 т/год;
- відкрити 1В, видалити повітря;
- закрити 1В.

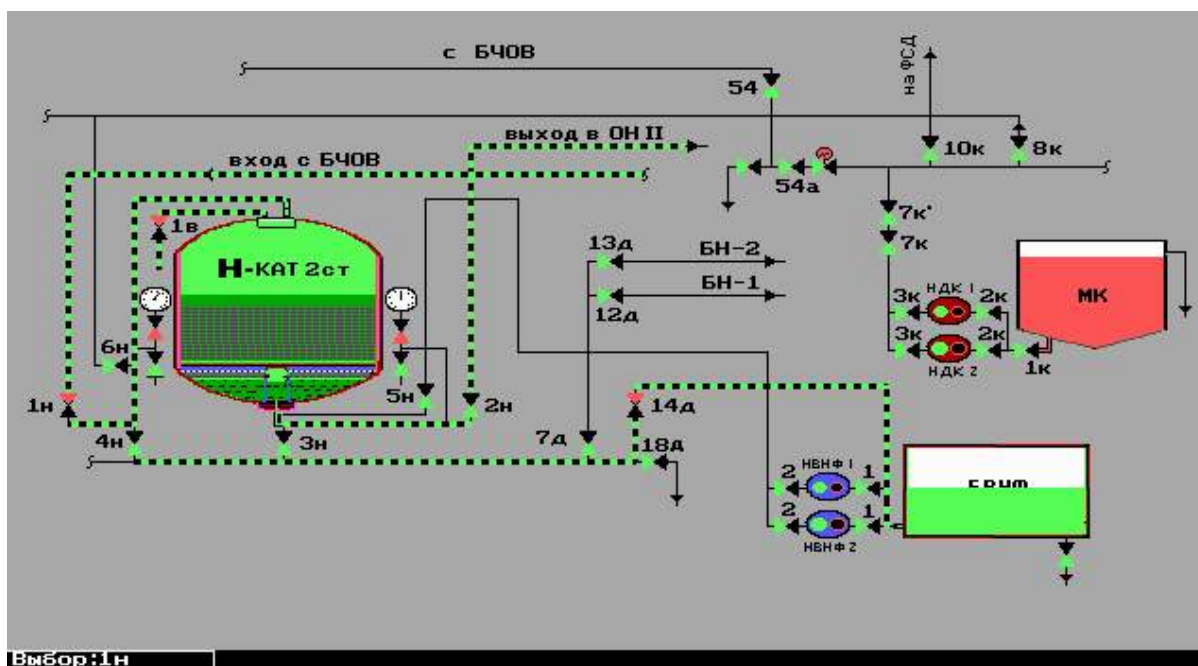


Рисунок 1.22 – Схема Н-катіонітного фільтра II східця

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка.

Контроль ведеться:

- за якістю води на кислотність. Зниження кислотності до 10–15 мкг-е/кг та поява забарвлення по фенолфталеїну на Н-катіонітному фільтрі II східця говорить про те, що фільтр вийшов на регенерацію;
- перепадом тиску, щоб він не перевищував 2,5 кгс/см²;

- виносом фільтрувального матеріалу;
- витратою води через фільтр.

Взпушування

- Відключити фільтр, закрити 1Н, 2Н;
- відкрити 14Д, 4Н, 1Н, заповнити БВНФ до рівня 4,5 м;
- закрити 1Н, 4Н, 14Д;
- відкрити 18Д, 4Н, 5Н, № 1, № 2 на НВНФ;
- засувкою 5Н встановити витрату 80–100 т/год;
- розпушування вести до освітлення води на виході п/о точки «вхід»;
- відключити НВНФ, закрити № 1, № 2, 5Н, 4Н, 18Д;
- відкрити 1В, зняти тиск в фільтрі до 0 кгс/см².
- закрити 1В.

Регенерація

Регенерація вичерпаного в процесі фільтрування катіоніта відбувається аналогічно Н-катіонітним фільтрам І східця, але з концентрацією розчину сірчаної кислоти 3–4 %.

Для того, щоб відрегенерувати вичерпаний катіоніт в Н-катіонітному фільтрі ІІ східця, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 54, 54А, 8К, 6Н, 3Н, 7Д, 13Д, 34А(1);
- встановити регулятором витрати витрату $Q = 60\text{--}70$ т/г, 54А(1);
- відкрити 7К, 7К';
- відкрити 1К, 2К, 3К, включити НДК відповідний складеній схемі;
- концентрація розчину $\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{--}4$ %;
- злити кислоту в кількості 7 см по лінійці мірника;
- відключити НДК, закрити 1К, 2К, 3К, 7К, 7К';

Відмивку вести на БН протягом 15 хвилин, після чого:

- відмивку перевести на БВНФ;
 - відкрити 14Д;
 - закрити 7Д, 13Д;
 - при аналізах на виході $K \leq 100$ мкг-е/кг, $Ж \leq 2$ мкг-е/кг закінчити відмивку;
 - закрити 54, 54А, 8К, 6Н, 3Н, 14Д;
- Фільтр включити в роботу або вивести в резерв.

Включення фільтра із резерва

Відкрити 18Д, 1Н, 3Н. Промити протягом 1–5 хвилин до $K \leq 100$ мкг-е/кг, $Ж \leq 2$ мкг-е/кг.

Закрити 1Н, 3Н, 18Д.

Фільтр готовий до включення в роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ОН-АНІОНІТОВІ ФІЛЬТРИ ДРУГОГО (II) СХІДЦЯ

Аніонітові фільтри II східця призначені для видалення з води аніонів слабких кислот (HSiO_3^- , CO_3^-) та залишків аніонів сильних мінеральних кислот (Cl^- , O_3^- , O_4^{2-}). Обмінним аніоном є гідроксильна група OH^- . Схема ОН-аніонітового фільтра II східця наведена на рис. 1.23.

Порядок пуску

Для того, щоб включити в роботу фільтри, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 1А, 2А, засувкою 1А встановити витрату $Q = 50\text{--}100$ т/год;
- відкрити 1В, видалити повітря;
- закрити 1В.

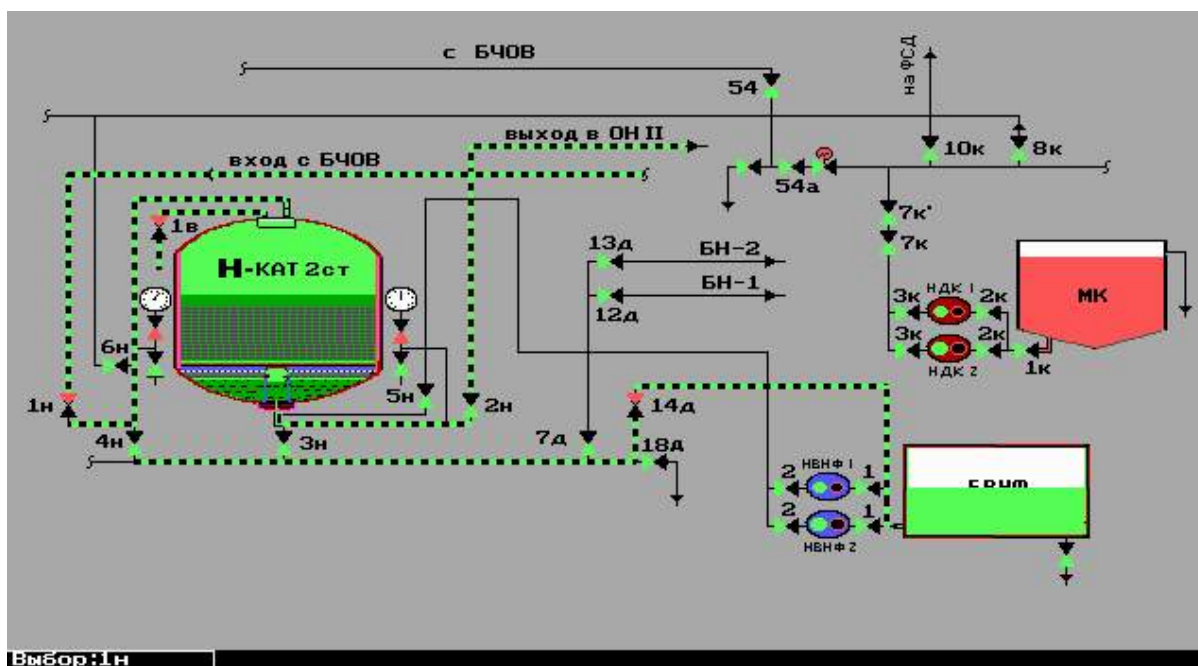


Рисунок 1.23 – Схема ОН-аніонітового фільтра II східця

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка.

Контроль ведеться за:

- якістю води на кремнійвміст SiO_2 , який повинен бути меншим 200 мкг/кг;
- перепадом тиску, який не повинен перевищувати $2,5$ кгс/см²;
- виносом фільтрувального матеріалу;

- зниженням витрати більше 50 %.

Розпушування

- Відключити фільтр, закрити 1А, 2А;
- відкрити 1А, 4А на фільтрі І східця, 23Д, 6. Заповнити БВАФ до рівня 4,5 м;
- закрити 1А, 4А, 23Д, 6;
- відкрити 6, 19Д, 4А, 5А на ОН ІІ ступеня; № 1, № 2, включити НВАФ, відповідний складеній схемі;
- засувкою 5А встановити витрату 80–100 т/год;
- розпушування вести до освітлення води в п/о точці «вхід»;
- відключити НВАФ;
- закрити 5, № 1, № 2, 5А, 4А, 19Д;
- відкрити 1В, знизити тиск до 0 кгс/см²;
- закрити 1В.

Регенерація

При аніонуванні води проходить процес обміну присутніх в ній аніонів на обмінні іони ОН. Регенерація вичерпаного в процесі фільтрування аніоніту проводиться аналогічно ОН-фільтрам І східця. Але, оскільки залишковий вміст регенераційного розчину лугу є достатнім для повторного використання на аніонітових фільтрах І східця, то проводять одночасну регенерацію пари фільтрів ІІ і І східців. Схема регенерації ОН-аніонітового фільтра ІІ східця наведена на рис. 1.24.

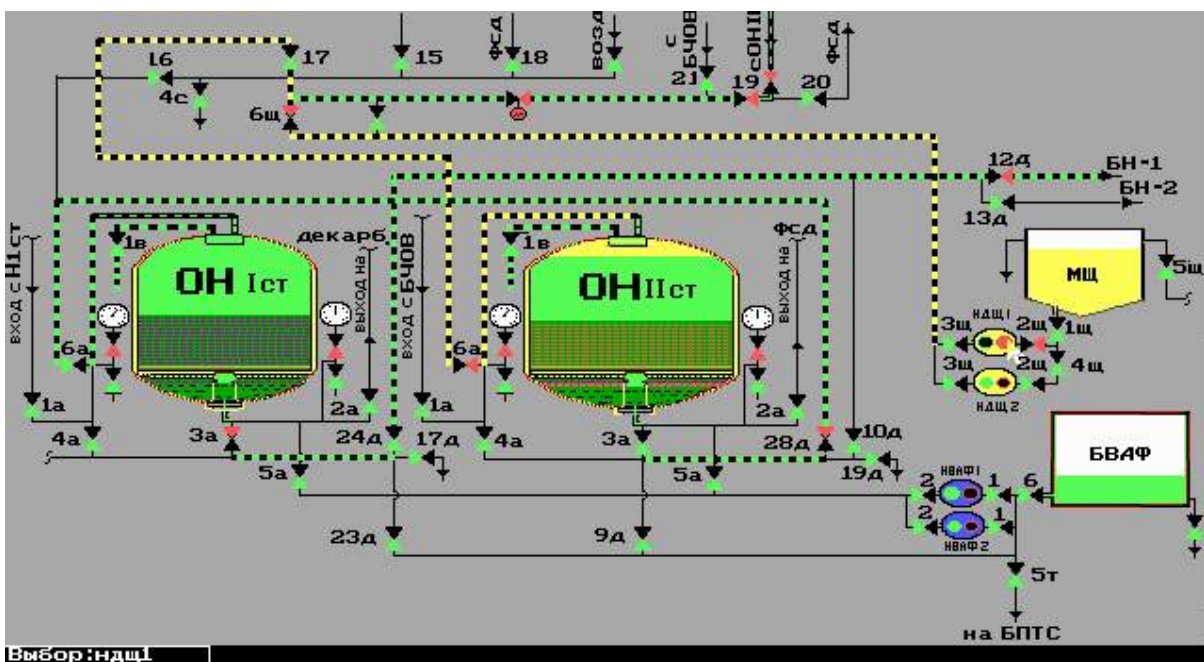


Рисунок 1.24 – Схема регенерації ОН-аніонітового фільтра ІІ східця

Для сумісної регенерації ОН-фільтрів II і I східців необхідно виконати такі операції:

- відкрити засувки 19, 17;
- відкрити на фільтрі II східця засувки 6А, 3А, 28Д;
- відкрити на фільтрі I східця засувки 6А, 3А, 24Д;
- відкрити 12Д на БН № 1;
- регулятором встановити витрату $Q = 28-35$ т/год;
- відкрити 6Щ, 1Щ, 2Щ, 3Щ, включити НДЩ № 1 або № 2, відповідний складеній схемі.

Концентрація NaOH має бути 1 %.

Після цього:

- злити луг (NaOH) в кількості 57 см по лінійці на мірнику луку;
- відключити НДЩ;
- закрити 1Щ, 2Щ, 3Щ, 6Щ;
- промити трубопроводи до появи лужності на виході фільтра I східця;
- закрити 19, 17;
- закрити на фільтрі II східця 6А, 3А, 28А;
- закрити на фільтрі I східця 6А, 3А, 24Д;
- закрити 12Д, регулятор витрати;
- витримати фільтри під лугом 3 години.

Після витримки провести відмивку:

- відкрити 19, 17;
- відкрити на фільтрі II східця 6А, 3А, 28Д;
- відкрити на фільтрі I східця 6А, 3А, 24Д;
- відкрити 12Д на БН № 1;
- відкрити регулятор, встановити витрату $Q = 50-60$ т/год.

Відмивку виконувати до величини хлоридів на виході з фільтра I східця 20 мг/кг. При досягненні цього значення відмивку перевести на БВАФ.

Тоді:

- відкрити 23Д, 6;
- закрити 24Д, 12Д.

Якщо рівень в БВАФ піднявся до 4,5 м, а аналізи на виході фільтра II східця за вмістом кремнієвої кислоти HSiO_3 показують 200 мкг-е/кг, на виході фільтра I східця хлориди Cl складають 2–2,5 мг/кг, лужність Щ дорівнює 90 мкг-е/кг, то сумісну промивку на БВАФ припинити і провести роздільну промивку фільтрів на БПТС.

Для цього необхідно:

- закрити 19, 17;
- закрити на фільтрі II східця 6А, 3А, 28Д, на фільтрі I східця 6А, 3А, 23Д;
- закрити 6 на БВАФ;
- відкрити на фільтрі II східця 1А, 3А, 9Д, 5Е.

Промивати до показників на пробовідбірній точці «вихід» $Cl = 2-2,5$ мг/кг; $Щ = 200$ мкг-е/кг.

Потім:

- закрити 1А, 3А, 23Д на фільтрі І східця;
- закрити 5Т.

Фільтр І східця готовий до включення в роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ФІЛЬТРИ ЗМІШАНОЇ ДІЇ (ФЗД)

ФЗД призначені для глибокого обезсолювання та обезкремнювання води завдяки присутності в них великої кількості східців H^+ та OH^- іонування.

Порядок пуску

Для того, щоб включити в роботу фільтр, необхідно виконати такі операції:

- відкрити засувки 1Ф, 2Ф, 1В, видалити повітря;
- закрити 1В;
- засувкою 1Ф встановити витрату $Q = 50-130$ т/год.

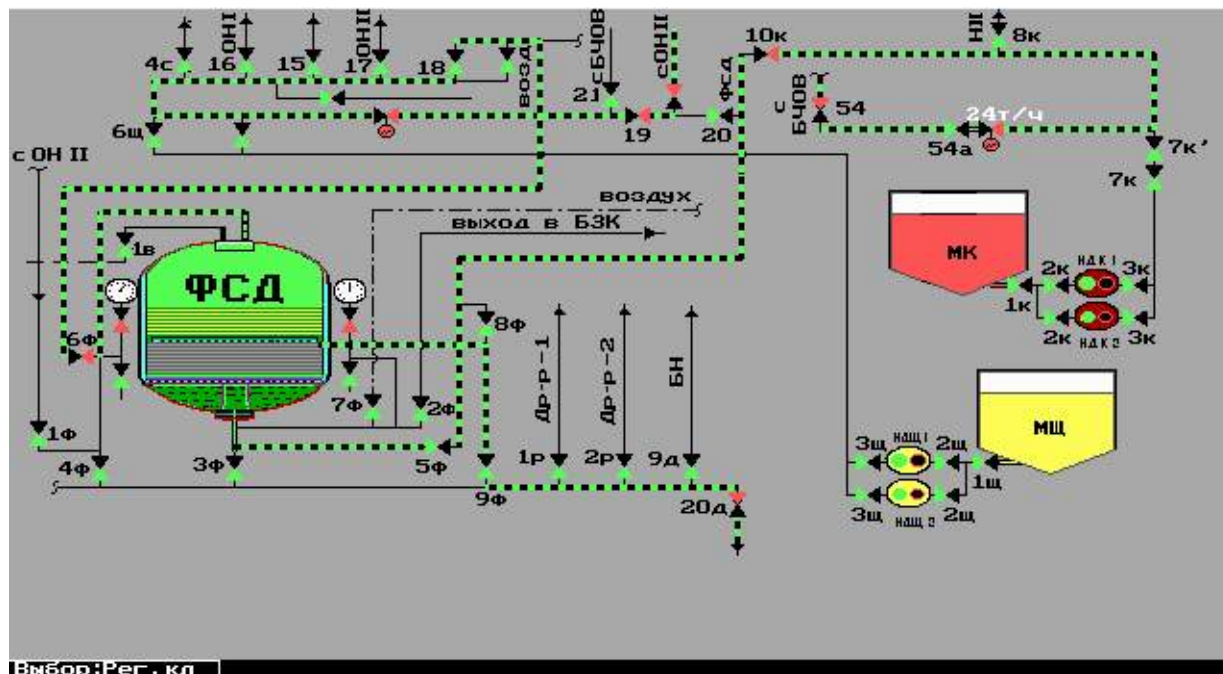


Рисунок 1.25 – Фільтри змішаної дії (ФЗД)

Порядок обслуговування

В обслуговування фільтра входить контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка.

Контроль ведеться:

- за якістю води після фільтра. Значення SiO_2 повинно бути не більше 20 мкг/кг, електропровідність має бути нижче 0,3 мкСм/см, значення Na^+ – не більше 5 мкг/кг, Fe_3^+ – не більше 10 мкг/кг;
- за показниками рН-метра, кондуктометра;
- за виносом фільтрувального матеріалу;
- за витратою води через фільтр.

Розпушування, відмивка та розділення шихти

При збільшенні показників SiO_2 за 20 мкг/кг, електропровідності – за 0,3 мкСм/см, Na^+ – за 5 мкг/кг, Fe_3^+ – за 10 мкг/кг фільтр відключити на регенерацію.

Перед тим, як розпочати регенерацію, ущільнену шихту необхідно розпушити і розділити на катіоніт та аніоніт:

- закрити 1Ф, 2Ф;
- відкрити 3Ф, 20Д, 1В на 5–7 хвилин, опустити водяну подушку;
- закрити 3Ф;
- повільно відкрити 7Ф;
- розпушувати повітрям 5–7 хвилин;
- закрити 7Ф;
- відкрити 20, 4Ф;
- повільно засувкою 5Ф встановити витрату 15 т/год;
- відкрити 1В, видалити повітря;
- закрити 1В.

Слідкувати за виносом фільтрувального матеріалу. Якщо виносу немає, встановити засувкою 5Ф витрату $Q = 24\text{--}25$ т/год. Потім:

- мити та розділяти шихту 40–50 хвилин до освітлення води в п/о точці «вхід»;
- закрити 20, 5Ф, 4Ф;
- ущільнити шихту, відкрити 1Ф, 3Ф;
- засувкою 1Ф встановити витрату $Q = 50$ т/год;
- ущільнювати шихту 5 хвилин;
- закрити 1Ф, 3Ф, 20Д.

Регенерація

Відтворення іонного обміну катіоніту та аніоніту ФЗД виконують пропусканням через шар катіоніту 4–5 %-го розчину сірчаної кислоти, а через шар аніоніту – 4 %-го розчину лугу.

Для того, щоб відрегенерувати вичерпаний катіоніт та аніоніт, необхідно виконати такі операції:

- відкрити 20Д, 9Ф, 6Ф, 18, 19;
- регулятором встановити витрату $Q = 15$ т/год;
- відкрити 54, 54А, 10К, 5Ф;
- регулятором встановити витрату $Q = 24$ т/год;
- відкрити 6Щ, 1Щ, 2Щ, 3Щ;
- включити НДЩ, відповідній складеній схемі;
- відкрити 7К, 7К', 1К, 2К, 3К;
- включити НДК, відповідній складеній схемі.

Концентрація лужного розчину повинна бути 4 %-ною. Концентрація розчину сірчаної кислоти має бути 4–5 %-ною. Тоді:

- зменшити рівень кислоти по лінійці мірника на 7 см;
- відключити НДК;
- закрити 1К, 2К, 3К, 7К, 7К';
- зменшити рівень луку по лінійці мірника на 28 см;
- відключити НДЩ;
- закрити 1Щ, 2Щ, 3Щ, 6Щ;
- закрити 1Щ, 2Щ, 3Щ, 6Щ;
- перевести відмивку іоніта в ФСД на воду після аніонітового фільтра II східця;

- закрити 54, 54А, 10К;
- відкрити 20;
- регулятором встановити витрату $Q = 25$ т/год;
- засувкою 5Ф встановити витрату $Q = 25$ т/год.

Мити до показників Щ = 200 мкг/кг, Ж = 3 мкг-е/кг; К = 100 мкг-е/кг.

Тоді:

- відкрити 1Р, вода прямує на БЧОВ;
- закрити 20Д.

При значенні $SiO_2 = 50$ мкг/кг відмивку припинити. Тоді:

- закрити 19, 20, регулятор, 18, 6Ф, 5Ф, 9Ф, 1Р.

Змішування та відмивка шихти після регенерації

- Відкрити 3Ф, 20Д, 1В;
- опустити водяну подушку на 5–7 хвилин;
- закрити 3Ф, 20Д;
- повільно відкрити 7Ф;
- перемішувати шихту повітрям 5–7 хвилин, 7Ф;
- закрити 7Ф;
- закрити 1Ф, видалити повітря;
- закрити 1В;
- відкрити 3Ф, 1Р;
- засувкою 1Ф встановити витрату $Q = 40–50$ т/год;

- мити до показників в п/о точці «вихід»:
 $\text{SiO}_2 \leq 20$ мкг/кг; Ж $\leq 0,2$ мкг-е/кг ; Щ ≤ 5 мкг-е/кг;
 - закрити 1Ф, 3Ф, 1Р.
- Фільтр може бути виведений в резерв або включений в роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ЕКСПЛУАТАЦІЯ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Методика роботи

Для експлуатаційників енергетичних установок важливими є навички прийняття рішень при аваріях насосів. Для набуття таких навичок розроблена програма динамічного тестування знань дій в аварійних ситуаціях експлуатації насосних агрегатів.

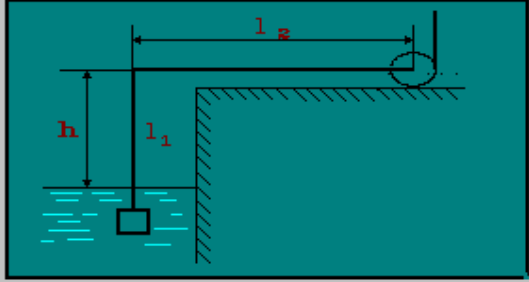
Інформаційний матеріал програми забезпечує: теоретичні заняття, практичні заняття та лабораторні роботи.

На теоретичних заняттях надається можливість ознайомитися з елементами бакового господарства, схемами насосів та електродвигунів, номінальними параметрами роботи насосів, процесами, характеристиками, принципами роботи насосів, загальними відомостями про аварійні ситуації, причинами їх виникнення, з діагностуванням та усуненням поломок.

Практичні заняття подані прикладами розв'язування типових задач та контрольними завданнями. Спочатку вивчається зміст текстового файлу з теоретичними відомостями щодо конкретного прикладу, потім розглядається приклад розв'язування задачі (рис 1.26).

103 50

Визначити найбільш допустиме значення L_2 від колодязя до відцентрового насоса, який при швидкості обертання $n=2900$ об/хв має подачу $Q=17$ л/с, якщо температура води $t=20$ оС, висота всмоктування $h_{вс}=0$ м, довжина вертикальної ділянки трубопровода $L_1=1$ м, діаметр трубопровода $d=169$ мм, шорсткості $0,2$ мм, коефіцієнт опору всмоктуючого клапана 5 , коефіцієнт опору відвода 0



Ваша відповідь : $L_2 =$

Запишіть відповідь та натисніть [Enter]
Для виходу в попереднє меню [Esc]

Рисунок 1.26 – Приклад розв'язування задачі

В задачах розглядаються принципи дії, основні рівняння, робочі характеристики насосів, подібність лопатевих насосів тощо.

Після ознайомлення виконується контрольна робота. Вибирається задача з будь-якої теми, датчиком випадкових чисел генеруються початкові умови, далі програма розв'язує задачу заданим алгоритмом та пропонується ввести свій варіант відповіді.

Потім ці відповіді порівнюються, і за величиною різниці проставляється оцінка, також оцінюється кількість припущених помилок в ході розв'язання. Після розв'язування задач можна виконувати лабораторні роботи.

Лабораторні роботи визначаються трьома режимами:

- демонстрація – в цьому режимі пропонується переглянути демонстраційний ролик ввімкнення кожного з елементів бакового господарства, а також побачити приклади аварійних режимів насосних агрегатів, причини та шляхи їх усунення;

- контроль – даний режим дозволяє самостійно вводити в роботу елементи бакового господарства, при аварійних режимах визначати причини та шляхи усунення неполадок. Програма повідомляє про помилкові дії, однак штрафні бали не нараховуються. У випадку великої кількості припущених помилок програма сама виконає необхідну операцію;

- іспит – цей режим є найбільш складним, оскільки тут необхідно ввести в роботу схему бакового господарства, а потім при виявленні аварійного режиму швидко і без помилок виконати дії щодо його усунення. За кожну припущену помилку програма нараховує штрафні бали. Результати роботи будуть занесені в протокол, з яким можна буде ознайомитися при закінченні іспиту.

Даний протокол формується в окремому захищеному текстовому файлі, який може бути відправлений по Інтернету викладачу.

Програма динамічного тестування працює таким чином. На екран виводиться гідравлічна схема з насосами і ємностями (рис. 1.27). В меню вибирається режим керування або режим роботи. В режимі керування за допомогою «миші» відкриваються або закриваються засувки, одразу у вікні показується число – ступінь відкритості засувки, одне натискання «миші» відповідає 10 % відкриття або закриття. Управління роботою насосів та ємностями виконується аналогічно.

При виконанні всіх необхідних дій показуються напрями рухів рідин, їх витрати і тиски. Далі датчик випадкових чисел вибирає насос і аварійну ситуацію для нього із відповідного списку.

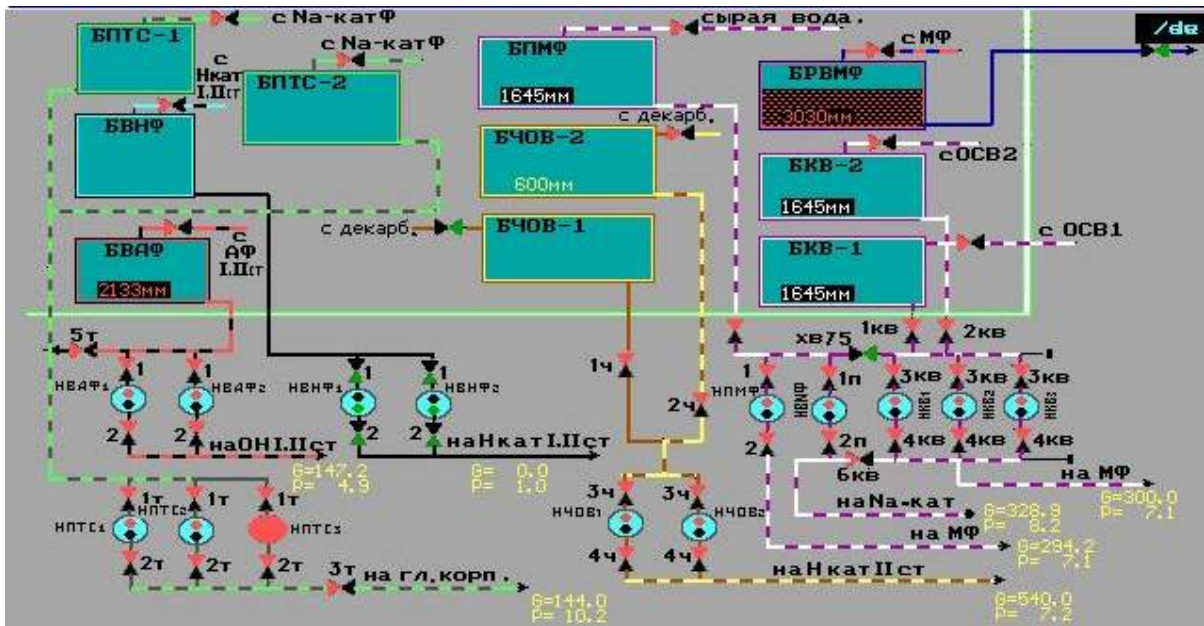


Рисунок 1.27 – Приклад аварійної ситуації

Аварійний насос виділяється кольором і звуковим сигналом. Потім виводиться зображення насоса з характерною ознакою поломки, наприклад, вібрація ротора, нещільність сальників, розбалансування робочого колеса, кавітація і виводяться: витрата рідини, тиск, ампераж електродвигуна, температура масла, напруга, кількість обертів (рис. 1.28). Далі виводяться списки можливих причин аварій та засобів їх ліквідації, з яких необхідно вибрати дійсні, як наведено на рисунку.

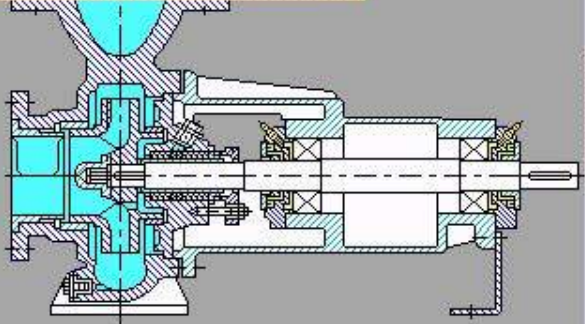
<p>ГОЛОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ :</p> <p>Витрати 0.0 Тиск 9.0 Сила струму.. 7.1 Потужність... 19.9 Напруга..... 380.0 (n=3000)</p> 	<p>ПРИЧИНА АВАРІЇ -</p> <p>Зношення робочого колеса.</p>
	<p>ДІЇ ПО ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЇ -</p> <p>Зупинити насос та ввікнати паралельний. Замінити робоче колесо.</p>
<p>АВАРІЮ ЛІКВІДОВАНО !</p> <p>ШТРАФНИХ БАЛІВ НАБРАНО 1</p> <p>ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ ШТРАФНИХ БАЛІВ 9</p>	
<p>ПРОДОВЖИТИ РОБОТУ</p>	

Рисунок 1.28 – Зображення насоса з характерною поломкою

Після ліквідації аварії відбувається повернення на початок циклу роботи програми. Оцінка дій того, кого навчаємо, визначається на основі загальної кількості виявлених аварій та кількості помилок щодо виявлення причин та дій щодо ліквідації аварій (рис. 1.29).

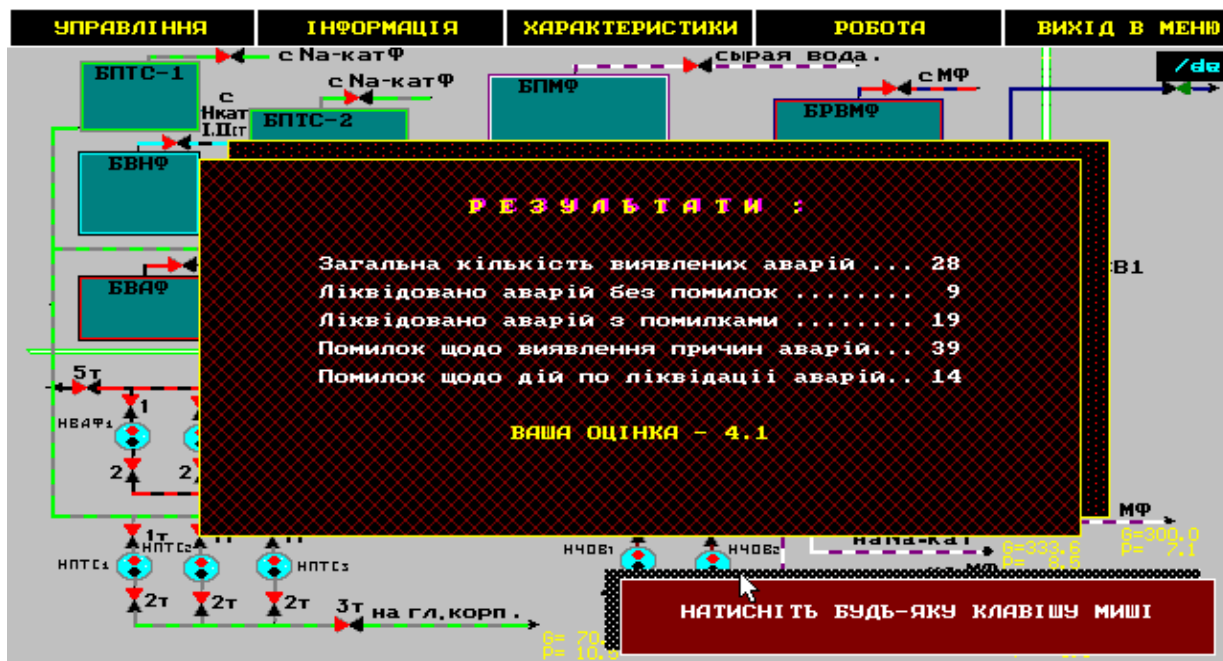


Рисунок 1.29 – Результат виконання лабораторної роботи

Порядок виконання роботи

Робота з підрозділом «Експлуатація насосів».

- Увійти до розділу «Теоретичні заняття». Вивчити параграфи:
 - загальний опис бакового господарства;
 - схеми насосів;
 - характеристики насосів;
 - номінальні параметри насосів;
 - процеси в насосах;
 - схеми електродвигунів;
 - діагностика насосних агрегатів.
- Увійти до розділу «Практичні заняття», підрозділ «Контрольна практична робота». Переписати умови та розв'язати такі задачі з підрозділу:
 - принципи дії, основні рівняння, робочі характеристики насосів;
 - подібність лопатевих насосів, розширення області застосування насосів;
 - робота відцентрового насоса на трубопроводі;
 - припустима висота всмоктування відцентрового насоса;
 - вибір електродвигуна насоса.
- Ознайомитися з таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Неполадки лопатевих насосів та способи їх усунення

Неполадки	Можливі причини	Спосіб усунення
Насос не запускається, тобто після пуску двигуна не подає рідину	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нещільність всмоктувальної лінії. 2. Накопичення повітря в корпусі насоса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оглянути трубопровід та усунути неполадку. 2. Повторити заливання насоса водою.
Подача насоса в процесі роботи падає	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення частоти обертання. 2. Проникнення повітря в всмоктувальну лінію або в корпус насоса через сальники. 3. Засмічення каналів робочого колеса. 4. Збільшення опорів в напірному трубопроводі. 5. Збільшення вакууму на всмоктувальній стороні насоса. 6. Механічні пошкодження: <ol style="list-style-type: none"> а) зношення ущільнювальних кілець; б) пошкодження робочого колеса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірити та відремонтувати двигун. 2. Підтягнути сальники або змінити в них набивку. 3. Оглянути колесо, прочистити його канали. 4. Перевірити всі засувки та місця можливого засмічення трубопроводу. 5. Оглянути всмоктувальний трубопровід та приймальний клапан. 6. Замінити пошкоджені деталі.
Зменшення напору в процесі роботи насосу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення частоти обертання. 2. Розрив напірного трубопроводу. 3. Наявність повітря в воді. 4. Механічні пошкодження ущільнювальних кілець або робочого колеса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірити двигун. 2. Оглянути напірний трубопровід й усунути течу. 3. Перевірити всмоктувальний трубопровід або замінити набивку сальника. 4. Замінити пошкоджені деталі.
Перегрів двигуна через його перевантаження	<ol style="list-style-type: none"> 1. Надмірне збільшення частоти обертання. 2. Надмірне збільшення подачі насоса. 3. Механічні пошкодження електродвигуна або насоса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірити двигун та систему підключення до електромережі. 2. Прикрити засувку на напірному трубопроводі. 3. Перевірити двигун та насос, замінити пошкоджені деталі.
Вібрація і шум при роботі насосного агрегату	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильне установлення агрегату. 2. Засмічення робочого колеса. 3. Ослаблення кріплень трубопроводів або насоса. 4. Кавітація через велику висоту всмоктування. 5. Механічні пошкодження: <ol style="list-style-type: none"> а) заїдання частин, що обертаються; б) прогинання вала; в) зношення підшипників. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірити установлення агрегату. 2. Оглянути та прочистити колесо. 3. Подтягти кріплення. 4. Зупинити насос та вжити заходи щодо зниження висоти всмоктування. 5. Замінити пошкоджені деталі.

4. Увійти до розділу «Лабораторні роботи». Увійти до підрозділу «Довільна робота в безаварійному режимі». Протягом 10 хвилин засвоїти операції відкриття засувок та включення насосів. Вийти з підрозділу.

5. Увійти до підрозділу «Введення в дію елементів бакового господарства».

5.1 Увійти в параграф «Демонстрація». Продивитися демонстраційні програми з тем:

- підживлення тепломереж;
- розпушування аніонітових фільтрів;
- розпушування Н-катіонітних фільтрів;
- подача частково-обезсоленої води (ЧОВ) на Н-катіонітні фільтри;
- підживлення механічних фільтрів;
- розпушування Na-катіонітних фільтрів.

5.2 Увійти в параграф «Контроль». Виконати перелічені теми.

5.3 Увійти в параграф «Екзамен». Виконати перелічені теми з оцінкою «добре» або «відмінно». Вийти з підрозділу.

6. Увійти до підрозділу «Робота в аварійних ситуаціях».

6.1 Увійти в параграф «Демонстрація». Відкрити та включити приблизно половину засувок та насосів. Продивитися демонстраційну програму з дій в аварійних ситуаціях експлуатації насосів.

6.2 Увійти в параграф «Контроль». Відкрити та включити всі засувки та насоси. Виконати вправу.

6.3 Увійти в параграф «Екзамен». Відкрити та включити всі засувки та насоси. Виконати вправу та записати результати та оцінку виконання.

РОЗДІЛ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

2.1 Питання та відповіді

1. Атмосферне повітря. Що являє собою атмосферне повітря та який його склад?

Атмосферне повітря являє собою суміш газоподібних речовин. Об'ємний склад повітря, %: азоту – 78,16; кисню – 20,9; інертних газів: (аргон, гелій, криптон, неон і родон) 0,94. Масовий склад повітря, %: азоту 75,5; кисню 23,2; інертних газів – 1,3. Окрім кисню, азоту і інертних газів, що складають основну масу повітря, до його складу входять в невеликій кількості діоксид вуглецю (CO_2), водяна пара та пил. При цьому діоксид вуглецю в атмосферу надходить від фабрик, заводів, електростанцій та інших об'єктів, що спалюють багато палива, а також викидається в повітря внаслідок вулканічної діяльності. Але, незважаючи на безперервне проступання діоксиду вуглецю в атмосферу, вміст його в повітрі можна вважати сталим. Він складає в середньому біля 0,03 % (об'ємних), тому що діоксид вуглецю поглинається рослинами та добре розчиняється в воді.

2. Який вміст водяної пари в повітрі та як залежить її кількість від температури повітря?

Вміст водяної пари в повітрі коливається в межах від часток процента до кількох процентів та залежить як від місцевих умов, так і від температури. Чим вища температура навколишнього повітря, тим більше водяної пари воно вміщує, внаслідок чого вміст вологи в повітрі влітку більший, а взимку менший.

3. Азот, його частка в повітрі, густина.

Азот – газ, так само як і повітря, не має ані кольору, ані запаху, ані смаку, трохи легший за повітря. Густина азоту при $0\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 101,325 кПа (760 мм рт. ст.) $1,25\text{ кг/м}^3$. Азот – базовий компонент повітря (78,16 % по об'єму; 75,5 % по масі). При температурі $195,8\text{ }^\circ\text{C}$ азот стає рідиною, при температурі $210\text{ }^\circ\text{C}$ – твердіє. В твердому стані азот являє собою безбарвну кристалічну масу. Азот не підтримує горіння. У воді він розчиняється погано (ще гірше, ніж кисень). Хімічний символ N; молекулярна формула N_2 .

4. Кисень, його частка в повітрі, густина.

Кисень – газ без кольору, запаху та смаку. В повітрі його вміст по об'єму складає 20,9; по масі – 23,2 %. Кисень трохи важчий за повітря. Густина кисню при $0\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) – $1,43\text{ кг/м}^3$. При температурі $183\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) кисень перетворюється на рідину, а при температурі $218,8\text{ }^\circ\text{C}$ – твердіє і перетворюється в снігоподібну масу. Кисень не горить, проте добре підтримує горіння, без нього горіння неможливе. У воді кисень

розчиняється в невеликій кількості: в 100 л води при температурі 0 °С розчиняється 4,9 л кисню, при температурі 20 °С – 3,1 л. Хімічний символ О, молекулярна формула О₂.

5. Що таке абсолютна вологість повітря? Що таке точка роси?

Абсолютною вологістю повітря називається кількість водяної пари, яка знаходиться в 1 м³ вологого повітря. Відношення абсолютної вологості ненасиченого повітря за даної температури до абсолютної вологості насиченого повітря за тієї самої температури називається відносною вологістю $\psi = W_0/W_n$, де ψ – відносна вологість; W_0 – абсолютна вологість ненасиченого повітря, W_n – абсолютна вологість насиченого повітря. Слід зазначити, що за даної температури повітря має вологоутримувальну здатність. Вологовміст вологого повітря являє собою відношення маси пари до маси сухого повітря, що вміщується в пароповітряну суміш. Температура, за якою водяні пари в повітрі стають насиченими, називається точкою роси. Якщо вологе повітря охолодити, то за деякою температурою в ньому з'явиться насичена пара, яка при подальшому охолодженні почне конденсуватися у вигляді роси.

6. Спалення газоподібного палива. Для якої мети служить запобіжно-запорний клапан ПКН та з яких елементів він складається?

Запобіжно-запорний клапан, який встановлюється перед регулятором тиску по ходу газу, призначений для автоматичного вимкнення регулятора тиску при надмірному підвищенні чи пониженні кінцевого тиску. В залежності від тиску в газопроводі запобіжно-запорні клапани бувають різної конструкції. Найбільш розповсюджені клапани – запобіжно-запорні клапани типу ПКН – низького тиску і ПКВ – високого тиску. Запобіжно-запорні клапани типу ПКН і ПКВ складаються з корпусу, направляючої колонки, сідла клапана, клапана, штифта ричага, анкерного ричага, штуцера імпульсної трубки, молотка, вантажу, штока мембрани, анкера. Окрім цього, клапани мають досить важливі деталі – мембрану і пружину.

7. Для чого призначені регулятори тиску газу?

Регулятори тиску газу призначені для зменшення тиску та автоматичного підтримання його на заданому рівні. За принципом дії розрізняють регулятори прямої та непрямої дії. У регуляторів тиску прямої дії перестановка регулювального органу виконується за рахунок енергії, яка передається мембрані при зміні величини кінцевого тиску газу. У регуляторів тиску непрямої дії перестановка регулювального органу виконується за допомогою енергії стороннього джерела (пневматична, гідравлічна, електрична та ін.), яка вмикається розподільним механізмом. Розподільний механізм діє в залежності від зміни величини кінцевого тиску газу.

8. Яким вимогам повинні відповідати регулятори тиску?

Регулятори тиску мають задовільняти такі умови: регулювання має бути стабільним. Зазвичай із зміною навантаження виникають коливання кінцевого тиску. Поступове затухання цих коливань, яке призводить до

нового тиску, характеризує стабільність регулювання, забезпеченню якої сприяють: поступова зміна витрат газу; велика ємність газопроводу за регулятором; запізнення, які обумовлені гідравлічними опорами і інерцією у відновленні рівноваги, порушеної зміною витрат газу.

9. Які характеристики регулятора РДУК?

Регулятор РДУК дозволяє підтримувати тиск газу в пальниках від 0,5 кПа (50 мм. рт. ст.) до 0,1–0,6 МПа (1–6 кгс/см²). В наш час в обігрівних котельнях та котельнях промислових підприємств працюють регулятори тиску РДУК 2-50, РДУК 2-100 та РДУК 2-200. Вони відрізняються один від одного лише діаметром умовного проходу. Якщо РДУК 2-50 має умовний прохід 50 мм, то РДУК 2-100 – 100 мм, а РДУК 2-200 – 200 мм. Тиск газу після регулятора при установленні пілота КН 2-00 може складати 0,5–60 кПа (50–6000 мм вод. ст); при установленні пілота КВ-2-00 з пружиною 5 мм – 0,06–0,6 МПа (від 0,6 до 6 кгс/см²).

10. Які регулятори тиску є найбільш розповсюдженими?

Найбільш розповсюдженими є регулятори прямої дії, які виділяються простотою конструкції та зручністю експлуатації, хоча за величиною нерівномірності кінцевого тиску вони поступаються регуляторам непрямої дії. Пілот КН створює можливість підтримання кінцевого тиску в межах 0,0005–0,06 МПа (0,005–0,6 кгс/см²), а пілот КВ – в межах 0,06–0,6 МПа (0,6–6 кгс/см²). При цьому зміни використання газу та вхідного тиску викликають коливання кінцевого тиску не більш 5 % номінального. Мінімальна різниця тиску для нормальної роботи регулятора складає 2940 Па (300 мм вод. ст.).

11. Які вузли регулятора РДУК є основними?

Основними вузлами регулятора тиску є: регулятор тиску і регулятор керування (пілот) з диференційним клапаном. Тиск газу після регулятора визначається величиною зусиль пружини на мембрану. Система знаходиться в рівновазі тоді, коли зусилля пружини і сила тиску газу на мембрану пілота рівні. При цьому клапан пілота відкритий на певну величину і пропускає крізь себе газ з трубки початкового тиску в трубку. З трубки крізь калібрований отвір в клапані газ скидається по скидній трубці в газопровід – після регулятора. Оскільки отвір в клапані складає всього 2 мм, в трубці та з'єднаною із ним надмембранною порожниною регулятора завжди підтримується тиск трохи більший, ніж в газопроводі за регулятором і в підмембранній порожнині регулятора. Величина різниці тисків забезпечує зрівноваження сил, які діють на мембрану регулятора. При зниженні тиску газу за регулятором проти значення, заданого пружиною пілота, мембрана буде підійматися вгору. Внаслідок цього клапан пілота також підійметься вгору і відкриє отвір для проходу газу. Це приведе до підвищення тиску в надмембранній порожнині регулятора, внаслідок чого мембрана зміститься донизу та збільшить ступінь відкриття основного клапана. Коли тиск газу в газопроводі після регулятора (внаслідок відкриття клапана) відновиться до початкової величини, тиск в

підмембранній порожнині зрівноважить підвищений тиск в надмембранній порожнині. При підвищенні тиску газу після регулятора мембрана пілота, долаючи зусилля пружини, опускається донизу, що приводить до перекидання клапана пілота. Внаслідок цього знизиться тиск в надмембранній порожнині регулятора і, як наслідок, прикриється клапан регулятора. Це приведе до пониження тиску газу після регулятора до початкової величини. Диференціальний клапан забезпечує спокійну (без качання) роботу регулятора при різких змінах використання газу користувачами і підтримання сталого тиску газу за регулятором. Пружина диференціального клапана розрахована так, що при перепаді тисків газів в трубах більше 0,01–0,02 МПа (0,1–0,2 кгс/см²) клапан відкриється, заважаючи тим самим виникненню великих за величиною перепадів тиску між трубкою та надмембранною порожниною регулятора, які з'єднані між собою каліброваним отвором. У верхню частину регулятора вбудований фільтр для очищення газу, який надходить по імпульсній трубці до регулятора керування.

12. Для чого призначений скидний запобіжний пристрій?

Скидний запобіжний пристрій призначений для скидання газу в атмосферу, якщо тиск в газопроводі збільшується вище певної межі. Їх налаштовують на спрацювання дещо менше, ніж запобіжні запорні клапани. Запобіжно-скидні клапани бувають у вигляді гідрозатворів для низького тиску або в вигляді пружинних клапанів для середнього та високого тисків. Як запірну рідину в теплих приміщеннях використовують воду, а в приміщеннях, де температура може бути меншою за нуль, використовують гліцерин, оливи, гас та ін. Працюють гідрозатвори таким чином: якщо тиск газу в газопроводі стане більший врівноваженого стовпа рідини гідрозатвора, то гідрозатвор нездатний утримувати підвищення тиску газу, котрий крізь гідрозатвор у скидну свічку починає скидатися в атмосферу. Кінець скидної свічки, крізь яку скидається газ, має бути вищий даха ГРП не менш 2 м. Окрім вищезазначених приладів в ГРП встановлюють ще фільтр, лічильник, манометри та обвідну лінію. Фільтр служить для запобігання від забруднення запірних поверхонь і регулятора тиску, запобіжно-запірного клапану, а також імпульсної лінії та контрольно-вимірювальних приладів. Фільтри виконані з фільтрувальною касетою, заповненою кінським волоссям чи мінеральною ватою. Лічильник служить для обліку використання газу, а манометри – для визначення тиску газу перед засувкою, встановленою на ввіді ГРП.

13. Як прокладається газопровід всередині котельні?

Газопровід всередині котельні прокладається по опорах вздовж стін в місцях, які легко доступні для огляду. Для газопроводу бажано застосовувати тільки суцільнотягнені труби, не використовувати фланці та максимально застосовувати зварювання при з'єднанні окремих частин газопроводу. Газопровід має мати нахил в напрямку руху газу з метою відведення води, яка міститься в газі, до кінцевого пункту, де і відбувається

спуск води. Для постачання газу пальникам парових та водонагрівних котлів від головного газопроводу виконуються відгалуження. На відгалуженнях попереду пальників ставляться запірні засувки.

14. Скільки запірних засувок встановлюють перед пальником?

Перед пальником встановлюють дві запірні засувки, а простір між ними з'єднують з продувочною свічою і запальником. Ці засувки є одночасно і запірним приладом, і приладом для ручного регулювання газу.

15. Чому перед пальниками встановлюють дві запірні засувки?

Дві запірні засувки встановлюють тому, що одна засувка не може надійно забезпечити герметичне перекриття проходу газу. Коли обидві засувки закриті, то газ, який проходить крізь першу засувку, виходить крізь продувну свічку назовні, бо при закритих засувках продувна свічка має бути обов'язково відкрита.

16. Для чого служить продувна свічка?

Продувна свічка служить для продувки газопроводу, а також для видалення газу у випадку, коли той пройде крізь першу запірну засувку, встановлену поперед пальника.

17. Куди повинен виходити трубопровід продувної свічки?

Трубопровід продувної свічки має виходити на дах котельної, при чому його кінець має бути на 2 метри вищий даха.

18. Для чого служить запальна свічка?

Запальна свічка служить для запалювання газу під час розпалювання котла.

19. З яких частин складається топка для спалювання газоподібного палива?

Топка для спалювання газоподібного палива складається з топкової камери, підпалювального пристрою (гірки зі шамотної цегли) та газових пальників. Через те, що в топковій камері утворюється висока температура, стінки її футерують вогнестійкою цеглою найвищого класу.

20. Для чого призначені газові пальники?

Газові пальники призначені для спалювання газоподібного палива як у побуті, так і в топках парових і водонагрівних котлів. В залежності від способу подачі повітря в пальники вони бувають дифузійні; інжекційні – однопровідні та двопровідні; змішувальні із примусовою подачею повітря і комбіновані – газомазутні, пилогазові та пилогазомазутні. В залежності від тиску газу попереду газопального пристрою газові пальники можуть бути поділені на пальники низького тиску, в яких тиск газу попереду пальника складає до 0,005 МПа (0,05 кгс/см²); пальники середнього тиску – від 0,005 до 0,3 МПа та пальники високого тиску – від 0,3 до 0,6 МПа. В залежності від характеру сумішоутворення, газові пальники бувають незакінченого, часткового та повного сумішоутворення.

21. Що являють собою дифузійні пальники?

Найпростіші дифузійні пальники являють собою металеву трубку із просвердленими у ній отворами діаметром 0,5–2 мм. Пальники прості за

будовою і мають невеликі габарити. До цих пальників підводиться тільки газ, повітря надходить в топку за рахунок розрідження, яке створюється димовою трубою, та ежектуючої дії газового потоку. Всередину дифузійного пальника (на відміну від інших типів пальників) полум'я потрапити не може, бо в них знаходиться тільки горючий газ без домішок повітря. При надлишкових питомих теплових напругах полум'я може зриватися з пальникових отворів та гаснути. Суміш газу та повітря утворюється в топці, де процеси змішування та горіння проходять паралельно одне одному; тому що швидкість згоряння газу у цих пальників незначна, довжина факелу полум'я та його світимість отримують найбільший розвиток.

22. Які переваги мають дифузійні пальники?

Дифузійні пальники мають такі переваги:

а) простота будови (особливо при центральній подачі газу в потік, який зносить повітря);

б) можливість регулювання потужності пальника (витрат газу) в широких межах, бо відсутня небезпека проскакування полум'я;

в) можливість отримання факела, який світиться (при сгорянні газів, які містять вуглеводні), якщо це потрібно за умовами виробництва.

23. Які недоліки мають дифузійні пальники?

До недоліків дифузійних пальників слід віднести небезпеку контакту полум'я із холодними поверхнями, що призводить до неповного згоряння, відкладання сажі та пониженню ККД пристрою.

24. Як поділяються інжекційні пальники в залежності від газу, який надходить до пальника?

В залежності від газу, який надходить до пальника, інжекційні пальники поділяються на пальники низького тиску та пальники середнього тиску. Пальники низького тиску зазвичай складаються з регулятора повітря, яке поступає до форсунки, газової форсунки (сопла), змішувача та пальникової насадки. При цьому форсунка служить для подачі певної кількості газу в пальник. Насадку слід встановлювати строго за віссю пальника, бо інакше пальник буде працювати нестабільно. Змішувач пальника служить для внутрішнього змішування газу з повітрям в однорідну газову суміш, а насадка призначена для того, щоб забезпечити стабільність процесу горіння, тобто для запобігання відриву полум'я та потрапляння його до форсунки. Газ надходить з газопроводу при надлишковому тиску 0,3–2 кПа (30–200 мм вод. ст.) в газову форсунку. При витіканні газу з форсунки його швидкість збільшується, а тиск падає, завдяки чому навкруги форсунки створюється розрідження і в цей простір підкидається повітря з котельні. Потім газ та повітря надходять в змішувач, де, як було зазначено вище, відбувається змішування газу з повітрям в однорідну суміш. Із змішувача газоповітряна суміш попадає в насадку, а потім в топку, де, змішуючись зі вторинним повітрям, яке потрапляє поза пальник, згоряє.

25. З яких частин складаються змішувальні пальники?

В змішувальних пальниках усе повітря, необхідне для згоряння газу, подається в пальник під тиском за допомогою вентилятора. І газ, і повітря всередині пальника проходять по окремих каналах, змішуючись лише в гирлі пальника. Такі пальники складаються з корпусу, повітряної та газової камер та двох патрубків. При цьому газ до гирла пальника надходить по газових трубах, а повітря – по міжтрубному просторі. Газова камера з одного боку заглушується, а інша сторона має трубну ґратку, до якої приварені труби для проходу газу. Кількість газопровідних труб залежить від теплового навантаження пальників: чим більше теплове навантаження, тим більше приварюється газопровідних труб (зазвичай їх кількість коливається в межах від 4 до 10 шт.). На кінець кожної труби накручується форсунка з отворами для виходу газу в топку. Кількість отворів у форсунці та їх діаметр також залежать від теплового навантаження системи. Газові труби, які проходять крізь повітряну камеру, кріплять в центрі отворів для виходу повітря. Для під'єднання газового пальника до газопроводу в корпусі газової камери приварюють патрубок з фланцем. Такий самий патрубок з фланцем, але більший за розміром, приварюють до корпусу повітряної камери. Він служить для з'єднання цієї камери з повітряпроводом. Для запобігання сталених деталей пальника від прямих теплових променів топки, яка працює при високих температурах, усю передню частину їх футерують вогнестійкою масою.

26. Як відбувається змішування газу з повітрям в пальнику з примусовою подачею повітря?

Змішування газу з повітрям в пальниках з примусовою подачею повітря відбувається завдяки тому, що газ надходить в змішувальну камеру пальника з головок – газопровідних труб кількома струменями під кутом до напрямлення завихреного потоку повітря, яке надходить в змішувальну камеру з міжтрубного простору пальника. Завихрення повітря набуває при проходженні поміж ребрами, котрі встановлені також під кутом до осей газопровідних труб. До переваг змішувальних пальників можна віднести те, що вони мають малий розмір, працюють безшумно і мають високий ККД. До недоліків пальників з примусовою подачею повітря (змішувальних пальників) в порівнянні з інжекційними газопалювальними пристроями слід віднести необхідність затрат електроенергії на роботу вентилятора і, найголовніше – відсутність саморегуляції по повітрю. Оскільки подача повітря вентилятором не пов'язана з подачею газу, для створення найкориснішого співвідношення між газом та повітрям слід при зміні використання газу одночасно змінювати й кількість повітря, яке подається. Зрозуміло, що за необхідності частоті регуляції пропускну здатності пальників ця обставина суттєво ускладнює їх експлуатацію. Окрім того, будь-яке припинення подачі повітря через аварійну зупинку вентилятора може викликати гасіння полум'я при продовженні подачі газу. Внаслідок цього виникає небезпека утворення вибухонебезпечної суміші та вибуху

агрегата при спробі поновити горіння без достатнього попереднього продування топки та газоходів. Тому всі агрегати, обладнані двопрвідними газовими пальниками, мають бути обладнані системами автоматики.

27. З яких частин складаються газомазутні пальники типу ГМГ?

Газомазутні пальники типу ГМГ складаються з паромеханічної форсунки, центральної газової частини та пристрою, який керує напрямленням повітря. В свою чергу паромеханічна форсунка складається з корпусу із паровим та паливним штуцерами, стовбура та розпилювальної головки.

28. На яких парових котлах встановлені газомазутні пальники типу ГМГ?

Газомазутні пальники типу ГМГ встановлюють на парових котлах типу ДКВР. Промисловість випускає пальники чотирьох типорозмірів: ГМГ-1,5 м; ГМГ-2 м; ГМГ-4 м; ГМГ-5 м, тепловою потужністю відповідно 6,3; 8,4; 16,8; 21 ГДж/г (1,5; 2; 4; 5 Гкал/г).

29. З яких частин складаються газомазутні пальники типу ГМ(ГМП)?

Газомазутні пальники типу ГМ (ГМП) складаються з форсункового вузла, газової частини та пристрою, який керує напрямом повітря.

30. Які деталі входять до форсункового вузла газомазутних пальників типу ГМ (ГМП)?

До форсункового вузла газомазутних пальників входять паромеханічна форсунка та пристрій із засувками для встановлення змінної форсунки без зупинки котла. Основна форсунка встановлюється за віссю пальника. Змінна – під невеликим кутом до осі пальника. Змінна форсунка вмикається на короткий час, необхідний для чищення чи заміни основної форсунки.

31. З яких частин складається газова частина газомазутних пальників типу ГМ (ГМП)?

Газова частина пальника складається з кільцевого колектора з однорядно-однокаліберною системою отворів, які видають газ, та газопровідної труби. В середині колектора встановлена кільцева діафрагма, яка необхідна для забезпечення рівномірного розподілу газу по отворах.

32. З яких частин складається повітронапрямний пристрій газової частини газомазутних пальників типу ГМ (ГМП)?

Повітронапрямний пристрій пальників типу ГМ (ГМП) складається з повітряного короба, осьового завихрувача повітря та конусного стабілізатора. Лопатки осьового завихрувача – профільні, встановлені під кутом 45° до осі пальника. Невелика частина повітря проходить крізь дірчастий лист (дифузор) для охолодження форсунки.

33. На яких парових котлах встановлені газомазутні пальники типу ГМ (ГМП)?

Газомазутні пальники типу ГМ (ГМП) встановлюють на парових котлах типу ДЕ(Е). Промисловість випускає п'ять типорозмірів пальників: ГМ-2,5; ГМ-4,5; ГМ-7; ГМ-10 та ГМ-16 тепловою потужністю відповідно

10,5; 18,9; 29,4; 42; 67,2 ГДж/г (2,5; 4,5; 7; 10; 16 Гкал/г). Будова форсункового вузла та газової частини всіх пальників типу ГМ (ГМП) однакова. В конструкціях повітронапрямних пристроїв пальників існує кілька відмінностей. Наприклад, пальники типу ГМ-2,5; ГМ-4,5 та ГМ-7 є вихровими, у них практично вся кількість повітря проходить крізь осьовий завихрувач. Пальник ГМ-10 є прямоструминно-вихровий, тобто частина повітря проходить крізь осьовий завихрувач, інша ж частина (45 %) проходить в топку незакрученою по каналу поміж зовнішнім ободом завихрувача та внутрішнім кільцем газового колектора. Особливе місце в ряді пальників типу ГМ (ГМП) займає пальник ГМ-16, який працює разом із камерою попередньої газифікації. Повітронапрямний пристрій цього пальника складається з двох завихрувачів: осьового та тангенціального. Тангенціальний завихрувач встановлений в камері попередньої газифікації і поставляється разом із котлом, оскільки є вузлом камери.

34. Обслуговування котельних агрегатів. Чи може, і якщо може, то як, оперативний персонал на працюючому котлі змінити коефіцієнт надлишку повітря?

Оперативний персонал може змінювати коефіцієнт надлишку повітря шляхом регулювання кількості повітря, яке подається в топку.

35. Чи змінюється коефіцієнт надлишку повітря із рухом продуктів згоряння по газоходах в котлах, які працюють під розрідженням?

В котлах, які працюють під розрідженням, коефіцієнт надлишку повітря із рухом продуктів згоряння по газоходах збільшується внаслідок підсмоктування атмосферного повітря.

36. Як впливає розрідження, яке підтримується у верхній частині топки, на коефіцієнт надлишку повітря в відхідних газах?

Коефіцієнт надлишку повітря в відхідних газах буде збільшуватися зі збільшенням розрідження у верхній частині топки. Тому при експлуатації слід підтримувати мінімальне розрідження у верхній частині топки, при якому не буде вибивання продуктів згоряння в приміщення цеху.

37. Які операції і в якій послідовності слід виконати для зупинки котла?

Для зупинки котла необхідно: послідовно зменшити теплотужність усіх робочих пальників до мінімальної, при якій вони працюють стабільно, шляхом зменшення тиску повітря шибером ДКШ і тиску газу засувкою ДК22. Для вимикання кожного пальника закривають спочатку засувку ДК22, а потім ДК20, відкривають кран ДК21 і закривають шибер ДКШ. Після вимикання всіх пальників зупиняють вентилятор ДКВ, закривають засувку ДК14 і відкривають кран ДК19, зменшують розрідження в топці до 20–30 Па, залишаючи на 10–15 хвилин в роботі димосос, відкривають вентиль ДК30 та зачиняють засувку ДК31. Після відключення котла від збираючого колектора котельні котел необхідно періодично підживлювати, підтримуючи середній рівень води в котлі. Спостереження за рівнем води в котлі має відбуватися доти, доки в котлі є тиск.

38. Чи можна вмикати при розпалюванні котла поверхневий пароохолоджувач?

Вмикати поверхневий пароохолоджувач при розпалюванні котла не слід. При підвищенні перегріву пари необхідно збільшити продування пароперегрівача, знизити форсування топки, зменшити коефіцієнт надлишку повітря, перевірити, чи не відбувається затягування факела в газохід пароперегрівача.

39. Як забезпечити надійне охолодження труб пароперегрівача при розпалюванні котла?

При розпалюванні котла пароперегрівач омивається продуктами згоряння, які мають високу температуру, а охолодження змієвиків паром починається тільки після досягнення певного тиску пари в барабані котла. В наслідок цього змієвики пароперегрівача можуть нагрітися до дуже високої температури. З початку розпалювання (після закриття повітряника) необхідно відкрити продувку пароперегрівача і не форсувати роботу топки до підвищення тиску в барабані котла до 0,2–0,3 МПа. Підживлення котла водою при розпалюванні необхідно проводити рівномірно, не допускати затягування факела в газохід пароперегрівача і перекоосу температури в топці.

40. Перерахуйте операції, які виконує машиніст котла при періодичному продуванні.

Періодичне продування нижнього барабана та нижніх колекторів екранів проводиться за вказівкою хімічної лабораторії в присутності керівника зміни. Про майбутнє продування котла має бути попереджений персонал котельні, а також ремонтний персонал, який працює на сусідніх котлах. До початку продування необхідно: переконатися в справності водовказуючих приладів, живильних пристроїв, наявності води в живильних баках; перевірити наявність заглушок на продувальних лініях котлів, які знаходяться в ремонті; виконати огляд продувальних вентилів. Рівень води в котлі перед продуванням має бути трохи вищий за середній. Відкривати продувальну арматуру слід поступово та обережно. При цьому спочатку відкривається другий від котла продувальний вентиль і дещо послаблюється перший для нагрівання продувальних трубопроводів. Перший продувальний вентиль відкривається на кількість обертів, вказану в місцевій інструкції. Якщо в продувальному трубопроводі з'явився стук, то вентиль слід дещо прикрити до повного знищення поштовхів. Тривалість продування визначає хімічна лабораторія. Під час продування слід особливо уважно спостерігати за рівнем води в котлі і у випадку будь-якої ненормальності продування одразу ж зупинити. Після закінчення продування спочатку закривають перший від котла вентиль, потім другий. Через деякий час після продування слід перевірити щільність запірної арматури дотиком продувального трубопроводу, котрий має бути холодним. Відкривання та закривання продувальної арматури слід виконувати в рукавицях, окулярах та щільному одязі (забороняється

користуватися важелями для збільшення зусилля на штурвалі арматури). Час початку та закінчення продування фіксується у вахтовому журналі.

41. Які вузли котлоагрегата слід контролювати при його обході?

Протягом зміни необхідно не менше двох разів провести обхід котла, проглядаючи крізь вічка стан поверхні нагрівання, прослуховуючи топку, газохід пароперегрівача, газоходи котла та водяного економайзера. Нещільності в трубах поверхні нагріву котла, пароперегрівача і водяного економайзера можна виявити за шумом в газоходах, зниженням рівня води в барабані котла, невідповідністю показів пароміра та водоміра, появою води в шлакових та золових бункерах.

42. З якою швидкістю слід збільшувати тиск в котлі?

Збільшувати тиск в котлі слід поступово, особливо при малому навантаженні котла, тому що при інтенсивному форсуванні топки помітно збільшується теплосприйняття екранних труб, а паровміст збільшується значно повільніше, бо частина теплоти витрачається на нагрівання води до більш високої температури насичення, яка відповідає збільшеному тиску. Збільшення тиску слід проводити так, щоб при понижених навантаженнях він ріс приблизно зі швидкістю 400 Па/с, а при номінальних – зі швидкістю, вдвічі більшою.

43. Чи обов'язковий пристрій обвідного газоходу у чавунного водяного економайзера?

Обвідний газохід для відключення індивідуального чавунного водяного економайзера по тракту продуктів згоряння не є обов'язковим за наявності відгалуженої лінії, яка забезпечує постійний пропуск води крізь економайзер. Досвід експлуатації показав, що обводні газоходи призводять до систематичного пропуску частини продуктів згоряння повз економайзер через нещільності вимикальних шиберів.

44. Для чого у сталевих економайзерах влаштовується лінія рециркуляції із вентилям і в яких випадках вона вмикається?

Лінія рециркуляції сталевих економайзерів призначена для подачі води в економайзер при розпалюванні котла. Вона з'єднує вхідний колектор економайзера із барабаном котла та забезпечує поступання води в економайзер при її випаровуванні під час розпалювання. На лінії рециркуляції встановлюється вентиль, котрий відкривається при розпалюванні котла і закривається при ввімкненні котла в парову магістраль. При температурі продуктів згоряння в газоході водяного економайзера менше 450 °С можна обійтися і без лінії рециркуляції. В цьому випадку котел періодично підживлюють, спускаючи надлишки води в дренажну систему.

45. Які параметри необхідно контролювати і які операції виконувати в період нормальної роботи котельного агрегата?

Обслуговування економайзера при нормальній роботі котельного агрегата полягає в контролі температури води та продуктів згоряння перед економайзером та після нього, періодичному прослуховуванні його

газоходу, обдувці поверхні нагрівання, перевірці щільності газоходу. Прослуховування газоходу виконується з метою виявлення нещільностей в трубах та витоку води. Наявність води, яка видаляється з-під газоходу економайзера, також вказує на нещільність в трубах.

46. На що треба звертати увагу при зовнішньому огляді труб та барабана котла?

Зовнішня поверхня труб оглядається з топки та газоходів. При огляді труб перевіряються углові еканні труби, горизонтальні та малонахилені ділянки кип'ятильних труб. Найбільш розповсюдженими дефектами екранних та кип'ятильних труб є колові та повздовжні тріщини, здутини, свищі, місцеве потоншення стінок труб, деформація труб, деформація труб внаслідок відкладень накипу чи порушення циркуляції, дефекти труб, які виникли внаслідок дії золи. Розриви, здутини, прогиби, виривання труб з трубних ґраток найчастіше відбувається в перших рядах труб, які повернені до топки.

47. З яких причин може відбутися спінення води в барабані котла і як цьому запобігти?

Спінення води в барабані котла може відбутися через попадання оливи, надмірної подачі хімічних реактивів (фосфатів, соди). При спінюванні котельної води відбувається різке збільшення та коливання її рівня, що може викликати потрапляння води до пароперегрівача та паропроводу. При сильному спінюванні можуть з'явитися нещільності в сальниках, фланцях арматури та паропроводу. Для запобігання гідравлічним ударами та аваріям необхідно: швидко зменшити навантаження котла, припинити подачу хімічних реактивів, виконати продування пароперегрівача, збільшити безперервне продування котла, продути водопоказувальні пристрої та перевірити рівень води в барабані котла. Якщо ці заходи не допоможуть, слід зупинити роботу котла.

48. Вкажіть причини затягування факела в газохід пароперегрівача та підвищення температури перегріву пари під час роботи на газі комбінованого пилгазового пальника. Які дії слід виконати для ліквідації цього явища?

Для ліквідації затягування полум'я в газохід пароперегрівача слід: збільшити ступінь відкриття направляючого апарата вентилятора; прикрити язиковий шибер для збільшення закручування вторинного повітря; відрегулювати розрідження у верхній частині топки так, щоб тиск складав 10–20 Па.

49. Під час запуску котла ТП-35-40 після капремонту ви помітили за положенням репера, що колектор фронтального екрана не переміщується. Вкажіть можливі причини цього і операції, котрі необхідно виконати.

При розпалюванні котла ТП-35-40 нижні колектори екранів мають опускатися. Причиною незмінного положення репера колектора фронтального екрана є защемлення обмурком екранних труб. Для запобігання виходу з ладу труб фронтального екрана необхідно швидко припинити

розпалювання котла. Після розхолодження котла треба оглянути екранні труби в місці проходів крізь обмурок та вивільнити защемлені труби.

50. Як запобігти розвитку аварії при різкому підвищенні температури продуктів згоряння перед трубчастим повітрянагрівачем, який встановлений після водяного економайзера?

Очищення зовнішньої поверхні повітрянагрівача та водяного економайзера здійснюється обдуванням. Котлоагрегат виробляє насичену пару. Помітне різке підвищення температури продуктів згоряння перед повітрянагрівачем вказує на загоряння сажі в газоподі водяного економайзера чи повітрянагрівача. Для запобігання розвитку аварії необхідно швидко погасити всі пальники; зупинити вентилятор та димосос, закрити їх напрямні апарати; подати насичену пару в обдувні пристрої; посилити нагляд за тиском пари та рівнем води в барабані котла (за необхідністю відкрити продувку пароперегрівача та вимкнути котел головною паровою засувкою); вивести всіх людей, які не беруть участі в ліквідації аварії; довести до відома керівництво цеху і далі діяти за вказівками керівництва цеху.

51. Яка аварія може трапитися, якщо машиніст котла забув закрити вентиль на лінії рециркуляції киплячого водяного економайзера, а через годину після вмикання котла в парову магістраль згадав про це та закрити вентиль на лінії рециркуляції?

При відкритому вентилю на лінії рециркуляції киплячого водяного економайзера живильна вода в барабан котла буде потрапляти не крізь водяний економайзер, а крізь лінію рециркуляції. Внаслідок цього вся вода в економайзері випарується. При такому положенні воду в економайзер подавати неможливо, бо в ньому утвориться велика кількість пари, що призведе до розриву його труб.

52. При продувці нижніх точок комбінованого пароводонагрівного котла вода почала швидко зникати із зрівняльної ємності. Що необхідно зробити, щоб не залишити циклон без води, бо це призведе до порушення циркуляції в паровому контурі котла?

Для ліквідації зазначеної аварійної ситуації діаметр продувних штуцерів нижніх колекторів екранів має бути не більшим 25 мм, а окрім цього, на кожному продувному штуцері поміж продувними вентилями має бути встановлена обмежувальна шайба. Під час продувки слід продувний вентиль відкрити і одразу закрити.

53. Через рік після переведення котла на газ спостерігається корозія металевих димових труб. Вкажіть причини та заходи, які слід виконати для ліквідації корозії.

Корозія димових труб відбувається через конденсацію водяної пари з продуктів згоряння. Для ліквідації цього явища необхідно покрити ізоляцією димову трубу на 5–8 м від її основи. Якщо цей захід виявиться недостатнім, треба підвищити температуру газів, що виходять, шляхом реконструкції хвостових поверхонь нагрівання.

54. Вкажіть, з яких причин може погіршуватися тяга, яку створює димос?

Погіршення тяги в котельному агрегаті може відбутися з двох причин: через незадовільну роботу димососа або через збільшення кількості продуктів згоряння та опору газоходів. ККД та напір, який створює димосос, може зменшитися через неякісний ремонт, пошкодження лопаток робочого колеса, нещільностей кожуха та великих присосів повітря через них та по валу, а також через неповне відкриття лопаток напрямного апарата. Опір газоходів при русі продуктів згоряння збільшується при збільшенні обсягу продуктів згоряння, зміні відстані між трубами поверхонь нагріву, забрудненні поверхонь нагріву внаслідок золових відкладень. Об'єм продуктів згоряння (при сталому паровиробленні котла) може збільшитися через роботу із підвищеними коефіцієнтами надлишку повітря в топці та збільшення присосів повітря по тракту котлоагрегату. При збільшенні опору газового тракту, про що можна судити за зменшенням навантаження електродвигуна, ККД та потужність агрегату зменшується, що призводить до нестачі тяги.

55. При повторній перевірці знань машиніст котла, який має стаж роботи 5 років, отримав незадовільну оцінку. Що в цьому випадку має зробити відповідальний за теплове господарство?

Відповідальний за теплове господарство підприємства мусить недопускати до роботи машиніста котла та назначити строк повторної перевірки знань. Тільки після задовільної атестації машиніст котла може бути допущений до роботи.

56. Під час прийому зміни, виконуючи огляд приладдя, машиніст котла, який приймав зміну, підсковзнувся та зламав руку. Під час розслідування нещасного випадку було встановлено, що на площадці обслуговування при заправці оливи в редуктор черговий слюсар її розлив. Хто несе відповідальність за нещасний випадок?

Відповідальність за нещасний випадок несуть:

- а) черговий слюсар, який не прибрав оливу після закінчення роботи;
- б) начальник зміни за відсутність нагляду за роботою персоналу, який йому підпорядковується;
- в) начальник цеху за брак в роботі, який допустив підпорядкований йому персонал.

57. Хто веде змінний журнал роботи котлоагрегатів та які відомості в нього записуються?

Змінний журнал роботи котлоагрегатів веде начальник зміни котельного цеху (старший машиніст). В журналі фіксуються: результати оглядів обладнання, повірки водовказівних приладів, сигналізаторів рівня, манометрів, запобіжних клапанів, живильних пристроїв, автоматики безпеки; відмічаються час та тривалість продування котельних агрегатів, ремонтних робіт, ліквідація дефектів, виявлених в роботі обладнання та КВП, зміни в режимі роботи котельних агрегатів, час запуску та зупинки

окремих агрегатів, час вмикання газопроводів та інші дані за вказівкою адміністрації цеху.

58. Яким нормативним документам має відповідати проект виробничої або обігрівної котельні?

Проект виробничої або обігрівної котельні має бути розроблений відповідно до таких нормативних документів:

а) СНіП «Котельні установки»;

б) «Правил будови та безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів» ;

в) СНіП «Газопостачання. Внутрішні та зовнішні пристрої».

59. Органічне паливо та його характеристики. Що називається органічним паливом?

Органічним паливом називається фізичне тіло, горючі речовини якого здатні виділяти значну кількість теплоти при вступі в реакцію з киснем. За агрегатним станом органічні палива поділяють на тверді, рідкі та газоподібні, в залежності від способу отримання – на штучні та природні. До природних органічних палив відносяться такі палива, котрі застосовуються в тому вигляді, в якому вони знаходяться в природі. До штучних – такі, котрі є продуктом термічної, хімічної чи фізичної обробки природних палив. Природними твердими паливами є дрова, дерев'яні відходи, торф, сланець, буре та кам'яне вугілля, полуантрацити та антрацити. Штучними – деревне вугілля, вугільні та торф'яні брикети, полукокс та кокс. До природних рідких палив відноситься тільки нафта, до штучних – бензин, гас, солярове масло, дизпаливо, мазути (нафтові та вугільні) та сланцева олива. До природних газоподібних палив відноситься природний горючий газ, до штучних – генераторний, водяний, коксовий, полукоксний та доменний газ, газ підземної газифікації, а також продукти переробки нафти – газ крекінга та газ піролізу.

60. З яких речовин складаються тверді та рідкі органічні палива?

Тверді та рідкі органічні палива складаються з таких речовин: вуглецю С, водню Н, сірки S, кисню О, азоту N, вологи W та золи А, з яких весь вуглець С, водень Н та горяча сірка є горючими речовинами, а кисень О, азот N, вода W та зола А – негорючими. Волога та зола складають зовнішній баласт палива, а кисень та азот – внутрішній. Вуглець палива являє собою висококалорійну горючу речовину, яка міститься в паливі у вигляді з'єднань з іншими речовинами. Кількість його в паливі коливається від 55 до 95 %. При повному згорянні 1 кг його виділяється 33939 кДж (8100 ккал) теплоти. Водень палива за нормальної температури являє собою легкий газ. Він майже в 134,5 раза легший за повітря. Маса 1 л водню за нормальних умов рівна 0,09 г. Водень є найкращою горючою речовиною в горючій масі палива. При повному згорянні 1 кг водню із утворенням водяної пари виділяється 121 091 кДж (28 900 ккал) теплоти. Кількість його в паливі коливається від 1,5 до 14,9 %.

61. Що являє собою горюча сірка?

Сірка являє собою тверду крихку кристалічну речовину жовтого кольору. Плавиться при температурі 112,8 °С . Хоч при горінні 1 кг сірки виділяється 10475 кДж (2500 ккал) теплоти, наявність її в паливі небажана, навіть загрозна, бо продукти згорання сірки роз'їдають окремі частини котла та забруднюють навколишнє повітря.

62. Що являють собою кисень та азот?

Кисень та азот являють собою газоподібні речовини, які знаходяться в паливі у вигляді з'єднань з іншими речовинами. Вони не мають ані смаку, ані запаху. Кисень дещо важчий за повітря, а азот – дещо легший. Слід додати, що ані кисень, ані азот при згоранні палива не виділяють теплоти. Правда, кисень бере участь в горінні, а азот – ні. Він змішується із гарячими газами, нагрівається та в гарячому стані разом із відхідними продуктами згорання зникає.

63. Що являє собою зола?

Зола являє собою суміш мінералів, які знаходяться у вільному стані або пов'язані із паливом. Ці мінерали негорючі, тому що вони здебільшого складаються із солей лужних та лужно-земельних металів, оксидів кремнію, заліза, алюмінію а також сульфатів магнію і кальцію. Наявність в паливі золи негативно впливає на якість палива, тому що вона зменшує кількість теплоти в одиниці маси палива. Окрім цього, найдрібніші тверді частинки золи захоплюються потоком топкових газів та виносяться з топки, утворюючи летку золу, яка забруднює, а іноді й завалює конвективну поверхню нагріву лотка, зменшуючи проникнення теплоти кріз сталеві стінки труб до води.

64. Що являє собою волога в паливі?

Волога в паливі міститься у вигляді баласта, вміст якого в робочій масі дуже шкідливий, через те що він зменшує частку горючих частин в одиниці маси чи палива. Окрім цього, при згоранні палива вона випаровується, а на це витрачається багато теплоти. Вологу в паливі розрізняють: поверхневу, капілярну, колоїдну, кристалогідратну. Поверхнева волога утримується на поверхні палива за рахунок зволоження. Капілярна волога знаходиться в капілярах та порах, які є у великій кількості палив. Колоїдна волога зумовлюється колоїдно-хімічною структурою органічної частини вихідного палива, яка здатна всмоктувати в себе частину зовнішньої вологи. Кристалогідратна волога є складовою частиною палива. Вона входить у склад певних мінералів, наприклад $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

65. Що являє собою робоча маса палива?

Робочою масою палива називають паливо в тому вигляді, в якому воно надходить в топку парового чи водонагрівного котла.

66. Що являє собою суха маса палива?

Суха маса палива – це паливо, яке не містить вологи.

67. Що таке суха беззольна (горюча) маса палива?

Суха беззольна (горюча) маса палива – це паливо без золи та вологи.

68. Які речовини в паливі називаються леткими?

Речовини, які при нагріванні твердого палива до високої температури випаровуються, називаються леткими речовинами. Якщо тверде паливо нагрівати без доступу повітря, то воно розкладається на дві частини: леткі речовини та твердий залишок – кокс. В леткі речовини переходять речовини, які випаровуються з палива: волога, кисень та азот – у вигляді складних з'єднань з іншими елементами; летка сірка, водень – як в чистому вигляді, так і в з'єднаннях із вуглецем у вигляді різноманітних вуглеводнів. В коксі залишаються частина вуглецю та зола, причому чим геологічно молодше паливо, тим менша ступінь його вуглефікації, тобто насичення вуглецем, тим більший вихід летких речовин. Так, наприклад, у дров $V=85\%$, у торфа – 70% , бурого вугілля – 60% , напівантрацитів та антрацитів – 9% та 4% . Виділення летких речовин починається задовго до досягнення паливом високої температури, наприклад, для дров при температурі $160\text{ }^\circ\text{C}$, торфа – $100\text{--}110\text{ }^\circ\text{C}$, бурого вугілля – $130\text{--}170\text{ }^\circ\text{C}$, полуантрацита та антрацита – $380\text{--}400\text{ }^\circ\text{C}$. Чим більший вихід летких речовин і нижча температура початку їх виділення, тим легше запалюється паливо і вища його реакційна здатність при горінні.

69. Що називається теплотою згоряння палива?

Теплотою згоряння палива називається кількість теплоти, яка виділяється при повному згорянні одиниці маси, (кДж/кг) або об'єму (кДж/м³) палива. Теплота згоряння палива є дуже важливою характеристикою робочої маси палива. Розрізняють вищу та нижчу теплоту згоряння. Вища теплота згоряння – це така теплота, яка виділяється при повному згорянні 1 кг твердого чи рідкого палива або 1 м^3 горючого газу за умови, що водяні пари, які утворюються при згорянні, конденсуються і повертається їх теплота конденсації. Нижча теплота згоряння – така теплота, котра також виділяється при повному згорянні 1 кг твердого чи рідкого палива або 1 м^3 горючого газу, але теплота конденсації при цьому не враховується, тому що в парових або водонагрівних котлах продукти згоряння не охолоджуються до температури конденсації парів. Тому теплота конденсації не враховується, вона втрачається, внаслідок чого загальне тепловиділення при горінні палива буде меншим.

70. Як визначити теплоту згоряння палива?

Теплоту згоряння палива визначають калориметром, який складається з металевої посудини, заповненої водою та посудини-бомби, всередині якої розміщують випробуване паливо. Порожнину посудини-бомби заповнюють киснем під тиском $2\text{--}3\text{ МПа}$ ($20\text{--}30\text{ кгс/см}^2$). Якщо спалити паливо, підпаливши його електричним струмом, то за підвищенням температури води в посудині можна знайти кількість теплоти, яка виділилася та була віддана продуктами згоряння.

71. Які види твердого палива вважаються невикопними (рослинними) твердими паливами?

До невикопних (рослинних) твердих палив відносяться: дрова різноманітних порід, відходи лісової та деревообробної промисловості у

вигляді пеньків, хмизу, обрізків, трісок, стружок та ін., відходи сільськогосподарського виробництва: лузга, стеблі певних рослин та ін.

72. Чи використовуються дрова як паливо в котельних установках?

Так, але тільки в невеликих котельнях районів, куди важко доставляти інші види палива. В невеликих котельнях, розташованих в лісових районах, паливом служить і деревина у вигляді пеньків, хмизу. Обрізки та тріски спалюються навіть в потужних котельнях, обладнаних паровими котлами середньої потужності.

73. Чи є різниця в складі горючої маси між деревиною хвойних та листвяних порід?

Ні, тому що склад горючої маси у всіх порід деревини однаковий: С = 50 %, Н = 6 %, N = 0,6 %, О = 43,4 %, вихід летких – 85 %, вміст дуже тугоплавкої золи на суху масу складає А=1–2 % в залежності від способу перевезення з місця заготівлі. Вміст вологи – 20–60 % на робочу масу і залежить від частини (стовбуру) дерева, часу його зрізання чи заготівлі, тривалості зберігання та способу транспортування. Теплота згоряння на робочу масу складає в середньому Q = 18 МДж/кг (4280 ккал/кг). Дерев'яне паливо є зазвичай місцевим паливом; його транспортування на великі відстані не вигідне через малий об'єм маси та високу вологість. Але, незважаючи на це, у дрів є суттєві переваги: відсутність сірки, малозольність та низька температура спалаху.

74. Яким шляхом отримують з деревини деревне вугілля?

Шляхом спалення деревини без доступу повітря (окислення), в результаті отримуємо вихід деревного вугілля біля 25 %, рахуючи від маси завантаженої деревини. Склад горючої маси деревного вугілля, %: С = 91; Н = 2; О + N = 7; теплота згоряння 32,3 МДж/кг (7695 ккал/кг). Склад органічної маси пічного деревного вугілля, %: С = 80; Н = 4; О + N = 16; теплота згоряння 29,8 МДж/кг (7090 ккал/кг). Вихід летких (рахуючи на органічну масу) біля 1 %, зольність (на суху речовину) = 2 %, вологість = 10 %. Деревне вугілля гігроскопічне, здатне поглинати вологу та газу. Питома маса його така сама, як і в деревини. Вага 1 м³ залежить від породи дерева і може бути прийнята для березового вугілля 200 кг, для хвойного – 150 кг.

75. Що являє собою торф?

Торф являє собою буру землисту або пластичну масу темно-жовтого або чорно-бурого кольору, яка утворилася внаслідок розкладу в природних умовах під водою мохів та інших рослин при ускладненому доступі повітря.

76. Де утворюється торф?

Зазвичай торф починає накопичуватися у водоймищах, які поступово заростають. Торф'яне болото, яке утворилося на місці такої водойми, називається луговим. Торф в болоті зазвичай ще погано розклався та містить багато золи. Ця багатозольність – результат нанесення водою в товщу заростаючого озера частин земляного покрову. Із часом рослинність

лугового болота змінює свій характер: якщо спочатку на ньому могли рости не тільки різні трави, але й дерева, то з роками, коли шар торфу збільшиться і кореням рослин вже важко достати живильний мул, дерева на такому ґрунті стають низькорослими і в кінці кінців гинуть, а трави замінюються білим мохом, так званим сфагнумом – рослиною, яка живиться вологою атмосферного повітря. Торф, який утворюється на цій стадії розвитку болота, називається моховим. Він, звичайно, виходить малозольним, бо в товщу болота попадає вже не ґрунтова вода, а атмосфера.

77. Як розрізняється торф за способом видобування?

За способом видобування торф поділяється на торф ручного розрізання, машиноформувавальний, гідроторф та фрезерний. Перші два способи застосовують для видобування невеликих кількостей торфу, третій – для отримання великих його кількостей машинами, четвертий дає дрібні частинки розміром 0,5–25 мм. Кусковий торф, якого видобувають мало, виготовляють у вигляді цеглин розмірами 300×100×90, 300×130×110 та 350×130×130 мм. Як і деревина, торф є відновлюваним мінеральним паливом: щорічний приріст збільшує запаси 1 га родовища на 1–2 т сухого палива. Торф широко використовується не тільки як паливо, але й для потреб сільського господарства. Середній склад робочої маси кускового торфу складає, %: вуглецю С – 25,7; водню Н – 2,7; кисню О – 15,4; азоту N – 1,1; сірки S – 0,1; вологи W – 48; золи А – 7. Найнижча температура згоряння Q – 9,3 МДж/кг (2210 ккал/кг). Середній склад робочої маси фрезерного торфу складає, %: вуглецю С – 24,7; водню Н – 2,6; кисню О – 15,2; азоту N – 1,1; сірки S – 0,1; вологи W – 50; золи А – 6,3. Найнижча температура згоряння Q – 8,1 МДж/кг (1940 ккал/кг).

78. Де утворювалися сланці?

Сланці утворювалися у водоймах зі спокійною водою, де мікроскопічні рослинні та тваринні організми зазнавали глибоких змін при відсутності розчиненого у воді кисню. На дно водойм осідав пелоген у вигляді клочкуватої маси, який з часом перетворювався на органічну масу. Сланці, маючи високу теплоту згоряння горючої маси – до 34,8 МДж/кг (8300 ккал/кг), внаслідок великої зольності та значної вологості є одним з низькоякісних палив; Q у них зазвичай складає 6,3–9,66 МДж/кг (1500–2300 ккал/кг). Тому вони зазвичай використовуються як паливо тільки за умови спалення їх на місці видобування без транспортування. Великий відсоток водню та вихід летких речовин на горючу масу, що доходить до 80 %, дає можливість утилізувати сланці, як сировину для газифікації, а також хімічно переробляти з метою отримання різного роду олив, моторного палива, хімічних продуктів та горючого газу. Склад робочої маси сланців приблизно такий, %: кисню О – 3,7; азоту N – 0,1; сірки S – 1,8; вихід летких речовин V – 80–90; вміст золи А – 40; вміст вологи W – 13. Температура плавлення золи 1150–1450 °С.

79. Як утворилося буре кам'яне вугілля?

Буре кам'яне вугілля також утворилося із залишків рослин, проте набагато раніше, ніж торф. За своїми якостями буре кам'яне вугілля відноситься до низькоякісних палив, оскільки має малу теплоту згоряння 13–17 МДж/кг (3095–4047 ккал/кг), велику вологість та зольність, яка складає біля половини маси палива. За вмістом в робочій масі палива вологи вони поділяються на три групи: Б1 – із вмістом вологи W більшим за 40 %; Б2 – із вмістом вологи 30–40 % та Б3 – із вмістом вологи меншим 30 %. При зберіганні на повітрі буре вугілля дуже легко вивітрюється, має велику здатність до samozапалення, незручне для транспортування, оскільки великі шмати його розпадаються. Вміст горючих летких речовин в бурому вугіллі складає 40–50 %, внаслідок чого при горінні буре вугілля дає довге полум'я. Спалення бурого вугілля в невеликих котельних установках не дає гарних результатів, а в великих котельнях його доцільно спалювати в пилеподібному стані.

80. Що являє собою кам'яне вугілля?

Кам'яне вугілля являє собою чорну блискучу однорідну масу, а іноді матову масу без блиску сірувато-чорного кольору. Склад робочої маси кам'яного вугілля приблизно такий, %: $C = 53,9 - 74,5$; $H = 3,9 - 4,8$; $O = 9,4 - 3,9$; $N = 1,1 - 0,8$; $S = 3 - 0,6$; $W = 13 - 7$, $A = 15,7 - 8,4$. Теплота згоряння робочої маси $Q = 21,1 - 27,6$ МДж/кг (5030–7070 ккал/кг).

81. Як утворилося кам'яне вугілля?

Кам'яне вугілля утворилося в процесі повільного розкладення дерев та залишків різноманітних рослин під шаром землі без доступу повітря. Утворення кам'яного вугілля почалося багато мільйонів років тому.

82. Як класифікується кам'яне вугілля в залежності від вмісту вуглецю та летких горючих речовин?

В залежності від вмісту вуглецю та летких горючих речовин кам'яне вугілля поділяється на такі марки: газове – Г, жирне – Ж, довгополуменеве – Д, газове жирне – ГЖ, коксове – К, коксове жирне – КЖ, збіднене спікливе – ОС, слабоспікливе – СС, пісне – Т. Найбільший вихід летких горючих речовин мають довгополуменеве та газове вугілля (понад 30 %), найменший – пісне вугілля (9–17 %). Зола кам'яного вугілля може бути легкоплавкою або тугоплавкою. Вугілля, яке містить золу з низькою температурою плавлення, при спаленні створює ускладнення, оскільки низька температура плавлення золи найчастіше сприяє утворенню рідкого шлаку, який заливає колосники та погіршує тягу.

83. Що таке антрацити та напівантрацити?

Напівантрацити та антрацити – це також кам'яне вугілля. Утворилися вони в найвіддаленіші часи і є найстарішими з викопного вугілля. Від кам'яного вугілля вони відрізняються вмістом водню, більшим ступенем вуглефікації. Напівантрацити та антрацити чорного кольору, із сильним блиском, горять без полум'я та майже без диму. Склад робочої маси напівантрацитів приблизно такий, %: $C = 68,4$; $H = 3,3$; $O = 3$; $N = 1,5$; $S = 0,5$; $W = 6,5$, $A = 16,8$. Теплота згоряння робочої маси $Q = 26,0$ МДж/кг

(6210 ккал/кг). Склад робочої маси антрацитів такий, %: С = 68; Н = 1,5; О = 1,9; N = 0,6; S = 1,5; W = 7,5, А = 19. Теплота згоряння робочої маси Q = 24,2 МДж/кг (5790 ккал/кг).

84. Чи розрізняється кам'яне вугілля в залежності від величини шматків?

Так, розрізняється. Вугілля, яке має шматки розміром 50–100 мм, вважається великим та позначається К; далі іде горіх Г – розмір шматків 25–30 мм; мілкий М – розмір шматків 13–25 мм; зернятко З – 6–13 мм, штиб Ш – менше за 6 мм, рядовий Р – розмір не обмежується, таке вугілля не сортується.

85. Яке рідке паливо застосовується в котельних установках?

Як рідке паливо в котельних установках застосовується здебільшого мазут – залишковий продукт перегонки нафти, який за вмістом сірки поділяється на малосірчистий (біля 0,5 %), сірчистий (до 2 %) та високосірчистий (від 3,5 до 4,3 %). Склад мазуту на суху масу такий, %: С = 85 –

–87, Н = 10,2–11,5, кисню з азотом О + N = 0,6–1,0. Теплота згоряння сухої маси мазуту складає 38,6–41,3 МДж/кг (9200–9850 ккал/кг). Вміст вологи в мазуті не перевищує 2 %, зольність А в межах від 0,15 до 0,3 %. Густина мазуту відносно густини води при температурі 20 °С складає 0,99–1,06.

86. Як впливає на якість мазуту сірковміст?

Сірковміст на якість мазуту впливає погано через те, що чим більший сірковміст мазуту, тим гірша його якість. При згорянні сірчистого мазуту в топках парових та водонагрівних котлів утворюється сірчистий газ SO₂, який при контакті з вологими стінками водяних економайзерів та повітряпідігрівачів перетворюється на сірчисту кислоту H₂SO₃, яка руйнує стінки цього обладнання. В результаті економайзери та повітропідігрівачі швидко виходять з ладу. Окрім того, сірчистий газ, який попадає в трубу разом з відхідними газами, забруднює повітря та шкодить рослинності.

87. Які характеристики є основними характеристиками мазуту?

Основними характеристиками мазуту є в'язкість та температура застигання. В'язкість мазуту характеризує його текучість, а температура застигання показує, за якої температури мазут густіє та втрачає свою рухливість (застигає). В залежності від в'язкості топкові мазути розподіляють на мазут Ф-5, М-40, М-100, М-200. Причому чим вища в'язкість мазуту, тим більші втрати на перекачування, злив та налив, тим важче його спалювати в топках парових котлів, тому що зі збільшенням в'язкості погіршується якість розпилювання, а відповідно і повнота його згоряння. Щоб мазут добре піддавався розпиленню, слід зменшувати його в'язкість шляхом підігріву. Наприклад, топковий мазут марки 200 при температурі 50 °С має умовну в'язкість 200, а при температурі 100 °С тільки 6,5–9,5. Численні випробування показують, що для нормальної роботи форсунок парових котлів топкові мазути слід підігрівати до тієї

температури, за якої мазут мав би перед форсунками в'язкість не більшу 5–7 одиниць в'язкості ВУ.

88. Що називається температурою спалаху мазуту?

Температура спалаху – це температура, яка визначає умову, коли пари мазуту в суміші із навколишнім повітрям спалахують при контакті з відкритим полум'ям. Мазут, який зпалюють в топках парових котлів, зазвичай має температуру спалаху в межах 90–140 °С. З метою запобігання пожежі температура підігрівання мазуту у відкритих резервуарах має бути менша за температуру спалаху на 10–12 °С.

89. Що являє собою газоподібне паливо?

Газоподібне паливо являє собою суміш горючих та негорючих газів. До горючих газів слід віднести: метан CH_4 , етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , водень H_2 , окис вуглецю CO та тяжкі вуглеводні C_mH_n , до негорючих – азот N та вуглекислий газ CO_2 .

90. Що таке метан?

Метан – складна фізична речовина, яка майже вдвічі легша за повітря. Маса 1 м^3 метану при 0 °С і тиску 760 мм рт. ст. – 0,717 кг. Молекулярна формула CH_4 означає, що молекула метану складається з одного атома вуглецю C та чотирьох атомів водню H . Температура спалаху коливається в межах від 648 до 800 °С. Теплота згоряння одного кілограма 50000 кДж (11953 ккал). Теплота згоряння 1 м^3 – 36000 кДж (8555 ккал). Для згоряння 1 м^3 метану необхідно $9,52 \text{ м}^3$ повітря. Температура кипіння рідкого метану -161,3 °С. Вміст його в природному газі складає до 97,7 %, тобто природний газ майже повністю складається з метану.

91. Що таке етан?

Етан – складна газоподібна речовина, яка важча за повітря. Маса 1 м^3 етану при 0 °С і тиску 760 мм рт. ст. – 1,357 кг. Молекулярна формула C_2H_6 – це означає, що молекула етану складається з двох атомів вуглецю C та шести атомів водню H . Теплота згоряння 1 м^3 – 638000 кДж (15226 ккал). Теплота згоряння одного кілограма – 47800 кДж (11349 ккал). Для згоряння 1 м^3 етану необхідно $23,8 \text{ м}^3$ повітря. Температура кипіння рідкого етану складає -8,7 °С. Вміст його в природному газі складає до 4,2 %.

92. Що таке пропан?

Пропан – складна фізична речовина, яка в 2 та більше разів важча за повітря, 1 м^3 пропана важить 2,604 кг. Молекулярна формула C_3H_8 – це означає, що молекула пропану складається з трьох атомів вуглецю та восьми атомів водню. Температура спалаху 530–588 °С. Теплота згоряння 1 кг – 46200 кДж (11079 ккал). Теплота згоряння 1 м^3 – 92000 кДж (21795 ккал). Для згоряння 1 м^3 пропану необхідно $23,8 \text{ м}^3$ повітря. Температура кипіння рідкого пропану -42°С. В природному газі пропану міститься дуже незначна частина.

93. Що таке бутан?

Бутан – складна фізична речовина, яка в 2 та більше разів важча за повітря. 1 м³ бутану важить 2,703 кг. Молекулярна формула C₄H₁₀ – це означає, що молекула бутану складається з чотирьох атомів вуглецю та десяти атомів водню. Температура спалаху 490–569 °С. Теплота згоряння 1 кг – 46000 кДж (10929 ккал). Теплота згоряння 1 м³ – 118000 кДж (28338 ккал). Температура кипіння рідкого бутану -42 °С. Вміст бутану та пропану в газах газонафтових родовищ доходить до 36 %.

94. Які гази відносяться до важких вуглеводнів?

Окрім пропану та бутану до важких вуглеводнів відносяться ізобутан C₄H₁₀, бутилен C₄H₈, ізобутилен C₄H₈, пентан C₅H₁₂, бензол C₆H₆, гексан C₆H₁₄, гептан C₇H₁₆, октан C₈H₁₈. Ці гази важчі за повітря, мають велику теплоту згоряння.

95. Що таке водень?

Водень – це проста газоподібна речовина, його молекула складається лише з атомів водню H₂. Водень в кілька разів легший за повітря. 1 м³ водню важить 89 г. Водень – найлегший з усіх газів. Температура спалаху 530–590 °С. Теплота згоряння 1 кг водню 118000 кДж (28000 ккал). Температура кипіння рідкого водню -252,8 °С. В природному газі водню в чистому вигляді майже немає. В штучних газах, наприклад, в світільному та коксовому, вміст водню складає до 57,6 %.

96. Як класифікується газоподібне паливо?

Газоподібне паливо існує штучне та природне. До природного газоподібного палива відноситься таке, яке видобувають з надр землі. До штучного газоподібного палива відносяться ті гази, які отримують шляхом нагрівання кам'яного вугілля, торфу або деревини без доступу повітря. Наприклад, світільний, коксовий, генераторний гази та ін.

97. Чи однакові за своїм складом штучне та природне газоподібне паливо?

Ні, за складом ці два види палива відрізняються. Так, природний газ виключно газового родовища складається в основному з метану, в газах газонафтових родовищ багато важких вуглеводнів. В газах, які отримані з газогенераторних установок, майже немає метану та важких вуглеводнів, проте багато окису вуглецю та водню.

98. Як утворився природний газ?

Багато вчених роблять припущення, що природний газ утворився з залишків морських тварин та рослин, які впродовж тисяч років відкладалися на дні морів, заносилися мулом та розкладалися без доступу повітря.

99. Як видобувають природний газ?

Природний газ видобувають з надр землі шляхом свердлення скважин на досить велику глибину.

100. Чи придатний газ, який виходить зі скважин, для спалення в пальниках?

Газ, який виходить зі скважини, не придатний для спалення в пальниках, тому що, виринаючи зі скважини, він несе з собою з пласта пісок, бруд, нафту. Щоб очистити газ, його пропускають крізь сепаратор, на дно якого осаджуються бруд, пісок та нафта. Нафту відкачують в резервуар, а пісок та бруд видаляють крізь нижню трубу. Газ, який там залишився, крізь верхню трубу збирають до збірного колектора, звідкіля він газопроводом потрапляє до місця використання.

101. Що таке зріджений газ?

Зрідженим називається газ, який за нормальної температури та тиску знаходиться в газоподібному стані і навіть при невеликому збільшенні тиску, проте без пониження температури, переходить в рідкий стан. Для побутових цілей найбільше розповсюдження отримав зріджений газ, який складається з пропан-бутанової суміші, причому літня пропан-бутанова суміш має вміщувати бутану до 30 %, а зимова – тільки до 5 %, оскільки рідкий бутан при одному й тому самому тиску за температури 0,5 °С припиняє випаровуватися, тобто переходить з рідкого стану до газоподібного. Пропан з рідкого стану в газоподібний переходить при температурі нижчій -42 °С. Ось чому в зимовому зрідженому газі міститься мало бутану.

102. Яким шляхом доставляють пропан-бутанову суміш до місця її використання?

До місця використання пропан-бутанову суміш доставляють в спеціальних балонах ємністю 50 л. В балоні міститься 21 кг зрідженого газу. Оскільки в зрідженому вигляді при збільшенні температури пропан розширюється в 16 разів, а бутан в 11 та більше разів, ніж вода, категорично забороняється заповнювати балони та інші ємності, які служать для зберігання зрідженого газу, більше, ніж на 85 %.

103. Що відбувається з балоном при безперервній витраті зрідженого газу?

При безперервній витраті зрідженого газу охолоджуються стінки балона, внаслідок чого влітку вони вкриваються тонким шаром криги. При цьому випаровування зрідженого газу уповільнюється і може припинитися зовсім. Щоб відновити випаровування газу, слід дати «відпочити» балону, поки зріджений газ не нагріється до потрібної температури. Встановлено, що влітку безперервно можна витратити 1,4–1,7 кг балонного газу, а взимку 0,3–0,4 кг.

104. Чи небезпечний природний газ?

Природний газ має сильні задушливі властивості. Окрім того, при неповному згорянні природного газу утворюється окис вуглецю CO, який є небезпечним навіть в малій кількості (0,15 %), отруйний та являє собою велику небезпеку для людини.

105. Як отримують штучне газоподібне паливо?

Штучне газоподібне паливо отримують таким шляхом:

1) генераторний газ – при спалюванні твердого палива в генераторах при недостатній кількості повітря та з підведенням пари. Генераторний газ отримують також при спалюванні твердого палива при недостатній кількості повітря і без підведення пари;

2) коксовий газ – як побічний продукт при коксуванні вугілля;

3) доменний газ – як побічний продукт в доменних печах при виплавці чавуну;

4) водяний газ – в результаті пропускання пари крізь розжарений кокс чи антрацит, при цьому пара розпадається на кисень та водень. Кисень при з'єднанні з вуглецем коксу чи антрациту утворює окис вуглецю.

106. Чи отруйні штучні газоподібні палива?

Штучні газоподібні палива дуже отруйні, оскільки в них міститься багато оксиду вуглецю.

107. Що таке одоризація газу?

Природний газ в чистому вигляді буває без кольору, смаку та запаху і тому, щоб своєчасно помітити появу газу, його одорують, тобто додають речовини із сильним запахом, наприклад меркотан.

108. Які переваги має газоподібне паливо перед рідким та твердим паливом?

Газоподібне паливо має такі переваги перед рідкими та твердим паливом:

1) краще перемішування горючого газу з повітрям, за рахунок чого досягається горіння з найменшим надлишком повітря, а тому й найменшими втратами теплоти з відхідними газами;

2) можливість отримувати більш високі температури при його згорянні;

3) простота обслуговування газових пальників. Окрім того, газоподібне паливо не потребує великих затрат на транспортування горючого газу до місця використання.

109. Чи вибухонебезпечні горючі гази?

Так, тому що всі горючі гази за певної концентрації в повітрі утворюють вибухонебезпечну суміш, яка при наявності відкритого вогнища або іскри вибухає. Вміст горючого газу в повітрі, якого достатньо для утворення вибухонебезпечної суміші, такий, % (за об'ємом): природний газ 3,8–17, коксовий газ 5–35, зріджений газ 1,6–10, газ газонафтових родовищ 3–13, водень 4,1–75, ацетилен 2,3–82, окис вуглецю 12,5–75, сланцевий газ 4–32, доменний газ 35–75.

110. Що таке «умовне паливо» і для чого введено це поняття?

Умовне паливо – це таке паливо, яке має сталу теплоту згоряння, що дорівнює 29,4 МДж/кг (7000 ккал). Поняття умовного палива необхідне для розрахунків при заміні одного виду палива іншим, тому що теплота згоряння палив змінюється в широких межах – від 6,3 МДж/кг (1500 ккал/кг) до 41,3 МДж/кг (9850 ккал/кг). Навіть у одного й того ж самого виду палива теплота згоряння сильно коливається в залежності від

зольності та вмісту вологи. Тому для можливості отримання величин, які можна порівняти між собою, наприклад, запаси палива, плановим органам та теплотехнікам необхідно масу палива прийняти в умовному виразі, рівному 29,4 МДж/кг (7000 ккал/кг). Розрахунки рекомендовано проводити за такою формулою: $V_{ум} = V_{н} \cdot Q_i / Q_{ум}$, де $V_{ум}$ – витрата умовного палива, кг/с; $V_{н}$ – витрата натурального палива, кг/с; Q_i – теплота згоряння натурального палива, МДж/кг (ккал/кг); $Q_{ум}$ – теплота згоряння умовного палива, МДж/кг (ккал/кг). Теплота згоряння основних видів палива така: деревини $Q = 12,4$ МДж/кг (2950 ккал/кг); торфу кускового $Q = 9,3$ МДж/кг (2210 ккал/кг); торфу фрезерного $Q = 8,1$ МДж/кг (1940 ккал/кг); сланців $Q = 20,9$ МДж/кг (2610 ккал/кг); бурого вугілля $Q = 10,7-15,7$ МДж/кг (2570–3740 ккал/кг); кам'яного вугілля $Q = 21,1-27,6$ МДж/кг (5030–7070 ккал/кг); напівантрацитів $Q = 26,0$ МДж/кг (6210 ккал/кг); антрацитів $Q = 24,2$ МДж/кг (5790 ккал/кг); мазуту високосіркового $Q = 38,300$ МДж/кг (9100 ккал/кг); пічного палива $Q = 41,0$ МДж/кг (9800 ккал/кг); природного газу $Q = 35,9-37,0$ МДж/кг (8500–8800 ккал/кг).

111. Що таке горіння?

Горіння – це реакція, при якій відбувається перетворення хімічної енергії палива в теплову. Горіння буває повне та неповне. При повному горінні вся хімічна енергія палива перетворюється на теплову, при цьому один атом вуглецю палива, поєднуючись з двома атомами кисню, утворює нову молекулу – молекулу вуглекислого газу, а два атоми водню, поєднуючись з одним атомом кисню, утворює молекулу водяної пари. Використовуючи хімічні позначення речовин, які беруть участь в горінні, повне згоряння вуглецю, водню та сірки можна зобразити таким чином: $C + O_2 = CO_2$ (вуглець + кисень = вуглекислий газ); $H_2 + O = H_2O$ (водень + + кисень = водяна пара); $S + O_2 = SO_2$ (сірка + кисень = сірчаний газ). Щоб горіння в топці парового чи водонагрівного котла було повним, необхідне постійне надходження в топку достатньої кількості повітря та його добре змішування з паливом. Окрім цього, для повного горіння необхідний достатній об'єм топкового простору та висока температура (не нижча 1000 °С). При повному згорянні твердого або рідкого палива колір полум'я в топці має бути солом'яно-жовтим, а при горінні газоподібного палива – прозоро-блакитним, без жовтих домішок. Якщо ж колір полум'я червоний або жовтий з димними полосами, це свідчить про неповне згоряння палива. Причиною цього можуть бути нестача повітря для повного горіння, погане перемішування повітря із паливом, малий топковий об'єм, низька температура в топці. У вказаному випадку реакція горіння буде виражатися не рівнянням $C + O_2 = CO_2$, а $C + O = CO$, тобто атом вуглецю + атом кисню = угарний газ. Реакція горіння протікає неповністю, і хімічна енергія палива неповністю перетворюється на теплову, бо теплоти в цьому випадку з одного кілограма вуглецю отримується не 33,9 МДж/кг (8100 ккал/кг), а лише 10,056 МДж/кг (2400 ккал/кг).

112. Чому при неповному горінні колір полум'я червоний із димними полосами, а з труби йде чорний дим?

Тому що не весь вуглець, який міститься в паливі, згоряє, тобто з'єднується з киснем повітря. В гарячих відхідних газах залишається багато розігрітих до червоного кольору частинок вуглецю, які не згоріли та надають полум'ю червоний колір із димними полосами.

113. Яка кількість повітря необхідна для повного горіння?

Теоретично для згоряння 1 кг палива необхідно повітря, м³:

- деревного палива – 4;
- торфу – 4,5;
- сланців – 3;
- бурого вугілля – 4,8;
- кам'яного вугілля – 8,4;
- напівантрацитів та антрацитів – 8,74;
- мазуту – 11;
- пічного палива – 11,3;
- природного газу – 9,85.

Практично для забезпечення повного згоряння палива в топку слід подавати повітря дещо більше теоретично необхідної кількості, тому що лише теоретично необхідної кількості повітря для змішування з леткими горючого недостатньо. Число, яке показує, наскільки фактична кількість повітря більша за теоретично необхідну, називається коефіцієнтом надлишку повітря (відношення дійсної кількості повітря, яка практично подається в топку, до теоретично необхідної кількості). Машиністи парових та водонагрівних котлів мають пам'ятати: чим менший коефіцієнт надлишку повітря, тим котел працює економічніше, тому що через надмірний надлишок порушується процес горіння. Надлишкове повітря в топці слід підтримувати на потрібному рівні, завдяки чому котел буде працювати із меншими втратами теплоти. На практиці доцільно застосовувати такі коефіцієнти надлишку повітря:

- деревного палива – 1,3;
- торфу – 1,35;
- сланців – 1,5;
- бурого вугілля – 1,5;
- кам'яного вугілля – 1,4;
- напівантрацитів та антрацитів – 1,3;
- мазуту – 1,1–1,3;
- природного газу – 1,05–1,1.

114. Які речовини входять до складу продуктів згоряння палива?

До складу продуктів згоряння палива входять вуглекислий газ – CO₂, сірчаний газ – SO₂, водяна пара H₂O, азот – N₂, який міститься в паливі та атмосферному повітрі, надлишковий кисень O₂, який міститься в продуктах згоряння палива, оскільки саме горіння протікає не ідеально, внаслідок чого необхідно подавати в топку повітря більше, ніж необхідно теоретично.

115. Що називається тепловим балансом котельної установки?

Тепловим балансом котельної установки називається розподілення теплоти, що вноситься в теплоагрегат при спаленні палива, на корисно використану теплоту та теплові втрати. При цьому в тепловому балансі враховується кількість не лише теплоти спалюваного палива, але й теплоти, яка потрапила в котлоагрегат разом із гарячим повітрям, якщо повітря підігрівається поза котлоагрегатом – $Q_{\text{зовн}}$, фізичної теплоти, яка потрапляє ззовні, МДж/кг, наприклад при підігріві мазуту парою до потрапляння в топку $Q_{\text{п}}$ – теплота пари, яка поступає до форсунки для розпилення мазуту, МДж/кг і т. д. Загальна кількість теплоти, яка внесена до котлоагрегату, називається наявною теплотою та її підраховують за формулою, МДж/кг, МДж/м^3 (ккал/кг, ккал/м³) $Q_{\text{н}} = Q_1 + Q_{\text{зовн}} + Q_{\text{фіз}}$.

116. Чи вся наявна теплота витрачається на отримання пари в котлоагрегаті чи на отримання гарячої води потрібних параметрів?

Ні, не вся, а лише частина. Вона могла б бути використана повністю, якби при роботі котлоагрегату не було втрат. Основна частина наявної теплоти використовується на отримання пари чи гарячої води в котлоагрегатах, і вона називається використаною теплотою. Інша частина наявної теплоти складає теплові втрати. Таким чином, рівняння теплового балансу можна записати в такому вигляді: $Q_{\text{н}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$, де $Q_{\text{н}}$ – наявна теплота; Q_1 – використана теплота; Q_2 – втрати теплоти з відхідними газами з котлоагрегату; Q_3 – втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива; Q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива; Q_5 – втрати теплоти котлоагрегатом в навколишнє середовище; Q_6 – втрати теплоти з фізичною теплотою шлаку. Використовуючи відносні значення втрат теплоти, рівняння теплового балансу можна записати так: $100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$.

117. Яка кількість теплоти, що виділяється паливом, витрачається при отриманні водяної пари чи гарячої води?

В котлах малої потужності ці втрати сягають порядку 30 %. Вони розподілюються таким чином: втрати теплоти з відхідними газами з котлоагрегату – 20 %, від хімічної неповноти згоряння – 4 %, від механічної неповноти згоряння – 2–4 %, втрати теплоти в навколишнє середовище – 1 %, втрати теплоти з фізичною теплотою шлаків – 1,5 %. Проте такий відсоток втрат теплоти спостерігається не в усіх котельнях. В котельнях, де встановлені водяні та повітряні економайзери та недопускається утворення накипу, сажі та золи на поверхнях нагріву котлів, а також контролюються температура та вміст відхідних газів, ці втрати набагато менші та складають 10–12 %. Слід зазначити, що часто можна зустріти котельні з котлами невеликої потужності, де зазначені втрати складають до 50 %. Це свідчить про те, що в таких котельнях адміністрація та машиністи до котлів відносяться неухважно.

118. Які причини втрат теплоти з відхідними газами з котлоагрегату?

Втрати теплоти з відхідними газами з котлоагрегату виникають по причині високої температури відхідних з котла газів; ця температура утворюється внаслідок забруднення поверхонь нагріву котла як із внутрішньої сторони накипом та брудом, так і з зовнішньої – золою та сажею, а також через високий коефіцієнт надлишку повітря.

119. Як можна зменшити втрати теплоти з відхідними газами з котлоагрегату?

Втрати теплоти з відхідними газами можна зменшити шляхом встановлення водяного економайзера та утримання в чистоті поверхонь нагріву котла, а також запобігання великому надлишку повітря. Температура відхідних газів має бути не більша 150–180 °С, а коефіцієнт надлишку повітря в залежності від типу палива не має перевищувати вищезазначеного.

120. Які причини втрат теплоти від хімічної неповноти згоряння палива?

Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння відбуваються через брак повітря в топці котла, через низьку температуру в топці, невірне розподілення в ній повітря, малий об'єм топкового простору. Щоб зменшити ці втрати до мінімуму, слід:

1) підкидати паливо в топку частіше та дрібними порціями, не тримати довго відкритими шурувальні дверцята, оскільки холодне повітря, яке потрапляє в топку, охолоджує її;

2) не допускати прогорання та шлакування колосникової ґратки (прогорання сприяє нерівномірному розподіленню повітря по шару палива, а зашлакована ґратка заважає проході повітря в топку);

3) домогтися максимально тонкого розпилення палива форсунками при роботі на рідкому паливі.

121. Які причини втрат теплоти від механічної неповноти згоряння палива?

Втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива відбуваються внаслідок провалу та винесення дрібних частинок неспаленого палива в газоходи котла. Для зменшення втрат теплоти від механічної неповноти згоряння необхідно: встановити розміри зазорів між колосниками відповідно до виду палива, не допускати вигрібання незгорілих частинок палива разом зі шлаком, попередити винесення дрібних незгорілих частинок палива в газоходи котла шляхом ретельного переміщення дрібноти з кусками та встановлення найліпшого режиму роботи топки.

122. Які причини втрат теплоти в навколишньому середовищі?

Втрати теплоти в навколишньому середовищі відбуваються через те, що обмурок та обшивка котла і його елементи (барабан, колектори, паропроводи) мають більш високу температуру, ніж температура навколишнього повітря, тому вони віддають частину теплоти в навколишнє середовище. Втрати в навколишньому середовищі будуть тим більші, чим

вища температура обмурка та теплової ізоляції, тому всі зовнішні поверхні котла та його елементів мають мати таку ізоляцію, яка б забезпечувала їх температуру не вищу 55 °С.

123. Які причини втрат теплоти з фізичною теплотою шлаків, які видаляються?

Втрати теплоти з фізичною теплотою шлаків, які видаляються, відбуваються через те, що шлаки, які видаляють з топки, мають досить високу температуру та виносять певну кількість теплоти, яка передається ними в навколишнє середовище і не може бути повернута. Ці втрати залежать від способу видалення шлаку.

124. Що таке коефіцієнт корисної дії (ККД)?

Це відношення кількості витраченої теплоти на отримання 1 т пари в паровому котлі чи гарячої води у водонагрівному котлі до всієї теплоти, яка виділяється в топці парового чи водонагрівного котла при згорянні палива, $ККД = Q_1/Q_n$, де Q_1 – корисна теплота, яка витрачена на отримання тонни пари або гарячої води; Q_n – загальна кількість наявної теплоти. Наприклад, щоб отримати 1 т пари під тиском 1 МПа теоретично треба теплоти 2004 МДж/кг (478000 ккал/кг), а фактично, з урахуванням усіх втрат, витрачено теплоти 2404 МДж/кг (572380 ккал/кг). Тоді $ККД = Q_1/Q_n = 2004/2404 = 0,8$.

125. Топкові пристрої для спалення рідких та газоподібних палив. Як класифікуються топкові пристрої за призначенням?

За призначенням топкові пристрої можна розділити на теплові, силові та технологічні пристрої, причому топкові пристрої, в яких спалення палива чи протікання екзотермічних реакцій при переробці сировини суміщується з використанням в елементах котла теплоти, яка при цьому виділяється, називаються технологічними, а топкові пристрої, в яких відбувається отримання продуктів згоряння не тільки з високою температурою, але й з підвищеним тиском, називаються силовими топковими пристроями. В них продукти згоряння використовуються безпосередньо з силовою метою, наприклад, в соплах реактивних двигунів, газових турбінах і т. п.

126. Які топкові пристрої називаються тепловими?

Топкові пристрої, в яких відбувається перетворення хімічної енергії палива в фізичну теплоту високотемпературних газів для наступної передачі теплоти цих газів крізь поверхні нагріву котла воді чи парі, називаються тепловими топковими пристроями. Вони, в свою чергу, поділяються на шарові, що призначені для спалення кускового палива, та камерні – для спалення твердого палива в пилоподібному стані, а також для спалення суміші рідкого та газоподібного палив. Усі вищезазначені топкові пристрої мають відповідати таким вимогам: бути надійними та безпечними в експлуатації та простими в обслуговуванні; мати можливість зміни навантаження котла в досить широких межах, можливість застосування резервного палива, а також відносно невеликі витрати енергії на власні

потреби. Горіння палива в топці має бути повним із мінімальними втратами від хімічної та механічної неповноти згорянь.

127. Чи однакові за конструкцією топки для спалення рідкого та газоподібного палива?

Однакові, тому що умови спалення рідкого та газоподібного палив мають багато спільного. Причому топки як для спалення мазуту, так і для спалення газоподібного палива мають форму паралелепіпеда, їх поди завжди виконуються з невеликим нахилом до центра. Форсунки пальників в топках котлів невеликої потужності розміщують по фронту котла із дотриманням усіх проектних норм: відстань між форсунками, пальниками (якщо їх більше одного), відстань від осі форсунки до стінки топки. Глибина топки, яка залежить від розташування форсунок, їх потужності та калібра амбразури, має також відповідати проекту. В топках парових та водонагрівних котлів з великою потужністю форсунки, пальники розташовують як по фронту котла, так і під кутом, а також назустріч одне одному. Причому форсунки, пальники при фронтальному розташуванні і при глибині топки не менш 6 м розміщують в 2–3 яруси, оскільки таке розташування обходиться дешевше та зручніше в обслуговуванні. Але для забезпечення ліпших умов роботи екранів найкраще розташування форсунок, пальників – зустрічне, тому що при такому розташуванні їх факел концентрується в центральній високотемпературній частині топки і екран не відчуває високого теплонавантаження.

128. Яке рідке паливо застосовують для спалення в котельнях промислових підприємств?

В котельнях промислових підприємств для спалення в топках парових котлів застосовують мазут марок М-40, М-100, М-200. Всі зазначені марки мазутів перед спаленням в топці слід обов'язково звільняти від вологи та підігрівати до необхідної температури.

129. Чому слід підігрівати мазут, який надходить в форсунки?

Підігрівати мазут слід тому, що основними умовами інтенсифікації горіння мазуту є попередній нагрів та тонке розпилення. Ступінь нагріву мазуту вибирають в залежності від марки та в'язкості мазуту, а також від форми форсунок. При спаленні мазуту з малим надлишком повітря в механічних форсунках його в'язкість перед форсунками має не перевищувати 1,5–2 ВУ, для чого мазут М-40 слід підігрівати до 100–110 °С ; мазут М 100 – до 135 °С; мазут М-200 – до 150 °С. В інших випадках в'язкість мазуту має не перевищувати 2,5–3 ВУ та підігрів 100–135 °С. Окрім цього, щоб не допустити виходу з ладу форсунки, мазут перед потраплянням до форсунки слід обов'язково відфільтрувати: спочатку крізь фільтри грубої очистки з чарунками 1,5×1,5 мм, котрі встановлюють зазвичай на зливні мазуту в приймальні резервуари, потім крізь фільтри тонкого очищення, які встановлюються попереду насосів другого ступеня на підігрітому мазуті. Розмір чарунок тонкого очищення має бути не більший 0,3–0,5 мм.

130. З яких послідовних етапів складається процес спалення мазуту?

Процес спалення мазуту складається з таких етапів: розпилення мазуту форсункою; утворення горючої суміші, що складається з продуктів випаровування та теплового розкладу вуглеводнів та кисню; спалахування горючої суміші та горіння горючої суміші. Причому найважливішим та першим етапом підготовки мазуту до спалення є його розпилення на найдрібніші частинки. Наприклад, з краплі діаметром 1 мм дрібленням можна отримати 1 млн крапель діаметром 10 мкм. Площа поверхні випаровування при цьому збільшується в 600 разів, а чим більша площа дотику однієї й тієї самої краплі мазуту з повітрям, тим краще протікатиме горіння.

131. Як виконується процес розпилення мазуту?

Розпилення мазуту та іншого рідкого палива виконується форсунками, які за способом розпилення поділяються на механічні, парові, ротаційні та комбіновані – паромеханічні. В механічних форсунках розпилення мазуту та іншого рідкого палива відбувається за рахунок кінетичної енергії струменя мазуту, яка створюється паливним насосом. Виходячи під тиском з підвищеною швидкістю крізь сопло форсунки, мазут тонко розпилюється. Кінцеве розпилення викинутих з форсунки найдрібніших крапель виконується під дією тиску зовнішнього середовища. В парових форсунках мазут розпилюється головним чином за рахунок кінетичної енергії пари, яка рухається з великою швидкістю, в повітряних – повітря, яке також швидко рухається, в ротаційних – за рахунок використання центробіжних сил, що виникають при обертанні ротора та первинного повітря. В паромеханічних форсунках мазут розпилюється за рахунок спільного використання обох методів розпилення.

132. Що являє собою форсунка механічного розпилення?

Форсунка механічного розпилення являє собою пристрій, що складається з колодки із з'єднувальними та кріпильними деталями, корпусу, ствола форсунки, головки, накидної гайки та вихрової камери. Розпилення мазуту в форсунці відбувається за рахунок подачі гвинтовим або шестеренним насосом під надлишковим тиском [2,5–4,5 МПа (25–45 кгс/см²)] до вихрової камери форсунки з кількома каналами та виходом закрученого мазуту крізь вузьке сопло, внаслідок чого створюється швидкообертаний вихор, що стікає зі швидкістю до 80 м/с у вигляді конуса, що розходить. Кожна крапля мазуту взаємодіє з навколишнім середовищем та розбивається на дуже малі частинки і, поєднуючись з киснем повітря, згоряє.

133. Де встановлюють форсунки з механічним розпилюванням?

Форсунки з механічним розпилюванням встановлюють в амбразурах, що розташовані на фронтальній стінці топки. Повітря для горіння мазуту слід підігрівати до температури 200 °С і подавати під тиском 588–686 Па (60–70 мм вод. ст.) від вентилятора крізь повітряні реєстри, які служать

також для завихрення повітря, що є необхідною умовою якісної роботи мазутних форсунок.

134. Які переваги мають механічні форсунки?

Механічні форсунки мають такі переваги: відсутність витрати пари на розпилення мазуту, безшумну роботу. До недоліків можна віднести, поперше, погіршення розпилення при зменшенні витрати мазуту та утворення занадто довгого факела.

135. З яких частин складається парова форсунка типу ФП?

Парова форсунка типу ФП складається з насадки, дифузора, сопла, ствола та колодки. Працює форсунка таким чином: пара під певним тиском з паропроводу потрапляє до внутрішньої труби форсунки і виходить крізь розширювальне сопло з великою швидкістю. Мазут із вихідного штуцера потрапляє в кільцевий канал ствола форсунки, що розміщується між зовнішньою та внутрішньою трубками. Виходячи з кільцевого каналу, мазут попадає в потік пари, що виходить з сопла на великій швидкості і розбивається на дрібні крапельки у вигляді паромазутного пилу. Потім паромазутний пил потрапляє до дифузора, де за рахунок кінетичної енергії пари відбувається ще більше подрібнення мазуту на крапельки, які, вилітаючи з дифузора і насадки, швидко змішуються з повітрям та в топковому просторі згоряють. Окрім форсунок ФП в котельних установках малої потужності непогано зарекомендувала себе форсунка конструкції Шухова. Вона складається з литого корпусу з двома штуцерами, шпінделя та накидної гайки. Один штуцер використовується для підведення мазуту, а інший – для підведення пари. Працює форсунка таким чином: мазут з мазутного штуцера надходить до шпінделя та рухається по шпінделю до устя форсунки, а пара під тиском 0,3–0,4 МПа (3–6 кгс/см²) з парового штуцера потрапляє до кільцевого каналу, який утворений корпусом та шпінделем. Між конічним кінцем шпінделя та вихідним отвором сопла залишена концентрична щілина, крізь неї під тиском виходить пара, захоплюючи слідом мазут, що розпилюється та згоряє в тонкодисперсному стані. Отвір для проходу мазуту в форсунці Шухова не регулюється, але сам шпіндель може переміщуватися в осьовому напрямку, і, тим самим, змінювати ширину кільцевої щілини для проходу пари, так регулюється кількість розпилюваного палива. Використання пари на розпилення мазуту складає в межах 3–5 % паровиробництва котла. Для раціонального спалення мазуту в форсунках Шухова слід дотримуватися таких умов:

а) шпіндель форсунки має бути встановлений в строго центральному положенні. Якщо при перекосі шпінделя пара б'є вбік, то розпилення мазуту відбувається дуже грубо, що призводить до неекономічного спалення палива;

б) ширина парової щілини має бути не більша 0,5–1 мм та в процесі роботи форсунки має лишатися незмінною. Регулювати витрати пари слід лише паровим вентиляем, встановленим на паропідводній лінії;

в) часто в експлуатації на розмір парової щілини не звертають увагу. Нерідко форсунки Шухова працюють з шириною парової щілини 3–5 мм, що призводить до збільшення питомого використання пари на розпилення (до 0,8–1,0 кг замість 0,35–0,45 на мазут масою 1 кг при правильному складенні форсунки);

г) надлишковий тиск розпилювальної пари перед форсункою (тобто тиск за манометром) має складати 0,2–0,35 МПа (2–3,5 кгс/см²). Більший тиск викликає надлишкове використання пари на розпилення.

136. З яких частин складається паромеханічна форсунка?

Паромеханічна форсунка складається з корпусу із двома штуцерами, один з яких – паровий, а інший – мазутний; ствола форсунки та розпилювальної головки, яка складається з парового та мазутного завихрувачів, розподільної шайби, втулки та накидної гайки.

137. Куди підводиться мазут в паромеханічній форсунці?

Мазут в паромеханічній форсунці підводиться внутрішньою трубою ствола, по втулці та крізь розподільну шайбу потрапляє в канали паливного завихрувача. Пара на розпилення проходить наружною трубою ствола, щілинами поміж накидною гайкою та втулкою і потрапляє в канали парового завихрувача. Газова частина пальників центрального типу складається з підвідного газопроводу та газових насадок з газовидільними отворами, крізь які частина газу подається паралельно осі горіння, в напрямку первинного горіння, інша частина попадає перпендикулярно до осі пальника, в напрямку вторинного повітря. Повітронапрямний пристрій пальника складається з двох підвідних повітропроводів та двох завихрувачів повітря: первинного та вторинного. Завихрувач первинного повітря тангенціально-осьовий, з прямими лопатками, встановленими під кутом 60° до осі пальника. Завихрувач вторинного повітря осьовий, з прямими лопатками, встановленими під кутом 45° до осі пальника. Напрямок обертання первинного та вторинного повітря однаковий.

138. З яких частин складається ротаційна форсунка?

Ротаційна форсунка, яка служить для розпилення мазуту, складається з корпусу, розпилювального мазутопідвідного пристрою, вентилятора первинного повітря та привода. В свою чергу розпилювальний пристрій складається з розпилювального стакана, закріпленого на валу форсунки, який фіксується живильником, і сопла первинного повітря із встановленим на ньому завихрувачем. Внутрішня поверхня стакана утворена двома конусами. Сопло первинного повітря утворено зовнішньою поверхнею стакана та конічними насадками. Завихрувач первинного повітря – осьового типу, з профільними лопатками, встановленими під кутом 30° до осі пальника. Повітря до завихрувача надходить від вентилятора первинного повітря, встановленого на валу форсунки. Повітря на підсос вентилятора подається патрубком із загального короба. Паливопідвідний пристрій форсунки складається із вбудованого в форсунку паливного насоса, відсічених паливних клапанів та ущільнювача. Паливо від насоса

надходить в розпиловальний стакан, проходячи всередині полого вала та крізь паливні канали живильника. На хвостовику вала форсунки встановлене ущільнення для запобігання витоку палива між кінцем вала та корпусом клапана відсічника. Паливний насос приводиться до дії від вала форсунки через черв'ячну передачу. Привід вала форсунки виконується від електродвигуна клиноремінною передачею. Повітрянапрямний пристрій вторинного повітря складається з осьового завихрувача із прямими лопатками, розташованого під кутом 40° до осі пальника, дифузора та конусного стабілізатора, встановленого на виході з пальника. Форсунка розміщується в повітряній коробі, у вигляді завитка. При роботі на газі, а також для профілактичного огляду форсунка виводиться з повітряного короба, отвір в коробі закривається кришкою.

139. Контрольно-вимірювальні прилади. Які прилади відносяться до контрольно-вимірювальних?

До контрольно-вимірювальних приладів відносяться водовказувальні прилади (стекла), пробні крани, манометри, прилади для вимірювання температури, прилади для вимірювання витрат пари, води, мазуту, газу, прилади для аналізу складу газу.

140. Для чого призначені водовказувальні прилади (стекла)?

Водовказувальні прилади (стекла) призначені для постійного спостереження за положенням рівня води в барабані котлоагрегату. З цією метою на кожному барабані теплоагрегату встановлюють не менш двох водовказувальних приладів прямої дії з пласким, гладким або рифленим водовказувальним склом. Причому кожний водовказувальний пристрій розміщують на барабані котла окремо, з прямими з'єднувальними трубами без проміжних фланців та запірної арматури.

141. Чи завжди на паровий котел слід встановлювати не менше двох водовказувальних приладів?

Ні, не завжди. У парових котлах паровиробництва менше ніж $0,19 \text{ кг/с}$ ($0,7 \text{ т/г}$), а також у локомотивних котлах і котлах паровозного типу дозволяється ставити один водовказувальний прилад (скло), а замість іншого скла обов'язково ставити два водопробних крани або вентиля, які можна було б періодично прочищати за прямим напрямом. При цьому нижній кран має бути встановлений на рівні нижчого допустимого рівня води в котлі, а верхній – на рівні вищого. Внутрішні діаметри кранів або вентилів мають бути не менші 8 мм.

142. В яких випадках встановлюють додатково для спостереження за рівнем води в котлі знижені дистанційні показчики рівня води?

Знижені дистанційні показчики рівня води в котлі встановлюють в тому випадку, якщо відстань від площадки, з якої проводиться спостереження за рівнем води в паровому котлі, до водовказувальних приладів прямої дії перевищує 6 м, а також у випадку поганої видимості приладів. Ці показчики мають бути з тарованими шкалами, на котрих нанесений нижчий та вищий рівні води за водовказувальним приладом,

встановленим на тому самому котлі. В цьому випадку на барабанах котла допускається встановлення одного водовказувального пристрою прямої дії. Знижені чи дистанційні показчики рівня води приєднують до барабана котла на окремих штуцерах незалежно від верхніх водовказувальних приладів. При цьому вони мусять мати заспокійливі пристрої. На водовказувальних приладах встановлюють металеві показчики найнижчого та найвищого допустимих рівнів в котлі. Рівні мають знаходитися відповідно не менше ніж на 25 мм вище нижньої кромки скла (обов'язково вище вогняної лінії) та не менше ніж на 25 мм нижче верхньої кромки скла. Машиністи котлів мають пам'ятати, що вода в паровому котлі ні в якому випадку не може опускатися нижче найнижчого дозволеного рівня в котлі і не має переходити за вищий допустимий рівень, оскільки це призведе до оголення вогняної лінії котла, перегріву його стінок та вибуху. Якщо ж води забагато, то зволожується пара, яка отримується в котлі, і частина води потрапляє в пароперегрівач чи в паропровід за його відсутності, що може призвести до гідравлічних ударів в паропроводі аж до його руйнування. Рівень води в котлі слід тримати посередині скла, не допускаючи вище найвищого та нижче найнижчого.

143. Де розташовується найвищий рівень води в котлі?

Найвищий рівень води в котлі розташовується на 25 мм нижче верхньої кромки водовказувального приладу (скла), а найнижчий – на 100 мм вище вогняної лінії котла.

144. З яких основних частин складається водовказувальний прилад?

Водовказувальний прилад прямої дії складається з металевої рамки з двома ніпелями, скла, верхнього парового крана, нижнього водяного крана та продувального крана, що ввернутий в корпус водяного крана. В свою чергу, паровий та водяний крани складаються з корпусу, фланця, каналу з краном та пробки, що відкривається для чищення каналу на випадок його забруднення. Обидва крани кріпляться до котла за фланці: верхній – паровий – до парового простору котла, нижній – водяний – до водяного простору. Скло всовується в металеву рамку, яка має коритоподібне заглиблення для води та пари і щільно підганяється за допомогою прокладки до верхньої частини рамки, потім кріпиться гвинтами до корпусу. Причому скло з одного боку гладке, а на іншій стороні є повздовжні борозди, які відбивають світло, тому вода в склі здається темною, а пара – світлою. Після складання водовказувальний прилад (скло) встановлюють на місце на котлі таким чином, щоб нормальний рівень води знаходився приблизно посередині скла.

145. Чи можуть канали водовказувальних приладів забруднюватися піною і шламом всередині котлової води?

Можуть. Щоб цього не відбувалося, їх необхідно періодично (два рази на зміну) продувати. Продувку необхідно проводити так: відкрити спускний кран, потім закрити водяний кран (при цьому будуть відбуватися продування та чищення парового каналу паром та нагрівання

водовказувального скла по всій його довжині). Паровий канал слід продувати 5–6 с, потім водяний кран відчинити, а паровий зачинити (при цьому відбудуться продування та чищення водяного каналу приладу). Через 5–6 с відкрити паровий кран та закрити спускний. Якщо після продування вода у склі не піднімається зовсім або піднімається дуже повільно чи слабо коливається, це значить, що забруднення скла не ліквідовано. Тоді слід повторно їх продути в тому самому порядку. Якщо продуванням не вдалося ліквідувати забруднення кранів, то слід їх прочистити.

146. В якому порядку виконується очищення каналів водовказувального приладу?

Порядок очищення каналів водовказувального приладу такий: попередньо потрібно підкачати води в котел дещо вище середнього рівня (за другим справним склом). Потім машиністу крана слід стати осторонь від крана, щоб уникнути опіків та ключем повернути пробку, що закриває паровий чи водяний канал. Далі ввести мідний вигнутий дріт в отвір і поступово відкривати кран, очищуючи при цьому канал до з'явлення води з водяного каналу та пари з парового. Потім закрити канал, завернути пробку та знов продути прилад, звіряючи рівні в обох стеклах, щоб переконатися, що паровий та водяний канали добре прочищені.

147. В яких випадках водопоказувальний прилад вважається несправним?

Водопоказувальний прилад вважається несправним, якщо:

1) пропарюють паровий, водяний чи продувний крани;
2) відбувається пропуск між склом та рамкою чи між ніпелями рамки та гніздами в кранах;

3) відбулося забруднення парового чи водяного каналу приладу. Причому якщо відбулося пропарення парового крана, то тиск в паровій частині скла дещо зменшиться, внаслідок чого рівень води в склі буде вищий, ніж в котлі. І навпаки, при пропаренні водяного крана тиск в водяній частині буде менший, і відповідно, рівень води в склі нижчий, ніж в котлі. Якщо ж забруднений канал парового крана, то вода заповнить водовказувальне скло повністю. При забрудненні водяного каналу водовказувального приладу води в склі буде стільки, скільки було до забруднення, при цьому вода в склі коливатися не буде.

148. Як розрізняються манометри за принципом дії?

Манометри, що служать для показу надлишкового тиску пари в котлі чи тиску води в економайзері або водонагрівному котлі, за принципом дії поділяють на деформаційні та рідинні. В свою чергу деформаційні манометри поділяють на трубчасто-пружинні, мембранні та сильфонні, а рідинні – на однотрубні, кільцеві, двотрубні чи U-подібні, поплавцеві та дзвонові.

149. Які манометри найбільш розповсюджені?

Найбільш розповсюджені трубчасто-пружинні манометри, які складаються з корпусу, стояка (нижня частина якого з'єднується зі сифонною трубкою), порожньої вигнутої трубки, стрілки, поводка, зубчатого сектора, шестерні та пружини. Головною частиною пружинного манометра є порожня трубка, яка нижнім кінцем з'єднується з порожньою частиною стояка. Верхній кінець трубки запаяний та може переміщатися і передає свої переміщення через поводок зубчастому сектору, який змонтований на стояку, а потім шестерні, на осі якої «сидить» стрілка. При підключенні манометра до парового простору парового котла чи до водонагрівного котла тиск пари чи води всередині порожньої трубки намагається випрямити пружинну трубку, що своїм вільним кінцем з шарнірно закріпленим на ній поводком передає це переміщення до стрілки. А стрілка, яка переміщується вздовж шкали манометра, показує тиск пари чи води в котлі. Причому чим більший в котлі чи економайзері тиск, тим більше розігнеться порожня трубка, тим далі пересунеться стрілка манометра по шкалі, тому що площа верхньої поверхні трубки більша площі нижньої поверхні.

150. Де встановлений трубчастий манометр на паровому котлі?

Трубчастий манометр встановлений на сифонній трубці, що з'єднана з паровим простором котла. Місце встановлення обумовлене тим, що якщо на латунну трубку буде діяти пара, то висока температура швидко виведе його з ладу; в сифонній же трубці пара перетворюється на воду і на латунну трубку діє охолоджена вода. Між сифонною трубкою та манометром розташовано триходовий кран з фланцем для контрольного манометра. На квадратну пробку крана наносяться риски, які вказують напрям каналів в пробці. Причому на парових котлах, які працюють при тиску пари більше 3,9 МПа (39 кгс/см²), триходовий кран не встановлюють. Замість нього монтують вентиля, що дозволяють з'єднати манометр з атмосферою, продувати сифонну трубку та відключати манометр від котла.

151. Чи може манометр неправильно показувати тиск пари?

Може, якщо своєчасно його не перевіряють. Щоб манометр працював надійно, необхідно своєчасно перевіряти правильність його роботи. Для цього спочатку зафіксують положення стрілки, потім ручку триходового крана повертають так, щоб маленька риска опинилася у верхньому положенні. В цьому випадку манометр з'єднується з навколишнім повітрям, і стрілка його встановлюється на нуль. Потім ручку триходового крана встановлюють в попереднє положення, при цьому стрілка манометра мусить повернутися в те положення, в якому вона знаходилася до початку перевірки. Далі продувають сифонну трубку. Триходовий кран повертають так, щоб маленька риска була в нижньому положенні. В цьому випадку з сифонної трубки має виходити пара з водою. Після продування сифонної трубки триходовий кран встановлюють в нейтральне положення. Це робиться для того, щоб в сифонній трубці утворилася вода, після чого триходовий кран встановлюють в робоче положення. Окрім того, манометр

перевіряють ще контрольним манометром. Для цього до фланця триходового крана за допомогою скоби встановлюють контрольний манометр і ручку триходового крана повертають так, щоб маленька риска повернулася в бік фланця. При цьому обидва манометри будуть з'єднані з котлом, і якщо робочий манометр справний, то його покази мусять бути такими самими, як і у контрольного.

152. Як має бути встановлений манометр?

Манометр має бути встановлений так, щоб його покази могли чітко бачити машиністи. Номінальний діаметр манометрів, які встановлюються на висоті до 2 м від рівня робочої поверхні, має бути не менше 100 мм, на висоті від 2 до 5 м – не менше 150 мм, а на висоті більше 5 м – не менше 250 мм. Клас точності манометрів для робочого тиску до 2,3 МПа (23 кгс/см²) не нижче 2,5; більше 2,3 МПа до 14 МПа (140 кгс/см²) не нижче 1,6, а вище 14 МПа (140 кгс/см²) не нижче 1,0. Причому він має бути з такою шкалою, щоб при робочому тиску стрілка його знаходилася в середній третині шкали.

153. В яких випадках манометри не дозволяють використовувати?

Манометри не дозволяють використовувати, якщо:

- 1) на манометрі відсутні пломба або клеймо;
- 2) розбите скло чи присутні інші пошкодження, які можуть спотворити покази манометра;
- 3) вийшов строк чергової перевірки;
- 4) на циферблаті не має червоної риски, що вказує найбільший допустимий робочий тиск котла;
- 5) стрілка манометра при його вимкненні не повертається до нульового положення на величину, що перевищує половину допустимої похибки для даного манометра.

154. На які агрегати встановлюють мембранні манометри?

Мембранні манометри в більшості випадків встановлюють на пересувні агрегати. Вони складаються з мембрани, яка являє собою металеву хвилясту пластину, що затиснена між двома фланцями. Знизу на мембрану давить вимірюване середовище (пара, вода), а зверху – атмосферне повітря. Під дією різниці тисків мембрана вигинається вгору, причому тим сильніше, чим більша різниця тисків. В центрі мембрани закріплений невеликий стрижень, який за допомогою колінчатого важеля, зубчастого сектора та шестерні передає переміщення стрілці.

155. Для чого призначені диференціальні манометри?

Диференціальні манометри призначені для вимірювання перепадів тиску в газових фільтрах чи в дросельних органах приладів, що вимірюють витрати газів, пари, рідин. Манометр складається з двох колодок: верхньої та нижньої, що з'єднані між собою скляними трубками. Останні поєднані між собою за допомогою каналу в нижній колодці, яка має спускний вентиль. При відкритому вентилі трубки через ніпель сполучуються з атмосферою. В верхній коробці трубки з'єднуються через зрівнювальний

вентиль, який при роботі приладу знаходиться в закритому стані. В верхню колодку вмонтовані робочі вентиля та продувочний вентиль. До колонки може приєднуватися пружинний показувальний манометр для вимірювання статичного тиску перед приладом. Знаками «плюс» та «мінус» на приладі позначені штуцери, що закріплені до місць більшого та меншого тиску. Під'єднується прилад до трубопроводу червономідними трубками 8×6 мм.

156. З якою метою застосовуються тягоміри?

Тягоміри застосовуються для вимірювань розріджень в топках і газоходах парового чи водонагрівного котла. За конструкцією вони бувають: з пружньою мембраною, рідинні, дзвонові, V-подібні, з нахиленою трубкою. В найпростішому вигляді тягомір складається з вигнутої V-подібної скляної трубки, що до половини заповнена підфарбованою водою. Трубка закріплюється до дерев'яної рамки, на котру нанесена шкала, градуйована в мм вод. ст. Коли обидві гілки тягомірної трубки відкриті, то рівень залитої в неї рідини стоїть на одній висоті. Як тільки одну гілку за допомогою будь-якої трубки з'єднати з діючим газоходом, вода в цій гілці трубки підніметься, а в іншій гілці – опуститься. Кількість міліметрів, відрахована за шкалою між верхнім рівнем рідини та нижнім, показує розрідження в місці заміру. Тягоміри з нахиленою трубкою складаються з нахиленої скляної трубки із впаяною в неї колбою, в яку наливають підфарбовану воду, та дерев'яної рамки, яка має шкалу поділок через 0,1 мм вод. ст. Трубка з колбочкою жорстко кріпиться до рамки. При вимірюванні розрідження газу із середовищем з'єднується кінець трубки, а відросток колбочки лишається відкритим. В обох випадках заміру рівень рідини в трубці підніметься і стане проти поділки, що відповідає розрідженню. Прилади цього типу виготовляють для вимірювання розріджень до 30 мм вод. ст.

157. Які існують мембранні тягоміри?

Мембранні тягоміри існують з пружньою мембранною коробкою та мембраною. Пружні тонкостінні металеві мембранні коробки мають гофровані стінки. Всередину коробки подається розрідження, а ззовні діє на стінки атмосферний тиск. При вимірюванні розрідження коробка деформується та переміщує стрілку по шкалі. Мембрани виготовляють з гуми чи будь-якого іншого еластичного матеріалу.

158. На якому принципі основана дія рідинних дзвонових тягомірів?

На принципі зміни заглиблення в замикальну рідину товстостінного дзвона при вимірюванні тиску ззовні та всередині дзвона.

159. На які групи поділяються прилади для вимірювання температури?

Прилади для вимірювання температури поділяються на такі групи: рідинні скляні термометри, манометричні термометри, термоелектричні прилади, прилади з термометрами опору, фотоелектричні пірометри та радіаційні пірометри.

160. Якою рідиною заповнюють рідинні скляні термометри?

Рідинні скляні термометри заповнюють ртуттю, етиловим спиртом, толуолом, пентаном та ін. Найбільш розповсюджені рідинні скляні термометри, заповнені ртуттю. За допомогою технічних ртутних термометрів можна вимірювати температуру від -35 до $+350$ °C (температура застигання ртуті -39 °C, а температура кипіння $+357$ °C). Для вимірювання більш високих температур верхній простір капіляра термометра над ртуттю заповнюють інертним газом під тиском.

161. З яких частин складається рідинний скляний термометр?

Рідинний скляний термометр зазвичай складається з балончика, з'єднаного з герметично запаєним капіляром, який розміщують в скляну оболонку (футляр), з'єднану з хвостовиком термометра. В середині скляного футляра розміщена нерухома пластина, на котру нанесена температурна шкала. Працює ртутний рідинний термометр таким чином: при нагріванні хвостовика об'єм ртуті в балончику збільшиться, і її рівень в капілярній трубці також збільшиться, а на скільки градусів підвищиться рівень – покаже градуйована шкала.

162. На чому основана робота манометричного термометра?

Робота манометричного термометра основана на властивості газу, який заповнює сталий об'єм, збільшувати свій тиск при підвищенні температури. Термометр складається з термобалона, манометричної пружини та капіляра (трубки), що з'єднує термобалон та манометричну пружину. Всі ці деталі герметично запаєні та заповнені газом або рідиною. Газові манометричні термометри найчастіше заповнюють азотом, близьким за своїми властивостями до «ідеального» газу. Межі вимірювання газових термометрів від -160 до $+600$ °C. Довжина капіляра не більша 60 м. Рідинні манометричні термометри заповнюють ртуттю (межі вимірювання: від -35 до $+350$ °C), метиловим спиртом чи кселолом (від -80 до $+320$ °C). Довжина з'єднувальних капілярів для ртуті 10 м, для кселолу та спирту не більше 25 м.

163. На якому принципі працює термоелектричний термометр?

Термоелектричний термометр працює на принципі виникнення термоелектрорушійної сили в замкнутому колі, яке складається з двох різнорідних провідників (наприклад хромель-алюмелеві), якщо їх гарячий спай та холодний спай мають однакову температуру. Прилад зазвичай складається з чотирьох вимірювальних кіл: термопари, вимірювального приладу, з'єднувальних компенсаційних дротів та з'єднувальних мідних дротів. Робочий кінець термопари, що поміщений до вимірювального середовища, знаходиться під дією високої температури. Вільний кінець термопари (головка) знаходиться в іншому середовищі. Кінці термоелектродів через з'єднувальні компенсаційні дроти та мідні дроти під'єднують до вимірювального приладу.

164. Що таке термопара?

Термопара – датчик в термоелектричних приладах – являє собою спай двох дротів з різних металів чи напівпровідників, на вільних кінцях якого

виникає ЕРС, яка залежить від різниці температур спаю та їх вільних кінців. Цю ЕРС подають на вимірювальний мілівольтметр, на якому нанесені по шкалі температура в градусах, або на самописець.

165. На чому основане вимірювання температури термометром опору?

Вимірювання температур термометром опору основане на властивості металів змінювати свій електричний опір зі зміною температури. Такий спосіб вимірювання температури середовища широко застосовується, тому що таким способом можна контролювати температуру середовища на значній відстані та з високою точністю.

166. Де розміщують чутливий елемент термометра опору?

Чутливий елемент термометра опору, який виготовляється з тонкої платинової проволочки діаметром 0,05 мм чи мідної діаметром 0,07 мм, намотаний на каркас зі слюди чи фарфору, розміщують в захисну арматуру, що має головку, в якій розміщені затискачі для виводних провідників. Схема працює на постійному струмі. Як вторинні прилади, показувальні або самописні, застосовують лагометри та врівноважені автоматичні мости.

167. Для чого призначені пірометри?

Пірометри служать для вимірювання температури безконтактним способом за яскравістю світлового чи рівнем теплового випромінювання. Пірометром визначають температуру в топці чи іншому середовищі від 800 до 6000 °С . Причому оптичні пірометри діють на використанні теплового випромінювання нагрітих тіл, яке основане на порівнянні кольору «еталонної» нитки, так званої пірометричної, та розжареного тіла. Накал нитки лампи змінюють реостатом, досягаючи збігу яскравості нитки та нагрітого тіла, яке можна побачити крізь оптичну систему приладу. Дії радіаційного пірометра основані на принципі аналізу теплової радіації від нагрітого тіла оптичною системою та фокусування її на чутливій термопарі, ЕРС якої подається на гальванометр з температурною шкалою.

168. Якими приладами безпеки обладнують парові котли?

Згідно з «Правилами улаштування та безпечної експлуатації парових та водонагрівних котлів» парові котли паровиробництва 0,7 т/г (0,194 кг/с) та вище з камерним спаленням палива обладнують приладами, які автоматично припиняють подачу палива в пальники при пониженні рівня води нижче допустимої межі. Окрім того, парові та водонагрівні котли, які працюють на газоподібному паливі, при подачі повітря в пальники від вентиляторів обладнують пристроями, які автоматично припиняють подачу газу в пальники при падінні тиску повітря нижче певної межі.

169. На яких парових котлах слід ставити автоматично діючі звукові сигналізатори верхнього та нижнього граничних положень рівня води в котлах?

На всіх парових котлах паровиробництвом 0,184 кг/с (0,7 т/г) та більше слід обов'язково ставити автоматично діючі звукові сигналізатори верхнього та нижнього граничних положень рівня води в котлі.

170. На які вузли котлоагрегату ставлять прилади для вимірювання температури?

Згідно з «Правилами улаштування та безпечної експлуатації парових та водонагрівних котлів» приладами для вимірювання температури обладнують такі вузли котлоагрегату:

а) паропроводи перегрітої пари на ділянці від котла до головного парозапірного вентиля для вимірювання температури перегрітої пари;

б) пароохолоджувачі для регулювання температури перегрітої пари до пароохолоджувача та після нього;

в) проміжні пароперегрівачі на виході з нього;

г) економайзери, на вході води в економайзер та на виході з нього. За відсутності економайзера на живильній лінії слід встановити гільзи для можливості вимірювання температури живильної води;

д) паливопровід при роботі котла на рідкому паливі для вимірювання температури палива перед форсунками.

171. Де мають бути встановлені прилади для вимірювання температури води у водонагрівних котлів?

Прилади для вимірювання температури води у водонагрівних котлів встановлюють на вході води в котел та на виході з нього. На виході гарячої води термометр розташовують між котлом та запірним пристроєм.

172. З яких частин складається швидкісний лічильник для вимірювання кількості витраченої води в котельні?

Швидкісний лічильник для вимірювання кількості витраченої води в котельні складається з корпусу, ротора та зубчатого механізму лічильника. Ротор знаходиться всередині корпусу в струмені рухомої води та приводиться нею в обертання. Число обертів ротора залежить від швидкості води, яка проходить крізь корпус лічильника. Чим більша швидкість води, тим більша кількість обертів ротора. Обертаючись, ротор приводить до руху з'єднаний із ним шестеренний механізм, за показами якого визначають кількість води, яка пройшла крізь лічильник за зміну, за добу.

173. З яких частин складаються об'ємні газові лічильники типу РС та РГ?

Об'ємні лічильники типу РС та РГ складаються з корпусу, двох обертових роторів, магнітної муфти, редуктора та лічильного механізму. Вони працюють таким чином. Газ з фільтра надходить по трубопроводу в корпус лічильника, де встановлені два ротори, що мають форму вісімки, з'єднані за допомогою магнітної муфти та редуктора із лічильним механізмом. Під дією різниці тисків на вході газу в лічильник і на виході його з лічильника ротори обертаються в протилежних напрямках і за допомогою лічильного механізму лічильник підраховує кількість порцій газу, які займають об'єм між однією з лопастей та стінкою корпусу. Нормальний напрям потоку газу – зверху вниз.

174. З яких основних частин складаються дросельні витратоміри зі змінним перепадом тиску?

Дросельні витратоміри зі змінним перепадом тиску складаються з діафрагм, диференціального манометра та двох з'єднувальних трубок.

175. Що являє собою діафрагма?

Діафрагма являє собою тонкий диск (шайбу) з отвором круглого перерізу, діаметр якого менший за діаметр труби, куди вона встановлюється між двома фланцями. Причому ділянки трубопроводу до і після фланців мають бути прямими, а внутрішня поверхня трубопроводу перед діафрагмою має бути гладкою. Центр діафрагми має збігатися з центром перерізу трубопроводу, що важливо для нормальної роботи витратоміра.

176. Для чого служить діафрагма?

Діафрагма служить для створення перепаду тиску пари, газу або води. Струмень, проходячи спочатку крізь звужені отвори в діафрагмі також звужується, а потім поступово розширюється до повного перерізу трубопроводу, завдяки чому відбувається падіння тиску за діафрагмою. Різниця тисків до діафрагми та після неї називається перепадом.

177. Для чого служить диференціальний манометр?

Диференціальний манометр служить для вимірювання перепаду тисків, тобто різниці тисків до та після діафрагми. Він буває з безпосереднім показом або із записом витрат чи з передачею вимірюваної величини на вторинний самописний, показувальний або підсумовувальний прилад. Диференціальні манометри, які служать для вимірювання пари, води чи газу, поділяють на стаціонарні та переносні. В залежності від того, для вимірювання якого середовища вони призначені, їх називають паромірами, водомірами, газомірами.

178. Для чого служать з'єднувальні трубки?

Для з'єднання диференціального манометра з трубопроводом, причому одна трубка з'єднує диференціальний манометр з порожниною трубопроводу перед діафрагмою по ходу пари, води або газу, а інша – після діафрагми.

179. Яким чином відбувається вимірювання кількості пари, газу або рідини дросельним витратоміром зі змінним перепадом тиску?

За перепадом тиску. Чим більший потік пари, газу або рідини проходить крізь отвір діафрагми, тим більшої швидкості він набуває в звуженому місці діафрагми і тим сильніше падає його тиск, а відповідно, тим більша буде різниця тисків (перепад) між вхідними та вихідними з діафрагми пари, води або газу. В диференціальному манометрі, з'єднаному з цими порожнинами трубопроводу, кожному перепаду тиску відповідає певне положення стрілки чи пари на шкалі, яка градується або кг/г, або т/г, або м³/г, завдяки чому обслуговуючий персонал буде знати витрати пари, води або газу за певний період.

180. Як називаються прилади для аналізу складу газів, які виходять з котлоагрегату?

Прилад для аналізу складу газів, які виходять з котлоагрегату, називається газоаналізатором. Він служить для визначення об'ємної частки вуглекислого газу CO_2 (або кисню O_2) та продуктів хімічної неповноти згоряння: водню H_2 , оксиду вуглецю CO , метану CH_4 та ін. Прилад складається з трьох поглинальних посудин, виміральної бюретки вмістом 100 см^3 , з'єднувального гребінця з триходовим краном, скляного циліндра з водою, напірної вирівнювальної посудини, гумової груші та фільтра, заповненого скляною ватою.

181. Автоматичне регулювання парових та водонагрівних котлоагрегатів. Для чого призначене автоматичне регулювання парових та водонагрівних котлоагрегатів?

Для підтримання необхідних умов протікання горіння палива в топці, живлення котла водою та відновлення тих самих умов при їх порушенні.

182. Що називають системою автоматичного регулювання?

Системою автоматичного регулювання називається сукупність регульованого об'єкта та керуючих ним автоматичних пристроїв.

183. Що являє собою автоматичний регулятор?

Пристрій, який служить для регулювання подачі води в паровий або водонагрівний котел, або для регулювання температури пари, яка виходить з пароперегрівача, або для регулювання кількості палива, повітря, яке потрапляє в топку, без безпосередньої участі машиніста котла або іншої особи, називається автоматичним регулятором.

184. Що являє собою регульований об'єкт?

Регульований об'єкт – це той, яким керує автоматичний регулятор. Наприклад, вода, яка потрапляє в котел; пара, що виходить з пароперегрівача; паливо, повітря, які потрапляють в топку та ін.

185. Що називається регульованим параметром?

Регульованим параметром називається параметр, який характеризує умови протікання процесу та підтримання цього процесу регулятором. Наприклад, тиск пари в паровому котлі, температура води на виході з водонагрівного котла, тиск повітря на виході з вентилятора та ін.

186. Наведіть приклад системи автоматичного регулювання?

Найпростішим прикладом системи автоматичного регулювання є регулювання подачі води в живильний бак котельні. Система складається з регулятора та об'єкта. Регулятор складається з клапана, поплавця та важеля, а об'єкт – це вода, яка надходить в бак та виходить з нього.

187. Як працює найпростіша схема автоматичного регулювання?

Найпростіша схема автоматичного регулювання працює таким чином: якщо рівень води в баці падає, то зусилля, яке утворює поплавець, передається до важеля, який відкриває клапан, і вода починає поступати в бак та заповнювати його до певного рівня. При підвищенні рівня води в баці вище певної межі, обмежить використання води з баку. При цьому

поплавець підніметься та за допомогою важеля закриє клапан. Потрапляння води в бак припиниться.

188. Що відбувається в регуляторі автоматичного регулювання при його роботі?

При роботі регулятора автоматичного регулювання відбувається порівняння величини регульованого параметра із заданою величиною. Причому якщо ці величини протягом певного часу рівні, наприклад, подача води до баку рівна її використанню, то регулятор не діє на об'єкт регулювання, і такий стан називається встановлений. Якщо ж відбудеться дія, яка порушить такий стан, то регульований параметр буде змінюватися. Наприклад, якщо рівень води в баці буде падати, то такий стан системи регулювання називається невстановлений. В цьому випадку регульований параметр (рівень води в баці) відхилиться від заданого значення і на вході регулятора з'явиться сигнал різниці між заданим та дійсним значеннями регульованого параметра, який називають помилкою регулювання, або сигналом розбіжності. В цьому випадку на вході регулятора та його виході виробляється сигнал, який визначає керуючу дію, яка повертає систему до встановленого стану.

189. Наведіть приклади встановленого та невстановленого стану системи автоматичного регулювання?

Прикладом встановленого стану системи регулювання можуть служити подача та витрата води з живильного баку. Якщо витрата буде відповідати подачі, то автоматична система регулювання буде встановленою. Якщо ж витрата буде більша, ніж подача, то система буде невстановленою.

190. Які умови є обов'язковими для нормальної роботи системи автоматичного регулювання?

Для нормальної роботи системи автоматичного регулювання необхідно, щоб система мала замкнений контур, який складається з виходу об'єкта – входу регулятора – виходу регулятора – входу об'єкта. При порушенні будь-якого зв'язку створюється розімкнений контур і система автоматичного регулювання нормально працювати не може.

191. На які види поділяють системи автоматичного керування?

Системи автоматичного керування в залежності від необхідного закону зміни регульованого параметра поділяють на системи програмного регулювання, системи спостереження та системи стабілізації, в яких регульований параметр підтримується постійним протягом великого проміжку часу. Причому в системі стабілізації величина регульованого параметра в будь-який момент може відхилитися від заданого значення внаслідок збурення.

192. В чому полягає основна задача системи стабілізації?

Задача полягає в тому, щоб звести до мінімуму помилку регулювання, поновивши тим самим якнайшвидше значення регульованого параметра. В парових котлах, наприклад, постійне підтримання рівня води в барабані котла на потрібному рівні, тиск пари в заданому параметрі та ін.

193. Як поділяються системи автоматичного регулювання в залежності від встановленого значення регульованого параметра та положення органу регулювання?

За видами таких характеристик системи автоматичного регулювання поділяються на статичні та астатичні системи. Причому статичною характеристикою системи регулювання називається залежність між встановленими значеннями регульованого параметра та величиною регулювальної дії. А астатичним вважається таке регулювання, при якому у встановленому стані системи відхилення регульованого параметра від заданого значення дорівнює нулю за будь-якого збудження та незалежно від положення органу регулювання.

194. Для чого введено регулювання без самовирівнювання зі жорстким оберненим зв'язком?

Регулювання без самовирівнювання зі жорстким оберненим зв'язком введені при статичній характеристиці для забезпечення стійкого регулювання процесу в об'єкті без самовирівнювання за рахунок нерівномірності регулювання. Для прикладу розглянемо регулювання рівня води в живильному баці із жорстким оберненим зв'язком, де контактна колодка не кріпиться до стінок баку, а жорстко зв'язується з клапаном. Процес регулювання відбувається таким чином: в бак з хімводоочищення подається пом'якшена вода по трубі, а в котел з баку качає воду насос. Для вимірювання рівня води в баці на поверхні води плаває поплавець, зв'язаний з контактною колодкою, яка за допомогою стрижня та редуктора жорстко зв'язана з клапаном. Електродвигун, зв'язаний з редуктором, може переміщувати контактну колодку, а разом із нею й стрижень і клапан в ту чи іншу сторону. Якщо стрижень підніметься вгору, то клапан піде в напрямку закриття. Якщо ж стрижень опуститься донизу, клапан буде збільшувати своє відкриття. При астатичному регулюванні при відхиленні рівня води від заданого положення замикаються контакти, встановлені в колодці та нерухомо закріплені на баці. В цей час до мережі під'єднується реверсивний електродвигун, який за допомогою редуктора змінює ступінь відкриття клапану.

195. Для чого необхідна електронно-гідравлічна система автоматичного регулювання «Кристал»?

Електронно-гідравлічна система автоматичного регулювання «Кристал» служить для автоматизації котельних установок невеликої потужності, які працюють на газоподібному паливі та відрізняється високою надійністю, оскільки виконавчим механізмом є гідравлічні поршньові серводвигуни, які працюють на водогінній воді.

196. Які прилади в системі автоматичного регулювання «Кристал» є первинними?

Первинними приладами в системі автоматичного регулювання «Кристал» є:

а) диференціальні манометри (ДМ) для контролю рівня води в барабані котла;

б) манометри електричні дистанційні (МЕД) для контролю тиску пари на виході з котла;

в) диференціальні тягоміри (ДИ-2), які служать для контролю співвідношення витрат газу та повітря і розрідження в топці котла.

197. Які апарати входять в комплект автоматичного регулювання «Кристал»?

В комплект системи автоматичного регулювання «Кристал» входять такі апарати: гідравлічні виконавчі механізми ГвМ; диференціальні тягоміри ДИ-2; підсилювач транзисторний ПТ; прилад контролю полум'я АКП-11 та ін.

198. Куди потрапляють електричні сигнали від первинних приладів системи автоматичного регулювання «Кристал»?

Електричні сигнали від первинних приладів системи автоматичного регулювання «Кристал» надходять на вхід транзисторного підсилювача ТП, який служить для підсилення малих напруг сигналу. Причому спочатку виконується підсилення напруги сигналу неузгодження до певної величини, а потім сигнал підсилюється до потужності, необхідної для приведення в дію електрогідравлічного реле та виконавчого механізму.

199. З яких частин складається виконавчий механізм в системі автоматики «Кристал»?

Виконавчий механізм ГвМ в системі автоматики «Кристал» складається з двох основних частин: блока керування та блока оберненого зв'язку.

200. Які прилади входять до складу блока керування гідравлічного виконавчого механізму ГвМ системи «Кристал»?

До складу блока керування гідравлічного виконавчого механізму ГвМ системи «Кристал» входять електрогідравлічне реле ЕГР та поршньовий серводвигун.

201. Як працює гідравлічний виконавчий механізм ГвМ системи «Кристал»?

Гідравлічний виконавчий механізм ГвМ системи «Кристал» працює таким чином: коли котел працює в заданому режимі, то котушки електрогідравлічного реле (ЕГР Р1 та ЕГР Р2) знеструмлені, та клапани К1 та К2, що з'єднані із сердечниками котушок, знаходяться в крайньому нижньому положенні. В цьому випадку злив води з ЕГР не відбувається і поршень серводвигуна знаходиться в якомусь певному положенні, так що обидві полоси циліндра серводвигуна будуть мати однакові тиски води $[0,1-0,11 \text{ МПа} (1,1-1,2 \text{ кг/см}^2)]$ і дросельні засувки, з'єднані з поршнем серводвигуна за допомогою механізмів, також будуть знаходитися в певному положенні. Якщо теплове навантаження котла за будь-якої причини зміниться, то датчик ДТ-2 відразу ж подасть сигнал в підсилювач ПТ, на виході з якого у однієї з обкладок котушок (Р1 або Р2) електрогідравлічного реле ЕГР з'явиться «напруга спрацювання», завдяки

чому осердя відповідного електромагніту, з'єднане з клапаном, переміститься. Переміститься і клапан з крайнього нижнього положення в крайнє верхнє. При цьому крізь відкритий клапан з відповідної порожнини циліндра серводвигуна почне зливатися вода, тиск в тій порожнині зменшиться, і поршень серводвигуна під тиском води іншої порожнини переміститься, тим самим дросельна засувка також стане в нове (потрібне) положення.

202. Як мають бути налаштовані всі автоматичні прилади до початку роботи котлоагрегату, обладнаного автоматикою «Кристал»?

Вони мають бути налаштовані на задані параметри. Причому наладка має виконуватися лише відповідно до заводських інструкцій, на основі яких мають бути перевірені показчики, електронний підсилювач, датчик, виконавчі механізми та керуючі пристрої. Після ретельної наладки складається характеристика режимів автоматики та рекомендації щодо обслуговування котлоагрегатів, включаючи його режимну карту.

203. В якому порядку виконується пуск котлоагрегату, обладнаного електронно-гідравлічною автоматикою «Кристал»?

Пуск котлоагрегату, обладнаного електронно-гідравлічною автоматикою «Кристал», виконується згідно із заводською інструкцією. Ознайомлювальний порядок пуску такий: послідовно вмикаються регулятор розрідження, регулятор співвідношення «паливо – повітря», регулятор тиску пари (використання повітря).

204. Які операції виконують для ввімкнення в роботу електронно-гідравлічного регулятора «Кристал»?

Для ввімкнення в роботу електронно-гідравлічного регулятора «Кристал» виконують такі операції, котрі вказані в заводській документації заводу-виробника. Нижче наведено ознайомлювальний список операцій, які необхідно виконати. На щиті підсилювача ПТ «Автоматики» ставлять перемикачі регуляторів в положення «Дист», датчик встановлюють на нуль або будь-яку цифру (в залежності від рекомендації налаштувальної бригади); вмиканням живильного роз'єму, встановленого на задній стінці підсилювача, подається напруга живлення 220 В. Вихідна напруга 24, 12 В надходить до диференціально-трансформаторних датчиків. Вода підходить до електрогідравлічного реле із тиском 0,12 МПа (1,2 кгс/см²) та напругою постійного струму не більше 18–24 В; потім перевіряють роботу серводвигуна, для чого вмикають кнопку на щиті ПТ «Больше», при цьому має засвітитися червона лампа; при ввімкненні кнопки «Меньше» вмикається зелена лампа. Переконавшись в нормальній роботі регуляторів, а також в тому, що тяга в топці відповідає заданій величині, машиніст на 10–15 хв вмикає вентиляцію топки та газохідів агрегату. Для вентиляції топки та газохідів повітря машиніст має регулятор «топливо – воздух» поставити на пульті керування ПТ перемикачем в положення «Дист» та натиснути кнопку

«Больше». При цьому має загорітися червона лампа, а серводвигун повітря має переводити дросельні засувки в положення «Открыто».

205. Яку кнопку має ввімкнути машиніст після вентиляції топки та газоходів котлоагрегату?

Після вентиляції топки та газоходів котлоагрегату машиніст має ввімкнути кнопку «Меньше». При цьому серводвигун переводить дросельні засувки газу та повітря в положення «Закрито».

206. За допомогою якого пристрою запалюють газові пальники?

Газові пальники запалюють за допомогою газоелектричного запальника, на який подається електричний струм. Як тільки загоріться запальник, машиніст має перед тим, як відчиняти кран або засувку перед пальником, переконатися, що запальник в топці горить нормально, і лише тоді поступово відчиняти кран чи засувку перед пальником. Після розпалювання пальника регулятор з дистанційного керування «Дист» переводять на автоматичне, для чого перемикач управління ставлять в положення «Авт». Після цього машиніст веде спостереження за роботою диференціально-трансформаторних показчиків та порівнює їх роботу із контрольно-вимірjuвальними приладами. Під час роботи котлоагрегату машиніст веде строге спостереження за роботою автоматики по показчиках її приладів та сигнальних ламп, які розміщені на пульті керування. Машиніст має пам'ятати, що при горінні червоних ламп на ПДУ регулятори працюють на збільшення подачі газу, а при горінні зелених – на зменшення. При вимиканні котла внаслідок спрацювання автоматики безпеки машиніст має відразу ж закрити запірний пристрій перед пальниками та відкрити кран продувної лінії. Розпалювати пальники можна лише після з'ясування причин вимкнення та ретельної вентиляції топки та газоходів котла повітрям.

207. В якому порядку виконується зупинка котла, обладнаного автоматикою?

Зупинка котла, обладнаного автоматикою, має виконуватися за вказівками інструкції з експлуатації автоматики «Кристал». Нижче наведений ознайомчий порядок зупинки котла. Перемикачі усіх трьох параметрів (розрідження, співвідношення газ – повітря та тиск пари) переводять в положення «Дист». Ключами керування подачі газу та повітря доводять до мінімуму з одночасним зменшенням розрідження, закривають контрольний кран на газопроводі перед котлом та відкривають кран продувної лінії, вимикають електроживлення автоматики безпеки, регулювання та сигналізації, закривають вентилі на імпульсних лініях та вимикають редукуційний клапан на водопроводі.

208. Що таке комплект засобів керування (КЗК)?

Це об'єктно-орієнтовані спеціалізовані засоби керування, які виконують більшість функцій з автоматичного чи автоматизованого керування котлоагрегатами.

209. Чим відрізняються комплект засобів керування (КЗК) від АМК-У, АМКО, «Пламя», АГОК-66, які раніше застосовувалися з цією метою?

Комплект засобів керування (КЗК) від АМК-У, АМКО, «Пламя», АГОК-66 відрізняється тим, що засоби керування КЗК мають функціональну повноту, що забезпечує реалізацію не лише традиційних для котельного захисту сигналізації, регулювання та контролю, але й нетрадиційних, як, наприклад, програмне керування пускозупинними операціями, зв'язок із приладами верхнього рівня ієрархії керування та ін.

210. Для чого призначений комплект засобів керування (КЗК)?

Комплект засобів керування (КЗК) призначений для автоматизації парових та водонагрівних котлоагрегатів потужністю до 35 МВт, які працюють на газоподібному, рідкому та твердому паливі. Встановлювати комплект слід в закритому приміщенні, без різких змін температур.

211. Хто допускається до експлуатації КЗК?

До експлуатації КЗК допускається персонал, який має кваліфікаційну групу з техніки безпеки не нижче II, а до технічного обслуговування, монтажу та налагоджування комплексу – не нижче III.

212. З яких частин складається КЗК?

КЗК складається з блока керування та сигналізації (БКС), блока запального пристрою (БЗП), двох фотоелектричних покажчиків (ФД) та інших покажчиків та виконуючих пристроїв. Блок БКС виконаний на блоково-модульному принципі в навісному кожусі. Оперативні органи керування та сигналізації розташовані на лицевій панелі кожуху. БЗУ виготовлений у вигляді друкованих плат, розташованих в литому корпусі. ФД виконаний на фоторезисторі типу ФР1-3, який розташований всередині литого циліндричного корпусу.

213. З чого складається блок керування та сигналізації (БКС) комплексу засобів керування?

Блок керування та сигналізації (БКС) містить два блоки введення сигналів (БВС), а також слідкувальні блоки затримки сигналу (БЗС), аварійного захисту (БАЗ), контролю полум'я (БКП), формування команд (БФК), програмованого таймера (БПТ) та два блоки реле (БР), блок допоміжних елементів (БВЕ) та блок живлення (БП).

214. Що встановлено на лицевій панелі блока керування комплексу (БКС)?

На лицевій стороні блока керування комплексу (БКС) встановлені: тумблер, «мережа» для вмикання електроживлення блока керування, світлові індикатори аварійної, попереджувальної та робочої сигналізації, кнопки «Пуск» та «Стоп» для ввімкнення програм пуску та зупинки котла, кнопки вимкнення звукової та світлової сигналізації, кнопка перевірки несправності світлових індикаторів, кнопка вибору режиму керування (автономний – від диспетчера).

215. Для чого необхідні блоки БВС комплексу?

Блоки БВС комплекту служать для нормування вхідних сигналів та їх логічного узгодження із внутрішніми сигналами БКС. Кожен блок БВС розрахований на обробку тринадцяти сигналів, які подають стан зовнішніх контактів.

216. Для чого необхідний блок БКП комплекту?

Блок БКП комплекту необхідний для логічного узгодження сигналу первинного показчика (фоторезистора чи контрольного електрода) з внутрішніми сигналами БУС. Блок БКП має два незалежних канали, кожен з яких формує на прямих виходах логічний сигнал «одиницю», а на інвертуючих – «нуль», якщо частота коливання вихідного опору первинного показчика знаходиться в межах 5–30 Гц.

217. Чим формуються алгоритми пуску та зупинки комплекту?

Алгоритми пуску та зупинки комплекту формуються програматором, який оснований на блоках БФК, БПТ та БФВ. Функції аварійного захисту, сигналізації та блокування виконуються в основному блоці БАЗ. Окрім цього, в формуванні загального сигналу аварії та в захисних блокуваннях беруть участь елементи блоків БВЕ та БГР.

218. Який порядок роботи комплекту?

Порядок роботи комплекту такий: при автономному режимі роботи комплекту пуск котлоагрегату виконується натисканням на кнопку «Пуск», після чого всі операції із запуску виконуються автоматично. Про те, що програма пуску виконується, свідчить ввімкнений стан індикатора «Пуск». Вимикання індикатора «Пуск» та вмикання індикатора «Робота» свідчать про завершення програми пуску та вмикання в роботу регулятора температури теплоносія на виході з котлоагрегата.

219. Що необхідно виконати для планової зупинки котлоагрегату?

Для планової зупинки котлоагрегату машиніст має натиснути кнопку «Стоп». Причому, після цього повторний пуск котлоагрегату можливий лише після повного завершення програми автоматичної зупинки. Якщо при плановій або аварійній зупинці котлоагрегату вмикається індикатор «Клапан палива не закриття», то після зупинки вентиляція продовжується до тих пір, поки не надійде сигнал про закриття клапану, чи не буде вимкнене живлення БУС.

220. Як виконується зупинка котлоагрегату при виникненні аварійної ситуації?

При виникненні аварійної ситуації аварійна зупинка котлоагрегату виконується автоматично. При цьому забезпечуються індикація та заповнення першоджерела аварійної ситуації та ввімкнення джерела звукового сигналу.

221. Як виконується зняття звукового сигналу?

Зняття звукового сигналу виконується натисканням на кнопку «Отключение сигнализации звуковой».

222. Коли вмикається аварійна світлова індикація?

Вимикання аварійної світової індикації слід виконувати лише після з'ясування та усунення причини аварійної зупинки котлоагрегату натисканням на кнопку «Отключение сигнализации световой». Причому до вимикання звукової та світлової сигналізації повторний пуск котлоагрегату неможливий.

223. За рахунок чого виконується післязупинна вентиляція при зупинці котлоагрегату через аварійне відключення димососу?

При зупинці котлоагрегату через аварійне відключення димососа післязупинна вентиляція виконується за рахунок природних вентиляцій та тяги при повністю відкритих повітряній засувці та шибері димоходу. Вентиляція буде продовжуватися до тих пір, поки не буде вимкнене живлення БУС.

224. За яким сигналом виконується пуск котлоагрегату?

При роботі комплекту в режимі «от диспетчера» пуск котлоагрегату виконується лише за сигналом з верхнього рівня ієрархії керування – з диспетчерського пункту чи із загального керуючого пристрою. Планова зупинка котлоагрегату може виконуватися як за сигналом з верхнього рівня ієрархії керування, так і за допомогою кнопки «Стоп». Якщо при цьому зупинка виконується і за допомогою кнопки «Стоп» чи при виникненні аварійної ситуації, то блок БУС автоматично переводиться в автономний режим роботи. Тому для переведення комплекту в режим роботи «от диспетчера» необхідно знов натиснути на кнопку «от диспетчера».

225. Електрообладнання парових та водонагрівних котлів. Що таке електричний струм?

Впорядкований напрямлений рух заряджених частинок називається електричним струмом. Електричний струм, сила якого з часом не змінюється, називається постійним. Якщо ж напрямлення струму змінюється і зміни за величиною та напрямом повторюються в одній і тій же самій послідовності, то такий струм називається змінним.

226. Що викликає та підтримує впорядкований рух заряджених частинок?

Викликає та підтримує впорядкований рух заряджених частинок електричне поле. За напрям електричного струму приймають рух позитивно заряджених частинок.

227. Чи можна безпосередньо спостерігати рух заряджених частинок в провіднику?

Ні. Проте про наявність електричного струму можна судити за тими діями та явищами, які його супроводжують. Наприклад, провідник, по якому рухаються заряджені частинки, нагрівається, а в просторі, який оточує провідник, утворюється магнітне поле, і магнітна стрілка поблизу провідника з електричним струмом повертається. Окрім того, струм, який проходить крізь гази, примушує їх світитися, а проходячи крізь розчини солей, лугів та кислот, розкладає їх на складові частини.

228. Чим визначається сила електричного струму?

Сила електричного струму визначається кількістю електрики, яка проходить крізь поперечний переріз провідника за одиницю часу. Щоб визначити силу струму в колі, треба кількість електрики, яка проходить через провідник, поділити на час, за який вона пройшла.

229. Що прийнято за одиницю сили струму?

За одиницю сили струму прийнята сила незмінного струму, який, проходячи по двох паралельних прямолінійних провідниках нескінченної довжини дуже малого перерізу, розташованих на відстані 1 м один від одного, викликав би між ними силу, рівну $2 \cdot 10^{-7}$ Ньютонів на кожен метр. Цю одиницю назвали Ампером (А) на честь французького вченого Ампера.

230. Що прийнято за одиницю кількості електрики?

За одиницю кількості електрики прийнято Кулон (q), котрий проходить в одну секунду при силі струму 1 ампер (А).

231. Якими приладами вимірюють силу електричного струму?

Силу електричного струму вимірюють приладами, які називаються амперметрами. Шкалу амперметра градуують в амперах та частках ампера за показами точних еталонних приладів. Силу струму відраховують за показами стрілки, яка переміщується вздовж шкали від нульової поділки. Амперметр в електричне коло вмикають послідовно за допомогою двох клем або затискачів, які є на приладі.

232. Що таке напруга електричного струму?

Напруга електричного струму – це різниця потенціалів між двома точками електричного поля. Вона дорівнює роботі, яку виконують сили електричного поля із переміщення позитивного заряду, який дорівнює одиниці, з однієї точки поля в іншу. Основною одиницею вимірювання напруги є Вольт (В).

233. Яким приладом вимірюють напругу електричного струму?

Напругу електричного струму вимірюють приладом, який називається вольтметром. В коло електричного струму вольтметр вмикається паралельно.

234. Сформулюйте закон Ома для ділянки кола.

Сила струму на ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки та обернено пропорційна його опорі.

235. Що таке опір провідника?

Опір провідника – це фізична величина, яка характеризує властивості провідника. Одиницею опору є Ом. Причому опір в 1 Ом має провід, в якому встановлюється струм в 1 А при напрузі на його кінцях 1 В.

236. Чи залежить опір провідників від величини струму, який протікає по них?

Опір металевих провідників певної довжини не залежить від величини струму, який протікає в ньому.

2.2 Лабораторні роботи

Газ з магістралі з тиском 1,2 МПа надходить в газорегульований пункт (рис. 2.1), де газ очищується і його тиск знижується до 0,2 МПа, і звідки прямує в пальники котла (рис. 2.2). В пальники котла дуттьовим вентилятором (ДВ) подається повітря. Димові гази видаляються з котла димососом (ДС) і скидаються в димову трубу. З котлоагрегату пара прямує в загальний паровий колектор котельні (рис. 2.3), звідти надходить до споживачів, а також до пікового та основного бойлерів теплофікаційної установки. Важливими елементами котельної установки є система захисту, аварійної та технологічної сигналізації. До системи захисту входять запобіжний клапан (ДК ПКН) (рис. 2.2), запобіжні клапани (ПК1), (ПК2), соленоїдний клапан (ДК СВМГ). (ДК ПКН) «сідає» при відхиленні тиску газу за припустимі межі. (ПК1), (ПК2) відкриваються при підвищенні тиску пари. Клапан (ДК СВМГ) перекриває газ при відхиленні за межі припустимого рівня води в барабані, тиску пари, розрідження тиску газу та повітря, згасання факела.

Табло сигналізації зображені на рис. 2.4 та рис. 2.5. При нормальній роботі віконце сигналізації не підсвічується. При невеликих відхиленнях параметрів від норми вони підсвічуються жовтим кольором, при значному відхиленні параметрів віконця підсвічуються червоним кольором.

Система автоматики підтримує значення параметрів теплоносіїв, які задані датчиками. Автоматичний режим роботи котла забезпечується регуляторами розрідження димових газів, палива, повітря, живлення, температури перегрітої пари. Регулятор живлення отримує імпульси від датчика рівня води в барабані котла, а регулятор палива отримує імпульс від манометра тиску пари в барабані котла. Регулятор повітря підтримує задане співвідношення між витратами палива і повітря і діє на напрямний апарат дуттьового вентилятора. Регулятор температури діє на клапан вприскування холодної води до пари при надмірному підвищенні її температури. Зображення регулятора Р21 та схема роботи регулятора рівня води в барабані котла наведені на рис. 2.6.

Частина значень параметрів теплоносіїв котельної установки виводиться на екрани із зображеннями мнемосхем. За викликом за допомогою блока вибіркового контролю (БВК) на екран виводяться зображення 12 вторинних приладів. На них з меню блока вибіркового контролю виводяться 200 розрахованих параметрів: витрат, температур, тисків, рівнів, вмісту у димових газах CO_2 та O_2 (рис. 2.7).

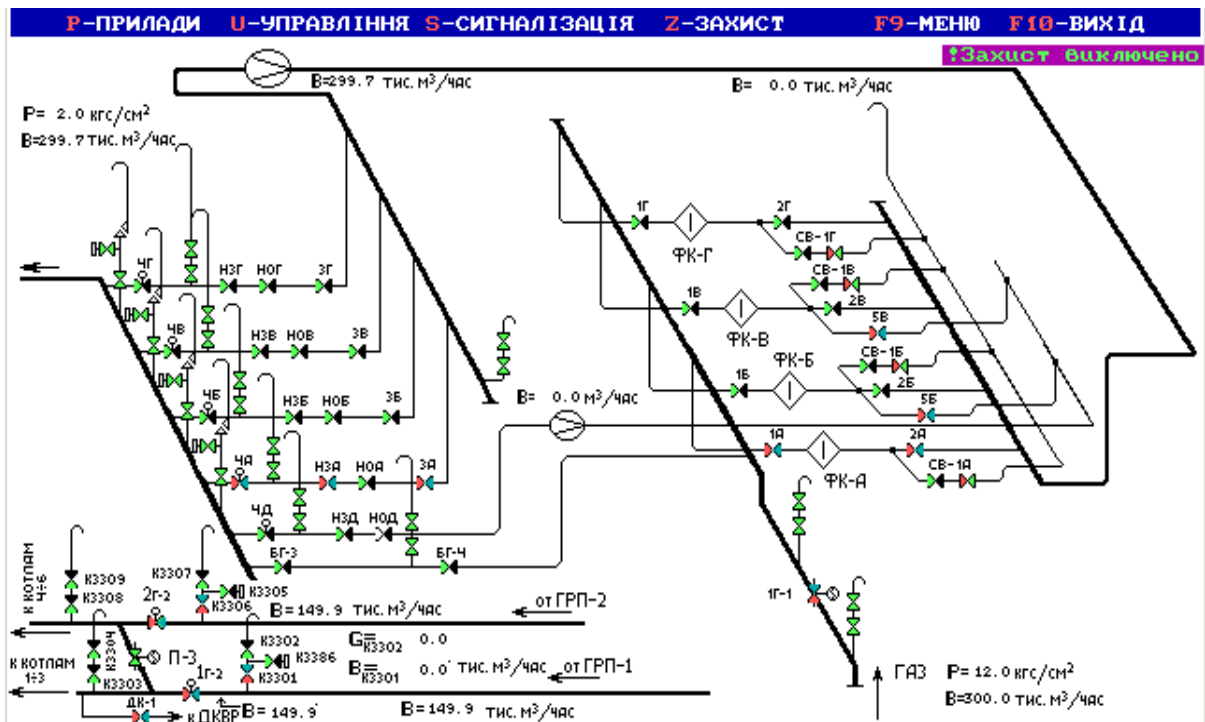


Рисунок 2.1 – Газорегуляторний пункт

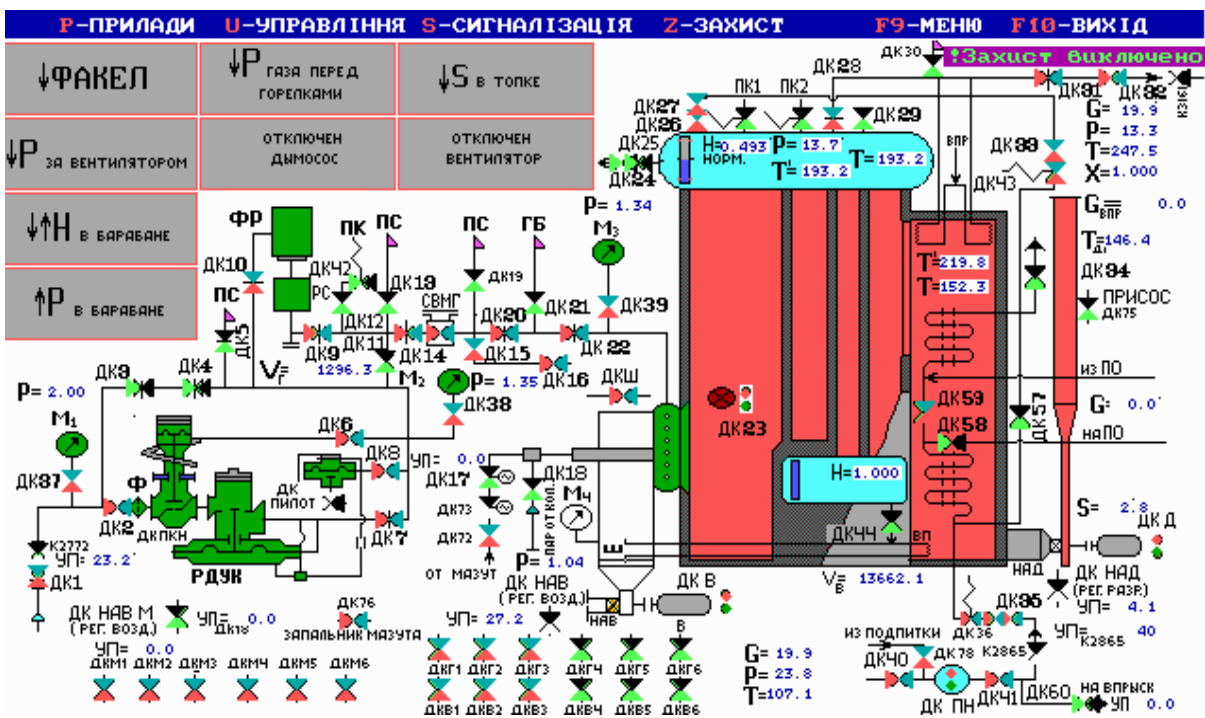


Рисунок 2.2 – Мнемосхема котлоагрегату

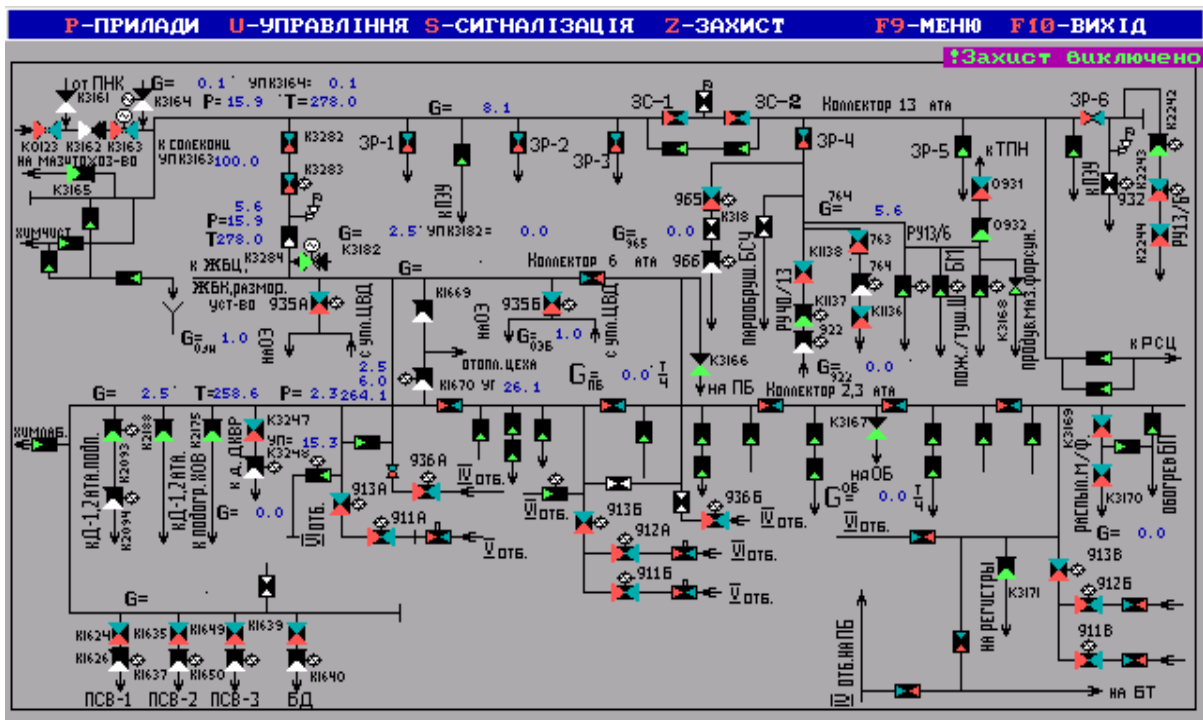


Рисунок 2.3 – Загальний паровий колектор котельні

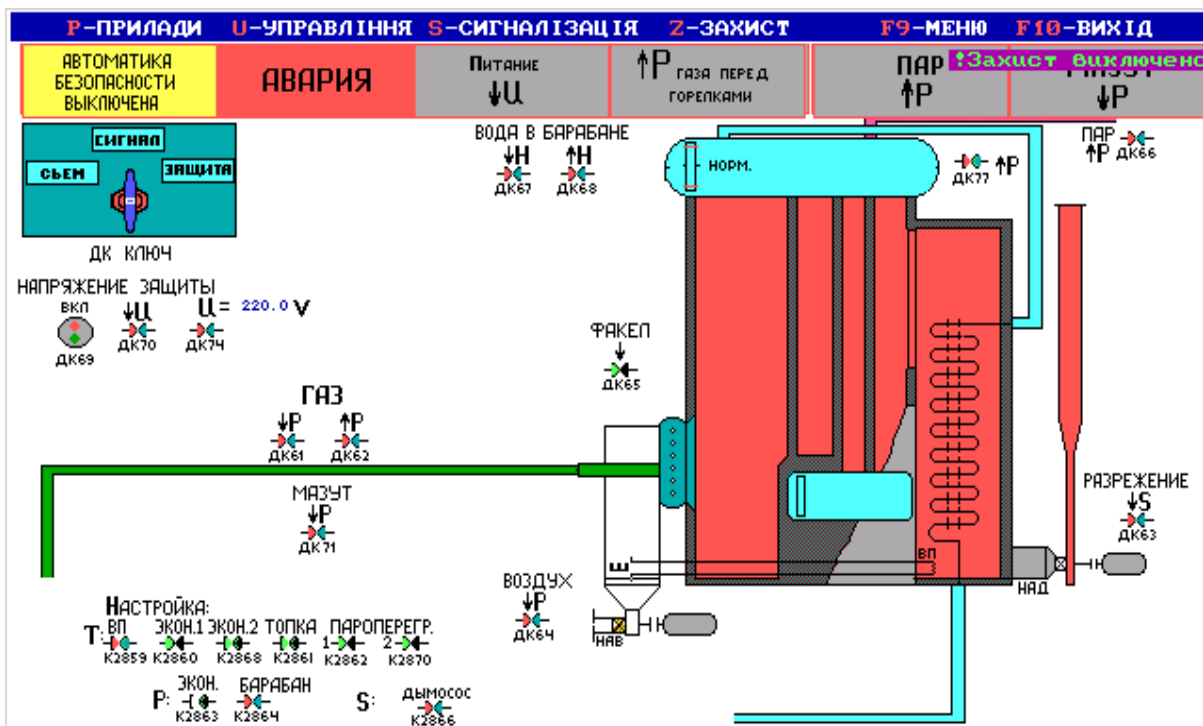


Рисунок 2.4 – Мнемосхема управління сигналізацією і захистами

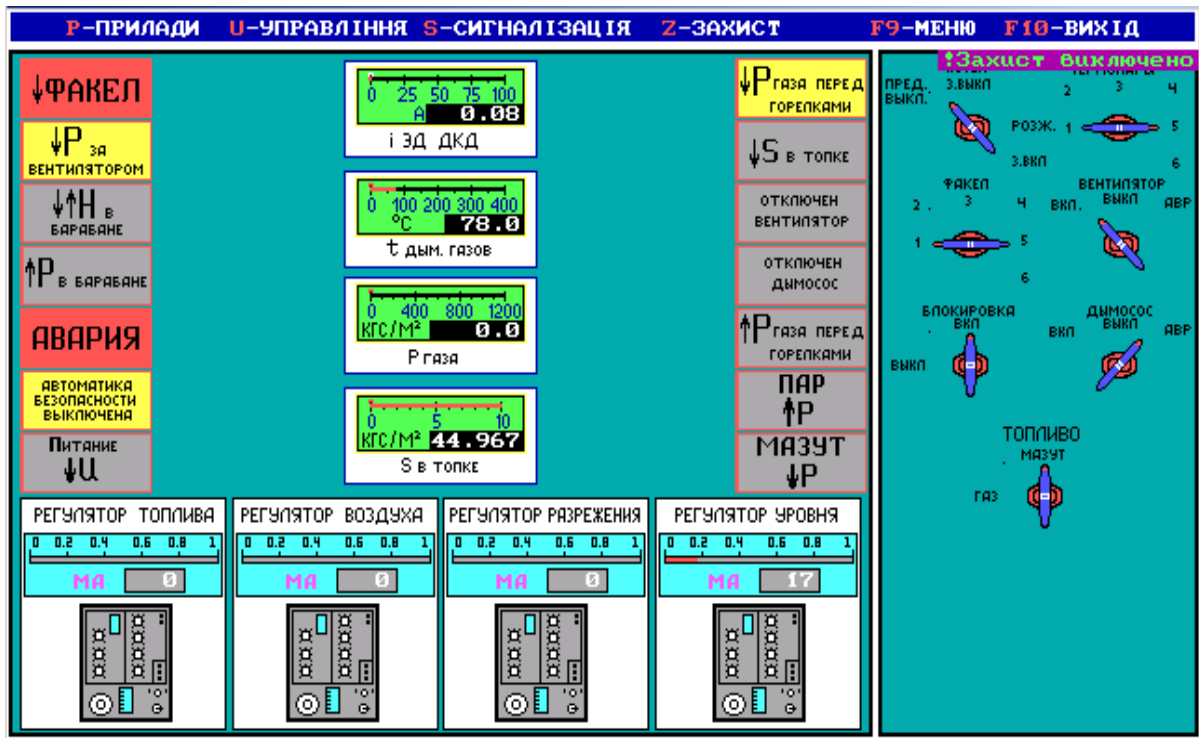


Рисунок 2.5 – Табло сигналізації

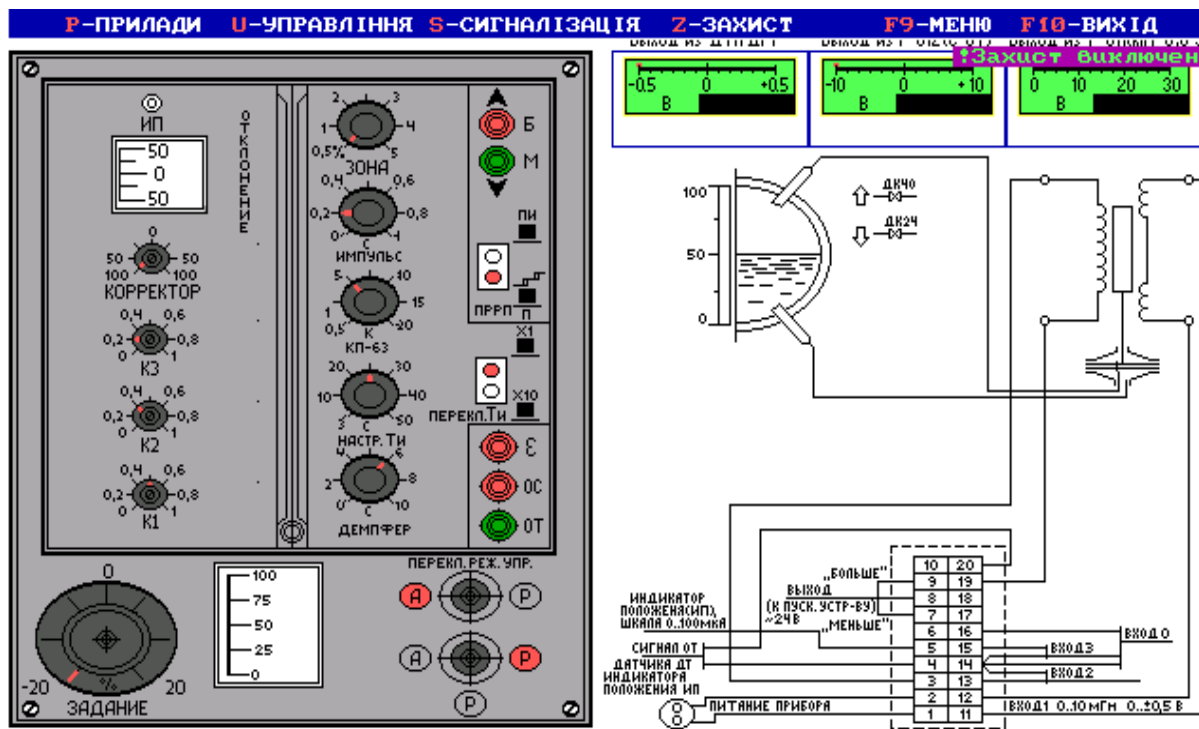


Рисунок 2.6 – Регулятор рівня води в барабані

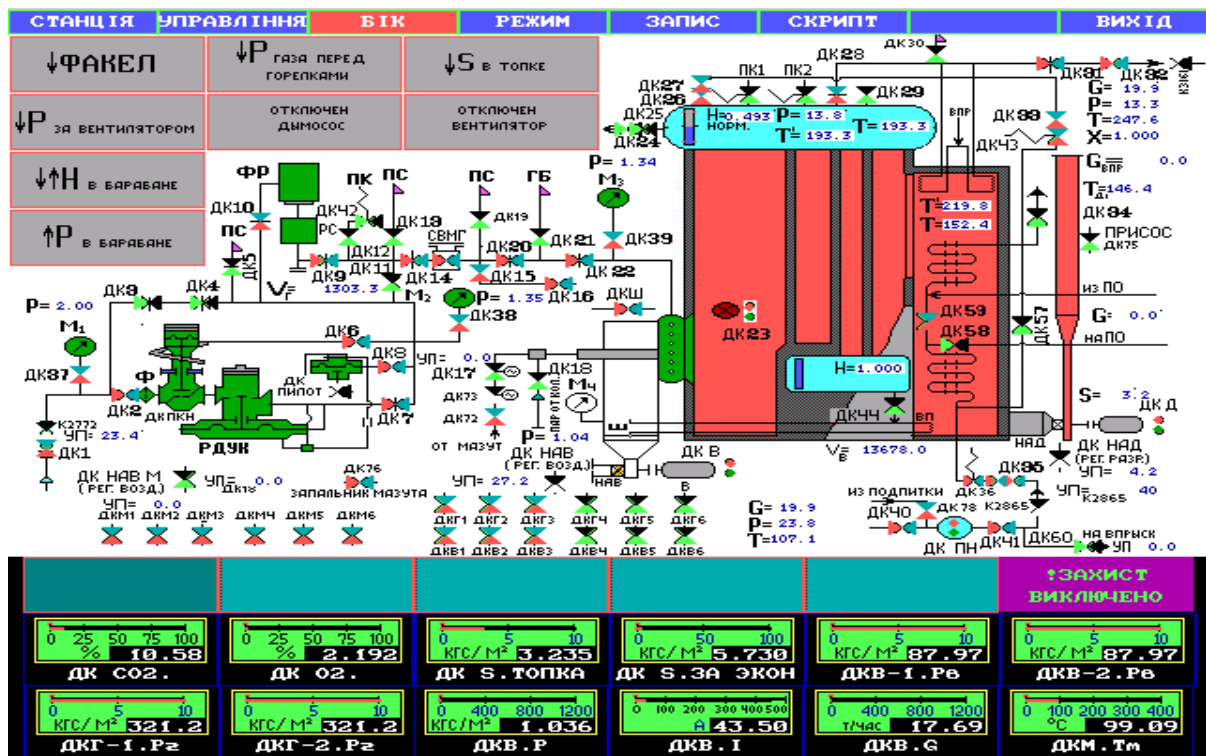


Рисунок 2.7 – Мнемосхема приладів виведення значень параметрів теплоносіїв

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

ПУСК ДВОХБАРАБАННОГО ВЕРТИКАЛЬНО-ВОДОТРУБНОГО КОТЛА ДКВР

Мета роботи: подати пару до колектора 13 кгс/см² від котла при його роботі на газі. Вихідний стан: котел сухий, температура металу котла 20 °С, висвічуються табло сигналізацій. Кінцевий стан: табло сигналізацій погашені. Прилади показують задані значення витрати пари, тиску пари, температури пари, тиску газу перед пальниками, тиску повітря перед пальниками, витрати води безперервної продувки, рівня води в барабані.

Переведення котла з початкового в кінцевий стан відбувається за етапами.

1. Включення технологічної та аварійної сигналізації.
2. Пуск деаератора.
3. Вентиляція котла.
4. Заповнення котла водою.
5. Постанова під тиск газопроводів.
6. Розпалення котла.
7. Прогрівання паропроводу котла.

Провентилувати котельню. (Оглянути устаткування).

ДКД – включити.

ДКНАД – відкрити. Датчиком вказати розрідження 3 мм вод. ст. (0,9997 кгс/см²) і поставити регулятор розрідження ДКНАД на «автомат».

ДКВ – включити.

3. Увійти до екрана «Труб. ХВО» (рис. 2.10).

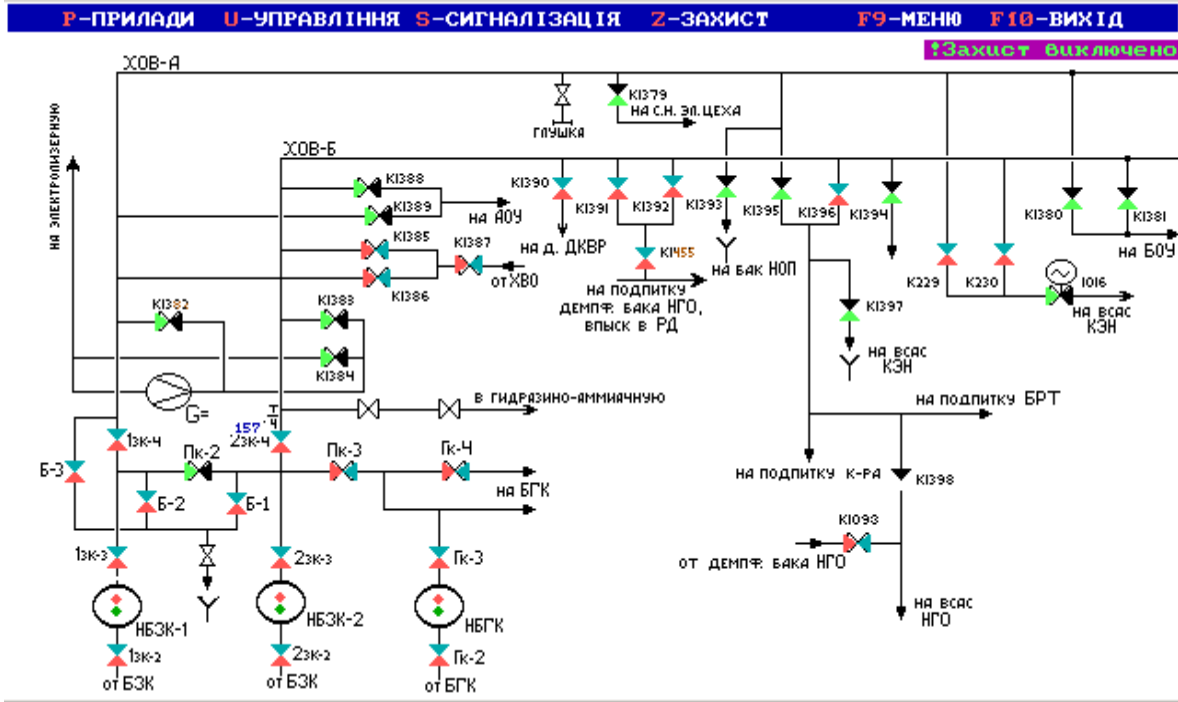


Рисунок 2.10 – Екран «Труб. ХВО»

К1390 – відкрити.

4. Увійти до екрана «Коллектор» (рис. 2.11).

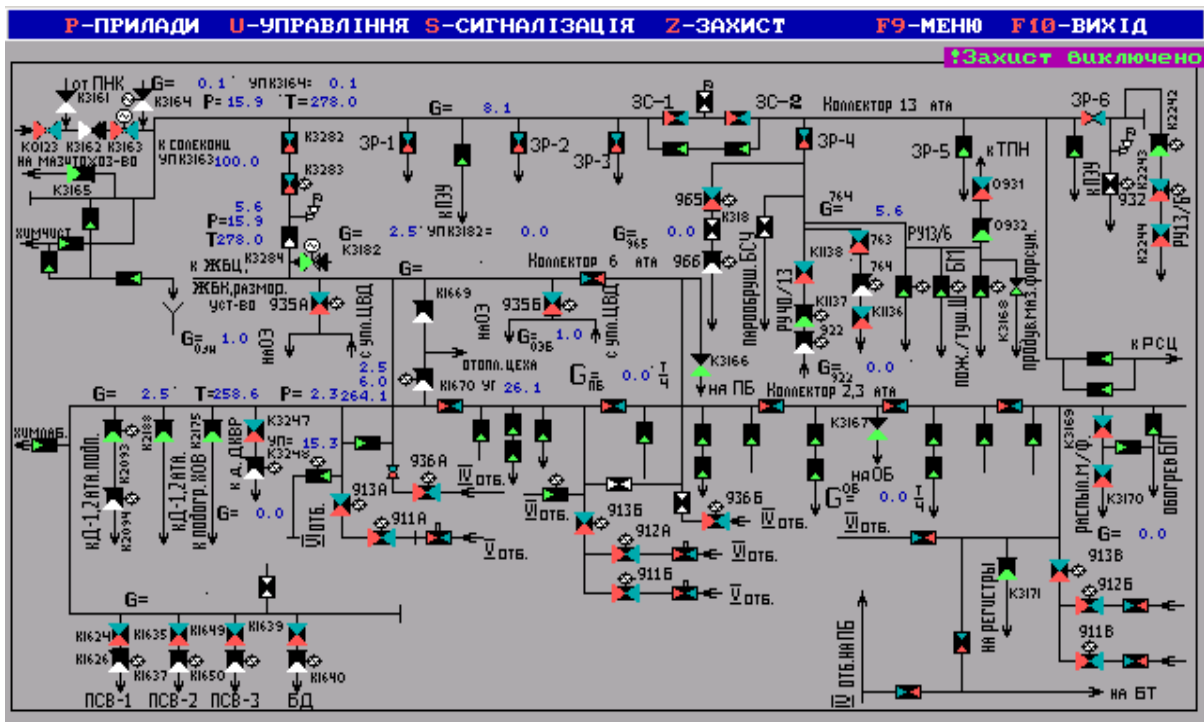


Рисунок 2.11 – Екран «Коллектор»

К3248: датчиком вказати тиск $1,2 \text{ кгс/см}^2$ та регулятор тиску пари в деаераторі котла ДКВР К3248 поставити на «автомат». К3247 – відкрити.
 5. Увійти до екрана «Продування» (рис. 2.12).

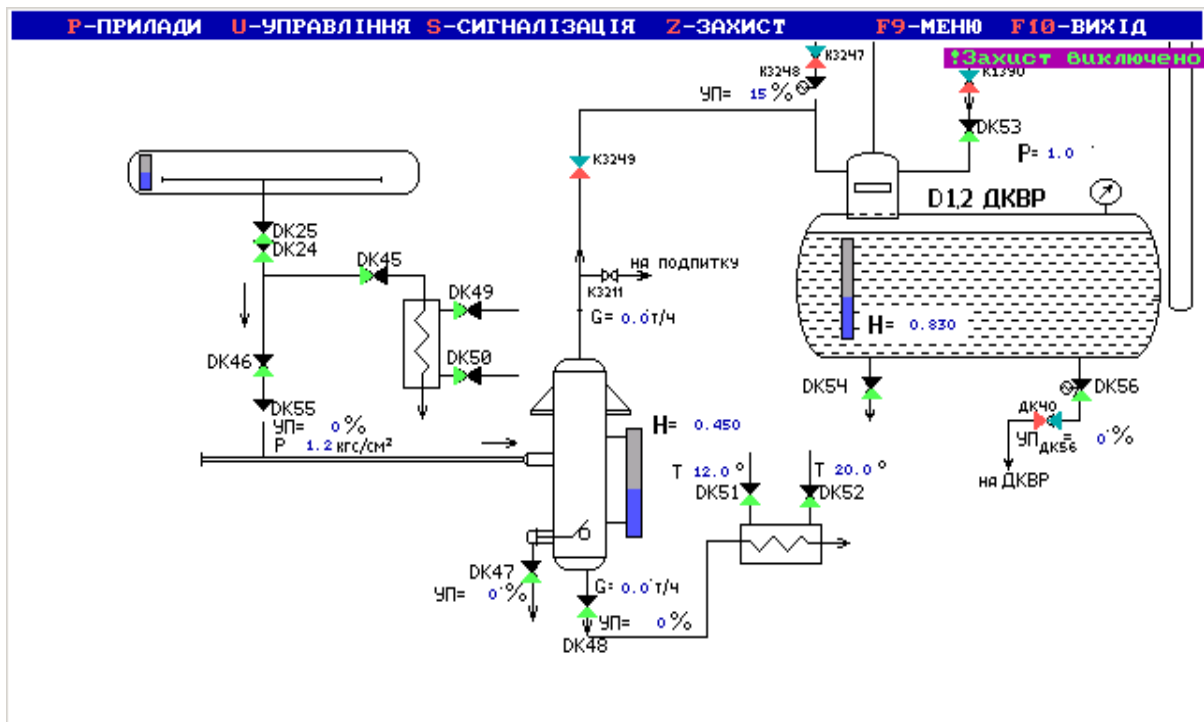


Рисунок 2.12 – Екран «Продування»

ДК56: датчиком вказати рівень 1 м та регулятор рівня води в деаераторі котла ДКВР ДК56 поставити на «автомат».

ДК53 – відкрити. Чекати підвищення рівня води в деаераторі до 1 м.

6. Увійти до екрана «ДКВР» (рис. 2.9).

Відкрити:

ДК29 – повітряник;

ДК40, ДК2865, ДК35, ДК36, ДК43, ДК33, ДК26, ДК27, ДК26 – арматуру на шляху води від деаератора до барабану котла. ДКПН – включити.

ДК41 – відкрити. Заповнити котел до нижньої відмітки по водомірному склу.

К2865: датчиком встановити рівень 500 мм і поставити регулятор рівня води в барабані К2865 на «автомат».

ДК33 – закрити.

ДК34 – відкрити. ДК21 – відкрити кран на газопроводі безпеки пальників.

ДКПКН – закрити. ДКП – відкрити. (Гвинт пілота вивернути).

ДК5, ДК37 – відкрити.

К2772 – відкрити на 20 %.

ДК01 – відкрити. Перевірити за манометром М1 початковий тиск газу (2–3 кгс/см²). При тиску, менше 2 кгс/см² пускати котел не можна.

ДК38, ДК3, ДК4 – відкрити і протягом 3–4 хвилин продувати обводну лінію газоредукційної установки (ГРУ).

ДК8, ДК7 – відкрити.

ДКПКН – відкрити. (Підняти, ввести в зачеплення його важелі, а ударник відкинути на запобіжну скобу).

ДК2 – відкрити, спостерігаючи за тиском за манометром М2.

ДКПілот – відкрити.

ДК3, ДК4 – закрити і протягом 3–4 хвилин продувати устаткування ГРУ.

ДКПілот: датчиком встановити тиск 1,35 кгс/см² поставити ДКП на «автомат». (Повернути гвинт пілота за годинниковою стрілкою).

Тиск перевірити за манометром М2. ДК6 – відкрити.

ДКПКН: датчиком вказати тиск 1,5 кгс/см² і поставити ДКПКН на «автомат». (Ввести ударник ПКН в зачеплення).

ДК11, ДК13 – відкрити. Продувати газопровід протягом 3–4 хвилин.

ДК11 – закрити.

ДК10, ДК9 – відкрити. Продути лічильник РС.

ДК5 – закрити.

ДК14, ДКСВМГ, ДК19 – відкрити.

ДК13 – закрити. ДК15 – відкрити.

ДК16 – відкрити. (Піднести сірник до запальника ДК16).

ДКШ – закрити.

Розрідження в верхній частині топки повинно складати 20–30 Па (2–3 мм вод. ст.).

ДК39 – відкрити.

ДК23 – відкрити та натиснути на кнопку «А» (вставити запальник в запальний отвір).

ДК21 – закрити. ДК20 – відкрити. ДК22 – відкрити.

ДКГ1 – повільно відкрити, спостерігаючи за загорянням газу.

ДКГ1, ДКГ2, ДКГ3, ДКГ4 – відкрити.

Якщо газ не загоряється: ДК15, ДК22, ДК20 – закрити; ДК21 – відкрити. (Провентилувати топку і газоходи протягом 15–20 хв.).

ДКНАВ – відкрити на 20 %. Давачем вказати співвідношення «повітря – газ» в кількості $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$ і поставити регулятор повітря ДКНАВ на «автомат».

ДК16 – закрити. (Видалити з топки запальник).

ДКШ – відкрити.

ДКВ1 – повільно відкрити, спостерігаючи за горінням газу.

ДКВ2 – відкрити. ДКГ2 – відкрити.

При виході пари з повітряника ДК29 закрити його.

При тиску в котлі 2–3 кгс/см² виконати такі дії. ДК30 – відкрити; ДК28 – відкрити на 5 %.

Прогрівати паропровід від котла до колектора 13 кгс/см². При тиску в котлі 8 кгс/см² ДК28 – відкрити повністю;

К2772: датчиком вказати тиск пари в барабані котла 13 кгс/см² і поставити регулятор палива К2772 на «автомат».

Перевірити справність запобіжних клапанів, включити автоматику безпеки;

ДК69: включити джерело напруги живлення автоматики безпеки.

ДКПКН: датчиком вказати тиск закриття 1,2 кгс/см². Впевнитися в закритті ДКПКН, після чого відкрити його та датчиком вказати попередній тиск закриття.

ДК42: датчиком вказати тиск відкриття 1,2 кгс/см².

Впевнитися у відкритті ДК42, після чого закрити його та датчиком вказати попередній тиск відкриття.

ДК36: датчиком вказати тиск закриття 10 кгс/см².

Впевнитися у закритті ДК36, після чого відкрити його та датчиком вказати попередній тиск закриття.

ДК43: датчиком вказати тиск закриття 10 кгс/см².

Впевнитися у закритті ДК43, після чого відкрити його та датчиком вказати попередній тиск закриття.

ДКПК1: датчиком вказати тиск відкриття 2 кгс/см².

Впевнитися у відкритті ДКПК1, після чого відкрити його та датчиком вказати попередній тиск відкриття.

ДКПК2: датчиком вказати тиск відкриття 2 кгс/см².

Впевнитися у відкритті ДКПК2, після чого відкрити його та датчиком

вказати попередній тиск відкриття.

7. Увійти до екрана «Автоматика безпеки».

Ключ автоматики безпеки поставити в положення «Захист».

ДК61: датчиком вказати уставку мінімального тиску газу 3 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК62: датчиком вказати уставку максимального тиску газу 1 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК63: датчиком вказати уставку мінімального розрідження 0 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК64: датчиком вказати уставку мінімального тиску повітря 1 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК65: датчиком вказати уставку мінімальної температури димових газів 100 °С і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК66: датчиком вказати уставку максимального тиску пари 2 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК67: датчиком вказати уставку мінімального рівня води в барабані котла 800 мм і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК68: датчиком вказати уставку максимального рівня води в барабані котла 100 мм і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК70: датчиком вказати уставку мінімальної напруги живлення автоматики безпеки 300 В і поставити на «автомат». Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

ДК71: датчиком вказати уставку мінімального тиску мазута 3 кгс/см² і поставити на «автомат».

Впевнитися в спрацюванні автоматики безпеки, після чого датчиком вказати попередню уставку.

8. Увійти до екрана «ДКВР».

При тиску в котлі 13 кгс/см² виконати такі операції.

ДК31 – відкрити;

ДК32: відкрити головну парову засувку ДК32 на 5 %;

ДК30 – закрити; ДК33 – відкрити; ДК34 – закрити;

ДКВ3, ДКВ4 – відкрити; ДКГ3, ДКГ4 – відкрити.

ДК60: датчиком вказати температуру пари 250 °С і поставити регулятор температури перегрітої пари ДК60 на «автомат».

9. Увійти до екрана «Продувка» (рис. 2.12).

Відкрити:

ДК49, ДК50, ДК51, ДК52, ДК54, ДК55, ДК46, ДК45, ДК24, ДК25.

ДК48: датчиком встановити рівень 0,3 м і поставити регулятор рівня в сепараторі безперервної продувки ДК48 на «автомат».

ДК53 – відкрити.

ДК55: датчиком вказати частку витрати живильної води 0,03 і поставити регулятор витрати продувальної води ДК55 на «автомат».

Сепаратор: датчиком вказати тиск 1,2 кгс/см² і поставити регулятор тиску в сепараторі безперервної продувки «Сепаратор» на «автомат».

10. Ознайомитися з параметрами режимної карти котла, наведеними в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режимна карта котла при спаленні газу

Параметр	Витрата пари, т/год				
	10	15	20	25	30
Тиск пари в барабані котла, кгс/см ²	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Температура пари перед засувкою, °С					
Тиск газу перед пальником, кгс/м ²					
1					
2					
3					
4					
Тиск повітря перед пальником, кгс/м ²					
1					
2					
3					
4					
Вміст за котлом, % (по об'єму)					
CO ₂					
O ₂					
Температура газів за котлом, °С					
Розрідження, мм вод. ст.					
в топці					
за котлом					

11. Відповідно до режимної карти головною паровою засувкою ДК32, регулятором палива К2772, регулятором температури перегрітої пари ДК60, регулятором «газ – повітря» НАДДКВ та іншими органами регулювання встановити параметри режиму, вказаного викладачем, та занести їх в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Дійсні параметри котла

Параметр	Витрата пари, т/год				
	10	15	20	25	30
Тиск пари в барабані котла, кгс/см ²					
Температура пари перед засувкою, °С					
Тиск газу перед пальником, кгс/м ²					
1					
2					
3					
4					
Тиск повітря перед пальником, кгс/м ²					

Продовження таблиці 2.2

1					
2					
3					
4					
Вміст за котлом, % (по об'єму)					
СО ₂					
О ₂					
Температура газів за котлом, °С					
Розрідження, мм вод. ст.					
в топці					
за котлом					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

ВКЛЮЧЕННЯ ТЕПЛОФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Мета роботи: подати на опалення і гаряче водопостачання міста гарячу воду з бойлерів котельні. Вихідний стан: в загальностанційному колекторі 13 кгс/см² або у відборах турбіни пара. Теплофікаційна установка та система підживлення мережної води виключені. Кінцевий стан: споживачам відпускається задана кількість теплової енергії при температурі прямої мережної води 150 °С. Переведення з вихідного до

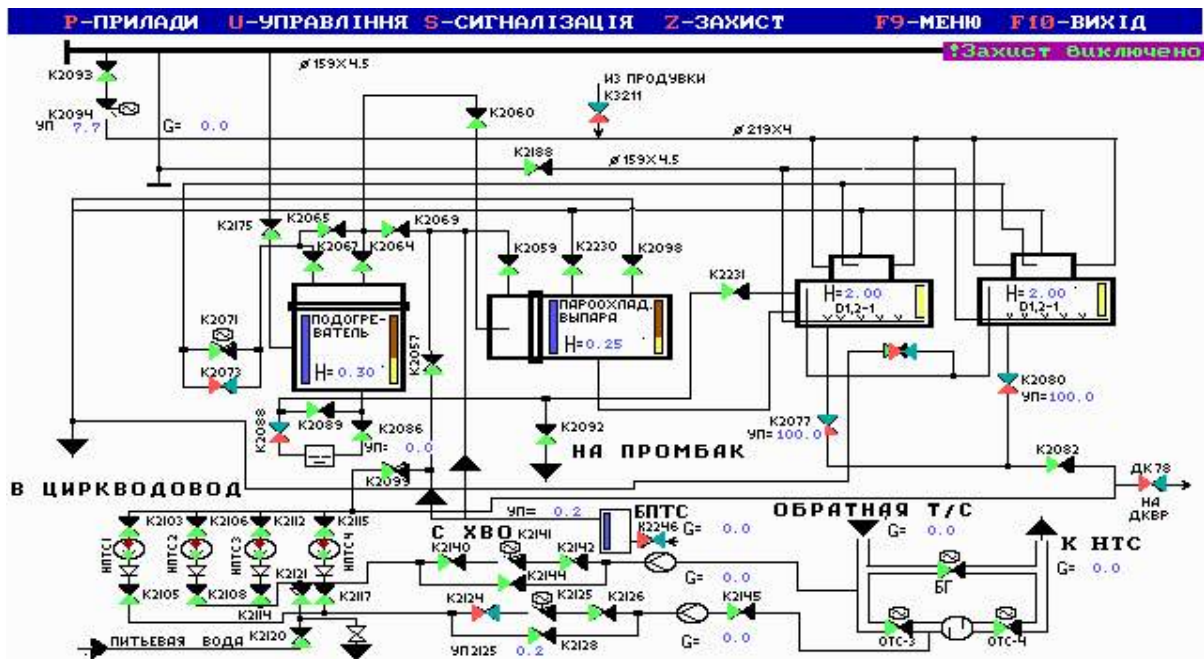


Рисунок 2.14 – Екран «Підживлення»

2246 – відкрити.

Заповнити бак БПТС.

K2057, K2059, K2060 – відкрити.

K2064, K2067 – відкрити.

K2071, K2077, K2080, K2082 – відкрити.

K2103, K2115 – відкрити.

K2124, K2125, K2126, K2145 – відкрити.

K2125: поставити на «автомат». НПТС1, НПТС4 – включити.

K2105, K2117 – відкрити.

K2086, K2088, K2089, K2231 – відкрити.

K2098: датчиком вказати рівень 0,25 м і поставити на «автомат».

K2086: датчиком вказати рівень 0,25 м і поставити на «автомат».

K2077, K2080: датчиком вказати рівні 1 м і поставити на «автомат».

K2094 – відкрити, датчиком вказати тиск $1,2 \text{ кгс/см}^2$ і поставити на «автомат».

K2093 – повільно відкрити.

K2175 – повільно відкрити.

В таблицю 2.3 з екрана перенести поточні значення Q , МВт, $G_{\text{пс}}$, т/год, $t_{\text{пс.гр}}$, °С, $G_{\text{ос}}$, т/год, витрату живильної води $G_{\text{пв}}$, т/год, витрату конденсату нагрівальної пари бойлерів $G_{\text{дрб}}$, т/год.

Таблиця 2.3 – Параметри мережної води

Значення	Q	$G_{\text{пс}}$	$t_{\text{пс}}$	$G_{\text{ос}}$	$G_{\text{пв}}$	$G_{\text{дрб}}$
Номінальні						
Поточні						
Кінцеві						

Вивести через БВК поточні параметри насоса і бойлерів і записати їх в таблицю 2.4. Для насоса вказати витрату G , т/год і тиск води P , кгс/см². Для теплообмінників вказати витрати та температури води, витрати, температури і тиски гріючого середовища $G_{гр}$, $t_{гр}$, $P_{гр}$.

Таблиця 2.4 – Параметри теплофікаційної установки

Устаткування		$G_{в2}$	$t_{в1}$	$t_{в2}$	$G_{гр}$	$t_{гр1}$	$t_{гр2}$	$P_{гр}$	$P_{в2}$
НТС1	номінальні								
	кінцеві								
ОД	номінальні								
	кінцеві								
ОБ	номінальні								
	кінцеві								
ПБ	номінальні								
	кінцеві								

Увійти до екрана «Підживлення». Вивести через БВК поточні параметри насоса НПТС 1, підігрівника ПХОВ, пароохолодника ПО ВИП, деаератора Д1 і записати їх в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Параметри води теплової мережі

Устаткування		$G_{в2}$	$t_{в1}$	$t_{в2}$	$G_{гр}$	$t_{гр1}$	$t_{гр2}$	$P_{гр}$	$P_{в2}$
НПТС-1	номінальні								
	кінцеві								
ПОВИП	номінальні								
	кінцеві								
ПХОВ	номінальні								
	кінцеві								
Д1	номінальні								
	кінцеві								

Порівняти поточні параметри таблиць 2.3, 2.4, 2.5 з номінальними значеннями цих параметрів. При їх незбігу знайти причину, усунути її і записати кінцеві параметри теплоносіїв в таблиці 2.4, 2.5.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

СКЛАДАННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Метою роботи є визначення ККД котельного агрегату за результатами вимірювань його параметрів.

Лабораторна робота виконується за формою ділової гри, яка імітує дослідження котла на підприємстві.

Гра складається із підготовчого та основного етапів. Підготовчий етап відбувається на лекційних, практичних, лабораторних, самостійних заняттях та при курсовому проектуванні. На лекційних та практичних заняттях вивчаються конструкції котлів та внутрішньокотлові процеси. Об'єм знань та обов'язків спостерігачів, які залучені на період випробувань котлоагрегату, наведені в таблиці 2.6.

Основний етап ділової гри проходить безпосередньо на підприємстві, де встановлений котел ДКВР. Група студентів ділиться на 5 бригад, 4 з яких займаються вимірюванням необхідних величин, тобто:

- аналіз відхідних газів;
- вимірювання температур;
- вимірювання розрідження, тиску та витрати повітря;
- визначення витрати води.

П'ята бригада виконує збір результатів вимірювань та проводить розрахунки ККД котла. Результати вимірювання заносяться у журнал спостережень за формою таблиці 2.7.

Другий етап гри відбувається за комп'ютерним тренажером. Студенти задають витрати і тиски пари, складають тепловий баланс котла і визначають його ККД.

Таблиця 2.6 – Об'єм знань та обов'язків спостерігачів, які залучені на період випробувань котлоагрегату

Найменування робіт	Об'єм знань спостерігача	Обов'язки при випробуваннях
Аналіз відхідних газів	Будова газоаналізатора типу ГХП-3М та його частини. Способи визначення вимірюваних параметрів. Перевірка на щільність ліній подачі аналізованих газів, апаратур і газоаналізаторів. Відбір проб газу на аналіз.	Перевірка ліній подачі аналізованих газів, апаратів, реактивів. Запис в журнал спостережень, перевірка стану щільності лінії й установок для газового аналізу.
Вимірювання температур	Принцип роботи приладів та їхня цінність. Способи правильних відліків. Неполадки приладів і способи їх усунення. Порядок записів.	Відлік температур і запис їх у журнал. Установлення та зняття приладів. Утримання приладів у чистоті.
Вимірювання розрідження, тиску та витрати повітря	Будова приладів. Способи визначення щільності ліній. Неполадки приладів і способи їх усунення.	Відрахунки по приладах і запис їх у журнали. Перевірка тягомірів і мікроманометрів. Визначення кута нахилу трубки мікроманометра.
Визначення витрати води	Будова витратомірів (диференціальних манометрів і т. п.), ознаки їхньої несправності.	Запис показання приладів.
Обробка матеріалів	Підрахунок середніх значень вимірів показників.	Обробка журналів в обсязі, обумовленому керівником випробувань.

Таблиця 2.7 – Форма журналу спостережень

Найменування організації, яка проводить дослід

Установка _____

Дослід № _____ Дата досліду _____ 20__ р.

Журнал № _____ спостереження

Пункти спостереження										Примітка
Номер спостереження	Час спостереження		Об'єкт спостереження							
			Одиниці вимірювань							
	год	хв								
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10

Методика складання теплового балансу котла

Рівняння теплового балансу котельного агрегата має вигляд:

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5, \quad (2.1)$$

де Q_H – нижча теплота згоряння палива, яка приблизно дорівнює наявній теплоті згоряння палива;

Q_1 – корисна теплота, вироблена котлоагрегатом;

Q_2 – втрата теплоти з відхідними продуктами згорання;

Q_3 – втрата теплоти з хімічною неповнотою згорання;

Q_5 – втрата теплоти в навколишнє середовище.

ККД котельного агрегату бруто називається відношення корисної теплоти, виробленої котлоагрегатом, до наявної теплоти згоряння палива:

$$\eta_{ad} = \frac{Q_1}{Q_i} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Втрати теплоти в котельному агрегаті також відносять до наявної теплоти:

$$q_i = \frac{Q_i}{Q_i} \cdot 100\%. \quad (2.3)$$

Поділивши обидві частини рівнянь (2.1, 2.2, 2.3) на найменшу теплоту згорання робочої маси палива, отримуємо рівняння теплового балансу котельного агрегату в такому вигляді:

$$100 = \eta_{\text{ао}} + q_2 + q_3 + q_5. \quad (2.4)$$

З цих рівнянь може бути визначений ККД котла брутто, якщо відомі втрати теплоти. Експериментально при відсутності продувки та відпуску насиченої пари повз пароперегрівник ККД котельного агрегату може бути визначений з рівняння:

$$\eta_{\text{ао}} = \frac{D \cdot (I_{\text{п}} - I_{\text{еа}})}{B \cdot Q_i} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де D – навантаження котла, кг/с;

$I_{\text{п}}$ – ентальпія перегрітої пари, кДж/кг;

$I_{\text{жв}}$ – ентальпія живильної води на вході до водяного економайзера, кДж/кг;

B – витрата палива, кг/с або м³/с.

Зазвичай обробку експериментальних досліджень котла виконують за спрощеною методикою проф. М. Равіча. В ній використовують такі характеристики:

1) максимальна температура t_{max} , яка може бути досягнута при повному згорянні палива в теоретичних умовах, тобто при коефіцієнті надлишку повітря, рівному 1 (Д. І. Менделєєв назвав цю величину жаропродуктивністю палива);

2) кількість теплоти P , яка приходить при нормальних умовах на 1 м³ сухих продуктів горіння і яка виділяється при повному згорянні робочого палива в теоретично необхідній кількості повітря;

3) відношення V об'ємів сухих та вологих продуктів горіння в теоретичних умовах;

4) зміна об'єму h сухих продуктів горіння в реальних умовах відносно об'єму сухих продуктів горіння в теоретичних умовах. В цій методиці не потрібно визначати теплоту згорання палива, що значно спрощує дослідження котла. Складання теплового балансу і розрахунок окремих втрат теплоти виконуються в такому порядку:

1. За результатами аналізу продуктів горіння визначається максимальний сумарний вміст в сухих газах CO_2 та SO_2 , RO_2 . Для повного горіння:

$$\text{RO}_{2\text{max}} = \frac{100\text{RO}_2}{100 - 4,76\text{O}_2}. \quad (2.6)$$

Отримане значення RO_{2max} порівнюють з табличними даними. Якщо різниця більша за 0,3 %, то це означає помилку аналізу або відхилення складу палива від усереднених даних. Природний газ має такі характеристики:

$$Q_H = 35700 \text{ кДж/кг}; t_{max} = 2010 \text{ }^\circ\text{C}; RO_{2max} = 11,8 \text{ } \%; P = 4200 \text{ кДж/кг}; B = 0,8$$

2. Визначається коефіцієнт h , який показує збільшення об'єму продуктів горіння через вміст в них надлишкового повітря відносно об'єму сухих продуктів горіння в теоретичних умовах.

$$h = \frac{RO_{2max}}{RO_2 + CO + CH_4}. \quad (2.7)$$

3. Визначається втрата теплоти з відхідними газами, %:
якщо $h > 1$

$$q_2 = \frac{t_{\text{від}} - 1 \cdot t_{\text{ад}}}{t_{max}} \cdot [C' + (h - 1) \cdot KB] \cdot 100, \quad (2.8)$$

якщо $h < 1$

$$q_2 = \frac{t_{\text{ад}} - 1 \cdot t_{\text{ад}}}{t_{max}} \cdot C' \cdot h \cdot 100, \quad (2.9)$$

де $t_{\text{від}}$ – середня температура відхідних газів, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{ад}}$ – середня температура повітря перед вентилятором, $^\circ\text{C}$;

t_{max} – жаропродуктивність палива, $^\circ\text{C}$;

l – коефіцієнт, який характеризує відношення добутку дійсного об'єму повітря, поданого в топку, та його питомої теплоємності до добутку об'єму продуктів горіння та їх питомої теплоємності (приймається для природного газу 0,85, для рідкого палива – 0,9);

B – коефіцієнт, який характеризує відношення об'ємів сухих та вологих продуктів горіння в теоретичних умовах;

C' – коефіцієнт, який характеризує відношення середньозваженої питомої теплоємності нерозбавлених повітрям продуктів згорання в температурному інтервалі від 0 до $t_{\text{від}}$ до їх середньозваженої питомої теплоємності в температурному інтервалі від 0 до t_{max} ;

K – коефіцієнт, який характеризує відношення середньої питомої теплоємності повітря в температурному інтервалі від 0 до $t_{\text{від}}$ до його середньозваженої питомої теплоємності в температурному інтервалі від 0 до t_{max} .

Коефіцієнти C' та K при жаропродуктивності палива визначають за формулами:

$$C'=0,804+142 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{відх}} -26,5 \cdot 10^{-12} \cdot t_{\text{відх}}^2, \quad (2.10)$$

$$K=0,752+172 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{відх}} -71,97 \cdot 10^{-9} \cdot t_{\text{відх}}^2. \quad (2.11)$$

4. Визначається втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння, %:

$$q_3 = \frac{127,84 \cdot CO + 118,36 \cdot H_2 + 359,31 \cdot CH_4}{P} \cdot h \cdot 100, \quad (2.12)$$

де P – нижча теплота згоряння палива, яка віднесена на 1 м³ сухих продуктів горіння при нормальних умовах і яка виділяється при повному згорянні робочого палива в теоретично необхідній кількості повітря;

CO, H_2, CH_4 – вміст оксиду вуглецю водню та метану в відхідних газах. Для котлів на газовому паливі ці втрати можна прийняти рівними нулю.

Втрати теплоти від зовнішнього охолодження при номінальному навантаженні q_5 визначаються за рис. 13.20, [5], %.

Як приклад в таблиці 2.8 наведені результати випробувань котла ДКВР 6,5-14 при його роботі на газу.

Таблиця 2.8 – Зведена відомість результатів випробувань котла ДКВР-6,5-14

Величина	Засіб визначення	Навантаження котла, т/год			
		8,9	7,37	4,22	2,8
Теплота згоряння палива Q_n , МДж/м ³	З лабораторного аналізу	30,2	30	29,8	29,6
Витрата газу V , м ³ /год	Вимірювання	875	733	410	281
Температура газу, °С	Вимірювання	10	10	10	10
Тиск газу перед пальником, кПа	Вимірювання				
1		3,1	2	0,67	0,25
2		3,1	2	0,65	0,25
Тиск повітря перед пальником, кПа					
1		0,9	0,55	0,2	0,01
2		0,9	0,55	0,2	0,01
Паропродуктивність котла D , кг/с	Вимірювання	2,47	2,05	1,2	0,78
Тиск пари, МПа	Вимірювання	1,06	0,93	0,94	0,79
Температура пари, °С	Вимірювання	184	177	174	170
Ентальпія перегрітої пари $h_{пп}$, кДж/кг	З h-S діаграми	2780	2775	2776	2769
Температура живильної води $t_{жв}$, °С	Вимірювання	56	47	54	47
Температура повітря, t_p , °С	Вимірювання	27	21	23	23
Розрідження, Па	Вимірювання				

Продовження таблиці 2.8

Величина	Засіб визначення	Навантаження котла, т/год			
		8,9	7,37	4,22	2,8
в топці		26	25	25	25
за котлом		200	135	60	45
Склад продуктів горіння за котлом, %	Вимірювання				
CO ₂		10,9	11,1	10,5	8,5
O ₂		2,8	3,0	3,2	6,8
H ₂		0	0	0	0
CO		0	0	0	0
CH ₄		0	0	0	0
Коефіцієнт надлишку повітря, наближений	$\alpha_{i\ddot{a}\ddot{e}} = \frac{21}{21 - \hat{I}_2}$	1,15	1,18	1,18	1,48
Поправковий коефіцієнт	Рисунок 13.19, [5]	0,98	0,98	0,98	0,98
Коефіцієнт надлишку повітря дійсний	$\alpha_{\text{дiс}} = K_n \cdot \alpha_{\text{набл}}$	1,13	1,11	1,16	1,43
Температура димових газів за котлом, °С	Вимірювання	320	288	227	195
Жаропродуктивність газу, °С	Таблиця 13.13, [5]	2010	2010	2010	2010
Максимальний вміст CO ₂ в продуктах горіння, %	$\hat{N}I_{2\text{max}} = \frac{100 \cdot CO_2}{(100 - 4,76 \cdot O_2)}$	12,4	12,4	12,4	12,4
Відношення дійсного об'єму продуктів горіння до теоретичного (h)	Формула 2.7	1,14	1,12	1,18	1,48
Поправкові коефіцієнти:					
до теплоємності продуктів горіння С'	Формула 2.10	0,84	0,84	0,83	0,83
до теплоємності повітря К	Формула 2.11	0,79	0,79	0,78	0,78
до температури повітря	Приймаємо	0,85	0,85	0,85	0,85
Відношення (В) сухих та вологих продуктів горіння в теоретичних умовах	Таблиця 13.13, [5]	0,8	0,8	0,8	0,8
Нижча теплота горіння газу, віднесена до 1 м ³ сухих продуктів горіння (Р), які утворюються при спаленні в теоретичних умовах, кДж/м ³	Таблиця 13.13, [5]	4200	4200	4200	4200
Втрати теплоти, % :					
з відхідними газами за котлом, q ₂	Формули 2.8, 2.9	13,7	12,3	9,7	9,85
Втрати теплоти в навколишнє середовище, q ₅	Рисунок 13.20, [5]	1	1,4	2,3	3,6

Продовження таблиці 2.8

Величина	Засіб визначення	Навантаження котла, т/год			
		8,9	7,37	4,22	2,8
ККД котла, визначений за зворотним балансом	$\eta_{зв} = 100 - q_2 - q_5$	85,3	86,3	88	86,6
ККД котла, визначений за прямим балансом	$\eta_{пр} = \frac{D \cdot (h_{ii} - h_{ea})}{B \cdot Q_i} \cdot 100\%$	85,6	86,6	88	86,5
Відхили дослідів	$\Delta\eta = \eta_{пр} - \eta_{зв}$	0,3	0,3	0	-0,1

За даними таблиці 2.8 будують залежності ККД котла від витрати пари; втрати q_2 від витрати пари; втрати q_5 від витрати пари. На основі цих залежностей складається режимна карта котла, приклад якої наведений в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Режимна карта котла ДКВР-6,5-14 з пальниками НГМГ-4 при спаленні природного газу

Параметр	Витрата пари, т/год			
	2	4	6	8,5
Тиск пари в барабані котла, кгс/см ²	7	7	7	7
Температура пари перед засувкою, °С				
Тиск газу перед пальником, кгс/см ²				
1	10	57	164	260
2				
3				
4				
Тиск повітря перед пальником, кгс/см ²				
1	4	14	40	60
2				
3				
4				
Вміст за котлом, % (по об'єму)				
CO ₂	7,6	8,7	10,7	10,7
O ₂	7,5	5,5	2	2
Температура газів за котлом, °С	205	250	300	340
Розрідження, мм вод. ст.				
в топці	2	2	2	2
за котлом	4	7	10	20

Порядок виконання роботи

1. Давачем регулятора палива К2772 вказати тиск пари 14 кгс/см².
2. Засувкою ДК31 встановити витрату пари 10 т/год та занести в таблицю 2.9 параметри, які вимірюються. Виконати теж саме для витрат 15,20 та 25 т/год.

3. Виконати обробку вимічених параметрів котла та заповнити таблицю 2.10.

4. За даними таблиці 2.10 побудувати залежності ККД котла від витрати пари; втрати q_2 від витрати пари; втрати q_5 від витрати пари.

5. На основі цих залежностей скласти режимну карту котла, таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Зведена відомість результатів випробувань котла ДКВР-20-14

Величина	Засіб визначення	Навантаження котла, т/год			
		10	15	20	25
Теплота згоряння палива $Q_H, \text{МДж/м}^3$	З лабораторного аналізу	30,2	30,2	30,2	30,2
Витрата газу $V, \text{м}^3/\text{год}$	Вимірювання				
Температура газу, °С	Вимірювання	10	10	10	10
Тиск газу перед пальником, кПа	Вимірювання				
1					
2					
3					
4					
Тиск повітря перед пальником, кПа	Вимірювання				
1					
2					
3					
4					
Паропродуктивність котла $D, \text{кг/с}$	Вимірювання				
Тиск пари, МПа	Вимірювання	14	14	14	14
Температура пари, °С	Вимірювання				
Ентальпія перегрітої пари $h_{пп}, \text{кДж/кг}$	З h-S діаграми				
Температура живильної води $t_{жв}, \text{°С}$	Вимірювання				
Температура повітря, $t_{п}, \text{°С}$	Вимірювання				
Розрідження, Па	Вимірювання				
в топці					
за котлом					
Склад продуктів горіння за котлом, %	Вимірювання				
CO ₂					
O ₂					
H ₂		0	0	0	0
CO		0	0	0	0
CH ₄		0	0	0	0
Коефіцієнт надлишку повітря наблизений	$\alpha_{iàä} = \frac{21}{21 - \hat{f}_2}$				

Продовження таблиці 2.10

Величина	Засіб визначення	Навантаження котла, т/год			
		10	15	20	25
Поправковий коефіцієнт	Рисунок 13.19, [5]				
Коефіцієнт надлишку повітря дійсний	$\alpha_{дійс} = K_n \cdot \alpha_{набл}$				
Температура димових газів за котлом, °С	Вимірювання				
Жаропродуктивність газу, °С	З таблиць	2010	2010	2010	2010
Максимальний вміст CO ₂ в продуктах горіння, %	$\tilde{N}_{2max} = \frac{100 \cdot CO_2}{(100 - 4,76 \cdot O_2)}$				
Відношення дійсного об'єму продуктів горіння до теоретичного(h)	Формула 2.7				
Поправочні коефіцієнти:					
до теплоємності С'	Формула 2.10				
до теплоємності повітря К	Формула 2.11				
до температури повітря	Приймаємо	0,85	0,85	0,85	0,85
Відношення сухих та вологих продуктів горіння в теоретичних умовах	Таблиця 13.13, [5]				
Нижча теплота горіння газу, віднесена до 1 м ³ сухих продуктів горіння Р, які утворюються при спаленні в теоретичних умовах, кДж/м ³	Таблиця 13.13, [5]	4200	4200	4200	4200
Втрати теплоти, % :					
з відхідними газами за котлом, q ₂	Формули 2.8, 2.9				
Втрати теплоти в навколишнє середовище, q ₅	Рисунок 13.20, [5]				
ККД котла, визначений поворотньому балансу	$\eta_{зв} = 100 - q_2 - q_5$				
ККД котла, визначений по прямому балансу	$\eta_{ид} = \frac{D \cdot (h_{ii} - h_{ea})}{B \cdot Q_i} \cdot 100\%$				
Відхилення дослідів	$\Delta \eta = \eta_{np} - \eta_{зв}$				

Таблиця 2.11 – Режимна карта котла ДКВР-20-14 з пальниками НГМГ-4 при спаленні природного газу

Параметр	Витрата пари, т/год			
	10	16	22	30
Тиск пари в барабані котла, кгс/см ²	13	13	13	13
Температура пари перед засувкою, °С				
Тиск газу перед пальником, кгс/см ²				
1				
2				
3				
4				

Тиск повітря перед пальником, кгс/см ²				
1				
2				
3				
4				
Вміст за котлом, % (по об'єму)				
CO ₂				
O ₂				
Температура газів за котлом, °С				
Розрідження, мм вод. ст.				
в топці				
за котлом				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

ПУСК УСТАТКУВАННЯ МАЗУТОНАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Мета роботи: подати мазут з підземних ємностей до форсунок котла. Вихідний стан: загальностанційний колектор пари 13 кгс/см² знаходиться під тиском. Наземні мазутні баки порожні. До мазутних насосів підведений струм. Кінцевий стан: очищений та підігрітий мазут рухається по кільцю «баки – насоси – трубопроводи КТЦ – баки».

Порядок виконання роботи

Увійти до екрана «Мазутне господарство» (рис. 2.15).

Переведення з вихідного до кінцевого станів відбувається за такими етапами.

1. Нагрівання мазуту та заповнення мазутних баків.

2. Очищення мазуту в фільтрах.
3. Подання мазуту в трубопроводі.

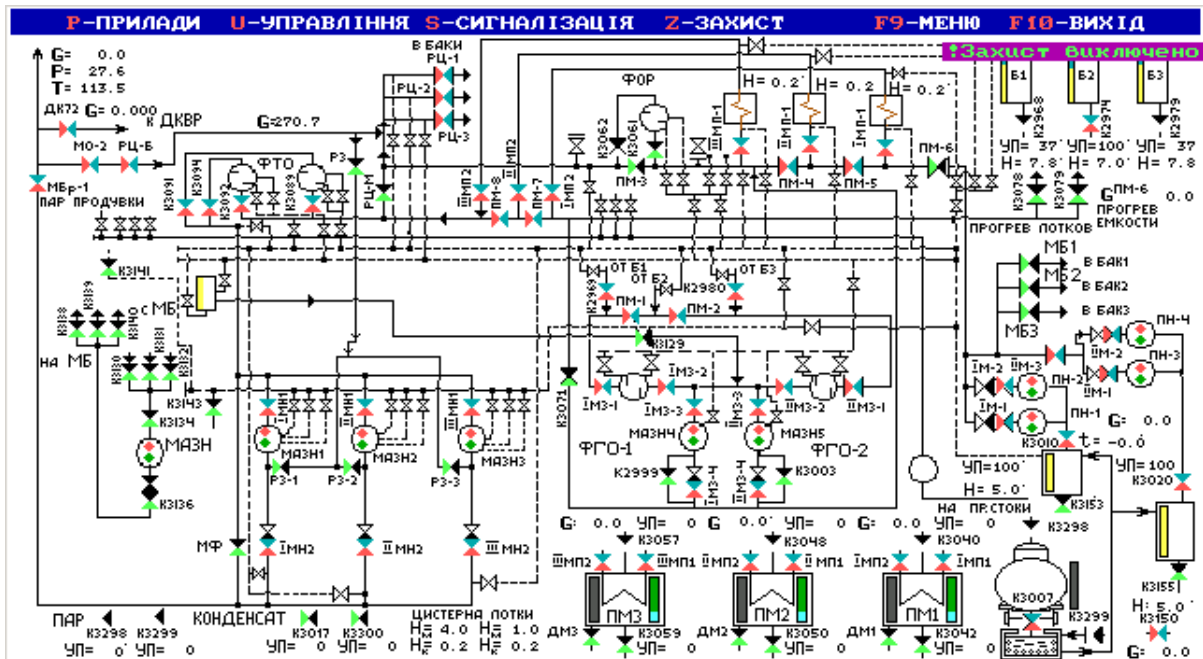


Рисунок 2.15 – Екран «Мазутне господарство»

К3007, К3020 – відкрити. Наповнити заглиблені ємності. К3010, К3020 – відкрити.

ПМ-6, 1МП-1, 1МП-2 – відкрити. ПМ-5, 2МП-1, 2МП-2 – відкрити.

ПМ-4, 3МП-1, 3МП-2 – відкрити ПМ-7, ПМ-8 – відкрити.

РЦ-М, РЦ-1, РЦ-2, РЦ-3 – відкрити. ПН-1, ПН-2, ПН-3, ПН-4 – включити.

1М-1, 1М-2, 2М-1, 2М-2, 2М-3 – відкрити.

Заповнити підігрівники мазутом.

ПМ-6 – закрити.

К3042: датчиком встановити рівень 0,25 м, відкрити на 20 % і поставити на «автомат».

К3050: датчиком встановити рівень 0,25м, відкрити на 20 % і поставити на «автомат».

К 3059: датчиком встановити рівень 0,25 м, відкрити на 20 % і поставити на «автомат».

К3040: датчиком задати температуру 120 °С і поставити на «автомат».

К3048: датчиком задати температуру 120 °С і поставити на «автомат».

К3059: датчиком задати температуру 120 °С і поставити на «автомат».

К2968: датчиком вказати рівень 8 м і поставити на «автомат».

К2976: датчиком вказати рівень 8 м і поставити на «автомат» .

К 2979: датчиком вказати рівень 8 м і поставити на «автомат».

ПМ-6 – відкрити. Заповнити мазутом баки 1, 2, 3.

ПМ-6 – закрити. К2969, К2980 – відкрити.

ПМ-1, ПМ-2 – відкрити. 1МЗ-1, 1МЗ-2, 2МЗ-2 – відкрити.
 К2993, К3000 – відкрити. К3075, РЦ-М – закрити.
 К3089, К3091, К3092, К3094 – відкрити.
 1М-1, 2М-1, 3М-1 – відкрити.
 МПР-1, МО-2, РЦ-Б – відкрити. ПМ-6 – відкрити.
 МАЗН-1, МАЗН-2, МАЗН-3, МАЗН-4, МАЗН-5 – включити.
 1М-2, 2М-2, 3М-2, 1МЗ-4, 2МЗ-4, К2999, К3003 – відкрити.
 К3141, К3143, К3129 – відкрити.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ КОТЛА

Метою роботи є запобігання вибуху котла промислово-опалювальної котельні.

Імітація аварійної ситуації з котлом відбувається таким чином. Попередньо відключаються всі захисти котла, включаються всі пальники і закривається головна парова засувка. На занятті звертається увага студента на стрімке зростання тиску в барабані котла. Студента попереджують, що при помилкових діях або бездіяльності котел вибухне через дві хвилини і починається зворотний відлік часу. При подальшому підвищенні тиску понад граничний на екран виводиться зображення котла, що вибухнув, і подається звуковий сигнал (рис. 2.16).

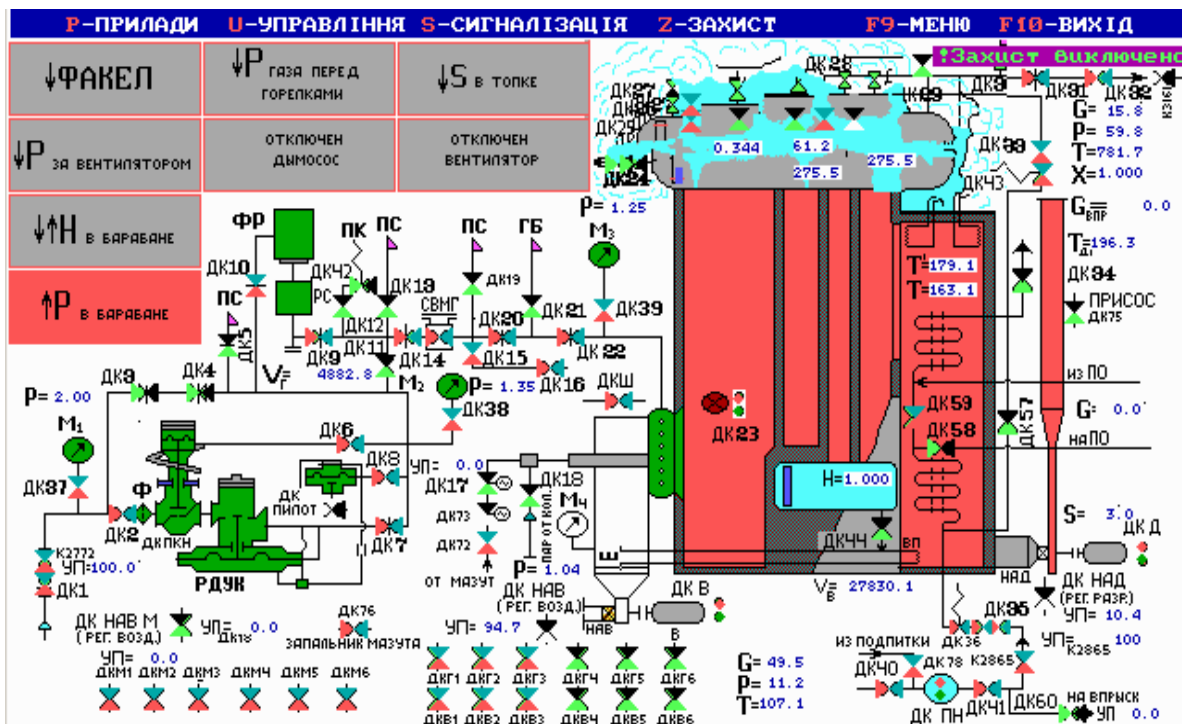


Рисунок 2.16 – Зображення котла, що вибухнув

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила будови та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів. – К. : 1999, – 592 с. (Державний нормативний акт про охорону праці).
2. Чепурний М. М. Експлуатація промислових парогенераторів / Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Корженко Є. С. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 136 с.
3. Вергазов В. С. Устройство и эксплуатация котлов. Справочник / Вергазов В. С. – М. : Стройиздат, 1991. – 271 с.
4. Порецкий Л. Я. Справочник эксплуатационника газифицированных котельных / Порецкий Л. Я. – Л. : Недра, 1988. – 608 с.
5. Эстеркин Р. И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования / Эстеркин Р. И. – СПб. : Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1991. – 304с.
6. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник / Степанов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2010 – 117 с.

Навчальне видання

**Головченко Олексій Михайлович
Нанака Олена Миколаївна**

**Енергетичні установки
Ч. 1. Експлуатація устаткування промислової котельні
на газовому та рідкому паливі**

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено О. Головченко

Підписано до друку 07.07.2017 р.
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 8,4.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2017-274.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua; e-mail: kivc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.