

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011555594

Дата проверки:
13.06.2022 09:53:24 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
13.06.2022 09:55:07 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYa82-SyrchynIV-diplom

Количество страниц: 17 Количество слов: 2640 Количество символов: 20288 Размер файла: 1.75 MB ID файла: 1011427274

20.2% Совпадения

Наибольшее совпадение: 10.9% с источником из Библиотеки (ID файла: 1000787295)

1.59% Источники из Интернета 10 Страница 19

19.4% Источники из Библиотеки 4 Страница 19

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 2

З ВАЖЛИВІСТЬ СИСТЕМИ ПЕРІОДИЧНОЇ ПРОДУВКИ КАРМАНІВ КОЛЕКТОРІВ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000М ЗАДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ШЛАМОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ У КАРМАНАХ КОЛЕКТОРІВ. ІНШІ СПОСОБИ БОРОТЬБИ З НАКОПИЧЕННЯМ ШЛАМОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ У КАРМАНАХ КОЛЕКТОРІВ

3.1 Вступ та постановка задачі

Забезпечення надійної роботи парогенератора є однією з найважливіших задач для АЕС. Тільки при нормальній роботі парогенератора можна досягнути необхідного рівня безпеки та економічної складової АЕС.

Досвід експлуатації парогенераторів ПГВ-1000М показав наявність у ПГ локальних зон концентрування домішок, у яких найчастіше виникають пошкодження металу. Одне з таких місць – конструктивна особливість парогенератора – наявність «карману» – кільцевого зазору у вузлі приварювання колектора першого контуру до патрубку Ду1200 (зварне з'єднання №111). Наявність карману визначає складний характер розподілу напружень у вузлі, а також сприяє накопиченню корозійно-активних продуктів корозії, внаслідок чого відбувається виникнення та розвиток дефектів у зварних з'єднаннях №111. Крім того, обмежений доступ до кореня зварного з'єднання №111, внаслідок чого утруднена оцінка стану металу зварного з'єднання та прилеглої зони [3].

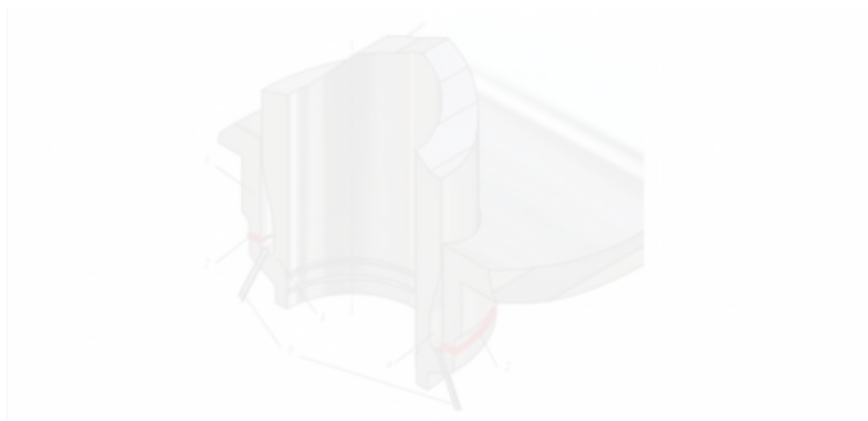
На рис. 3.1 вказано схематичне розташування карману колектора ПГ [4].

При огляді карману пошкоджених колекторів після вирізки темплетів було виявлено різні дефекти, від яких брали початок зародкові тріщини, а також наявність відкладень у карманах колекторів. Аналогічні пошкодження було зафіксовано на Южно-Українській, Нововоронезькій, Балаківській АЕС [3].

Аналіз результатів досліджень дефектів у вузлі приварювання колектора теплоносія до корпусу ПГ, виявлених на парогенераторах ПГВ-1000 на АЕС України та Росії показав, що дефекти є наслідком процесу, що протікає за

механізмом уповільненого деформаційного корозійного розтріскування під дією напружень яке ініціюється більшою мірою :

- високим механічним напруженням;
- корозійно-активним середовищем [3].



1 – вузол Ду 1200 ПГ; 2 – 3З №111; 3 – колектор ПГ; 4 – карман колектора ПГ; 5 – патрубку періодичної продувки Ду 20

Рисунок 3.1 - Вузол приварювання колектора теплоносія першого контуру до патрубку Ду 1200 парогенератора ПГВ-1000М

Шламові відкладення в кармані гарячого колектора ПГ на Балаківській АЕС показано на рис. 3.2 [3].

Для зменшення утворення корозійних відкладень у кармані колектору використовують систему продувки ПГВ-1000М (продувки карманів). Регламент експлуатації системи періодичної продувки зазначено у [5].

Мета роботи: підвищення експлуатаційної надійності роботи ПГ за рахунок запобігання утворення корозійних відкладень у карманах холодного та гарячого колекторів.

Предмет роботи : кармани холодного та гарячого колекторів ПГ.



Рисунок 3.2 - Шламіві відкладення в кармані гарячого колектору на Балаківській АЕС

Метод роботи: аналіз способів зниження пошкодження зварних з'єднань колекторів парогенератора з корпусом парогенератора за рахунок продувки карманів колекторів ПГВ-1000М.

3.2 Короткий опис системи продувки карманів колекторів парогенератора

Періодична продувка карманів колекторів проводиться для зменшення концентрації нерозчинених шламових відкладень. В лініях періодичної продувки присутня мала витрата для забезпечення прогріву ліній, що запобігає термоциклічним напруженням в момент включення продувки. Ця витрата забезпечується за рахунок застосування байпасних ліній малого перерізу або протічок арматури.

У штатній схемі є шість ліній періодичної продувки: дві з торцевих ділянок ПГ і чотири з карманів колекторів теплоносія (принципова схема наведена на рис. 3.3 [3]). Також забезпечується можливість роздільної продувки з торцевих ділянок та карманів, тому що одночасна продувка з декількох ліній різного перерізу неефективна і може призводити до забивання шламом карманів колекторів. Для переключення між режимами періодичної продувки в системі передбачена запірна арматура.

Слід зауважити, що на лініях періодичної продувки, які йдуть з карманів до загального трубопроводу відсутня регулююча арматура для регулювання витрати з карманів. Це означає, що неможливо окремо продувати кармани гарячого та холодного колекторів парогенератора.

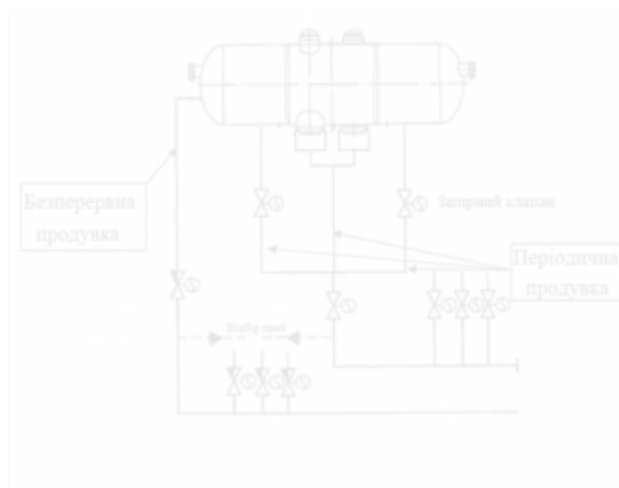


Рисунок 3.3 - Принципова схема продувочних ліній ПГВ-1000М

Згідно інструкції по експлуатації системи продувки парогенератора блока №1 Хмельницької АЕС [5], робота періодичної продувки ПГ в стані РУ «Гарячий зупин», «Робота на потужності», а також після ППР при підйомі потужності РУ від МКР до 100% від номінальної потужності, періодична продувка проводиться кожну вечірню зміну протягом 1 години по чергово для кожного ПГ з витратою в 15-16 т/год.

Протягом цього часу йде змив шламу, вторинних відкладень зі стінок трубопроводу та зони нижньої утворювальної корпусу ПГ, що прилягає до місця врізання трубопроводу в корпус, шламу, осілого при попередньому розвантаженні енергоблоку.

Видалення осівших частинок шламу забезпечується за рахунок великої витрати періодичної продувки карманів. Велику роль для виключення шламування грає забезпечення достатньої швидкості в трубопроводі.

Відсутність витрати або прохідності кожного з паралельно включених трубопроводів може призвести до перерозподілу витрати з можливістю надалі повного забивання однієї або кількох ліній. Все це призводитиме до ще більшого накопичення нерозчинених домішок у парогенераторі і зокрема, у карманах, та розвитку корозійних процесів.

У процесі зупину енергоблоку, внаслідок нестійкої гідродинаміки, а також в результаті дренажу ПГ висока ймовірність закидання шламу з подальшим осадженням у кармани колекторів та розвитком корозійних процесів.

При великих концентраціях нерозчинних домішок відбувається їх відкладення у вигляді шламу в карманах колектору. При низькій ефективності виведення цих відкладень під час періодичної продувки відбувається ще більше накопичення. Після чого, видалення шламу можливо тільки за допомогою спеціальних відмивок. Тому, з метою підтримки чистоти карманів колекторів ПГ щорічно проводять профілактичні роботи з хімічної та гідродинамічної відмивки карманів колекторів.

3.3 Видалення шламових відкладень за допомогою хімічної промивки парогенератора

Для забезпечення надійної роботи парогенератора на АЕС необхідно вчасно видаляти шламові відкладення з теплообмінних труб (ТОТ) та вузлів накоплення шламу – карманів.

Окислювальні властивості робочого середовища другого контуру, а також наявність корозійних відкладень усередині карманів ПГ істотно впливають на пошкодження ЗЗ №111. На особливу увагу заслуговує питання впливу хімічного складу корозійних відкладень, зокрема, міді та її оксидів, які накопичуються у карманах колекторів ПГ. Мідь викликає анодне розчинення основного металу колектора ПГ за механізмом електрохімічної корозії, що сприяє утворенню та розвитку корозійних ушкоджень у зоні ЗЗ №111.

У 2013 році на енергоблоці №5 Новоронежській АЕС було проведено вирізку темплету з зони пошкодження ЗЗ №111 5ПГ-1 та були проаналізовані

проби відкладень з карманів колекторів ПГ. Хімічний склад відкладень (% за масою) : Fe_2O_3 - 85,2%; CuO - 3,1%; SiO_2 - 2,9%; $(\text{CaO}+\text{MgO})$ - 2,2 %; Cl^- - 0,04%, SO_4 - 0,092%, Na - 0,056% [4].

Гранична величина питомої забрудненості для ПГ АЕС нового покоління – трохи більше 100 г/м². При перевищенні цього рівня необхідно видалити відкладення. Для забезпечення необхідного рівня очищення шламових відкладень з теплообмінної поверхні ПГ на даний момент є хімічне промивка. Такі роботи регулярно проводяться на діючих АЕС.

Переведення відкладень у розчинну форму здійснюється за допомогою миючих розчинів на основі водних розчинів комплексоутворювачів (ЕДТК – етилендіамінтетраоцтова кислота, ацетат амонію), окисно-відновних компонентів нітрит натрію, гідразин-гідрат), коригуванням рН розчину з використанням аміаку та організації відповідного температурного режиму.

Слід звернути увагу на деякі нюанси щодо практики щорічних відмивок карманів ПГ без одночасного проведення хімічної відмивки ТОТ ПГ. Для відмивки карманів від відкладень необхідно повне дренавання ПГ по другому контуру, після дренавання ПГ відкладення на ТОТ висихають і їх щільність зчеплення з металом ТОТ зменшується. Після закінчення ППР при проведенні регламентних пускових робіт (заповнення ПГ хімобезсоленою водою, підйом тиску і температури до номінальних параметрів) може відбуватися посилений винос відкладень із трубочатки як через зниження щільності зчеплення відкладень з металом ТОТ, так і внаслідок діючих механічних факторів. Різниця коефіцієнтів температурного розширення металу трубочатки (аустенітна сталь) та відкладень (переважно – оксиди заліза), а також деформація ТОТ, навантажених тиском 1 контуру, полегшують відшаровування відкладень від металу ТОТ. Внаслідок цього об'єм карманів ПГ починає заповнюватися шламом вже після перших днів пуску енергоблоку, що у свою чергу може провокувати забивання трубопроводів періодичної продувки карманів ПГ, внаслідок їхнього малого діаметра (Ду 20). Факти забивання ліній періодичного продування ПГ були зафіксовані на деяких енергоблоках ВВЕР-1000 [4].

3.4 Гідродинамічна відмивка карманів парогенератора

На сьогоднішній день для видалення відкладень з ТОТ хімічна відмивка є єдиним ефективним способом очистки теплообмінних труб. В свою чергу, очистка карманів колекторів ПГ мають випробувані нові технології – гідродинамічну відмивку.

Одна з них, описана в [6], передбачає врізку в нижню частину карману двох додаткових штуцерів Ду 27 з фланцевими роз'ємами та встановлення змивних пристроїв для гідродинамічної промивки (рис 3.4 [6]).

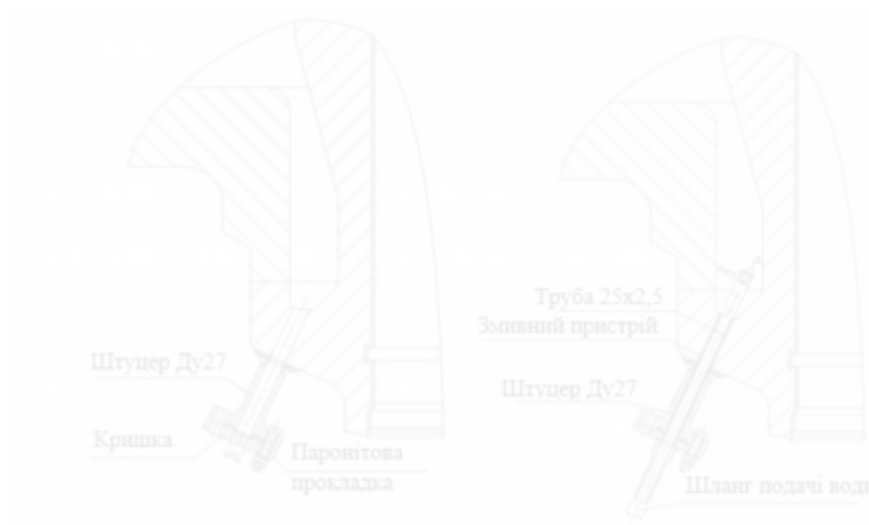


Рисунок 3.4 - Установка змивних пристроїв в карман колекторів ПГ

Змивний пристрій являє собою трубу 25x2,5 мм з 6 отворами діаметром 4 мм (по три на двох утворюючих). Вода подається по штуцеру змивного пристрою та трубці 25x2,5 мм і розбризкується через отвори діаметром 4 мм у карман парогенератора. Результати натурного дослідження «змивного» пристрою на «гарячому» колекторі ПГ-1 енергоблока №5 Нововоронезької АЕС представлені на рис. 3.5 [6].

Поряд із застосуванням гідродинамічного змивного пристрою для забезпечення чистоти карманів колекторів впроваджено локальну хімічну промивку в зоні приєднання колектора теплоносія до корпусу парогенератора, що дозволило підвищити ефективність процесів хімічного розчинення та виведення відкладень [6]. Схема локальної хімічної відмивки представлена на рис. 3.6 [6] результати застосування хімічного відмивання показані на рис. 3.7 [6].



Холодний карман



Гарячий карман

Рисунок 3.5 - Кармани колекторів після промивки

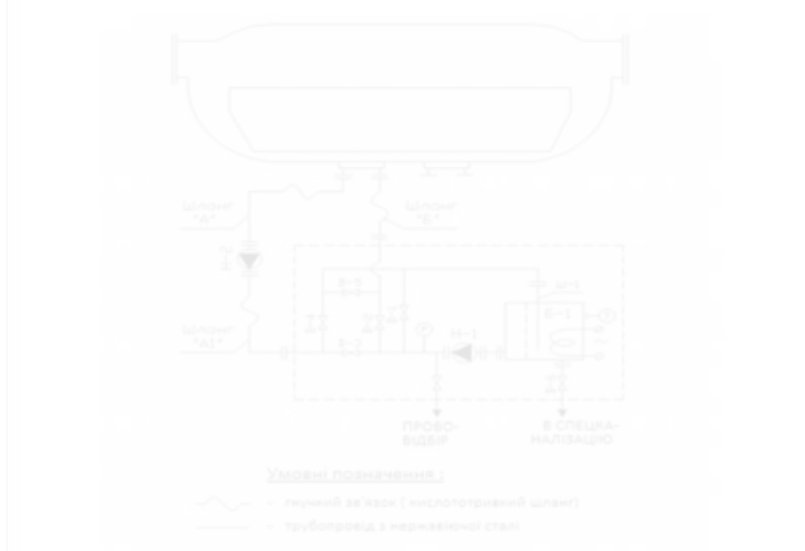


Рисунок 3.6 - Схема локальної хімічної відмивки



Рисунок 3.7 - Результаты локальной химической відмивки А) до відмивки Б) після
ВІДМИВКИ

В результаті випробувань було доведено ефективність використання додаткових штуцерів у нижній частині карманів гарячого колектора ПГ при проведенні хімічної промивки ПГ. Було встановлено, що використання додаткових штуцерів змивних пристроїв для подачі технологічних середовищ в об'єм карману колектора дозволяє підвищити ефективність процесів хімічного розчинення та виведення відкладень.

Після хімічної промивки візуально зафіксовано мінімальну кількість відкладень в об'ємі гарячого карману колектора 5ПГ-1 (оснащеного додатковими штуцерами). У холодному кармані ПГ (не оснащеному додатковими штуцерами) після завершення хімічної відмивки були присутні частки нерозчинених відкладень і шламу, водне середовище, злите з холодного карману було чорного кольору з включенням нерозчинених частинок відкладень.

Другу технологію гідродинамічної відмивки (ГДВ) запропонувала польська компанія «Ecol». Вона призначена для видалення відкладень з карманів колекторів парогенератора без використання хімічних реагентів, а за рахунок подачі в порожнину карманів хімзнесоленої води під високим тиском.

Відмивання виконується через штатні штуцери періодичної продувки карманів ПГ Ду 20 (Рис. 3.8 [3]). Спеціальна форсунка вводиться по черзі через

100

штуцера продувки Ду 20 і проходить по повному колу карману на 360 градусів з необхідним тиском хімічнознесоленої води. Технологія забезпечує розпушення, змив шламових накопичень і, отже, очищення кільцевої порожнини карманів колекторів ПГ.

Установка ГДВ, розвиває тиск на тиску насоса до 3000 бар (~300 МПа) з дизельним приводом високого тиску. Принципова схема представлена на рис. 3.8 [3].

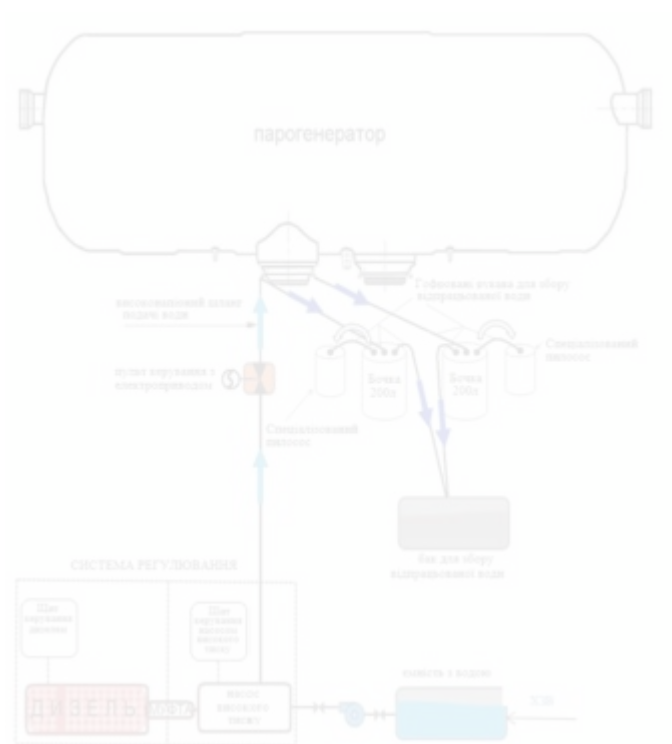


Рисунок 3.8 - Принципова схема ГДВ карманів колекторів ПГ

Натурні дослідження нової технології ГДВ проведено на парогенераторах енергоблока №1 Запорізької АЕС та на чотирьох ПГ енергоблока №2 Балаківської АЕС (рис. 3.9, 3.10 [3]).

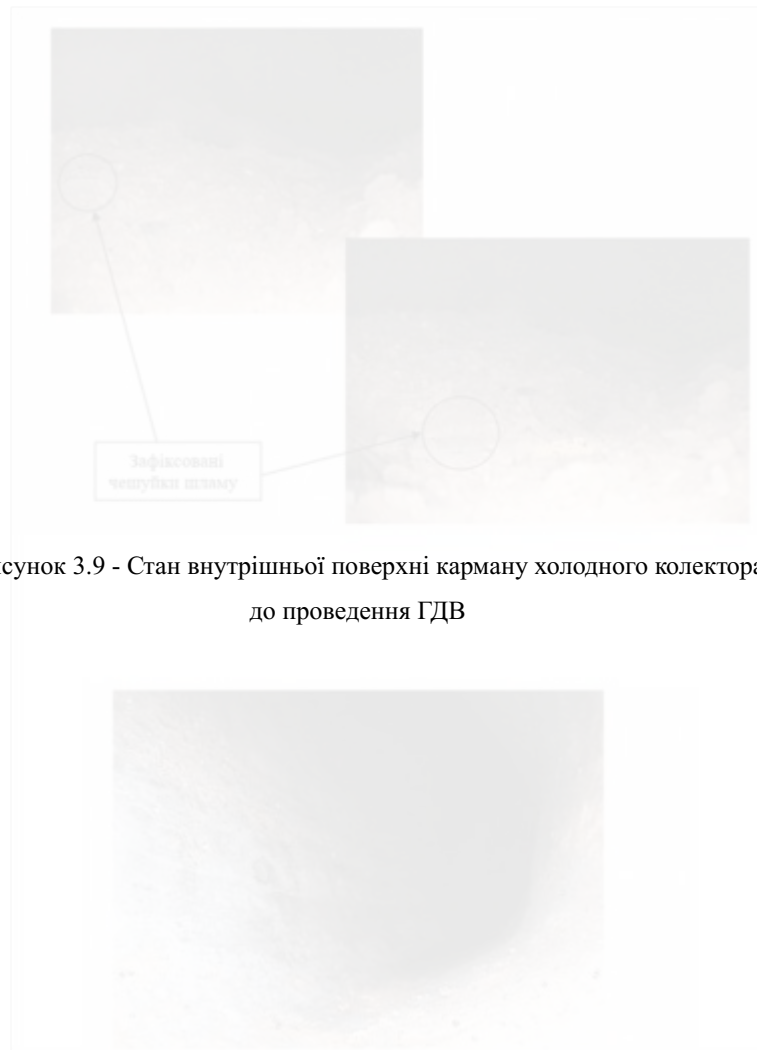


Рисунок 3.9 - Стан внутрішньої поверхні карману холодного колектора ПГ до проведення ГДВ



Рисунок 3.10 - Стан внутрішньої поверхні карману холодного колектора ПГ після проведення ГДВ

3.5 Аналіз проведення моделювання періодичної продувки парогенератора та способи недопущення зашламування карманів колектора

Було проаналізовано моделювання періодичної продувки карманів ПГ [3]. Математична модель системи трубопроводів періодичної продувки було побудовано за допомогою програмного пакету ANSYS CFX.

Створення розрахункової моделі та виконання розрахунків у ANSYS CFX складається з наступних етапів:

- Побудова твердотільної геометрії;
- Побудова кінцево-елементної сітки;
- завдання параметрів робочого тіла та граничних умов, підключення необхідних рівнянь на вирішення завдання;
- запуск процесу вирішення;
- Перегляд результатів рішення та оформлення вихідних даних у необхідному вигляді.

На створеній математичній моделі вирішувалися такі завдання:

1. Моделювання течії рідини при включеній періодичній продувці лише карманів колекторів (арматура RY11S15 закрита) з загальною витратою 20 т/год.
2. Моделювання течії рідини при включеній періодичній продувці карманів колекторів та нижній утворюючій ПГ (арматура RY11S15 закрита) із загальною витратою 20 т/год.
3. Моделювання течії рідини при прогріві ліній тільки карманів колекторів (арматура RY11S15 закрита) із загальною витратою 2 т/год.
4. Моделювання течії рідини при прогріві ліній карманів колекторів та нижньої утворюючої ПГ (арматура RY11S15 закрита) із загальною витратою 2 т/год [3].

Дана модель показала, що ефективність періодичної продувки залежить від витрати продувки. Достатня швидкість у самому трубопроводі важлива з погляду виключення засмічення трубопроводу продуктами корозії.

Під час роботи періодичної продувки йде змив не щільно зчеплених з поверхнею металу великих частинок шламу зі стінок трубопроводу та зони безпосередньо прилеглої до врізки трубопроводу в карман. Після виведення шламу в продувній лінії встановлюється досить стабільна мала концентрація нерозчинених домішок, які поводяться як розчинені домішки.

При цьому на ефективність видалення шламу впливає витрата продувки, а отже швидкість в трубопроводах. За допомогою побудованої математичної моделі було визначено швидкості за довжиною трубопроводу. Для забезпечення надійної промивки трубопроводу від осідаючих продуктів корозії швидкість у горизонтальній ділянці трубопроводу продування має становити не менше 1,8 м/с.

Розглянута математична модель виконувалась при умові чистоти карманів колекторів. А отже, при експлуатації ПГ при накопичуванні відкладень швидкість буде меншою 1,8 м/с, що, в свою чергу, буде погіршувати ефективність продувки.

Тому автором [3] було запропоновано вирішення цієї проблеми. А саме, для збільшення витрати продувки карманів, а також недопущення зворотної течії продувальної води, підвищення ефективності продувки, запобігання «зашламування» карманів необхідно встановити запірно-регулюючий клапан на кожен лінійний періодичної продувки з карманів колекторів ПГ (всього 4 шт.) (рис 3.11 [3]).

За допомогою встановлених ЗРК можна регулювати витрату і вести періодичну продувку по черзі, спочатку з карманів гарячого, потім з карманів холодного колектора.

Для підвищення ефективності продувки було запропоновано зміну регламенту. Відповідно до регламенту Балаківської АЕС (на Хмельницькій АЕС також, згідно регламенту, періодична продувка триває 1 годину) неефективно 1 годину вести періодичну продувку парогенератора. Необхідно виконувати періодичну продувку ПГ на БалАЕС таким чином:

- 30 хв. – кармани гарячого колектора;
- 30 хв. – кармани холодного колектора;
- 30 хв. – кармани гарячого колектора та нижня утворююча ПГ;
- 30 хв. - кармани холодного колектора і нижня утворююча ПГ [3].

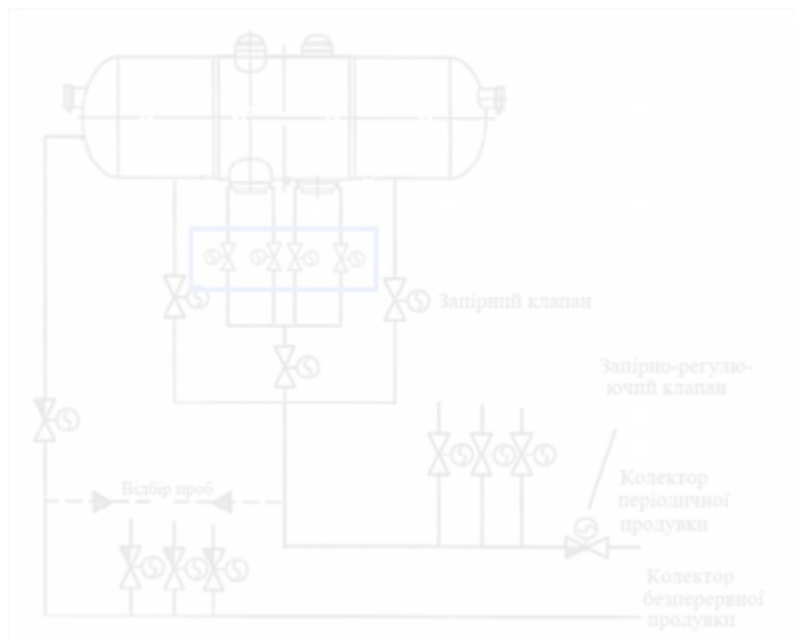


Рисунок 3.11 - Установка чотирьох запірно-регулюючих клапанів у систему періодичної продувки

Даний регламент дозволить здійснювати продувку кармани з великою витратою, збільшить прохідність кожного з паралельно включених трубопроводів, дозволить більш ефективно продувати кармани, а отже, ефективніше виводити нерозчинені домішки з кармани парогенератора – зон локального концентрування домішок, тим самим знижуючи пошкоджувальність металу та підвищуючи експлуатаційну надійність парогенератора.

3.6 Удосконалення технології хімічної промивки

Як було вже зазначено, чистота карманів колекторів ПГ впливає на загальну ефективність та безпечність парогенератора і АЕС в цілому. А отже, необхідно підтримувати чистоту карманів у всіх режимах експлуатації АЕС. Важливо

слідкувати за чистотою карманів не тільки під час роботи на номінальній потужності, але під час пуску, зупину енергоблока або процесу дренажування.

Хімічна промивка ПГ проводиться для видалення накопичених відкладень за рахунок переведення цих відкладень з нерозчинного до розчинного стану. Удосконалення технології хімічної промивки можливе за допомогою подачі стисненого повітря системи 1UT в кармани по тракту, який не входить до складу дренажного колектора.

Подача стисненого повітря під час дренажування ПГ дозволить провести оптимізацію процесу хімічної промивки ПГ за рахунок скорочення загального часу промивки, а подача повітря у кармани колекторів через трубопроводи системи продувки ПГ незалежно від колекторів дренажу дозволить реалізувати недопущення зашламування карманів колекторів ПГ.

3.7 Висновки зі спецпитання

У розділі спеціального питання було проведено аналіз методів видалення шламових відкладень з карманів парогенератора ПГВ-1000М. Для забезпечення надійної роботи парогенератора на АЕС необхідно вчасно видаляти шламові відкладення. Наразі на АЕС, для боротьби з відкладеннями у карманах використовують систему періодичної продувки карманів та хімічну промивку парогенератора. Ці методи не є досконалими.

Для покращення хімічної промивки запропоновано забезпечити подачу стисненого повітря під час дренажування ПГ. Це дозволить провести оптимізацію процесу хімічної промивки ПГ за рахунок скорочення загального часу промивки, а подача повітря у кармани колекторів через трубопроводи системи продувки ПГ незалежно від колекторів дренажу дозволить реалізувати недопущення зашламування карманів колекторів ПГ.

В роботі було розглянуто та запропоновано використовувати так звану гідродинамічну промивку та локальну хімічну промивку, що дозволить підвищити ефективність процесів хімічного розчинення та виведення відкладень.

Проаналізовано моделювання періодичної продувки парогенератора та запропоновано такі зміни:

1. для збільшення витрати продувки карманів, а також недопущення зворотної течії продувальної води, підвищення ефективності продувки, запобігання зашламування карманів необхідно встановити запірно-регулюючий клапан на кожну лінію періодичної продувки з карманів колекторів ПГ;
2. для підвищення ефективності продувки слід змінити регламент роботи системи періодичної продувки.

Ці зміни дозволять підвищити загальну ефективність боротьби зі шламовими відкладеннями.

Перелік посилань

3. Ануркин Р.П. —Повышение эксплуатационной надежности парогенератора ПГВ-1000М на основе теоретического и натурального исследований способов снижения повреждаемости в локальных зонах концентрирования примесей. Дисс. канд. техн. наук. – Москва, 2014 г.
4. Левчук В.И. — Расчетно-экспериментальный анализ влияния термосиловых воздействий на повреждение узла приварки коллектора теплоносителя к корпусу парогенератора ПГВ-1000М. Дисс. канд. техн. наук. – Москва, 2015 г.
5. Инструкция по эксплуатации. Система продувки парогенератора. №1РЦ.0072.ИЭ-14 - Нетешин, Хмельницкая АЭС,46 стр.
6. Харченко С.А. Исследование повреждений и разработка способов обеспечения работоспособности узла присоединения коллектора теплоносителя к корпусу парогенератора АЭС с ВВЭР-1000. Дисс. канд.техн.наук. – Подольск, 2012г

Совпадения

Источники из Интернета 10

5 <https://disser.uz/povyshenie-jekspluatacionnoj-nadezhnosti-parogeneratora-pgv-1000m-na-osnove> 5 источников 0.8%

6 <https://rusist.info/book/11220236> 5 источников 0.8%

Источники из Библиотеки 4

1 TYa81mp-TitovAS-thesis-2019-2 ID файла: 1000787295 Учебное заведение: National Technical University of Ukrai... 10.9%

2 TYa91mp-OmelchukEO-thesis-2020 ID файла: 1005661140 Учебное заведение: National Technical University of U... 6.29%

3 TYA91mn-MyronenkoMO-diploma-2021 ID файла: 1007842757 Учебное заведение: National Technical University ... 2.58%

4 TYa71mp-SavchukYS-thesis-2018 ID файла: 8393613 Учебное заведение: National Technical University of Ukraine... 1.93%