

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І  
АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

Неруйнівний контроль котлоагрегату ПТВМ-180

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_Копич Віктор Іванович\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові з добовою повністю)

Київ 2024р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувачка кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

\_\_\_\_\_ Неруйнівний контроль котлоагрегату ПТВМ-180 \_\_\_\_\_

(назва)

Виконав \_\_\_ Копич Віктор Іванович \_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ 144 Теплоенергетика \_\_\_\_\_

(спеціальність)

\_Енергетичний менеджмент енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

(освітня програма)

Група ТЕ-22м \_\_\_

Керівник Барановська С.В. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_доцент, канд. техн. наук \_\_\_\_\_

(вченезвання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 144 Теплоенергетика

Освітня програма: Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

### ЗАВДАННЯ

## ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НАЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ магістра

(бакалавра, магістра)

Копич Віктор Іванович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Неруйнівний контроль котлоагрегату ПТВМ-180  
затверджена наказом ректора КНУБА № 759/2 від «10» травня 2024 року

2. Керівник роботи

Барановська Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, доцент

( прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання) 3. Строк подання

здобувачем роботи до захисту 18.06.2024р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Характеристика об'єкту реконструкції ПТВМ -180

Р. 2 Вхідні данні котла та розрахунок його продуктивності

Р. 3. Причини виникнення дефектів та вплив на ефективність експлуатації

Р. 4. Дослідження стану складових котлоагрегату

Р. 5. Усунення виявлених недоліків та пошкоджень

Р. 6. Методика досліджень ( металографія узд, узт.)

5.Графічнийматеріал за розділами

Р. 1. Котел ПТВМ-180 (Фронт, боковий).

Р. 3. Пошкодження

Р. 4 Прилади для проведення неруйнівного контролю. Дослідження мікроструктури металу.

Р. 5.Пошкоджені поверхні нагріву ( екрани).

Календарний план виконанняроботи:

Видиробіт та їхзміст	Дата виконання
Розділ 1. Характеристика об'єкту реконструкції ПТВМ -180	10.03.24
Розділ 2. Вхідні данні котла та розрахунок його продуктивності	15.03.24
Розділ 3. Причини виникнення дефектів та вплив на ефективність експлуатації	07.04.24
Розділ 4. Дослідження стану складових котлоагрегату	25.04.24
Розділ 5 Усунення виявлених недоліків та пошкоджень	08.05.24
Розділ 6 . Методика досліджень ( металографія узд, узт.)	30.05.24
Направленняроботи для перевірки на плагіат	14.06.24

Консультантирозділівкваліфікаційноїроботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5			

Дата видачі завдання : 07.03.2024р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Кириченко М.А  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Барановська С.В. підпис)  
(прізвище, ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_ Копич В.І. (підпис)  
(прізвище, ініціали)

## Зміст

	Стор.
ВСТУП	6.
Розділ 1. Характеристика об'єкту реконструкції ПТВМ -180	12.
РОЗДІЛ 2. Вхідні данні котла та розрахунок його продуктивності	30
Розділ 3. Причини виникнення дефектів та вплив на ефективність експлуатації.	34
Розділ 4. Дослідження стану складових котлоагрегату	40
Розділ 5. Усунення виявлених недоліків та пошкоджень	48
Розділ 6. Методика досліджень (металографія узд, узт.)	85
Література	93

## Вступ

Теплова енергетика України — енергетика, яка ґрунтується на перетворенні тепла на (переважно) механічну та електричну енергію.

Для перетворення тепла на механічну енергію застосовують теплосилові установки, до основної частин яких належать теплові двигуни. Одержана в них механічна енергія може приводити в дію робочі машини різних видів або електромеханічні генератори, які виробляють електричну енергію.

Енергетика область господарсько-економічної діяльності людини, сукупність великих природних та штучних підсистем, що служать для перетворення, розподілу та використання енергетичних ресурсів усіх видів. Її метою є забезпечення виробництва енергії шляхом перетворення первинної, природної енергії у вторинну, наприклад, в електричну або теплову енергію. При цьому виробництво енергії найчастіше відбувається у кілька стадій:

- отримання та концентрація енергетичних ресурсів, прикладом може послужити видобуток, переробка та збагачення ядерного палива;
- передача ресурсів до енергетичних установок, наприклад, доставка газу, вугілля, мазуту на теплову електростанцію;
- перетворення за допомогою електростанцій первинної енергії у вторинну, наприклад, хімічної енергії вугілля в електричну та теплову енергію;
- передача вторинної енергії споживачам, наприклад, по лініях електропередачі

Україна має значні запаси кам'яного вугілля (Донецький та Львівсько-Волинський басейни) і бурого вугілля (Дніпровський басейн); невеликі родовища нафти і природного газу розташовані в Прикарпатті і на північному сході країни. Ці енергетичні ресурси можуть використовували на ТЕС, (Вуглегірська, Криворізька, Бурштинська, Змієвська, Курахівська і інші). На Дніпрі побудований каскад ГЕС (Каховська, Дніпровська, Канівська, Київська тощо). В середньому до 55% електроенергії в Україні генерували АЕС (Рівненська, Хмельницька, Запорізька, Південно-Українська) на період до початку повномасштабного вторгнення. Власні паливні ресурси забезпечують лише 58 % потреб України, інша їх частина, імпортувалась (головним чином з Російської федерації і Туркменістану). Даними Укрстату, кінцеве споживання палива й енергії у 2020 склало 47,8 млн т нафтового еквіваленту (одиниця виміру енергії, яку зазвичай застосовують для порівняння використання великої кількості енергії з різних джерел). Це на 3,7% менше, ніж у 2019 і на 35,5% менше, ніж у 2010. У 2020 серед основних джерел енергії найбільшою залишалась частка природного газу – 27,6%, частка електроенергії складала 20,4%, сирої нафти та нафтопродуктів – 20,3%. При цьому частка споживання газу у 2020 збільшилася на 0,5 % порівняно з 2019 роком, і зменшилась на 10,8% порівняно з 2010. Також зменшилася частка споживання теплової енергії – на 1,9% порівняно з 2010, але не значно зросла порівняно з 2019 – на 0,5%. Частка споживання електроенергії натомість зросла у 2020 на 0,2% порівняно з 2019 і на 4,8% порівняно з 2010. Також зросла частка кінцевого споживання біо-палива – втричі, порівняно з 2010, та нафти – на 3,8%, порівняно з цим же періодом. Частка споживання вугілля та торфу упродовж 10 років зберігалася на відносно однаковому рівні.

## Початок повномасштабного вторгнення.

Росія продовжує завдавати ударів по енергетичних об'єктах України. У результаті енергосистема нашої країни зазнала великих пошкоджень та руйнувань.

Внаслідок атак, які відбулися за останні 2 роки, виробництво електроенергії в Україні у 2024 році зменшилося приблизно на половину, оскільки частина станцій пошкоджена або зовсім зруйнована. Зокрема, виведено з ладу дві гідроелектростанції, знищено 80% генерації ДТЕК, а також всю генерацію Центренерго. Великі руйнування вимагають стратегічних змін у структурі енергосистеми.

Виробництво та постачання електроенергії в Україні та які наслідки будуть через її руйнування.

Енергосистема в Україні має розгалужену структуру. До генеруючих потужностей відносяться атомні (АЕС) та гідроелектростанції (ГЕС), здебільшого, вони перебувають у державній власності. А також теплові електростанції (ТЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Основним органом управління є компанія Укренерго, яка забезпечує доставлення енергії розподільчим компаніям.

У 2021 році Україна наростила виробництво електроенергії на 5,2% (до 158,4 млрд кВт.год). Більш ніж половина електроенергії (до війни і зараз) виробляє атомна генерація – 54,4%.

На частку теплових електростанцій до повномасштабного вторгнення приходилося до 45% від загального обсягу виробництва електроенергії. Виробництво електроенергії в Україні відбувалося на 15 ТЕС (дві перебувають на окупованій території).

Станом на зараз, у результаті постійних ударів по енергосистемі України зі сторони Росії, пошкоджено або зруйновано всі українські ТЕС. За даними Укренерго, зараз їхня частка у виробництві електроенергії сягає лише 5%.

Теплоелектроцентралі у 2021 році виробили 6,4% електроенергії. Але, за останніми даними, внаслідок російських атак було знищено 80% ТЕЦ.

Загалом теплові станції та централі до початку військових дій давали близько 34 ГВт енергії на рік. Потужності станцій в 4 рази перевищували потужності централей, це 27,7 ГВт проти 6,5 ГВт.

Генерація електроенергії відбувається на атомних електростанціях (АЕС), ГЕС (гідроелектростанціях), ГАЕС (гідроакумулювальна електростанція), ТЕС, ТЕЦ, а також за допомогою альтернативних джерел.

Після генерації електроенергія потрапляє в єдину мережу, по якій вона доходить до споживача. Локальні мережі з'єднані між собою через підстанції.

До повномасштабного вторгнення Росії на територію України генерація електроенергії відбувалася:

на атомних станціях, АЕС – понад 50%;

на гідроелектростанціях, ГЕС – до 7%;

на гідроакумулювальних електростанціях, ГАЕС.

До військових дій об'єкти теплової генерації ТЕС та ТЕЦ забезпечували близько третини електроенергії. Основна ж частина електроенергії вироблялася трьома АЕС.

Найбільшими постачальниками електричної енергії були:

Добротвірська, Курахівська, Бурштинська, Ладизинська, Криворізька,

Придніпровська, Запорізька (Енергодар), Луганська (Щастя) та Зуївська ТЕС

(останні три ТЕС перебувають в окупації) – належать ДТЕК;

Зміївська, Трипільська, Вуглегірська (в окупації) ТЕС – належать Центренерго;

Кременчуцька, Канівська, Київська ГЕС та Київська ГАЕС, Дністровська ГЕС та ГАЕС, Дніпровська ГЕС-1 та ГЕС-2, Каховська ГЕС (останні три були зруйновані) – належать Укргідроенерго;

Хмельницька, Південноукраїнська,

Рівненська, та Запорізька АЕС (остання перебуває в окупації).

Наразі виробництво та постачання електроенергії в Україні дуже складне. Тривають ремонтні та відновлювальні роботи, через це було запроваджено графіки відключення світла.

Проте, Енергоатом все ж таки планує збільшити обсяги виробництва електроенергії у 2024 році. Починаючи з 2023 року, компанія активно збільшує виробництво електроенергії на атомних електростанціях (АЕС) на підконтрольних територіях України. До кінця року заплановано згенерувати на 1,2 млрд кВт·год більше, ніж минулого року, – вказано у повідомленні компанії Енергоатом.

В Україні розроблено значну кількість новітніх енергозберігаючих технологій, які здатні здійснити прорив у підвищенні ККД котельних установок за рахунок проведення короткотермінових та мало затратних модернізацій їх важливих складових елементів.

Наприклад: науковців КПІ Ім. Ігоря Сікорського стосовно впровадження нової універсальної мікрофакельної технології газоспалювання у енергетичні котли паливоспалювальні пристрої-пальники дозволяють успішно вирішити вказане вище питання з отриманням комплексного позитивного ефекту.

На даний момент енергетична галузь України знаходиться у стані вирішення комплексу проблем, пов'язаних із наявністю значної кількості фізично та морально застарілого обладнання, введення нових енергетичних потужностей в Україні ведеться повільними темпами, оскільки великих коштів, потрібних для цього, енергетичні компанії не мають, а державні дотації невеликі. В цих умовах важливою є задача підтримання у роботоспроможному та

безпечному для експлуатації стані енергетичного устаткування, у тому числі і таких важливих агрегатів у складі ТЕС та ТЕЦ як котли.

Актуальним питанням стає

визначення та покращення екологічних показників експлуатації котлів [1,2] за рахунок застосування новітніх енерго- та ресурсозберігаючих технологій, устаткування та пристроїв власного українського виробництва.

У традиційних теплоелектростанціях паливо спалюється в топці парового котла, нагріваючи і перетворюючи на пару живильну воду, що прокачується всередині котла в спеціальних трубках (водотрубний котел). Отримана перегріта пара з високою температурою (до 400—650 градусів Цельсія) та тиском (від одиниць до десятків МПа) подається через паропровід у турбогенератор — суміщені парову турбіну та електрогенератор. У багатоступінчастій паровій турбіні теплова енергія пари частково перетворюється на механічну енергію обертання валу, на якому встановлено електричний генератор. У ТЕЦ частину теплової енергії пари також використовують у мережевих підігрівачах.

Енергетика є одним із тих секторів світової економіки, зміни в яких необхідні, щоб уникнути неприйнятних наслідків глобального потепління. Оцінки енергоінфраструктури на основі глобального емісійного бюджету CO<sub>2</sub> показують, що після 2017 року у світі не повинні вводитися в дію нові електростанції, що працюють на викопному паливі.

# Розділ 1. Характеристика об'єкту реконструкції

## ПТВМ -180

### 1.1. Характеристика котла ПТВМ-180

Теплофікаційний водогрійний газомазутний котел ПТВМ-180 теплопродуктивністю 180Гкал/год. Має вертикальний тип, радіаційний, прямоточний, водотрубний, із примусовою циркуляцією та обладнаний 20-ма штатними газо-мазутними пальниками вихрового типу з особистими дуттьовими вентиляторами типу Ц-13-50 номер 5. Підігрів здійснюється в калориферах перед дуттьовими вентиляторами.

Зміна теплопродуктивності котла здійснюється кількістю працюючих пальників при постійній витраті води і змінному температурному перепаді. Котел повністю автоматизований. Необхідний діапазон регулювання складає 30%-100% від номінальної потужності. Зміна навантаження на котел здійснюється за рахунок зміни температури води, витрата якої підтримується постійною.

#### **основні технічні дані:**

Теплова продуктивність -180 [Гкал/год] = 209.34 МВт

Робочий тиск 10-25 [кгс/см<sup>2</sup>]

Температура води на вході, °С:

-на газу - 70°С.

-на мазута - 104°С.

Температура води на виході - 150 °С

Максимальна витрата води - 3860 т/год

Мінімальна витрата води - 3860 т/год.

Гідравлічний опір - 21,06кгс/см<sup>2</sup>

ККД котла при номінальному навантаженні  
(брутто):

-на газі—95%

-на мазуті—91%

Витрата палива, т/год:

на мазуту - 22,3

на газу - 25,3

Температура газів, що йдуть, °С:

на мазуту - 225

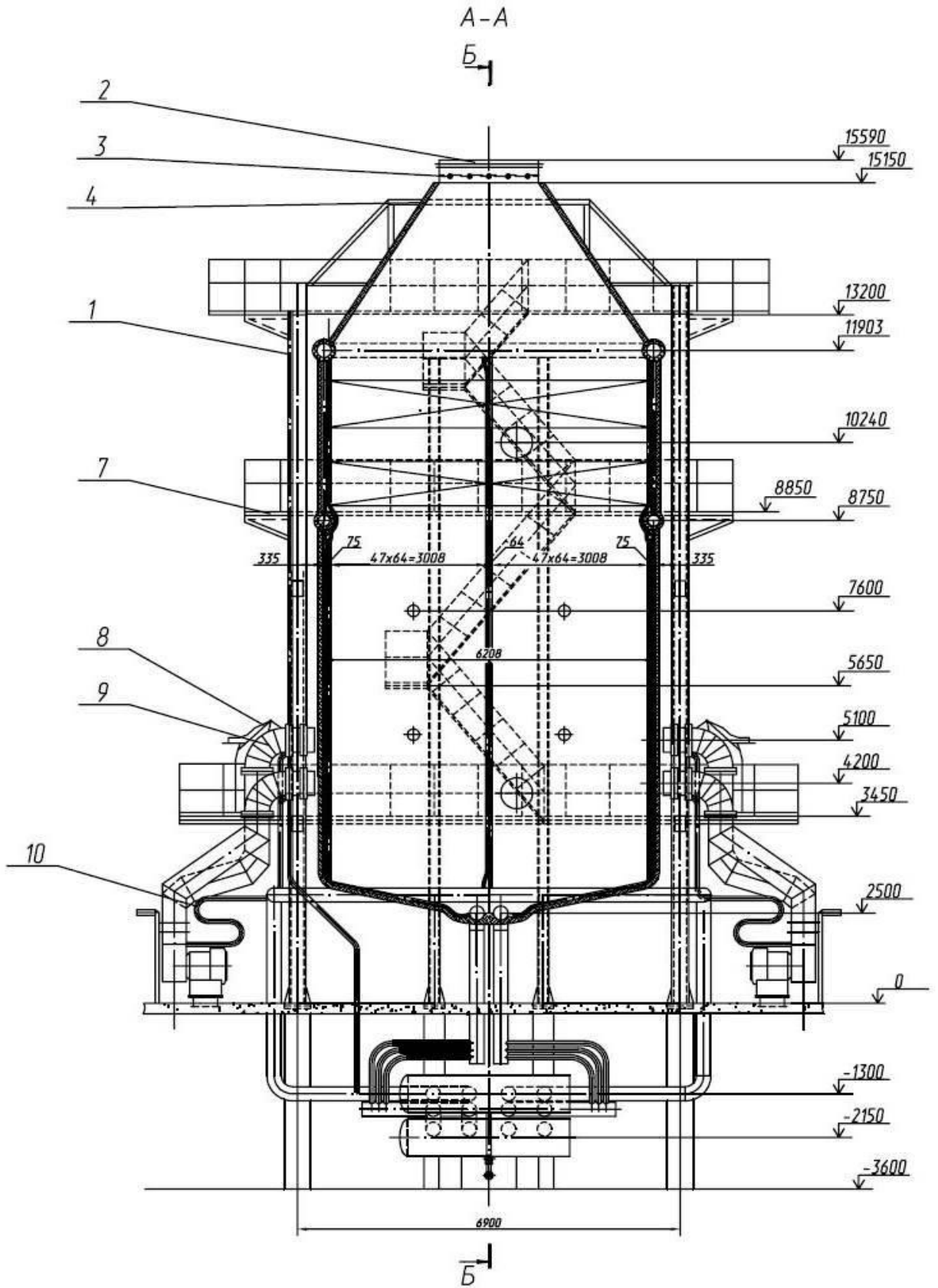
на газу - 210

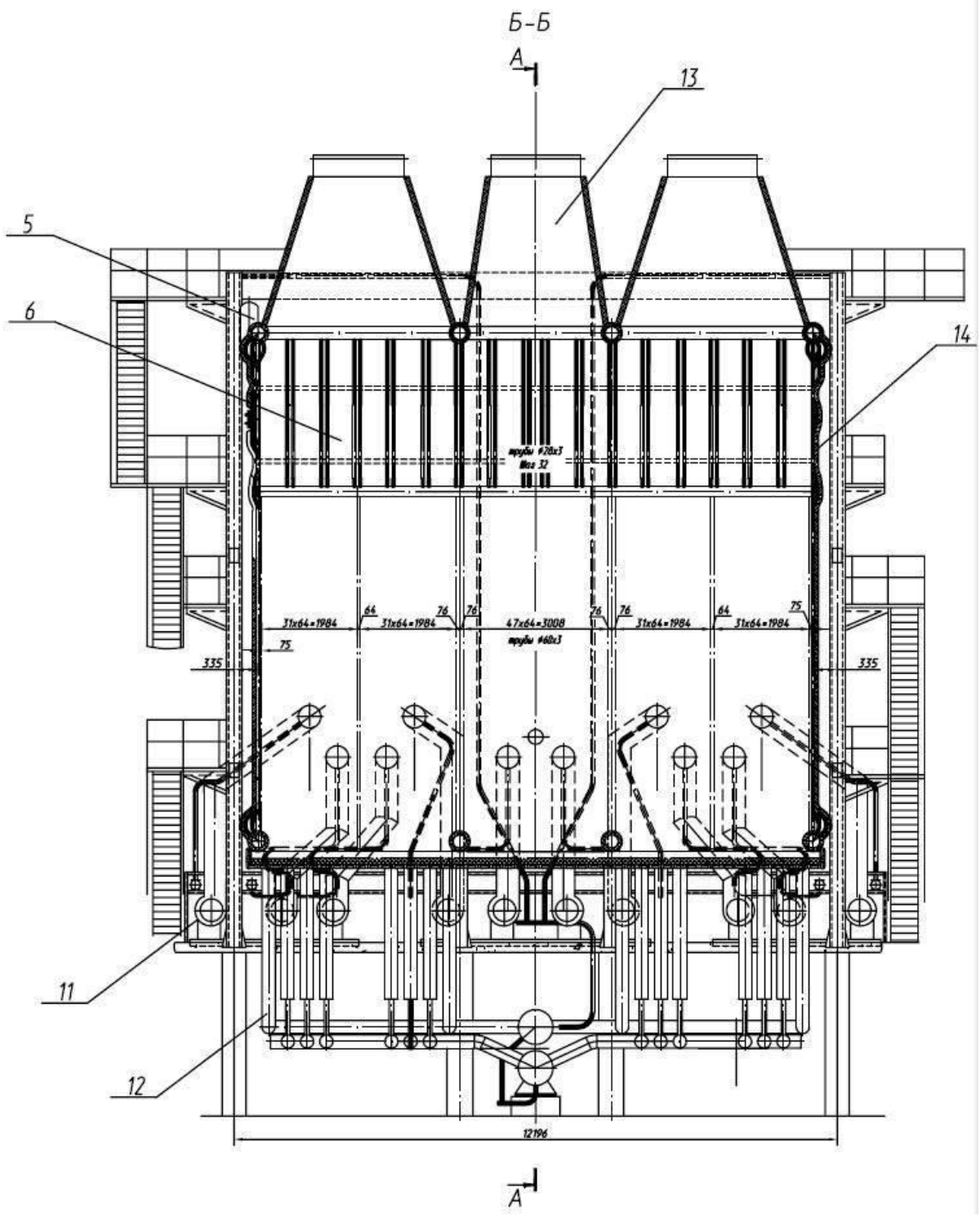
Допускається робота котла с

підігрівом води від 120 °С до 180. При цьому: робочий

тиск повинен бути 22 кгс/см<sup>2</sup>, при витраті води через котел  $\approx$  3000 т/год.

## **1.2. Конструкція котла ПТВМ-180.**





### **1.2.1. Конвективна частина.**

V - подібні змійовики з труб діаметром 28x4 мм, вварені своїми кінцями в колектор діаметром 89x6 мм утворює секцію. Конвективна частина складається з 176 секцій. Змійовики розташовані в шаховому порядку з кроком довжиною 64 мм і 33 мм. Труби змійовиків кожної секції зварюються в 4-х місцях вертикальними дистанційними планками, утворюючи жорстку форму. По ходу газів конвективна частина розділена на два пакети, зазор між якими складає 600 мм. Поверхня нагріву конвективної частини котла 5500 мм<sup>3</sup>.

### **1.2.2. Обмуровування.**

Обмуровування котла полегшена, надтрубного типу з мінераловатних плит з кріпленням їх до натрубної обшивки. Обмуровування виконана з мінеральної вати у вигляді матраців в металевій магnezійній обмазці, яка забезпечує гідроізоляцію поверхні котла від атмосферних опадів. Загальна товщина обмурівки 115 мм.

### **1.2.3. Топкова камера**

Топкова камера призначена для спалювання високосірчистого мазуту (понад 2% сірки) і природного газу. Стіни топкової камери повністю екрановані трубами діаметром 60x4 мм з кроком 64 мм. Труби екранів сполучені між собою двома горизонтальними поясами жорсткості. Об'єм топкової камери - 461 м<sup>3</sup>  
Ефективна поверхня топкової камери котла 179 м<sup>3</sup>  
Топкова камера розділена на три частини двома двосвітними екранами.

### **1.2.4. Схема циркуляції.**

Вода від колектора з температурою 104°C або крім мереж від зворотної магістралі тепломережі, подається мережевими насосами в камеру діаметром 720x12 мм. сталь 20, встановлену на відмітці 2,5 м. З неї по 8 трубам діаметром 273x4 ст. 20

### **1.2.5. Каркас.**

Каркас котла складається з 4-х плоских рам загальною висотою 13,2 м, з розмірами в плані 6900x12196 мм по осях колон. Кутові колони є загальними для двох рам, що примикають один до одного в кутках. На верхній відмітці розташовані вантажні ригелі рам і несучі балки стелі, до яких за спеціальну тягу підвішується увесь котел. Для надання загальній просторовій жорсткості всій конструкції використовуються помости, що оперезають каркас на трьох відмітках.

### **1.2.6. Повітропідігрівник котла.**

Для підігріву повітря до плюсових температур при негативних температурах зовнішнього повітря (в зимовий час) на котлах ПТВМ-180 змонтовані повітропідігрівачі (Калоріфер). Попередній підігрів повітря необхідний для виключення обмерзання дутьових вентиляторів та обмеження їхнього напору до продуктивності.

Повітропідігрівачі встановлені на всмоктуванні дутьових вентиляторів поза приміщенням котельні. Калорифери виконані з конвективних поверхонь нагрівання котлів, що відпрацювали свій термін ПТВМ-180. Секції складаються з V-подібних змійовиків із труб діаметром  $\text{Ø}28 \times 4$  мм. Вварені своїми кінцями в колектор діаметром 894 мм. Як гріюче середовище використовується мережева вода, що подається із магістралі тепломережі до ПТВМ. Скидання мережної води здійснюється у трубопровід мережної води після ПТВМ. Включення в роботу калориферів повинно здійснюватися при зниженні зовнішньої температури повітря до  $0^\circ\text{C}$  та на всьому діапазоні мінусових температур перед розпалюванням котла (до включення дутьових вентиляторів). При знаходженні котла в резерві в зимовий час, через калорифери повинна бути забезпечена протока мережної води з таким розрахунком, щоб унеможливити попадання холодного повітря (з мінусовою температурою) в топку котла та перемерзання

калориферів

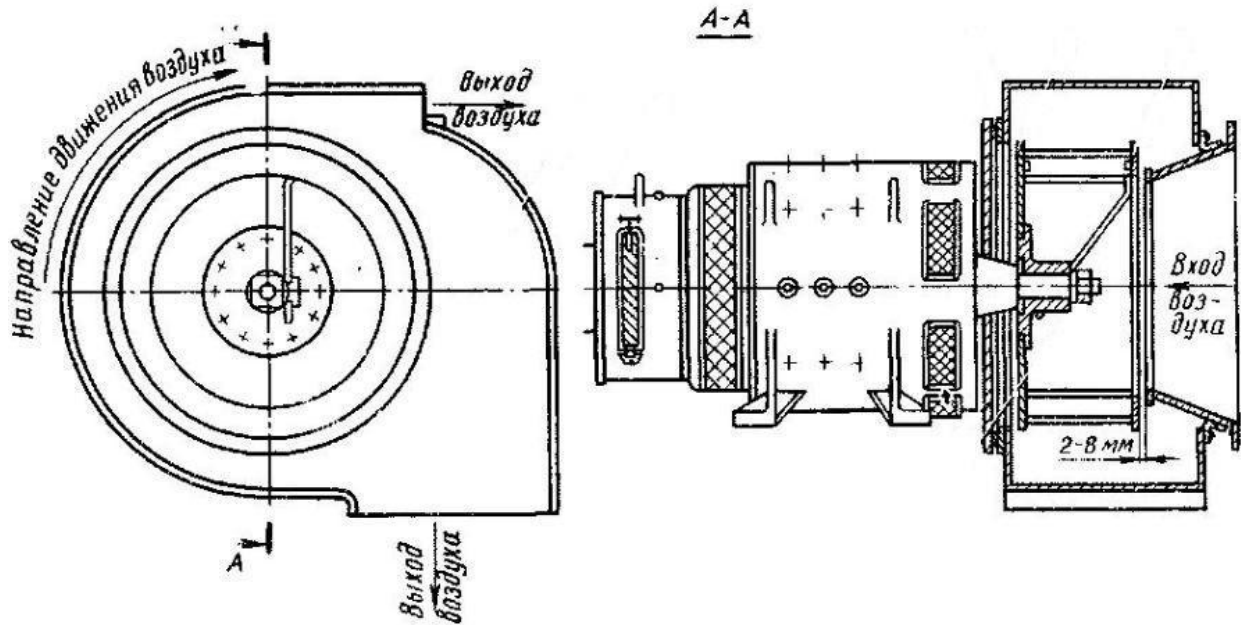


Рис. 1.3. Дутьовий вентилятор.

**Основні технічні дані газових пальників встановлених на ПТВМ-180**

ПТВМ-180	1	2	3
Тип пальника	ГДС-180	ГДС-180	ГДС-180
Продуктивність, $\text{нм}^3/\text{год}$	930	970	1300

Пальник типу ГПТТ : 8 шт

Пальник типу ГДС: 12 шт

Котлоагрегат ПТВМ-180  
Права-бокова сторона

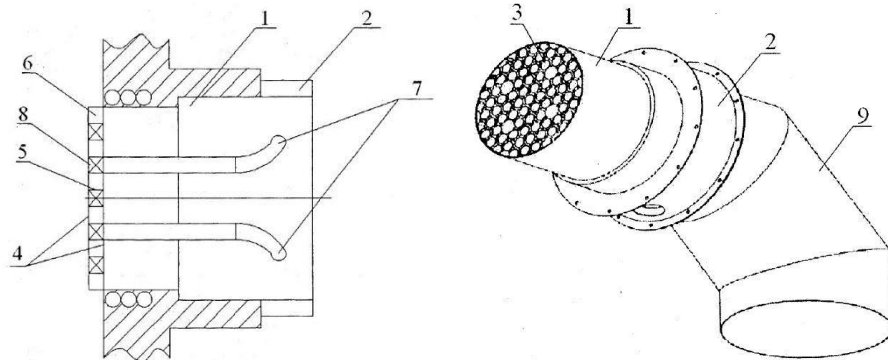


Рис. 1.2. Схема пальника типу ГПТТ-9

Рис. 1.3. Схема пальника типу ГДС-180

Конструкція пальника передбачає периферійне підведення газу та механічне розпилення мазуту. Топки котлів оснащені не менш ніж шістьма пальниками з дистанційними за місцем керованими запально-захисними пристроями. На всіх пальниках передбачено можливість застосування «ручного» запальника.

### **1.3. Обслуговування котла у процесі експлуатації.**

1. При прийманні зміни машиніст котла ПТВМ-180 повинен особисто перевірити положення вентилів та засувки на газопроводах котла, ретельно оглянути котел, звернути увагу на роботу приладів, технологічних захистів, блокувань, сигналізацій та автоматики на котлі, оглянути топку котла, звертаючи увагу на відсутність течій.
2. Систематично спостерігати за процесом горіння газу та мазуту. Домагатися, щоб смолоскип рівномірно заповнював топку і не потрапляв у конвективну частину, при цьому кінець факел має бути прозорим і без димових язиків.
3. Підтримувати режим горіння відповідно до режимної картки. При появі чорного диму необхідно перевірити роботу вентиляторів та положення повітряних шиберів, тиск газу чи мазуту, роботу мазутних форсунок. Розмір коефіцієнта надлишку повітря за котлом має перевищувати 1,25.
4. Слідкувати, щоб горіння газу не відбувалося в амбразурі пальників і не допускати нагрівання повітряних коробів пальників, а також стежити за нормальним розпилем мазуту з форсунки.
5. Слідкувати, щоб газ та мазут не просочувалися через непрацюючі пальники.
6. Стежити за нормальним станом обмуровки та ізоляції котла, щільністю газоповітряного тракту.

7. Захист на працюючому котлі повинен бути постійно увімкнений.

8. Стежити за справною роботою КВП та А, систем зв'язку, основного та аварійного освітлення.

9. Стежити за температурою води на виході з котла, не допускати підвищення її вище за 150°C.

При спалюванні сірчистих мазутів температура води на вході в котел повинна бути не нижче 104°C.

11. При спалюванні газу температура води на вході в котел повинна бути не нижче 70°C.

12. Стежити за тиском мережної води. Не допускайте зниження тиску води перед котлом нижче 10 кгс/см<sup>2</sup>. У разі зниження тиску мережної води негайно повідомити начальника зміни КТЦ5 або старшого машиніста КТЦ5.

При зниженні вихідної температури мережної води допускається зменшення надлишкового тиску за котлом із збереженням недогріву середовища до кипіння відповідно до таблиці:

Температура води за котлом, °С	Нижче 120	120-130	більше 130
Тиск води за котлом не нижче, кгс/см <sup>2</sup>	6,0	8,0	10,0

13. Слідкувати за розрідженням до і після шиберів.

14. Підтримувати тиск газу та мазуту перед пальниками згідно з режимною карткою.

Примітка:

У напірних мазутних колекторах котельного відділення повинен підтримуватися номінальний тиск із коливаннями  $\pm 1$  кгс/см<sup>2</sup> незалежно від

роботи котлів на мазуті або лише на газі.

15. Спостерігати за витратою води через котел. При падінні витрати води через котел нижче допустимого, негайно відключити подачу мазуту (газу) до котла. При---

-20-

роботі понад шість пальників витрату води через котел тримати максимально можливою, але не більше 3860 т/год. Забороняється змінювати витрату води через котел під час роботи більше шести пальників.

16. Стежити за системами охолодження всіх без винятку мазутних форсунок, незалежно від того працює чи ні цей пальник.

17. Домагатися економічної роботи котла.

18. Проводити періодичні огляди та за необхідності заміну працюючих форсунок на резервні.

19. Контролювати температуру газів відповідно до режимної карти. У разі підвищення з'ясувати причину та усунути. Налаштувати режим роботи пальників або провести за дозволом начальника зміни КТЦ5 очищення конвективної поверхні.

20. Систематично проводити очищення конвективної поверхні нагріву котла за допомогою системи обмивки та ТХО з метою підтримки температури газів, що відходять, відповідно до режимної карти.

21. Включення додаткових пальників (більше 6-ти розпалювальних) на тому самому виді палива, здійснюється таким чином:

а) переконатися у закритті газової засувки чи мазутного вентиля з ручним керуванням на пальник;

б) поставити ключ управління пальника в положення «паливо». При цьому увімкнеться вентилятор і відкриється повітряний шибер і клапан газу на пальник (шибер і клапан газу працює від одного виконавчого механізму із загальною тягою) або мазутний вентиль на пальник з електроприводом при положенні ключа-перемикача «мазут». Ключ-перемикач виду палива даного пальника повинен бути попередньо поставлений відповідно до виду палива,

що спалюється;

в) поступово відкриваючи газову засувку або мазутний вентиль з ручним керуванням, запалити та включити в нормальну роботу пальник.

Під час подачі палива на пальник через вічко контролювати спалах палива. При розпалюванні пальника потрібно стояти трохи осторонь, т.я. у початковий період займання можлива пульсація топки та вибивання газів з очок та лючків. Додаткові пальники включаються послідовно спочатку нижні, а потім верхні і запалюються безпосередньо від загального факелу топки.

22. Зупинення додаткових пальників проводитиметься в такому порядку:

а) закрити газ чи мазут вручну на пальник. Переконатися у припиненні надходження палива та припиненні горіння;

б) на щиті управління поставити ключ пальника, що зупиняється, в положення «відключено». При цьому зупиниться вентилятор, закриється повітряний шибер та клапан газу, а також мазутний вентиль з електроприводом.

Слід врахувати, що газові клапани на пальники (крім розпалювальних) закриються після зупинки вентилятора незалежно від положення ключа перемикача виду палива. Мазутний вентиль закривається лише у положенні перемикача "мазут".

23. Усі операції, пов'язані з необхідністю підвищення температури, зміни тиску та зміни витрати мазуту на котел, повинні здійснюватися машиністом котла з дозволу начальника зміни КТЦ5 та обов'язковим попереднім повідомленням начальника зміни ТТЦ5.

24. Для нормального розпилення мазуту механічними форсунками в'язкість його має бути не вище 2,5-3,0 °УВ (градусів умовної в'язкості). Мазут буває високо сірчаний  $\geq 2\%$  та мало сірчаний  $\leq 0,5\%$ , та 0,5%  $\leq$  сірчистий  $\leq 2\%$ .

Виходячи з цього,

температура мазуту перед форсунками має бути така:

- для мазута М-40 - 100-120°C;
- для мазута М-100 - 120-135°C.

Розпил мазуту форсунками погіршується при тиску нижче 8-10 кгс/см<sup>2</sup>. З підвищенням тиску розпил покращується незначно, проте збільшується продуктивність форсунки.

Перед встановленням форсунки на котел вона повинна бути перевірена на стенді на нормальне розпилення і протарована на продуктивність.

25. Щозмінно проводити профілактичний огляд котла, допоміжного обладнання, газо- та мазутопроводів; виявлені дефекти фіксувати у журналі дефектів. При появі витоків газу негайно повідомляти начальника зміни КТЦ5, вжити заходів щодо усунення витоків та організувати вентиляцію приміщення.

26. Теплопродуктивність котла для підтримки заданої температури в тепломережі регулювати зміною числа включених пальників, при цьому з фронту та тилу котла повинна бути включена рівна кількість пальників.

27. За наявності на ел. станції природного газу та мазуту необхідно спалювати їх по черзі з метою підсушування відкладень та видалення з них кислоти.

28. Зниження витрати мережної води до мінімальної (3000 т/год) допускається лише зі зниженням теплопродуктивності котла до 0,8 номінальної та нижче.

29. При збільшенні опору водяного тракту котла в 1,5 рази порівняно з експлуатаційною чистим станом або за наявності внутрішніх відкладень у трубках понад 100 г/м<sup>2</sup> необхідно провести хімічне очищення поверхонь нагрівання котла.

30. При експлуатації котла необхідно дотримуватися таких норм якості мережної води:

- розчинений кисень, мг/л	0,02
- вільна вуглекислота, мг/л	відсутній
- залізо, мг/л	0,5
- вважені речовини, мг/л	1,0
- щільність по фенолфталеїну, мг*екв/л	0,1-0,5
- значення рН	8,3-9,5
- карбонатний індекс, мг*екв/л	0,8

31. Відомості про всі операції, що проводяться на котлі та допоміжному устаткуванні, необхідно заносити до оперативного журналу.

32. Приймання-здавання зміни при аварійних ситуаціях не допускається.

#### **1.4. Контрольно-вимірювальні прилади та автоматика**

Водогрійний котел забезпечений такими приладами КВП:

- Показують:

- а) розрідження у топці котла;
- б) тиск мережі до котла;
- в) тиск мережі після котла;
- г) температуру мережної води після котла;
- д) тиск газу за регулюючим клапаном;
- е) температуру мазуту;
- ж) тиск мазуту у напірних магістралях;
- з) тиск мазуту на котел;
- і) витрата мережної води через котел;
- к) тиск газу перед кожним пальником;
- л) тиск мазуту перед форсунками;
- м) тиск повітря перед кожним пальником.

- Реєструючими:

- а) тиск газу у загальному колекторі;
- б) витрати газу на котел
- в) температуру мережної води до та після котла;
- г) температуру газів, що йдуть;
- д) витрата мазуту на котел;
- е) витрата мазуту на рециркуляцію;
- ж) витрата мережної води;
- з) вміст кисню в газах, що йдуть;
- і) тиск мазуту в мазутопроводі до котла;
- к) тиск газу в газопроводі до котла;
- л) гідравлічний опір котла.

- Дистанційного керування:

- а) загальною газовою засувкою на котел;
- б) засувкою на мазутній магістралі А;
- в) засувкою на мазутній магістралі Б;
- г) регулюючим клапаном газу перед котел;

- д) швидкодіючим запірним клапаном по газу (на закриття);
- е) засувкою мазуту на котел;
- ж) засувкою мазуту на рециркуляцію;
- з) клапаном мазуту на котел;
- і) шиберами розрідження;
- к) засувкою мережевої води на вході в котел;
- л) засувкою мережевої води на виході з котла;
- м) засувкою мережної води ;
- н) засувками на змішувальних колекторах тепломережі;
- о) швидкодіючими запірними клапанами по мазуту (на закриття);
- д) вентилями подачі мазуту до форсунок;
- р) клапанами подачі газу до пальників;
- с) електродвигуна дутьових вентиляторів;
- т) напрямними апаратами вентиляторів;

### **1.5. Перехід котла з одного виду палива на інший.**

При роботі на газі та подальшому переведенні частини пальників на мазут необхідно:

Переконатися в циркуляції мазуту за зовнішнім кільцем та нормальними параметрами мазуту.

Встановити циркуляцію мазуту через мазутний контур котла згідно з п. 16 розділу «Підготовка котла до розпалювання».

Прогріти мазутопровід і встановити витрату мазуту на лінії рециркуляції 3-4 т/год. Встановити нормальні параметри мазуту за тиском та температурою. Поставити ключ-перемикач виду палива в положення "мазут", попередньо перевіривши закриття мазутних вентилів з ручним керуванням по всіх пальниках котла.

При установці ключа в положення «мазут» відкриються електрифіковані мазутні вентилялі всіх працюючих пальників, крім розпалювальних. Мазутні вентилялі пальників відкрити натисканням кнопки «паливо» за місцем.

Відкрити мазутний вентиль з ручним приводом на форсунку даного пальника, переконатися у нормальному надходженні та горінні мазуту.

Закрити газ на пальник вентилем з ручним приводом, відкрити вентилі свічки безпеки цього пальника.

Аналогічно перевести з газу на мазут решту пальників. Впевнитися візуально в нормальному горінні мазуту.

Вимкнути захист підвищення та зниження тиску газу перед пальниками котла, включити захист підвищення і зниження тиску мазуту перед форсунками.

При необхідності відключення газопроводу закрити засувку на підведенні газу до газопроводу котла і, переконавшись у її щільності, відкрити вентилі продувних свічок на газопроводі котла.

При роботі на мазуті та переведенні котла на газ необхідно:

Якщо газопровід котла не заповнений газом, звести відсічний клапан, плавно відкрити засувку і продути газопровід через свічки при закритих засувках газу індивідуально на пальники, керуючись п.15 розділу «Підготовка котла до розпалювання».

Засувкою поступово відкрити газ на пальник і досягти нормального займання та горіння.

Закрити мазутний вентиль із ручним приводом на форсунку та переконатися у припиненні надходження мазуту.

Переконатись у стійкому горінні факела пальника.

Закрити вентилі свічки безпеки пальника.

Продути форсунку парою.

Аналогічно перевести з мазуту на газ інші пальники.

Після переведення всіх пальників з мазуту на газ ключ вибору роду палива поставити в положення «газ».

Включити захист по зниженню та підвищенню тиску газу та вимкнути захист по зниженню та підвищенню тиску мазуту перед форсунками котла.

При необхідності відключення мазутопроводу закрити засувки на лініях подачі мазуту до котла та на лінії рециркуляції. Якщо мазутопроводи залишаються у резерві встановити витрату мазуту на лінії рециркуляції 3-4 т/год.

## 1.6. Характеристика та загальний опис схем автоматизації

**Схема автоматизації** — основний технічний документ, схема, що визначає структуру (ієрархію) пунктів контролю та керування, функції систем контролю і керування об'єкта, що автоматизується, оснащення систем автоматизації технічними засобами: приладами та засобами автоматизації, щитами, пультами, обчислювальною технікою тощо.

Структурна схема призначена для відображення системи контролю та керування виробничими процесами даного об'єкта і встановлює зв'язки між щитами, пунктами керування, оперативними робочими постами основних груп технологічного обладнання і показує адміністративно-технічну суть централізованого управління об'єктом. При виконанні структурних схем масштабу не дотримуються

Оперативні і диспетчерські щити та пункти керування, які входять в структуру автоматизації об'єкта, що проектується, зображують на схемі у вигляді прямокутників, усередині яких розміщують такі надписи: найменування щита або пункту, вид оперативного зв'язку, найменування основного чергового персоналу (наприклад, оператор, апаратник і т. д.), перелік основних задач. Диспетчерські і оперативні щити та пункти керування, які не входять до структури даного проекту, зображуються на схемі кружками, в які вписують їх найменування і найменування чергового персоналу.

Для наочності креслення контурні лінії умовних зображень цехів (або других виробничих підрозділів), щитів, пультів і пунктів контролю та керування, лінії функціональних зв'язків між ними виконуються товстішими лініями (0,5 мм), ніж лінії умовного поділу всередині умовних зображень (0,2 мм). При наявності ліній технологічних потоків останні виконуються лініями товщиною не менше 1 мм.

Види оперативного зв'язку позначаються буквами, наприклад: ДАК — дистанційне автоматизоване керування; К — контроль; С — сигналізація; ТК — телекерування і т. д., які наносяться над лініями зв'язку.

Блок-схема САР, складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів. Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних позначень вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та ін. із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень.

Функціональна схема автоматизації графічно поділяється на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а в нижній креслять умовні графічні позначення, які умовно зображують: встановлення місцевих приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та керування, керуючих машини тощо. Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх розміри і літерні позначення повинні відповідати ДСТУ БА.2.4-16-2008 .

Пристрої і засоби автоматизації показують на функціональних схемах розгорнутим способом, згідно з яким кожний прилад чи блок, який входить в єдиний комплект, показують окремими умовними графічними зображеннями. У верхній частині зображення (кола, овалу) наносять позначення вимірюваної величини та функції, яка виконується приладом в порядку їх розміщення зліва направо. В нижній частині вказують позиційне позначення комплексу вимірювання або його окремих елементів.

### **Принципова схема автоматизації**

Принципова схема автоматизації (зазвичай, електрична) визначає повний склад складових частин виробу і зв'язків між ними, і дає детальне уявлення про принцип його роботи.

За способом виконання (ДСТУ БА.2.4-16-2008 ) розрізняють *сумісні* принципові схеми і *рознесені*.

На сумісних схемах прилади і апарати зображують в складеному вигляді, тобто всі зображення елементів, які входять в комплект приладу (напівпровідникові

елементи, конденсатори, електромагніти, контакти та ін.), розміщують всередині умовного графічного зображення приладу. За допомогою сумісних принципових схем зображують принцип дії складних систем автоматизації.

В принциповій схемі, виконаній рознесеним способом, кожний прилад чи апарат зображується розділеним на складові частини, які з'єднують лініями зв'язку. Електричні кола слід розміщувати відповідно до послідовності роботи окремих елементів в часі.

Кожен елемент, зображений на схемі, повинен мати літерно-цифрову позиційну позначку. Перелік елементів розташовують над основним написом схеми (не ближче 12 мм) або оформляють окремим документом.

## 2. РОЗДІЛ. Вхідні данні котла та розрахунок його продуктивності

### 2. Параметри котла

#### 2.1. Об'єм і склад продуктів згорання :

метан	92.3496	$C_{H_4}$	
етан	3.7427	$C_2H_4$	
пропан	1.04	$C_3H_8$	
бутан	0.31	$C_4H_{10}$	
пентан	0.073	-----	
гексан	0.05	-----	
кисень	0.004	-----	
Азот	1.18	-----	
$CO_2$ (діоксид)	1.22		
$Q_{hp}$	34,5 (8243)	$MBT/m^3$ ( $Kkal/m^3$ )	

Сумма компонентів – 99.95%

До компонентів горючого відносять вуглеводи  $C_m H_n$ ,  $H_2S$  (сірководень)  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ , - негорючі

$$D_{г\text{ пал}} = 10 \text{ (г/м}^3\text{)}$$

Таблиця 2.2 - Вхідні величини котла на штатних пальниках, що вимірялися приладами

Найменування величин	позначення	Одиниця	значення
Температура відхідних газів	T° (відх)	°C	157
Температура холодного повітря	T° (х.пов)	°C	5
Температура мережевої води до котла	T° (м.в.)	°C	55.5
Температура мережевої води після котла	T°(м.в.)	°C	91.5
Вміст CO у відхідних газах	m(CO)	нм <sup>3</sup> /год	49
Вміст кисню в відхідних газах	r(O <sub>2</sub> )	нм <sup>3</sup> /год	2
Витрата мережевої води	Дм.в.	нм <sup>3</sup> /год	1069
Витрата газу на котел	V <sub>Г</sub>	нм <sup>3</sup> /год	19200
Барометричний тиск	В	мм рт.ст.	745

## 2.2. розрахунок

Теоретичний об'єм азоту у продуктах згорання.

$$V_{N_2}^0 = 0.79V_B^0 + 100 = 0.79 \times 5.98 + 1.18 \times 100 = 4.735$$

Теоретичний об'єм водяної пари

$$V_{H_2O}^0 = 0.01 \times \sum((4/2) \times 92.3496) + 0.124 \times 10$$

Теоритичний об'єм триатомних газів:

$$V_{RO_2}^0 = 0.01 \times \sum(m \times C_m \times H_n)$$

$$1 \times 92.3496 = 92.3496$$

$$2 \times 3.7427 = 7.4854$$

$$3 \times 1.04 = 3.12$$

$$4 \times 0.31 = 1.24$$

$$5 \times 0.073 = 0.365$$

$$6 \times 0.35 = 6.35$$

$$= 110.91 \times 0.01 = 1.1041$$

$$\alpha_i = \alpha^1 + \Delta\alpha_i$$

$$\alpha_i = (1,10) + 0,07 = 1,17$$

$$\alpha_{\text{ТОПКИ}} = \Pi + \Delta_{\text{ТОПКИ}} = 1,17$$

$$\alpha_{\text{КОНВ П.1}} = 1,17 + 0,07 = 1,21$$

$$\alpha_{\text{КОНВ П.2}} = 1,21 + 0,07_{\text{П}} = 1,28$$

$$\alpha_{\text{Т ср}} = (\alpha + \alpha) / 2 = 1.10 + 1.17 / 2 = 1.135$$

$$\alpha_{\text{Т КОНВ.П.1 ср}} = \text{Т} + \text{Т}_{\text{КОНВ.2}} = 1,17 + 1,21 / 2$$

$$V_{\text{СЛОВ}}^0 = (a_{i \text{ ср}} - 1) \times V^0 = (0,6 - 1) \times 5,98 = 3,3027$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0.0161(a_{i \text{ ср}} - 1) \times V^0 = 3.2642 + 0.0161 \times (-0.4) \times 5.98 = 3.3027$$

$$V_{\text{r}} = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + (a_{i \text{ ср}} - 1) \times V^0 = \\ = 1.1091 + 4.735 + 3.2642 + (-4) \times 5.98 = 11.5003$$

$$r_{\text{RO}_2} = V^0 / V_{\text{r}} = 1.1091 / 11.5003 = 0.0964$$

$$V_{0 \text{ ПОВ П1}} = (1.19 - 1) \times 5.98 = 1.1362$$

$$V_{0 \text{ ПОВ П2}} = (1.245 - 1) \times 5.98 = 7.4451$$

$$V_{0 \text{ H}_2\text{O П1}} = 3,2642 + 0,0161 \times 1,1362 = 3.2824$$

$$V_{0 \text{ H}_2\text{O П2}} = 3,2642 + 0,0161 \times 7,4451 = 3.3840$$

$$V_{\text{r П1}} = 1.1091 + 4.735 + 3.2642 + 1.1362 = 10.2445$$

$$V_{\text{r П2}} = 1.1091 + 4.735 + 3.2642 + 7.4451 = 16.5534$$

$$r_{\text{Ro2 n1}} = 1.1091/10.2445 = 0,1082$$

$$r_{\text{Ro2 n2}} = 1.1091/16.5534 = 0.0670$$

$$r_{\text{H2O}} = V_{\text{H2O}}/V_r = 3.3027/11.5003 = 0.2871$$

$$r_{\text{H2O n1}} = V_{\text{H2O n1}}/V_{r \text{ n1}} = 3.2824/10.2445 = 0.3204$$

$$r_{\text{H2O n2}} = V_{\text{H2O n2}}/V_{r \text{ n2}} = 3.3840/16.5534 = 0.2044$$

$$r_n = r_{\text{Ro2}} + r_{\text{H2O}} = 0.9644 + 0.2871 = 1.2515$$

$$r_{n \text{ n1}} = r_{\text{Ro2 n1}} + r_{\text{H2O n1}} = 0,1082 + 0.3204 = 0.4286$$

$$r_{n \text{ n2}} = r_{\text{Ro2 n2}} + r_{\text{H2O n2}} = 0.0670 + 0.2044 = 0.1714$$

$$i_{r100}^0 = V_{\text{Ro2}}(\text{CU})\text{CO}_2 + V_{\text{N}_2}^0 \times (\text{CU})\text{N}_2 + V_{\text{H2O}}^0 + \text{CU}_{\text{H2O}} = \\ 1.1091 + 40.6 \times 4.735 \times 31 + 3.2642 = 6078.08$$

$$i_{n100}^0 = V_0 \times (\text{CU})_{\text{ноб}}$$

$$i_{n100}^0 = 5,98 \times 31,6 = 188,96$$

$$i_{n200}^0 = 5,98 \times 63,6 = 380,32$$

$$i_{n300}^0 = 5,98 \times 96,2 = 573,27$$

$$i_{n400}^0 = 5,98 \times 129,4 = 773,81$$

$$i_{n500}^0 = 5,98 \times 163,4 = 977,13$$

$$i_{n600}^0 = 5,98 \times 198,2 = 1185,23$$

$$i_{n700}^0 = 5,98 \times 234 = 1399,32$$

$$i_{n800}^0 = 5,98 \times 270 = 1614,6$$

$$i_{n900}^0 = 5,98 \times 306 = 1829,88$$

$$i_{n1000}^0 = 5,98 \times 343 = 2051,14$$

$$i_{n1100}^0 = 5,98 \times 381 = 2278,38$$

$$i_{n1200}^0 = 5,98 \times 419 = 2505,62$$

$$i_{n1300}^0 = 5,98 \times 457 = 2732,86$$

$$i_{n1400}^0 = 5,98 \times 496 = 2966,08$$

$$i_{п1500}^0 = 5,98 \times 555 = 3199,3$$

$$i_{п1600}^0 = 5,98 \times 574 = 3432,52$$

$$i_{п1700}^0 = 5,98 \times 613 = 3665,74$$

$$i_{п1800}^0 = 5,98 \times 652 = 3898,96$$

$$i_{п1900}^0 = 5,98 \times 692 = 4138,16$$

$$i_{п2000}^0 = 5,98 \times 732 = 4377,36$$

$$i_{п2100}^0 = 5,98 \times 772 = 4616,56$$

$$i_{п2200}^0 = 5,98 \times 813 = 4855,76$$

Згідно технічної документації котла ПТВМ-180 об,єм топки(м<sup>3</sup>)  
складає 461м<sup>3</sup>

## **Розділ 3. Причини виникнення дефектів та вплив на ефективність експлуатації**

У рамках ремонтної програми та підготовки обладнання до роботи в опалювальний період на ТЕЦ-5 розпочали ремонт пікового водогрійного котла ПТВМ-180 із заміною поверхонь нагріву. Узимку такий котел щогодини нагріває близько 3 850 тонн мережної води для постачання тепла та гарячої води киянам. Такої кількості теплоносія достатньо, щоб забезпечити в міжопалювальний період гарячим водопостачанням третину всього міста Києва. Тож своєчасний ремонт пікового водогрійного котла вкрай важливий для стабільного проходження опалювального сезону і забезпечення якісних послуг клієнтам.

«Під час ремонту на котлі замінюють понад 30% поверхонь його нагріву. Це більше 300 сталевих трубок, діаметром 60х4 мм, якими циркулює вода під час нагрівання, перш ніж потрапити в теплові мережі міста. За час експлуатації, а це уже більше 40 років, трубки потребували заміни. Тому для підвищення надійності роботи котла, ми замінюємо потоншені поверхні нагріву на нові. Адже від стабільної роботи котла залежить якість постачання централізованого опалення і гарячої води киянам», – розповів головний інженер ТЕЦ-5

Головний Інженер ТЕЦ-5 КП «Київтеплоенерго» Ігор Ласкавий [3].

### **3.1. Несправності та пошкодження, що були виявленні під час експлуатації.**

1. При роботі котлоагрегату ПТВМ-180 було виявлено несправність в пальниковій системі, а саме робота мазутних форсунок які роспиляли мазут. Замість розпилу вони викидали краплі мазута в результаті чого він не згорав, а потравляв краплями на екрани топки котла.

В результаті цієї несправності форсунок, та як наслідок горіння мазуту на екраних трубах в результаті перегріву утворилися віддулини фото 1, а згодом на їх місці повздовжні «рвані» тріщини.



Фото 1. Віддулина.

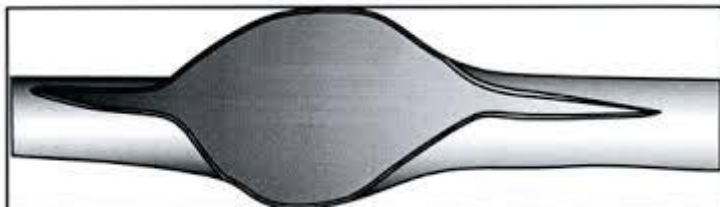


Фото 2. Розкриття віддулини в тріщину

Труби на яких при візуальному контролі були виявленні віддулини підлягають вирізці та заміні з подальшим контролем мантажу екранів.

2. Також при огляді дутьових вентиляторів було виявлено заїдання підшипника та гальмування роботи вентилятора.

Тяга в пальнику зменшувалась та вогонь горів не безпосередньо в топці, а у камері пальника, в результаті чого маємо: зниження ККД пальника, частковий перегрів по мікро-структурі камери пальника, а також обгоряння у внутрішній частині камери пальника.

Усі 20 пальників котлоагрегату були оглянуті на мікроструктурному аналізі, а також на візуальний контроль відповідними приладами та

інструментами всі пальники та дутьові вентилятори, у яких будуть виявлені перелічені вище дефекти піддаються заміні та подальшому контролю монтажу.

3. У конвективній частині котлоагрегату в результаті контролю було виявлено велику кількість свіщів та потоньшень, такий результат дає те, що ПТВМ-180 є піковим водогрійним котлом, в результаті чого має велику температуру відходящих газів, тому в конвективній частині і утворилася така кількість пошкоджень.

На наступному огляді або ремонті приділяти окрему увагу пальниковій системі, конвективній частині, а також дутьовим вентиляторам

### **3.2. Економічна вигода ремонту над зміною котла на новий**

#### **3.2.1 Переваги та недоліки ремонту та відновлення котлоагрегату.**

Котел ПТВМ-180 має достатньо просту будову та високу ефективність, що надає змогу проводити малозатратні з фінансової сторони капітальні ремонти. При цьому не втрачаючи ККД котел знаходиться в експлуатації понад 40 років.

Переваги:

- простий у будові;
- не потребує ексклюзивних деталей для ремонту.

За рахунок його довготривалої роботи відомі всі як слабкі так і сильні місця, це в свою чергу надає змогу передбачити та попередити вихід із строю роботи котла.

- Є присутність та доступність деталей на заміну (у разі потреби);
- екранні труби виготовляються з доступної сталі 20 яка практична та
- недорогостояча у використанні;
- враховуючи ситуацію в країні ремонт є швидшим та менш фінансово затратним рішенням аніж демонтаж старого та дорогостоячий монтаж нового обладнання, під яке потрібно буде підібрати діаметри труб, засувки, и т.д.

З новою хвилею ракетних атак на енергоструктуру України не вважається доцільним покупка та встановлення нового котлоагрегату та прибрання та демонтаж старого котла, так як на новий котел будуть потрібні:

- нові деталі;
- нова технологія ремонту;
- навчання персоналу з експлуатації нового котлоагрегату;
- та за умов повномосштіабного вторгнення на територію країни є небезпека що нове енергообладнання встановлене на станції може стати ціллю для ворога.

Із недоліків нового котла в умовах війни, виходять переваги ремонту та відновлення старого котлоагрегату в поєднанні з його модернізацією, а саме:

- деталі на котел є на балансі та зберігаються на складах;
- є навчений персонал;
- є регулярний та відпрацьований план ремонтів та виводу\вводу в експлуатацію;
- вивчена історія аварійних зупинов.

За вищевказаних наведених факторів вважаю обґрунтованою думку про доцільність ремонту та часткової модернізації обладнання.

### **3.3. Аналіз конструкції котлоагрегату ПТВМ-180**

Перш за все відмінним плюсом данного котла є його недороговизна у ремонті а також наявність запчатин на заміну, також цей котлоагрегат відомий своєю простотою у будові та надійністю комплектуючих.

Його вираженою перевагою є те, що за роки експлуатації та сотні тисяч годин напрацювання відомі його слабкі місця ( пальники , конвективна частина) , так і його сильні місця, в яких поломки вкрай рідші ( топка, обшивка, схема водопостачання)

## **Розділ 4. Дослідження стану складових котлоагрегату**

### **4.1. проведення металографічних досліджень у зоні прогорання пальників**

#### **Методика проведення металографічних досліджень**

Великий досвід дослідження мікроструктури металів і сплавів, особливо при великих збільшеннях наприклад: 500; 1000, 2000, 10 000, 20 000 разів і більше,

показав, що точність і результати мікроструктурного аналізу значною мірою залежать техніки виготовлення мікрошліфів, Особливо яскраво це проявляється при застосуванні електронного мікроскопа, коли результати дослідження можуть виявитися невірними через виконання мікрошліфа, так і зліпка з нього.

Виготовлення мікрошліфа складається з ряду послідовних операцій: вирізки зразка, підготовки його поверхні, шліфування, полірування та травлення.

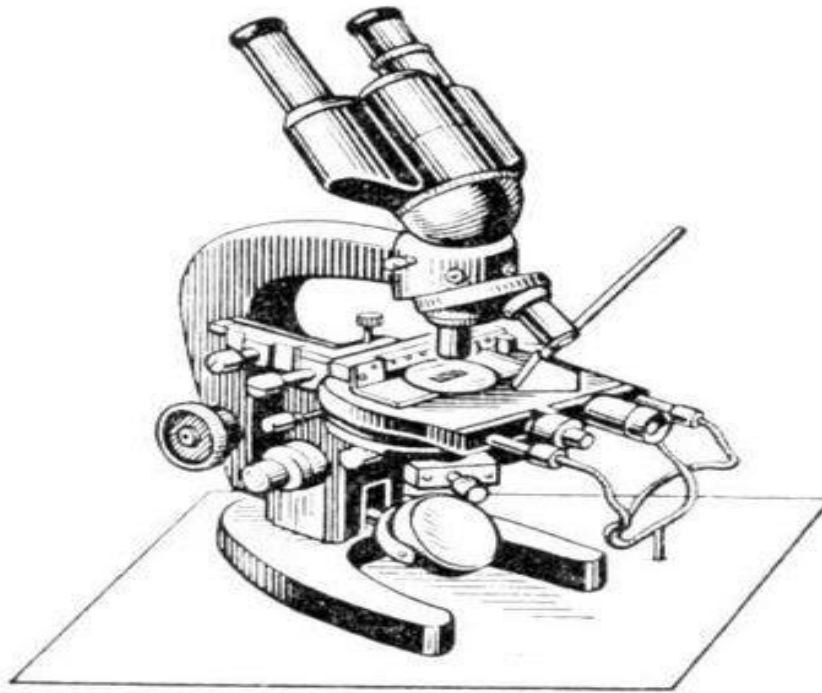


Рис. 4.1. Мікроскоп стаціонарний з дослідним зразком.

### **ВИРІЗКА ЗРАЗКІВ, ЇХ РОЗМІРИ, ЗАПРЕСУВАННЯ У ПЛАСТМАСУ І ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ**

Вибір металевої вирізки зразка для виготовлення мікрошліфа слід проводити після огляду досліджуваного металу та його макроструктури і зламу, визначення твердості і технологічних проб. При дослідженні причин поломки тієї чи іншої деталі машини, її зносу, а також при виявленні вад зразки металів (мікрошліфи) слід вирізати таким чином, щоб переріз зламу, поверхні зносу чи пороку потрапили у площину шліфу, при дослідженні прокату або поковок ходимо брати шліфи вздовж і лоперек прокатки або напрямки деформації під час кування. У разі дослідження виробів, піддаваних термічній обробці (особливо поверхневому зміцненню шляхом високочастотного загартування), хіміко-термічної обробці, наклеп, а

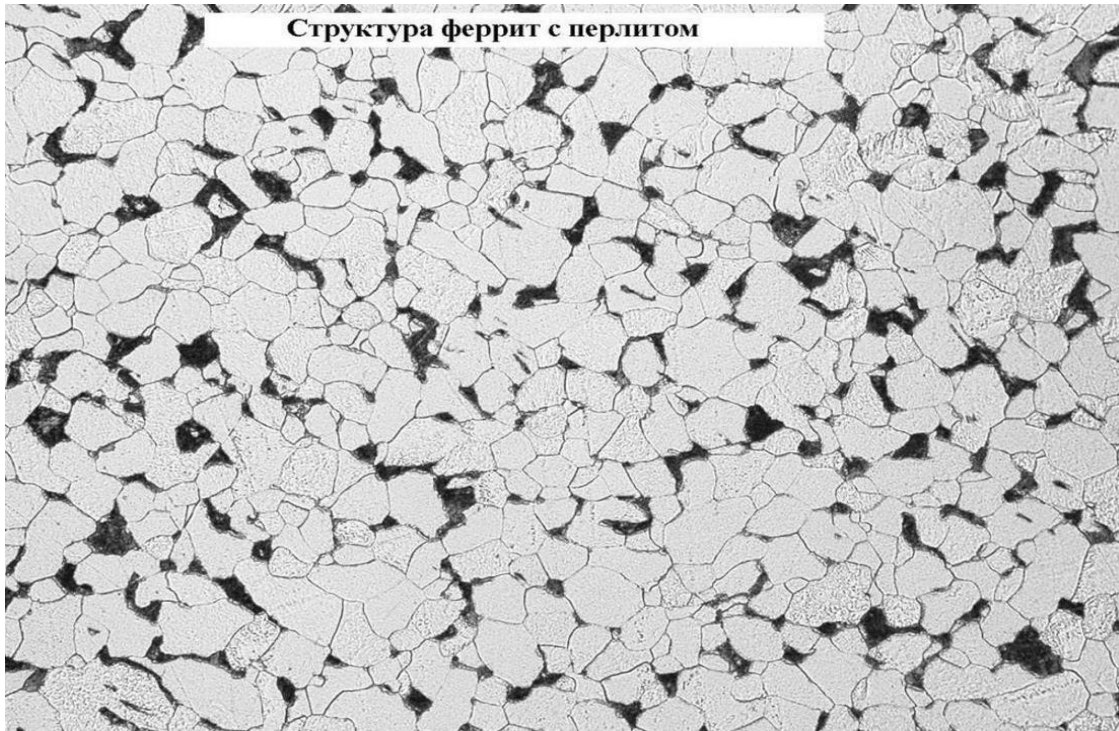


Фото 4.2. Мікроструктура металу, x100 приближення  
Мікроскоп м150

також у разі дослідження з безуглеродних сталей зразки слід брати так, щоб у площину шліфу потрапили як поверхневі, і серединні шари виробу. При вирізанні зразків необхідно зробити ескіз деталі, відмітивши на ньому місця вирізки зразків та вказати, який перетин взято вдоль чи поперек волокна металу.

### **ТЕХНІКА МІКРОСКОПІЧНОГО АНАЛІЗУ**

Тверді Зазвичай зразки для мікрошліфів відрізають ножівкою. і тендітні матеріали можна відламувати ударами молотка, або відрізати зразки при сильному охолодженні водою тонким абразивним колом; можна також відрізати зразки та електроіскровим методом. Нагрівання зразка при вирізці, здатне викликати відпустку загартованих сплавів і, отже, змінити їх структуру, бути виключений.

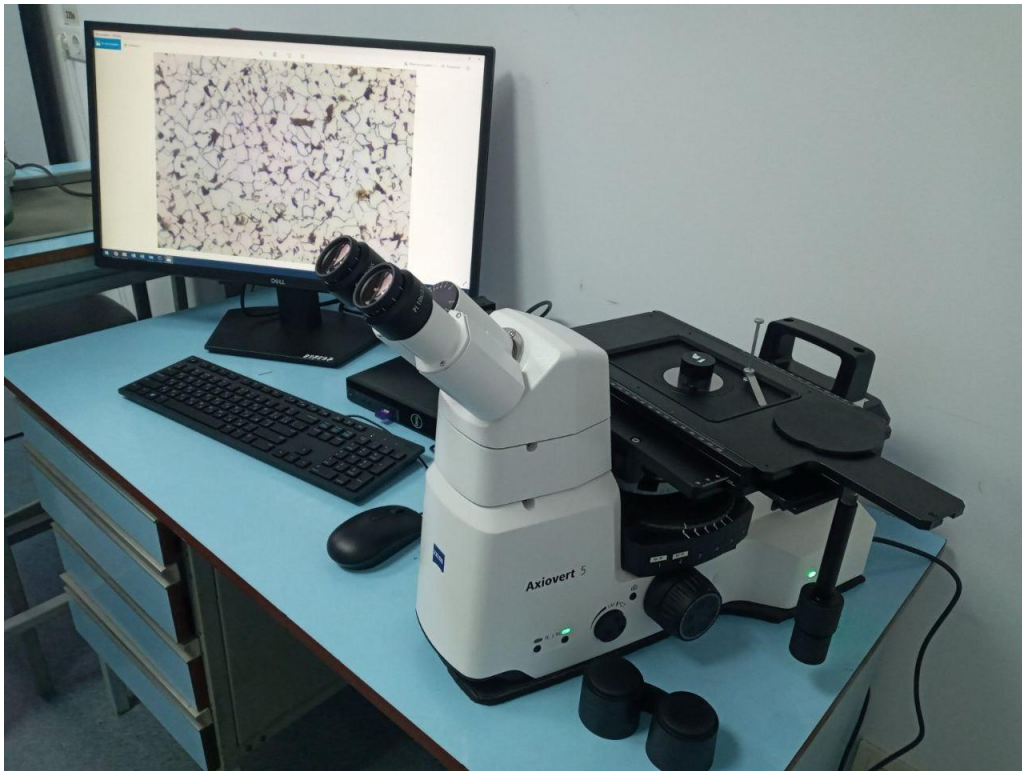


Фото 4.3. Фото робочого місця для проведення металографічного аналізу.

Найбільш лицевими розмірами зразків для виготовлення мікрошліфів є: площа основи близько 12x12 мм та висота 10 мм; якщо циліндричний, то при тій же висоті діаметр основи має бути близько 12 мм. У разі особливої проблеми поділу зразка на частини можна виготовляти шліфи та великих розмірів. Однак значно скоріше і краще можна виготовити чотири окремих шліфи площею 15 мм, ніж один шліф площею 30x30 мм. виготовлення зразків, що погано встановлюються на мікроскоп 15 При скопіюванні незручних для виготовлення, наприклад малого розміру, а також при виготовленні зразків з листів або дроту слід застосовувати затискачі або запресовувати зразки в прозору пластмасу. Запресування зразків, з яких виготовляються мікрошліфи, виробляється за допомогою невеликого ручного гідравлічного преса з прес-формою, що обігривається електричним током. У поршень прес-форми вставляється

термометр. Прес споряджається додатковим пристосуванням для випресування залитих зразків (мікروشаленфів). Прес-форма має такі основні деталі: поршень 1 з отвором для термометра, втулку 2, шайбу 3 і опорну плиту 4. Матеріалом для запресування служить технічний беземуль- акрилатний порошок 6 з температурою плавлення 80-90°C яким засипається зразок (мікрошліф) 5. Запресування зразка пластмасу проводиться при нагріванні приблизно до 100 - 110 °C і тиску 50 кг/см<sup>2</sup> після охолодження.

## **4.2. Методика проведення ультразвукової товщинометрії**

Ультразвукова товщинометрія є одним із способів неруйнівного контролю, акустичним методом визначення технічного стану об'єкта. Її

її суть полягає в вимірі товщини стінок та інших деталей об'єкта. Головною перевагою даного способу є можливість проведення вимірів без виведення об'єкта з експлуатації, а також можливість проведення контролю навіть у важкодоступних місцях, наприклад, коли важко або взагалі неможливо отримати доступ до внутрішньої сторони виробу.

Крім того, ультразвукова товщинометрія характеризується великою продуктивністю, високою точністю вимірювань, можливістю дослідження як металевих, так і неметалевих виробів.



Фото 4.4. Ультразвуковий товщиномір ТУЗ-2.

Ультразвукова товщинометрія металу застосовується для визначення фактичної товщини металу не доступних або важкодоступних для вимірювання інструментом металоконструкціях. Крім того, такий метод дозволяє визначити розміри деталі обладнання без їх демонтажу. Наприклад, елементи трубопроводу, вали, шпильки і т.п.

Товщинометрія металу проводиться так:

— В ході обстеження виконують виміри в багатьох точках для виявлення можливих ділянок стоншування металу і отримання репрезентативної вибірки. Щоб почати дослідження досить одностороннього доступу до об'єкта.



Фото 4.5. Ультразвуковий дефектоскоп NOVOTEST LS2590

Для більш точних результатів дослідження необхідна подальша обробка і аналіз отриманої інформації. Безпосередньо на місці наш фахівець може озвучити тільки орієнтовні результати контролю.

Для деталей складної геометричної форми:

— для такої товщинометрії застосовують спеціальні компактні перетворювачі, які забезпечують щільний контакт перетворювача з об'єктом контролю.

Для проведення ультразвукової товщинометрії металу необхідна наступна інформація про об'єкт контролю:

- 1) найменування об'єкта контролю (схема, креслення або малюнок);
- 2) марка сталі;
- 3) кількість однотипних виробів;
- 4) кількість точок (вимірів) — в разі якщо обсяг відомий (закладений проектом, визначено в приписі і т.д.);

5) наявність / відсутність висотних відміток.

За допомогою ультразвукової товщинометрії можливо оцінити параметри трубопроводів різного призначення:

- товщину стінки труби;
- розміри окремих деталей і частин;
- товщину біметалевих наплавлень;
- залишкову товщину стінки схильного до зносу виробу.

#### **4.3. Методика проведення ультразвукового контролю зварних з'єднань**

Для забезпечення безпечних умов експлуатації будь-яких об'єктів необхідно проводити регулярні перевірки їх якості. Безпека їх використання, мінімальна ймовірність виникнення аварійної ситуації — запорука саме регулярних перевірок

незалежно від терміну служби обладнання, області застосування, давності експлуатації.

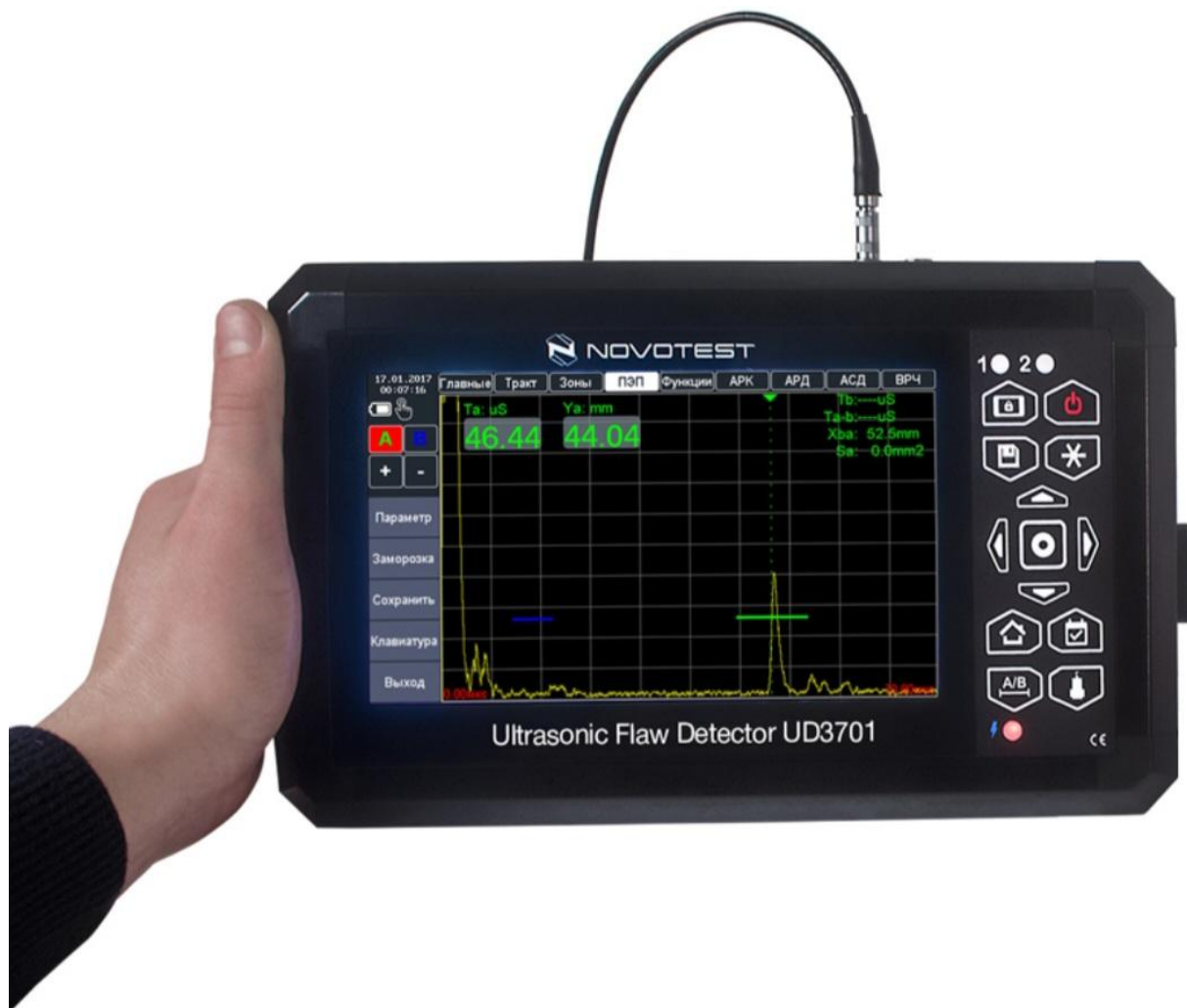


Фото 4.6. Ультразвуковий детектор UD3701.

Одним з найбільш поширених способів проведення подібних перевірок є ультразвуковий контроль. Будучи методом неруйнівного контролю, ультразвукова дефектоскопія характеризується наступними особливостями: можливість її проведення як в спеціально підготовлених приміщеннях, так і за місцем функціонування об'єкта, без виведення його з експлуатації. Безперечними перевагами УЗК є також простота і висока швидкість перевірки, низька вартість організації дослідження, точність одержуваних даних, абсолютна безпека проведення і тому можливість неодноразового проведення процедури перевірки.

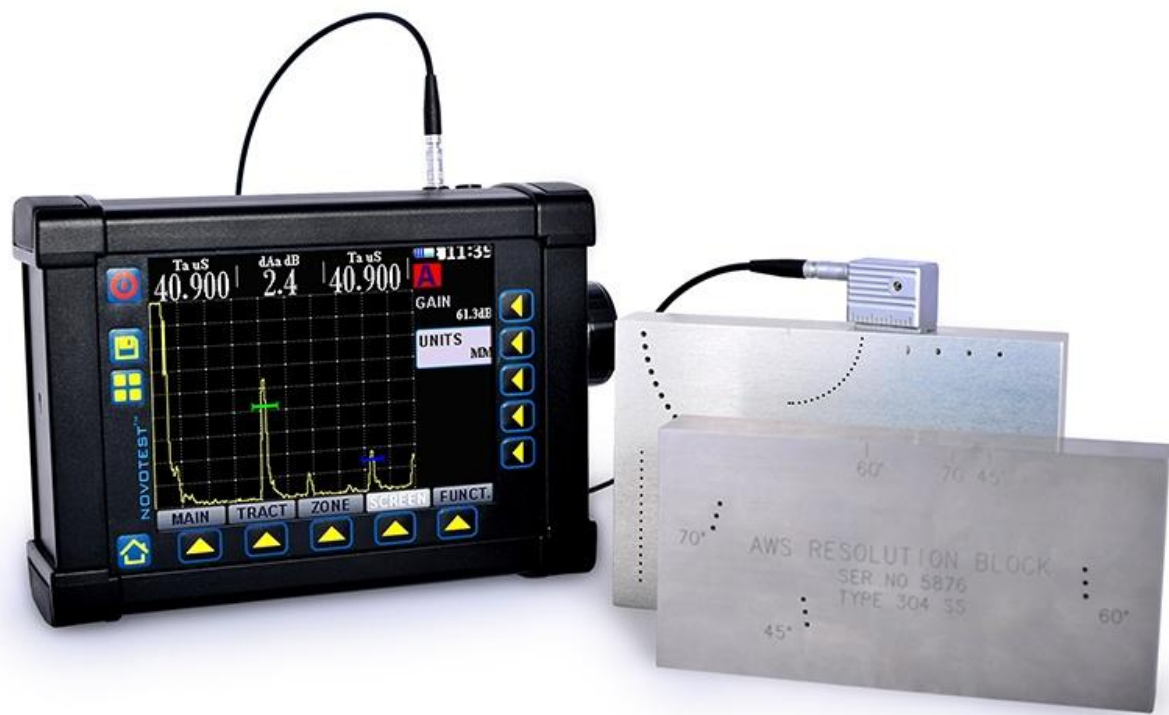


Фото 4.7. Ультразвуковий дефектоскоп із контрольними зразками.

Одним з об'єктів ультразвукового контролю є різного роду і призначення об'єкти. За допомогою спеціального обладнання — дефектоскопа — досліджують міцність виробу, наявність або відсутність тріщин, сколів та інших дефектів, а також якість зварних швів і з'єднань. Ультразвукова дефектоскопія є дієвою при виявленні повітряних порожнин, хімічно неоднорідного складу (наприклад, шлакові вклядення в металі) і

виявлення присутності неметалевих елементів.

## Розділ 5. Усунення виявлених недоліків та пошкоджень.

## 5.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

5.1. Терміни неруйнівного контролю управління якістю - це методи і діяльність оперативного характеру, що використовуються для задоволення вимог до якості. Нагляд за якістю - це постійне спостереження і перевірка стану процедур, методів, умов виконання з метою перевірки виконання обумовлених вимог. Контроль - дія, що спрямована на виявлення дефектів продукції; включає проведення вимірювань (випробувань) однієї або декількох характеристик продукції та їх порівняння з встановленими вимогами з метою визначення відповідності. Дефект - кожна окрема невідповідність продукції вимогам нормативних документів, що містять норми оцінки якості продукції. Неруйнівний контроль (НК) - контроль, при якому продукція не піддається незворотним змінам. Це відрізняє НК від руйнівного контролю та контролю при випробуваннях під навантаженням. Система неруйнівного контролю (NDT system) - сукупність учасників, які в рамках регламентуючих норм, правил, методик, умов, критеріїв та процедур виконують діяльність в галузі одного з видів експертизи промислової безпеки, що пов'язана із застосуванням НК. Результат неруйнівного контролю (Outcome of NDT) - встановлена оцінка відповідності об'єкта контролю технічним вимогам, які пред'являються до нього, тобто це треба розуміти як результат порівняння остаточної інформації про об'єкт контролю з вимогами нормативних технічних документів. Об'єкт контролю - кожний окремий вид продукції промислового призначення.

Метод неруйнівного контролю - метод контролю, при якому не повинна бути порушена цілісність об'єкта до застосування, що заснований на тому чи іншому фізичному явищі. Вид неруйнівного контролю (Kind of NDT) - умовне угруповання методів неруйнівного контролю, що поєднане спільністю фізичних характеристик. Примітка.

Види неруйнівного контролю класифікуються за такими класифікаційними ознаками:

- а) за характером фізичних полів або випромінювань, що взаємодіють з контрольованим об'єктом;
- б) за характером взаємодії фізичних полів або речовин з контрольованим об'єктом;
- в) за первинними інформативним параметрам;
- г) за способами індикації первинної інформації;
- д) за способом представлення остаточної інформації.

Придатність до контролю (Suitability to testing) - властивість об'єкта НК, що забезпечує можливість, зручність і надійність його контролю на всіх стадіях життєвого циклу. Засіб неруйнівного контролю (Equipment of NDT and technical diagnostics) - технічний пристрій, речовина, матеріал, програмний продукт, що використовуються для отримання і обробки інформації про об'єкт для проведення НК. Методичний документ з неруйнівного контролю (Test procedure) - організаційнометодичний документ, що включає об'єкти контролю, вид контролю, метод контролю, засоби і умови контролю, алгоритми виконання операцій з визначення однієї або декількох взаємопов'язаних характеристик властивостей об'єкта, форми представлення даних і оцінювання точності, достовірності результатів, вимог техніки безпеки та охорони навколишнього середовища.

Технологічна інструкція з неруйнівного контролю (Technological procedure of NDT) - документ, що орієнтований на вирішення завдання неруйнівного контролю конкретного об'єкта з вказівками щодо операцій контролю і їх параметрів.

Висновок за результатами НК (NDT conclusion) – документ, що складений за результатами НК і містить інформацію про виконаний контроль та його результати.

Основні параметри неруйнівного контролю (Main parameters of NDT) - сукупність параметрів

встановлених нормативною технічною документацією вимог з виявлення дефектів, вимірювання параметрів дефектів і оцінці впливу дефектів на об'єкт.

Достовірність неруйнівного контролю (Reliability of NDT) - показник неруйнівного контролю (кількісний або якісний), що пов'язаний з вірогідністю прийняття безпомилкових рішень про наявність чи відсутність дефектів.

Дефектометрія (Sizing) - вимірювання параметрів дефектів. Реальна чутливість (Real sensitivity) - найменші розміри реальної несучільності, що виявлена в об'єкті контролю. Примітка. Реальна чутливість визначається на підставі порівняння результатів НК і розкриття реальних об'єктів контролю.

Основні параметри контролю (Main testing parameters) - сукупність параметрів контролю, що обумовлюють його достовірність. Просторова роздільна здатність (Spatial resolution) - здатність надійно розрізняти дефекти, що розташовані близько.

Фахівець у галузі неруйнівного контролю (NDT employee) - фахівець (співробітник), який допущений до виконання неруйнівного контролю технічних пристроїв, будівель і споруд на небезпечних виробничих об'єктах.

Каліфікація (Qualification) - це наявність підготовки, професійних знань, навичок і досвіду, а також відповідного стану здоров'я, які дають можливість персоналу належним чином здійснювати контроль.

Кандидат на атестацію з неруйнівного контролю - це особа, яка заявила про бажання отримати кваліфікацію та пройти атестацію в установленому порядку.

Кваліфікаційне посвідчення (Qualifying certificate) - документ, що видається незалежним органом, і який засвідчує, що фахівець компетентний у здійсненні неруйнівного контролю одним або кількома видами (методами) неруйнівного контролю в певній галузі сертифікації відповідно до присвоєного рівня кваліфікації.

Сертифікація персоналу НК - визнання відповідності персоналу НК вимогам відповідного нормативного документа (НПАОП 0.00-1.63-13 або ISO 9712).

Сертифікація є необхідною умовою допуску персоналу НК до виконання робіт з НК різного кваліфікаційного рівня. Ці НД встановлюють три рівні кваліфікації персоналу.

Сертифікація здійснюється незалежним органом сертифікації персоналу (ОСП). Позитивні результати сертифікації персоналу НК засвідчує «Сертифікат відповідності» від ОСП. Сектор - область дії «Сертифікату відповідності» в сфері виробництва та експлуатації продукції промислового призначення (об'єктів контролю).

Персонал НК розділяється (диференціюється) за промисловими секторами.

Термінологія методів неруйнівного контролю наведена у нормативному документі ДСТУ EN 1330-2:2008, що періодично переглядається.

Термінологія методів візуального контролю наведена у нормативному документі ДСТУ EN 1330-10:2016 (EN 1330-10:2003, IDT), що періодично переглядається.

## **5.2. Усунення пошкоджень екранних труб фронт, тил, права, ліва стінки топки, а також конвективної частини.**

Усунення буде проводитись шляхом вирізання вставок пошкоджених екранних труб, та заміни їх на нові. Також буде проведено ультразвуковий контроль зварних з'єднань, нових вставок, ультразвуковим дефектоскопом УД 4-71.

Також для запобігання повторних пошкоджень на інших ділянках буде проведено замір товщини ультразвуковим товщиноміром ТУЗ-2, окрім екранних труб буде перевірено на товщинометрію подову частину, та гребів котлоагрегату.

### **5.2.1. Ультразвуковий контроль зварних з'єднань екраннів ПТВМ-180, а також зварних з'єднань згинів живильної води**

Проведено заміну та ультразвуковий контроль вставок екранів, а саме

Фронт: 4 вставки

Задній: 3 вставки

Правий боковий: 4 вставки

Лівий боковий: 3 вставки

Правий проміжний : 3 вставки

Лівий:

**5.2.1. Ультразвукаовий контроль зварних з'єднань фронтального екрану топки котла(Рис. 5.1.):**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	83-1;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2.	83-2;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3.	77-1;	60x4	Виявлена несутцільність (пора) глибина залягання 3.1 мм	Б -1	Несутцільність виправлена та перепровірена
4.	77-2;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5.	77-3;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6.	93-1;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7.	93-2;	60x4	Виявлена пора глибина залягання 2.4 мм	Б-1	Пора виправлена та перепровірена
8.	24-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
9.	24-2	60x4	Виявлена пора глибина залягання 2.9 мм	Б-1	



Рис. 5.1. Фронтный экран.

**5.2.2. Ультразвукавий контроль зварних з'єднань Заднього екрану топки котла(Рис. 5.2.)::**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	24-1;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2.	24-2;	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3.	36-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
4.	36-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5.	36-3	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6.	64-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7.	64-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	

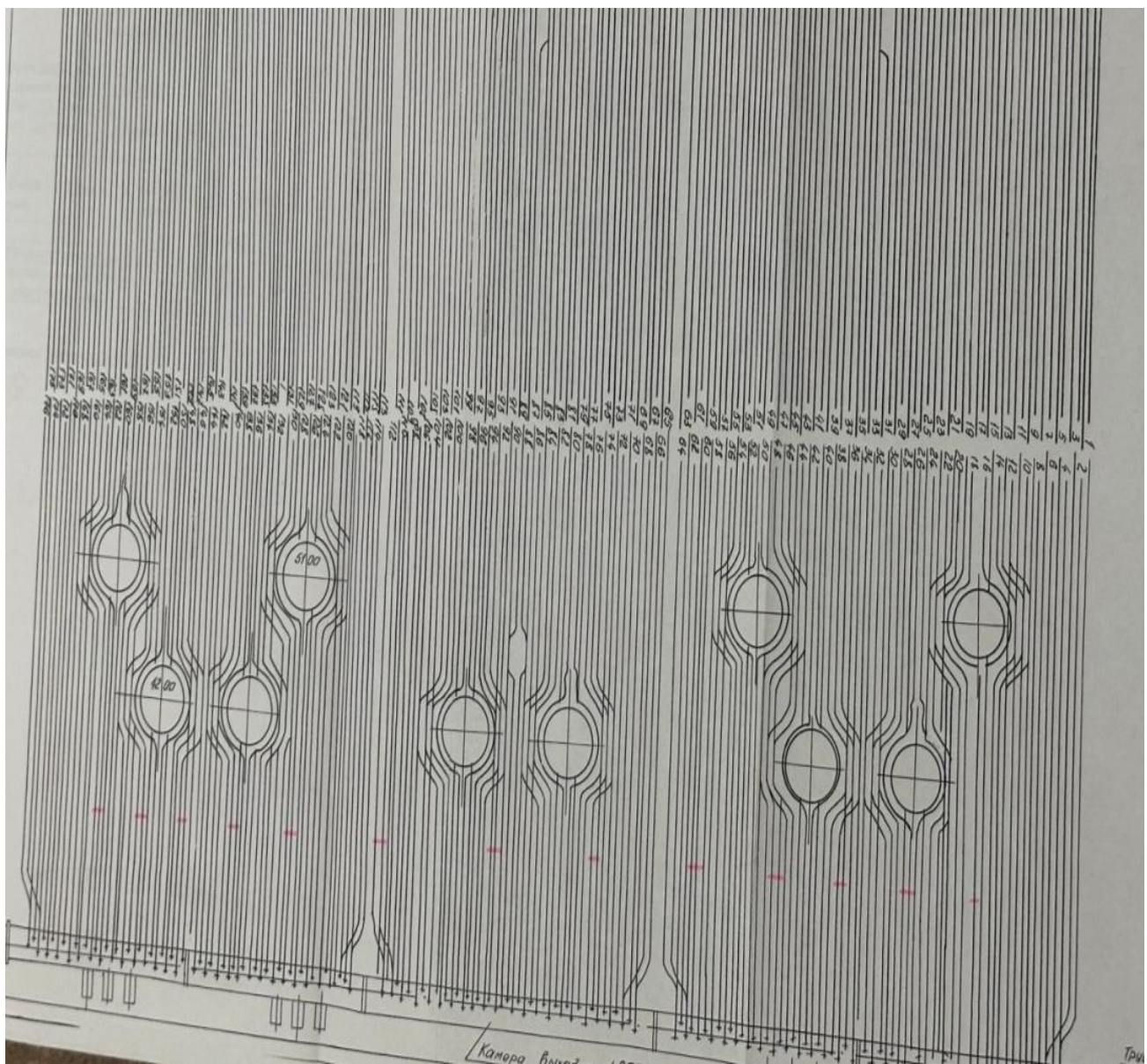


Рис. 5.2. Задній екран.

**5.2.3. Ультразвукавий контроль зварних з'єднань правого бокового екрану топки котла(Рис. 5.3.)::**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	8-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2.	8-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3.	8-3	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
4.	8-4	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5.	19-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6.	19-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7.	24-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
8.	24-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
9.	33-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
10.	33-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	

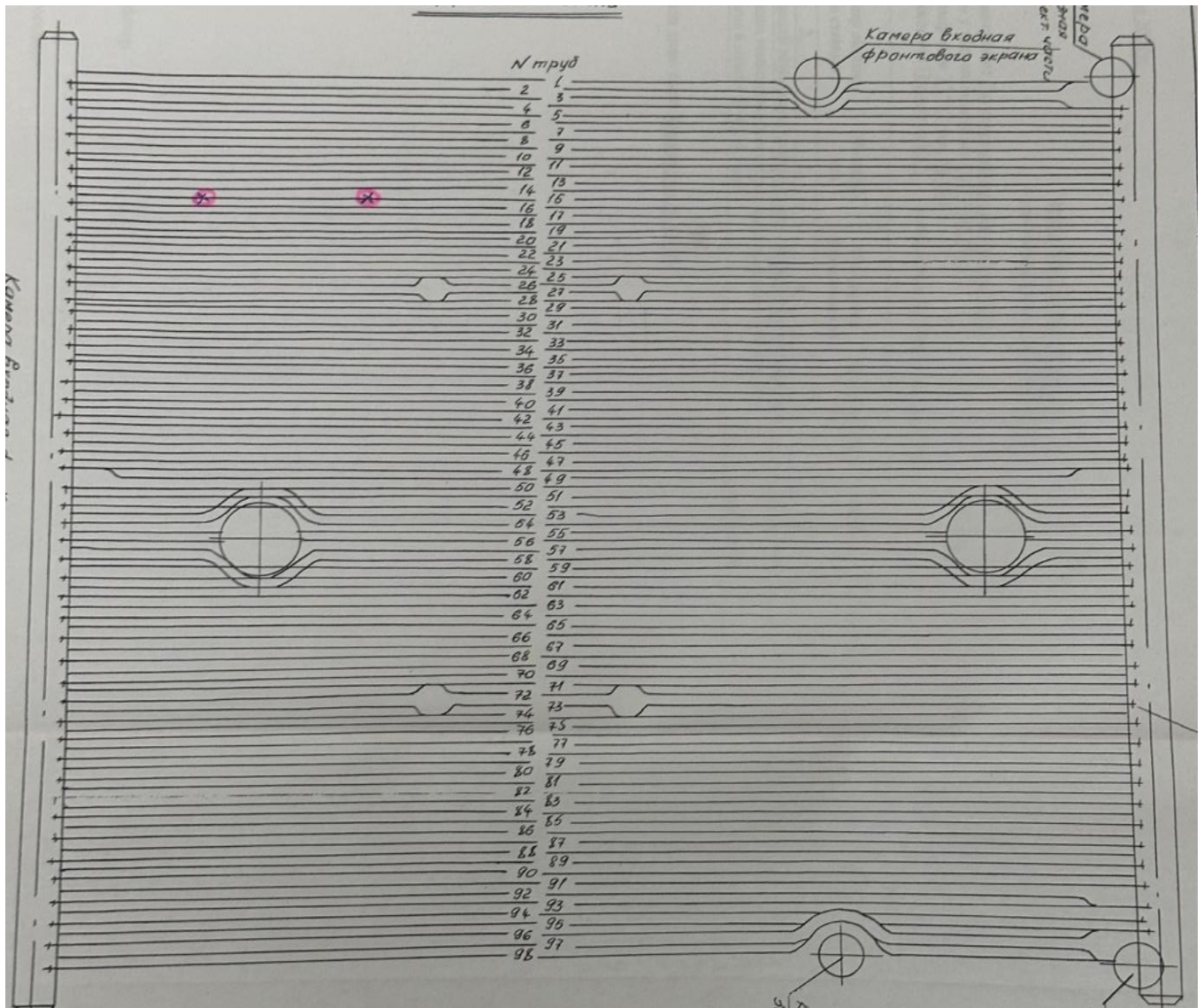


Рис. 5.3. Правый боковой экран

**5.2.4. Ультразвукавий контроль зварних з'єднань правого-проміжного екрану топки котла(Рис. 5.4.)::**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	3-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2	3-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3	12-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
4	12-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5	12-3	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6	18-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7	18-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	

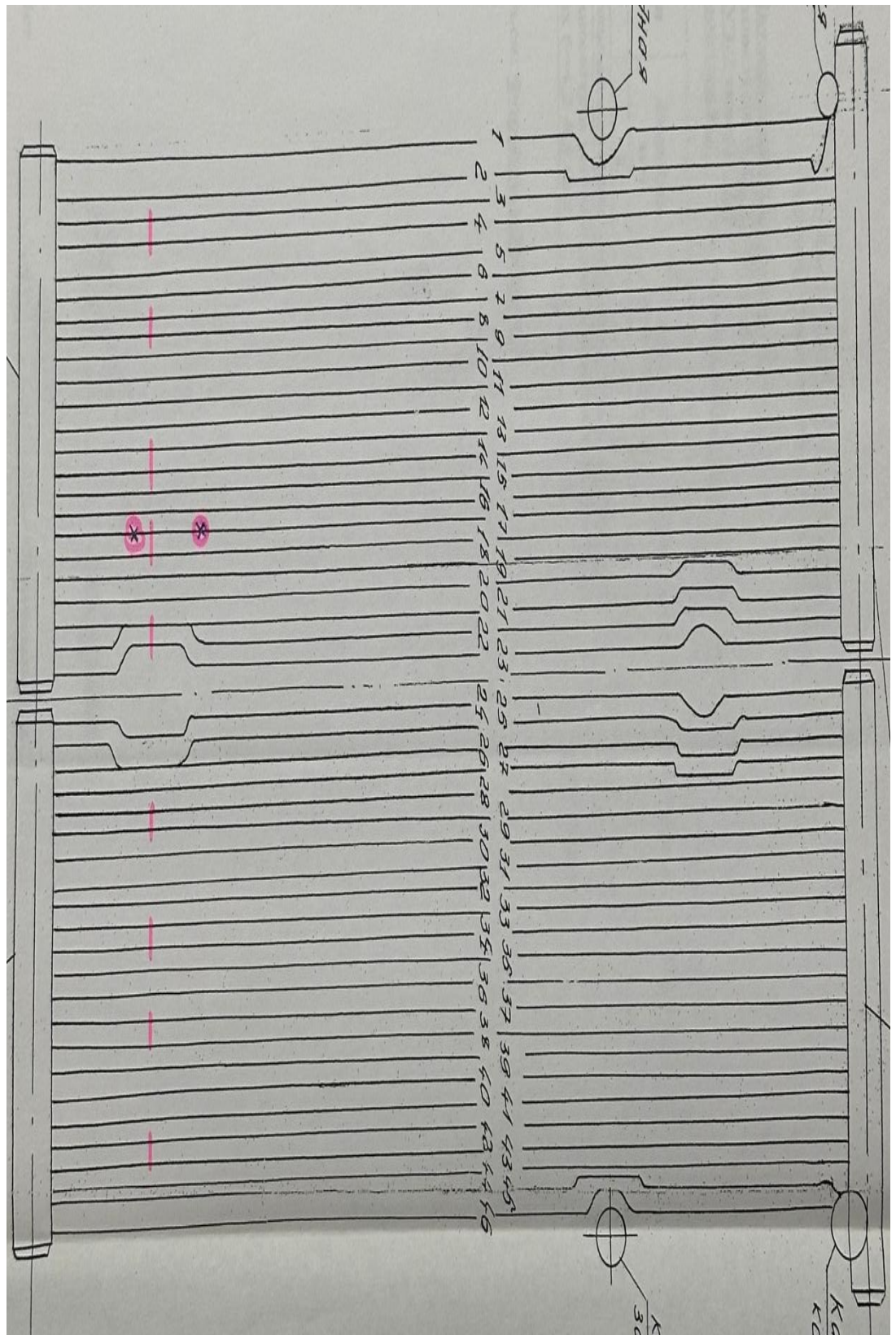


Рис. 5.4. Правий проміжний екран .

**5.2.5. Ультразвукаовий контроль зварних з'єднань лівого бокового екрану топки котла(Рис. 5.5.)::**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	3-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2.	3-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3.	12-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
4.	12-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5.	12-3	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6.	21-1	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7.	21-2	60x4	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	

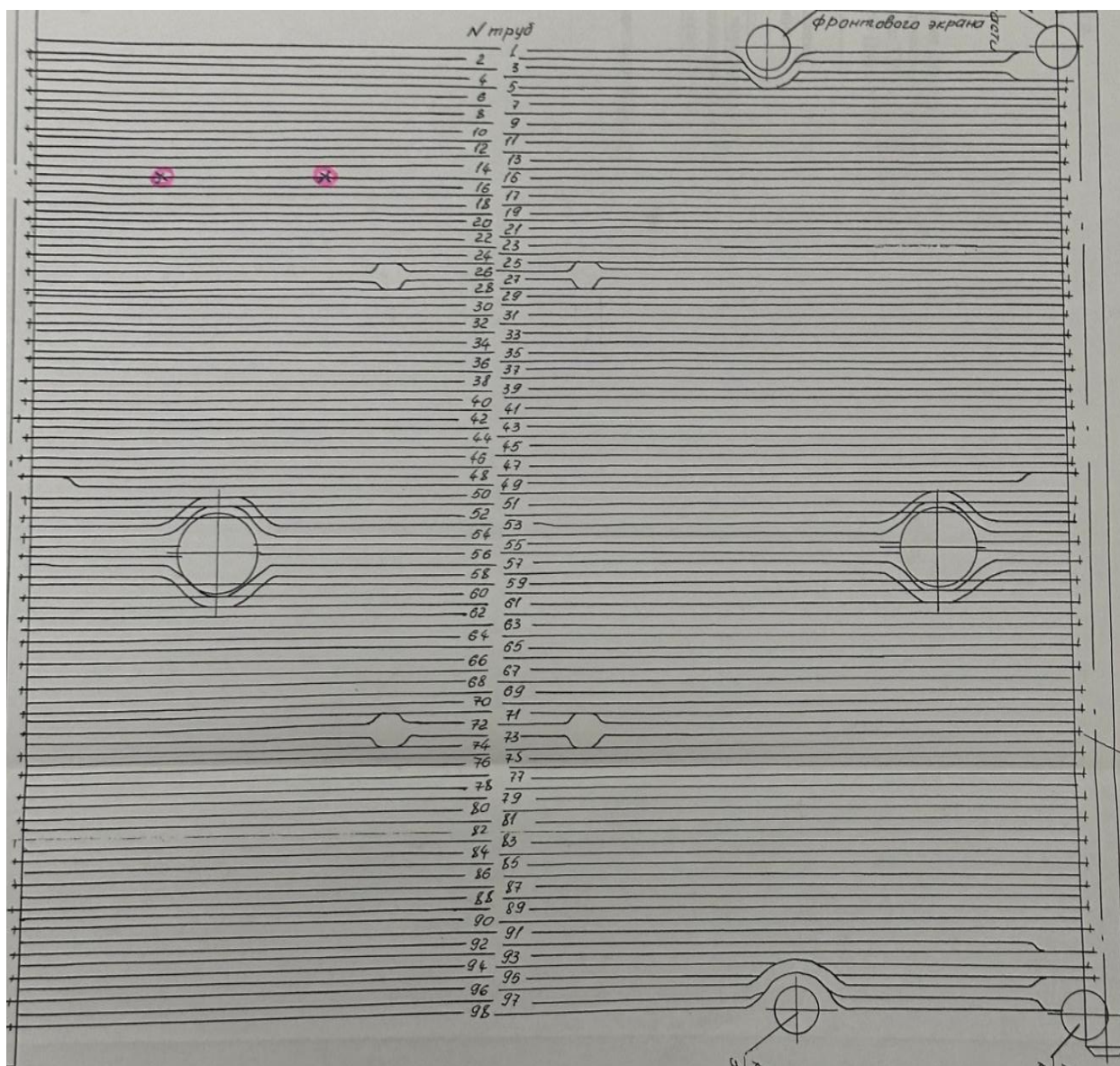


Рис. 5.5. Лівий боковий екран.

**5.2.6. Ультразвукавий контроль зварних з'єднань лівого-проміжного екрану топки котла(Рис. 5.6.)::**

№	Номер зварного з'єднання за схемою	Розміри, мм	Опис виявленого дефекту	Оцінка якості, бал	Примітка
1.	2-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
2.	2-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
3.	10-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
4.	10-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
5.	10-3	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
6.	18-1	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б -2	
7.	18-2	115x6	Недопустимих дефектів не виявлено	Б-2	

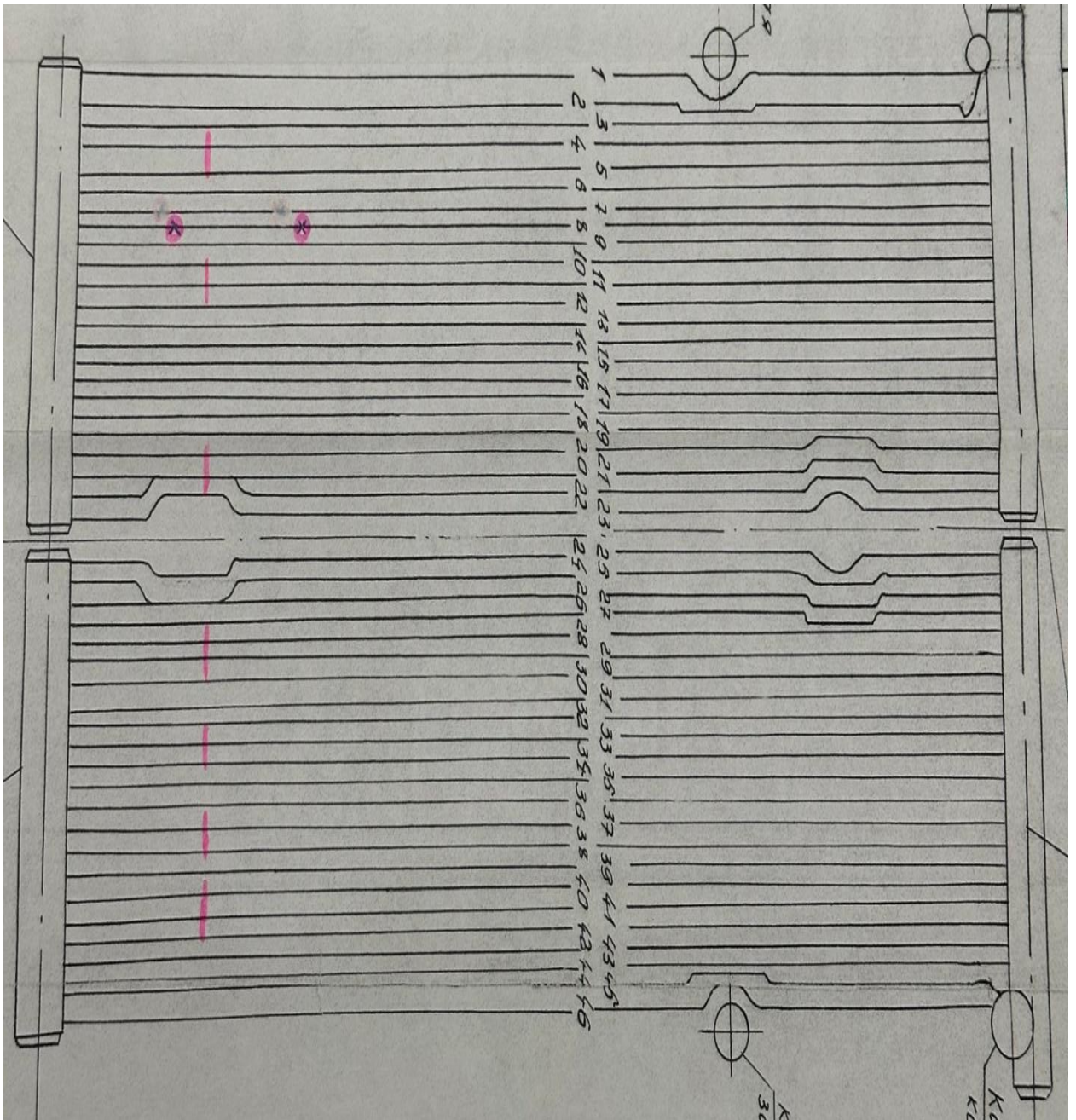


Рис. 5.6. Лівий проміжний

### **5.3. Проведення ультразвукової товщинометрії (далі узт) топки котлоагрегату ПТВМ-180, а також згинів трубопроводів живильної води**

Мета проведення вимірів товщини екраних труб котла полягає в тому щоб заздалегідь побачити та визначити зони потоншення прямих ділянок труб, а також згинів. Та якщо потоншення складає більш ніж 20% від товщини труби – завчасно виконати заміну, що в свою чергу попередить аварійні зупинки в майбутньому.

План робіт з ультразвукової товщинометрії:

Екран	Кількість труб, %	Макс потоншення,%
Фронт	100%	20%
Тил	100%	20%
Правий	100%	20%
Правий-проміжний	100%	25%
Лівий	100%	20%
Лівий-проміжний	100%	25%

#### **5.3.1. Ультразвукова товщинометрія фронтного екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.7.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка з візуального контролю
1.	Фронт (1.5м)	3,5-4,1 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
2.	Фронт (2м)	3,4-3,9 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
3.	Фронт 2,5м	3,6-4,0 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
4.	Фронт (3м)	3,3-3,8 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно

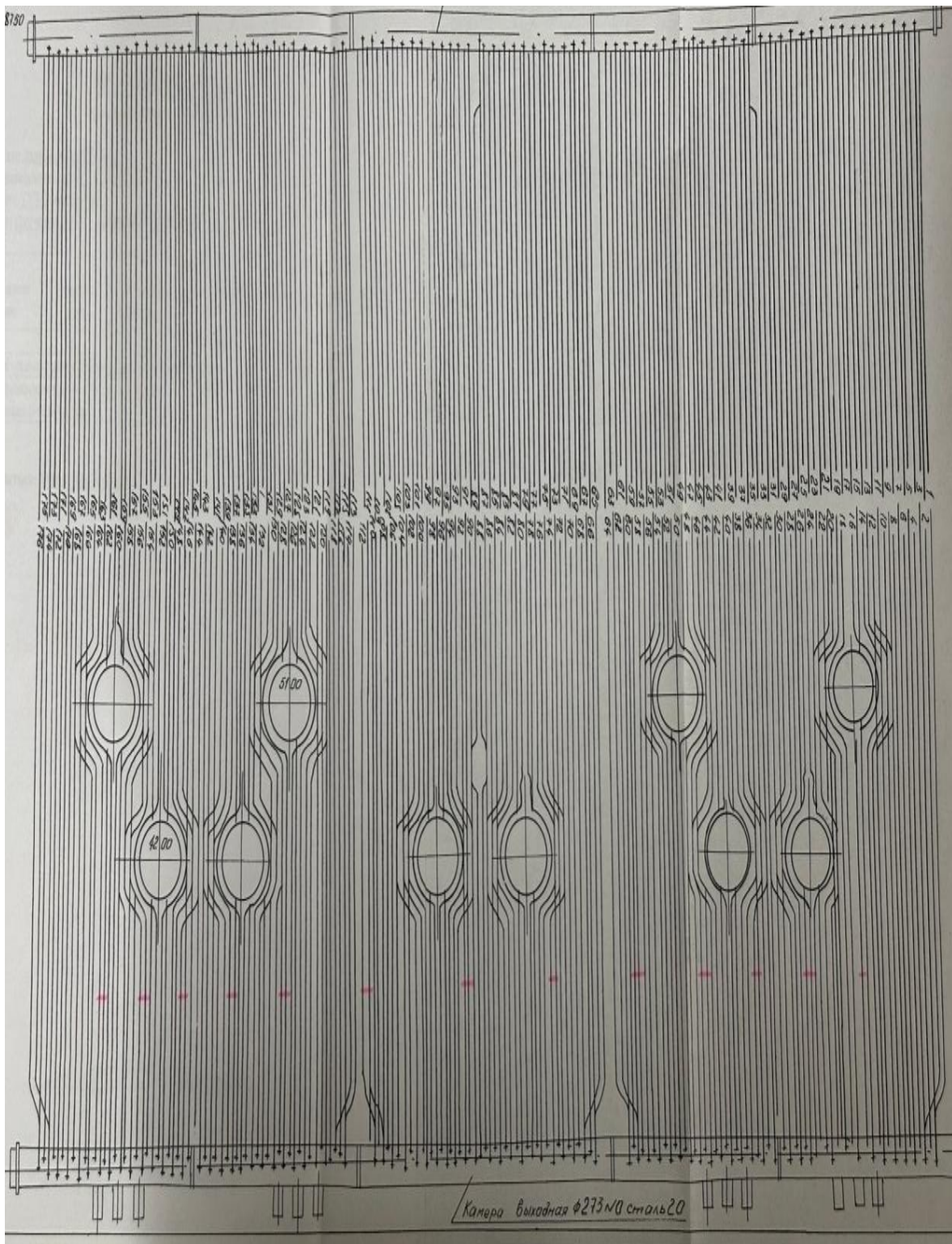


Рис. 5.7. Фронтний екран.

Висновок: товщина екранних труб фронтного екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні.

**5.3.2. Ультразвукова товщинометрія заднього (тилового) екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.8.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка
1.	Тил (1.5м)	3,5-4,1 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно
2.	Тил (2м)	3.7-4.0 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно
3.	Тил (2.5м)	3.6-3.9 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно
4.	Тил (3м)	3.4-3.9 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно



Рис. 5.8. Задній екран.

Висновок: товщина екранних труб заднього (тилового) екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні.

**5.3.3. Ультразвукова товщинометрія правого (бокового) екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.9.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка
1.	Правий бок. (1.5м)	2,6-4,1 мм	3,2 (20%)	100%	Не задовільно
2.	Правий бок. (2м)	3.7-4.0 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно
3.	Правий бок. (2.5м)	3.4-3.9 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно
4.	Правий бок. (3м)	3.6-3.9 мм	3,2 (20%)	100%	Задовільно

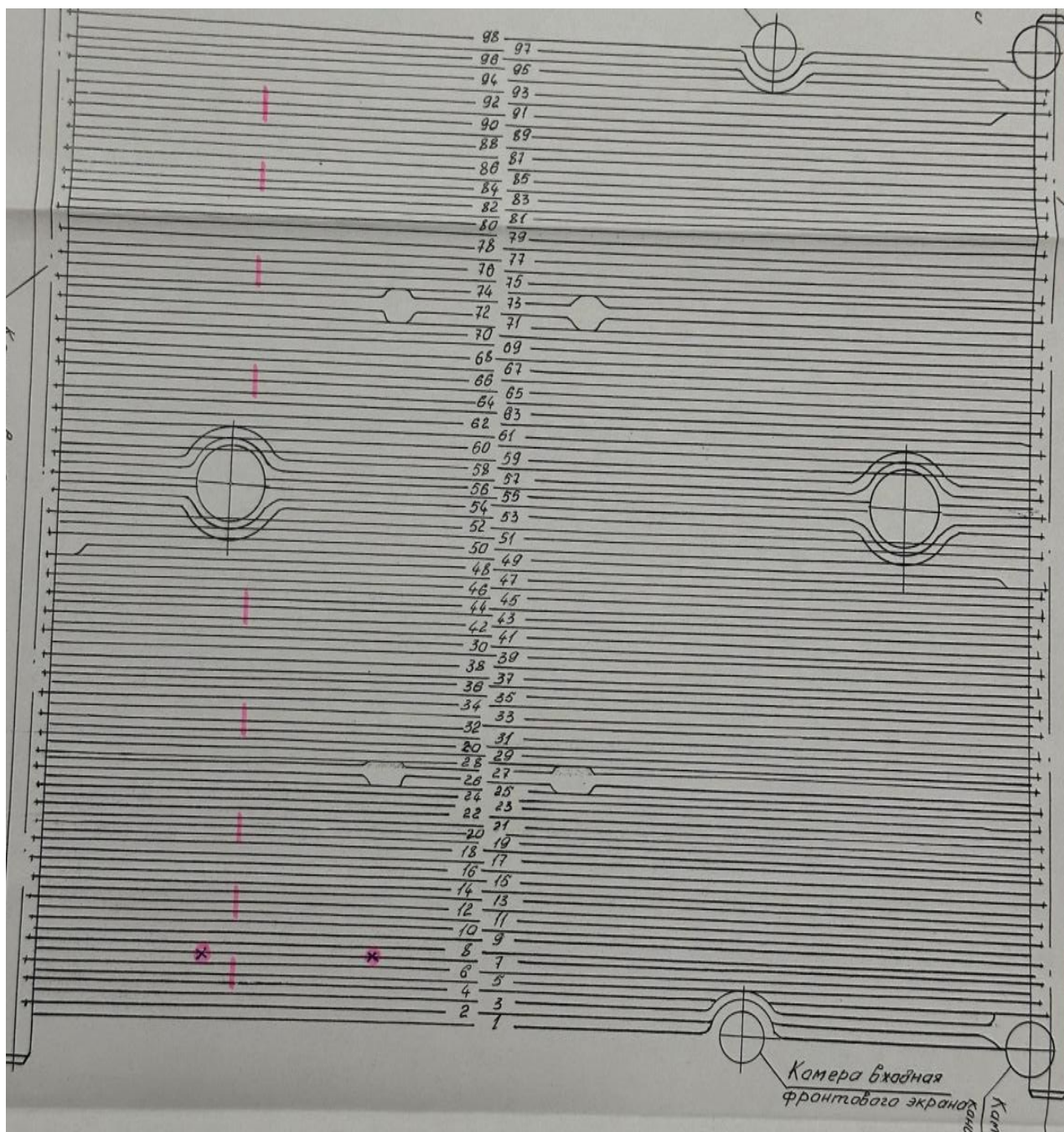


Рис. 5.9. Правий боковий екран.

Висновок: товщина екранних труб правого (бокового) екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні, за винятком одієї екранної труби яку було вирізано та замінено, вирізану частину відправили на металографічні дослідження в лабораторію.

**5.3.4. Ультразвукова товщинометрія правого (проміжного) екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.10.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка
1.	Правий проміж (1.5м)	4,1-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	Не задовільно
2.	Правий проміж (2м)	4,8-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно
3.	Правий проміж (2.5м)	5,1-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно
4.	Правий проміж (3м)	5,3-5,9 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно

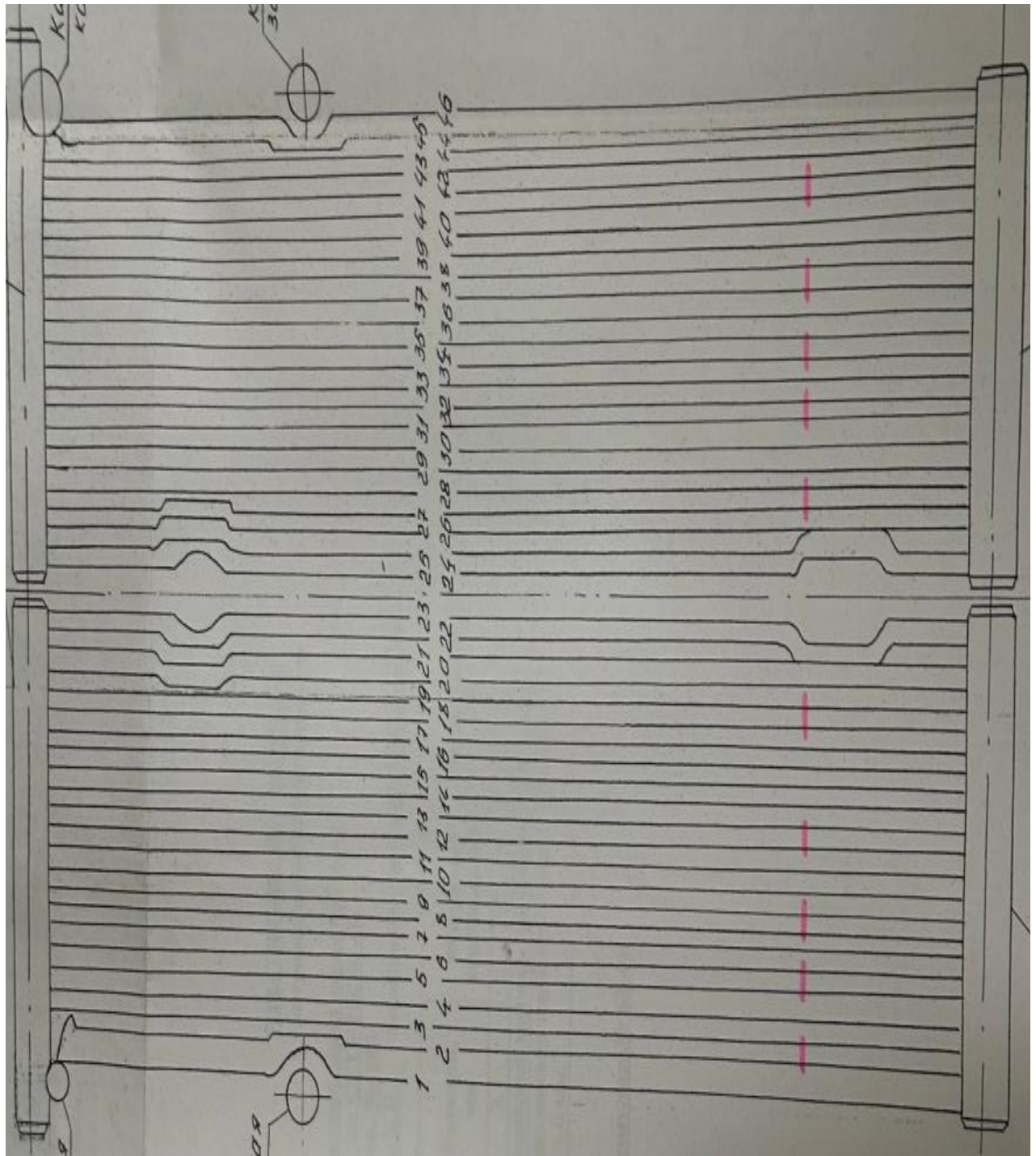


Рис. 5.10. Правий проміжний.

Висновок: товщина екранних труб правого (проміжного) екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні, за винятком одієї екранної труби яку було вирізано та замінено, вирізану частину відправили на металографічні дослідження в лабораторію.

**5.3.5. Ультразвукова товщинометрія лівого (бокового) екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.11.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка
1.	Лівий бок. (1.5м)	3,5-4,1 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
2.	Лівий бок. (2м)	3.7-4.0 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
3.	Лівий бок. (2.5м)	3.4-3.9 мм	3,2 (20%)	100%	задовільно
4.	Лівий бок. (3м)	2,7 -3.9 мм	3,2 (20%)	100%	Не задовільно

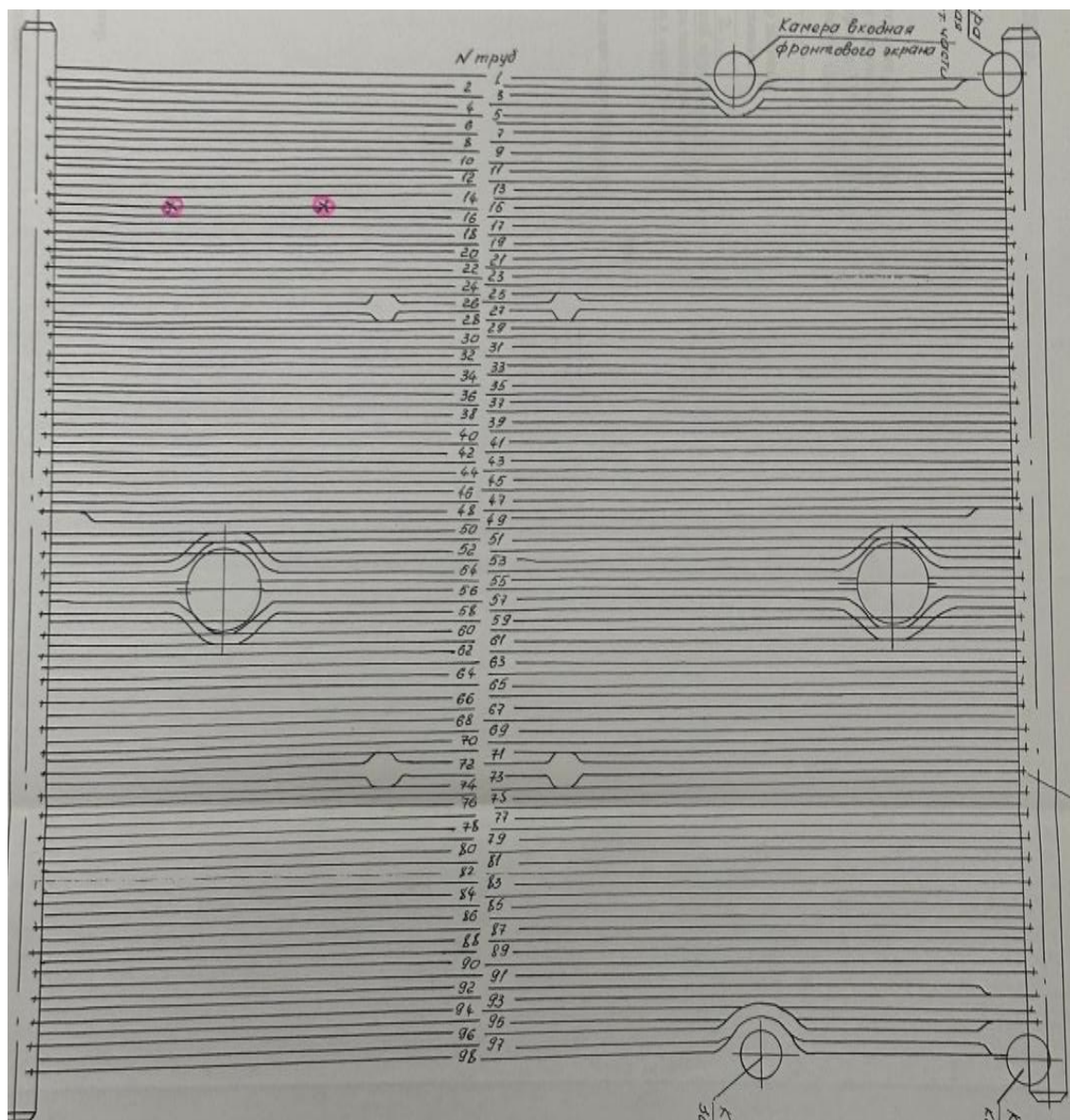
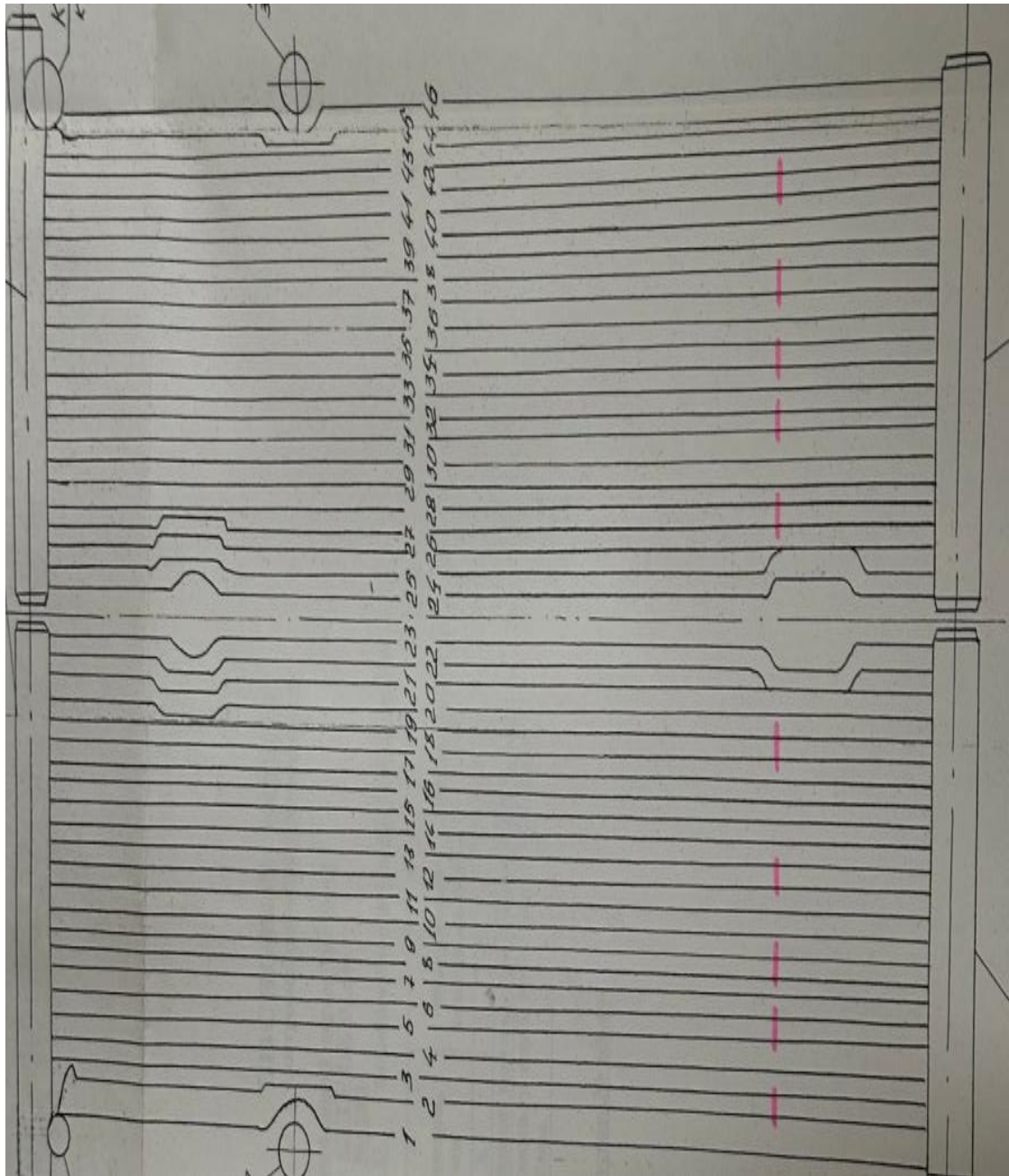


Рис. 5.11. Лівий боковий.

Висновок: товщина екранних труб лівого (бокового) екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні, за винятком одєї екранної труби яку було вирізано та замінено, вирізану частину відправили на металографічні дослідження в лабораторію.

**5.3.6. Ультразвукова товщинометрія лівого (проміжного) екрану топки котла ПТВМ-180 (Рис. 5.12.):**

№	Екран топки	Товщина номінальна, мм	Максимально допустиме потоншення	Контроль виконано у обсязі	Оцінка
1.	Правий проміж (1.5м)	5,1-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно
2.	Правий проміж (2м)	4,8-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно
3.	Правий проміж (2.5м)	4,0-6,0 мм	4,5 (25%)	100%	Не задовільно
4.	Правий проміж (3м)	5,3-5,9 мм	4,5 (25%)	100%	задовільно



‘Рис. 5.12. Лівий проміжний екран.

Висновок: товщина екранних труб лівого (проміжного) екрану в межах допустимого потоншення. Результати ультразвукової товщинометрії – задовільні, за винятком одієї екранної труби яку було вирізано та замінено, вирізану частину відправили на металографічні дослідження в лабораторію.

## 5.4. Проведення металографічних досліджень заміненних ділянок котла

### 5.4.1. Металографічний аналіз заміненних вставок екранних труб ПТВМ-180

Замінені вставки екранів котла були відправлені в лабораторію металів для проведення металографічних досліджень в зонах потоншення, а також в зонах браку зварного з'єднання.

Заключення та висновки з давнього виду аналізу буде зроблена в виді протоколу.

№ п\п	Номинальний типорозмір, мм, марка сталі	Номер вставки та екрану, зварний з'єднання	Опис мікроструктури	Бал деградації зерен
1.	115x6 мм Сталь 20	№ 23 Правий проміжний	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	2-3
2.	115x6 мм Сталь 20	№ 8 Лівий проміжний	Мікроструктура складеться з напіврозпавшихся зерен фериту, які оминаються зернами фериту (фото 2)	4-5
3.	60x4 мм Сталь 20	№ 13 Лівий боковий	Мікроструктура складається з перекристалізованого фериту який міг утворитися в наслідок перегріву	5-6
4.	60x4 Сталь 20	№ 4 Правий боковий	Мікроструктура задовільно складається зерен периту та фериту	2-3

5.	60x4 Сталь 20	№ 11 Задній (тиловий)	Мікроструктура задовільно складається зерен периту та фериту	2-3
6.	60x4 Сталь 20	№ 19 Передній (фронтний)	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	3-4

#### 5.4.2. Металографічний аналіз пальників ПТВМ-180;

№ п\п	Розташування, площа мм <sup>2</sup> , марка сталі	Номер пальника	Опис мікроструктури	Бал деградації зерен
1.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 1	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	2-3
2.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 2	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото2)	2
3.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 3	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 3)	2
4.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 4	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 4)	2
5.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 5	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 5)	2
6.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 6	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	2

7.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 7	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 2)	2
8.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 8	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 3)	2
9.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 9	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 4)	2
10.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 10	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 5)	2
11.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 11	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	2
12.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 12	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 2)	2
13.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 13	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 3)	2
14.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 14	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 4)	2
15.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 15	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 5)	2
16.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 16	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 1)	2
17.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 17	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 2)	2

18.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 18	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 3)	2
19.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 19	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 4)	2
20.	Камера згоряння пальника (15:00 та 9:00)	№ 20	Мікроструктура складається з зерен фериту, перліту (бейніту) та дрібних карбідів по границях зерен (фото 5)	2



Фото 5.1. Мікроструктура металу пальника.

Приближення x50

-80-



Фото 5.2. Мікроструктура металу пальника.

Приближення x150

-81-

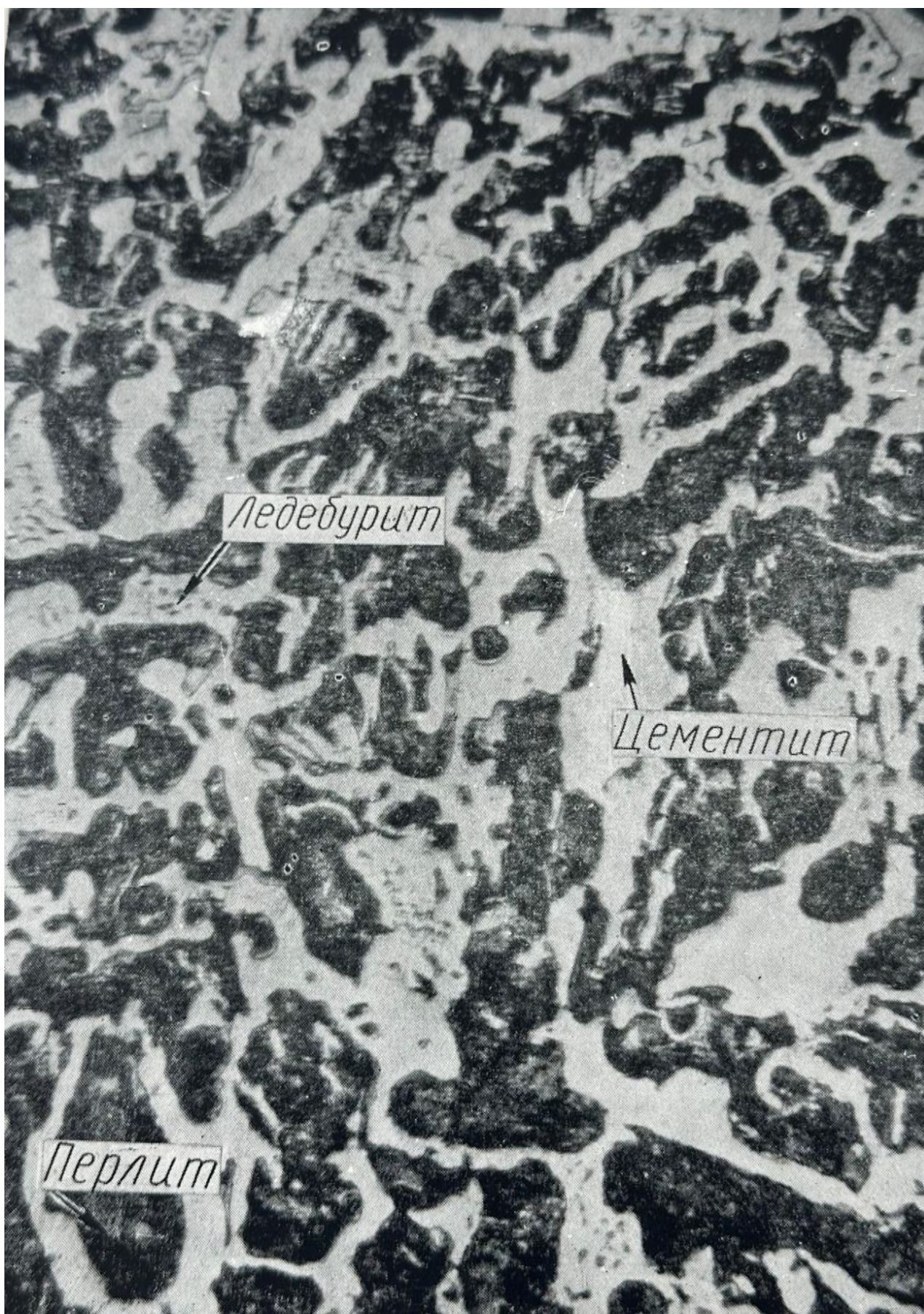


Фото 5.4. Мікроструктура металу пальника в задовільному стані з незначними пошкодженнями.

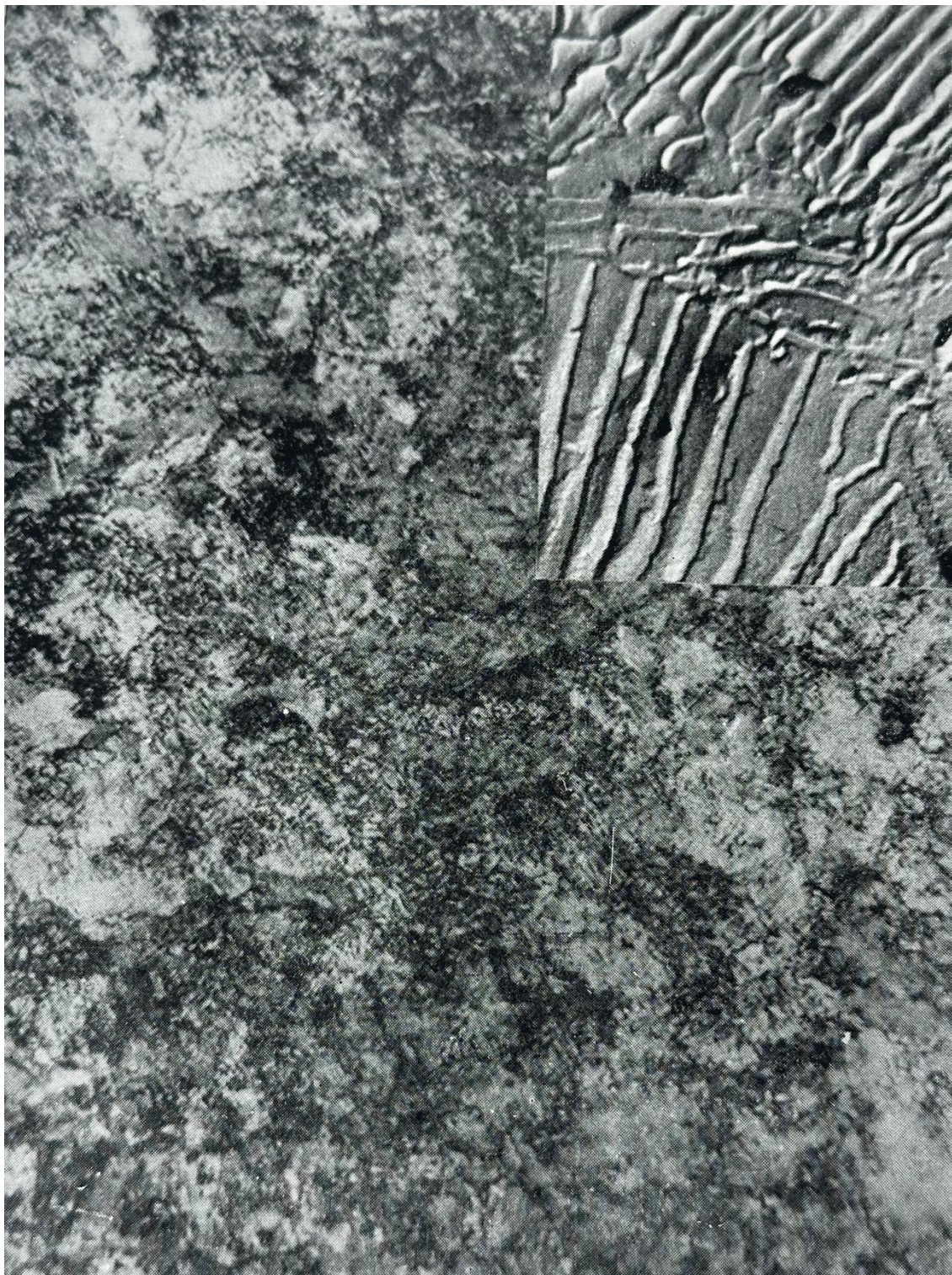


Фото 5.5. Мікроструктура металу пальника з перекристалізованим феритом.

Висновок: Метал пальникової системи об'єкту реконструкції а саме котлоагрегату ПТВМ-180 в задовільному стані з точки зору металографічних досліджень.

## Розділ 6. Методика досліджень (металографія узд, узт.)

6.1. Контроль якості продукції Усі види технічного контролю небезпечних виробничих об'єктів поділяються на 3 групи: руйнівний контроль, випробування під навантаженням і неруйнівний контроль.

6.1.1. Руйнівний контроль Руйнівний контроль - це сукупність видів контролю, які вимагають відбору проб або вирізки зразків безпосередньо з матеріалу об'єкта; при цьому об'єкт залишається непридатним до відновлення місць відбору проб (зразків). До руйнівних методів контролю відносяться: - механічні випробування в складі: -- випробування на розрив методом статичного розтягу; -- випробування на ударну в'язкість методом ударного вигину; -- випробування на тріщиностійкість методом статичного вигину; 5 ТК Спецмонтаж - лабораторний хімічний аналіз матеріалу об'єкта (потребує насверловки певного обсягу стружки); - металографія (дослідження структури металу об'єкта (потребує вирізки шліфів); - твердометрія, контроль твердості матеріалу (встановлюється за розмірами відбитка, який залишає на поверхні зразка індентор при заданому навантаженні). Руйнівному контролю піддаються зразки основного металу, а також металу шва і колошовної зони зварного з'єднання. 1. Механічні випробування. Механічні випробування матеріалу зварного з'єднання виконують на зразках основного матеріалу, що вирізані вздовж або поперек напрямку прокату, а також на зразках матеріалу шва і колошовної зони, що вирізані переважно поперек осі зварного шва. Механічні випробування зварних з'єднань включають:

- випробування на розрив методом статичного розтягу;
- випробування на ударну в'язкість методом ударного вигину;
- випробування на тріщиностійкість при вигині методом статичного вигину.

1.1. Випробування на розрив здійснюються на розривних машинах, які розтягують зразок з постійною малою швидкістю (статичний розтяг), забезпечуючи при цьому реєстрацію подовження зразка  $Dl$  і сили розтягування зразка  $F$ . Результати випробувань зазвичай представляють діаграмою деформування зразка в координатах  $e=Dl/l_0$  та  $s=F/S_0$ , де  $e, s$  - деформація і напруження розтягу зразка при випробуваннях;  $l_0, S_0$  - початкова довжина і площа поперечного перерізу зразка.

1.2. Випробування на ударну в'язкість здійснюються на маятникових копрах, які руйнують або згинають зразок з V-подібним або з U-подібним надрізом за допомогою нанесення удару копром у місце розташування надрізу з протилежного боку зразка. При руйнуванні зразка реєструється робота  $W$ , що витрачена на його руйнування. Випробуванням на ударну в'язкість встановлюється енергетична характеристика тріщиностійкості матеріалу, що отримала назву ударної в'язкості.

Ударна в'язкість визначається відношенням  $W / S_0$ , де  $S_0$  - площа поперечного перерізу зразка в площині симетрії надрізу.

1.3. Випробування (технологічні) на тріщиностійкість при вигині здійснюють на згинальних машинах, які повільно згинають зразок на заданий кут. Після цього вимірюється залишковий кут вигину, що характеризує як міцність, так і пружні властивості матеріалу зразка. Випробування можуть проводитися і на граничний кут вигину, при якому на стороні зразка, що розтягується, з'являється перша тріщина.

2. Хімічний аналіз. Хімічний аналіз матеріалу зварних з'єднань виконують як в лабораторних, так і в польових умовах. У лабораторних умовах хімічний аналіз матеріалу зварного з'єднання виконують на стаціонарних лабораторних установках на зразках металевої стружки основного матеріалу або матеріалу зварного шва. Для повного аналізу маса стружки повинна бути не менше 50 г. При аналізі встановлюється якісний і кількісний хімічний склад металу методом розкладання електромагнітного випромінювання його парів по частотному складу (спектральний метод). Метал стружки переходить з твердого стану в високотемпературний газоподібний стан шляхом його нагрівання електричним розрядом. У польових умовах використовується експрес-метод якісного хімічного аналізу. Цей якісний метод аналізу отримав назву стилоскопіювання.

3. Металографічні дослідження. Металографічні дослідження проводяться на зразках мікрошліфів зварного з'єднання, вирізаних вздовж і поперек зварного шва. Мікрошліф готують шліфуванням і поліруванням поверхонь контролю з подальшим травленням, що забезпечує можливість візуального виявлення структури матеріалу з використанням засобів оптичної мікроскопії (металографічні мікроскопи, лупи). При металографічних дослідженнях матеріалу зварних з'єднань встановлюють:

- внутрішні мікродефекти (тріщини, пори);
- структуру матеріалу (зернистість);
- зони зварного з'єднання (зокрема ЗТВ);
- ступінь старіння основного матеріалу та матеріалу навколошовної зони.

4. Контроль твердості (твердометрія).

Твердість матеріалу зварних з'єднань контролюють як в лабораторних, так і в польових умовах. У лабораторних умовах вимірюють твердість матеріалу зразків-шліфів, що попередньо вирізані зі зварних з'єднань і підготовлені для контролю. Для вимірювання твердості використовуються стаціонарні твердометричні установки. Твердість матеріалу вимірюється методом вдавлювання в поверхню зразка індентора під заданим навантаженням. У якості індентора використовуються тверді тіла сферичної, конічної або призматичної форми. Твердість матеріалу встановлюється за розмірами відбитку, що залишає індентор на поверхні зразка. У

польових умовах твердість матеріалу зварного з'єднання вимірюється безпосередньо на об'єкті контролю за допомогою переносних твердомірів.

При цьому використовуються різні експрес-методи контролю, а саме:

- метод відскоку бойка з індентором;
- метод ударного введення індентора;
- інші методи.

Значення твердості матеріалу можна перерахувати в значення границі міцності на підставі відомого емпіричного співвідношення  $sv = kHB$ , де  $HB$  – твердість по Брюнелю,  $k$  – емпіричний коефіцієнт пропорційності. Проте, використовувати це співвідношення треба з великою обережністю, оскільки напружено-деформований стан зразка при розтягуванні і при введенні індентора принципово різні, що виключає можливість фізичної зв'язку між твердістю і міцністю матеріалу. 1.2.2. Методи випробувань під навантаженням Випробування зварних з'єднань під навантаженням проводяться в складі звареної конструкції (об'єкта контролю та випробувань) в цілому. Випробування звареної конструкції проводяться з метою контролю міцності та конфігураційної стійкості. При випробуваннях зварних оболонкових конструкцій, типу трубопроводів, посудин і резервуарів, додатково контролюється герметичність зварних з'єднань конструкцій. Нижче розглядаються методи випробувань тільки зварних оболонкових конструкцій. Оболонкові конструкції піддаються гідравлічним або пневматичним випробуванням під тиском. Під час гідравлічних випробувань порожнина оболонки заповнюється водою або іншою рідиною, що не стискається. Тиск рідини при випробуваннях зазвичай в  $1,1 \div 1,5$  рази перевищує робочий тиск в оболонці.

Герметичність зварних з'єднань конструкції встановлюється при відсутності:

- бульбашок повітря при зануренні конструкції в воду;
- бульбашок піни при змазуванні швів мильним розчином;
- показань гелієвого або акустоемісійного шукача протікання;
- інших ознак негерметичності оболонки.

Конфігураційна стійкість звареної оболонкової конструкції при випробуваннях під тиском встановлюється по відсутності: значного деформування (кляцання, плескання та ін.) оболонки конструкції під час підвищення і зниження тиску рідини або газу.

Міцність зварної оболонкової конструкції при випробуваннях під тиском встановлюється по відсутності: факту руйнування оболонки, неприпустимих сигналів акустичної емісії матеріалу оболонки під час підвищення тиску рідини або газу, а також інших ознак руйнування оболонки.

Акустична емісія матеріалу - це явище випромінювання матеріалом звукових хвиль, зазвичай в ультразвуковому діапазоні, при його пластичній деформації та остаточному руйнуванні. Акустичну емісію матеріалу на різних стадіях його життєвого циклу обумовлює: рух дислокацій з подальшим їх злиттям і утворенням мікротріщин, розвиток мікротріщин з подальшим їх злиттям у макротріщини, розвиток макротріщин із подальшим переходом в магістральну тріщину, яка зумовлює остаточне руйнування матеріалу в формі його поділу на частини. Акустична емісія матеріалу можлива також внаслідок тертя бортів тріщин в матеріалі одна об одну при його циклічному навантаженні.

Робота з руйнування матеріалу в різних стадіях витрачається на:

- збільшення внутрішньої енергії матеріалу в процесі накопичення пошкоджень і остаточного руйнування матеріалу;
- розвиток різних дисипативних процесів у матеріалі, кінцевим результатом яких є перетворення цієї частини роботи в тепло.

З енергетичної точки зору акустична емісія матеріалу є одним з таких дисипативних процесів. Цей процес виявляється засобами акусто-емісійного контролю, який визначає місце розташування джерела акустичної емісії і акусто-емісійні характеристики цього джерела. Метод акустичної емісії є пасивним методом неруйнівного контролю. Внаслідок пасивної природи, метод акустичної емісії вимагає виконання роботи з руйнування матеріалу. Тому його застосування доцільно при проведенні випробувань матеріалів зварних з'єднань під навантаженням у складі об'єктів контролю, коли інтенсивність роботи з руйнування матеріалу достатня для виявлення його акустичної емісії.

1.2.3. Неруйнівний контроль (НК) Неруйнівний контроль (НК) - це сукупність таких видів контролю, які виконуються безпосередньо на об'єкті, при цьому справний об'єкт зберігає працездатність без будь-якого пошкодження матеріалу. Існують наступні види неруйнівного контролю: - візуально-оптичний (укр.) / візуальний (міжн.), метод VT; - контроль пенетрантами (кольорова дефектоскопія, капілярний метод контролю), метод PT; - контроль герметичності, метод LT; - радіографічний, метод RT; - ультразвуковий, метод UT; - магнітні, методи MT; - акусто-емісійний, метод AT.

1.2.3.1. Візуально-оптичний метод контролю. Метод VT. Візуально-оптичний (укр.) / візуальний (міжн.) / зовнішній гляд (заст.) контроль передує неруйнівному контролю будь-яким іншим методом. Контроль цим методом є обов'язковим для зварних з'єднань незалежно від сфери їх застосування.

Візуально-оптичний (укр.) / візуальний (міжн.) метод контролю включає наступні підвиди контролю:

- візуальний контроль, за допомогою якого виявляють недосконалості (несуцільності або дефекти) зварних з'єднань;
- вимірjuвальний контроль, за допомогою якого параметризують виявлені (несуцільності і зіставляють виміряні параметри з допустимими значеннями).

Візуальний контроль зварних з'єднань є місцевим контролем, який здійснюється при віддаленні незброєного ока спостерігача від місця контролю на відстань до 600 мм. Відстань найкращого зору при контролі приймається 250 мм.

При місцевому візуальному контролі повинні дотримуватися такі умови:

Дефект Визначення Зображення Незлитина, Довільної форми, отвір чи наскрізна щілина в стінці відливки, що утворилися внаслідок незлиття потоків зниженої текучості рідкого металу при заливці Різностінність Збільшення або зменшення товщини стінок відливки внаслідок зміщення, деформації чи спливання стрижня – Жолоблення Перекручення конфігурації

відливки під впливом напруження, що виникає при охолодженні, а також в результаті неправильної моделі – Виллом Порушення конфігурації і розміру відливки при вибиванні, обрубубуванні, відбиванні ливників і приростів, очищенні та транспортуванні – Пригар Специфічний шар (який важко відокремлюється) на поверхні відливки, що утворився внаслідок фізичної та хімічної взаємодії формотворного матеріалу з металом та його окислами – Спай Поглиблення з закругленими краями на поверхні відливки, що утворилося потоками металу з недостатньою температурою, які неповністю злилися – Здавлення Поглиблення з пологими краями, заповнене формованим матеріалом і прикрите шаром металу, що утворилося внаслідок відшарування формотворної суміші при заливці – Залив Металевий прилив або виступ, що виникає внаслідок проникнення рідкого металу в зазори роз'ємної форми, стрижнів чи стрижневих знаків

#### 1.2.3.3. Метод контролю герметичності. Метод ЛТ.

Герметичність зварних з'єднань контролюється за допомогою виявлення проходження малов'язких рідин і газів через наскрізні несцільності в зварних з'єднаннях. Проходження рідин і газів здійснюється або під дією різниці тисків з різних сторін зварного з'єднання, або під дією капілярних сил зчеплення змочуючих рідин із матеріалом зварного з'єднання.

При контролі герметичності зварних з'єднань застосовуються такі підвиди контролю, в залежності від рідини або газу, що використовуються:

- контроль гасом, при якому наскрізне проходження гасу виявляється візуально крейдяним розчином;
- контроль аміаком, при якому наскрізне проходження аміаку виявляється візуально паперовою стрічкою, просоченою фенол-фталеїном;
- контроль гелієм (інертним газом), при якому наскрізне проходження гелію виявляється гелієвим течешукачем;
- контроль повітрям (вакуум-методом або під надлишковим тиском), при якому наскрізне проходження повітря виявляється візуально по бульбашкам мильного розчину.

Таким чином, контроль герметичності виявляє наскрізні дефекти зварних з'єднань, що викликають порушення герметичності різних порожнин в зварних конструкціях

### 6.3.1. Класифікація дефектоскопів.

Дефектоскопи працюють на частоті  $f = 20 \text{ кГц} \div 30 \text{ МГц}$ .

Прилад акустичного неруйнівного контролю (НК) складається з електронного блоку, перетворювачів, допоміжних та реєструючих пристроїв і використовує методи акустики.

Прилади акустичного НК можна розділити за призначенням на такі групи:

- ультразвукові дефектоскопи;
- ультразвукові товщиноміри;
- прилади акустичної емісії;
- акустичні прилади для вимірювання фізико-механічних властивостей;
- вібродіагностичні установки.

Найбільшу групу складають ультразвукові (УЗ) дефектоскопи.

Класифікація УЗ дефектоскопів проводиться за такими ознаками:

а) в залежності від галузі застосування вони поділяються на прилади загального призначення та спеціалізовані. В окрему групу можна виділити програмовані дефектоскопи на базі портативного комп'ютера з вбудованою дефектоскопічною платою;

б) за функціональними можливостями дефектоскопи поділяються на групи:

- для виявлення несучільностей матеріалів (порогові прилади);

- для виявлення несучільностей, вимірювання координат їхнього розташування та вимірювання амплітуд сигналів від дефектів;
- для виявлення несучільностей, вимірювання координат їхнього залягання, вимірювання амплітуд сигналів від дефектів та вимірювання еквівалентних розмірів несучільностей за їхньою здатністю відбивати сигнал;
- для виявлення несучільностей, вимірювання їхніх реальних розмірів та візуалізації несучільностей в заданих частинах або перерізах об'єкта контролю.

в) за конструктивним виконанням дефектоскопи поділяються на портативні, переносні, пересувні та стаціонарні. До портативних відносяться дефектоскопи з масою не більше 8 кг, які не потребують для перенесення або експлуатації більше одного дефектоскопіста. До переносних - дефектоскопи масою понад 8 кг і (або) такі, що потребують для перенесення або експлуатації більше одного дефектоскопіста, які можуть бути встановлені на робочому місці та приведені в робочий стан за час не більше однієї робочої

зміни (8 годин). До пересувних належать дефектоскопи, що переміщуються вздовж контрольованого об'єкта за допомогою механічних транспортних засобів. Стаціонарними називаються дефектоскопи (установки), призначені для використання на одному, спеціально обладнаному місці.

г) за рівнем участі дефектоскопіста в процесі контролю прилади поділяються на ручні, механізовані, автоматизовані та автоматичні. До ручних відносяться дефектоскопи, в яких всі операції контролю виконує дефектоскопіст.

До механізованих - дефектоскопи, в яких процес сканування об'єкта або заданої ділянки здійснюється без повної або часткової участі дефектоскопіста.

До автоматизованих - дефектоскопи, в яких процес визначення координат відбивачів (відносно початку координат) і представлення результатів контролю у вигляді дефектограми та (або) протоколу контролю здійснюються без участі оператора.

До автоматичних - установки, в яких усі операції контролю, включно з оцінкою якості об'єкта контролю, виконуються без участі оператора.

1) в залежності від сфери застосування:

(УЗДОН) (ультразвукові дефектоскопи загального призначення) - УД;

(УЗДС) (спеціалізовані) - УДС;

2) за функціональним призначенням: група

1 - виявителі Призначені тільки для виявлення дефектів (порогові, сигнальні) - УДС1-22.

група 2 - вимірювачі Призначені для:

група 1 + вимірювання глибини (координат), вимірювання відношення амплітуд сигналів - УД2-70;

використовується розгортка типу А, А-скан. група 3 Призначені для: група 1 + група 2 + вимірювання еквівалентної площі дефектів за їхною здатністю відбивати - УД3-71;

використовується розгортка типу А, В, А-скан, В-скан. Група 4.

Призначені для: група 1 + група 2 + група 3 + розпізнавання форми та орієнтації дефектів, вимірювання умовних розмірів, розмірів в заданих об'ємах або перерізах об'єкта контролю (томографи); використовується розгортка типу А, В, С, А-скан, В-скан, С-скан.

3) за конструктивним виконанням: стаціонарні, портативні, переносні;

4) за стійкістю до механічних впливів: звичайні (незахищені), вібростійкі, ударостійкі;

5) за стійкістю до впливів зовнішнього середовища (температура, вологість, пил);

6) за захистом від впливу агресивних і вибухонебезпечних середовищ;

7) за ступенем участі оператора в процесі контролю: ручні, механізовані, автоматизовані, автоматичні.

Література:

<https://www.undp.org/uk/ukraine/blog/vyyavlennya-realnoho-stanu-enerhetychnoyi-infrastruktury-ukrayiny-pislya-ruynivnykh-obstriliv>

1. Головний інженер ТЕЦ-5
2. Посадова інструкція дефектоскопіста
3. 2. ДНАОП 0.00-1.11-98 Правила будови та безпечної експлуатації
4. парових та водогрійних котлів
5. 3. ДСТУ EN 583-1-2001 Неруйнівний контроль
6. 4. ДСТУ 8879:2019 ультразвуковий дефектоскоп
7. 5. ДСТУ EN 15317:2015 Ультразвукова товщеметрія методи контролю
8. 6. ДСТУ 8.495:2009 ультразвуковий товщиромір (прилад)
9. 7. Нормативний документ. Ультразвуковий контроль зварних зварних
10. з'єднань елементів котлів, трубопроводів і посудин. СОУ-Н МПЕ
11. 40.1.17.302:2005
12. ДСТУ 17640:2018 Ультразвуковий контроль зварних з'єднань.