

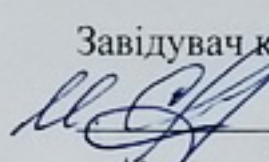
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Зварювальний факультет
Кафедра Інженерії поверхні

«На правах рукопису»

УДК 621.791

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 І.В. Смирнов

«18» 12 2019р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

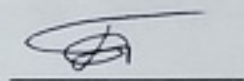
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» («Споріднені технології
зварювання та ресурсозбереження»)

на тему: «Ремонт головного роз'єму реактора ВВЕР-1000 наплавленням»

Виконав :

студент II курсу, групи ЗП-81 мп

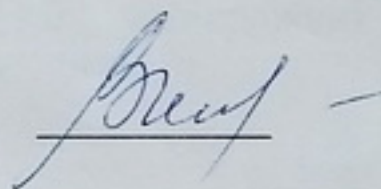
Гонтар І.О.



Керівник:

професор, д.т.н., доцент,

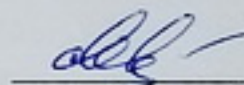
Пашенко В.М.



Консультант з охорони праці:

зав. кафедри., д.т.н., професор,

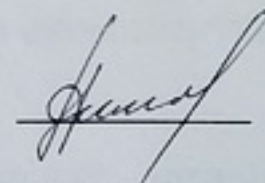
Левченко О.Г.



Рецензент:

Доцент, к.т.н.

Перегін А.О.



Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент 

РЕФЕРАТ

Актуальність теми: На даний час атомна енергія є невід'ємною частиною енергетики України. По всій країні працюють 4 станції, які використовують реактори ВВЕР – 1000 (без врахування Чорнобильської АЕС та двох енергоблоків Рівненської АЕС, які використовують ВВЕР – 440), тому обслуговування та ремонт реакторів є однією з головних задач експлуатації АЕС. Саме з цієї причини автоматизація та вибір способу наплавлення, який буде відповідати нормам якості роботи реактору, стає на перше місце.

Мета роботи: розробити технологію ремонту ущільнюючої поверхні головного роз'єму реактора, яка може гарантувати повне відновлення ущільнюючої поверхні проектних розмірах.

Відповідно до поставленого завдання проведено аналіз технологічності пристосування, розроблено технологічний процес для ремонту ущільнюючої поверхні головного роз'єму реактора, спроектовано і обрано основне та допоміжне зварювальне обладнання та обладнання для механічної обробки поверхні для досягнення підвищення продуктивності.

Магістерська дисертація представлена: розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково – пояснювальна записка складається з реферату, 5-ти частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: 130 аркушів формату А4, 5 аркушів формату А1.

Ключові слова: аргонодугове зварювання, головний роз'єм реактора, атомна енергетика, автоматизоване зварювання.

Abstract

Relevance of the topic: At present, nuclear energy is an integral part of Ukraine's energy. There are 4 VVER-1000 reactors operating across the country (excluding Chornobyl NPPs and two Rivne NPPs using VVER-440), so maintenance and repair of reactors is one of the main tasks of NPP operation. For this reason, automation and the choice of the method of surfacing, which will meet the quality standards of the reactor, comes first.

The purpose of the work is to develop a technology for repairing the sealing surface of the main reactor connector, which can guarantee the complete restoration of the sealing surface of the design dimensions.

In accordance with the task, an analysis of the adaptability was made, a technological process for repairing the sealing surface of the main reactor connector was designed, and the main and auxiliary welding equipment and equipment for machining the surface to produce increased productivity were designed and selected.

Master's dissertation presents: explanatory note and graphic part. The explanatory note consists of an abstract, 5 parts, conclusions, a list of references and appendices. Scope of work: 130 sheets of A4 size, 5 sheets of A1 size.

Keywords: argon arc welding, main reactor connector, nuclear power, automated welding.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Призначення реакторної установки I-го контуру в технологічному циклі АЕС.....	11
1.1.2. Перший контур.....	12
1.1.3 Основні характеристики обладнання ВВЕР-1000	16
1.1.4. Деталі головного ущільнення	20
2 Конструкторський розділ	24
2.1. Причини виникнення дефектів на головному роз'ємі реактора	24
2.2. Методика вибору прокладок для головного роз'єму реактора ВВЕР-1000.....	24
2.3. Практично використовуваний варіант СКУП ГРР ВВЕР-1000.....	26
2.4. Перспективний варіант методу контролю.....	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1. Автоматичне аргонодугове наплавлення PZ UZK TIG	33
3.1.1. Вимоги до зварювального устаткування.....	33
3.1.2. Вимоги до зварювальних матеріалів	35
3.1.3. Технологія наплавлення.....	39
3.1.4. Контроль якості наплавлених поверхонь.....	46
3.1.5. Виправлення дефектів.....	48
3.2. Автоматичне аргонодугове наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT	52
3.2.1. Вимоги до зварювального устаткування.....	52
3.2.2. Вимоги до зварювальних матеріалів	54
3.2.3. Технологія наплавлення.....	58
3.2.4. Контроль якості наплавлених поверхонь.....	70
3.2.5. Виправлення дефектів.....	71
3.3. Механічна обробка	75
3.3.1. Організація робіт	75
3.3.2. Підготовчі заходи	77
3.3.3. Механічна обробка	83
3.3.4. Операції механічної обробки при ремонті ущільнюючої поверхні.....	90
3.3.5. Контроль якості ущільнюючих поверхонь ГРР після механічної обробки	94
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	95
4.1 Опис ідеї проекту	95
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	96
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	97
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	108
5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	108
5.2. Заходи безпеки технологічного процесу	112
5.2.1 Оптимізація параметрів повітряного середовища.....	112

	7
5.3. Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	117
5.4 Пожежна безпека	118
5.5 Капілярний контроль	119
Загальні висновки.....	121
Перелік посилань.....	124
Додатки.....	129

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
БЗТ – блок захисних труб
ВБ – верхній блок
ВВЕР – водо-водяний енергетичний реактор
ВКУ – внутрішньокорпусні пристрої
ГДК – гранично допустима концентрація
ГРР – головний роз’єм реактора
ГЦН – головний циркулюючий насос
КВП – контрольно-вимірювальні пристрої
МПА – максимальна проектна аварія
ПЗ – програмне забезпечення
ПТК – програмно-технічний комплекс
ПУЕ – правила електричних установок
РУ – реакторна установка
САОЗ – системи аварійного охолодження зони
СКУП – система контролю ущільнюючої поверхні
СУЗ – системи управління і захисту
ТВС – тепловиділяючі збірки
ЗІЗ - засоби індивідуального захисту

ВСТУП

Для України атомна енергетика є стратегічно важливим елементом енергозабезпечення: сьогоднішній і прогнозований внесок її складає близько 50% електроенергії, що виробляється в країні.

Успішне функціонування атомної енергетики – одна з необхідних умов забезпечення національної безпеки країни.

Сьогодні в Україні працює чотири АЕС, на яких діють 15 енергоблоків типу ВВЕР (водо-водяний енергетичний реактор) загальною потужністю 13880 МВт. За останнє десятиліття загальне щорічне виробництво електроенергії в Україні збільшилось, зросла й частка енерговиробітку на атомних електростанціях. Тобто, атомна енергетика перетворилася на основний стабілізуючий фактор енергетичної системи країни. Усі ці факти, а також аналіз енергетичних потреб країни та можливостей їх задоволення свідчать про доцільність і необхідність розвитку в Україні атомної енергетики. Вибір саме такого шляху відповідатиме і світовій тенденції [1].

На кожній АЕС для забезпечення безпечної експлуатації і надійності устаткування і систем мають бути організовані їх технічне обслуговування і ремонт.

Специфіка ремонту устаткування АЕС в першу чергу пов'язана з тим, що ядерний реактор, основні його конструкційні елементи і ряд допоміжних систем абсолютно недоступні або обмежено доступні для ремонту. Тільки при зупиненому реакторі створюються певні можливості доступу до устаткування при виконанні ремонтних робіт.

Реактор як ключовий елемент енергоблоку заміні не підлягає. Його технічний стан є одним з вирішальних чинників продовження експлуатації енергоблоку.

Винятковий за своїми масштабами ремонт ущільнюючої поверхні верхнього блоку та головного роз'єму реактора вперше в Україні провели на третьому енергоблоці ВВЕР- 1000 Рівненської АЕС [2].

Унікальним ремонтним роботам передували роки прискіпливої підготовки, пошуки нових шляхів та прийняття важливих рішень.

У рамках заходів з підвищення безпеки нових потужностей та продовження експлуатації діючих енергоблоків за технічним завданням Рівненської АЕС французька фірма «Protom» розробила багатофункціональний пристрій US-3000R для ремонту високої точності ущільнюючих поверхонь реактора ВВЕР-1000.

Пристрій US-3000R – багатофункціональний. Він має кілька змінних модулів, що дозволяє виконувати увесь спектр робіт: фрезерувальних, токарських, зварювальних, свердлильних, шліфувальних. Оператор керує роботами дистанційно. Пульти керування оснащені двома відеокамерами з високою роздільною здатністю. Присутність людини поблизу робочої поверхні також не виключається. Адже, хоча сам процес і повністю автоматизований, міняти модулі потрібно вручну.

Французький верстат US-3000R для ремонту головного роз'єму реактора єдиний в Україні. Його повністю освоїли та адаптували до особливостей вітчизняних реакторів.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу для проведення ремонту головного роз'єму реактора. Аналіз і дослідження експлуатаційних характеристик, їх вплив на роботу обладнання.

Практичне значення одержаних результатів – впровадження розглянутої в роботі технології ремонту дозволить збільшити продуктивність наплавлення, скоротити терміни ремонту ГРП, зменшити дозові навантаження на персонал, що безпосередньо бере участь у виконанні зварювальних операцій, зменшити в теплові дії на основний метал, що позитивно позначиться на терміні його служби та понизити до мінімуму вплив стану поверхні, що наплавляється, на кінцеву якість виконаного наплавлення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення реакторної установки I-го контуру в технологічному циклі АЕС

Перший контур – це контур (разом із системою компенсації тиску), за яким теплоносії під робочим тиском циркулює через активну зону. Перший контур призначений для циркуляції теплоносія і передачі тепла, що виділяється в активній зоні реактора, воді другого контуру в парогенераторах з метою генерації пари в другому контурі для турбогенераторної установки. Далі на турбогенераторній установці відбувається перетворення теплової енергії пара в електричну енергію [38].

Теплоносії водо-водяного ядерного реактора виконує роль сповільнювача нейтронів для активної зони, містить розчинену борну кислоту, яка використовується для рідинного управління реактивністю ядерного реактора, а також одночасно виконує функцію відводу тепла від активної зони реактора.

Перший контур працює під тиском, досить високим, щоб не допустити кипіння теплоносія при проектних параметрах. Робочий тиск першого контуру ВВЕР-1000 складає 160 кгс/см. Будучи замкнутим і герметичним, I контур також виконує функції бар'єра, який перешкоджає виходу продуктів поділу.

Межа I контуру є третім з чотирьох бар'єрів, що перешкоджають проникненню продуктів поділу в навколишнє середовище. Рештою трьома бар'єрами, що перешкоджають поширенню продуктів поділу в довкілля служать:

- паливна матриця;
- оболонка твелів;
- межа першого контуру;
- герметичне огороження локалізуючих систем безпеки.

I-й контур є найважливішим бар'єром безпеки, оскільки в разі його відмови не тільки втрачається один з бар'єрів, але і створюються несприятливі умови

роботи для решти бар'єрів: твелів і системи локалізації. Тому I-й контур повинен мати високу стійкість до різних впливів в умовах аварійних ситуацій і аварій.

До складу першого контуру уніфікованого ядерного реактора ВВЕР-1000 входять наступні компоненти [38]:

- реактор;
- чотири циркуляційні петлі, кожна з яких включає:
 - головні циркуляційних трубопроводи;
 - головний циркуляційний насос;
 - парогенератор в частині, що містить теплоносій I контуру (колектора і теплообмінні трубки);
- система компенсації тиску теплоносія;
- трубопроводи систем нормальної експлуатації і систем безпеки, приєднані до першого контуру - до першої запірної арматури.

1.1.2. Перший контур

Реакторна установка (РУ) – комплекс систем і елементів енергоблоку, призначених для перетворення ядерної енергії в теплову. РУ включає в себе безпосередньо пов'язані з нею системи, необхідні для його нормальної експлуатації, аварійного охолодження, аварійного захисту і підтримки в безпечному стані, за умови виконання необхідних допоміжних і забезпечувальних функцій іншими системами [38].

Реакторна установка включає в себе наступні основні системи першого контуру (рис. 1.1):

- головний циркуляційний контур (1,2,3) (ГЦК);
- систему підтримки тиску в першому контурі (4);
- систему захисту першого контуру від перевищення тиску (5);
- пасивну частину системи аварійного охолодження зони (6) (систему гідроаккумуляторів).

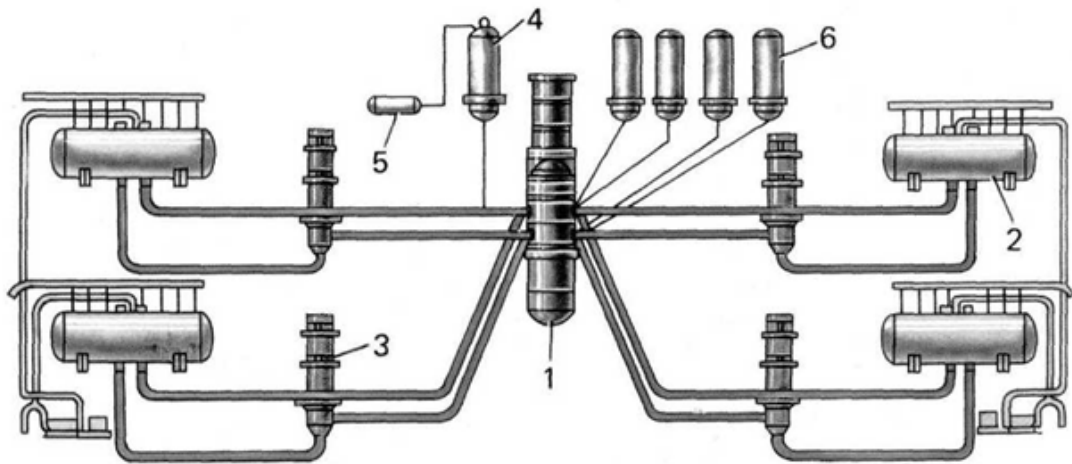


Рисунок 1.1 – Реакторна установка

До складу ГЦК входять:

- ядерний енергетичний реактор ВВЕР 1000 (1) корпусного типу з водою під тиском;
- чотири циркуляційні петлі, кожна з яких складається з:
- парогенератора (2) ПГВ-1000М;
- головного циркуляційного насоса (3) ГЦН-195М;
- головних циркуляційних трубопроводів умовним діаметром 850 мм (Ду 850), що з'єднують обладнання петель з реактором.

ГЦК є третім фізичним бар'єром на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Водо-водяний реактор ВВЕР-1000 на теплових нейтронах являє собою циліндричну посудину, що складається з корпусу і знімного верхнього блоку з кришкою. У корпусі розміщені внутрішньокорпусні пристрої та активна зона реактора, що складається з тепловиділяючих збірок.

Парогенератор ПГВ-1000М являє собою однокорпусному рекуперативний теплообмінний апарат горизонтального типу із зануреним трубним пучком і призначений для вироблення сухого насиченої пари.

Головний циркуляційний насос ГЦН-195М призначений для створення циркуляції теплоносія в першому контурі і являє собою вертикальний

відцентровий одноступінчатий насос з гідродинамічним ущільненням валу, консольним робочим колесом, осьовим підведенням води і виносним трифазним асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором з маховиком [38].

Система підтримки тиску в першому контурі включає в себе парової компенсатор тиску з комплектом електронагрівачів, барботер, з'єднувальні трубопроводи, трубопровід уприскування з арматурою і служить для створення і підтримки тиску в першому контурі, в стаціонарних режимах обмеження відхилень тиску в перехідних і аварійних режимах і зниження тиску в режимі розхолоджування.

Система захисту першого контуру від перевищення тиску включає в себе імпульсно-запобіжні пристрої, встановлені на трубопроводі скидання пари в барботер і служить для запобігання обладнання і трубопроводів першого контуру від перевищення допустимого тиску теплоносія першого контуру в аварійних і перехідних режимах.

Пасивна частина системи аварійного охолодження зони складається з гідроємностей САОЗ, трубопроводів зв'язку ємностей САОЗ з реактором і арматури на цих трубопроводах. Система призначена для аварійного затокі і охолодження активної зони реактора при розривах трубопроводів РУ.

Допоміжними тепломеханічними системами першого контуру є:

- система продувки – підживлення першого контуру, включаючи борне регулювання;
- система дренажів і повітряних клапанів;
- система організованих протікань;
- система очищення байпасом теплоносія I контуру (СВО-1);
- система азоту і газових сдувок.

Безпосередньо з першим контуром пов'язані активні САОЗ і система аварійного газовидалення.

Таблиця 1.1 – Параметри РУ в стаціонарному режимі при нормальній експлуатації

Найменування параметру	Величина
Потужність реактора тепла, МВт	3000
Тиск в першому контурі (на виході з активної зони),	160±3 (15,7±0,29)
Температура теплоносія на виході з реактора, °С	320
Підігрів теплоносія в реакторі, °С	30,3
Паропроизводительность, т/год	5880
Тиск генерується пара, кг/см ² (МПа)	64±2 (6,27±0,19)
Вологість пара, що генерується, %	0,2

Компонування основного обладнання РУ представлена на рис. 1.2

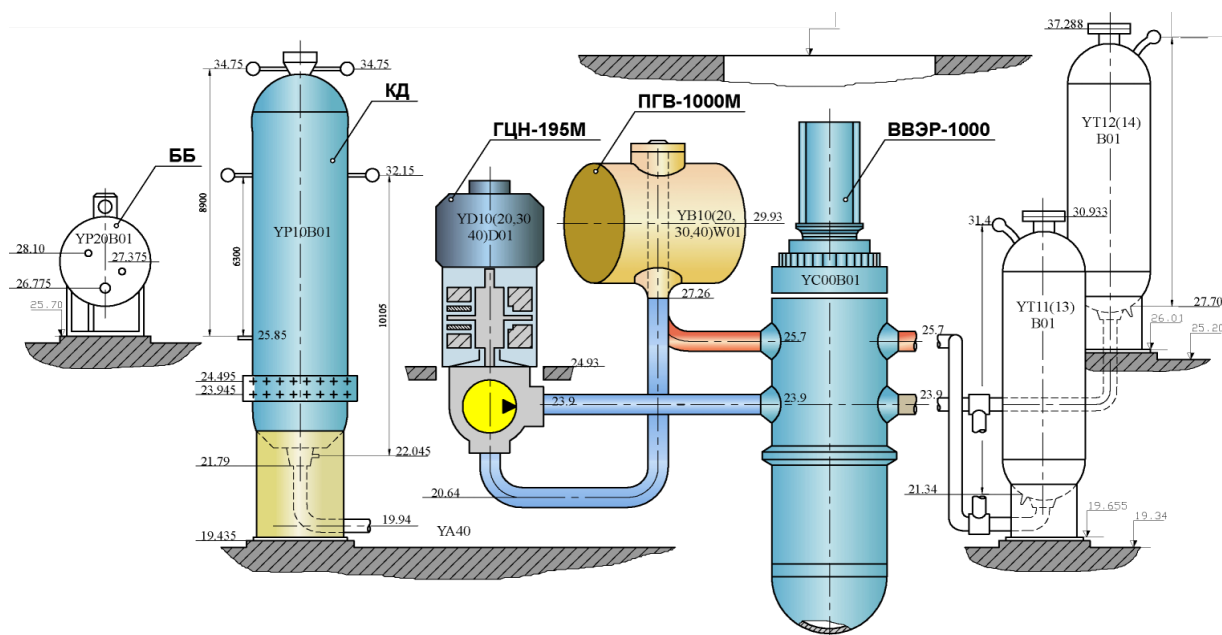


Рисунок 1.2 – Основне обладнання РУ

1.1.3 Основні характеристики обладнання ВВЕР-1000

Реакторна установка з реактором ВВЭР-1000 є складовою частиною енергоблока АЕС і спільно з турбогенератором використовується для виробництва електроенергії у базовому режимі. Призначення реакторної установки – вироблення сухої насиченої пари для установки турбогенератора, де теплова енергія пари перетвориться в електричну енергію [3].

Реакторна установка оснащена модернізованим серійним ядерним реактором ВВЭР-1000 корпусного типу з водою під тиском. Реактор енергетичний ВВЭР-1000 призначений для вироблення теплової енергії за рахунок керованої ланцюгової реакції ділення атомних ядер палива в активній зоні. Реактор водо-водяний, гетерогенний, корпусного типу, працює на теплових нейтронах з водо-водяним теплоносієм-уповільнювачем (вода під тиском). Використання води як уповільнювача і теплоносія в реакторі спрощує його конструкцію в порівнянні з іншими типами реакторів. Особливість водо-водяних реакторів типу ВВЭР – тісне розташування твелів в уран-водяних ґратах. Типове значення співвідношення об'ємів води і палива для ВВЭР рівне приблизно двом, що у поєднанні з хорошими теплофізичними властивостями води забезпечує високі (приблизно 100 МВт/м³ і більше) значення питомого енерговиділення в активній зоні і можливість використати виготовлений в заводських умовах корпус [3].

Реактор є вертикальним циліндричним корпусом з еліптичним днищем, усередині якого розміщується активна зона і внутрішньокорпусні пристрої. Згори корпус реактора герметично закритий кришкою зі встановленими в її патрубках приводами СУЗ і герметичними виведеннями в її патрубках кабелів датчиків внутрішньореакторного контролю. Кріплення кришки до корпуса здійснюється шпильками.

Спрощений розріз реактору ВВЕР-1000 зображено на рис. 1.3.

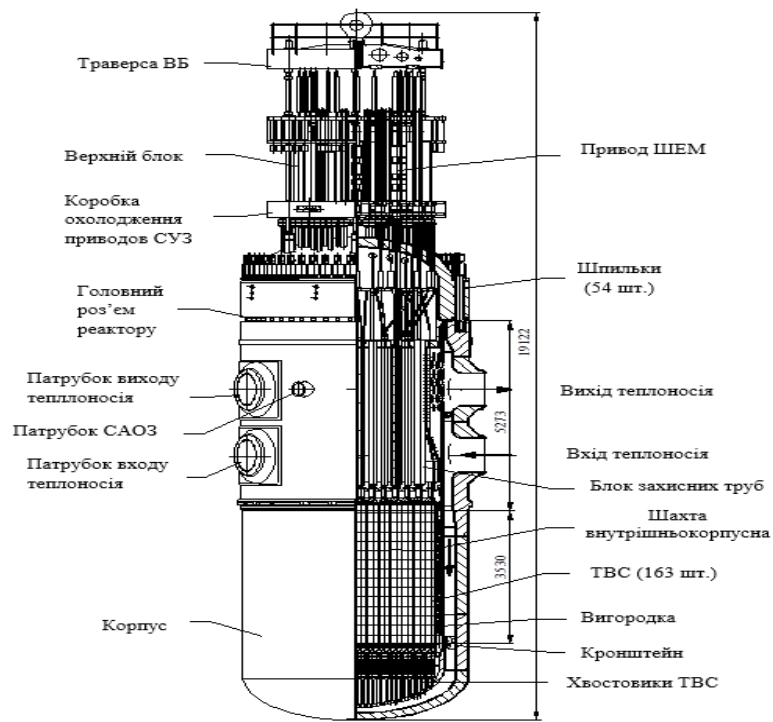


Рисунок 1.3 – Реактор ВВЕР – 1000 [4]

Корпус реактора (рис. 1.4) є зварною циліндричною посудиною високого тиску з еліптичним днищем. Корпус складається з фланця, зони патрубків, опорної обечайки, циліндричної частини і еліптичного днища. Фланець і усі обечайки виконані цільнокованими, днище – штамповане із заготівлі. Патрубки Ду850 витягнуті з основного металу обечайки зони патрубків методом гарячого штампування. В якості основного матеріалу корпусів реакторів застосована атестована для корпусів і трубопроводів сталь 15Х2НМФА і 15Х2НМФА-А з легуючими добавками хрому, молібдену, ванадію, нікелю. Габарити корпусу реактора: висота 10897 мм, діаметр зовнішній по фланцю 4570 мм, діаметр по циліндричній частині 4535 мм, товщина циліндричної частини корпусу (без наплавлення) 192,5 мм, розмір в плані по патрубках 990×70...5260 мм, маса корпусу 320 т [3].

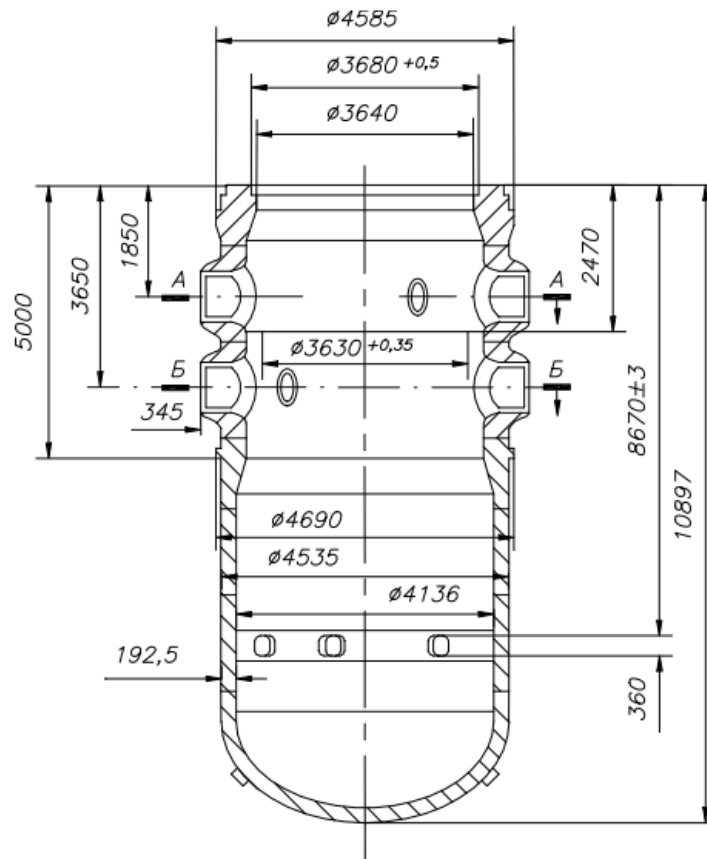


Рисунок 1.4 – Корпус реактора ВВЭР- 1000

У конструкції корпусу реалізовані наступні вимоги нормативно-технічної документації:

- 1) розрахунковий термін служби корпусу (з кришкою) – 40 років;
- 2) напрацювання до відмови – не менше 24000 годин (під відмовою розуміється відновлювані пошкодження корпусу типу: текти роз'ємного з'єднання, текти штуцера, задираки різьблення і т.д.);
- 3) забезпечення надійної та безпечної експлуатації протягом розрахункового терміну служби;
- 4) можливість огляду, контролю основного металу і зварних з'єднань неруйнівними методами дефектоскопії і дезактивації внутрішньої поверхні;
- 5) облік змін фізико-механічних властивостей матеріалу корпусу під дією радіоактивного випромінювання і температури;
- 6) облік всіх можливих при експлуатації силових, температурних і сейсмічних впливів.

У розрахунку корпусу реактора на міцність враховані зміни параметрів у всіх проектних режимах (нормальні умови експлуатації, порушення нормальних умов експлуатації та аварійні) і обґрунтований розрахунковий ресурс, його надійність і безпеку. Корпус реактора відноситься до елементів нормальної експлуатації, важливих для безпеки.

Корпус реактора відноситься до першого класу небезпечності згідно з НП 306.2.1412008, групі А по ПНАЕ Г-7-008-89, першої категорії сейсмостійкості по ПНАЕ Г-5-006-87.

Класифікаційне позначення 1 Н.

До складу корпусу ядерного реактора входять [38]:

- корпус;
- кришка;
- кільце опорне;
- кільце завзяте;
- деталі головного ущільнення;
- зразки свідки.

Корпус складається з фланця, обичайки зони патрубків, опорної обичайки, обичайок циліндричної частини і еліптичного днища.

Верхній блок призначений для ущільнення головного роз'єму реактора, розміщення приводів ШЕМ і приводів електрообладнання, розміщення висновків комунікацій системи ВРК і їх ущільнення, утримання від спливання касет, БЗТ і шахти реактора.

Верхній блок відноситься до 1 класу по НП 306.2.141-2008, групі А по ПНАЕ Г-7-008-89, 1 категорії сейсмостійкості по ПНАЕ Г-5-006-87. Класифікаційне позначення 1 Н.

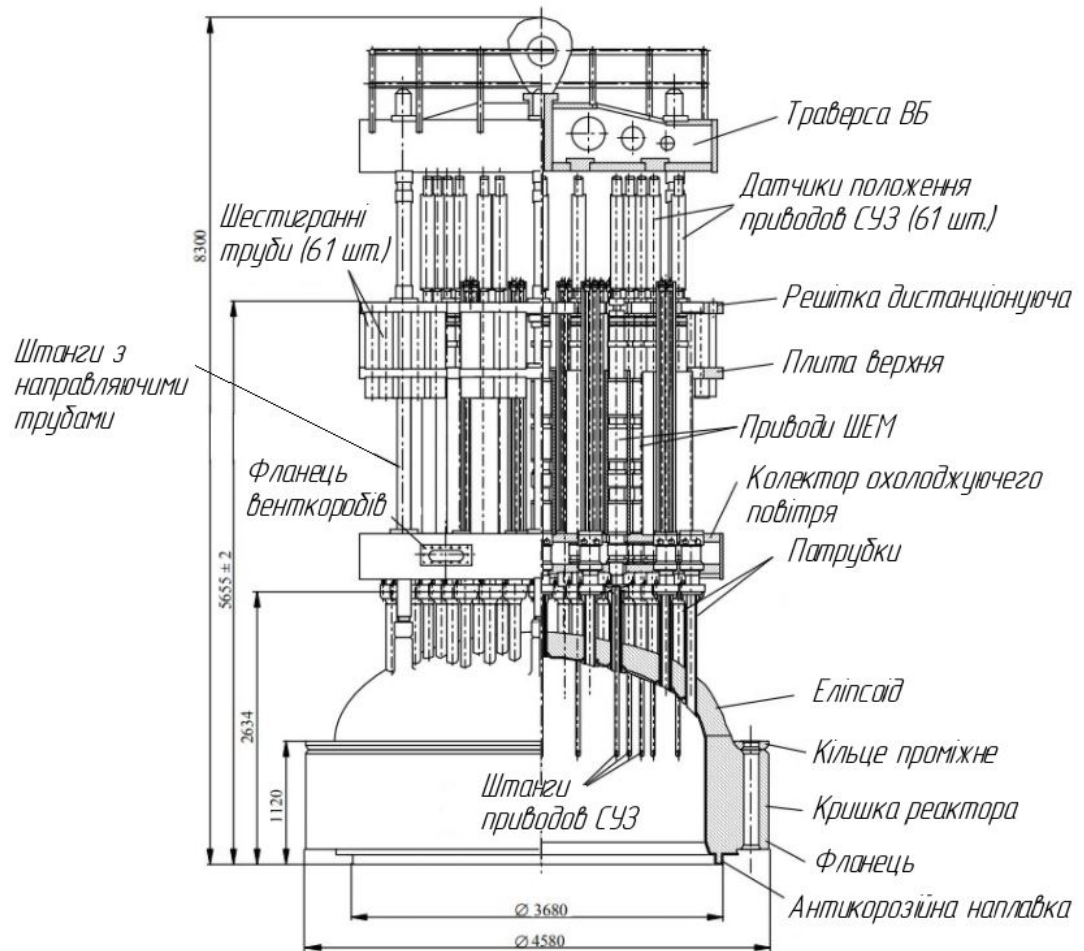


Рисунок 1.5 – Верхній блок ВВЕР-1000

1.1.4. Деталі головного ущільнення

Деталі головного ущільнення призначені для ущільнення головного роз'єму корпусу реактора з кришкою верхнього блоку, а також для кріплення кришки до корпусу. Взаємне розташування деталей вузла ущільнення головного роз'єму представлено на рис. 1.17. До складу вузла ущільнення головного роз'єму входять: [4]

- шпильки;
- гайки;
- шайби;
- прокладки.

Кришка верхнього блоку встановлюється на опорний бурт опорної обичайки блоку захисних труб і притягується до корпусу п'ятдесяти чотирма шпильками M170x6 [4].

Шпилька у зборі має три різьбові частини. Нижня різьбова частина (M170) служить для закріплення шпильки в різьбовому гнізді корпусу. Середня різьбова частина спільно з гайкою служить для утримання кришки верхнього блоку. Верхня частина (M160) служить для з'єднання з гайковертом. Внутрішня частина шпильки виконана полою і в ній розміщений вимірювальний стержень, який служить для контролю витягу шпильки при ущільненні реактора. Контроль витягу шпильки визначається по відносному переміщенню вимірювального стержня. Витяг шпильки робиться гайковертом.

Для збільшення площі контакту гайковерта з фланцем кришки при затягуванні і розущільнюванні головного роз'єму на фланець встановлюється проміжне кільце.

Корончата гайка служить для кріплення верхнього блоку і затягування головного роз'єму. Гайка має різьблення M170 і накрутається на середню різьбову частину шпильки у зборі. На циліндричній поверхні гайки є два отвори діаметром 16 мм для транспортування. Верхня торцева частина гайки забезпечена пазами, через які їй передається обертання за допомогою спеціального комірчика. Накрутання гайки робиться вручну на витягнуту гайковертом шпильку. Пазы надають верхній частині гайки схожість з короною, тому гайка називається "корончатою" [4].

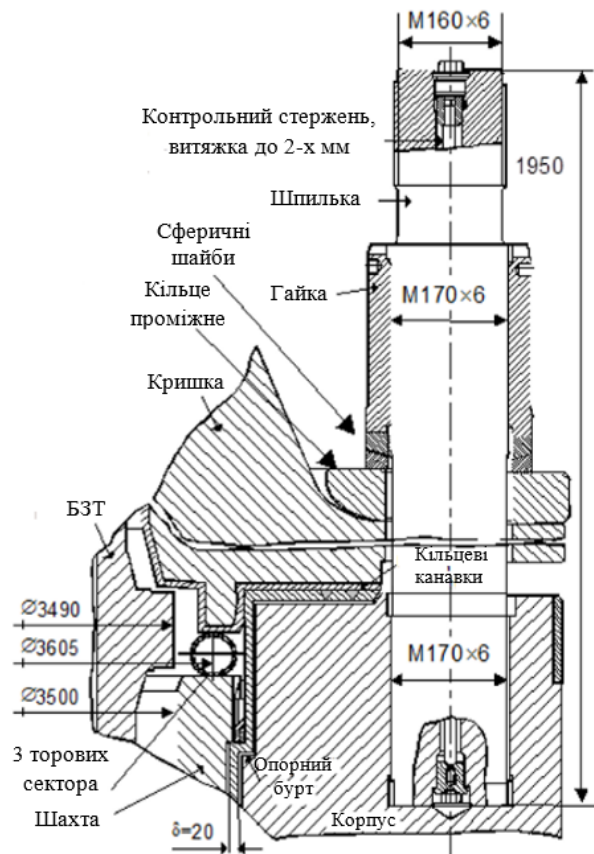


Рисунок 1.6 – Вузол головного роз'єму

Під гайку встановлюються дві сферичні шайби. Шайби нижні і шайби верхні виконані з одного торця сферичними. У зібраному виді шайби сферичними частинами контактують між собою. При цьому знизу встановлюється увігнута шайба, а згори – опукла. Контакт шайби верхньої з гайкою і шайби нижньої з проміжним кільцем здійснюється по площині. [4]



Рисунок 1.7 – Фланець головного роз'єму корпусу реактора ВВЭР-1000
[6]

Щільність головного роз'єму реактора забезпечується шляхом обтискання двох нікелевих пруткових прокладок діаметром 5 мм, які встановлюються в місці контакту фланців кришки і корпусу в V-образні кільцеві канавки на фланці корпусу. Передбачається заміна нікелевих пруткових прокладок діаметром 5 мм на прокладки більшого діаметру – 6 мм – для зниження вібрації конструкційних елементів реактора [4].

При затягуванні шпильок головного роз'єму відбувається пластична деформація прокладень із заповненням об'єму канавок ущільнювачів.

Внаслідок значної контактної напруги в місцях зіткнення прокладок з поверхнями ущільнювачів відбувається місцева пластична деформація останніх. У зв'язку з тим, що операція ущільнення ГРР виконується періодично (один раз на рік), при цьому прокладки для кожного ущільнення виготовляються знову, відбувається накопичення деформацій ущільнювачих поверхонь, що призводить до зміни їх первинної геометрії. Отже, виникає необхідність у їх відновленні.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Причини виникнення дефектів на головному роз'ємі реактора

Забезпечення герметичності головного роз'єму реактора ВВЕР є одним з найважливіших завдань, що визначають безпечну експлуатацію енергоблоку АЕС. Даний вузол включає дві кільцеві нікелеві прокладки, розташовані в канавках на фланці корпусу реактора, а також поверхню ущільнювача фланця кришки реактора [5].

Як було вказано у попередньому розділі, операції ущільнення ГРР призводять до зміни первинної геометрії поверхонь ущільнювачів. Слід зазначити, що ці зміни неоднакові по периметру роз'єму, що викликано розкидом механічних властивостей матеріалів прокладок і фланців в зонах контакту, нерівномірністю зусиль в межах регламентованих допусків затягання шпильок ГРР, а також можливістю локальних ушкоджень. Для первинного вибору діаметру дроту прокладення або ухвалення рішення про частковий або повний ремонт поверхонь ущільнювачів потрібний контроль геометричних параметрів останніх перед кожним ущільненням ГРР. Нині передбачений контроль канавок ущільнювачів методом виміру виступу калібрувальної кульки над контактною поверхнею фланця ГРР, а також глибини наминів на поверхні ущільнювача кришки верхнього блоку.

2.2. Методика вибору прокладок для головного роз'єму реактора ВВЕР-1000

Методика призначена для визначення діаметрів нікелевого дроту d , необхідного для виготовлення прокладок діаметром 4010 мм і 3980 мм для головного роз'єму ВВЭР- 1000 [5].

Методика встановлює зв'язок між фактичними вимірами наминів від прокладок на поверхні ущільнювача кришки ВБ і діаметром дроту. Це необхідно

для виготовлення прокладок з урахуванням встановлених коефіцієнтів заповнення дротом перерізу канавки.

Коефіцієнт заповнення канавки ζ визначається як відношення площі перерізу прокладки до суми площ перерізів канавки ущільнювача корпусу і наміна на поверхні ущільнювача кришки.

Коефіцієнт заповнення канавки ζ береться за основний експлуатаційний критерій працездатності ГРР.

Мінімально допустиме значення коефіцієнта заповнення ζ : $[\zeta_{\min}] = 0,85$.

Максимально допустиме значення коефіцієнта заповнення ζ : $[\zeta_{\max}] = 0,97$.

Площа перерізу канавки ущільнювача $S_k^0 S_k^0$ визначається виміром відстані (выступу) $\delta 0$ калібрувальної кульки, діаметром d з канавки ущільнювача до площини фланця корпусу [5].

Площа перерізу наміна на кришці ВБ визначається виміром глибини наміна h_c на ущільнюючій поверхні.

Вимірювані величини $\delta 0$ і h_c (рис. 2.1) визначаються автоматизованим способом, при цьому забезпечується відповідність місць вимірів $\delta 0_i$ і h_{ci} в i -том перерізі виміру.

Метою проведення вимірів перерахованих величин є виявлення перерізів по периметру канавки, в яких значення $\delta 0 = \min$ і $h_c = \max$ (найгірші перерізи з точки зору значення коефіцієнта заповнення ζ , тобто місця з максимальною сумарною площею поперечного перерізу канавки ущільнювача $S_{k_{\max}}^{\Sigma}$), а також перерізів з $\delta 0 = \max$ і $h_c = \min$ (найгірших перерізів з точки зору перевищення значення коефіцієнта заповнення $\zeta > [\zeta_{\max}] = 0,97$, тобто перерізів з мінімальною площею перерізу канавки $S_{k_{\min}}^{\Sigma}$).b [5].

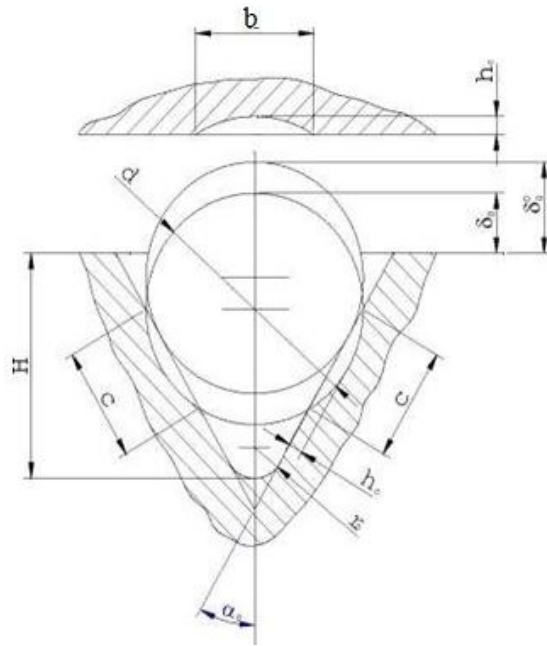


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема підбору прокладок ГРР

2.3. Практично використовуваний варіант СКУП ГРР ВВЕР-1000

Існуючий варіант СКУП ГРР складається з двох пристроїв [5]:

- пристрій для контролю канавок ущільнювачів;
- обладнання для контролю поверхні ущільнювача верхнього блоку.

Функціонування системи контролю забезпечує програмно-технічний комплекс (ПТК). У режимі контролю канавок ущільнювачів до ПТК підключається пристрій для контролю канавок ущільнювачів, в режимі контролю поверхні ущільнювача ВБ – пристрій для контролю поверхні ущільнювача. Структура системи контролю в різних режимах представлена на рис. 2.2, 2.3.

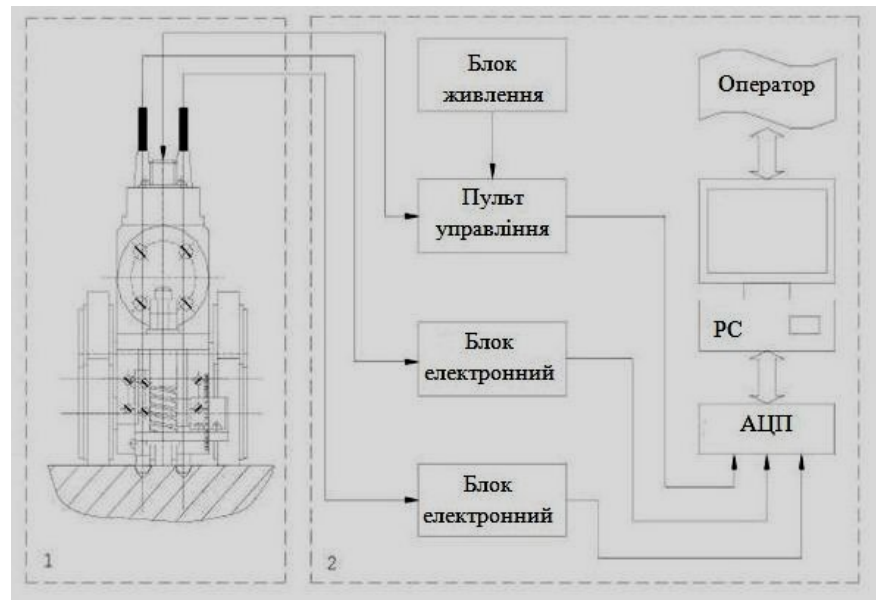


Рисунок 2.2 – Структура системи в режимі контролю каналок ущільнювачів

1 – пристрій для контролю каналок ущільнювачів;

2 – програмно-технічний комплекс

Пристрій для контролю каналок ущільнювачів передбачає вимір відстані (виступу) калібрувальної кульки, поміщеної в контрольовану канавку, відносно ущільнюючої поверхні фланця корпусу реактора.

Тяговий пристрій забезпечує переміщення вимірювальної платформи. Платформа переміщається з постійною швидкістю по фланцю корпусу реактора і робить відлік пройденої відстані для визначення координат точок і ділянок виміру.

Для приводу тягового пристрою застосований електродвигун постійного струму ДПМ-30-Н2-04 напругою живлення 27 В [5].

Пристрій для контролю поверхні ущільнювача верхнього блоку забезпечує вимір шорсткості поверхні фланця верхнього блоку реактора. Виміри проводяться по двох радіальних напрямках на відстані 65 мм один від одного з лінійною реєстрацією положення перетворювачів індуктивних.

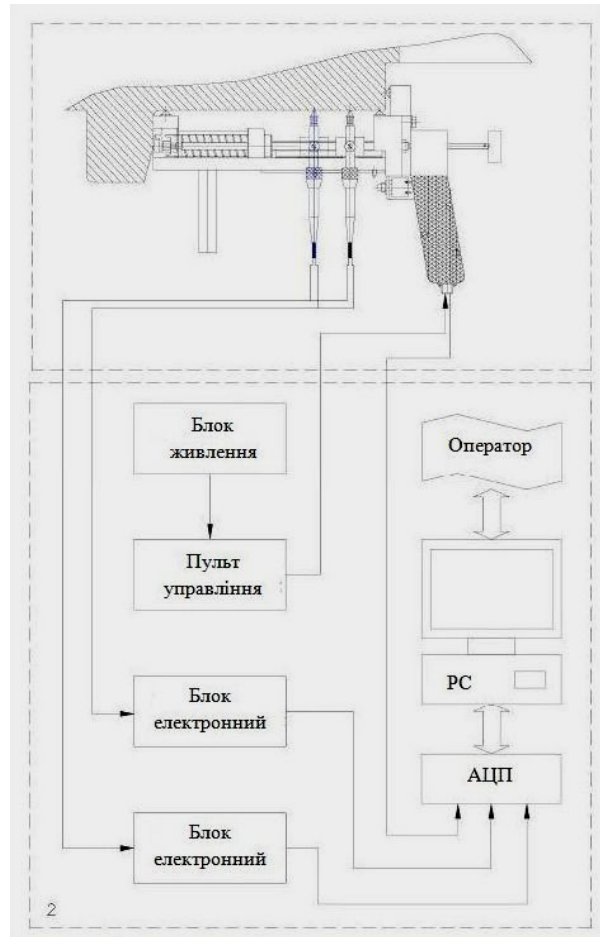


Рисунок 2.3 – Структура системи в режимі контролю ущільнюючої поверхні ВБ

1 – пристрій для контролю ущільнюючої поверхні ВБ;

2 – програмно-технічний комплекс

ПТК складається з блоку живлення, пульта управління, двох блоків електронних, комп'ютерного модуля зі вбудованим АЦП і ПЗ.

Пульт управління призначений для дистанційного керування рухом пристрою, перемикавання режимів контролю ("Контроль каналок" або "Верхній блок") і вмикає електронні блоки: формувач міток пройденого шляху і формувач контрольних міток. Формувач міток пройденого шляху забезпечує перетворення сигналу, що поступає від датчика положення обладнання для контролю поверхні ущільнювача ВБ, в послідовність імпульсів прямокутної форми. Формувач контрольних імпульсів міток забезпечує генерацію прямокутного імпульсу при натисненні оператором кнопки "Маркер" на пульті управління [5].

2.4. Перспективний варіант методу контролю

Неконтрольована площа перерізу поверхонь ущільнювачів ГРР або помилкове її визначення можуть привести до розгерметизації реактора, у зв'язку з чим, завдання про максимально точне її визначення є актуальним. [5]

До недоліків традиційного методу слід віднести підвищені вимоги до точності виготовлення кульки і можливу неоднозначність інтерпретації свідчень у разі зміни форми наміна. У зв'язку з цим, був запропонований метод, що заснован на візуальному скануванні канавки ущільнювача і точному визначенні її профілю.

У цій роботі представлений ПТК оновленою СКУП ГРР, що ґрунтується на автоматизованому оптичному контролі з можливістю визначення профілю поверхонь. Система включає мобільний блок з плоским лазером і короткофокусною відеокамерою, блок сполучення з комп'ютером, програму контролю і обробки зображення. Блок-схема комплексу показана на рис. 2.4.

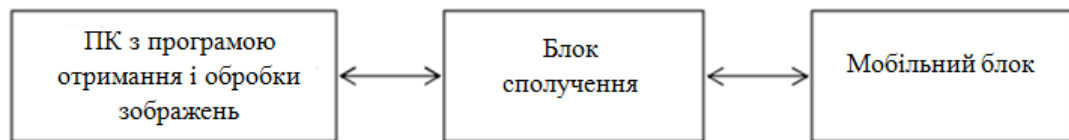


Рисунок 2.4 – Блок-схема ПТК оновленої СКУП ГРР

Схематично мобільний блок зображено на рис. 2.5. Мобільний блок 1 є платформою з двигуном 3. На платформі встановлений плоский лазер 4 і відеокамера 2. Напрямок пучка лазера 5 перпендикулярно поверхні головного роз'єму 7. Відеокамера встановлена під кутом 30° до поверхні роз'єму і спрямована уздовж поверхні ущільнювача (на рис. 1.5 показано дно поверхні ущільнювача 8), таким чином, що розсіяне випромінювання лазера 6 формує на матриці відеокамери зображення профілю поверхні ущільнювача. [5]

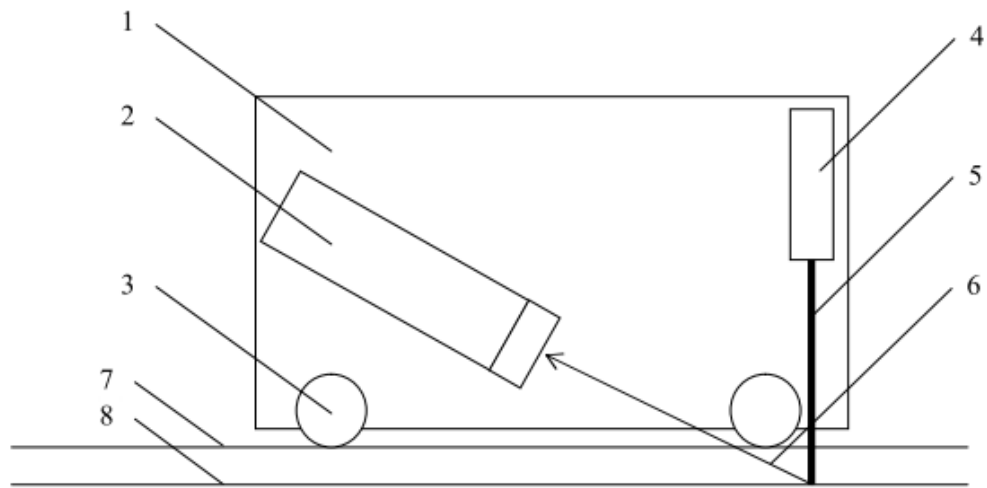


Рисунок 2.5 – Схема мобільного блоку

Програма контролю і обробки зображення, написана на мові LabView 8.5, через блок сполучення з комп'ютером задає швидкість руху мобільного блоку, а також обробляє зображення. Обробка ведеться по наступному алгоритму. На кожному зображенні визначаються відлікові точки А, В, С (рис. 2.6).

Потім обчислюються довжина l відрізка АВ і відстань h від точки С до відрізка АВ, виражені в пікселях, після чого проводяться h прямих, паралельних відрізка АВ (на рис. 2.6 показана i -я пряма), і обчислюється довжина d кожній з них. Сума усіх d визначає площу S_p профілю поверхні ущільнювача, виражену в пікселях. Для обчислення площі S профілю поверхні ущільнювача, вираженої в квадратних міліметрах, використовуються значення l і h , а так само відомі значення ширини L і глибини H канавки ущільнювача.

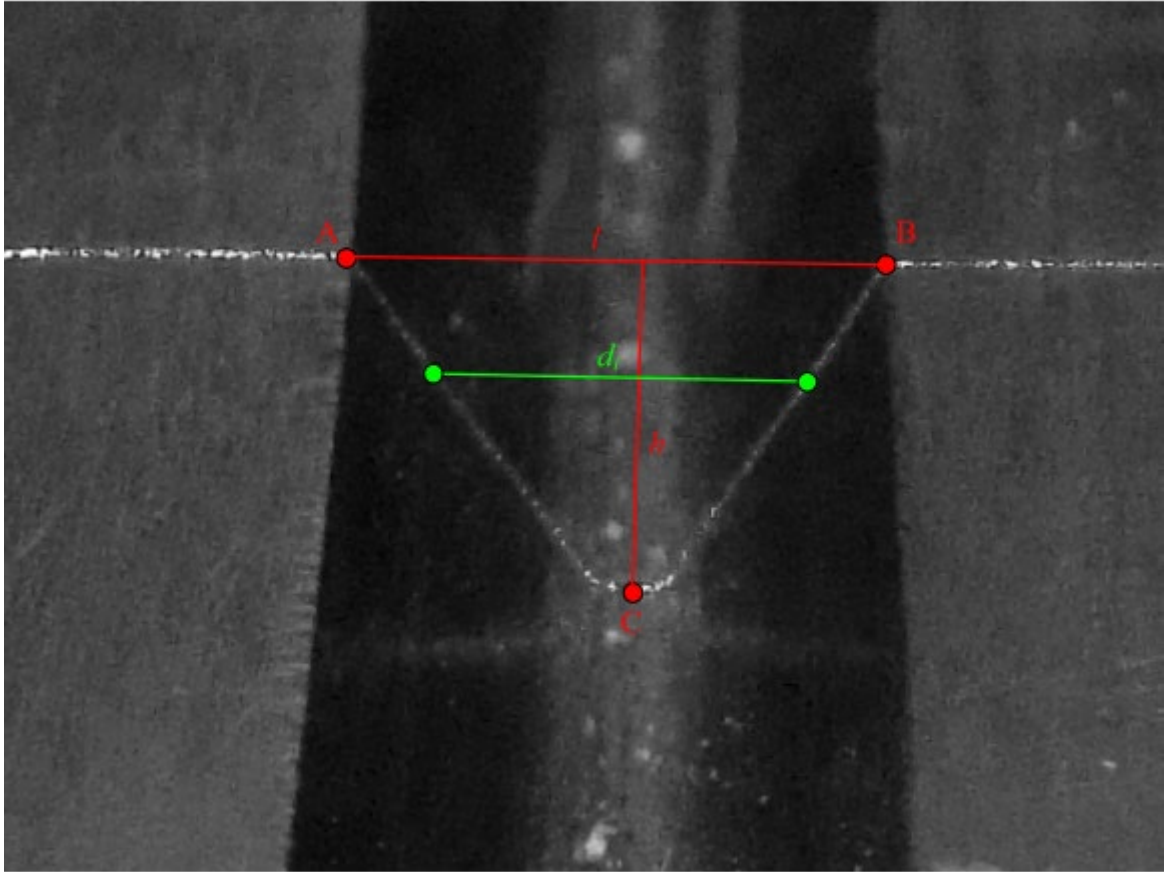


Рисунок 2.6 – Схема обробки зображення профілю ущільнюючої поверхні

Таким чином, в результаті обробки визначається площа перерізу поверхні ущільнювача, після чого будується її залежність від положення мобільного блоку по усій довжині головного роз'єму реактора.

Для прикладу на рис. 2.7 зображений профіль поверхні ущільнювача в області локального дефекту.

Аналогічно пропонована система може бути використана для знаходження площ перерізу намінів на кришці реактора. Крім того, отримання зображення в кожному перерізі ущільнюючої поверхні дозволяє використати систему для контролю локальних дефектів ущільнюючих поверхонь, що також є актуальним завданням.

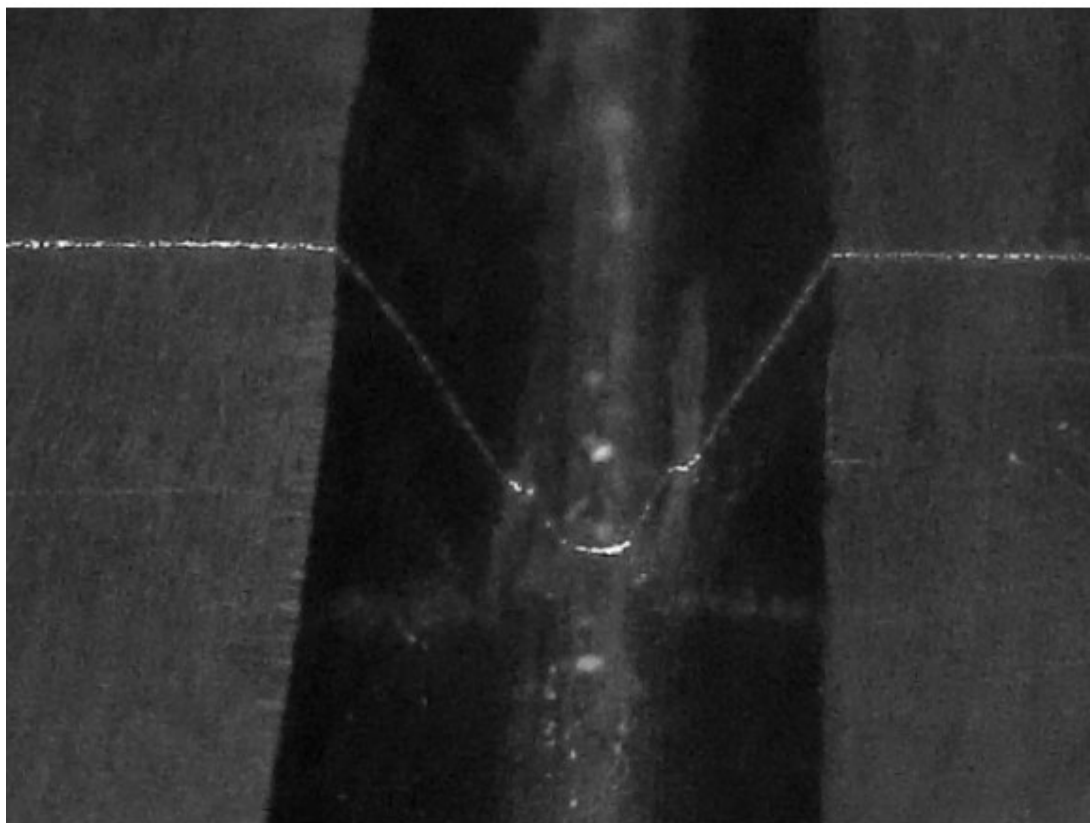


Рисунок 2.7 – Приклад зображення профілю ущільнюючої поверхні в області локального дефекту.

Розроблена і застосована на АЕС з ВВЕР-1000 система забезпечує автоматизований контроль ущільнюючих поверхонь ГРП в режимі реального часу, оперативність отримання висновків про стан контрольованих поверхонь ГРП. Економічна ефективність СКУП ГРП визначається виключенням простоїв енергоблоку із-за протікань по вузлу ущільнення ГРП, а також значним зниженням праце- і дозозатрат у разі точкових вимірів з використанням калібрувальних кульок і індикаторів годинного типу [5].

Метод контролю, заснований на оптичному скануванні ущільнюючих поверхонь, відрізняється точністю і універсальністю. Пропонований ПТК може бути використаний для знаходження площі профілю поверхні ущільнювача по усій довжині ГРП. Крім того, при невеликому доопрацюванні система може бути використана для знаходження площ перерізу намінів на кришці реактора і контролю локальних дефектів ущільнювачих поверхонь.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Ремонт головного роз'єму реактора ВВЭР 1000 (далі ГРР) здійснюється двома способами із застосуванням технології автоматичного аргонодугового наплавлення PZ UZK TIG обладнанням US 3000R або застосовується устаткування для автоматичного аргонодугового наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT. Розглянемо обидва варіанти які є додатковими модулями одного верстата і обидва методи вживаної технології наплавлення мають бути атестовані відповідно до вимог ПН АЕ Г-7-008-89, ПН АЕ Г-7-009-89 і ПН АЕ Г-7-010-89.

3.1. Автоматичне аргонодугове наплавлення PZ UZK TIG

Розглянемо технологію автоматичного аргонодугового наплавлення PZ UZK TIG.

3.1.1. Вимоги до зварювального устаткування

Зварювальне устаткування, що використовується для наплавлення поверхонь ущільнювачів ГРР, відповідає вимогам розділу 3 ПН АЭ Г-7-009-89.

Для наплавлення поверхонь ущільнювачів ГРР застосовується устаткування для автоматичного аргонодугового наплавлення фірми "PRVA ZVARACSKA" Словаччина [7].

Зварювальна установка PZ UZK TIG призначена для наплавлення поверхонь ущільнювачів ГРР неплавким електродом з присадним матеріалом в середовищі інертних газів. До складу установки входить:

- джерело зварювального струму з обладнанням управління Aristo Mig U 5000iW f.ESAB;
- зварювальна голівка PZ UZK TIG з двома відеокамерами і зварювальним пальником AUT-WIG 400 8,00 м BSB (ABICOR BINZEL);

- технологічний розподільний щит, до складу якого входить технологічна ЕОМ і два монітори відеоспостереження;

Детальний опис і характеристики зварювального і допоміжного устаткування установки PZ UZK TIG, його установка, наладка і перевірка приведені в "Керівництві по обслуговуванню і технічному догляду "Зварювальна установка PZ UZK TIG".

РАДС виконують від індивідуальних джерел живлення постійного струму: зварювальний випрямляч багатопостових джерел живлення типу ВДМ 1601УЗ, ВДМ 1001УЗ або однопостових джерел живлення ВД 306УЗ, а так само від джерела зварювального струму Mig U 5000iW f.ESAB. У комплект РАДС входить наступне устаткування:

- малогабаритні пальники типів МАГ 3, АГМ 2, ЕЗР 3 та ін., що забезпечують якісний захист зварювальної ванни;
- редуктор-витратомір типів АР 10, АР 40 та ін.;
- баластний реостат типу РБ 302У2 та ін.;
- захисні і допоміжні засоби;
- осцилятор для запалення дуги.

Коливання напруги мережі, до якої підключено зварювальне устаткування, не повинні перевищувати $\pm 5\%$ від номінального значення.

Контроль напруги мережі виконується не рідше за один раз в зміну.

Живлення зварювального поста захисним газом робиться від індивідуальних балонів. Зварювальний пальник і шланги подання захисного газу пристрою повинні періодично, не рідше за один раз в місяць, промиватися етиловим ректифікованим спиртом по ДСТУ 4221 або розчинниками для очищення від забруднень. Зварювальне устаткування перед виконанням робіт і в процесі наплавлення підлягає перевірці, яка включає:

- зовнішній огляд стану устаткування і перевірку його комплектності;
- перевірку наявності повного комплексу супровідної експлуатаційної документації;

– зовнішній огляд шлангів і кабелів на відсутність ушкоджень, обривів і так далі.

Зовнішній огляд стану зварювального устаткування, перевірку його комплектності і працездатності на початку кожної зміни повинен робити оператор автоматичних зварювальних установок, що експлуатує це устаткування.

Виконувати роботи по наплавленню на неперевіреному і несправному зварювальному устаткуванні забороняється.

3.1.2. Вимоги до зварювальних матеріалів

Кожна партія зварювального (наплавлювального) дроту і захисного газу, що використовується для наплавлення поверхонь ущільнювачів ГРП, повинна відповідати вимогам стандартів, технічних умов, а також вимогам ПН АЕ Г-7-009-89.

Контроль якості зварювальних (наплавлювальних) матеріалів (зварювальний дріт, захисні гази) включає:

- перевірку супровідної документації;
- перевірку упаковки і стану зварювальних матеріалів;
- контроль металу шва і наплавленого металу.

Послідовність і методика перевірки супровідної документації, упаковки і стану зварювальних (наплавлювальних) матеріалів повинні відповідати вимогам розділу 6 [10].

Для ремонту ущільнюючих поверхонь ГРП з використанням зварювальної установки PZ UZK TIG слід застосовувати зварювальний дріт діаметром 1,0 мм Марка, механічні властивості і хімічний склад дроту вказані у таблиці 3.1. До зварювального (наплавлювального) дроту, що поставляється в котушках, пред'являються наступні додаткові вимоги [7]:

- котушки повинні мати упаковку, що забезпечує захист від попадання вологи і інших забруднень;

- зварювальний дріт має бути намотаний без вигинів і проміжків для забезпечення її легкого і рівномірного подання;

- із зовнішнього боку котушки мають бути наклейки з вказівкою мазки дроту, діаметру дроту і номера плавки металу дроту.

Гарантією якісного подання дроту є величини "Cast" і "Helix", що визначають стан дроту на котушці. Тест їх перевірки :

- "Cast" - величина діаметру одного повного витка дроту, що лежить на плоскій поверхні повинна потрапляти в межі діаметрів від 900 до 1400 мм;

- "Helix" - максимальне підняття цього витка над плоскою поверхнею має бути не більший 30мм.

Будь-яке відхилення від вказаних параметрів може привести до гальмування дроту при поданні і зниження якості формування шва.

Для РАДС при ремонті поверхонь ущільнювачів слід застосовувати зварювальний дріт св-04Х20Н10Г2Б діаметром 1,0-2,0 мм Перед наплавленням зварювальний дріт необхідно очистити від слідів іржі, олії і інших забруднень, знежирити ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерти досуха без ворсовою тканиною (ГОСТ 7701).

Таблиця 3.1 - Механічні властивості і хімічний склад зварювального дроту, що використовується при ремонті поверхонь ущільнювачів ГРП

Марка	НД	Масова доля елементів, %									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S не більше	P не боільше	Інші елементи
Св-07Х25Н13	ГОСТ 2246	$\leq 0,9$	0,50 – 1,00	1,00 – 2,00	23,0 0 – 26,0 0	11,5 0 – 13,5 0	–	0,60 – 1,00	0,02 0	0,03 0	Al 0,40 – 0,80
Св-04Х20Н10Г2Б	ТУ 14-1-3252	$\leq 0,04$	0,20 – 0,45	1,8 – 2,2	18,5 – 20,5	9,0 – 10,5	–	–	0,01 8	0,02 5	–
Марка	НД	Механічні властивості металу наплавлення, не менше									
		Тимчасовий опір, МПа (кгс/мм ²)	Межа плинності умовна, МПа (кгс/мм ²)	Відносне звуження після розриву, %	Відносне подовження після розриву, %	Ударна в'язкість, МДж/м ² (кгс·м/см ²)					
Св-07Х25Н13	ГОСТ 2246	882 – 1323 (90 – 135)	–	–	–	–					
Св-04Х20Н10Г2Б	ТУ 14-1-3252	600 (60)	–	–	24	0,7 (7,0)					

В якості неплавкого електроду при ремонті поверхонь ущільнювачів ГРП зварювальною установкою PZ UZK TIG, а також РАДС слід застосовувати вольфрамовий прутки марок ЭВЛ, ЭВИ 1, ЭВИ 2, ЭВИ 3 ЭВТ 15 по ГОСТ 23949, ВЛ по ТУ 48 19 27, СВИ 1 по ТУ 48 19 221. Характеристики вольфрамових електродів, що використовуються при наплавленні зварювальною установкою PZ UZK TIG, приведені в таблиці 3.2. На рис. 3.2 приведено заточування робочого кінця вольфрамового електроду для наплавлення зварювальною установкою PZ UZK TIG і РАДС. Допускається застосування зарубіжних аналогів, підтверджених сертифікатом [7].

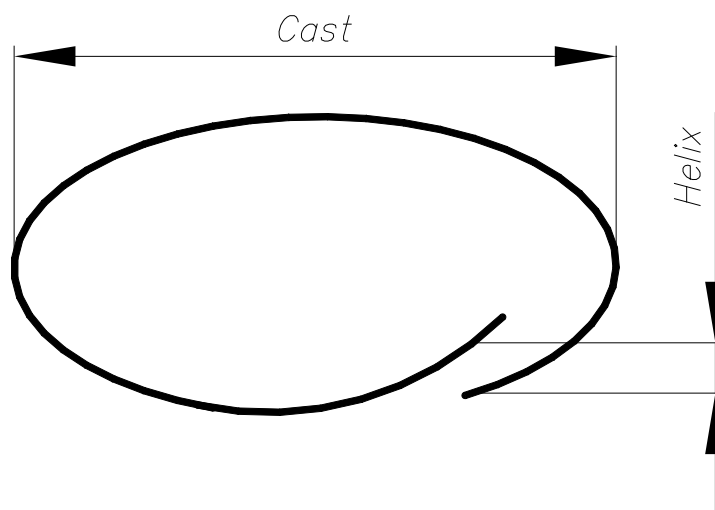


Рисунок 3.1 – Визначення характеристик "Cast" і "Helix" для зварювального дроту

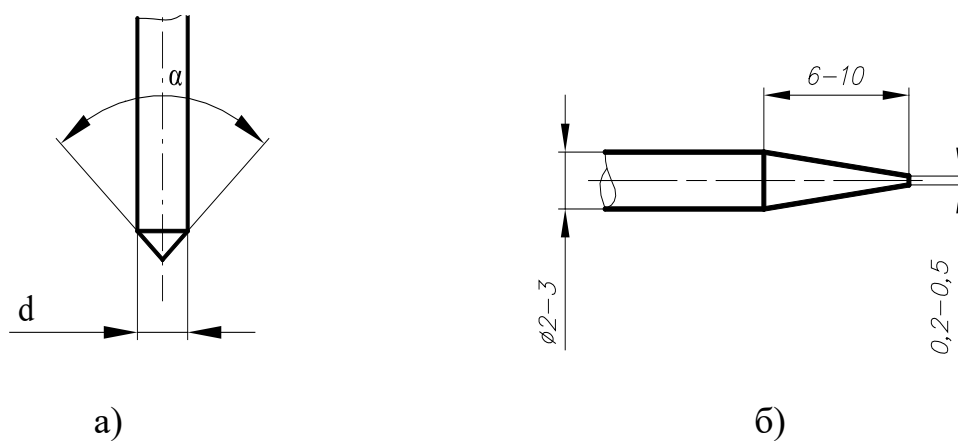


Рисунок 3.2 – Діаметр і кут заточування вольфрамового електроду
а) для наплавлення зварювальною установкою PZ UZK TIG; б) для РАДС

Таблиця 3.2 - Характеристики вольфрамового електроду при наплавленні зварювальною установкою PZ UZK TIG

Ущільнююча поверхня ГРР	Діаметр електроду d, мм	Кут заточування електроду α , °
Корпус реактора	4	90 (60)
Крышка ВБ	4	60

На поверхні електродів не повинно бути раковин, розшарувань, тріщин, оксидів, залишків технологічних мастил, сторонніх включень і забруднень. В якості захисного газу при наплавленні ущільнювачих поверхонь ГРР використовується аргон, сорт вищий або перший по ГОСТ 10157.

Перед використанням захисного газу слід перевірити його якість шляхом наплавлення валика завдовжки 100 – 150 мм на пластині з аустенітної сталі (без використання присадного дроту). При хорошому захисті зварювальна дуга горить стійко, поверхня наплавленого валика світла (солом'яного кольору) або з кольорами мінливості, без якого-небудь нальоту і пір [7].

3.1.3. Технологія наплавлення

3.1.3.1. Загальні вимоги

Для виконання робіт по наплавленню поверхні ущільнювача ГРР має бути розроблений типовий технологічний процес відповідно до вимог, встановленими ДСТУ ГОСТ 2.601: 2006 і СОУ НАЕК 030:2012.10.1.2. Роботи по наплавленню повинні проводитися із забезпеченням надійного захисту місця проведення робіт від протягів, запиленої, попадання вологи [7].

Перед початком наплавлення необхідно проконтролювати готовність зварювальної установки PZ UZK TIG до роботи, а саме:

- перевірити або відкоригувати виліт електроду, відстань між присадним дротом і кінцем електроду;
- перевірити робочий хід зварювальної голівки по осях X, Z, W, подання зварювального дроту;

- перевірити і, при необхідності, настроїти гальмівне обладнання котушки так, щоб забезпечувався вільний хід повної котушки з дротом, при цьому виключити самостійне обертання котушки;
- перевірити надійність прокладення кабелів живлення і шлангів (відсутність натяжок) з метою відвертання ушкоджень при обертанні пристрою;
- проконтролювати рівень рідини в системі охолодження (рівнемір бака блоку охолодження);
- виставити редуктором тиск захисного газу на виході, яке повинне складати 12 л/хв;
- продути рукава подання захисного газу впродовж 1 – 2 хвилин для видалення залишків повітря з системи.

В процесі наплавлення необхідно стежити за вільним ходом шлангів подання захисного газу, охолоджувальної рідини зварювальної голівки, кабелів зварювального струму, а також за станом робочого кінця вольфрамового електроду. [7]

Виконання другого і подальшого шарів допускається після охолодження раніше наплавленого металу в зоні накладення чергового валика до температури нижче 100 °С (до моменту підходу зварювальної дуги).

В процесі наплавлення після виконання кожного чергового валика його поверхня і ділянки поверхні основного і/або наплавленого металу, що примикають до нього, мають бути зачищені від шлаку, бризок металу і інших забруднень і візуально проконтрольовані на відсутність дефектів (тріщин, напливів, підрізів та ін.). Виявлені дефекти підлягають видаленню до початку накладення наступного валика.

Товщина наплавленого шару після механічної обробки повинна відповідати вимогам робочих креслень, ПТД.

В процесі виконання наплавлення повинен проводитися операційний контроль, при якому контролюють [7]:

- режими наплавлення;

- послідовність виконання операцій;
- черговість накладення валиків і шарів;
- температуру довкілля (на відстані не менше 2 м від поверхні ГРП, що наплавляється);
- температуру металу в зоні наплавлення.

Контроль по п.п. 5 – 8 виконує представник підрозділу контролю металу АЕС спільно з робітником, що виконує роботи по наплавленню.

3.1.3.2. Технологія наплавлення поверхні ущільнювача корпусу ГРП

Сканування геометрії канавки ущільнювача при виконанні наплавлення по другому варіанту не виконується [7].

Подання дроту і відстань від зварювального дроту до робочого кінця електроду необхідно встановити згідно з рис. 3.3 і таблиці 3.3.

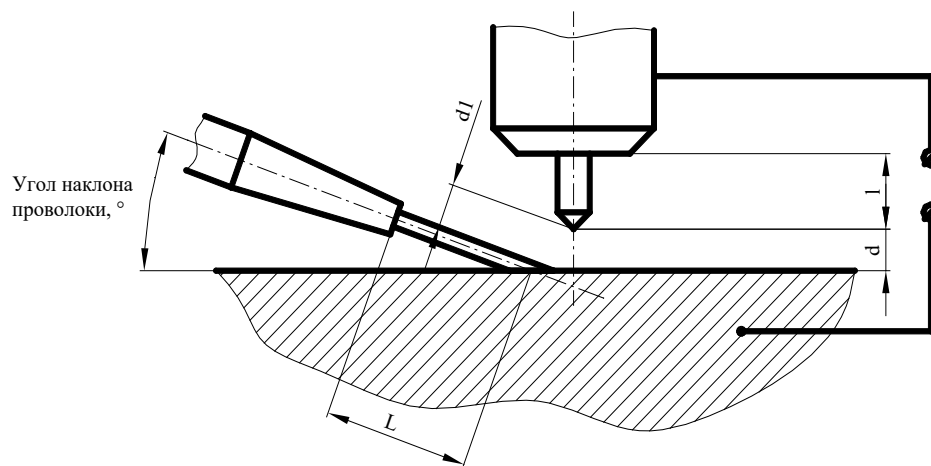


Рисунок 3.3 – Положення електроду і присадного дроту при ААДС

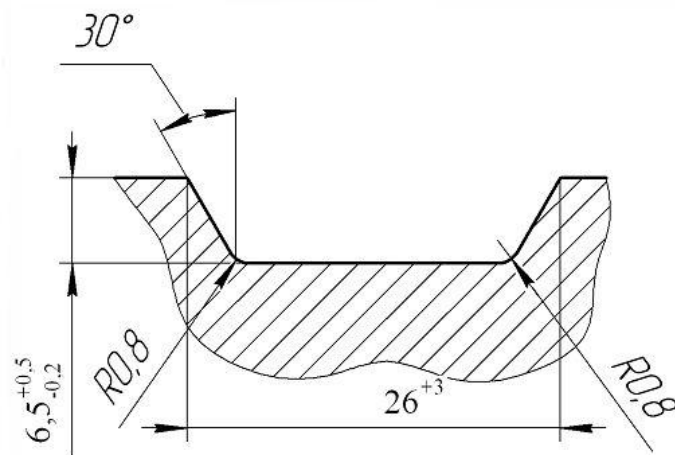
Наплавлення поверхні ущільнювача корпусу ГРП виконується відповідно до процесу, приведенного на рис. 3.4.

Валики наплавляти без активованої функції "прочитування паза" в осях Z і X з активованою функцією регулювання напруги "U". Перед командою "Старт дуги" оператор автоматичної зварювальної установки контролює параметри і умови, які можуть вплинути на якість наплавлення.

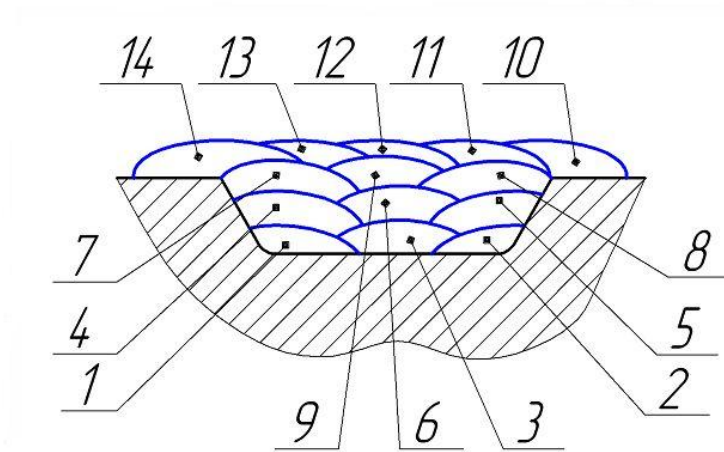
Таблиця 3.3 - Розмірні показники положення електроду і присадного дроту, приведені на рис. 3.3

Валік №	d, мм	d1, мм	I, мм	L, мм	Кут нахилу дроту, °
для горловини реактора					
1 – 3	3,3	2,8	7	20	20
4 – 6	3,3	2,8	7	20	20
7 – 9	3,5	2,8	7	20	20
10 – 14	3,0	2,5	7	20	20

Місце перекриття кожного валика (замок), яке повинне складати 15 – 20 мм, зачищається нержавіючою металевою щіткою, без ушкодження наплавленої поверхні попереднього валика і знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерта досуха безворсою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).



а) – підготовка "ремонтної" канавки ущільнюючої поверхні корпусу реактора



б) – порядок накладення валиків при наплавленні ущільнюючої поверхні корпусу реактора

Рисунок 3.4 – Порядок ремонту поверхні ущільнювача корпусу реактора

Після наплавлення кожного валика процес уривається, а зварювальна голівка повертається назад на 360° в початкове положення. Оператор автоматичної зварювальної установки перевіряє стан електроду, газового пальника, і при необхідності регулює відстань між дротом і електродом.

Поверхня наплавленого валика зачищається нержавіючою металевією щіткою, шлак і окисні плівки віддаляються, поверхня валика знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протирається досуха безворсою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).

Поверхня наплавленого валика контролюється візуально. Наплавлення наступного валика розпочинається зі зміщення від початку попереднього валика, на 40 – 50 мм у напрямі зварювання (наплавлення). У разі вимушеного переривання процесу наплавлення, наплавлення здійснюється з місця обриву дуги, після його зачистки. У разі потреби виправлення наплавленого валика слід керуватися вказівками, приведеними в 3.1.4. [7]

3.1.3.3. Технологія наплавлення ущільнюючої поверхні кришки ВБ реактора

1. Ущільнююча поверхня кришки ВБ наплавляється в стельовому положенні по поверхні, підготовленій відповідно до розмірів, вказаних на рис. 3.5, в послідовності, вказаній на рис. 3.6, з установкою параметрів, приведених в табл. 3.4.

2. Перед командою "Старт дуги" оператор автоматичної зварювальною установки контролює параметри і умови, які можуть вплинути на якість наплавлення.

3. Після старту (піджигу) дуги оператор візуально контролює стан електроду, спосіб подання дроту в зварювальну ванну і якість напавленої поверхні.

4. Місце перекриття кожного валика (замок), яке повинне складати 15 – 20 мм, зачищується нержавіючою металевією щіткою, без ушкодження напавленої поверхні попереднього валика і знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікатним спиртом (ДСТУ 4221) і протерта досуха безворсою тканиною (ГОСТ 7701).

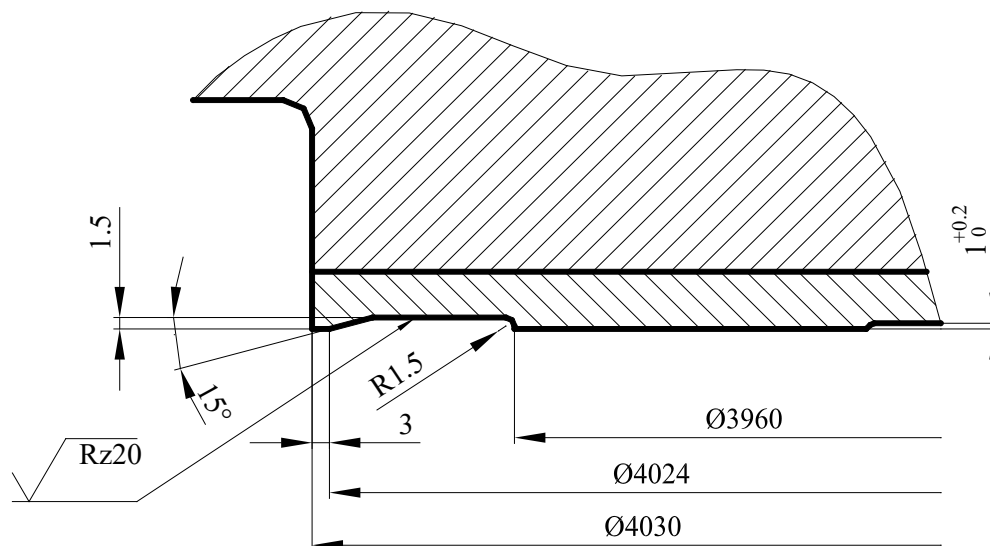
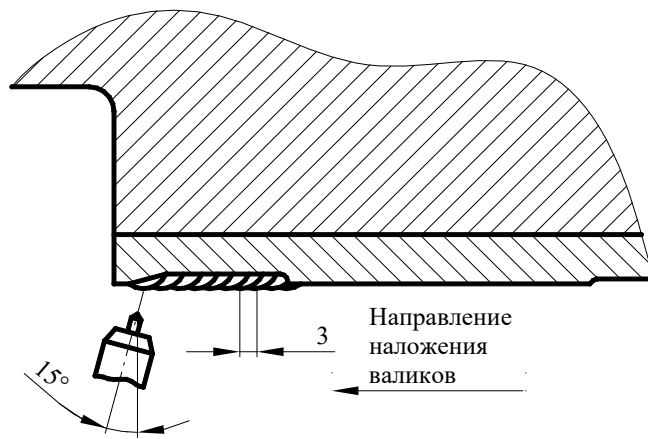


Рисунок 3.5 – Підготовка ущільнюючої поверхні кришки ВБ під наплавлення



*- зварювальну голівку необхідно відхиляти від вертикалі у всередину на 150 при накладенні першого і останнього валиків

Рисунок 3.6 – Порядок наплавлення ущільнюючої поверхні кришки ВБ

Таблиця 3.4 - Параметри наплавлення ущільнюючої поверхні кришки ВБ

Поверхня над ущільнюючим и канавками №	Валик №	I_p/I_b , А	V_{dr} , мм/с
1, 2	1 – 9	240/40	1,0
	10	240/40	0,8
Примітка: $T_p/T_b = 0,1/0,1$ с; $U_z = 11$ В (інформаційне значення); $v_z = 2$ мм/с; $d/d_1 = 3,3/2,8$ мм			

5. Після наплавлення кожного валика процес уривається, а зварювальна голівка повертається назад на 360° в початкове положення. Оператор автоматичної зварювальної установки перевіряє стан електроду, газового пальника, і при необхідності регулює відстань між дротом і електродом.

6. Поверхня наплавленого валика зачищається нержавіючою металевою щіткою, шлак і окисні плівки слід видалити, після чого поверхня валика знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікатним спиртом (ДСТУ 4221) і протерта досуха безворсою тканиною (ГОСТ 7701).

7. Поверхня наплавленого валика контролюється візуально. Наплавлення наступного валика, розпочинається зі зміщення, в порівнянні з початком

передуючого валика, на 40 – 50 мм у напрямі зварювання (наплавлення). Центр пальника для накладення подальшого валика необхідно змістити на 2 – 3 мм від краю передуючого валика.

8. У разі вимушеного переривання наплавлення валиків місце наплавлення зачищається нержавіючою металевою щіткою і очищається спиртом.

3.1.4. Контроль якості наплавлених поверхонь

Методи і об'єми контролю якості наплавлених поверхонь ГРП вказуються в конструкторській (проектною) документації.

Оцінка якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до норм, встановлених в ПН АЕ Г-7-010-89.

Наплавлені поверхні ГРП підлягають контролю: [7]

- візуальному;
- вимірювальному;
- капілярному;
- ультразвуковому

3.1.4.1. Візуальний і вимірювальний контроль

Візуальний і вимірювальний контроль якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до вказівок ПН АЕ Г-7-016-89. Візуальний контроль проводиться після механічної обробки напавленої поверхні.

Перед виконанням контрольних операцій напавлена поверхня має бути очищена від бризок металу, забруднень, що перешкоджають проведенню контролю [7].

Візуальний контроль напавленої поверхні проводиться по всій її площі. При цьому не допускаються поверхневі тріщини всіх видів і розмірів, пори,

раковини, шлакові і вольфрамові включення та інші несплошності, розмір і кількість яких перевищує допустимі значення, встановлені ПН АЕ Г-7-010-89.

Вимірювальний контроль наплавлених поверхонь проводиться з метою перевірки відповідності товщини (першого шару, загального шару) наплавленого покриття вимогам конструкторської документації.

Виявлені при візуальному і вимірювальному контролі дефекти повинні бути виправлені до проведення наступних методів контролю.

3.1.4.2. Капілярний контроль

Капілярний контроль якості наплавлених поверхонь виконується по всій поверхні наплавлення відповідно до вимог ПН АЕ Г-7-018-89.

Капілярний метод контролю служить для виявлення поверхневих дефектів (тріщин, пор, раковин і інших несучільностей) наплавлених поверхонь [7].

Наплавлені поверхні, що підлягають капілярному контролю, повинні бути прийняті за результатами візуального і вимірювального контролю. Шорсткість контрольованої поверхні повинна бути $R_z = 20$ мкм.

3.1.4.3. Ультразвуковий контроль

Ультразвуковий контроль якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до вимог ПН АЕ Г-7 -030-91.

Ультразвуковий контроль проводиться в разі ремонту (відновлення) ущільнюючої поверхні з подвійним антикорозійним наплавленням з метою контролю зони сплаву наплавлення з основним металом [7].

При технічній неможливості ультразвукового контролю якості наплавлених поверхонь замість зазначеного методу допускається проводити пошаровий візуальний контроль в процесі наплавлення з фіксацією результатів в «Журналі контролю технології зварювання, наплавлення» з подальшим капілярним або магнітопорошковим контролем наплавлених поверхонь в доступних місцях.

Результати контролю якості наплавлених поверхонь фіксуються у відповідних журналах по методам контролю з оформленням протоколів.

3.1.5. Виправлення дефектів

Наплавлені поверхні ГРП з виявленими дефектами (неприпустимими відхиленнями від встановлених вимог) підлягають виправленню [7].

Допустимі відхилення форм валиків приведені на рис. 3.6.

Розміри і форма дефекту, а також його місце розташування і глибина залягання заздалегідь визначаються методами неруйнівного контролю, а потім уточнюються при виконанні вибірки металу. Перед виконанням вибірки за допомогою ультразвукового товщиноміра слід визначити товщину наплавлення в місці розташування дефекту (скупчення дефектів).

Вибірку дефекту слід виконувати як фрезерувальним модулем обладнання US-3000R так і вручну шліфувальною машинкою.

Схема поперечного перерізу вибірки в аустенітному шарі наплавлення приведена на рис. 3.8.

Схема поперечного перерізу вибірки в аустенітному шарі наплавлення по максимальній глибині приведена на рис. 3.9. В цьому випадку необхідно забезпечити плавні переходи між шарами наплавлення в місцях вибірок залежно від розташування дефекту.

Повнота видалення дефекту ущільнюючих поверхонь ГРП із сталей перлітового класу з антикорозійним наплавленням контролюється візуально. Поверхня вибірки контролюється КК.

Після контролю вибірки, що підлягають заварці, мають бути зачищені (при необхідності) від іржі, слідів олії і інших забруднень і знежирені ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерті досуха без ворсовою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).

Заварка вибірок виконується автоматичним аргонодуговим наплавленням або РАДС режимами вказаними в таблиці 3.5, і відповідно до п.3.1.3 [7].

Наплавлення кожного подальшого шару слід починати тільки після виконання попереднього по усій площі. Порядок виконання другого і подальшого шарів повинен забезпечувати зниження температури раніше наплавленого металу в зоні накладення чергового валика нижче 100 0С.

Поверхня наплавленого валика зачищається нержавіючою металевою щіткою або шліфуванням, шлак і окисні плівки віддаляються, після чого поверхня валика знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікатним спиртом (ДСТУ 4221) і протираються досуха безворсовою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).

Таблиця 3.5 - Орієнтовні режими наплавлення при РАДС

Марка зварювального дроту	Діаметр вольфрамового електроду, мм	Діаметр зварювального дроту, мм	Режими наплавлення		
			сила струму, А	напруга, В	Витрата аргону, л/мин
Св-04Х20Н10Г2 Б	2-3	1,0-2,0	70 – 80	8 – 12	8-10

В процесі виконання багатошарового наплавлення після накладення кожного валика поверхні наплавленого металу і вибірки мають бути ретельно захищені нержавіючою металевою щіткою, після чого поверхня валика знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протирається досуха безворсою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).

Усі усадкові раковини (кратери) мають бути заплавлені.

Запалення дуги при РАДС робити на допоміжній пластині, у вибірці або на раніше наплавленому металі. Запалення дуги торканням електроду об виріб поза вибіркою не допускається.

Наплавлення виконувати валиками заввишки 2 – 3 мм, довжина дуги при цьому повинна складати не більше 2 – 3 мм, а ширина валика – не більше за діаметр сопла пальника.

Наплавлення кожного подальшого шару слід починати тільки після виконання попереднього по усій площі. Порядок виконання другого і слідуючого

шарів повинен забезпечувати зниження температури раніше наплавленого металу в зоні накладення чергового валика нижче 100 0С.

При застосуванні РАДС для заповнення вузьких вибірок – наплавлення слід проводити пошарово, змінюючи напрям наплавлення кожного подальшого шару по відношенню до попереднього на 1800.

При багат шаровому наплавленні способом РАДС вибірок шириною більше 50 мм напрям наплавлення кожного подальшого шару рекомендується змінювати на 900 по відношенню до попереднього (поворот слід здійснювати в одному напрямі). При наплавленні шару по ширині вибірки допускається застосування зворотно-поступального (від кромки до кромки безперервно) методу наплавлення.

Валики слід укладати по усій довжині вибірки. Останні два шари повинні наплавлятися від кромки вибірки до центру.

Для гасіння дуги повільно відводити пальник після заварки кратера, або використати апаратуру для плавного зниження зварювального струму.

Подання аргону в зону наплавлення припиняти через 6 – 8 секунд після гасіння дуги.

Виправлені дефектні ділянки підлягають суцільному контролю усіма методами. При контролі якості виправлення дефекту контролюється як поверхня заплавленої вибірки, так і ділянка, що примикає до неї, шириною не менше 20 мм в кожную сторону.

Виправлення дефектів на одній і тій же ділянці наплавленої поверхні допускається не більше трьох разів. Можливість виправлення дефектів на одній і тій же ділянці наплавленої поверхні більше трьох разів має бути оформлена технічним рішенням.

Результати контролю якості виправлення дефектних ділянок наплавлених поверхонь фіксуються в журналах контролю.

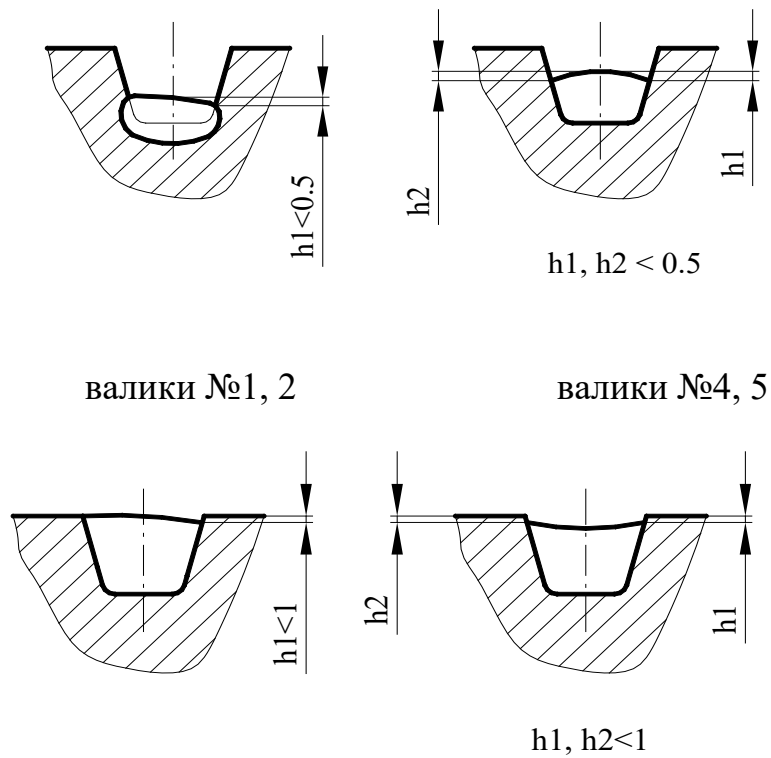


Рисунок 3.7 – Допустимі відхилення форм валиків №№ 1 – 6 при наплавленні ущільнюючих канавок

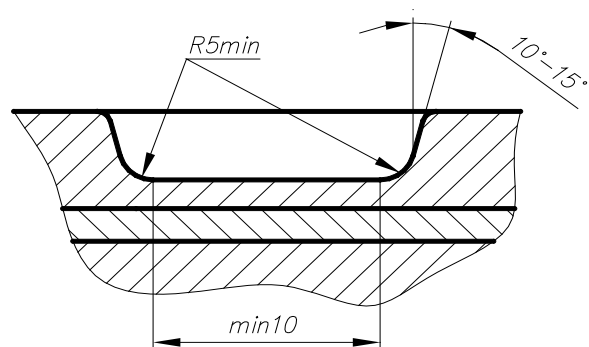


Рисунок 3.8 – Форма вибірки в аустенітному шарі наплавлення

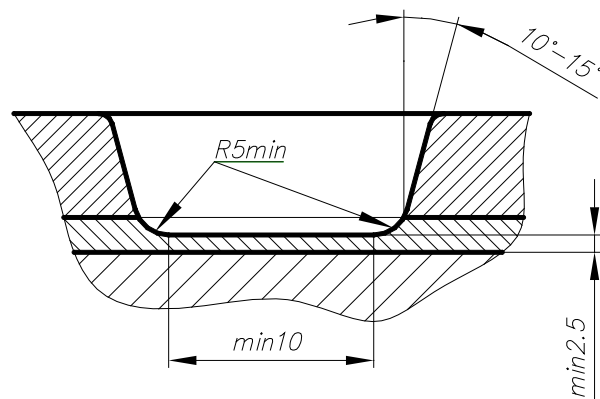


Рисунок 3.9 – Форма вибірки в аустенітному шарі наплавлення по максимальній глибині

3.2. Автоматичне аргонодугове наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT

Розглянемо технологію автоматичного аргонодугового наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT (Cold Metal Transfer – технологія холодного переносу металу) [18]

3.2.1. Вимоги до зварювального устаткування

Зварювальне устаткування, використовуване для наплавлення ущільнюючих поверхонь ГРР, повинне відповідати вимогам розділу 3 ПН АЕ Г-7-009-89.

Для наплавлення ущільнюючих поверхонь ГРР застосовується устаткування для автоматичного аргонодугового наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT, далі по тексту зварювальна установка [18].

Зварювальна установка призначена для наплавлення ущільнюючих поверхонь ГРР плавким електродом у середовищі захисних газів і складається з наступних складових частин:

- джерело живлення MIG/MAG TransPulsSynergic 5000;
- блок охолодження FK4000R FC; - пульт управління RCU5000;
- механізм подання дроту VR7000 CMT;
- зварювальний пальник Robacta Drive CMT (корпус Robacta 5000);
- блок управління коливаннями FRC - 12;
- коливальний механізм FGU - 4 140/75;
- газовий змішувач Ar/CO₂;
- кабельно-шланговий пакет.

РАДС виконують від індивідуальних джерел живлення постійного струму : зварювальний випрямляч багатопостових джерел живлення типу ВДМ 1601УЗ, ВДМ 1001УЗ або однопостових джерел живлення ВД 306УЗ, а так само від

джерела зварювального струму Mig U 5000i w f.ESAB. У комплект РАДС входить наступне устаткування: [18]

- зварювальний пальник типів АРЮ-2М;
- редуктор-витратомір типів АР 10, АР 40 та ін.;
- баластний реостат типу РБ 302У2 та ін.

Коливання напруги мережі, до якої підключено зварювальне устаткування, не повинні перевищувати $\pm 5 \%$ від номінального значення. Контроль напруги мережі виконується не рідше за один раз в зміну. Живлення зварювального поста захисним газом робиться від індивідуальних балонів. Зварювальний пальник і шланги подання захисного газу пристрою повинні періодично, не рідше за один раз в місяць, промиватися етиловим ректифікованим спиртом по ДСТУ 4221 або розчинниками для очищення від забруднень. При промиванні шлангів і пальників слід керуватися вказівками 25881800.25001.00058 ТИ "Технологічна інструкція на промивання аргонових рукавів і пальників".

Зварювальне устаткування перед виконанням робіт і в процесі наплавлення підлягає перевірці, яка включає :

- зовнішній огляд стану устаткування і перевірку його комплектності;
- перевірку наявності повного комплексу супровідної експлуатаційної документації;
- зовнішній огляд шлангів і кабелів на відсутність ушкоджень, обривів і т.д.

Зовнішній огляд стану зварювального устаткування, перевірку його комплектності і працездатності на початку кожної зміни повинен робити оператор автоматичних зварювальних установок, що експлуатує це устаткування.

При виконанні робіт по автоматичному наплавленню поверхонь ущільнювачів ГРР оператор зобов'язаний контролювати навантаження на двигунах подання дроту. Показники споживання струму двигунами не повинні перевищувати 2А. При перевищенні величини вказаного навантаження необхідно замінити подання дроту, що направляють шланги.

Виконувати роботи по наплавленню на неперевіреному і несправному зварювальному устаткуванні забороняється.

3.2.2. Вимоги до зварювальних матеріалів

Кожна партія зварювального (наплавлювального) дроту і захисного газу, що використовується для наплавлення ущільнюючих поверхонь ГРП, повинна відповідати вимогам стандартів, технічних умов, а також вимогам ПН АЕ Г-7-009-89. Для ремонту ущільнюючих поверхонь ГРП з використанням зварювальної установки Fronius TPS 5000 CMT слід застосовувати зварювальний дріт св-04X20H10Г2Б Ø1,0 мм по ТУ 14-1-4591-89. Її хімічний склад і механічні властивості вказані в таблиці 3.6 [18].

Таблиця 3.6 - Хімічний склад і механічні властивості зварювального дроту св-04Х20Н10Г2Б, що використовується при ремонті ущільнюючих поверхонь ГРП

Масова доля елементів, %									
С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S не більше	P не більше	Інші елементи
≤ 0,04	0,20 – 0,45	1,8 – 2,2	18,5 – 20,5	9,0 – 10,5	–	–	0,018	0,025	–
Механічні властивості металу наплавлення, не менше									
Тимчасовий опір, МПа (кгс/мм ²)	Межа плинності, МПа (кгс/мм ²)	Відносне звуження після розриву, %		Відносне подовження після розриву, %		Ударна в'язкість, МДж/м ² (кгс·м/см ²)			
600 (60)	–	–		24		0,7 (7,0)			

Зміст феритної фази в наплавленому металі має бути в межах від 2 % до 8 %. В якості захисного газу при автоматичному наплавленні слід застосовувати суміш аргону (сорт вищий або перший по ГОСТ 10157-79) і двоокису вуглецю (сорт вищий по ДСТУ 4817:2007) в пропорції 97,5%Ar + 2,5%CO₂. Для прихватки технологічної заглушки, а також при виправленні локальних дефектів РАДС в якості неплавкого електроду слід застосовувати вольфрамовий пруток марок ЭВЛ, ЭВИ 1, ЭВИ 2, ЭВИ 3 ЭВТ 15 по ГОСТ 23949, ВЛ по ТУ 48 19 27, СВИ 1 по ТУ 48 19 221, WT - 20, ЕЗ по DIN EN ISO 6848:2014-06, а в якості захисного газу – аргон сорт вищий або перший по ГОСТ 10157-79.

Контроль якості зварювальних (наплавлювальних) матеріалів включає:
[18]

- перевірку супровідної документації;
- перевірку упаковки і стану зварювальних матеріалів;
- контроль металу шва і наплавленого металу.

Послідовність і методика перевірки супровідної документації, упаковки і стану зварювальних (наплавлювальних) матеріалів повинні відповідати вимогам розділу 6 ПН АЕ Г-7-010-89.

Кожна партія зварювального дроту має бути проконтрольована:

- на відсутність ушкоджень (псування упаковки);
- на відповідність дроту даним сертифікату і вимогам стандартів по розмірах і стані.

Діаметр дроти перевіряють з точністю до 0,01 мм не менше чим в двох місцях на відстані не менше 5 м один від одного. У кожному перерізі робити виміри в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Граничне відхилення дроту Ø1 мм складає 0,09 мм.

До зварювального (наплавлювального) дроту, що поставляється в котушках, пред'являються наступні додаткові вимоги:

- котушки повинні мати упаковку, що забезпечує захист від попадання вологи і інших забруднень;
- зварювальний дріт має бути намотаний без вигинів і проміжків для забезпечення її легкого і рівномірного подання;
- із зовнішнього боку котушки мають бути наклейки з вказівкою мазкі дроту, діаметру дроту і номера плавки металу дроту;
- поверхня дроту має бути чистою і гладкою, без тріщин, розшарувань, плівок, заходів, раковин, забоин, окалини, іржі, олії і інших забруднень.

Контроль наплавленого металу робиться шляхом ААДС наплавлення на пластину з аустенітного матеріалу розміром 400x300x40 мм шару металу (20 мм мінімум) і подальшою вирізкою з нього зразків для механічних випробувань. Наплавлення робиться в суміші захисних газів в пропорції, передбаченій для виконання виробничих зварних з'єднань (наплавлень), тобто 97,5%Ar + 2,5%CO₂.

Контрольне наплавлення піддається наступним методам неруйнівного контролю:

- пошаровий візуальний контроль в об'ємі 100%;
- пошаровий вимірювальний контроль в об'ємі 100%;
- капілярний контроль наплавленої поверхні в об'ємі 100%.

Норми оцінки якості по ПН АЕ Г-7-010-89 як для антикорозійного наплавлення.

Контрольне наплавлення піддається наступним методам руйнівного контролю:

- визначення хімічного складу наплавленого металу на 2-х зразках;
- визначення ферритної фази на 3-х зразках;
- визначення стійкості до МКК на 4-х зразках;
- випробування на гарячі тріщини на 1-му зразку.

На поверхні вольфрамових електродів не повинно бути раковин, розшарувань, тріщин, оксидів, залишків технологічних мастил, сторонніх включень і забруднень. Внутрішні розшарування і тріщини не допускаються.

Перед видачею у виробництво вольфрамові електроди мають бути випробувані на стійкість. Контроль стійкості вольфрамових електродів повинен включати:

- огляд робочого кінця електроду після 3-4 хв. гарячої дуги при силі струму 85-110 А і довжині дуги 2-2,5мм;
- радіографічний контроль шва, виконаного в середовищі аргону без присадного дроту на поверхні пластини (труби) із сталі марок 20, 08X18H10T або 12X18H10T.

При огляді робочого кінця електроду ознакою бракування є наявність на робочому кінці електроду кулястої поверхні (перед зварюванням електрод заточується на кінці під кутом 25-300 з притуплюванням кінця, рівним 0,4- 0,6 мм). Будь-який інший вид поверхні робочого кінця електроду не є бракуванням.

При радіографічному контролі ознакою бракування є наявність в наплавленому металі вольфрамових включень, що свідчить про розплавлення електроду при зварюванні і переході його часток в шов. Торкання електроду об поверхню виробу при виконанні випробувань не допускається. Вказаному контролю підлягають не менш 2-х електродів з різних прутків однієї партії.

3.2.3. Технологія наплавлення

3.2.3.1 Загальні вимоги

Роботи по наплавленню повинні проводитися із забезпеченням надійного захисту місця проведення робіт від протягів, запиленої, попадання вологи. Налаштування зварювальної установки виконується відповідно до рекомендацій, викладених в керівництві по експлуатації її складових частин [18].

Перед початком наплавлення необхідно проконтролювати готовність зварювальної установки до роботи, а саме:

- перевірити узгодженість роботи двигунів подання дроту за допомогою команди "VR налаштування" на дисплеї пульта управління;
- виконати вимір опору зварювального контуру за допомогою команди "LR налаштування" на дисплеї пульта управління;
- перевірити відстань від поверхні, що наплавляється, до сопла зварювального пальника, яке повинне складати 10 - 12 мм і при необхідності відкоригувати це значення;
- перевірити робочий хід зварювального пальника по осях X, Z, W, подання зварювального дроту;
- перевірити і, при необхідності, настроїти гальмівне обладнання котушки так, щоб забезпечувався вільний хід повної котушки з дротом, при цьому виключити самостійне обертання котушки;
- перевірити надійність прокладення кабелів живлення і шлангів (відсутність натяжок) з метою відвертання ушкоджень при обертанні пристрою;
- проконтролювати рівень рідини в системі охолодження (рівнемір бака блоку охолодження);
- виставити в змішувачі витрату аргону на виході, який повинен складати 15 л/мін, при цьому витрата вуглекислоти повинна складати 2,5% від витрати аргону;

– продути рукави подання захисного газу впродовж 1 – 2 хвилин для видалення залишків повітря з системи.

В процесі наплавлення необхідно стежити за вільним ходом шлангпакетів зварювальної установки. Виконання другого і подальшого валиків допускається після охолодження раніше наплавленого металу в зоні накладення чергового валика до температури нижче 100 °С (до моменту підходу зварювальної дуги). В процесі наплавлення після виконання кожного чергового валика його поверхня і ділянки поверхні основного і/або наплавленого металу, що примикають до нього, мають бути зачищені від шлаку, бризок металу і інших забруднень і візуально проконтрольовані на відсутність дефектів (тріщин, напливів, підрізів та ін.). Виявлені дефекти підлягають видаленню до початку накладення наступного валика. Товщина наплавленого шару після механічної обробки повинна відповідати вимогам робочих креслень, ПТД. [18]

В процесі виконання наплавлення повинен проводитися операційний контроль, при якому контролюють:

- режими наплавлення;
- послідовність виконання операцій;
- черговість накладення валиків і шарів;
- температуру довкілля (на відстані не менше 2 м від поверхні ГРР, що наплавляється);
- температуру металу в зоні наплавлення.

3.2.3.2. Технологія наплавлення ущільнюючої поверхні корпусу реактора

Параметри режиму зварювання встановлюються з пульта управління RCU5000. У "головному меню" пульта управління RCU5000 вибрати параметр "Зварювання MIG/MAG синергетика". У вкладці В "Робочі параметри" програми зварювання, що відкрилася, встановити імпульсний процес і спеціальний 4-

тактний режим зварювального пальника. Інші робочі параметри режиму зварювання встановлюються відповідно до даних, приведених в таблиці 3.6.

Процес установки параметрів режиму зварювання (наплавлення) є синергетичним. Зварювальний струм, напруга і швидкість подання зварювального дроту, є величинами взаємозв'язаними між собою. Установка цих параметрів робиться в полі "Швидкість подання дроту". Інші взаємозв'язані параметри встановлюються автоматично. Слід проконтролювати правильність їх відображення на дисплеї пульта управління RCU5000. [18]

Таблиця 3.6 - Параметри наплавлення поверхні ущільнювача корпусу реактора

№ ва-лика, що на-пла-вля-ється	Робочі параметри режиму зварювання									
	Зва-рю-валь-ний струм А	На-пруга, В	Швид-кість подан-ня дроту, м/хв	Корек-ція довжи-ни дуги, %	Корек-ція ім-пульса	Швид-кість обер-тання зварю-валь-ного модуля, мм/хв	Амплі-туда коливан-ь (Path), мм	Швид-кість коливан-ь (V-OSC), мм/хв	Час затримки коливань, с	
									По зовнішньо-му краю (Dwellt right), с	По внутріш-ньому краю (Dwellt left), с
1	193	22,4	6,6	-16	0,5	55	20	1700	0,5	0,5
2	181	21,8	6,2	-18	0	60	20	1700	1,0	0,2
3	181	21,8	6,2	-18	0	60	20	1700	0,5	0,2
4	181	21,8	6,2	-18	0	60	20	1700	0,5	0,2
5	181	21,8	6,2	-18	0	60	20	1700	0,5	0,2
6	181	21,8	6,2	-18	0	60	20	1700	0,5	1,0

У разі відображення параметрів сили струму і напруги, відмінних від параметрів, приведеними в таблиці 3.6, слід перевірити початкові установки джерела живлення TransPulsSynergic 5000 відповідно до його інструкції з експлуатації.

У вкладці D "Налаштування процесу" встановити швидкість уповільнення подання дроту SFI. Параметри коливального механізму встановлюються з блоку управління коливаннями FRC – 12. При установці параметрів коливального механізму слід враховувати, що параметр Dwellt right завжди відповідає зовнішньому діаметру валика, що наплавляється, а параметр Dwellt left - внутрішньому.

Параметри швидкості зварювання встановлюються з пульта управління обладнання US-3000R. При установці швидкості зварювання дисплей обладнання US-3000R повинен знаходитися в напівавтоматичному режимі управління.

Запуск процесу зварювання робиться в наступній послідовності:

- 1 – включення механізму коливань;
- 2 – включення обертання зварювальної голівки;
- 3 – запуск програми зварювання.

Форма і розміри підготовленої під зварювання поверхні представлені на рис. 3.10.

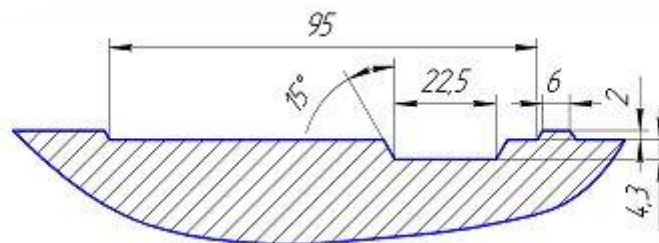


Рисунок 3.10 – Підготовка поверхні під наплавлення при ремонті ущільнюючої поверхні корпусу реактора

При наплавленні ущільнюючої поверхні корпусу реактора необхідно встановити нахил зварювального пальника 8-10 градусів до вертикалі як показано на рис. 3.11.

Наплавлення поверхні ущільнювача корпусу реактора розпочинається із заплавки поглиблення між канавками (рис. 3.12) за один прохід. Коливання зварювального пальника мають бути налагоджені так, щоб їх крайні точки (місце затримки коливань) доводилася по кутах вибірки. [18]



Рисунок 3.11 – Нахил зварювального пальника при виконанні наплавлення на корпусі реактора

При появі нестійкого горіння дуги або підвищеного розбризкування процес наплавлення необхідно перервати і замінити контактор. У разі вимушеного переривання процесу наплавлення, наплавлення здійснюється з місця обриву дуги, після його зачистки. Перед початком наплавлення чергового валика необхідно замінити контактор, а також проконтролювати стан сопла пальника. Сопло пальника не має бути забруднене. У разі неможливості видалити з його поверхні бризки металу або кіптяву – сопло має бути замінене. Напливів металу на замках слід видалити механічним способом. Додатково місця початку і закінчення наплавлення (окрім замків) необхідно допрацювати згідно ескізу, приведенного на рис. 3.13. Місце відновлення і закінчення (перехід в режим плавного гасіння дуги) зварювання (наплавлення) повинне знаходитися на $2/3$ висоти наплавленого валика, як показано на рис. 3.13.

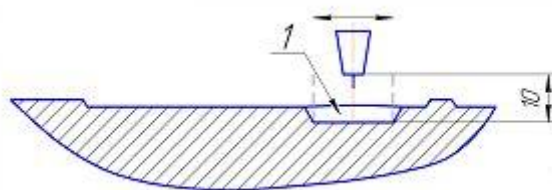


Рисунок 3.12 – Схема підготовки зварювального пальника до накладення першого валика

1 – місце накладення першого валика



Рисунок 3.13 – Схема підготовки місць відновлення і закінчення зварювання (наплавлення)

Після наплавлення кожного валика процес уривається, а зварювальна голівка повертається назад на 360° в початкове положення. Поверхня наплавлених валиків зачищається від шлаку нержавіючою металевою щіткою, знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протирається досуха безворсою тканиною ((ДСТУ ГОСТ 29298).

Підготовка до наплавлення другого валика робиться за схемою, приведеною на рис. 3.14. Колювання зварювального пальника мають бути налагоджені так, щоб крайня зовнішня точка доводилася по куту проточеній поверхні. Поверхня наплавленого валика контролюється візуально. Наплавлення наступного валика розпочинається зі зміщення від початку попереднього валика на 40 – 50 мм по напрямку зварювання (наплавлення) [18].

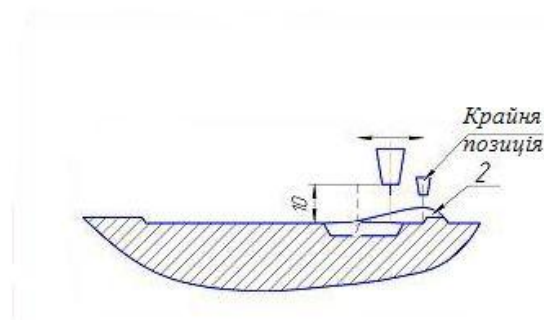


Рисунок 3.14 – Схема підготовки зварювального пальника до накладення другого валика

2 – місце накладення другого валика

Центр коливань при наплавленні подальших валиків повинен знаходитися на відстані 4-5 мм від краю попереднього наплавленого валика. Схема відступу представлена на рис. 3.15.

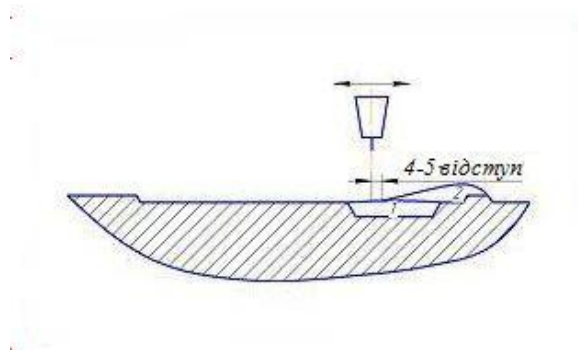


Рисунок 3.15 – Схема відступу при накладенні подальших валиків

Підготовка до наплавлення шостого (завершального) валика робиться за схемою, приведеною на рис. 3.16. Коливання зварювального пальника мають бути налагоджені так, щоб крайня внутрішня точка доводилася по куту проточеній поверхні.

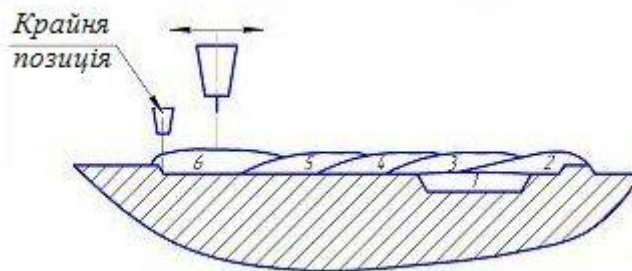


Рисунок 3.16 – Схема підготовки зварювального пальника до накладення шостого (завершального) валика

3.2.3.3. Технологія наплавлення ущільнюючої поверхні кришки ВБ

Поверхня ущільнювача кришки ВБ наплавляється в стельовому положенні.

В "головному меню" пульта управління RCU5000 вибрати параметр "Зварювання MIG/MAG синергетика". У вкладці В "Робочі параметри" програми

зварювання, що відкрилася, встановити СМТ процес і 4-тактний режим зварювального пальника. Інші робочі параметри режиму зварювання встановлюються відповідно до даних, приведених в таблиці 3.7 [18].

Процес установки параметрів режиму зварювання (наплавлення) є синергетичним. Зварювальний струм, напруга і швидкість подання зварювального дроту, є величинами взаємозв'язаними між собою. Установка цих параметрів робиться в полі "Швидкість подання дроту". Інші взаємозв'язані параметри встановлюються автоматично. Слід проконтролювати правильність їх відображення на дисплеї пульта управління RCU5000.

Таблиця 3.7 - Параметри наплавлення ущільнюючої поверхні кришки ВБ

№ вали ка, що нап- лав- ляє- ться	Робочі параметри режиму зварювання									
	Зварю- валь- ний струм А	На- пру- га, В	Швид- кість подавання дроту, м/мин	Корек- ція довжи- ни дуго, %	Корек- ція імпуль- су	Швид- кість обертан- ня зварюва- льного модуля, мм/хв	Амплі- туда коли- вань (Path), мм	Швид- кість коли- вань (V- OSC), мм/хв	Час затримки коливань, с	
									По зовніш- ньому краю (Dwellt right), с	По внутріш- ньому краю (Dwellt left), с
1	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
2	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
3	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
4	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
5	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
6	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
7	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
8	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
9	95	18,4	4,5	-20	2,0	80	15	1700	0,4	0,3
10	81	17,8	3,7	-20	2,0	110	10	1700	0	0,3
11	95	18,4	4,5	-20	2,0	300	вимк.	вимк.	вимк.	вимк.
12	95	18,4	4,5	-20	2,0	300	вимк.	вимк.	вимк.	вимк.
13	95	18,4	4,5	-20	2,0	300	вимк.	вимк.	вимк.	вимк.

У разі відображення параметрів сили струму і напруги, відмінних від параметрів, приведеними в таблиці 3.7, слід перевірити початкові установки джерела живлення TransPulsSynergic 5000 відповідно до його інструкції з експлуатації. У вкладці D "Налаштування процесу" встановити швидкість уповільнення подавання дроту "Выкл". Параметри коливального механізму встановлюються з блоку управління коливаннями FRC-12. При установці параметрів коливального механізму слід враховувати, що параметр Dwellt right завжди відповідає зовнішньому діаметру валика, що наплавляється, а параметр Dwellt left – внутрішньому. Параметри швидкості зварювання встановлюються з пульта управління обладнання US0-3000R.

При установці швидкості зварювання дисплей обладнання US-3000R повинен знаходитись в напівавтоматичному режимі управління. Запуск процесу зварювання робиться в наступній послідовності:

- 1 – включення механізму коливань;
- 2 – включення обертання зварювальної голівки;
- 3 – запуск програми зварювання.

Форма і розміри підготовленої під зварювання поверхні представлені на рис. 3.17. Зварювальний пальник встановлюється перпендикулярно поверхні, що наплавляється (без нахилу).

Підготовка до наплавлення першого валика робиться за схемою, приведеною на рис. 3.17. Коливання зварювального пальника мають бути налагоджені так, щоб крайня внутрішня точка доводилася по куту проточеній поверхні. Перший – дев'ятий валики наплавляються з амплітудою коливань 15 мм без відступу від краю попереднього валика. Схема накладення валиків з 1-го по 9-й представлена на рис. 3.18.

Після наплавлення кожного валика процес уривається, а зварювальна голівка повертається назад на 360° в початкове положення. Поверхня наплавлених валиків зачищається від шлаку нержавіючою металевою щіткою, знежирюється ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протирається досуха безворсою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298).

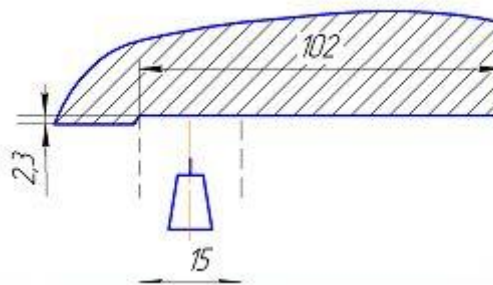


Рисунок 3.18 – Схема підготовки зварювального пальника до накладення першого валика

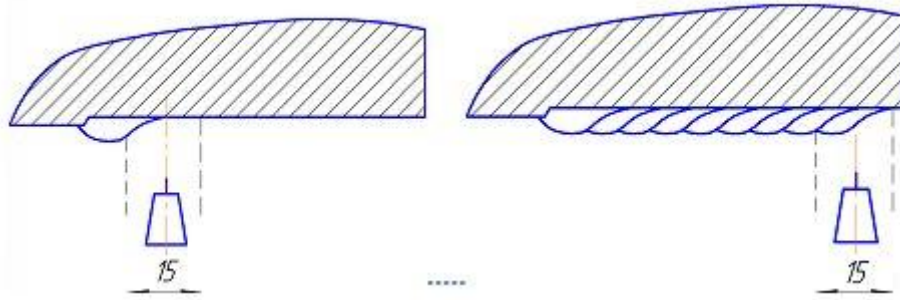


Рисунок 3.19 – Схема накладення валиків з першого по дев'ятий

При появі нестійкого горіння дуги або підвищеного розбризування процес наплавлення необхідно перервати і замінити контактор. У разі вимушеного переривання процесу наплавлення, наплавлення здійснюється з місця обриву дуги, після його зачистки.

Перед початком наплавлення чергового валика необхідно замінити контактор, а також проконтролювати стан сопла пальника. Сопло пальника не має бути забруднене. У разі неможливості видалити з його поверхні бризки металу або кіптяву – сопло має бути замінене. Напливи металу на замках слід видалити механічним способом. Додатково місця початку і закінчення наплавлення (окрім замків) необхідно допрацювати згідно ескізу, приведеного на рис. 3.13.

Місце відновлення і закінчення (перехід в режим плавного гасіння дуги) зварювання (наплавлення) повинне знаходитися на $2/3$ висоти наплавленого валика, як показано на рис. 3.13. Поверхня наплавленого валика контролюється візуально. Наплавлення наступного валика розпочинається зі зміщення від початку попереднього валика на 40 – 50 мм по напрямку зварювання (наплавлення).

Підготовка до наплавлення десятого валика робиться за схемою, приведеною на рис. 3.20. Коливання зварювального пальника мають бути налагоджені так, щоб крайня зовнішня точка знаходилася на відстані 4 мм від краю поверхні, що наплавлялася. Амплітуда коливань встановлюється 10 мм.

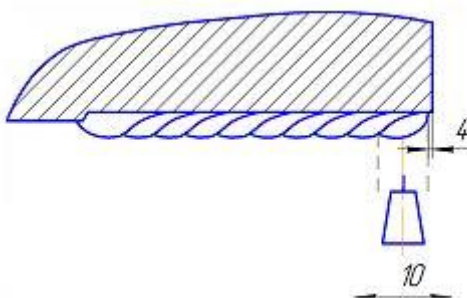


Рисунок 3.20 – Схема накладення десятого валика

Наплавлення 11-го і 12-го валиків здійснюється з нахилом пальника 150 без функції коливання. Схема накладення цих валиків представлена на рис. 3.21.

Накладення 11-го валика

Накладення 12-го валика

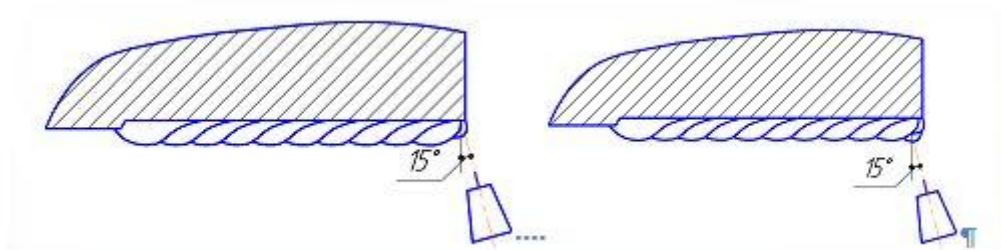


Рисунок 3.21 – Схема накладення 11-го і 12-го валиків

Наплавлення 13-го (завершального) валика здійснюється з нахилом пальника 450 без функції коливання. Схема наплавлення представлена на рис. 3.22.

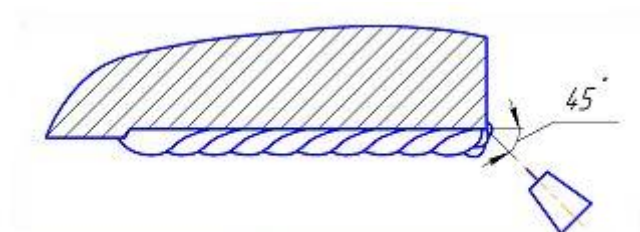


Рисунок 3.22 – Схема накладення 13-го (завершального) валика

3.2.4. Контроль якості наплавлених поверхонь

Методи і об'єми контролю якості наплавлених поверхонь ГРР вказуються в конструкторській (проектною) документації. Оцінка якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до норм, встановлених в ПН АЕ Г-7-010-89.

Наплавлені поверхні ГРР підлягають контролю [18]:

- візуальному;
- вимірювальному;
- капілярному;
- ультразвуковому.

3.2.4.1. Візуальний і вимірювальний контроль

Візуальний і вимірювальний контроль якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до вказівок СОУ НАЕК 009:2013 (ПН АЕ Г-7-016-89). Візуальний контроль проводиться після механічної обробки наплавленої поверхні. Перед виконанням контрольних операцій наплавлена поверхня має бути очищена від бризок металу, забруднень, що перешкоджають проведенню контролю. Візуальний контроль наплавленої поверхні проводиться по усій її площі. При цьому не допускаються поверхневі тріщини усіх видів і розмірів, пори, раковини, шлакові і вольфрамові включення та ін, розмір і кількість яких перевищує допустимі значення, встановлені ПН АЕ Г-7-010-89.

Вимірювальний контроль наплавлених поверхонь проводиться з метою перевірки відповідності товщини наплавленого покриття вимогам конструкторської документації. Виявлені при візуальному і вимірювальному контролі дефекти мають бути виправлені до проведення подальших методів контролю. [18]

3.2.4.2. Капілярний контроль

Капілярний контроль якості наплавлених поверхонь виконується по усій поверхні наплавлення відповідно до вимог СОУ НАЕК 014:2013 (ПН АЕ Г-7-018-89). Капілярний метод контролю служить для виявлення поверхневих дефектів (тріщин, пір, раковин та ін..) наплавлених поверхонь. Наплавлені поверхні, що підлягають капілярному контролю, мають бути прийняті за результатами візуального і вимірювального контролю. Шорсткість контрольованої поверхні має бути не більша $R_z = 20$ мкм.

3.2.4.3. Ультразвуковий контроль

Ультразвуковий контроль якості наплавлених поверхонь виконується відповідно до вимог СОУ НАЕК 032:2014 (ПН АЕ Г-7-030-91). Ультразвуковий контроль проводиться у разі ремонту (відновлення) поверхні ущільнювача з подвійним антикорозійним наплавленням з метою контролю зони сплаву наплавлення з основним металом. При технічній неможливості ультразвукового контролю якості наплавлених поверхонь замість вказаного методу допускається проводити пошаровий візуальний контроль в процесі наплавлення з фіксацією результатів в "Журналі контролю технології зварювання, наплавлення" з подальшим капілярним або магнітопорошковим контролем наплавлених поверхонь в доступних місцях [18].

Результати контролю якості наплавлених поверхонь фіксуються у відповідних журналах по методах контролю з оформленням протоколів, відповідно до вимог, встановленими СОУ НАЕК 078:2015.

3.2.5. Виправлення дефектів

Наплавлені поверхні ГРП з виявленими дефектами (неприпустимими відхиленнями від встановлених вимог) підлягають виправленню. Вибірку дефекту слід виконувати як фрезерувальним модулем обладнання US 3000K відповідно до вказівок ТИ "Технологічна інструкція. Механічна обробка при

ремонті поверхонь ущільнювачів головного роз'єму реактора з використанням обладнання US 3000R", так і вручну шліфувальною машинкою.

Схема поперечного перерізу вибірки в аустенітному шарі наплавлення приведена на рис. 3.23. Схема поперечного перерізу вибірки в аустенітному шарі наплавлення по максимальній глибині приведена на рис. 3.24. В цьому випадку необхідно забезпечити плавні переходи між шарами наплавлення в місцях вибірок залежно від розташування дефекту.

Довжина вибірок, виконаних бор-фрезами, дефектів у вигляді поодиноких пір з діаметрами до 2 мм може бути менше 10 мм. Повнота видалення дефекту поверхонь ущільнювачів ГРП контролюється візуально і, при необхідності, травленням. Поверхня вибірки контролюється КК. Перед виконанням КК сліди травлення слід видалити механічним способом [18].

Після видалення дефектів необхідно скласти картограму вибірок з вказівкою їх розмірів (ширина, довжина, глибина). Результатів візуального і вимірювального контролю виконаних вибірок оформляються в "Журналі контролю підготовки і складання деталей під зварювання, наплавлення" відповідно до вказівок СОУ НАЕК 078:2015. Після контролю, вибірки, що підлягають заварці, мають бути зачищені (при необхідності) від іржі, слідів олії і інших забруднень і знежирені ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерті досуха безворсою тканиною (ГОСТ 7701). Заварка вибірок виконується РАДС режимами вказаними в таблиці 3.8.

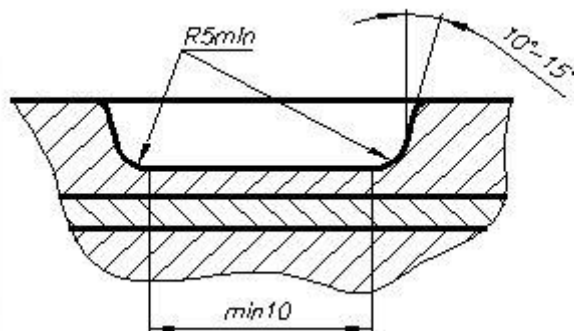


Рисунок 3.23 – Форма вибірки в аустенітному шарі наплавлення

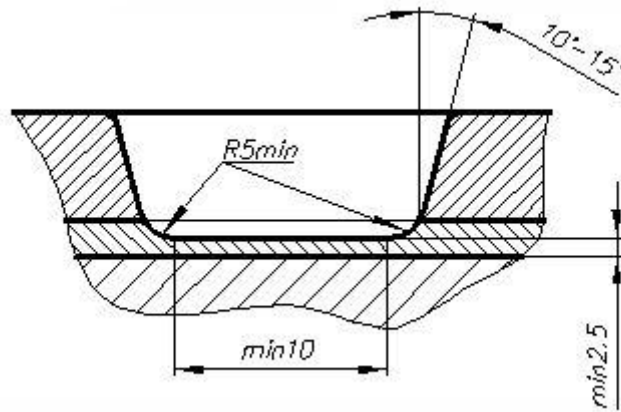


Рисунок 3.24 – Форма вибірки в аустенітному шарі наплавлення по максимальній глибині

При РАДС заварці вибірок наплавлення кожного подальшого шару слід починати тільки після виконання попереднього по усій площі, а також після охолодження температури наплавленого металу в зоні накладення чергового валика нижче 100 0С. Поверхні наплавленого металу і вибірки мають бути ретельно зачищені нержавіючою металевією щіткою, після чого знежирені ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерті досуха безворсовією тканиною (ГОСТ 7701). Усі усадкові раковини (кратери) мають бути заплавлені. Запалення дуги при РАДС робити на допоміжній пластині, у вибірці або на раніше наплавленому металі. Запалення дуги торканням електроду об поверхню ГРП поза вибіркою не допускається [18].

Таблиця 3.8

Марка зварювального дроту	Діаметр вольфрамового електроду, мм	Діаметр зварювального дроту, мм	Режими наплавлення		
			сила струму, А	напруга, В	витрата аргону, л/хв
Св-04Х20Н10Г2Б	2-3	1,0-2,0	70 – 80	8 – 12	8-10

Наплавлення виконувати валиками заввишки 2 – 3 мм, довжина дуги при цьому повинна складати не більше 2 – 3 мм, а ширина валика – не більше за діаметр сопла пальника. При застосуванні РАДС для багатошарового заповнення вузьких вибірок – наплавлення слід проводити пошарово, змінюючи напрям

наплавлення кожного подальшого шару по відношенню до попереднього на 1800. При багат шаровому наплавленні способом РАДС вибірок шириною більше 50 мм напрям наплавлення кожного подальшого шару рекомендується змінювати на 900 по відношенню до попереднього (поворот слід здійснювати в одному напрямі). При наплавленні шару по ширині вибірки допускається застосування зворотньо-поступального (від кромки до кромки безперервно) методу наплавлення.

Валики слід укладати по усій довжині вибірки. Останні два шари повинні наплавлятися від кромки вибірки до центру. При гасінні дуги необхідно повільно відводити пальник після заварки кратера, або використовувати апаратуру для плавного зниження зварювального струму. Подання аргону в зону наплавлення припиняти через 6 – 8 секунд після гасіння дуги. виправлені дефектні ділянки підлягають суцільному контролю усіма методами, передбаченими НД. При контролі якості виправлення дефекту контролюється як поверхня заплавленої вибірки, так і ділянка, що примикає до неї, шириною не менше 20 мм в кожную сторону.

Виправлення дефектів на одній і тій же ділянці наплавленої поверхні допускається не більше трьох разів. Можливість виправлення дефектів на одній і тій же ділянці наплавленої поверхні більше трьох разів має бути оформлена технічним рішенням. Результати контролю якості виправлення дефектних ділянок наплавлених поверхонь фіксуються в журналах контролю відповідно до СОУ НАЕК 078:2015. Вибірки, глибина і ширина яких не перевищують 2 мм, рекомендується заплавляти за допомогою зварювальної голівки обладнання US - 3000R в автоматичному режимі "Зварювання точками". За допомогою цього режиму досягається максимально плавний перехід від зони вибірки до площини поверхні ущільнювача ГРР. Параметрів режиму "Зварювання точками" представлені в таблиці 3.9.

Процес установки параметрів режиму зварювання (наплавлення) є синергетичним. Зварювальний струм, напруга і швидкість подання зварювального дроту, є величинами взаємозв'язаними між собою. Установка цих параметрів робиться в полі "Швидкість подання дроту". Інші взаємозв'язані

параметри встановлюються автоматично. Слід проконтролювати правильність їх відображення на дисплеї пульта управління RCU5000. У разі відображення параметрів сили струму і напруги, відмінних від параметрів, приведених в таблиці 3.8, слід перевірити початкові установки джерела живлення TransPulsSynergic 5000 відповідно до його інструкції з експлуатації [18].

Таблиця 3.9 - Параметри режиму "Зварювання точками"

Найменування параметра	Величина
Діаметр зварювального дроту, мм	1,0
Швидкість подання дроту	3,4 м/хв
Корекція довжини дуги	- 20 %
Корекція імпульсу	2,0
Режим пальника	Зварювання точками
Процес	CMT
Зварювальний струм	78 А
Напруга	19,7 В

Таким чином, проаналізувавши два зварювальні модулі для обладнання US 3000R для подальшої роботи обираємо устаткування для автоматичного аргонодугового наплавлення фірми Fronius, Австрія, TPS 5000 CMT, так як воно є принципове нове з більш високою продуктивністю процесу наплавлення, що забезпечує високу якість наплавленого металу з більш простим управлінням та обслуговуванням. CMT (Cold Metal Transfer – технологія холодного переносу металу). Метод об'єднує у собі найкращі напрацювання компанії Fronius зі зварювання плавлящимся електродом.

3.3. Механічна обробка

3.3.1. Організація робіт

Перед початком робіт по механічній обробці ущільнювачих поверхонь ГРР необхідно перевірити [24]:

- наявність технічної документації на устаткування, на якому виконуватиметься механічна обробка;
- наявність паспорта, комплектність і справність обладнання US - 3000R;
- наявність технологічного процесу на ремонт ущільнюючих поверхонь ГРР;
- наявність наряду-допуску, а також дозиметричного наряду на виконання робіт по механічній обробці поверхонь ущільнювачів ГРР.

Контроль за ходом виконання робіт по механічній обробці ущільнювачих поверхонь ГРР повинен здійснюватися керівником робіт ремонтного підприємства і представником служби технічного контролю АЕС.

До початку робіт по механічній обробці мають бути виконані заходи по охороні праці, вказані в наряді-допуску, у тому числі заходи по захисту персоналу від радіаційної дії, зниженню рівнів забруднення радіоактивними речовинами поверхні обладнання US-3000R. Місце проведення складання пристрою повинне знаходитися в зоні дії крану вантажопідйомністю не менше 6,3 т. Робота на висоті 1,3 м і більше від рівень підлога (робочій поверхні) необхідно виконувати із застосуванням лісів або підмосток.

До початку робіт по механічній обробці необхідно забезпечити робоче місце:

- електроенергією для живлення пристрою (трифазний струм ($I = 63$ А), напруга - 380 В, споживана потужність – (max) 35кВт);
- стислим повітрям (тиск – 6 кгс/см²);
- додатковим освітленням, що забезпечує освітленість місця проведення робіт не менше 300 лк.;
- пристосуваннями і інструментом.

Перед початком робіт, з метою відвертання попадання сторонніх предметів всередину устаткування, необхідно закрити відкриті внутрішні порожнини устаткування щитами з матеріалу, що не згорає, і захисною плівкою.

3.3.2. Підготовчі заходи

3.3.2.1. Установка обладнання US-3000R на оброблювану ущільнюючу поверхню кришки реактора

На обладнання US-3000R встановлені [24]:

- затискні і регулюючі опори;
- юстирувальні опори;
- інструментальний стіл позиціонування кареток X, Z, ZI.

Для установки обладнання US-3000R на оброблювану поверхню ущільнювача кришки реактора застосовуються:

- 4-х петлевий ланцюговий строп вантажопідйомністю 8 т, завдовжки 6 м;
- стіл підйомний.

При юстируванні обладнання US-3000R для забезпечення площинності і співвісності до оброблюваної ущільнюючої поверхні кришки реактора застосовуються [24]:

- чотири регулюючі опори з гвинтовими домкратами – для юстирування по площині;
- чотири регулюючі опори з контргайками – для юстирування по співвісній;
- індикатор годинного типу цифровий на магнітній стійці (ціна ділення – 0,01 мм);
- штангенциркуль цифровий (ціна ділення - 0,01 мм);
- глибиномір мікрометричний цифровий (ціна ділення - 0,01 мм).

Перед установкою обладнання US-3000R на оброблювану ущільнюючу поверхню кришки реактора для підготовки до процесу юстирування обладнання US-3000R необхідно [24]:

- встановити стапель і підйомний стіл на місце проведення ремонту кришки реактора;

- встановити обладнання US-3000R на підйомний стіл;
- підключити до обладнання US-3000R гідравлічний силовий блок і пульт управління, включити обладнання US-3000R;
- встановити кришку реактора на стапель;
- виставити регулюючі опори для регулювання по площині на один рівень;
- висунути регулюючі опори для регулювання по співвісній на 22 мм.

Критерії юстирування обладнання US-3000R по регулюючих опорах (1-2 і 3-4) до оброблюваної ущільнювачої поверхні кришки реактора:

- по площині $\pm 0,25$ мм;
- по співвісній $\pm 0,25$ мм.

Юстирування обладнання US-3000R по площині:

1) завести обладнання US-3000R в кришку реактора за допомогою підйомного столу до зіткнення регулюючих опор з ущільнюючою поверхнею кришки реактора;

2) виконати "затиск" затискними опорами (куркульками) 5, 6, 7, 8 в кришці реактора;

3) виконати "затиск" регулюючими опорами (куркульками) 1, 2, 3, 4 в кришці реактора;

4) виконати "віджимання" затискних опор (кулачків) 5, 6, 7, 8 в кришці реактора;

5) встановити стойку індикатора – на поверхню каретки осі Z обладнання US-3000R, а шток голівки індикатора на площину оброблюваної поверхні;

6) обертаючи поворотну траверсу, зняти свідчення індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4;

7) регулюючи площинну обладнання US-3000R відносно оброблюваній поверхні гвинтовими домкратами юстирувальних опор досягти значення різниці між свідченнями індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4 не більше $\pm 0,25$ мм;

8) після досягнення встановлених значень перевірити площинну обладнання US-3000R відносно оброблюваній поверхні, якщо площинна задовольняє встановленим вимогам перейти до юстирування обладнання US-3000R по співвісній, при незадовільному значенні площинної повторити процес регулювання.

Юстирування обладнання US-3000R по співвісній:

1) обертаючи поворотну траверсу, зняти свідчення індикатора перед кожною з чотирьох регулюючих опор 1, 2, 3, 4;

2) коригуючи співвісність обладнання US-3000R відносно ущільнюючої поверхні кришки реактора регулюючими опорами, досягти значення різниці між свідченнями індикатора перед регулюючими опорами 1 - 2 і 3 - 4 не більше $\pm 0,25$ мм;

3) після досягнення встановлених значень співвісної зафіксувати регулюючі опори контргайками і повторно зняти свідчення індикатора перед регулюючими опорами 1 - 2 і 3 - 4. При незадовільному значенні співвісної повторити процес регулювання;

4) після закінчення процесу регулювання співвісної виконати "затиск" обладнання US-3000R затискними опорами (куркульками) 5, 6, 7, 8 і зафіксувати за допомогою контргайок.

Виконати остаточну перевірку обладнання US-3000R по площинній і співвісній відносно до оброблюваної поверхні кришки реактора, при незадовільному значенні повторити процес юстирування.

3.3.2.2. Установка обладнання US-3000R на оброблювану ущільнюючу поверхню корпусу реактора

На обладнання US-3000R встановлені [24]:

- затискні і регулюючі опори;
- страхувальні опори;
- юстирувальні опори зі встановленими на них тимчасовими упорами;

- інструментальний стіл позиціонування кареток X, Z, ZI;
- захисна кришка корпусу обладнання US-3000R, що складається з 8 сегментів.

Перед виконанням ремонтних робіт обладнанням US-3000R на ущільнюючій поверхні корпусу реактора необхідно переконатися в тому, що :

- виконаний вимір різниці діаметрів ущільнюючих канавок пристосуванням для виміру різниці діаметрів ущільнюючих канавок;
- встановлена заглушка в горловину корпусу реактора;
- встановлені заглушки (54 шт.) в шпилькові гнізда M170 корпусу реактора.

Для установки обладнання US-3000R на оброблювану ущільнюючу поверхню корпусу реактора застосовуються:

- 4-х петлевий ланцюговий строп вантажопідйомністю 8 т, завдовжки 6 м;
- чотири стаціонарні цапфи на торцях поворотної траверси обладнання US-3000R.

При юстируванні обладнання US-3000R для забезпечення площинності і співвісності до оброблюваної ущільнюючої поверхні корпусу реактора застосовуються: [24]

- чотири регулюючі опори з гвинтовими домкратами – для юстирування по площині;
- чотири регулювальні опори з контргайками – для юстирування по співвісній;
- індикатор годинного типу цифрових на магнітній стойці (ціна ділення - 0,01 мм);
- штангенциркуль цифровий (ціна ділення - 0,01 мм);
- глибиномір мікрометричний цифровий (ціна ділення - 0,01 мм);
- пристосування для виміру різниці діаметрів ущільнюючих канавок ГРР ВВЭР-1000 591.00.00;

– пристосування для юстирування обладнання US-3000R 597.00.00 для одночасного виміру двома індикаторами положення обладнання US-3000R відносно поверхні дна ущільнюючої канавки.

Перед установкою обладнання US-3000R на оброблювану ущільнюючу поверхню корпусу реактора для підготовки до процесу юстирування обладнання US-3000R необхідно:

- підключити до обладнання US-3000R гідравлічний силовий блок і пульт управління, включити обладнання US-3000R;
- виставити регулюючі опори для регулювання по площині на один рівень;
- висунути регулюючі опори для регулювання по співвісній на 22 мм.

Критерії попереднього юстирування обладнання US-3000R по регулюючих опорах (1-2 і 3-4) до оброблюваної ущільнюючої поверхні корпусу реактора: [24]

- по площині $\pm 0,5$ мм;
- по співвісній $\pm 0,5$ мм.

Попереднє юстирування пристрою US-3000R:

- 1) завести обладнання US-3000R в корпус реактора і встановити на оброблювану ущільнюючу поверхню за допомогою тимчасових упорів;
- 2) виконати "затиск" затискними опорами (куркульками) 5, 6, 7, 8 в корпусі реактора;
- 3) виконати "затиск" регулюючими опорами (куркульками) 1, 2, 3, 4 в корпусі реактора;
- 4) виконати "віджимання" затискних опор (кулачків) 5, 6, 7, 8 в корпусі реактора;
- 5) встановити стойку індикатора на поверхню каретки осі Z обладнання US-3000R, а шток голівки індикатора на площину оброблюваної поверхні;
- 6) обертаючи поворотну траверсу, зняти свідчення індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4;

7) регулюючи попереднє юстирування обладнання US-3000R відносно ущільнюючої поверхні корпусу реактора регулюючими опорами, досягти значення різниці між свідченнями індикатора перед регулюючими опорами 1 - 2 і 3 - 4 не більше $\pm 0,5$ мм;

8) після досягнення встановлених значень перевірити попереднє юстирування обладнання US-3000R відносно оброблюваній поверхні. Якщо юстирування задовольняє встановленим вимогам перейти до остаточного юстирування обладнання US-3000R по площинній і співвісній. При незадовільному значенні попереднього юстирування повторити процес регулювання.

Критерії остаточного юстирування обладнання US-3000R по регулюючих опорах (1-2 і 3-4):

- по площині $\pm 0,25$ мм;
- по співвісній $\pm 0,25$ мм.

Остаточне юстирування обладнання US-3000R по площині:

1) встановити пристосування для юстирування обладнання US-3000R на поверхню каретки осі Z обладнання US-3000R, а індикатори, закріплені в пристосування – на ущільнюючу поверхню дна канавки;

2) обертаючи поворотну траверсу, зняти свідчення індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4;

3) регулюючи площинну обладнання US-3000R відносно оброблюваній поверхні гвинтовими домкратами юстирувальних опор, досягти значення різниці між свідченнями індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4 не більше $\pm 0,25$ мм;

4) після досягнення встановлених значень перевірити площинну обладнання US-3000R відносно оброблюваній поверхні. Якщо площинна задовольняє встановленим вимогам перейти до остаточного юстирування обладнання US-3000R по співвісній, при незадовільному значенні площинної повторити процес регулювання.

Остаточне юстирування обладнання US-3000R по співвісній: [24]

1) встановити пристосування для юстирування обладнання US-3000R на кінці поворотної траверси обладнання US-3000R, а індикатори, закріплені в пристосування – на ущільнюючу поверхню дна канавки;

2) обертаючи поворотну траверсу, зняти свідчення індикатора навпроти регулюючих опор 1, 2, 3, 4;

3) коригуючи співвісну обладнання US-3000R відносно ущільнюючої поверхні корпусу реактора регулюючими опорами, досягти значення різниці між свідченнями індикатора навпроти регулюючими опорами 1 - 2 і 3 - 4 не більше $\pm 0,25$ мм;

4) після досягнення встановлених значень співвісної зафіксувати регулюючі опори контргайками і повторно зняти свідчення індикатора перед регулюючими опорами 1 - 2 і 3 - 4. При незадовільному значенні співвісної повторити процес регулювання;

5) після закінчення процесу регулювання співвісної виконати "затиск" обладнання US-3000R затискними опорами (куркульками) 5, 6, 7, 8 і зафіксувати за допомогою контргайок.

Виконати остаточну перевірку обладнання US-3000R по площинній і співвісній відносно оброблюваної поверхні корпусу реактора. При незадовільному значенні повторити процес юстирування.

3.3.3. Механічна обробка

Види механічної обробки, що виконуються пристроєм US-3000R [24]:

- фрезерування;
- токарна обробка;
- шліфування (полірування).

Управління операціями по механічній обробці виконується з пульта управління обладнанням US-3000R. Залежно від виду механічної обробки ущільнюючої поверхні ГРП виконується комплектація пристрою відповідними пристосуваннями і інструментом. Рекомендовані режими механічної обробки

залежно від виду механічної обробки і виконуваної операції вказані у таблиці 3.10.

Перед виконанням механічної обробки поверхні ущільнювача заздалегідь визначаються розміри і форма дефекту, а також його місце розташування і глибина залягання методами неруйнівного контролю. Видалення дефекту має бути виконане із забезпеченням плавних переходів в місця вибірок. Повнота видалення дефекту поверхонь ущільнювачів ГРР із сталей перлітового класу з антикорозійним наплавленням контролюється візуально. Поверхня вибірки контролюється капілярним контролем (КК).

Після контролю вибірки, що підлягають заварці, мають бути зачищені (при необхідності) від слідів олії і інших забруднень і знежирені ацетоном (ГОСТ 2768) або етиловим ректифікованим спиртом (ДСТУ 4221) і протерти досуха безворсою тканиною (ДСТУ ГОСТ 29298:2008).

Таблиця 3.10 - Рекомендовані режими механічної обробки

№ п/п	Найменування операції	Вид механічної обробки	Режим обробки			
			Хід поворотної траверси, мм/хв	Швидкість обертання інструменту, об/мин	Швидкість подання інструменту, мм/хв	Максимальна глибина різання, мм
1.	Видалення дефектів і підготовка під наплавлення	Фрезерування, фреза Ø 6мм	30	420	по осі Z=2 по осі X=30	2
		Фрезерування, фреза Ø 14мм	32	420	по осі Z=2 по осі X=30	2
2.	Обробка наплавленої ділянки	Фрезерування, фреза Ø 6мм	30	420	по осі Z=2 по осі X=30	2
		Фрезерування, фреза Ø 50мм	420	420	по осі Z=8 по осі X=30	0,5
		Точіння	4 об/хв	-	по осі Z=0,35 мм за 1 оборот по осі X=0,35 мм за 1 оборот	-
3.	Відновлення ущільнюючої канавки	Фрезерування, фреза Ø 80мм	160	270	по осі Z=2	2

№ п/п	Найменуван ня операції	Вид механічної обробки	Режим обробки			
			Хід поворот- ної траверси, мм/хв	Швидкість обертання інструменту , об/мин	Швидкість подання інструмен- ту, мм/хв	Максималь- на глибина різання, мм
4.	Доопрацюва ння поверхні ущільнювача	Шліфування	800	3600	по осі Z=2	-

3.3.3.1. Фрезерування

3.3.3.1.1. Виконання фрезерування у "Напіваавтоматичному режимі"

1. На дисплеї пульта управління в Ручному режимі:

- в меню "Ініціалізація" зробити ініціалізацію положення поворотної траверси (поворот траверси в положення 0°);

- в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки початку циклу механічної обробки (X1, Z1, W1);

- в меню "Ініціалізація" у вікнах "Коригування" (X, Z, W) визначити характеристики точки початку механічної обробки як нульові;

- в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки кінця циклу механічної обробки (X2, Z2, W2).

2. На дисплеї пульта управління в Напіваавтоматичному режимі:

- задати характеристики кінцевої точки циклу механічної обробки (X2, Z2, W2);

- задати параметри, необхідні для проведення фрезерування (швидкість обертання траверси W, швидкість обертання робочого інструменту і швидкість його руху відносно осей X і Z);

- клавішею "Старт" у вікні "фрезерний модуль" включити обертання робочого інструменту;

- клавішами "Старт" у вікнах "Обертання W, Вісь X, Вісь Z" почати цикл фрезерування, в цьому режимі робочий інструмент може пересуватися по осях X, Z, W як одночасно, так і по черзі;

- при необхідності клавішею "Стоп" зупинити рух робочого інструменту по осях X, Z і обертання траверси.

– в Ручному режимі по закінченню циклу фрезерування відключити роботу фрезерного модуля.

3.3.3.1.2. Виконання фрезерування в "Автоматичному режимі" (спіральна обробка)

1. На дисплеї пульта управління в Ручному режимі:

– в меню "Ініціалізація" зробити ініціалізацію положення поворотної траверси (поворот траверси в положення 0°);

– в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки початку циклу механічної обробки (X1, Z0, W1);

– в меню "Ініціалізація" у вікнах "Коригування" (X, Z, W) визначити характеристики точки початку механічної обробки як нульові;

– в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки кінця циклу механічної обробки (X2, W2).

2. На дисплеї пульта управління в Автоматичному режимі в меню "Спіральна обробка":

– задати характеристики кінцевої точки циклу механічної обробки (X2, W2);

– задати параметри, необхідні для проведення фрезерування (швидкість обертання траверси W, швидкість обертання робочого інструменту і швидкість його руху відносно осі X);

– задати діаметр робочого інструменту і значення перекриття ширини фрезерування;

– клавішею "Почати обробку" включити в роботу фрезерний модуль, при цьому робочий інструмент підніметься до граничного положення по осі Z і переведеться в початкову точку обробки (X1, W1);

- виконати установку робочого інструменту над оброблюваною поверхнею (натиснути клавішу "Z" і у вікні характеристик "Z", що з'явилося, задати значення швидкості опускання робочого інструменту і значення ходу робочого інструменту по осі Z від граничного верхнього положення до значення "Z0 мінус", і клавішею "Старт" опустити робочий інструмент);

- після установки робочого інструменту над оброблюваною поверхнею, у вікні характеристик "Z" задати значення швидкості опускання глибини різання робочого інструменту для виконання фрезерування;

- натисненням клавіші "Close" перейти в меню "Спіральна обробка";

- в меню "Спіральна обробка" натисненням клавіші "Почати обробку" приступити циклу фрезерування.

3. При необхідності клавішею "Стоп" припиняється процес фрезерування, робочий інструмент підніметься до граничного положення по осі Z і переведеться в початкову точку обробки (X1, W1).

4. В "Ручному режимі" по закінченню циклу фрезерування відключити роботу фрезерного модуля.

3.3.3.1.3. Виконання фрезерування в "Автоматичному режимі" (низхідна обробка)

1. На дисплеї пульта управління в "Ручному режимі":

- в меню "Ініціалізація" зробити ініціалізацію положення поворотної траверси (поворот траверси в положення 0o);

- в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки початку циклу механічної обробки (X1, Z0, W1);

- в меню "Ініціалізація" у вікнах "Коригування" (X, Z, W) визначити характеристики точки початку механічної обробки як нульові;

– в меню "Ручний режим" натисненням клавіш "X -, X+; Z -, Z+; W -, W+" зробити позиціонування робочого інструменту на оброблюваній поверхні і визначити характеристики точки кінця циклу механічної обробки (X2, W2, Z2).

2. На дисплеї пульта управління в "Автоматичному режимі" в меню "Низхідна обробка":

– задати характеристики кінцевої точки циклу механічної обробки (X2, W2, Z2);

– задати параметри, необхідні для проведення фрезерування (швидкість обертання траверси W, швидкість обертання робочого інструменту і швидкість його руху відносно осі X і Z);

– клавішею "Почати обробку" включити в роботу фрезерний модуль, при цьому робочий інструмент підніметься до граничного положення по осі Z і переведеться в початкову точку обробки (X1, W1);

– виконати установку робочого інструменту над оброблюваною поверхнею (натиснути клавішу "Z" і у вікні характеристик "Z", що з'явилося, задати значення швидкості опускання робочого інструменту і значення ходу робочого інструменту по осі Z від граничного верхнього положення до значення "Z0 мінус", і клавішею "Старт" опустити робочий інструмент);

– після установки робочого інструменту над оброблюваною поверхнею, у вікні характеристик "Z" задати значення швидкості опускання і глибини різання робочого інструменту для виконання фрезерування;

– натисненням клавіші "Close" перейти в меню "Низхідна обробка";

– в меню "Низхідна обробка" натисненням клавіші "Почати обробку" приступити циклу фрезерування;

3. При необхідності клавішею "Стоп" припиняється процес фрезерування, робочий інструмент підніметься до граничного положення по осі Z і переведеться в початкову точку обробки (X1, W1).

4. В "Ручному режимі" по закінченню циклу фрезерування відключити роботу фрезерного модуля.

3.3.4. Операції механічної обробки при ремонті ущільнюючої поверхні

Ремонт ущільнюючої поверхні корпусу реактора (рис. 3.25) включає наступні операції [24]:

1. Видалення дефекту і підготовка під наплавлення
2. Обробка напавленої поверхні
3. Відновлення канавки на поверхні ущільнювача.

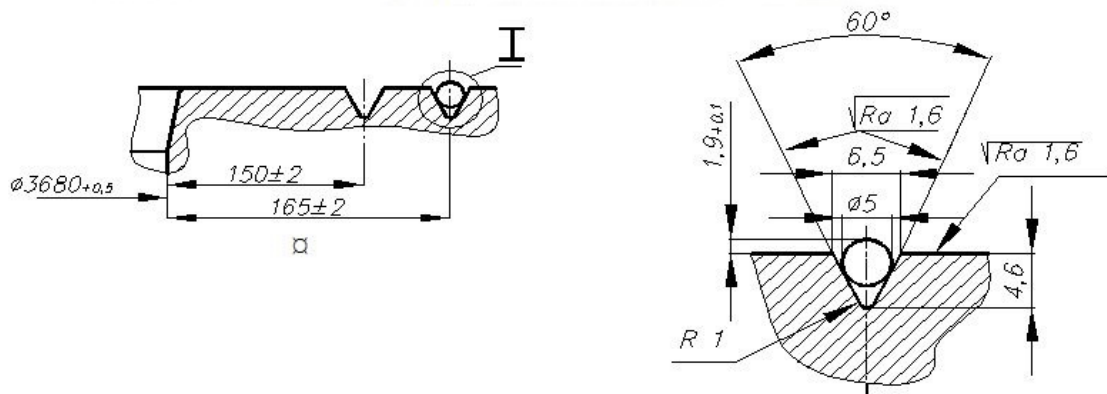


Рисунок 3.25 – Ущільнююча поверхня головного роз'єму корпусу реактора

Операції по видаленню дефекту і підготовці ущільнюючої поверхні для виконання наплавлення робляться із застосуванням фрезерного модуля в два етапи [24]:

Етап №1 – чорнова обробка канавки виконується фрезерним інструментом $\phi 6$ мм, який позиціонується по центру канавки, призначеної для ремонту. Фрезерування виконується на глибину 6,0 мм.

Режим фрезерування:

- частота обертання робочого інструменту=420 об./хв;
- швидкість подання по осі X=30 мм/хв;
- швидкість подання по осі Z=2 мм/хв.

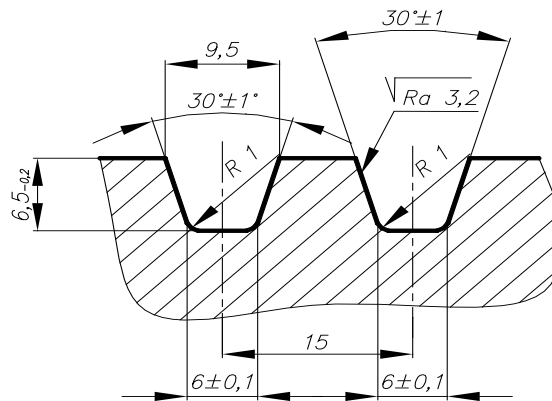


Рисунок 3.26 – Підготовка під наплавлення

Етап №2 – обробка кромки канавки виконується фрезерним інструментом Ø14 мм, який встановлюється по центру канавки, призначеної для ремонту. Фрезерування виконується на глибину 6,5 мм (рис. 3.26).

Режим фрезерування:

- частота обертання робочого інструменту=420 об./хв;
- швидкість подання по осі X=32 мм/хв;
- швидкість подання по осі Z=2 мм/хв.

Операції по обробці напавленої поверхні виконуються із застосуванням фрезерного, токарного і шліфувального (полірувального) модулів в три етапи:

Етап №1 – Обробка напавленої поверхні виконується із застосуванням фрезерного модуля, фрезерним інструментом Ø45 мм.

Режим фрезерування:

- частота обертання робочого інструменту=160 об./хв;
- швидкість подання по осі X=32 мм/хв;
- швидкість подання по осі Z = 2 мм/хв.

Етап №2 – Операції по обробці напавленої поверхні після фрезерування виконуються із застосуванням токарного модуля. [24]

Режим токарної обробки:

- швидкість обертання поворотної траверси W=4 об./хв.
- по осі Z=0,35 мм за 1 оборот;
- по осі X=0,35 мм за 1 оборот.

Етап №3 – Чистова обробка наплавленої поверхні виконується із застосуванням шліфувального (полірувального) модуля, робочим інструментом $\varnothing 250$ мм.

Режим шліфування:

- частота обертання робочого інструменту=3600 об./хв;
- частота обертання поворотної траверси=800 мм/хв;
- швидкість подання по осі $Z=2$ мм/хв.

Операції по відновленню канавки на ущільнюючій поверхні виконується із застосуванням фрезерного модуля, що встановлюється на опорній плиті, що забезпечує його похиле положення, в три проходи фрезерним інструментом $\varnothing 80$ мм:

- прохід №1 – чорнова обробка канавки на глибину 3 мм;
- прохід №2 – обробка канавки на глибину 1,2 мм;
- прохід №3 – чистова обробка канавки на глибину 0,4 мм, що дозволяє отримати необхідну якість поверхні канавки.

Режим фрезерування:

- частота обертання робочого інструменту=270 об./хв;
- швидкість подання по осі $Z=2$ мм/хв.

Ремонт ущільнюючої поверхні кришки ВБ (рис. 3.27) включає наступні операції: [24]

- видалення дефекту і підготовка під наплавлення;
- обробка наплавленої поверхні;

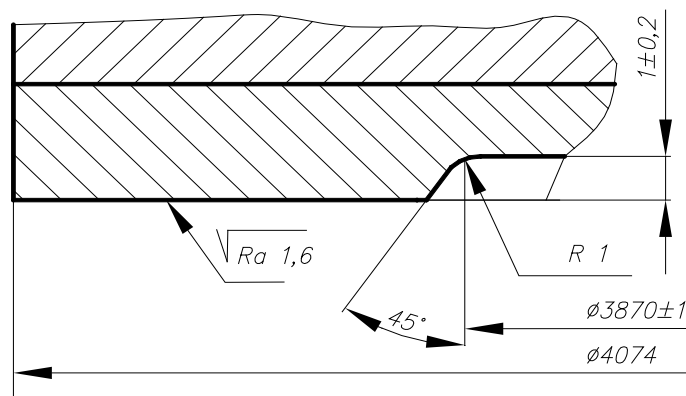


Рисунок 3.27 – Ущільнююча поверхня кришки реактора

Операції по видаленню дефекту і підготовці ущільнюючої поверхні для виконання наплавлення (рис. 3.28) робляться із застосуванням токарного модуля.

Режим токарної обробки:

- швидкість обертання поворотної траверси $W=4$ об./хв;
- по осі $Z=0,35$ мм за 1 оборот;
- по осі $X=0,35$ мм за 1 оборот.

Операції по обробці наплавленої поверхні виконуються із застосуванням фрезерного, токарного і шліфувального (полірувального) модулів в три етапи:

Етап №1 – Обробка наплавленої поверхні виконується із застосуванням фрезерного модуля, фрезерним інструментом $\varnothing 45$ мм

Режим фрезерування:

- частота обертання робочого інструменту $=160$ об./хв;
- швидкість подання по осі $X=32$ мм/хв;
- швидкість подання по осі $Z=2$ мм/хв.

Етап №2 – Операція по обробці наплавленої поверхні після фрезерування виконується із застосуванням токарного модуля.

Режим токарної обробки: [24]

- швидкість обертання поворотної траверси $W=4$ об./хв;
- по осі $Z=0,35$ мм за 1 оборот;
- по осі $X=0,35$ мм за 1 оборот.

Етап №3 – Чистова обробка наплавленої поверхні виконується із застосуванням шліфувального (полірувального) модуля, робочим інструментом $\varnothing 250$ мм.

Режим шліфування:

- частота обертання робочого інструменту $=3600$ об./хв;
- частота обертання поворотної траверси $=800$ мм/хв;
- швидкість подання по осі $Z=2$ мм/хв.

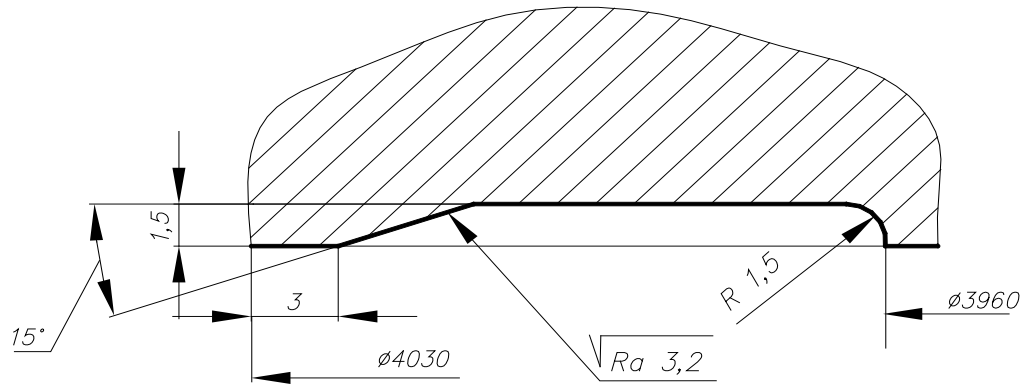


Рисунок 3.28 – Підготовка під наплавлення

3.3.5. Контроль якості ущільнюючих поверхонь ГРП після механічної обробки

Після виконання механічної обробки необхідно провести контроль якості металу ущільнювачих поверхонь ГРП з метою виявлення поверхневих тріщин, раковин, пір та ін.. Методи і об'єми контролю, а також норми оцінки якості встановлюються виробничо-технологічною, конструкторською документацією і ПН АЕ Г-7-010-89.

Контроль виконує служба технічного контролю АЕС спільно з представниками ремонтного підприємства, що виконує вказані роботи. Результати контролю якості виправлення дефектних ділянок поверхонь ущільнювачів фіксуються у формах звітної і облікової документації. [24]

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах процес проведення ремонтних робіт головного роз'єму реактора, було розроблено технологію, що може використовуватися при подальшій експлуатації АЕС, а саме профілактичних та відновлювальних робіт деталей ГРР. В цьому розділі буде розглянуто аналіз даного стартап-проекту, його перспектива експлуатації в сфері відновлювальних робіт та переваги, які може отримати користувач.

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Впровадження установки US 3000R у проведення відновлювальних робіт ГРР	Багатофункціональність пристрою дозволяє виконувати увесь спектр ремонтних робіт	Автоматизація процесу, підвищення швидкості, якості та продуктивності процесу

Проведено аналіз основних техніко-економічних переваг ідеї у порівнянні із пропозиціями конкурентів: визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку.

Визначаємо перелік конкурентних підприємств (організацій):

Конкурент 1 – ООО «Safeatom», м. Хейшем, Великобританія;

Конкурент 2 – ООО «Atomshutz», м. Каль, Німеччина.

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторон а)	N (нейтраль на сторона)	S (сильн а сторон а)
		Мій проект	Конкуре нт 1	Конкуре нт 2			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Використання та компанування нестандартного обладнання	+	-	-			+
2	Розробка креслень	+	+	+			+
3	Продуктивність	+	-	-			+

Після порівняння характеристик проекту з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту, визначено технологічну здійсненність ідеї проекту, яка передбачає аналіз таких складових в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення більш продуктивного обладнання для проведення ремонтних робіт ГРП	Інженерні та конструкторські рішення	Наявна	Доступні
2	Використання більшої кількості оснащення у порівнянні з виробниками-конкурентами	Спеціальне устаткування	Наявні	Доступні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що даний проект можна реалізувати.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначаємо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, які наведені у таблиці 4.4:

Таблиця 4.3 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	20
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відмінність структур ГРР атомних станцій
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	В залежності від державного стандарту
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	69%

За попереднім оцінюванням ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт, тому робимо висновок, що ринок є привабливим для входження.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5).

Таблиця 4.4 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4	5
1	Герметичність	АЕС	точність встановлення зварювального оснащення	проходження конструкції контролю якості;
2	Підвищення часу роботи до	АЕС	застосування матеріалів, які	оперативність налаштування виробництва.

	наступної поломки		підвищують якісні характеристики	
--	----------------------	--	-------------------------------------	--

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також виконувати роботи мають лише високо кваліфіковані робітники. Також, повинно бути своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 4.6).

Таблиця 4.5 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Наявність більш дешевих технологій	Зацікавити потенційних клієнтів високою швидкістю виконання замовлення
2	Навколишнє середовище	Проведення робіт в умовах підвищеної небезпеки	Дотримання техніки безпеки персоналом, автоматизація процесу

В таблиці 4.6 ми визначили фактор загрози яка перешкоджає ринковому впровадженню нашого проекту, а також можливу реакцію на фактор щоб звести до мінімуму його вплив. Але поряд із колом загроз існують і певні можливості. Але поряд із колом загроз існують і певні можливості

Таблиця 4.6 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1	Багатофункціональність обладнання	Проведення усього циклу ремонтних робіт, використовуючи установку	Підвищення продуктивності процесу

В таблиці 4.7 ми визначили фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого продукту, а вигоди які компанія може отримати відповідно від реакції на той чи інший фактор.

Таблиця 4.7 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції - олігополія	Характеризується невеликою кількістю фірм (від 2 до 10), обгороджених бар'єрами, які перешкоджають вступу в галузь нових фірм, мають контроль над цінами, але при змові з іншими олігополімістами. Головною рисою олігополії є те, що кількість фірм така мала відносно розмірів ринку, що кожна з фірм- олігопомілістів визнає	Гарантія якості ремонту

	тісний взаємозв'язок одна з одною	
2. За рівнем конкурентної боротьби- міжнародний	Характеризується ринком збуту..	Робити презентації з готовими рішеннями для АЕС країн світу
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Галузева конкуренція передбачає суперництво окремих підприємств- продавців товарів та послуг у задоволенні потреб споживачів	Пропонувати адаптацію технології до різних виробничих потреб,
4. Конкуренція за видами товарів: - багатотоварна	Характеризується товарами декількох видів	Пропонувати можливості розробки автоматизованої технології
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Проводиться головним чином за допомогою вдосконалення якості продукції, технології виробництва, інновацій та нанотехнологій, патентування і брендуння.	Застосовувати більш досконале обладнання в своїх технологічних рішеннях
6. За інтенсивністю - не марочна	Роль торгової марки незначна, хоча самі марки можуть бути присутніми на ринку	Відповідально підходити до роботи з клієнтами, якісно виконувати свою роботу і таким чином здобути визнання на ринку

В таблиці 4.9 зазначається сильні та слабкі сторони стартап-проекту, а також можливості та загрози, які можуть виникнути при реалізації:

Таблиця 4.8 - SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
- висока швидкість виконання замовлення; -відповідність конструкції всім нормативним вимогам;	- висока вартість автоматизованих комплексів та допоміжного обладнання;

- продуктивність; - автоматизація процесу.	- досить великі витрати часу для облаштування обладнання на конструкцію; - висока вартість ремонту у випадку поломки.
Можливості: - попит; - корисність;	Загрози: - Проведення послуг в умовах підвищеної небезпеки.

В таблиці 4.10 проведено аналіз альтернативного ринкового впровадження проекту:

Таблиця 4.9 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	80%	1 рік
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	20%	1 рік

Проводимо аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Отже обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу наявними ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.11 - Вибір цільових груп потенційних споживачів.

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	АЕС	90%	80%	35%	95%

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свою програму для оптимізації робочих центрів та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.12 - Визначення базової стратегії розвитку.

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
	Стратегія спеціалізації	Стратегія спеціалізації	Передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти	Стратегія спеціалізації

За базову стратегію розвитку було взято стратегію спеціалізації, що передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки та позиціонування:

Таблиця 4.13 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
	Ні	Так	- креслення кунструкцій	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 4.14 - Визначення стратегії позиціонування.

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспромо жні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Продуктивність та якість	Стратегія спеціалізації	Новизна методів послуг	- Позиціонування за співвідношенням "ціна – якість" - Позиціонування за сферою застосування - Стратегія позиціонування за однією ознакою

Компанія за стратегію розвитку обрала спеціалізацію, і за цільові групи було обрано АЕС, хоча у них вже є постачальники, але за рахунок нової технології, компанія буде забирати клієнтів у конкурентів, і проводити підтримку та реалізовувати розвиток своєї конкурентної переваги.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.15 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	2	3	4
1	Технологічність	Роботизація виробництва	Комплекс є повністю автоматизованим
2	Продуктивність	Використання установки в 2 зміни	Швидкість виконання замовлення

За рахунок ключових переваг товару і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту.

Таблиця 4.16 - Опис трьох рівнів моделі товару.

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Створення технологічного процесу
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики Габаритні розміри стенду: залежить від діаметру оброблювальної деталі Маса: 1200 кг
III. Товар із підкріпленням	До продажу: доставка, налаштування. Після продажу: обслуговування

В таблиці 4.16 створено три - рівневу модель нашого товару, що включає задум товару та його вигоди, основі характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.17).

Таблиця 4.17 - Визначення меж встановлення ціни.

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	650000 грн	1000000грн	2000000грн	900000-1500000 грн

В таблиці проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхня та нижня межа на нашу програму.

Таблиця 4.18 - Формування системи збуту.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості постачання).	Доставка товару покупцю, його налагодження та запуск для проведення ремонтних робіт	Канал нульового рівня	Власна система збуту. Виробник безпосередньо продає товар клієнту, продаж через інтернет.

Таблиця 4.19 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонуван ня	Завдання рекламного повідомленн я	Концепція рекламного звернення
1	Бути на зв'язку	- електронна пошта - моб. телефон	Проектування технологічних процесів	Зацікавлення	«Впроваджуємо нове, зберігаємо старе»

Висновки до розділу

Виходячи з отриманих результатів аналізу ринку, ціну на продукцію, її конкурентоспроможності, продуктивність роботи можемо зробити висновки, що впровадження даної технології є вигідним економічним кроком у розвитку власного бізнесу. З урахуванням того, що в подальшому можливо встановлення нових ділових зв'язків та вихід на нові ринки збуту, і подальше удосконалення запропонованої технології, це дозволить розширити бізнес и вийти компанії на новий рівень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Метою розділу є розробка технологічного процесу для проведення ремонтних робіт головного роз'єму реактора ВВЕР – 1000. В якості способу наплавлення було обрано автоматичне аргонодугове зварювання (у суміші з вуглекислим) неплавким електродом. Тому, для забезпечення безпеки проведення ремонтних робіт необхідно розглянути наступні проблеми:

- зменшення виділення шкідливих випаровувань в атмосферу;
- забезпечення безпечної експлуатації обладнання;
- забезпечення захисту виробничого персоналу від випромінювання в оптичному діапазоні (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне);
- забезпечення пожежної та електричної безпеки;
- забезпечення захисту від радіаційного випромінювання.

5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

5.1.1 Шкідливі речовини

При наплавленні утворюються випаровування, які містять окисли різноманітних металів (Cr, Mn, Ni, Cu, Ti, Fe та інші). Їхні окисли й інші з'єднання, а також токсичні гази (окис вуглецю, азот, фтористий водень і інші).

5.1.2 Виробниче освітлення

До сучасного промислового освітлення подаються високі вимоги не тільки гігієнічного, але і техніко-економічного характеру:

- необхідно забезпечити достатньо рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні, а також у межах навколишнього простору;

- освітленість на робочому місці повинна відповідати зоровим умовам праці відповідно до гігієнічним нормам праці;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні, особливо що рухаються, що сприяють збільшенню травматизму, при природному освітленні повинні передбачатися сонцезахисні устрої (жалюзі, козирки, склоблоки для розсіювання світла і склопластики), що запобігають проникнення в помешкання прямих сонячних променів, що створюють різкі тіні;
- розмір освітленості повинен бути постійним в часі;
- у поле зору повинна бути відсутня пряма і відбита бльосткість;
- повинна дотримуватися оптимальна спрямованість світлового потоку;
- варто вибирати необхідний спектральний склад світла, для забезпечення правильної передачі кольору, що забезпечується природним освітленням і штучними джерелами світла зі спектральною характеристикою, близької до сонячної.

Для освітлення виробничих помешкань у першу чергу варто застосовувати газорозрядні лампи незалежно від прийнятої системи освітлення в зв'язку з великими перевагами їх перед лампами накаливання економічного і світлотехнічного характеру.

Розмір мінімальної освітленості установлюється відповідно до умов зорової роботи, що визначаються найменшим розміром об'єкта розрізнення, контрастом об'єкта з фоном і характеристикою фону. Робота, виконувана робочим персоналом відноситься до роботи малої точності і ставиться до 5 розряду [41].

5.1.3 Шуми і вібрація

Основними джерелами шуму і вібрації механічного походження є установка для наплавлення, її механічна частина (US-3000R) а також складові частини автомату (джерело живлення, роботизований інтерфейс та ін.). Джерела

аеродинамічного шуму – вентиляторні установки, електромагнітного – трансформатори, випрамлячі та ін.

Вібрацією у даному випадку можна знехтувати, так як установка має відносно масивні рухомі частини з малою швидкістю обертання.

5.1.4 Випромінювання

В даному випадку наплавлення ведеться дистанційно, але відкрито, тому шкідливе ультрафіолетове випромінювання шкідливо впливає на людину. Тому оператор, який знаходиться біля проведення наплавочних робіт, повинен мати в спецодязі та користуватися індивідуальними засобами захисту.

Інфрачервоне випромінювання: наплавлення у внутрішній полості. За даних умов маємо режим наплавлення з малим струмом (виходячи з цього і малими тепловкладеннями), а також час наплавлення теж дуже короткий. Виходячи з цього можна сказати, що небезпека від теплового випромінювання теж не критична і на стан здоров'я людини не впливає.

5.1.5 Радіаційна безпека

Деталь, над котрою проводиться наплавлення, працює в умовах підвищеної радіації. Тому необхідно забезпечити захист персоналу від дії радіаційного випромінювання під час проведення ремонтних робіт. Основними джерелами підвищеної радіації виступають забрудненість повітря на виробництві та опромінені поверхні деталі.

Ремонтні роботи проводяться цілодобово у 3 зміни по 14 працівників. Це зумовлено тим, що середня доза випромінювання на 1 працівника складає 2,2 мЗв за годину.

5.1.6 Електробезпека

У помешканні цеху використовуються установки й апаратура, що живляться від мережі напругою 220 В и 380 В. Основними причинами поразки електричним током є: випадковий доторк або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою, поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування - корпусах, кожухах - у результаті ушкодження ізоляції і по інших причинах; поява напруги на відключених струмоведучих частинах, із якими працює обслуговуючий персонал, в наслідок помилкового вмикання установки; виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю [29].

Виробничі помешкання з погляду поразки електричним током належать до особливо небезпечного.

Основним чинником, що обумовлює той або інший ступінь поразки людини електричним струмом, є його сила, що встановлюється по трьом критеріям: пороговий відчуваємий (для постійного току 5...7мА), граничний, що не відпускає (50...80мА), граничний фібриляційний (до 300мА) [29].

5.1.7 Механічна безпека

Джерелами травм на даній ділянці можуть бути рухомі частини установки (US-3000R) та підйомно-транспортний механізм, а також падіння предметів з висоти.

5.1.8 Балони

Не припускається перенесення балонів на плечах навіть на малу відстань, можливо травмувати працюючих і при ударі об твердий предмет, можливий вибух балона. Вибух можливий при різкому нагріванні, забороняється відігрівати замерзлий балон. Припускається відігрів балона водою з температурою +20...25°C. У процесі роботи відбувається випар сжиженої вуглекислоти. Балони повинні розташовуватися так, щоб відстань до найближчого електронагрівального приладу складало не менше 5 м. На

робочому місці балони повинні розташовуватися або у вертикальному положенні в спеціальних шафах, або стійках, або в горизонтальному положенні з обов'язковим закріпленням в обох варіантах.

5.2. Заходи безпеки технологічного процесу

Роботи з ремонту ущільнюючих поверхонь головного роз'єму реактора ВВЕР-1000 з використанням приладу Fronius TPS 5000 виконуються з забезпеченням вимог охорони праці, обумовлених правилами та інструкціями по охороні праці, пожежної та радіаційної безпеки, які діють на АЕС.

5.2.1 Оптимізація параметрів повітряного середовища

Для оздоровлення повітряного середовища в зварювальному цеху передбачені такі заходи:

- місцевий відсмоктувач;
- загальобмінна приточно-витяжна вентиляція.

Застосування місцевої витяжної вентиляції засновано на уловлюванні і видаленні шкідливих речовин безпосередньо у джерела їхніх утворень.

У системі приточно-витяжної вентиляції повітря надається в помешкання приточною вентиляцією, а видаляється витяжною, працюючими одночасно. Місце для забору свіжого повітря вибирається з урахуванням переважного напрямку вітру, удалині від місць забруднень [40].

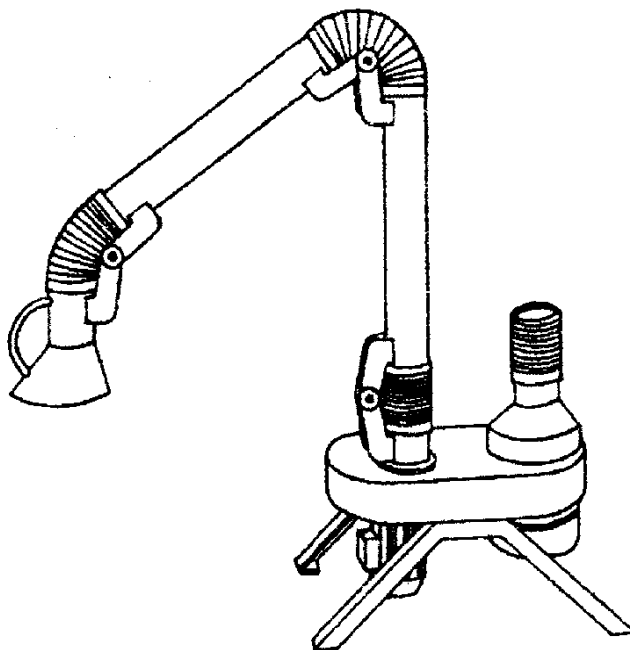


Рисунок 5.1 – Вентиляційний агрегат «Темп – 2000М»

5.2.2 Оптимізація виробничого освітлення.

Відповідно до чинних норм штучне освітлення повинно бути не менше 300лк. Рекомендується збільшити освітленість до 350-400лк. При проведенні капілярного контролю освітленість робочої зони повинна бути не менше 500 лк.

Для якісного освітлення робочих місць передбачені такі заходи: коефіцієнт природної освітленості варто приймати не нижче 1,28% при верхньому і комбінованому освітленні, і не нижче 1% при бічному освітленні; використання газорозрядних джерел світла, що дають можливість підвищити рівень освітленості на місцях зварювальних робіт до 150лк, при загальному освітленні без додаткових витрат електроенергії; обмеження прямого відбитка за рахунок добору конструкцій світильників; очищення світильників і вікон не рідше 1 разу в 3 місяця; фарбування стін титановим або цинковим білилом із високим коефіцієнтом відбитка для видимого світла і з низьким коефіцієнтом відбитка для ультрафіолетового світла.

5.2.3 Захист від випромінювань в оптичному діапазоні

Для захисту від ультрафіолетового випромінювання застосовуються:

- екранування робочих місць ширмами, щитами;
- спеціальне фарбування помешкань (фарбами світлого тону з додавання оксиду цинку);
- засоби індивідуального захисту (захисні щитки або маски зі спеціальними світофільтрами, що відповідають інтенсивності випромінювання) [42];
- засоби індивідуального захисту (спецодяг виконаний з не воспламеняючогося, стійкого до променистої енергії матеріалу, світофільтри) [43].

5.2.4 Захист від радіаційного випромінювання

Для захисту від радіаційного випромінювання необхідно:

- проводити оперативний контроль очисних споруджень та забудненості повітря;
- проводити радіаційний контроль при виконанні технологічних операцій, які включають в себе обслуговування, експлуатацію, ремонт та зняття з експлуатації основних і допоміжних технологічних обладнень;
- забезпечувати мінімальний профвплив на персонал виробництва шляхом грамотної організації радіаційного контролю при виконанні робіт з високим рівнем ризику;
- своєчасно та якісно виконувати радіаційний контроль на території виробництва;

- оперативно організовувати роботи з усунення радіоактивного забруднення, яке перевищує встановлені контрольні рівні на виробництві та контролювати своєчасність їх дезактивації;
- застосовувати робітниками засоби радіаційного захисту;
- аналізувати дози опромінення, які отриманні персоналом в період проведення робіт, вміти оперативно проводити розрахунок допустимого часу роботи персоналу з урахуванням рівня дози опромінення;
- проводити радіаційний контроль матеріалів, металолomu, оснащення, транспортних засобів які використовуються на виробництві.

5.2.5 Захист від шуму та вібрації

Для захисту від вібрацій передбачено:

- зниження рівня вібрації в джерелі за рахунок зменшення неврівноваженості обертових мас досягає балансуванням відповідно до ГОСТ 22061-76, використання підшипників ковзання замість кочення, що дозволяє зменшити рівень вібрації у шпиндельних вузлах;
- віброізоляція машин, обладнання за рахунок використання гумових ізоляторів;
- пасивна віброізоляція (віброізолювана підлога, підставки на робочих місцях).

У результаті рівень вібрації L знижується на 40% (ГОСТ 26568-85).

Крім цього передбачені:

- архітектурно-планувальні заходи: раціональне розміщення робочих місць, організація зони шумозахисту;
- організаційно-технічні заходи: використання малошумного обладнання, автоматичний контроль.

5.2.6 Забезпечення безпечної експлуатації балонів

Балони потрібно зберегти в спеціальних помешканнях; при збереженні на відкритому повітрі - під навісом - для захисту від осадків і сонячних променів.

На робочому місці балон, наповнений газом, повинний бути прикріплений ланцюгом або хомутом до стопи.

5.2.7 Вимоги безпеки до підйомно-транспортних механізмів

У цеху обгороджені всі легкодоступні рухомі або обертові частини механізмів підйомно-транспортних машин і механізмів. Забезпечено надійну міцність механізмів; допоміжних, вантажозахватних і строповочних пристосувань.

У цеху працює мостовий кран обладнений засобами захисту, включаючи систему дистанційного керування. Велике значення для безпечної роботи крана має виконання основних вимог при проведенні такелажних робіт, при кантуванні вантажу необхідно використовувати спеціальні пристрої, центр ваги вантажу повинний знаходитися в середині між захопленнями стропа, стропівний трос необхідно відокремлювати від гострих крайок і ребер вантажу прокладками.

5.2.8 Загальні вимоги до зварювального обладнання

- Напруга холостого ходу джерел струму для дугового зварювання при номінальній напрузі в мережі не повинно перевищувати:

100 В ефективного значення – для джерел постійного струму.

- Обмежувач напруги повинен знижувати напругу холостого ходу на вихідних затискачів зварювального ланцюгу до значення, що не перевищує 12В, не пізніше, ніж через 1с після розмикання зварювального ланцюгу.

- Номінальна напруга двигунів зварювальної установки не повинно перевищувати 42В змінного струму чи 110В постійного.

- На видимому місці корпусу зварювального випрямляча класів захисту 01 и 1 повинен бути напис «Без заземлення не вмикати!».

- Шланг для подачі зварювального дроту від механізму подачі до пальника шлангового напівавтомату для дугового зварювання повинен бути покритий електроізоляційним матеріалом.

Для забезпечення електробезпеки передбачають:

- установку ізоляційних огорожень та інших засобів, що забезпечують недоступність струмоведучих частин;
- надійна ізоляція частин, що знаходяться під струмом від випадкового дотику рук зварника до зварювальних виробів. Опір ізоляції окремої ділянки мережі не менш ніж 0,5 МОм;
- вибір електрообладнання з урахуванням категорії, груп вибухобезпеки сумішей, рівня і виду вибухознапущу.

Так як у даному випадку маємо електромережу з глухозаземленою нейтраллю, а максимальна напруга не перевищує 1 кВ, найбільш ефективним та дешевим засобом є система захисного зануління, наведена на рис. 4.1.

Принцип дії зануління – перетворення замкнення на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замкнення між фазним та нульовим проводом з ціллю створення великого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту, в тим самим автоматично підключити ушкоджену установку від мережі живлення. Зануленню підлягають слідуючи частини:

- корпуси трансформаторів, апаратів, електричних машин;
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподіляючих щитів керування;
- обладнання, розташоване на рухомих частинах машин та механізмів.

5.3. Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

До видів небезпеки, щоможуть відбутися під час проведення відновлювальних робіт, належать: пожежа, вибух, викид шкідливих речовин,

руйнування обладнання або сполучення вищеперерахованих. З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних ситуацій на підприємстві має бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій у відповідності до положення. Під час аналізу небезпеки підприємства (об'єкта) потрібно визначити всі можливі аварійні ситуації і аварії, в тому числі й малоймовірні, які можуть виникати на підприємстві, розглянути сценарії їхнього розвитку і оцінити наслідки. Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин тощо), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів (вибухопожежонебезпечних та шкідливих), що використовуються у виробництві. При цьому слід враховувати параметри стану речовин (температура, тиск, агрегатний стан тощо) і стан обладнання, які відповідають як нормальному технологічному режиму, так і режимам, які можливі при настанні й розвитку аварії.

5.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека забезпечується:

- запобіганням спалаху ізоляції при КЗ за рахунок максимального струмневого захисту;
- застосування пожежної сигналізації з датчиком ИДФ-1, ДПД і т.д.
- при організації технологічного процесу дотримуються всіх вимог електростатичної іскробезпеки

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 приміщення, у яких виконуються роботи з електродугової металізації, газополуменевого напилювання, плазмового напилювання, детонаційно-газового напилювання та газодинамічного напилювання, за вимогами вибухопожежної небезпеки належить до категорії Г (негорючі речовини й матеріали в гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої

теплоти, іскор та полум'я; горючі газы, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива) [44].

При автоматичному зварюванні в середовищі аргонодугтового газу можливе розкраплювання розплавленого металу, що також може призвести до виникнення пожежі, тому легкозаймисті матеріали віддалені від зони наплавлення на 5м. Ушкодження електропроводки також може призвести до виникнення пожежі, тому на нашій ділянці вона захищена металевими трубами. Первинними засобами гасіння пожежі на робочому місці є: протипожежні щити обладнані необхідними інструментами і піском, пожежний гідрант, вогнегасники (ОХП-10, УО, ОП-10А).

Помешкання обладнано засобами колективного й індивідуального захисту людей від небезпечних чинників пожежі і протидимного захисту.. При виникненні пожежі люди евакуюються через проходи в сусідні помешкання і через ворота на вулицю. Електроустаткування в цеху відповідає класу зони пожаро- і вибуховобезпечності (нормального виконання).

5.5 Капілярний контроль

При проведенні робіт по капілярному контролю наплавлених поверхонь наявність дефектоскопічних матеріалів на робочому місці дозволяється тільки в кількості, необхідній для виконання змінного завдання.

Контролер повинен виконувати роботи з капілярного контролю тільки за нарядом.

При виконанні робіт з дефектоскопічними матеріалами в аерозольній упаковці необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки [35]:

- не проводити розпилення поблизу відкритого вогню;
- не допускати нагрівання балону понад +500С;
- не палити;
- при розпилюванні не допускати попадання рідини в очі;

- при розпилюванні користуватися засобами захисту органів дихання;
- не розкривати, не руйнувати аерозольну упаковку;
- не викидати аерозольну упаковку до повного її використання;
- яскраві джерела світла (пости електрозварювання, різання і т.п.), розташовані на відстані менше 15м від місця проведення капілярного контролю, повинні бути екрановані;
- слідкувати за тим, щоб спецодяг і взуття були підібрані за розміром, застебнуті на всі гудзики, волосся прибрано під берет.

Використану тканину для обтирання необхідно складати в поліетиленовий мішок.

Для зниження стомлюваності персоналу і підвищення якості виконання робіт доцільно через кожну годину розшифровування слідів дефектів робити перерву 10-15 хвилин.

Не допускати проведення робіт з капілярного контролю [35]:

- на об'єктах, температура контрольованої поверхні яких $> +400^{\circ}\text{C}$;
- при недостатньому освітленні контрольованої поверхні (< 500 люкс).

Умови, за яких робота з капілярного контролю повинна бути припинена:

- виявлення під час роботи несправностей обладнання, пристроїв, пристосувань або засобів захисту;
- на вимогу контролюючих органів;
- при виникненні позаштатних ситуацій (нещасний випадок, аварійна ситуація, пожежа і т.п.);
- при ознаках захворювання працівника, які можуть вплинути на безпеку;
- метеорологічні фактори.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Реактор як ключовий елемент енергоблоку заміні не підлягає. Його технічний стан є одним з вирішальних чинників продовження експлуатації енергоблоку.

При затягуванні шпильок головного роз'єму відбувається пластична деформація прокладень із заповненням об'єму канавок ущільнювачів.

Внаслідок значної контактної напруги в місцях зіткнення прокладок з ущільнювачими поверхнями відбувається місцева пластична деформація останніх. У зв'язку з тим, що операція ущільнення ГРР виконується періодично (один раз на рік), при цьому прокладки для кожного ущільнення виготовляються знову, відбувається накопичення деформацій ущільнювачих поверхонь, що призводить до зміни їх первинної геометрії. Отже, виникає необхідність у їх відновлення

Розроблена і застосована на АЕС з ВВЕР-1000 система забезпечує автоматизований контроль ущільнюючих поверхонь ГРР в режимі реального часу, оперативність отримання висновків про стан контрольованих поверхонь ГРР. Економічна ефективність СКУП ГРР визначається виключенням простоїв енергоблоку із-за протікань по вузлу ущільнення ГРР, а також значним зниженням праце- і дозозатрат у разі точкових вимірів з використанням калібрувальних кульок і індикаторів годинного типу.

Метод контролю, заснований на оптичному скануванні ущільнюючих поверхонь, відрізняється точністю і універсальністю. Пропонований ПТК може бути використаний для знаходження площі профілю ущільнючої поверхні по усій довжині ГРР.

Крім того, при невеликому доопрацюванні система може бути використана для знаходження площ перерізу намінів на кришці реактора і контролю локальних дефектів ущільнювачих поверхонь.

Упродовж останніх років на ущільнювачих поверхнях головного роз'єму реактора методами візуально-вимірювального контролю, капілярного контролю фіксувалася велика кількість дефектів. Усунення дефектів проводилось, як

правило, методом ручної вибірки дефектних ділянок і їх заплавленням по спеціально розроблених технологіях. Невеликі по розмірах дефекти усувалися ручним шліфуванням із забезпеченням плавного переходу ділянки, що виправлялася, до ущільнюючої поверхні. Вищезгадані методи не могли гарантувати повне відновлення ущільнюючої поверхні в проектних розмірах зважаючи на присутність "людського чинника".

Враховуючи вищевикладене було прийнято рішення про придбання багатофункціонального устаткування для ремонту і відновлення ГРП енергоблоків АЕС України. На підставі технічного завдання було вибрано багатофункціональне устаткування US-3000R, виробництва французької фірми "PROTEM". Багатофункціональний пристрій для ремонту і відновлення ГРП US-3000R забезпечує виконання операцій механічної обробки поверхонь точінням, фрезеруванням, шліфуванням і свердлінням, а також наплавлення антикорозійного покриття ущільнюючої поверхні методом автоматичного аргонодугового зварювання плавким електродом.

З метою зменшення впливу "людського чинника" цей пристрій обладнаний різного виду програмними комплексами, а також виносними пультами управління, як механічною обробкою, так і наплавленням, що дозволяє понизити дозові навантаження на персонал.

Переваги технології СМТ:

- 1) низька теплова дія на метал реактора при ремонті веде до мінімальної термічної деформації, що дозволить продовжити його ресурс.
- 2) мінімальне перемішування основного і такого, що наплавляється матеріалів, а також дуже стабільна дуга сприяють високій якості (відсутність дефектів в наплавленому металі).
- 3) висока продуктивність наплавлення - до 300% зростання продуктивності в порівнянні з TIG зварюванням. Загальна кількість накладених валиків при наплавленні поверхні ущільнювача фланця КР - 7 (при TIG зварюванню - 40-42).

4) швидке перенесення металу дає можливість виконання більш високого наплавлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт Южно-Українського енергокомплексу [Електроний ресурс]. Режим доступу: https://www.sunpp.mk.ua/uk/nuclear/ukraine_power_engineering
2. Офіційний сайт ДП «НАЕК «Енергоатом» [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://www.energoatom.kiev.ua/ru/press/nngc/37441-novaya_jizn_glavnogo_razema_reaktora/
3. С.М. Дмитриев, Д.Л. Зверев [и др.]. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах: учебник – М.: Машиностроение, 2013. – 415 с.
4. Конструкторское описание реактора ВВЭР-1000 (прим. Хмельницкой АЭС) [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://www.studmed.ru/konstruktorskoe-opisanie-reaktora-vver-1000-prim-hmelnickoy-aes_ad59115872e.html
5. Селезнев А.В., Хайретдинов В.У. [и др.]. Система контроля уплотнительных поверхностей главного разъема реактора: Сборник трудов 3-ей НТК «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР/ Подольск, 2003, т. 3, с. 203-216.
6. Погосов А.Ю. Факторы риска и возможности обеспечения безопасности АЭС – О: Наука и техника, 2018.– 252 с
7. 25881800.25090.00111 ТИ Технологическая инструкция «Ремонт уплотнительных поверхностей главного разъема реактора ВВЭР-1000 автоматической аргонодуговой наплавкой с использованием устройства US-3000R». /ОП «Атомремонтсервис» – 2009. – 37с.

7. ПН АЭ Г-7-008-89 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок: Нормативный документ. – Москва: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2003. – 194с.

8. ПН АЭ Г-7-009-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения: Нормативный документ. – Москва: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2000. – 172с.

9. ПН АЭ Г-7-010-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля: Нормативный документ. – Введ. 01.09.2000.; Москва: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2000. – 80с.

10. ГОСТ 2768-84 Ацетон технический. Технические условия. – Переизд. С изм. 1. – На заміну ГОСТ 2768-79; Введ. 30.06.1985: Издательство стандартов, 2001. – 14 с.

11. ДСТУ 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови. – На заміну ГОСТ 5962-67; Введ. 01.10.2004. – Київ: Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с.

12. ДСТУ ГОСТ 29298:2008 Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия. – На заміну ГОСТ 29298—92; Введ. 01.01.2007. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 11с.

13. ГОСТ 23949-80 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия. – Переизд. Сент.2004.; Введ. 01.01.1981 – Москва: Издательство стандартов, 2004. – 8с.

14. ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный жидкий. Технические условия. – Переизд. С изм. 1.– На заміну ГОСТ 10157-73; Введ. 30.06.1980 – Москва: Стандартиформ, 2005. – 18с.

15. ДСТУ ГОСТ 2.601: 2006 ЕСКД. Эксплуатационные документы.– На заміну ГОСТ 2.601-95; Введ. 01.07.2007 – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 39с.

16. СОУ НАЕК 030:2017 Управление документацией. Ремонтная документация. Требования к разработке, оформлению и обращению – На заміну СОУ НАЕК 030:2012; Введ. 02.02.2018 – ДП НАЕК «Енергоатом». – 124с.

17. 25881800.25090.00111 ТИ Технологическая инструкция «Ремонт уплотнительных поверхностей главного разъема реактора ВВЭР-1000 автоматической аргонодуговой наплавкой с использованием устройства US-3000R» /ОП «Атомремонтсервис» – 2016. – 38с.

18. СОУ НАЕК 009:2013 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий визуальный и измерительный. Методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ; Введ. 29.03.2016. – ДП НАЕК «Енергоатом». – 78с.

19. ПН АЭ Г-7-016-89 Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль. Нормативный документ; Введ. 01.07.1990. – Госатомэнергонадзор СССР. – 7 с.

20. СОУ НАЕК 032:2014 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий ультразвуковой. Методика контроля сварных соединений и наплавки; Введ. 29.03.2016. – ДП НАЕК «Енергоатом». – 125с.

21. ПН АЭ Г-7-030-91 Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Ультразвуковой контроль. Часть 2. Контроль сварных соединений и наплавки. Нормативный документ; Введ. 01.10.1992. – Госатомэнергонадзор СССР. – 96 с.

22. СОУ НАЕК 078:2015 Техническое обслуживание и ремонт. Документы технического контроля сварки, наплавки оборудования и трубопроводов АЭС. Виды, формы и правила оформления документов; Введ. 22.10.2015. – ДП НАЕК «Енергоатом». – 126с.

23. 25881800.25041.00116 ТИ Технологическая инструкция «Механическая обработка при ремонте уплотнительных поверхностей главного

разъема реактора с использованием устройства US-3000R» /

«Атомремонтсервис» – 2009. – 29с.

24. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій – На заміну НП 306.1.02/1.034-2000; Введ. 01.04.2008. – Київ: Государственный комитет ядерного регулирования Украины – 2008. – 18с.

25. ЗУ «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14.10.1992 – 27с.

26. НПАОП 0.00-1.69-13 Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок. – Міненерговугілля України – 2013 – 132с.

27. НПАОП 0.00-1.71-13 Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями. – Міненерговугілля України – 2013 – 59с.

28. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. – Державний комітет україни з нагляду за охороною праці – 1997 – 99с.

29. НРБУ-97 Норми радіаційної безпеки України. – Міністерство охорони здоров'я України – 1997 – 127с.

30. ДСП 6.177-2005-09-02 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. – Міністерство охорони здоров'я України – 2005 – 197с.

31. НАПБ В.01.034–2005/111 Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України – Міністерство палива та енергетики України – 2005 – 140с.

32. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні; правилами і інструкціями по ОП, що діють на АЕС. – Міністерство внутрішніх справ України – 2014 – 86с.

33. Електроний ресурс. Режим доступу: <https://vnt24.ru/izmerenie-zazemleniya>

34. ІН-ОП.62.004-18 Інструкція з охорони праці під час проведення робіт з капілярного контролю. – ДП «НАЕК «Енергоатом»»: ВП «Атомремонтсервіс» – 2018 – 13с.

35. НПАОП 0.00-1.07-94 «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» – Міністерство праці та соціальної політики. Комітет по нагляду за охороною праці України – 1994 – 55с.

37. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

38. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

39. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

40. Местные вытяжные устройства к оборудованию для сварки и резки металлов: Методические указания по проектированию. - Л.: ВНИИОТ. – 1980. – 52 с.

41. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення

42. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

43. Средства защиты сварщиков: Каталог / О. Г. Левченко, В. Д. Воробьев, Ю. И. Шульга, А. О. Левченко, А. О. Лукьяненко // Под ред. О. Г. Левченко. – К.: Экотехнология, 2012. – 136 с.

44. НАПБ Б.03.002-2007. Визначення категорії приміщень, будинків там зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

ДОДАТКИ