

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-01.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-21-1

Володимир Ониськів

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Ониськів Володимир Іванович

(підпис)

Група ЗТ-21-1

**Розроблення технології зварювально-монтажних робіт при виготовленні
вузла технологічного трубопроводу**

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів
“Інжиніринг зварювальних технологій”
спеціальності 131 “Прикладна механіка”**

Керівник: <u>к.т.н., доц.</u> <u>Панчук М.В.</u> _____ <i>підпис</i>	Завідувач кафедри будівництва: <u>к.т.н., доц.</u> <u>Андрусак А.В.</u> _____ <i>підпис</i>
--	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут архітектури та будівництва Кафедра будівництва
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

ОПП "Інжиніринг зварювальних технологій"

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри БУД
А.В. Андрусак
(ініціали, прізвище)

(підпис)

"____" _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускні кваліфікаційну роботу бакалавра
студента Ониськіва Володимира Івановича

1. Тема роботи Розроблення технології зварювально-монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу.

Затверджена наказом по університету № 283/7 від "07" 05. 2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи 20.06.25

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на виготовлення вузла технологічного трубопроводу, креслення виробу, умови експлуатації виробу, матеріал виробу сталь 20Х23Н18.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити 1 Загальний розділ. 1.1 Характеристика зварного виробу та оцінка його технологічності. 1.2 1.3 Характеристика матеріалу конструкції та його зварюваність 1.3 Аналіз чинного технологічного процесу. 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способу зварювання і зварювального обладнання. 2.1.1 Особливість зварювання технологічних трубопроводів 2.1.2 Обґрунтування способу зварювання. 2.1.3 Вибір зварювальних матеріалів. 2.1.4 Визначення та розрахунок технологічних параметрів зварювання. 2.1.5 Вибір основного та допоміжного зварювального обладнання. 2.2 Розроблення технологічного процесу наплавлення. 2.2.1 Основні стадії процесу. 2.2.2 Підготовчі операції. 2.2.3 Процес наплавлення. 2.3 Вибір заходів боротьби із напруженнями 2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку. 3. Конструкторський розділ. 3.1 Розробка плану цеху. 4. Безпека праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення виробу. 2. Схема технологічного процесу. 3. Установка для приварювання фланців. 4. Стенд для зварювання кільцевих швів. 5. План дільниці цеху.

6. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Панчук М.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Ониськів В.І

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Найменування роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1.	Вибір теми, її затвердження		
2.	Ознайомлення з рекомендованою літературою		
3.	Загальний розділ		
4.	Технологічний розділ		
5.	Конструкторський розділ		
6.	Безпека праці		
7.	Виконання розрахунково-графічної частини, додатків та ілюстрацій до роботи		
8.	Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи		
9.	Оформлення роботи		
10.	Представлення роботи на кафедрі		
11.	Направлення на рецензування		

Студент _____ Ониськів В.І.

Керівник _____ Панчук М.В.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається з 5 креслень А 1, та 63 сторінки пояснювальної записки, 16 рисунків, 15 таблиць, посилань 15 на використану літературу.

Об'єктом роботи є: технологія виконання зварювально-монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу .

Мета роботи: удосконалення технології виконання зварювально-монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу.

За результатами виконання бакалаврської роботи вдосконалено технологію виконання зварювальних та монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу. На основі аналізу чинних способів встановлено, що для виробництва вузла трубопроводу найефективнішим з них є процес зварювання плавким електродом в інертному газі. Для реалізації способу підібрано основне та додаткове обладнання. Особливістю розробленої технології є виокремлення типових технологічних процесів, що дозволяє підвищити якість та надійність зварних швів, та об'єднати їх у технологічну лінію, що дає можливість повністю автоматизувати виконання зварювальних операцій та покращити ефективність виробництва в цілому.

Ключові слова: Вузол, технологічні трубопроводи, зварювання, технологія

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 5 drawings A 1, and 58 pages of explanatory note, 20 figures, 17 tables, 15 references to the literature. The bachelor's work consists.

The object of work is: technology of welding and assembly works in the manufacture of a process pipeline unit.

Purpose: to improve the technology of welding and assembly work in the manufacture of a process pipeline unit.

Based on the results of the bachelor's thesis, the technology of welding and assembly work in the manufacture of a process pipeline assembly was improved. Based on the analysis of existing methods, it was found that the most effective of them is the process of welding with a consumable electrode in an inert gas. The main and additional equipment has been selected for the implementation of this method. The peculiarity of the developed technology is the selection of typical technological processes, which allows to improve the quality and reliability of welds, and combine them into a technological line, which makes it possible to fully automate welding operations and improve production efficiency in general.

Key words: Assembly, process pipelines, welding, technology

ЗМІСТ

Зміст	5
Вступ	7
1 Загальний розділ.....	9
1.1 Характеристика зварного виробу і оцінка його технологічності....	9
1.2 Характеристика матеріалу конструкції та його зварюваність	11
1.3 Аналіз чинного технологічного процесу	13
2. Технологічний розділ	18
2.1 Вибір способу зварювання і зварювального обладнання	18
2.1.1 Особливість зварювання технологічних трубопроводів	18
2.1.2 Обґрунтування вибору способу зварювання	19
2.1.3 Вибір зварювальних матеріалів	22
2.1.4 Визначення та розрахунок режимів зварювання	22
2.1.5 Вибір основного та допоміжного зварювального обладнання	27
2.2 Розроблення технологічного процесу	36
2.2.1 Заготівельні операції.	36
2.2.2 Складально-зварювальні операції	41
2.2.3 Вибір заходів боротьби із зварювальними напруженнями	44
2.3 Технічний контроль та виправлення браку	47
2.3.1 Особливості контролю якості зварювання трубопроводів	47
2.3.2 Види дефектів при зварюванні трубопроводів	50
2.3.3 Візуальний метод контролю	52
2.3.4 Неруйнівні методи контролю	52
3 Конструкторський розділ	55

					КРБ. ЗТ - 01. 00. 00.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення технології зварювально-монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу						
Розробив	Ониськів								Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Панчук М.В.									5	76
Рецензент	Біщак Р.Т.								ІФНТУНГ ЗТ- 21-1		
Н.к. контроль	Матвієнків О.М										
Затверд.	Андрусів А.В										

3.1 Проектування зварювальної ділянки	55
4. Охорона праці	60
4.1 Заходи з техніки безпеки при зварюванні технологічних трубопроводів	60
Висновки	62
Перелік використаної літератури	63

					КБР. ЗТ - 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Сучасний розвиток суспільства вимагає збільшення кількості комунікаційних мереж у кожній з галузей народного господарства. Особливо актуальним це питання стоїть для нафтогазової промисловості та енергетичного сектору. Ефективність роботи підприємств енергетики залежить від надійного транспортування сировини та готової продукції до місць їхнього використання. Для цього з наростаючими темпами відбувається спорудження нових трубопроводних мереж та ремонт вже діючих.

Потрібно зауважити, що створення модерних і разом з тим надійних мереж трубопроводів потребує використання суттєвих матеріальних затрат та наявності сучасних технологій.

Актуальність питання полягає у тому, що трубопроводи практично завжди є одним з найважливіших складових елементів промислових об'єктів. Від надійності та злагодженості їхньої роботи залежить ритмічна робота підприємства в цілому.

Найслабшою ланкою у трубопроводних системах під час їхньої експлуатації є з'єднання окремих елементів, труб, секцій та трубопроводних блоків між собою. Неякісне з'єднання може призвести до втрат продукції, що транспортується, значних екологічних проблем та аварійних ситуацій. Тому для запобігання появи наведених проблем у ролі надійного способу з'єднання трубопроводних систем використовується процес зварювання.

Процес зварювання на даний час широко використовується у промисловості для виробництва різноманітних металевих конструкцій – автомобілів, літаків, морських суден, мостів, ємностей, які експлуатуються під тиском, та забезпечують більшу продуктивність порівняно з іншими методами з'єднання.

Дана робота присвячена розробленню вузла технологічного трубопроводу. Під час будівництва, реконструкції та виконання

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пусконалагоджувальних робіт для енергетичного сектору великий об'єм складають роботи по виготовленню і монтажу технологічних трубопроводів.

Від якості виконання монтажних та зварювальних робіт у великій мірі залежить не лише надійна та безпечна експлуатація багатьох промислових установок та технологічного обладнання, але і кінечні терміни вводу промислових підприємств в експлуатацію.

Тому при виконанні проекту ми використовували індустріальні методи виконання робіт з механізацією та автоматизацією основних процесів оброблення заготовок, виконання зварювальних та монтажних операцій.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика зварного виробу і оцінка його технологічності

Враховуючи аграрний напямок економіки України - біоенергетика є однією з перспективних складових всієї відновлюваної енергетики. Виробництво енергії з біологічної маси набуло значного розвитку у багатьох країнах планети через інтенсивне збільшення ринку відновлюваних видів енергії і має не тільки енергетичний, але і екологічний аспект.

Біомаса це універсальне джерело енергії, що може використовуватись як для отримання електричної і теплової енергії, так і для виробництва транспортних моторних палив.

В даний час способи переробки біомаси знаходяться на початковій стадії впровадження. Разом з тим прогнозується важлива їхня роль у майбутніх енергетичних проектах. У середньостроковій перспективі існує значна потреба в передових технологіях виробництва енергії з біомаси, тоді як у довгостроковій перспективі заміна викопного палива для транспортних цілей матиме великі перспективи.

Значна роль у розвитку альтернативних енергетичних систем відводиться технології газифікації. Газифікація – це процес термічного розкладу твердих або рідких речовин на синтез-газ.

Синтетичний газ складається переважно з CO, H₂, CO₂, CH₄, серед яких водень привертає значну увагу завдяки своїм унікальним властивостям з точки зору статусу безвуглецевого енергоносія, високої питомої щільності енергії, чудових фізико-хімічних властивостей тощо. Газифікація є одним з ефективних методів перетворення біомаси на різні види енергії.

Коефіцієнт перетворення енергії під час газифікації коливається від 70% до 90%, залежно від технологічних параметрів процесу та використовуваного обладнання.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даний час актуальним питанням є розроблення нових та вдосконалення існуючих апаратів для проведення процесу газифікації. Особливістю використання технологічного обладнання є те, що воно працює при високих температурах близько 1000⁰С, за великих механічних навантажень та дії агресивного середовища.

Вузьким місцем апаратного оформлення установок є система трубопроводів. Такі трубопроводи відносяться до технологічних. Від надійної роботи трубопроводів залежить ефективність функціонування технологічних ліній в цілому. До трубопроводів висуваються високі вимоги забезпечення надійної роботи систем всього технологічного циклу.

Завданням на бакалаврську роботу є розроблення технології виконання зварювально-монтажних робіт вузла трубопроводу. Вузол – частина лінії трубопроводу, обмежена транспортним габаритом.

Вузол трубопроводу складається з двох фланців, коліна та двох відрізків труби. Вузол може бути встановлений в проектне положення відразу або направленим для подальшого укрупненого збирання в трубопровідні блоки. Вузли бувають плоскі, у яких вісь знаходиться в одній площині і просторові, у яких вісь знаходиться в двох і більше площинах.

На сьогодні переробні підприємства в основному споруджують блочно-комплектним методом. За цього все обладнання збирається на спеціалізованому заводі і комплектується в блок-бокси або блок-контейнери, які доставляються на місце спорудження основного підприємства та встановлюються у проектне положення. Такі підходи ми розглядаємо для виготовлення та проведення монтажних робіт для трубопровідних систем.

1.2. Характеристика матеріалу зварної конструкції та його зварюваність

Вибір матеріалу для виготовлення трубопровідного вузла виконуємо з врахування умов роботи обладнання наведеного у попередньому параграфі.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надійної роботи вузла в описаних вище умовах, на мою думку, найбільше підходять труби виготовлені з марки сталі - 20X23H18 (AISI 310).

Близька за властивостями марка сталі 08X18H10 (AISI 304) може ефективно використовуватись при температурах до 600 °С, що нижче рівня проведення газифікації, яка відбувається в основному при 1000°С. Тому її використання для проєктованого вузла вважаю недоцільним.

Сталь марки 20X23H18 це високолегований жароміцний нержавіючий сплав, що зберігає свої властивості при температурах не вище 1050 С⁰. Високі експлуатаційні характеристики дозволяють застосовувати сталь 20X23H18 як у машинобудуванні так і в інших галузях техніки.

Високий вміст хрому та нікелю в сталі 20X23H18 забезпечує високу стійкість до утворення накипу та окислення при високих температурах, що робить її ідеальною для конструкцій, де жаростійкість має вирішальне значення.

З прокату цієї марки сталі виготовляють камери згорання, лопатки, елементи газопровідних систем та апаратури для конверсії природного газу, піролізу, газифікації, що працюють тривалий час при максимальних температурах близьких до 1000 °С.

Вироби з цієї марки сталі знайшли досить широке використання у багатьох сферах промисловості і будівництва, коли необхідно забезпечити стабільність технічних параметрів в умовах високотемпературного середовища. Температура з якої починається інтенсивне окалиноутворення у повітряному середовищі складає – 1050 °С. Хімічний склад сплаву (табл.1.1) і його основні властивості (табл. 1.2) регламентовані ГОСТ 5632-72.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі 20X23H18,%

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
До 0,2	До 1,0	До 2,0	17... 20	До 0,02	До 0,035	22...25

Сталь 20X23H18 має наступні технічні характеристики:

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- межа плинності – 200 МПа (середня величина характерна для нержавіючих сплавів із подібним хімічним складом);
- густина сплаву – 7900 кг / м³ при температурі 20 °С;
- напруга, яка допускається під час деформації на розривання знаходиться в границях 500 ... 560 МПа;
- твердість за Брінеллем становить 178 одиниць;
- питомий електричний опір при t = 20 ° – 850 μ|.мм;
- теплопровідність – 21 Вт/м.°С;
- питома теплоємність при 20 °С (Дж/кг К) – 500;
- температура плавлення –1420 °С.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 20Х23Н18

Марка сталі	Механічні властивості		
	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа текучості σ_t , МПа	Відносне видовження δ_b , % (не менше)
Тонкий лист	540	245	35
Товстий лист	540	265	35
Прутки	490	196	35
Труби	500	200	35

Таблиця 1.3 Механічні властивості сталі 20Х23Н18 в залежності від температури

Температура	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Умовна границя плинності $\sigma_{0,2}$ МПа	Відносне видовження δ_b , %	Відносне звуження під час розтягування, %
20	650	360	39	60
550	580	300	28	60
600	520	280	29	64
650	465	260	31	62
700	475	215	36	57

Для детального аналізу розглянемо також особливі властивості сталі 20X23H18, представлені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 Особливі властивості сталі 20X23H18

Властивості	Показники
Корозійна стійкість	●●●●○
Механічні властивості	●●●○○
Зварюваність	●●●●○

Нержавіюча сталь 20X23H18, відома своєю високотемпературною міцністю та корозійною стійкістю. Цю сталь можна зварювати різними методами. Під час зварювання процес зварювання вимагає ретельної уваги для запобігання таких проблем, як розтріскування або зниження корозійної стійкості. Попереднє нагрівання, використання відповідних присадних металів (наприклад, 309L або 312) і контроль тепловіддачі мають вирішальне значення для успішного зварювання нержавіючої сталі 20X23H18.

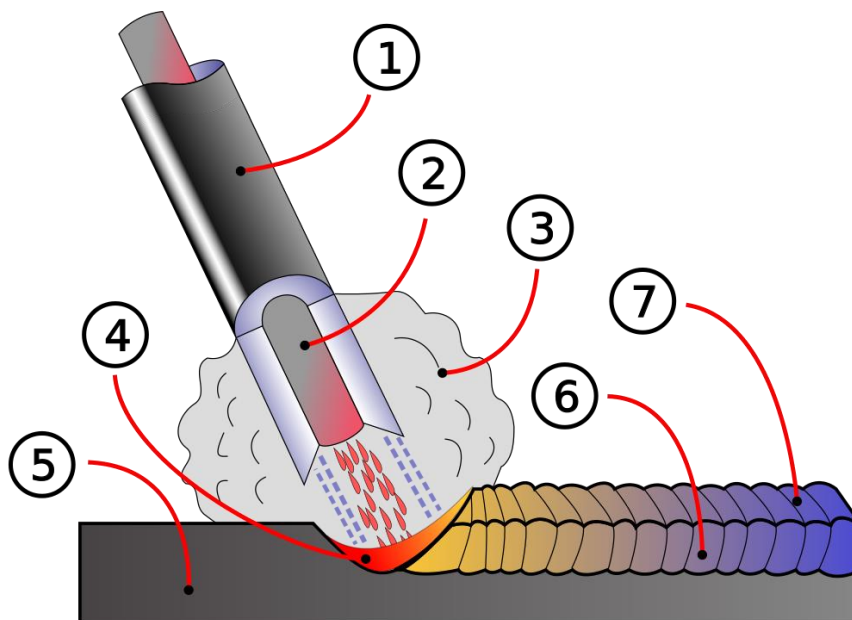
Для виконання проекту вибираємо трубу марки 20X23H18, % діаметром 325 мм та товщиною стінки - 8.

1.3 Аналіз чинного технологічного процесу

На діючому підприємстві для виконання зварювальних операцій використовується ручний дуговий процес (рис 1.1).

Для проведення ручного дугового зварювання потрібно запалити (провести збудження) електричної дуги між торцевими поверхнями електроду і деталі. Для цього в момент дотикання електроду, через який проходить електричний струм, до деталі виникає коротке замикання. Коротке замикання між протилежними полюсами замкає електричне коло. Після цього електрод відводиться на відповідну відстань і утворена електрична дуга генерує потрібну кількість тепла для плавлення металу, а електродне

покриття сприяє надійному протіканню процесу захищаючи зварювальну ванну від атмосфери навколишнього середовища.



1 – покриття електроду; 2 – металевий стрижень; 3 – газовий захист; 4 – розплавлений метал; 5 – виріб; 6 і 7 – зварний шов

Рисунок 1.2 - Схема ручного дугового зварювання

Ручний дуговий процес зварювання сталі 20Х23Н18 передбачає використання електродів ОЗЛ-2 з дроту Св-03Х17, за пеціфікацією DIN 8556. Хімічний склад наплавленого матеріалу наведено в таблиці 1.4. Механічні властивості наплавленого металу представлено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 Хімічний склад наплавленого металу

Діапазон	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
Найменше	0,08	-	2,0	20	-	-	25	-	-
Найбільше	0,15	0,7	5,0	22	0.025	0030	27,0	0,50	0,50
Типове	0,12	0,4	3,5	21	0,08	0,02	26	0,2	0,1

Перед проведенням ручного дугового зварювання аустенітних сталей на поверхню приграничної ділянки розмірами – 100 мм потрібно нанести розчин каоліну для запобігання попадання на неї бризок металу.

Сталі аустенітного класу мають малі величини теплопровідності, що значно міняє градієнт температур у зварному шві і навколошовній зоні. Такий ефект і велике значення коефіцієнту лінійного розширення, яким володіють сталі аустенітного типу – зумовлюють збільшення глибини розплавлення в основному металі. Окрім цього збільшення значення пластичної деформації в зоні зварного шва, може призводити до короблення деталі. Тому для профілактики цього явища потрібно точно розраховувати параметри процесу зварювання для того щоб отримати найбільше значення енергії теплоти. Технологічні параметри ручного дугового зварювання сталі 20X23H18 наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 Хімічний склад наплавленого металу

Діапазон	Діаметр електроду, 2,5мм	Діаметр електроду, 3,2мм	Діаметр електроду, 4,0мм	Діаметр електроду, 5,0мм
Сила струму, А Найменше	60	75	100	130
Сила струму, А Найбільше	90	120	155	210

Під час виконання процесу ручного дугового зварювання найбільше впливає на якість швів - величина сили струму. Тому рівень величини сили струму потрібно підтримувати стабільним навіть тоді коли довжина дуги змінюється.

Зварювання елементів вузла трубопровода проводиться на постійному струмі, зворотної полярності. Особливістю зварювання сталі 20X23H18 є те, що структура і хімічний склад наплавленого металу не співпадають з складом і структурою зварюваних матеріалів. Тому основними критеріями вибору штучних електродів є забезпечення основних технічних параметрів

для швів, зокрема механічних властивостей, корозійної стійкості тріщиностійкості тощо. Механічні характеристики наплавленого металу представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Механічні властивості наплавленого металу

Діапазон	Механічні властивості		
	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне видовження δ_b , % (не менше)
Найменше	560	350	30
Типове	575	400	37

Використовувана технологія має ряд суттєвих недоліків, зокрема:

- низька продуктивність;
- низька ефективність процесу;
- наявність людського чинника;
- повністю ручний процес зварювання;
- складність монтажу електродів та усунення їхніх відпрацьованих залишків;
- негативний вплив на процес кратерів;
- мала швидкість процесу.

Провівши аналіз процесу ручного дугового зварювання для виготовлення вузла трубопроводу можна підвести підсумки. Чинна технологія відрізняється – низькою продуктивністю, незадовільною точністю проведення підготовчих операцій, малим рівнем механізації виробництва, а також присутністю людського чинника. Тому на даний час розроблення вдосконаленої технології виконання монтажних та зварювальних робіт для виготовлення вузла трубопроводу є актуальним питанням.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способу зварювання та зварювального обладнання

2.1.1 Особливості зварювання технологічних трубопроводів.

Зварювання технологічних трубопроводів це технологічний процес виготовлення монолітних з'єднань труб та деталей трубопроводу за допомогою нагрівання або пластичного деформування.

Варто відмітити, що для виготовлення, монтажу і ремонту технологічних трубопроводів, а також їхніх елементів можна використовувати промислові способи зварювання, що забезпечують експлуатаційну надійність та якість зварних з'єднань. Зварювання трубопроводів і елементів до них виконується у відповідності до нормативної документації. За цього зварювальні роботи, в тому числі прихвачення та приварювання непостійних елементів можуть виконувати атестовані зварники.

На підприємствах атомної, переробної а також хімічної промисловості можуть експлуатуватись трубопроводи, виготовлені з особливих марок сталі. Такі трубопроводи транспортують агресивні речовини за високого тиску. Технології зварювання, що застосовуютбся для виготовлення цих трубопроводів в обов'язковому порядку передбачають надійне і повне проплавлення перерізу шва. За цього високі вимоги ставляться як до зовнішньої так і внутрішньої поверхні зварних з'єднань.

Тому в даному випадку не передбачається застосування способу контактного зварювання в зв'язку з необхідністю повного видалення грату. Основним методом для з'єднання цих труб вважається аргонодугове зварювання.

Сутність дугових способів зварювання зводиться до застосування теплоти електричної дуги, що являє собою потужний стаціонарний газовий розряд з малою катодною напругою, який існує в зазорі поміж двох

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

електродів, плавким або неплавким з одної сторони та металом, що зварюється з іншою.

Отримане тепло витрачається для нагрівання основного та присадкового матеріалів, надавання атомам та молекулам цих матеріалів енергії активації, створення фізичного контакту тощо.

Для ручного дугового зварювання трубних конструкцій використовують металеві покриті електроди, що слугують присадковим матеріалом для утворення зварного шва та паралельно є провідниками струму для утворення і функціонування дуги.

У трубозаготівельних цехах під час виготовлення вузлів та блоків трубопроводів рекомендується використовувати напівавтоматичне та автоматичне способи зварювання, а для неповортних напівавтоматичне – порошковим або суцільним дротами.

Газове зварювання можна використовувати для труб, виготовлених з вуглецевої сталі, що мають діаметр 80 міліметрів та менше і товщину стінки до 3,5 міліметра. Зварювання виконують в один прохід за допомогою ацетиленово-кисневого полум'я.

2.1.2 Обґрунтування вибору способу зварювання

Нержавіюча сталь 20Х23Н18 добре зварюється способами плавлення. Для зварювання цієї сталі можна використовувати такі зварювальні процеси:

- дугове зварювання плавким електродом в захисних газах (SMAW);
- дугове зварювання неплавким електродом в середовищі захисних газів (GTAW);
- зварювання порошковим дротом (GMAW);
- дугове зварювання під флюсом (SAW);
- лазерне зварювання.
- Ручне дугове зварювання (MMA).

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи видові особливості та дотримуючись рекомендованих методів зварювання, можна успішно зварювати сталь 20X23H18 і отримати міцні, довговічні та стійкі до корозії зварні шви.

Традиційне застосування аустенітної нержавіючої сталі 20X23H18 пов'язане з можливістю виробів, виготовлених з неї працювати в умовах високих температурами. Для експлуатації деталей за високих температур характерним є накопичення в них пластичних деформацій та в зв'язку з цим виникненні явища повзучості. За цього на стійкість матеріалу так само суттєво впливають – гаряча корозія, ерозія і фазові перетворення.

Сталі, які застосовуються для виготовлення конструкцій, що працюють за високих температур мають схильність до накопичення пошкоджень через механізми деградації, спричинені корозією, втомуою і повзучістю. У залежності від особливостей матеріалу і конкретних умов експлуатації, хоча би один з названих механізмів може бути лімітуючим чинником для терміну служби всієї системи.

Для з'єднання заготовок отриманих з сталі 20X23H18 у багатьох випадках застосовується спосіб зварювання в захисних газах за допомогою неплавкого електроду (GTAW). Застосування процесу GTAW може суттєво змінити мікроструктуру матеріалу, особливо в зоні термічного впливу (ЗТВ), що прилягає до зварного шва.

Під час зварювання виникає температурний градієнт, який може формувати різні мікроструктури, в тому числі ділянки з великим розміром зерна, а також явище сенсibiliзації. Ці мікроструктурні зміни можуть суттєво впливати на повзучість матеріалу, особливо за наявності напружень.

Вплив зварювання на повзучість аустенітних сталей інтенсивно вивчався в останні роки. Ці дослідження показали, що зварювання GTAW може спричинити зниження межі повзучості та пластичності в аустенітних сталях, особливо у зоні термічного впливу.

Крім того, у випадку коли сталь 20X23H18 піддається впливу високих температур, вона зазнає низки мікроструктурних змін, які впливають на її

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивості та експлуатаційні характеристики. Ці зміни пов'язані з дифузією легуючих елементів та осадженням різних фаз у сталі [10,11].

Під час нагрівання та охолодження після зварювання атоми вуглецю в аустенітній структурі можуть з'єднуватися з атомами хрому, утворюючи карбіди хрому. Утворення карбідів хрому може призвести до міжкристалічної корозії. Крім того, процес зварювання може призвести до появи нових фаз, таких як сигма-фаза та інтерметалідні сполуки, що сприяють утворенню тріщин через напруження та міжкристалічну корозію.

Термічне старіння є ще одним чинником, який може сприяти мікроструктурним змінам у зварних аустенітних сталях 20X23N18 в умовах повзучості. Під впливом високих температур протягом тривалого періоду матеріал зазнає нових змін, таких як осадження і ріст зерна.

Сигма-фаза - це крихка інтерметалідна фаза, яка утворюється на межах зерен аустенітної нержавіючої сталі при тривалому впливі високих температур. Вона утворюється внаслідок дифузії хрому та нікелю з аустенітних зерен до меж зерен.

Сигма-фаза негативно впливає на механічні властивості сталі, оскільки знижує її пластичність, в'язкість і корозійну стійкість. Оскільки вона багата на хром, ця фаза вже при вмісті близько 5 % може бути шкідливою, знижуючи в'язкість руйнування аустенітних нержавіючих сталей.

Крім того, її утворення, яке відбувається переважно на границях зерен матриці, може призвести до утворення зони, збідненої хромом, в навколишньому середовищі. Якщо кількість хрому становить менше 12 % за масою, захисна пасивна плівка не буде легко утворюватися, а отже, корозійна стійкість сталі буде порушена.

Тому важливо враховувати ці мікроструктурні зміни під час зварювання сталі 20X23N18 за високих температур, щоб забезпечити її довготривалі експлуатаційні характеристики та довговічність.

Організація зварювального процесу передбачає ретельний вибір параметрів зварювання, присадних матеріалів та методів для досягнення

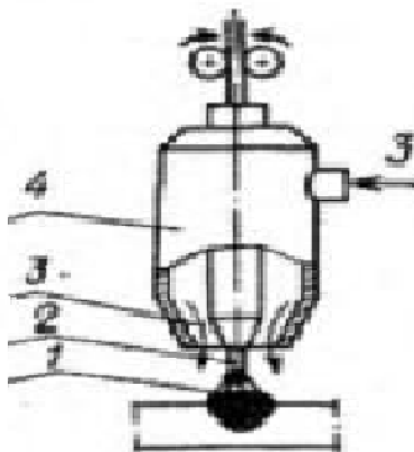
					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міцного та надійного з'єднання. Ключовими чинниками в даному випадку є швидкість зварювання, напруга та швидкість подачі дроту.

Проведений вище аналіз дає підстави застосування для з'єднання елементів трубного вузла процесу зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів GMAW (рис.2.1).

Газодугове зварювання плавким електродом GMAW – це процес зварювання, в якому між плавким дротовим електродом MIG та металом заготовки утворюється електрична дуга, яка нагріває метал торця дроту та заготовки, викликаючи їх сплавлення та перемішування.

У якості захисного газу для виконання процесу GMAW було обрано захисний газ – чистий аргон.



1 – електрична дуга; 2 – електрод; 3 – захисний газ; 4 – пальник

Рисунок 2.1 – Схема процесу зварювання в захисних газах

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.

Для зварювання елементів трубного вузла вибираємо електродний дріт марки 309L (аналог Св-07Х25Н13). Нержавіючий хромонікелевий електродний дріт використовується для зварювання металоконструкцій із вмістом хрому 23% та нікелю більше 12%. Особливістю дроту є високий

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

вміст фериту, що може мінімізувати розрідження зварного шва та запобігти розтріскуванню, особливо у зварних швах різнорідних металів. Процес зварювання проходить у атмосфері чистого аргону з використанням постійного струму (DC).

Наплавлений метал має високу опірність до загальної корозії. Низька доля вуглецю у дроті зменшує можливість появи міжкристалічної корозії, а наявність кремнію позитивно впливає на якість зварного шва (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад наплавленого металу (%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
Менше 0,03	0,3...0,65	1,4...1,22	22...25	12...14	Менше 0,75

До переваг використання електродного дроту 309L можна додати відмінні механічні параметри наплавленого металу. Механічні характеристики наплавленого металу представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Механічні властивості наплавленого металу

Матеріал	Механічні властивості		
	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне видовження δ_b , % (не менше)
Наплавлений метал	600	440	40

Процес зварювання трубного вузла відбувається у середовищі захисного газу – чистого аргону. Аргон захищає розплавлений матеріал конструкції від окислювальної дії атмосферного повітря. Параметри аргону повинні відповідати вимогам нормативних документів. Технічні характеристики аргону наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики аргону

Параметри аргону	Одиниці	Перший сорт	Вищий сорт
Об'ємний вміст водяних парів	%, не більше	0,001	0,0009
Об'ємний вміст азоту	%, не більше	0,01	0,005
Об'ємний вміст кисню	%, не більше	0,002	0,0007
Об'ємний вміст аргону	%, не менше	99,987	99,993

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Механізоване зварювання в захисних газах плавким електродом характеризується наступними технологічними параметрами.

- 1) Діаметр електродного дроту, $d_{ел}$, мм.
- 2) Сила зварювального струму, I , А. Величина сили струму впливає на розміри зварювальної ванни та глибину проплавлення.
- 3) Напруга на дузі, U , В. Напруга це ще один критичний параметр зварювального процесу. Правильно підібране значення напруги забезпечує задане проплавлення та стабільність дуги без надмірного нагрівання металу.
- 4) Швидкість подачі електродного дроту, $V_{под}$, м / год. Швидкість подачі дроту впливає на кількість нанесеного присадного матеріалу та може впливати на розмір зварного шва та проплавлення.
- 5) Швидкість зварювання, $V_{зв}$, м / год. Швидкість зварювання зазвичай є значним чинником, що впливає на міцність зварного шва. Швидкість зварювання регулює підведення тепла до зварних поверхонь.

Для з'єднання елементів трубопровідного вузла виберемо тип з'єднання С17 з розробленням кромки. Геометричні розміри зварного шва та канавки розроблення визначаємо у відповідності до чинних ДСТУ.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.4 – Конструктивні елементи і розміри зварного з'єднання

Умовне познач. зварн. з'єднання	Конструктивні елементи і розміри		$S=S_I$ мм	Розміри, мм					
	підготовлених кромки зварюваних деталей	зварного шва		b		e		g	
				Номінал.	Гран. відх	Номінал.	Гран. відх	Номінал.	Гран. відх
C17			8	3,0	+0,5	13	+3	1,5	+1,5-1,0

Для визначення числа проходів знайдемо загальну площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою:

$$F_n = 0,5h^2tga + bS + 0,75eg = 63 \text{ мм}^2 \quad (2.1)$$

Де: S, b, e, g, a – розміри конструктивних елементів зварного з'єднання.

Загальну площу наплавленого і проплавленого металу знайдемо за формулою:

$$F = 0,75 e (S + g) = 102 \text{ мм}^2 \quad (2.2)$$

Знаходимо площу поперечного перерізу проплавленого металу:

$$F_{np} = F - F_n = 39 \text{ мм}^2 \quad (2.3)$$

Згідно рекомендацій призначаємо два проходи:

Перший прохід (корінь шва) - 20 мм²;

Другий прохід (заповнюючий) - 43 мм²;

Приймаємо діаметр електродного дроту 1,2, тоді сила струму буде становити 136 А.

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_{ел}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 120 = 136A \quad (2.4)$$

Для першого проходу приймаємо силу струму рівною – 140 А. Для другого проходу приймаємо силу струму рівною – 160 А.

Для даного діаметру дроту і відповідної сили струму визначимо напругу дуги:

$$U = 20 + I_{зв} 0,05/d_{ел}^2 = 26B \quad (2.5)$$

Визначимо коефіцієнт форми провару:

$$\psi = k (19 - 0,01I_{зв})d_{ел}U/I_{зв} = 3,095 \quad (2.6)$$

Коефіцієнт наплавлення визначаємо за формулою:

$$a_n = a_p (l - \psi_n) \quad (2.7)$$

Де ψ_n визначається за формулою:

$$\psi_n = (-4,72 + 17,6 j 10^{-2}) - 4,48 j^2 10^{-4} = 9,5 \quad (2.8)$$

Значення α_p розраховується за формулою:

$$a_p = 3,0 + 0,08 I_{зв}/d_{ел} = 12,6 \text{ г/Агод} \quad (2.9)$$

Згідно рекомендацій виліт дроту – l складає 15 мм, тоді коефіцієнт наплавлення буде мати значення:

$$a_n = a_p (l - \psi_n) = 11,4 \text{ г/Агод}$$

Визначаємо швидкість зварювання для першого проходу:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100} = \frac{11,4 \cdot 140}{0,2 \cdot 7,8 \cdot 100} = 10,23 \text{ м/год} \quad (2.10)$$

Для другого проходу швидкість зварювання складає:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100} = \frac{11,4 \cdot 160}{0,43 \cdot 7,8 \cdot 100} = 5,4 \text{ м/год}$$

Швидкість подачі електродного дроту, м/год, для першого проходу:

$$V_{под} = \frac{4\alpha_{нод} I_{зв}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_{ел}^2} = \frac{4 \cdot 12,6 \cdot 140}{3,14 \cdot 1,44 \cdot 7,8} = 90 \text{ м/год} \quad (2.11)$$

Швидкість подачі електродного дроту, м/год, для першого проходу:

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$V_{\text{под}} = \frac{4\alpha_{\text{но}} I_{\text{зв}}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_{\text{ел}}^2} = \frac{4 \cdot 12,6 \cdot 160}{3,14 \cdot 1,44 \cdot 7,8} = 103 \text{ м/год}$$

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального обладнання

Для виконання технологічного процесу зварювання плавким електродом в захисних газах у відповідності до вимог та з врахуванням технологічних розрахунків підібрано багатофункціональну зварювальну установку X8 MIG Welder фінської компанії КЕМРРІ (рис.2.2).



Рисунок 2.2 - Зварювальна установка X8 MIG Welder фінської компанії КЕМРРІ

Зварювальна установка X8 MIG Welder має наступні відмінності:

- високопродуктивне зварювання плавким дротом в середовищі інертних газів за допомогою розроблених програмних засобів;
- точне встановлення величини зварювального струму та можливість роботи при підключенні до стандартної електричної мережі;
- висока якість наплавлення з можливістю зміцнення поверхневого шару;

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- можливість виконання імпульсного зварювання з набором функцій та процесів WISE;
- Ручне дугове зварювання без зменшення продуктивності.

Оптимізовані характеристики електричної дуги створюють умови для зручного і ефективного зварювання, незалежно від матеріалу, що використовується.

Наявна функція WiseSteel дозволяє виконувати зварювання з незначним розбризкуванням, а також обмежити і стабілізувати дугу в режимах струменевого перенесення. За цього істотно - до 30% підвищується швидкість ходу.

Використання зварювальної установка X8 MIG Welder має відповідні практичні переваги під час експлуатації:

- налаштування для виконання процесу MIG відбувається швидше на 30% ніж для стандартного комплекту обладнання;
- характерною є проста, зручна та швидка зміна параметрів процесу, а також технологічних карт;
- іноваційне виконання пристрою для подання електродного дроту передбачає спрощене і ергономічне розміщення котушки з присадковим дротом;
- добре відбалансовані пальники, оснащені ергономічною рукояткою сприяють комфортнішому та продуктивнішому проведенню процесу зварювання.

Зварювальна установка X8 MIG Welder , оснащена джерелом живлення X8 Power Source 500 A / 500 A MV. Технічні характеристики джерела живлення наведені в таблиці 2.5.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Технічні параметри джерела живлення X8 Power Source 500 A / 500 A MV.

Технічні параметри	Значення
Напруга мережі, В, 50/60 Гц	220–230 ±10 %
Напруга мережі, В, 50/60 Гц	380–460 ±10 %
Зварювальний струм	-10 / +15%
Вихідні параметри, А ПВ 40 %	-
ПВ 60 %	500
ПВ 100 %	400
Діапазон, зварювального струму і напруги MIG при 220 В	20 А/14 В – 500 А/55 В
MIG при 380 В	20 А/14 В – 500 А/55 В
Діапазон, зварювального струму і напруги MMA при 220 В	15 А/20 В – 500 А/57 В
MMA при 380 В	5 А/20 В – 500 А/57 В
Зварювальна напруга, В	57
Коефіцієнт корисної дії при максимальному струмі	0,8 – 0,9
Ширина, мм	348
Висота, мм	795
Довжина, мм	921
Маса, кг	95

Можливість підключення установки X8 MIG Welder до хмарної системи WeldEye робить можливим використання унікальних інструментів управління Kemppi для ведення виробничої документації.

Наявність опції цифрових технологічних карт передбачає високу точність налаштування технологічних параметрів процесу в автоматичному режимі та позбавляє від потреби використання паперових технологічних карт.

Крім цього, панель керування можна застосовувати у якості зчитуючого пристрою і засобу отримання інформації про виробничі процеси для використання при розробленні проектної документації.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення вузла трубопроводу для виконання складальних і зварювальних робіт, крім основного технологічного обладнання використовується також додаткове. Додаткове обладнання має ще назву – оснастка. Від правильної взаємодії основного та додаткового обладнання у великій мірі залежить якість виконання зварних швів, надійність конструкції, умови роботи, продуктивність праці тощо.

Для виконання з'єднання окремих труб вузла використовуємо зварювальний стенд. Для обертання трубних конструкцій під час процесу зварювання підберемо універсальний обертач NNTR-1000 (рис.2.3) стенд з метою зварювання корпусу установки для піролізу вибираємо роликові обертачі HGK-2

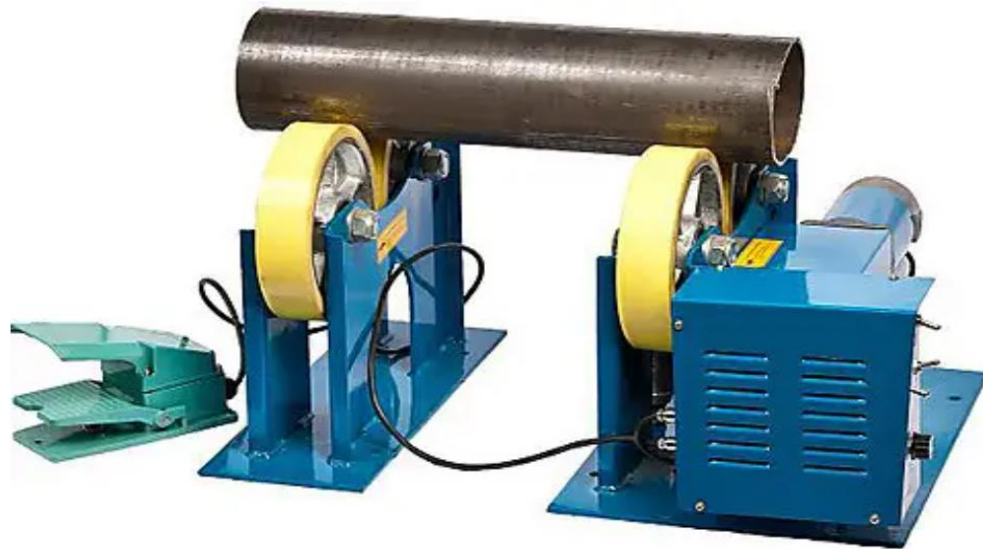


Рисунок 2.3 – Універсальний зварювальний обертач- NNTR-1000

Зварювальний обертач має просту і компактну конструкцію, що адаптована до різних виробничих умов. За своїм призначенням це універсальна установка, призначена для механізації та автоматизації зварювання труб та обичайок. Корпус обертача виготовлений міцним та надійним, а на роликові опори нанесено шар термостійкого поліуретану з метою покращення їх зчеплення з поверхнею виробів, що обертаються.

Обертач може застосовуватись для зварювання деталей вагою до 1000 кілограмів.

Для виконання робіт з трубами, що мають різний діаметр, роликові опори можна фіксувати у двох різних положеннях. Швидкість обертання роликів плавно регулюється та знаходиться в межах 80 ... 1600 мм/хв. Привід оснащений двигуном, що має потужність 0,1 кВт і працює від мережі - 220 В. Для зручності в роботі обертач оснащений пультом дистанційного керування. Для контролю пуску та зупинки обертання роликів використовується педаль. Технічні характеристики обертача NNTR-1000 наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики обертача NNTR-1000

Параметри	Одиниці	Значення
Діапазон діаметрі труб	мм	20 ... 800
Частота струму	Гц	50
Напруга мережі	В	220
Потужність	Квт	0,1
Вантажопідйомність	кг	100
Ширина роликів	мм	50
Діаметр роликів	мм	250

Для механізації та автоматизації зварювальних робіт виберемо зварювальну колону ROWES (рис. 2.4).

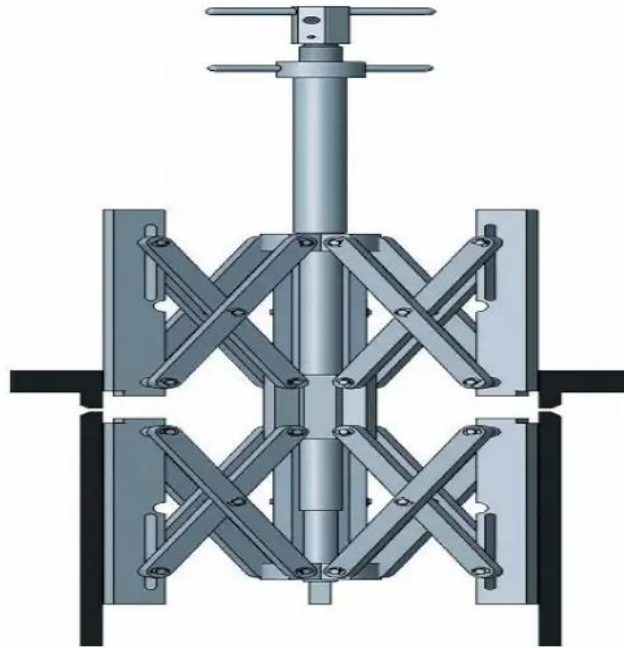


Рисунок 2.5 – Центратори серії ІМС 85220 для збирання труб

Для приварювання фланців використовуємо внутрішній центратор серії ІМФ (рис.2.6). Для фіксації труб і фланців у конструкції затискача передбачено дві незалежних підвіски, що застосовуються для закріплення різних видів фланців, а також відводів до труб з різними діаметрами. У передній частині центратора розміщено захоплюючі затискачі що заводяться на самий вигин, та фіксуються ручкою, а другий ряд затискних елементів затягується гайкою-баранчиком, фіксуючи за цього фланець.



Рисунок 2.6 – Центратори серії ІМФ для приварювання фланців

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для приварювання фланців За рахунок гвинтів Butterfly, виконаних з кованої сталі та встановлених в них кульок з нержавійки можна уникнути від утворення подряпин на заготовках під час виконання монтажних робіт а пізніше від виникнення корозії на місці подряпин.

Для приварювання фланців підбираємо двоосьовий сервопозиціонер EVS-DWP-P-300/500/1000 (рис. 2.7). Конструкція осьового сервопозиціонера являє собою цільнозварену раму на якій розміщені – серводвигун змінного струму, точний редуктор RV, опорна частина гірації, провідна система, захисна кришка. До комплекту також входить електрична система керування.

Рама сервопозиціонера виготовлена з високоякісного матеріалу, вона є цільнозварною. Після зварювання всіх елементів проводилась термічна обробка для зняття залишкових напружень, що гарантує виконання операцій під час її застосування. Крім цього поверхня рами піддавалась антикорозійному обробленню, що дозволить максимально використовувати її виробничий ресурс та мати гарний зовнішній вигляд. Серводвигун відповідає редукторові RV, та гарантує велику стабільність обертання та точність позиціонування, тривалий виробничий ресурс та малий рівень відмов. Технічні характеристики апарату представлені в таблиці 2.6.

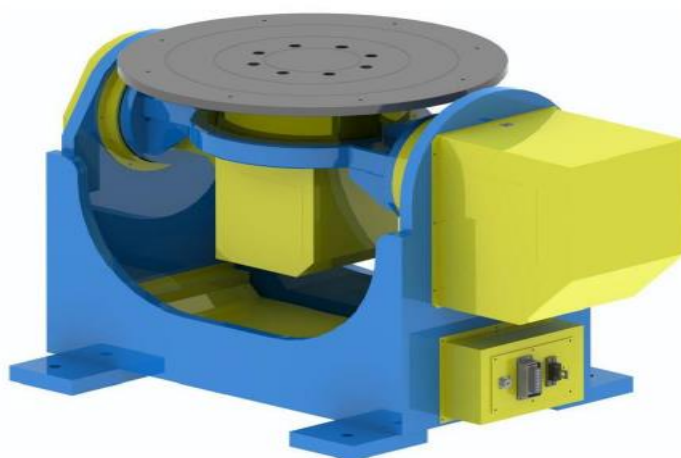


Рисунок 2.7 – Двоосьовий сервопозиціонер EVS-DWP-P-300/500/10003

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Серводвигун відповідає редукторові RV та гарантує велику стабільність обертання та точність позиціонування, тривалий виробничий ресурс та малий рівень відмов. Технічні характеристики апарату представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики сервопозиціонера EVS-DWP-P-300/500/10003

Параметри	Одиниці	Значення
Корисне навантаження	кг	300
Повторна точність позиціонування	мм	± 0.05
Розмір диска	мм	600
Номінальна швидкість обертання осі	°/S	70: 50
Номінальна швидкість обертання другої осі	°/S	70

Для приварювання коліна до труб підберемо трубний обертач RWUTP ROWES (рис.2.8). Конструкція апарата передбачає можливість обертання заготовки на 360°. Конструкція позиціонера включає пристрій для регулювання швидкості обертання.



Рисунок 2.8 – Трубний обертач RWUTP ROWES

Обертання та наклон виконуються незалежно один від одного. Вони також можуть виконувати рухи зкоординовано. Приклад виконання технологічних операцій за допомогою обертача представлено на рисунку 2.9



Рисунок 2.9 – Виконання зварних швів

2.2 Розроблення технологічного процесу

2.2.1 Заготівельні операції

До складу трубного вузла входять дві труби, коліно і два фланці. Виготовлення фланців проектується на місці. Підготовка деталей, збирання стиків та їхнє зварювання відбувається на спеціалізованих площадках.

Перед поступленням на виробництво потрібно переконатися чи всі труби, деталі до них та зварювальні матеріали мають відповідні сертифікати та відповідають умовам проекту, а також вимогам чинних нормативних документів. Всі матеріали повинні проходити вхідний контроль. Труби та деталі до них, що мають з недопустимі дефекти до збирання та зварювання не допускаються

Труби подаються із складу у заготівельне відділення де відповідно до заданих розмірів виконують їхнє різання та виготовлення кромки.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Різання труб та підготовку кромки до зварювання можна виконувати різними способами – механічним, газовим, плазмовим та лазерним. Водоструминний спосіб різання є ефективним, але в реальних умовах на даний час не використовується. Допускається застосування газового різання для труб з вуглецевих, низьколегованих і теплостійких сталей, повітряно-дугового і плазмового різання для труб для усіх марок сталей. З наведених способів – лазерне різання можна вважати найточнішим та найефективнішим.

Для різання труб застосовують машину лазерного різання труб та листів TSK Laser H1530T (рис.2.10)



Рисунок 2.10 – Установка для лазерного різання труб і листів TSK Laser H1530T.

Установка TSK Laser H високопродуктивна машина, оснащена інтелектуальною системою, яка гарантує високу точність та швидкість різання. Вона також сумісна з програмами для різання, що робить можливим оптимізацію процесу. Використання цього верстату практично усуває процес оброблення поверхонь після різання.

Джерелом лазерного променя є можуть бути марки - Raycus/Resi/Machphotonic. Величина потужності джерел може складати 1.5...6 кВт, що дає можливість підбирати оптимальні рішення для

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

оброблення різноманітних металів та товщин. Вибір джерела залежить від марки сталі та її товщини.

Джерело лазерного променя – Ресі найкраще підходить для різання нержавіючої сталі. Це джерело відрізняється високою швидкістю оптико-електричних перетворень високими показниками ККД та енергозабезпечення. Його виробничий ресурс складає близько 100000 годин.

Для різання використовується головка TSK Laser H (рис. 2.11). Ця головка відрізняється високою якістю та стабільністю різання. Вона самостійно наводить точку фокусування у відповідності до товщини металу з точністю до 0,01 мм та може уникати перешкод. Головка оснащена водяним охолодженням та має високий рівень захисту від пилу. Величина товщин для різання нержавіючої сталі може досягати 16 міліметрів.



Рисунок 2.11– головка для різання TSK Laser H

У нашому проекті установка лазерного різання TSK Laser H1530T використовується для різання труб та листів для виготовлення фланців.

Для підготовки листів перед виготовленням фланців потрібно провести операцію правлення. Металопрокат, зазвичай має суттєві відхилення від осі

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

площинності - увігнутість, опуклість тощо. Під час різання заготовок ці відхилення збільшуються – може утворитися хвилястість. Деформовані заготовки збільшують трудомісткість під час їхнього виправлення за допомогою традиційних способів та потребують висококваліфікованих виконавців. Тому для правлення заготовок ми підбираємо листопрямильну машину МЛЧ-1725 (рис.2.8). Листопрямильна машина МЛЧ-1725 призначена для правлення металу з границею плину ≤ 340 МПа.

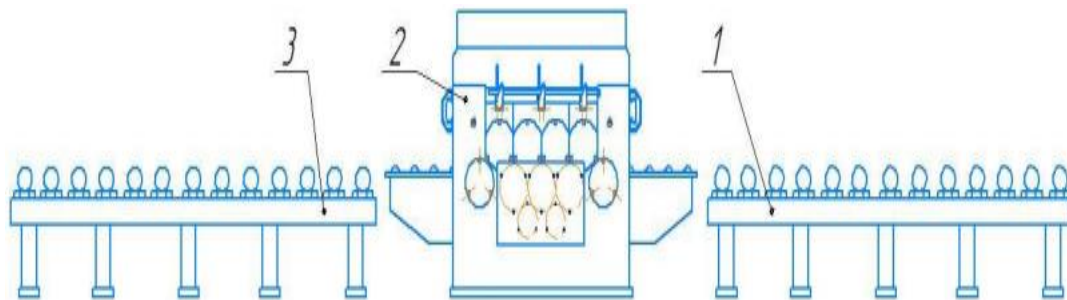
Процес правлення відбувається між рядами обертових валків, розташованих у шаховому порядку (рис. 2.12). Відстань між нижнім і верхнім рядами валків регулюється і встановлюється відповідно до товщини листа, що підлягає правці. При проходженні між валками кожна ділянка листа приймає кілька вигинів в протилежних напрямках і випрямляється. Залежно від розміру кривизни листа, правка відбувається за один або кілька проходів.



Рисунок 2.12 – Листопрямильна машина МЛЧ-1725

Правлення листів відбувається між рядами валків машини, які розміщуються у шаховому порядку (рис. 2.13). Відстань між рядами валків залежить товщини листа, який підлягає правленню.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – рольганг для подавання листів; 2 – листопрямильна машина; 3 – рольганг для розвантаження листів.

Рисунок 2.13 Схема процесу аправлення

В процесі проходження між валками поверхня листа піддається кільком вигинам в різних напрямках та випрямлюється. В залежності від початкового стану поверхні та розмірів листа правлення проводиться за один або декілька проходів. Технічні характеристики машини представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики листопрямильної машини МЛЧ-1725

Параметри	Одиниці	Значення
Границя плинності листа, не більше	МПа	340
Швидкість правлення	м/хв	10,1
Найбільша товщина листа	мм	22
Потужність основного електроприводу	кВт	22
Потужність електроприводу приводу для переміщення верхнього ряду роликів,	кВт	3,3
Габаритні розміри	м	3,2 x3,1x 1.7
Маса	кг	1672

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2.2 Складально-зварювальні операції

Після виконання підготовчих робіт заготовки подаються для складання, туди ж подаються приварні деталі.

Складальні та зварювальні операції це єдиний виробничий комплекс. Процеси складання та зварювання деталей передбачають проведення монтажних операцій і зварювання елементів в єдину конструкцію.

Збирання вузлів відбувається на стендах. До складу стендів відносяться спеціальні пристрої, які дають змогу виконувати складання деталей у відповідності до їхніх розмірів.

Розділення складових елементів за типовими розмірами спрощує проходження технологічного процесу, та дає можливість обособлення частини операцій, та їх виконання для великих партій однакових деталей.

На спеціалізованій поточній лінії збираються і зварюються окремі підвузли – труба з фланцем. Після цього підвузли поступають для укрупнювального та остаточного збирання. Тому для партій підвузлів з однаковими розмірами ми передбачили механізовані та автоматизовані процеси та відповідне обладнання.

Відомо, що зварювання трубних стиків – це найскладніша технологічна операція, що визначає якість всього трубопроводу. Тому при виконанні складальних робіт необхідно створити співвісність у з'єднаних трубах та рівномірний зазор у стику, що дає можливість якісно заварити основу шва за всім його периметром.

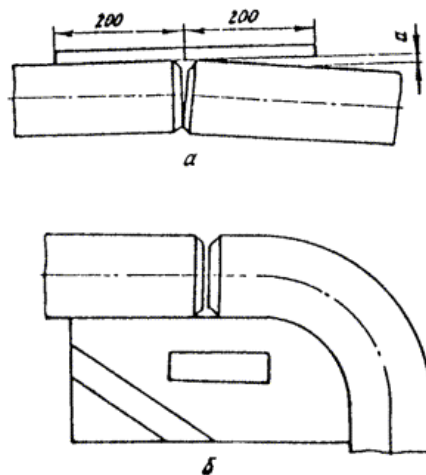
З цією метою ми використовуємо внутрішні центратори. Застосування внутрішніх центраторів дозволяє механізувати операції збирання у повному обсязі. Крім цього, складений стик повністю доступний для виконання зварювальних робіт.

Кут розроблення кромки та відстань між ними встановлюється у відповідності до ГОСТ 16037-80. Торці труб, скошені кромки та прилеглі ділянки повинні бути зачищені до блиску на ширину 15-20 мм.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При підготовці стиків, виготовлених з аустенітних сталей, що мають товщину стінки труб меншу за 8 мм є ризики утворення міжкристалітної корозії тому приварювати технологічні кріплення в даному випадку заборонено.

Відхилення від прямої лінії зібраного встик елемента вузла, заміряного лінійкою в трьох рівномірно віддалених за периметром лініях за 200 мм від стику, має бути не більше – 1,5 мм. Співвісність труби та коліна визначається шаблоном (рис .2.14).



а – контроль співвісності на прямих ділянках труби; б – контроль співвісності з'єднання труби з відводом

Рисунок 2.14 – Схема контролю взаємного розміщення труб в місці стику

Зварювальні матеріали під час виконання прихватів мають відповідати способу та зварювальним матеріалами, що використовуються для виконання кореня шва. Прихвати рівномірно розташовуються вздовж периметру стику.

При збиранні стиків трубопроводів не дозволяється використання ударного правлення кінців труб чи то в холодному чи то внагрітому стані.

Труби для зварювання потрібно відсортовувати за внутрішнім діаметром. До одної групи відносять труби, які мають розбіжності за внутрішнім діаметром до - 1%, не більше 2 міліметри.

При виконанні збирання стиків потрібно забезпечити умови для безперешкодного осадження металу під час зварювання. Забороняється

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

виконувати складання стиків з натягом.

Особливостями зварювання трубопроводів є необхідність дотримання принципів безперервності отриманого шва. Зварний шов обігнувши периметр труби має закінчитись у вихідній точці. Кількість проходів при зварюванні трубопроводів визначається товщиною стінки. Для стінок товщиною менше 6 міліметрів рекомендована кількість проходів є два. При товщині стінок 6...12 міліметрів варто застосовувати три проходи, а при товщинах більше 12 мм застосовують чотирьох прохідне зварювання. Так само при товщинах стінки більше чотирьох міліметрів рекомендується виконання корінного шва.

Для виготовлення вузла трубопроводу проектуємо три обособлені технологічні підлінії. Приварювання фланців до труб, зварювання труб між собою та приварювання коліна до труб.

Приварювання фланців виконуємо за допомогою двоосьового сервопозиціонера EVS-DWP-P-300/500/1000 та зварювальної колони ROWES на якій встановлено зварювальну установку X8 MIG Welder. Фланець та труба встановлюються та закріплюються на робочому столі позиціонера. Після цього за допомогою направляючих рейок колони до стику підводиться пальник зварювального апарату. Процес зварювання відбувається в автоматичному режимі. Встановлена на робочому столі зварювальна конструкція виконує обертові рухи спричинені, дією приводу позиціонера. Пальник за цього встановлено нерухомо. Таким чином відбувається приварювання обидвох фланців трубного вузла.

Друга технологічна підлінія передбачає зварювання труб між собою. Підготовлені трубні заготовки подаються на зварювальний стенд, де розміщено універсальний зварювальний обертач - NNTR-1000. Після встановлення внутрішніх центраторів та закріплення заготовки, ролики обертача виконують її обертання з заданою швидкістю, а зварювання відбувається в автоматичному режимі за допомогою зварювального апарату X8 MIG Welder встановленого на колоні.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Третя технологічна підлінія передбачає приварювання коліна. Для цієї мети передбачено трубний обертач RWUTP ROWES. Ролики апарата з заданою швидкістю обертають заготовку, а встановлений на колоні пальник зварювальної установки виконує зварювання стиків. Процес зварювання повністю автоматизовано. Блок управління трубного обертача під час зварювання забезпечує координацію спільної роботи позиціонера та зварювального апарата: збудження дуги, контроль технологічних параметрів процесу, задану швидкість обертання труби, перекриття зварного шва для заварювання кратера.

Таким чином розділення та обособлення типових технологічних процесів дозволяє підвищити якість та надійність зварних швів, повністю автоматизувати виконання зварювальних операцій та покращити ефективність виробництва в цілому.

Завершальною технологічною операцією виробництва вузла трубопроводу є приймальний контроль якості зварних швів.

2.2.3 Вибір заходів боротьби із зварювальними напруженнями

Щоразу, коли на метал діє тепло, неминуче відбувається розширення та стиснення деталі. Ступінь, до якої це відбувається, залежить від інтенсивності дії тепла на заготовку, але ця базова термодинамічна концепція обов'язково змінює властивості металу під час циклу нагрівання та охолодження.

У трубах зазвичай виникають спотворення та деформація під час гарячого процесу обробки, такого як зварювання. Результат – зміна вирівнювання та розмірів труби. Тому спеціалісти повинні добре розуміти механізм розширення/стискання під час виконання зварювання труби до труби або труби до фланця.

Залишкові деформації та напруження у з'єднаних трубах, що виникають внаслідок зварювання, є в полі зору теоретичних та практичних досліджень. Під час проектування конструкції, що складається з труб, зварених встик, дуже

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цікаво знати не лише майбутні механічні та теплові навантаження, що діють на з'єднання, але й залишкові поля деформацій та напружень, що виникають внаслідок процесу зварювання.

У багатьох експериментальних дослідженнях, проведених для вивчення деформації зварювання труб, температура спостерігалася як один з основних критеріїв. Коли до металу прикладається тепло, він зазнає теплового розширення, а коли охолоджується, відбувається теплове стиснення. Локалізоване нагрівання та охолодження в зоні зварювання призводить до різної об'ємної зміни на мікро- та макрорівнях

Зміни, що відбуваються на макрорівні пов'язані з розвитком залишкових напружень через різницю в швидкості охолодження на поверхні та в центрі зварного шва.

Зміни на мікрорівні пов'язані з індукцією залишкових напружень у металі через зміну його металургійних властивостей (наприклад, фазове перетворення в аустеніт або мартенсит).

У випадку, якщо залишкові напруження перевищують межу пружності, метал демонструє пластичну деформацію. Це призводить до деформації та викривлення металу. При зварюванні металевих труб деформація та викривлення такого роду можуть призвести до зміни розміру труби та зміни її вирівнювання. Це може мати серйозний вплив на тиск та швидкість потоку в трубі. Часто також може виникати проблема витоків, що може мати потенційно катастрофічні наслідки.

Наприклад, у технологічних процесах, переробної, нафтогазової, хімічної галузях промисловості, на морських об'єктах стикове зварювання труб у трубопроводні системи використовується для транспортування кількох типів рідин.

Загальновідомо, що труби дуже чутливі до корозії під напругою на внутрішній поверхні, якщо виникають розтягувальні напруження. Розтягувальні залишкові напруження також можуть спричинити утворення

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

тріщин. З іншого боку, якщо в трубі утворюються занадто високі стискаючі залишкові напруження, осьове навантаження на вигин може бути зменшено.

Ще одним поширеним типом з'єднання труб у багатьох застосуваннях є фланцеве з'єднання труб. Основною перевагою цього типу з'єднання порівняно з вищезгаданим стиковим з'єднанням є набагато легше поводження під час монтажу та демонтажу деталей у системі.

Це також надійний тип з'єднання, коли дві труби, що з'єднуються, виготовлені з різних матеріалів. Дві труби зазвичай з'єднуються болтами через нерухомі фланці або через додатковий вільний фланець, який з'єднується з нерухомим або вільним фланцем на іншій трубі. В обох випадках важливо, щоб контактна поверхня фланця, закріпленого на трубі, була плоскою, щоб запобігти витоку з труби.

Якщо труба з деформованим фланцем встановлюється з використанням сили для запобігання будь-якому витоку, тобто використовується болтове з'єднання для зменшення зазору між двома фланцями, можуть виникнути розтягувальні напруження, що також означає, що поверхня інтерфейсу між двома встановленими трубами буде чутливою до корозії під напругою.

Під час виготовлення труби з фланцем, фланець кріпиться до кінця труби за допомогою зварного з'єднання. Через термічні напруження, що виникають під час зварювання, деформуються як труба, так і фланець. Спосіб деформації (скручування) фланця залежить від форми канавки та послідовності зварювання. Тому заходи зі протидії до виникнення деформацій та напружень при зварюванні є актуальними.

Під час створення з'єднання труб основною проблемою є збереження міцності металу після процесу зварювання. Такі фактори, як неконтрольоване підведення тепла та неправильна підготовка з'єднання перед зварюванням, можуть створювати такі проблеми, як тріщини, включення та пористість – дефекти, що викликають руйнування зварного шва.

Для зменшення напружень та деформацій під час зварювання труб в роботі застосовано кілька способів. Основним чинником попередження

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворення деформацій та напружень є правильно підібраний спосіб зварювання. Для нашого випадку це автоматизований спосіб зварювання GMAW, що забезпечує низький рівень підведення тепла та високий ступінь контролю тепла для отримання чистого та бездефектного зварного шва. Так само ми використали - попередній нагрів, контроль параметрів зварювання та використання відповідних конструкцій з'єднань та обмежень.

Зокрема, попередній нагрів зменшує температурні градієнти, контроль температури між проходами мінімізує окрихчення зони термічного впливу, а зовнішні обмеження можуть допомогти контролювати кутову деформацію. Таким чином в роботі застосовано низку заходів попередження негативного впливу напружень та деформацій на якість зварної конструкції. Основним чинником з яких є контроль проходження теплових процесів.

2.4. Технічний контроль та виправлення браку

2.4.1 Особливості контролю якості зварювання трубопроводів

Контроль якості виконання зварювальних робіт потрібно здійснювати відповідними службами на підприємстві виробнику, а також спеціалістами технічного нагляду від замовника. Контроль необхідно виконувати технічними засобами, які можуть забезпечити достовірність випробовувань та їхню повноту виконання.

Повний контроль якості виконання зварних швів повинен складатися з вхідного, операційного і приймального його виду.

Вхідний вид контролю передбачає контроль документів, які поступають на підприємство разом з сировиною та зварювальними матеріалами.

Операційний контроль це спостереження за правильністю підготовок кромок заготовок, які поступають на зварювання, перевірка точності проведення складальних операцій встановлених зазорів та площинних відхилень, дотримання відповідності технологічного процесу, параметрів та

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

режимів виконання процесу зварювання.

Приймальний контроль це завершальна технологічна операція, яка повинна відсепарувати браковані вироби. До приймального виду контролю відносяться – візуальний огляд та контроль геометричних розмірів, неруйнівні його види, зокрема рентенографічний, ультразвуковий, магнітографічний, металографічне дослідження, механічні, гідравлічні та пневматичні види випробувань.

Якість зварних швів трубопроводів визначається тим, наскільки добре він відповідає стандартам. Існує велика різноманітність міжнародних, національних та галузевих стандартів для зварювання труб. Незважаючи на величезну кількість цих рекомендацій, в деяких випадках може бути що вимоги замовника будуть вищими за рівень чинних стандартів.

Наприклад, напівпровідникова промисловість вимагає чистіших та точніших зварних швів на трубах, що використовуються у виробництві мікропроцесорів. Ця вимога сприяла підвищенню якості зварювання труб, незважаючи на те, що не існує визнаного галузевого стандарту для зварювання труб у виробництві напівпровідників.

Якість зварного шва труби починається на етапі проектування. Саме тут визначаються тиск, навантаження, напруження та інші зовнішні сили, яким має протистояти зварний шов труби. Ці специфікації визначатимуть розміри труби, які сплави використовуються для труби та, як наслідок, як зварюється труба. Проектувальникам також потрібно буде узгодити інженерні потреби проекту з правовими та галузевими стандартами, що регулюють роботу.

Матеріали, що використовуються для зварювання труб, повинні відповідати їхньому призначенню як механічно, так і хімічно. Готова труба повинна витримувати тиск рідин або газів, що містяться всередині, а також бути стійкою до будь-яких корозійних впливів.

Сам зварний шов повинен витримувати внутрішній тиск у трубі, навантаження, що створюється вагою самої труби, та будь-які зовнішні навантаження, створювані конструкцією або навколишнім середовищем.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб відповідати специфікаціям для кожного окремого з'єднання, труби та інші матеріали необхідно підготувати за допомогою механічної обробки або шліфування на місці. Необхідно буде передбачити придбання підготовлених матеріалів або обладнання для підготовки на місці.

Склад металу або сплавів, які будуть використовуватися у зварному шві, повинен відповідати механічним та хімічним потребам з'єднання. Заповнювач може потребувати нагрівання або охолодження для підтримки температур, необхідних для формування механічних або хімічних структур, що вимагаються специфікаціями зварювання.

Для зварювання труб можна застосовувати численні різні процеси дугового зварювання. Якість зварних швів, отриманих за допомогою цих різних процесів, відрізняється за стійкістю до корозії, сплавленням з основним матеріалом, механічною міцністю та чистотою зварного шва на внутрішній поверхні труби.

Різні зварювальні гази та суміші газів призводять до різних результатів зварювання. Використаний захисний газ може впливати на нагрівання зварювальної дуги, контур дуги та отриманий зварний шов. Зварювальний газ та його потік, необхідні для отримання бажаної якості зварювання, повинні бути включені до специфікації зварювання.

Усі ці фактори є звичайними міркуваннями в будь-якому проекті зварювання труб і повинні бути знайомі інженерам-механікам. Однак, питання підготовки, позиціонування та розподілу робочої сили та обладнання, необхідних для зварювання кожного з'єднання відповідно до специфікацій, часто ігноруються. Це часто призводить до затримок, і подальші затримки можуть виникнути, якщо персонал на місці не досягне успіху з першої спроби зварювання. Узагальнені, базові найкращі практики контролю якості зварювання труб на етапі проектування можуть запобігти цьому сценарію.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

2.3.2 Види дефектів при зварюванні трубопроводів

Кожен зварний шов у трубопроводі є критично важливою ланкою, від якої залежить вся система. Руйнування зварного шва має значні наслідки – не лише затримки проекту та збільшення витрат, але й потенційну екологічну катастрофу, економічні наслідки та погіршення репутації компанії.

Усі дефекти можуть спричинити серйозні проблеми із зварним швом та цілісністю трубопроводу. Тому розглянемо деякі основні дефекти зварювання, їх причини та способи усунення.

Дефекти, які виявляють у з'єднаннях, отриманих при зварюванні трубопроводів, можна розподілити на внутрішні, що невидимі при зовнішньому огляді та зовнішні, які, зазвичай виявляються при візуальному огляді зварного виробу.

Завдання проведення різних методів контролю якості полягає в тому, щоб за допомогою розроблених способів та пристроїв, встановити наявні дефекти, з'ясувати причини, які їх викликають та усунути ці причини.

Дефекти зварного шва виникають з кількох причин – використання неправильних матеріалів для роботи, застосування неправильного процесу, зварювання у складних умовах або виконання процесу недосвідченим чи некваліфікованим зварником.

Неспіввісність – це різниця між внутрішньою та/або зовнішньою висотою двох труб. Погане вирівнювання труб відносно осі призводить до утворення ненадійного зварного шва, який має мещу стійкість до умов високої втоми. Покращення співвісності труб – є найкращим способом зменшити перепад між трубами перед зварюванням.

Надмірне проплавлення виникає, коли надлишок зварного металу виступає через корінь шва. Зазвичай це спричинено занадто великим зазором у з'єднанні, занадто малими поверхнями кореня шва або занадто високим підведенням тепла, що може спричинити ерозію та/або корозію.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотримання вимог нормативних документів до геометричних розмірів з'єднання перед складанням та забезпечення правильної техніки зварювання зменшать ризики надмірного проплавлення.

Утворення тріщин є найсерйознішим дефектом зварного шва. Наявність тріщин може призвести до руйнування зварного шва, і тому зварники докладають усіх зусиль, щоб уникнути їх.

Зварні шви перебувають під постійним внутрішнім напруженням від втоми, згинання, вигину та розширення/стискання, а розтріскування виникає, коли внутрішні напруження перевищують міцність основного металу або металу шва.

Гарячі тріщини виникають за температур вище 700⁰С і зазвичай спричинені різноманітними забрудненнями або проблемами з матеріалами, холодні тріщини виникають після охолодження зварного шва, зазвичай через дифузію водню, а кратероподібні тріщини з'являються через недостатній об'єм зварювальної ванни. Ретельна підготовка зварних швів, вибір правильних матеріалів та їх безпечно зберігання допоможуть запобігти розтріскуванню

Непровар кореня шва відбувається, коли зварний шов не зварюється з одного боку кореня. Непроварювання відбувається, коли обидві сторони кореня шва не зварюються зі зварним швом.

Підрізання - це канавка, яка з'являється в основному металі поблизу кореня шва. Правильна підготовка з'єднання та поверхонь основного металу, а також використання правильних матеріалів та методів зварювання можуть допомогти запобігти цим дефектам, які можуть призвести до низької якості, слабких зварних швів та, зрештою, до появи розтріскування.

Практично всі дефекти зварних швів можна виправити шляхом кращої підготовки, покращення з'єднання труб, забезпечення використання правильних матеріалів і техніки, а також належним чином навчених/кваліфікованих зварювальників

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3 Візуальний метод контролю

Найпоширеніший спосіб перевірки зварних швів – це візуальний огляд. Візуальний метод контролю є обов’язковим для всіх зварних швів. На поверхні зварного шва можна побачити поверхневі розриви зварного шва, такі як тріщини, пористість та шлакові включення. Температурні нерівності, які можуть свідчити про те, що зварний шов перегрівся або що сама труба була надмірно нагріта, можуть проявлятися як синій або фіолетовий колір металу.

Під час проведення візуального огляду необхідно брати до уваги про наступне. Правильне освітлення дуже важливе під час кожного огляду. Замість світлодіодного освітлення рекомендується використовувати мультиспектральні лампи, такі як ксенонові, з колірною температурою 4000-6000 кельвінів (К). Світлодіодні лампи є монохроматичними та зміщеними в синій спектр, що може приховати теплове знебарвлення та текстури, що вказують на розриви.

Освітлення повинно бути не менше 350 люкс. Для огляду заготовки рекомендується яскравіше освітлення не менше 500 люкс, що є європейським стандартом.

Кут спостереження до зварного шва повинен бути більше 30 градусів, якщо для проведення огляду використовується оптика. Занадто вузький кут завадить детальній роздільній здатності зварного шва.

2.3.5 Неруйнівні методи контролю

Оскільки труби на яких розміщені зварні шви експлуатуються в умовах високого тиску чи температур візуального огляду зварних швів труб зазвичай недостатньо. Надійним методом контролю визначення надійності зварних швів є неруйнівний контроль. Для трубопроводів ефективними є наступні методи контролю.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Гідростатичне випробування, для слід використовувати нестисливі рідини або олії. Гази можуть стискатися та призвести до вибуху зварного шва з небезпечною силою. Рідини та олії слід прокачувати через трубу під тиском, який зазвичай перевищує робочий тиск у трубопроводі. Потім трубу перевіряють на наявність витоків. Якщо проект вимагає випробувань стисненим газом, перш ніж зварні шви можуть бути затверджені та завершені, їх спочатку слід перевірити барвником та рентгенівським випромінюванням, а потім під тиском у вакуумній зоні.

Контроль проникнення барвника передбачає його розпилення на готовий зварний шов, а потім його витирання через певний час. Будь-які поверхневі дефекти захоплюють барвник і стають видимими після нанесення проявника. Недоліком цього методу є те, що він виявляє дефекти лише на поверхні зварного шва. Температуру заготовки слід перевіряти відповідно до допустимої температури проникнення барвника, оскільки барвник не працюватиме належним чином на трубі або трубці, що перевищує допустиму температуру.

Магнітно-порошковий контроль побудований на явищі проходження магнітного поля через зварний шов, на який наносяться дрібні магнітні частинки, щоб виявити дефекти поблизу поверхні. За допомогою цього методу можна встановити лише поверхневі або приповерхневі дефекти.

Під час проведення ультразвукового контролю вібрації проникають через зварний шов і відбиваються назад до детектора. Розриви в матеріалі та дефекти виявляються за змінами відбитих хвиль. Цей метод може виявляти дефекти в більшості видів зварювання труб.

Радіографічне тестування функціонально подібне до медичного рентгенографічного дослідження, цей метод використовує рентгенівські або гамма-промені для проникнення під поверхню зварного шва. Це дуже ефективний метод, який чітко відображає дефекти по всьому зварному шву.

Ці стандартні методології є основою для контролю якості зварювання

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

труб. Однак, найкращі практики можна покращити, приділяючи більше уваги відповідальності у зварювальних роботах, методології, що застосовується до випробувань, та способу усунення неприйнятних зварних швів.

Проаналізувавши теоретичні та практичні аспекти заходів з контролю якості для нашого проекту використовуємо візуальний контроль, гідростатичне випробування та ультразвуковий контроль якості.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Планування зварювальної ділянки

Планування зварювального відділення є ключовим чинником для успішного функціонування всього виробничого циклу. Діляниця для виготовлення трубних вузлів повинна мати в своєму складі – зону для виконання заготівельних та підготовчих робіт, ділянку для виконання зварювальних робіт, склади та приміщення для зберігання матеріалів і допоміжних інструментів, сектори для проведення контролю якості та робочі місця для зварників.

За цього важливим є забезпечення достатнього простору для можливості маневрування, безпечного виконання робіт, дотримання вимог пожежної безпеки та наявність необхідної вентиляції. Засоби технологічного спорядження мають встановлюватись у відповідності до основного технологічного потоку переміщення вантажів. Зустрічні та пересічні вантажопотоки повинні бути виключені.

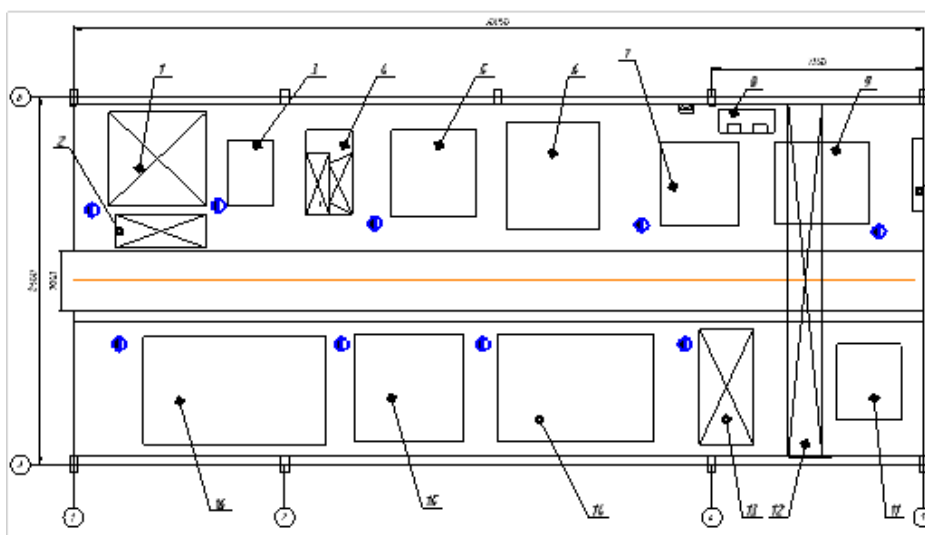
Відповідно до технологічного процесу перед подачею у складально-зварювальне відділення труби направляються на ділянку попереднього оброблення. Ділянка попереднього оброблення включає площадку для очищення труб від різноманітних забруднень, а також висушування їхніх торців. Ця ділянка також укомплектована обладнанням для різання та механічного оброблення труб.

Проект зварювального відділення або цеху у великій мірі визначає ступінь механізації та автоматизації виробництва, продуктивність та ефективність виконання технологічних операцій, а також економічні показники для підприємства в цілому. Тому при виконанні проектних робіт необхідно передбачати використання сучасних високопродуктивних технологій, та комплектацію у відповідності до них обладнання та

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

зварювальної оснастки, які раціональним чином розташовуються на виробничій площі цеху.

Розміщення обладнання та оснастки виконуємо у відповідності до послідовності виконання технологічного процесу. У відповідності до конструкції виробів і визначеного типу виробництва розробляємо типову схему компоновання виробничих приміщень. Зазвичай виконання компоновання плану зварювального підприємства – це перш за все технічне завдання, що передбачає використання декількох варіантів рішень. Таке завдання виконується шляхом розроблення декількох варіантів схеми технологічного плану відділення з метою визначення оптимального рішення. Схема планування зварювальної дільниці представлена на рисунку 3.1



1 – листоправильна машина; 2 – склад листів; 3 – установка для плазмового різання; 4 – вирубані заготовки; 5 – листозгинальна машина; 6 – склад вальцьованих заготовок; 7 – зварювальний напівавтомат TransSteel 3500 Contrast ; 8 – установка FCW Contrast; 9 – склад зварених корпусів; 10 – Пожежна щитова; 11- Кімната майстра; 12 –Мостовий кран.

Рисунок 3.1 - Схема планування зварювальної дільниці

Починаємо з будівельної частини. Наносимо поздовжній ряд колон. Відстань між осями колон складає шість метрів. Всі попередньо виконані будівельні роботи повинні відповідати вимогам нормативних документів. Та повинні бути здані у встановленому порядку.

Робочі місця доцільно розміщувати по напрямку прогонів. У випадку повздовжнього напрямку потоку виробництва вздовж прогону доцільно розмістити рейкову колію. Рейкова колія повинна бути розміщена не ближче ніж 2,5 метра до колон.

Під час розроблення плану розміщення обладнання необхідно виконати прив'язку конструктивних елементів споруди до відповідних осей. Колони, що розміщуються у середніх рядах необхідно розташувати таким чином, щоб геометричні центри площі їхніх перерізів і надкранової частини співпали з перетином нанесених розбивних осей.

Торцеві колони цеху зміщуємо до середини відносно до розбивної осі на відстань 500мм для можливості пропущення колон фахверка, крок яких становить 6 метрів.

Колони, які розміщені на краю поздовжнього ряду необхідно змістити відносно до розбивної осі до середини прогону таким чином, щоб грань колони з торця могла співпадати з поздовжньою віссю. Такий вид прив'язки називають нульовою та застосовують для безкранових секцій і будівель, що об лаштовані мостовими кранами з вантажопідйомністю величиною до 30 тон при кроці розміщення колон у крайньому ряді 6 метрів.

Технологічне обладнання та оснастку необхідно розміщувати рядами по напрямку прогону. Найпоширенішим є дворядне розміщення робочих місць в прогоні з можливістю проїзду між ними. Іншим варіантом є чотирьохрядне розміщення робочих місць з можливістю встановлення двох проїздів. Такі конструкторські рішення дозволяють раціонально використовувати виробничі площі відділення.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Місця для складування окремих деталей та складальних виробів можна розташовувати з боку проїзду, або вздовж прогону, між двома робочими місцями, розташованими послідовно. Джерела живлення доцільно розміщувати між колонами на границі суміжних прогонів.

Джерела живлення для декількох постів необхідно розміщувати ближче до геометричного центру. Вони повинні бути захищені сітчастою огорожею, висотою не менше одного метра. Ширина проходу за цього повинна складати не менше - 1,5 метра. Однопостові джерела живлення можна встановлювати на спеціальних балконах, які зазвичай споруджують між колонами на висоті не нижче 3 метри.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи з техніки безпеки при зварюванні технологічних трубопроводів

Зварювальні роботи під час виготовлення і монтажу технологічних трубопроводів займають видне місце у зварювальному виробництві. Цей вид робіт, вимагає створення умов, які гарантують безпечного їх виконання не тільки для зварників безпосередньо, але і для працівників, що знаходяться поблизу. Зварники та оператори повинні бути забезпечені відповідними захисними засобами від попадання бризок металу, ураження струмом та світловими променями залежно від характеру виконання робіт.

Зварники під час роботи з відкритою дугою, для надійного захисту очей та відкритої поверхні обличчя повинні бути забезпечені щитком із світлофільтрами. Тип світлофільтру залежить від величини електричного струму. Для захисту поверхонь рук зварники при виконанні робіт повинні одягати брезентові рукавиці.

Робітники, що знаходяться у виробничій зоні при виконанні зварювальних і монтажних робіт повинні також користуватися такими ж самими засобами захисту що й зварники. Вони повинні пройти інструктаж щодо заходів безпеки при виконанні зварювальних робіт.

Зварювальна площадка повинна мати огорожу. Огорожа являє собою кабінки та ширми. Тимчасові конструкції виготовляються з можливістю доступу до них свіжого повітря.

При зварюванні категорично забороняється спостерігати переміщення дуги незахищеними від світлових променів очима, оскільки це може викликати викликає опіки. При появі різі в очах, негайно потрібно промити очі п'яти процентним розчином соди, а після того звернутися по медичну допомогу.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Відповідно до вимог нормативних документів зварники для роботи зобов'язані використовувати брезентовий одяг.

Зварювальні роботи заборонено виконувати близько до легкозаймистих і вибухонебезпечних матеріалів. Найменша відстань від таких матеріалів до місця виконання зварювальних робіт повинно бути не менше як 10 метрів.

Для запобігання випадків уражень електричним струмом робітників, на всіх зварювальних кабелях повинна бути справна ізоляція.

Зварників, що виконують роботи на висоті, потрібно забезпечити пеналами для електродів, сумками інструменту і недогарків електродів. Категорично заборонено скидати вниз електроди, недогарки та інструмент. Такі дії можуть спричинити травми для працюючих внизу людей. Особи, що знаходяться нижче рівня зварника, повинні мати захист від іскор. Для захисту місць зварювання використовують інвентарні огорожі, а в зоні зварювання розміщують попереджувальні написи.

Для запобігання нещасних випадків потрібно знати правила поводження з різаками, газовими пальниками, шлангами тощо. За цього інструмент, що працює з чистим киснем – пальники, редуктори, шланги та різаки повинні бути в чистому виді і регулярно проходити очищення від масляних та інших горючих забруднень.

Транспортування кисневих, пропанових та ацетиленових балонів одночасно категорично забороняється. При транспортуванні балонів потрібно вжити заходів для запобігання ударів та поштовхів, або ж їх скидання. На місці використання балон потрібно прикріпити до стіни, наприклад за допомогою хомута.

Біля складу з кисневими балонами на відстані до 10 метрів заборонено складувати горючі матеріали. Транспортування балонів по монтажному майданчику потрібно за допомогою спеціальних візків

До виконання зварювання в середовищі захисних газів можна допускати зварників з спеціальною підготовкою, що засвоїли правила роботи з балонами для стиснутих газів.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

За результатами виконання бакалаврської роботи вдосконалено технологію виконання зварювальних та монтажних робіт при виготовленні вузла технологічного трубопроводу.

На основі аналізу чинних способів встановлено, що для виробництва вузла трубопроводу найефективнішим з них є процес зварювання плавким електродом в інертному газі. Для реалізації способу підібрано основне та додаткове обладнання.

Особливістю розробленої технології є виокремлення типових технологічних процесів, що дозволяє підвищити якість та надійність зварних швів, та об'єднати їх у технологічну лінію, що дає можливість повністю автоматизувати виконання зварювальних операцій та покращити ефективність виробництва в цілому.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

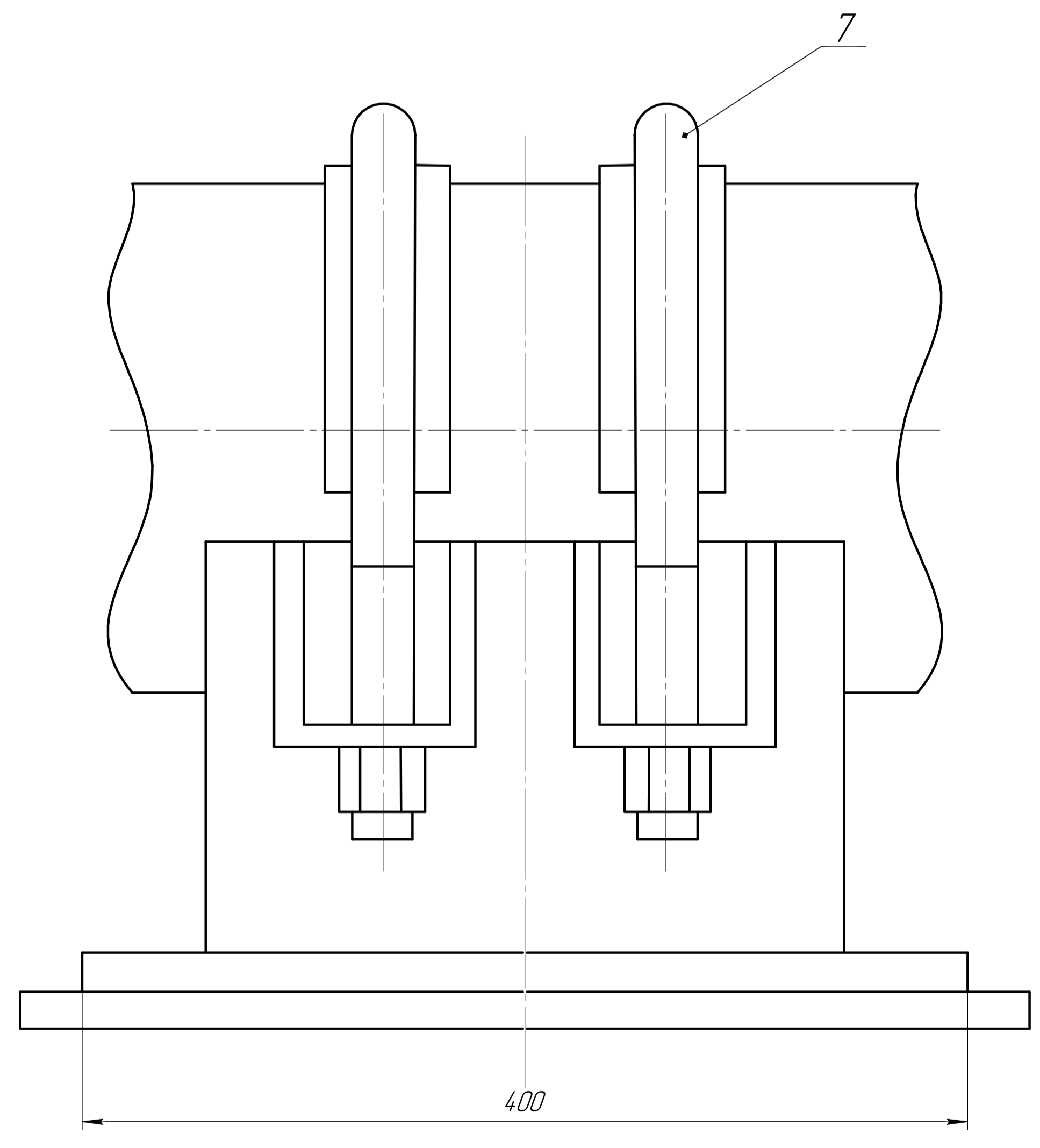
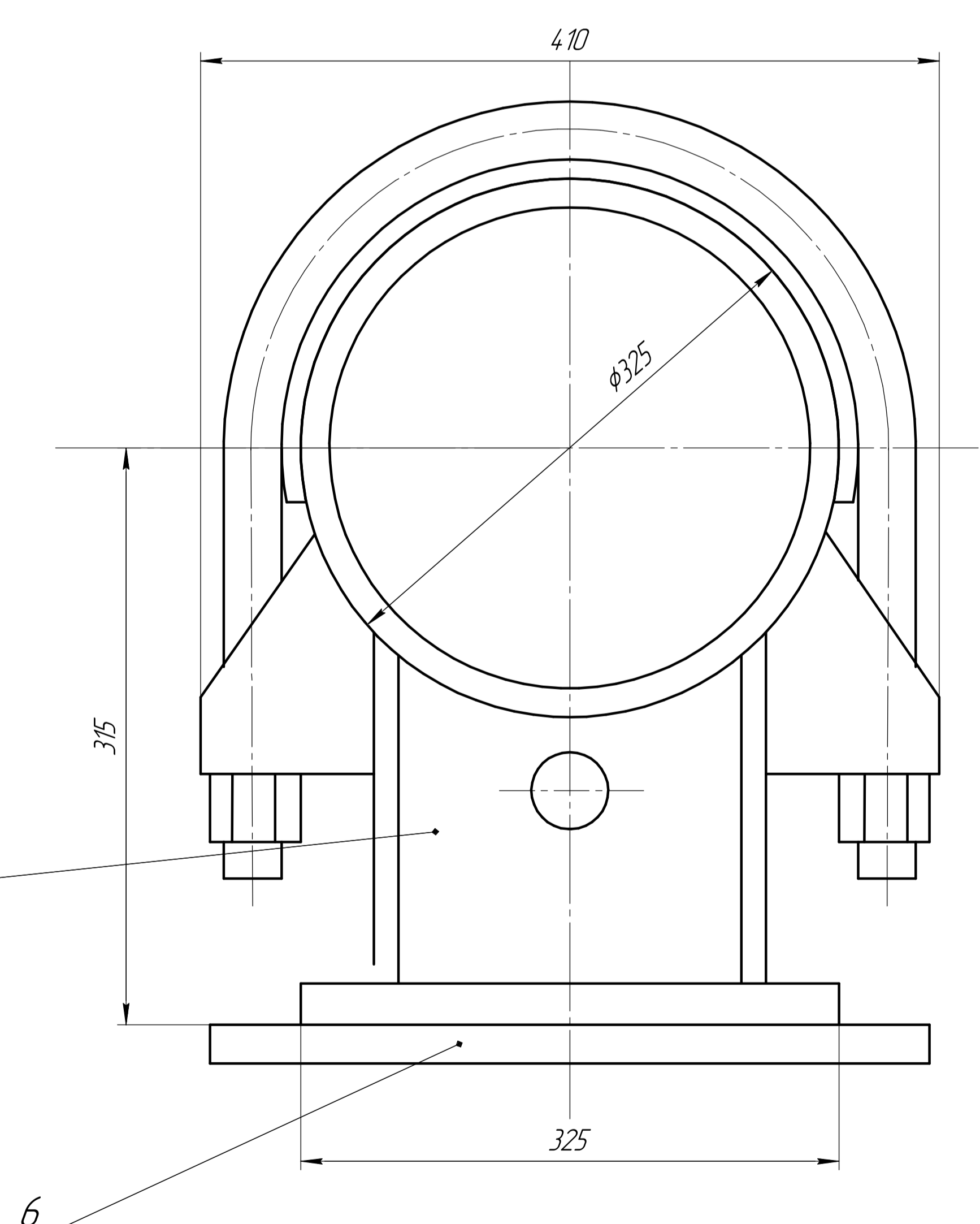
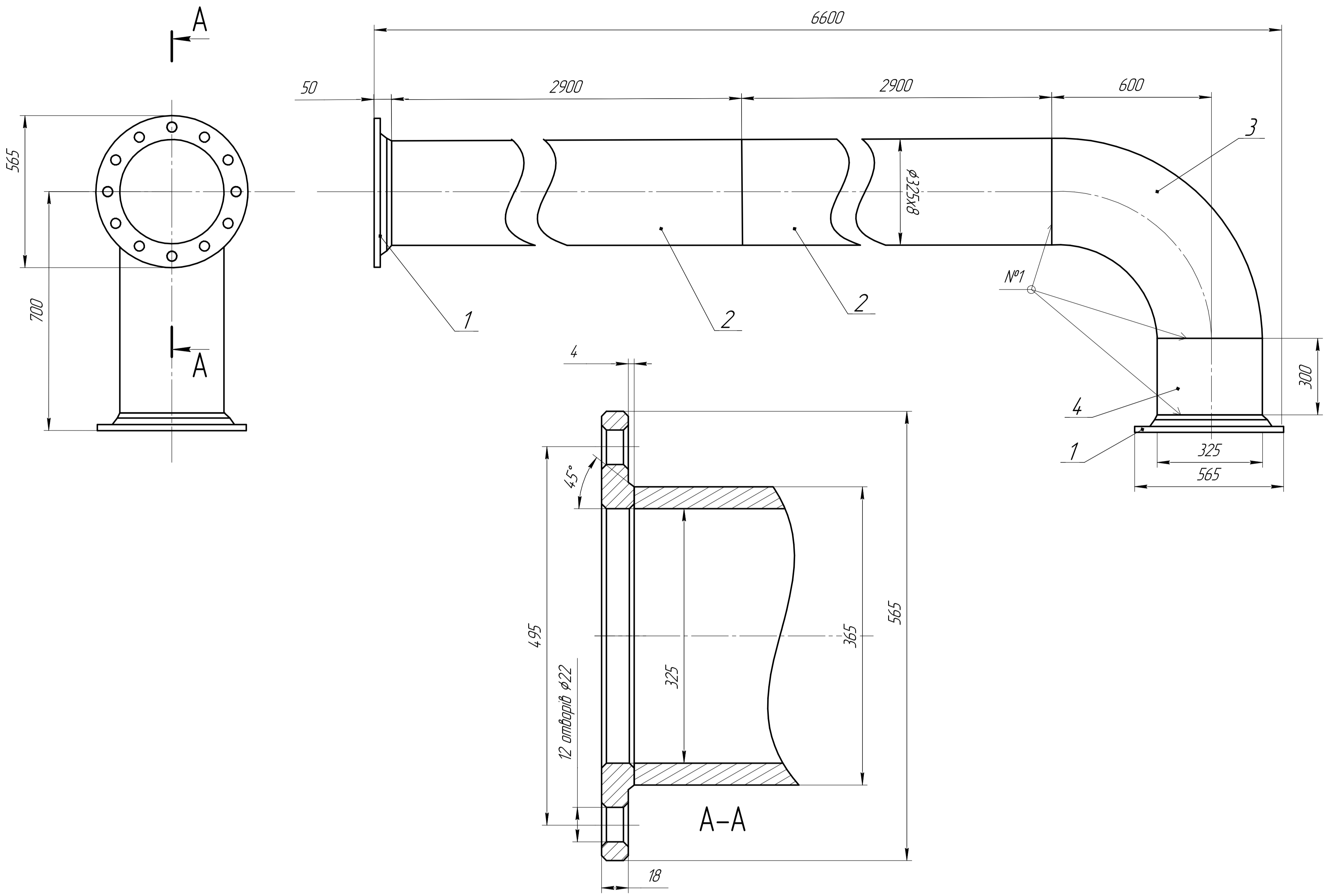
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Panchuk M., Kryshtopa S., Sladkovski A., Panchuk A. Environmental Aspects of the Production and Use of Biofuels in Transport. *Ecology in Transport: Problem and solution, Lectore Notes sn Networks and System 124*. Springer Nature Switzerland AG 2020. P. 115-168.
2. Доброногов В. Г. Застосування корозійностійких, жаростійких, жароміцних сталей і сплавів у хімічному машино- та апаратобудуванні [Текст] : навч. посіб. /В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 264 с. – Бібліогр.: с. 256–260.
3. Panchuk M., Sładkowski A., Panchuk A., Oleksienko S Perspectives of Plastic Pipes use in Shipbuilding and Marine Industry. *Naše More*. 2022.Vol. 69 (1). P. 70–76. **(Web of Science, Scopus, Q3)**.
4. Panchuk M., Matviienkiv O., Shlapak, L., Szkodo M., Kiełczynski W., Panchuk A. Quality increase for single-welded joints of thin-walled structures by means of simulation modelling. *Rev. Metal*. 2019. Vol. 55(4): P.158.
5. Автоматизація зварювальних процесів : конспект лекцій / М. В. Панчук, І. М. Сем'яник. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. - 118 с
6. Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс, 2009. - 345 с.
7. Panchuk M., Sładkowski A., Panchuk A., Oleksienko S (2022) Perspectives of Plastic Pipes use in Shipbuilding and Marine Industry . *Naše More*.Vol. 69. No. 1. pp. 70–76.
8. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с.
9. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч.Посібник. – К.: Арістей, 2005. –268с

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

10. Панчук М.В. Зварювання плавленням : конспект лекцій / М. В. Панчук. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. - 67 с.
11. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання: навч. Посібник/ В.В. Квасницький. – Миколаїв: УДМТУ, 2003
12. Шлапак Л. С., Панчук М. В., Матвієнків О.М., Біщак Р.Т., Сем’яник І. М. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за професійним спрямуванням «Зварювання». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021– 60с.
13. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. для практичних робіт- К.: НТУУ «КПІ ім. Сикорського», 2018. - 181 с.
14. Панчук М.В. Зварювання і монтаж технологічних трубопроводів / М.В. Панчук. Л.С. Шлапак, О.М. Матвієнків // Івано Франківськ: ІФНТУНГ, 2012.- 172с.
15. ДСТУ ISO 4063:2014. Зварювання та споріднені процеси. Перелік і умовні позначення процесів.

					КРБ. ЗТ - 00. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

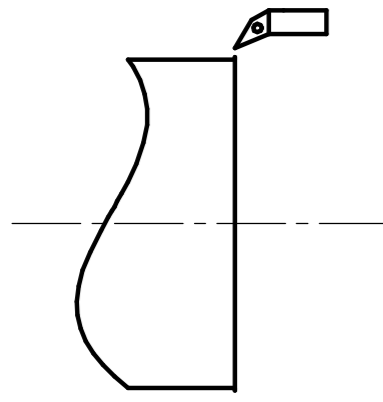


Позиція	Найменування
1	Фланець
2	Труба 2528 мм
3	Коліно
4	Труба 300мм
5	Опора
6	Напрвляюча плита
7	Скоба

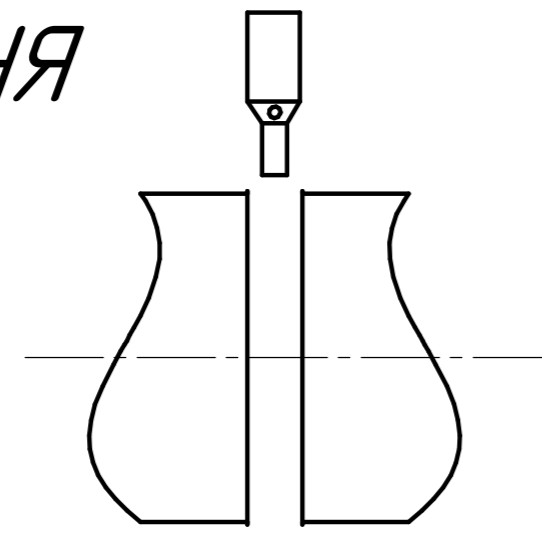
КРБ.3Т-01.00.00.000				Лист	Масштаб
Зм. Вист.	№ док.м.	Підп.	Дата	Н	1:25
Розроб.	Ониський В.				
Перев.	Панчук М.В.				
Т.контр.					
Н.контр.	Матвієнків			Листів	1
Затв.	Андрусак А.			ІФНТЧНГ	
				3Т-21-1	
				Формат А1	

Вузол технологічного трубопроводу

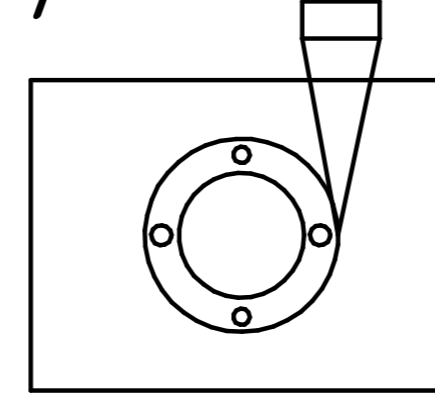
Точіння



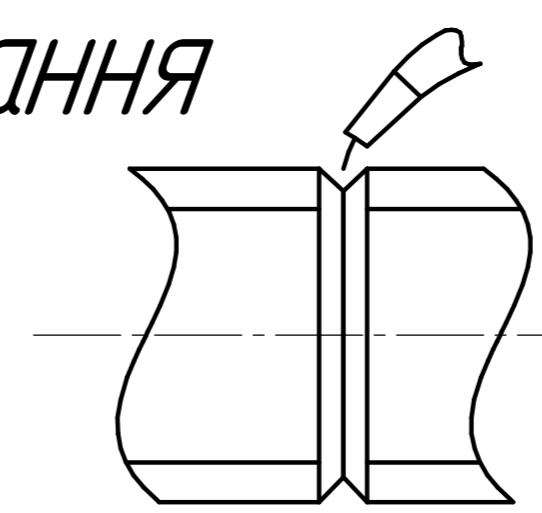
Різання



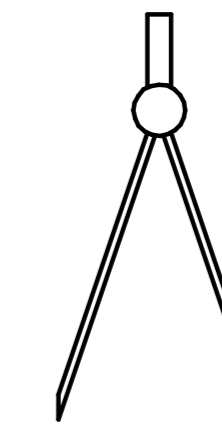
Лазерне різання



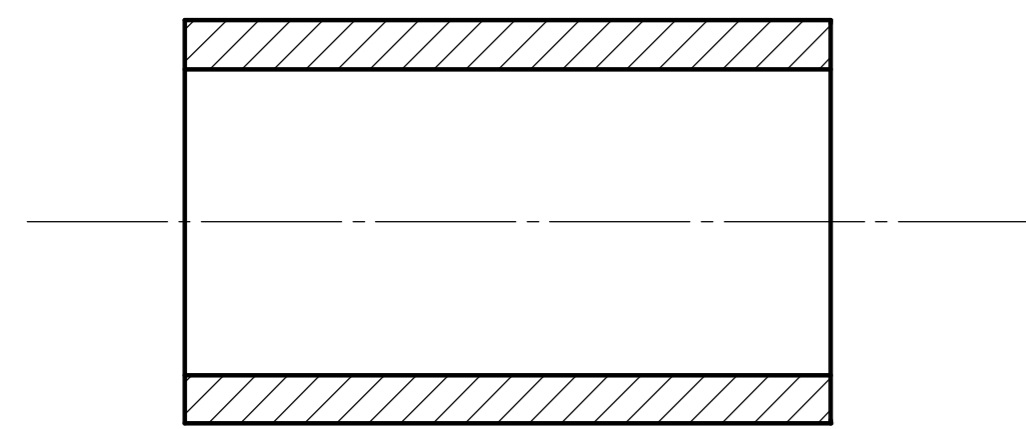
Зварювання



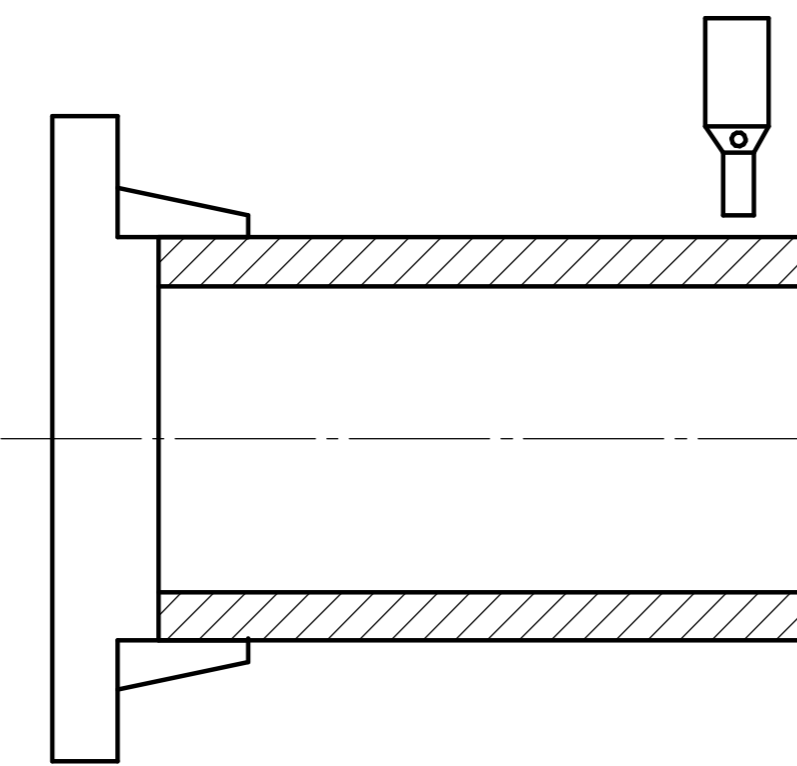
Контроль якості



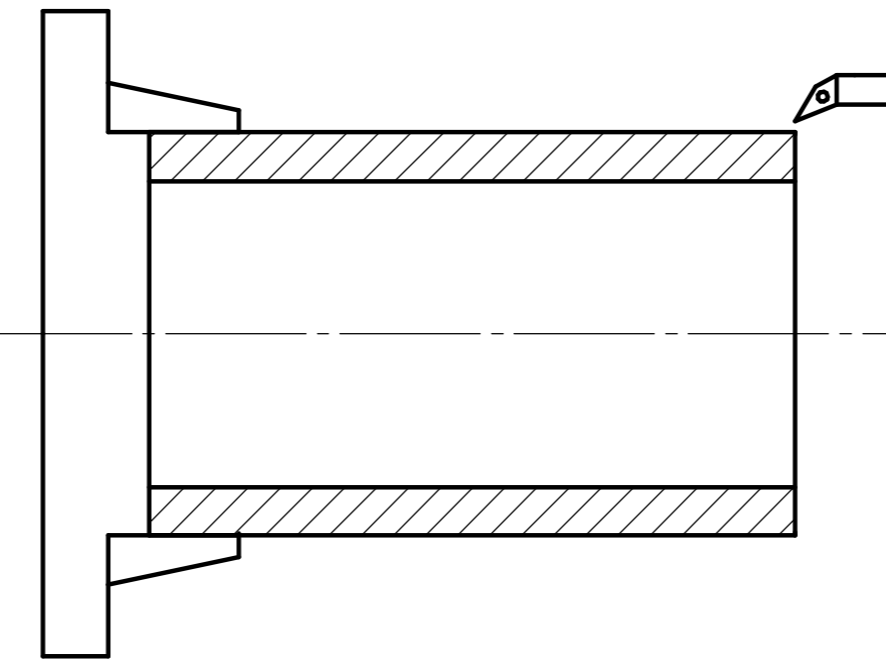
1. Очищення



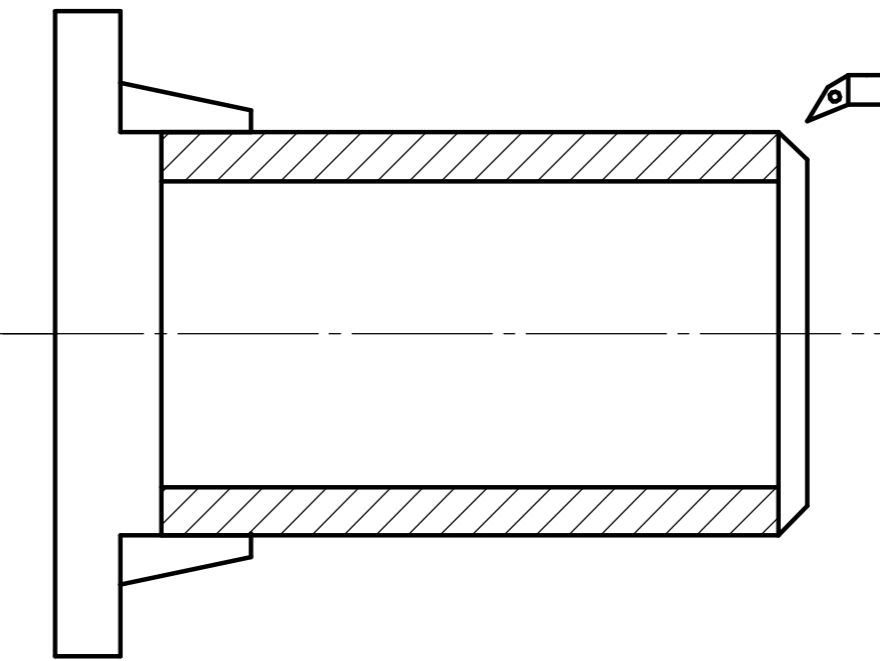
2. Різання труб



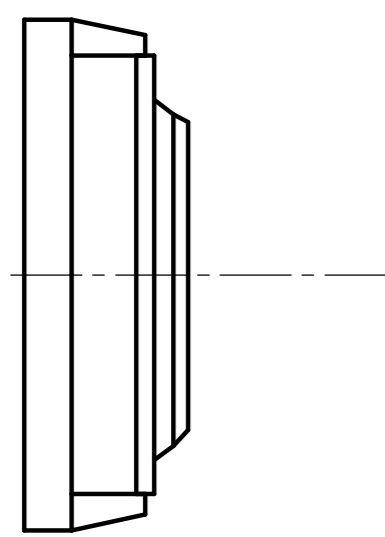
3. Торцювання труб



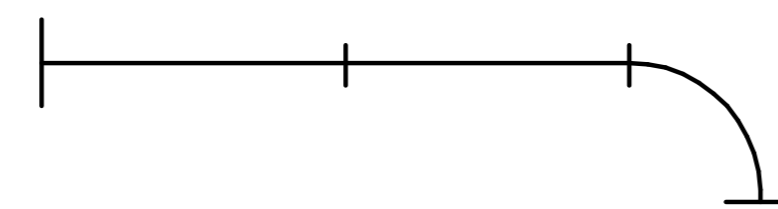
4. Розробка кромки



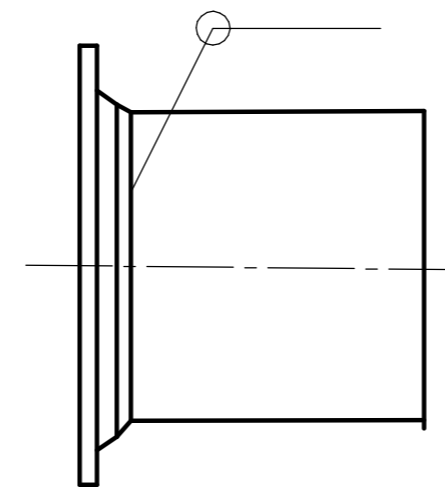
5. Точіння, та фрезерування фланця



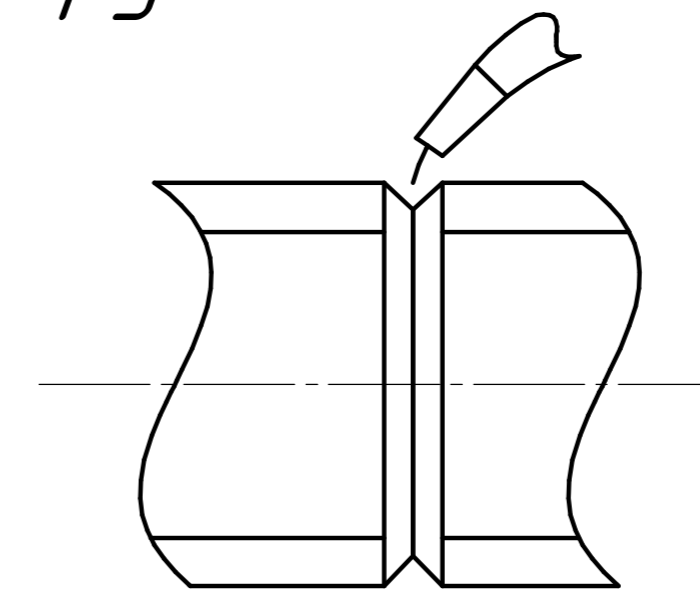
6. Прихоплення труб, колін та фланців



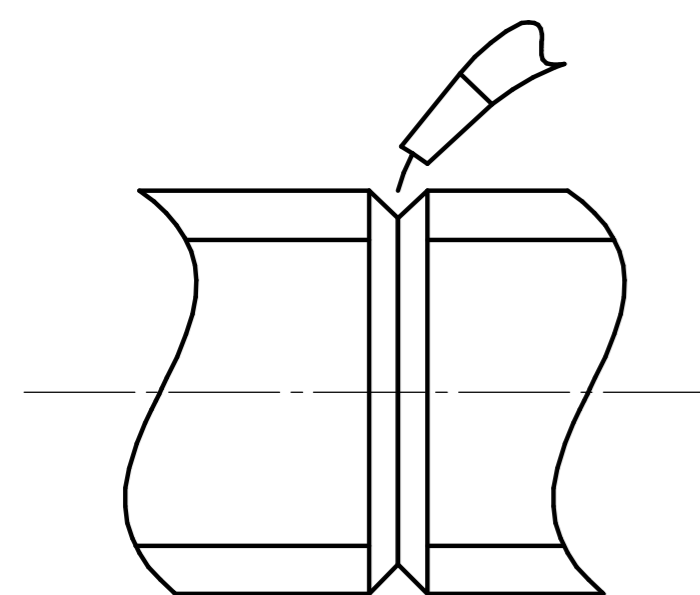
7. Зварювання фланців



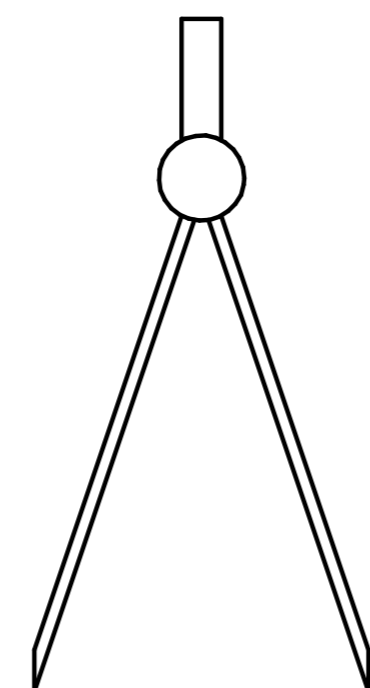
8. Зварювання труб



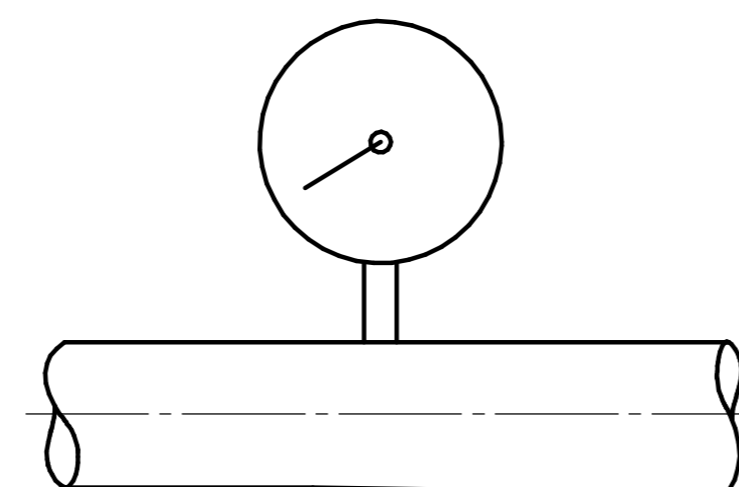
9. Зварювання коліна



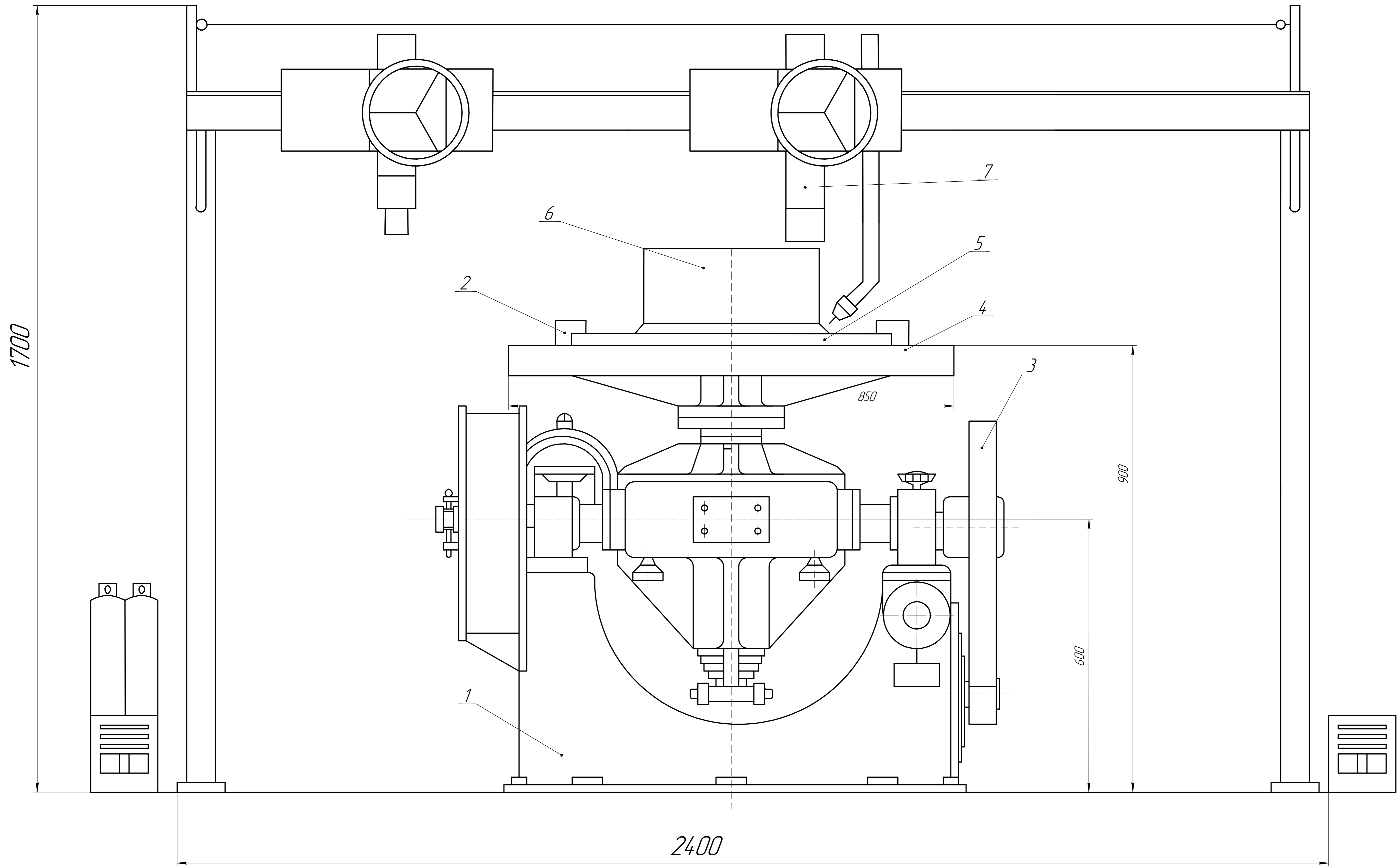
10. Контроль якості



11. Випробовування трубопровода

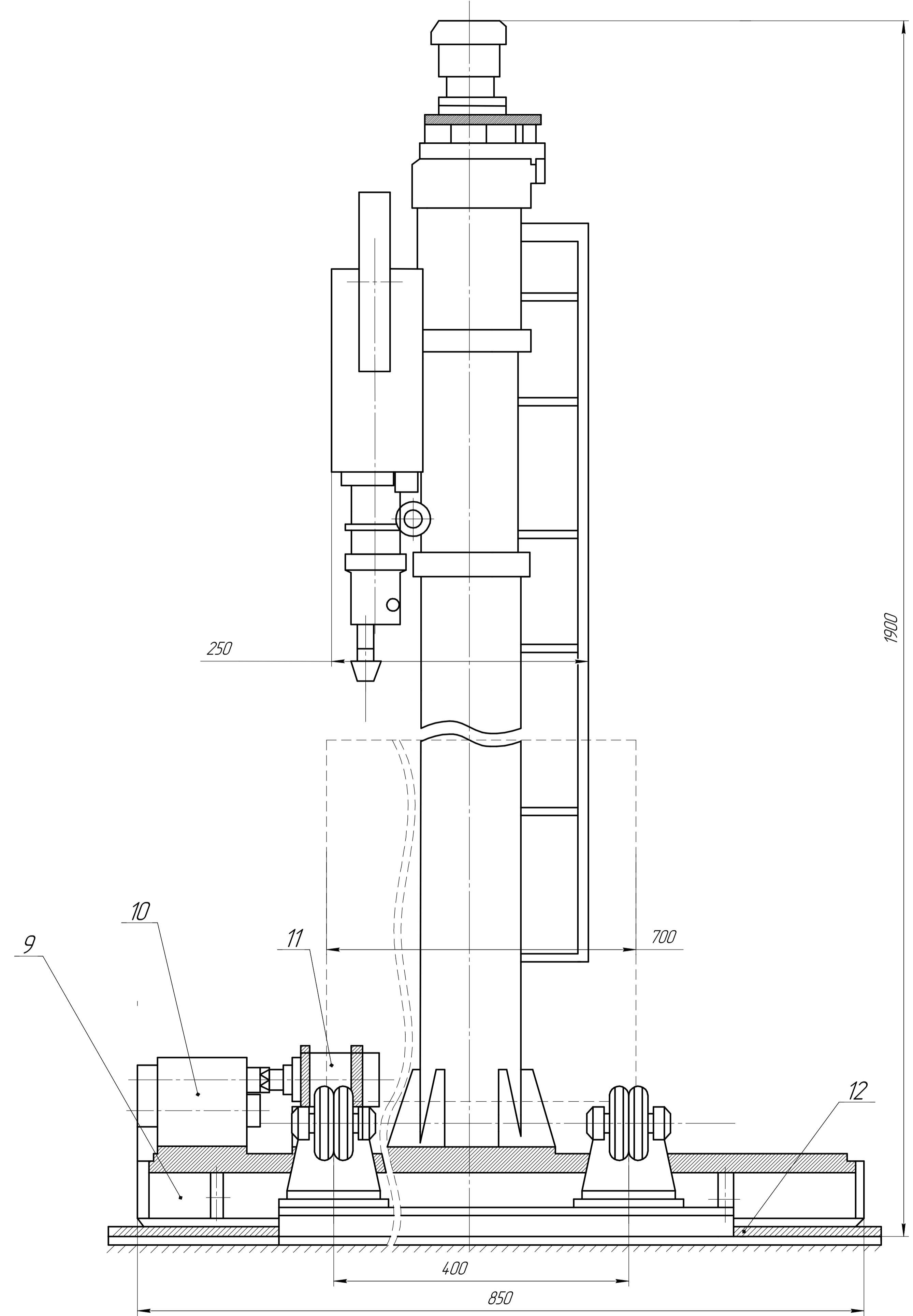
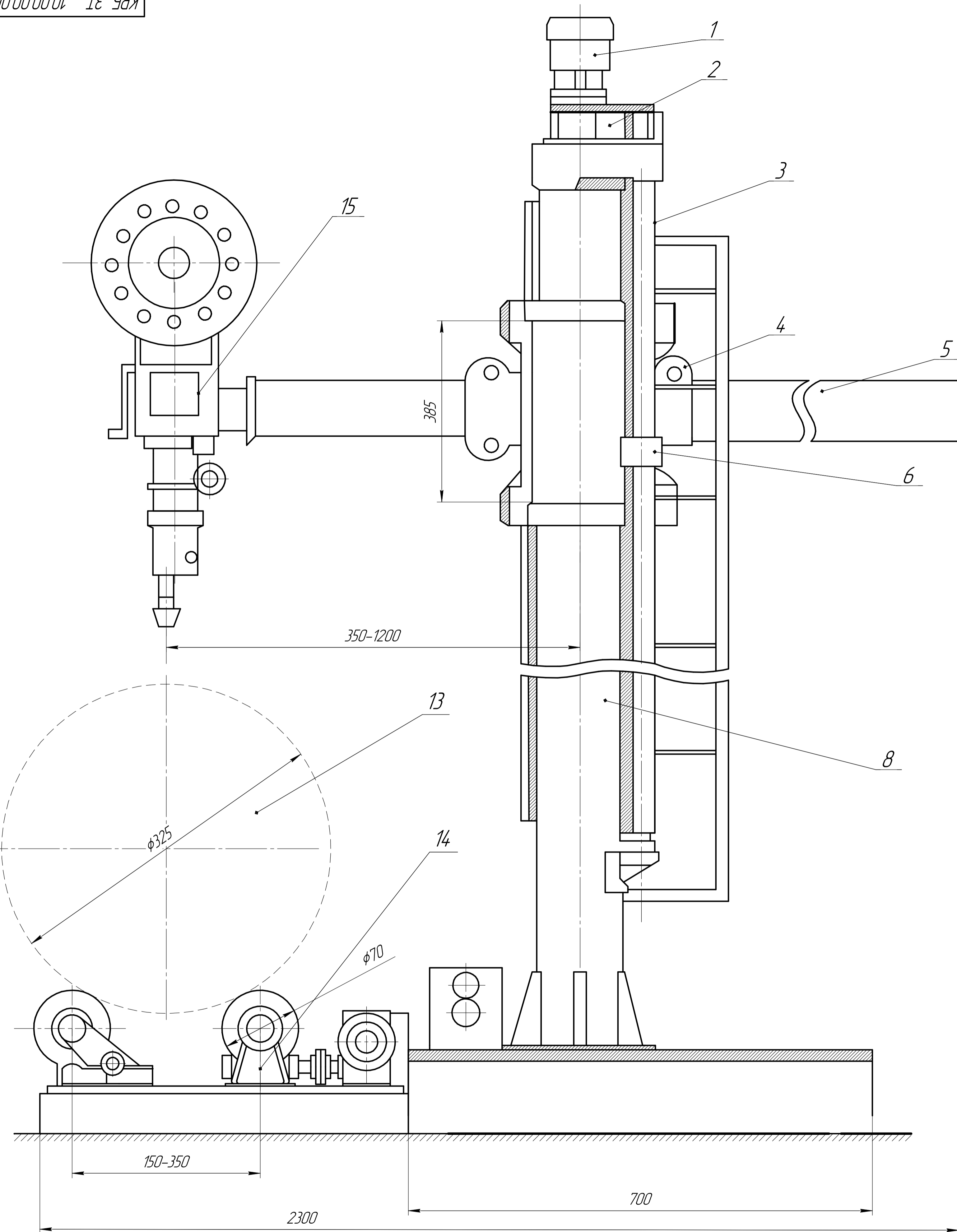


				КРБ.3Т-01.00.00.000		
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Листів
Розраб.	Ониськів В.				1	1
Перев.	Панчук М.В.					
Т.контр.						
Н.контр.	Матвієнків					
Затв.	Андрусіяк А.					
Схема технологічного процесу					Лист	Листів
					1	1
					ІФНТУНГ	
					3Т-21-1	
					Формат А1	



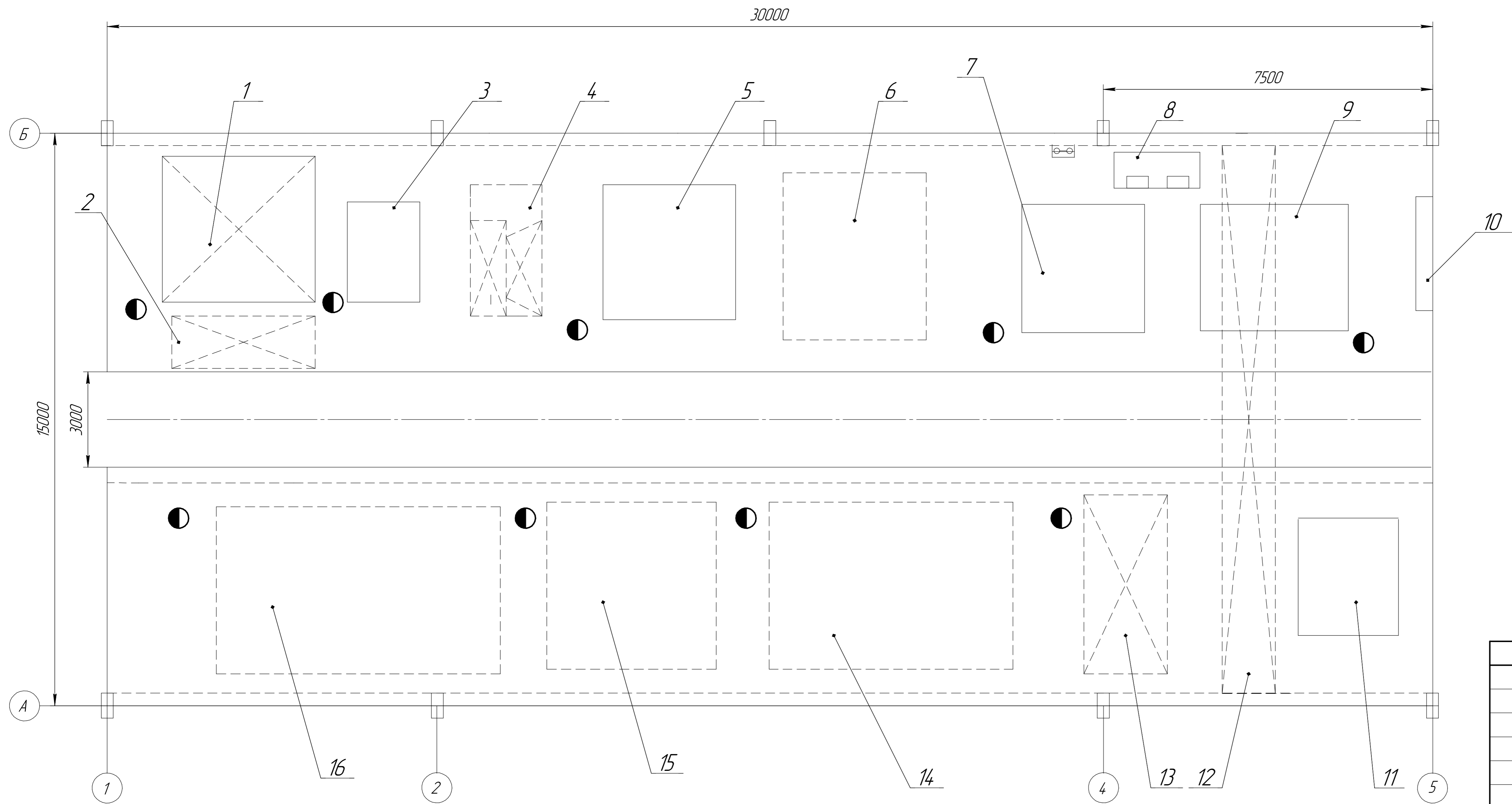
Позиція	Найменування
1	Станина
2	Затискний пристрій
3	Механізм нахилу
4	Планшайба
5	Фланець
6	Труба
7	Установка для зварювання

				КРБ.3Т-01.00.00.000		
Зм	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Листів
Розраб.	Оницький В				Н	125
Перев.	Панчук М.В.				Лист	Листів
Т.контр.						1
Н.контр.	Матвієнко				ІФНТУНГ	
Затв.	Андрусак А				3Т-21-1	
				Приварювання фланця до труби		
				Формат А1		



1-електродвигун; 2-зубчаста передача; 3-гвинт; 4-ролики; 5-консоль; 6-гайка;
 7-каретка; 8-стіяка; 9-платформа; 10-редуктор; 11-електродвигун; 12-катки;
 13-конструкція; 14-роликовий одертач; 15-зварювальний автомат.

				КРБ.3Т-01.00.00.000			
Зм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Установка для зварювання кільцевих швів	Лит	Масса	Масштаб
Розраб.	Ониськів В				Н		1:2,5
Перев.	Панчук М.В.			Лист	Листів	1	
Т.контр.				ІФНТУНГ 3Т-21-1			
Н.контр.	Матвієнків			Формат А1			
Затв.	Андрусиж А						



Позиції	Найменування
1	Склад заготовок
2	Площадка для вхідного контролю якості
3	Склад листового металу
4	Апарат для лазерного різання
5	Токарний верстат
6	Ємність для металевих відходів
7	Термо камера для підгріву труб
8	Зона контролю температур
9	Маніпулятор для стикування фланців
10	Пожежна щитова
11	Кімната майстра
12	Мастовий кран
13	Зона зварювання трубопроводів
14	Зона контролю якості
15	Склад готових трубопроводів
16	Зона відвантаження

				КРБ.3Т-0100.00.000		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб
					Н	1:40
Разраб.	Описьків				Лист	Листів 1
Проб.	Пончик М.В.				ІФНТЧНГ	
Т.контр.					3Т-21-1	
Н.контр.	Матвієнко О.М.					
Утв.	Андрусак А.					

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Ониськів Володимир

Співавтор:

Назва: 2025_Ониськів В.І._ІАБ_КБ_ЗТ-21-1

Науковий керівник: Панчук М.В.

Підрозділ: Каф. ЗВ

Коефіцієнт подібності 1:16.2%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 33

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-21 21:44:58.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата

експерт