

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту циклона
марки 4-БЦШ-500

Виконав (ла): здобувач (ка) освіти IV курсу, групи МО-41
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)	Захарків Н.М. (прізвище та ініціали)
----------	---

Керівник	Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)
----------	---

Нормоконтроль	Ворощук В.Я. (прізвище та ініціали)
---------------	--

Завідувач кафедри	Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)
-------------------	---

Рецензент	(прізвище та ініціали)
-----------	------------------------

Тернопіль
2025

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	к.т.н., доц., Комар Р. В.		
Нормоконтроль	к.т.н., Ворошук В.Я		

7. Дата видачі завдання «27» січня 2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану питання та визначення завдань кваліфікаційної роботи.. Призначення та технологічні особливості використання	27.01.2025	
2	Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.	28.01.2025	
3	Розробка заходів з експлуатації батарейного циклона 4-БЦШ-500.	29.01.2025	
4	Розроблення технологічного процесу монтажу.	30.01/31.01	
5	Організація монтажних робіт. Вибір такелажних пристосувань	3.02	
6	Розроблення технології ремонту. Система і графік ППР.	2.06/3.06	
7	Розроблення техпроцесу механічної обробки деталі.	4.06/6.06	
8	Обґрунтування вибору та розрахунок технологічного оснащення	9.06/10.06	
9	<u>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</u>	17.06	
10	Загальний вигляд циклона	4.02/5.02	
11	Складальне креслення шлюзового затвора	6.02	
12	ППР	7.02	
13	Схема монтажу	11.06	
13	Графічне відображення технологічного процесу виготовлення. «06.005 фланець»..	12.06/13.06	
	Схема збирання-розбирання	16.06	
1			

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту циклона марки 4-БЦШ-500 // Кваліфікаційна робота бакалавра. Захарків Назарій Миронович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет інженерії машин, споруд та технологій. Кафедра обладнання харчових технологій, група МО-41. — ТНТУ, 2025.

Ключові слова: циклон 4-БЦШ-500, ремонт, монтаж, обслуговування, механічна обробка, охорона праці.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 63 сторінок (... рисунків, ... таблиць) та графічної частини 6 креслень формату А1. У кваліфікаційній роботі розроблено заходи з монтажу, обслуговування та ремонту циклону 4-БЦШ-500. Проведено огляд сучасних засобів та методів ремонту, розроблено план ремонту з графіком технічного обслуговування та відповідну технічну документацію. Описано технологічний процес механічної обробки кришки шлюзового затвору та підібрано необхідне обладнання. Також розглянуто заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

Zakharkiv Nazarii Myronovych. Development of Installation, Operation and Repair Measures for Cyclone Model 4-BCSh-500 // Bachelor's Qualification Thesis. Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Food Technologies Equipment Department, Group MO-41. — TNTU, 2025.

Keywords: cyclone 4-BCSh-500, repair, installation, maintenance, machining, occupational safety.

This thesis outlines measures for the installation, maintenance, and repair of cyclone 4-BCSh-500. It includes a review of modern repair tools and methods, a repair plan with a maintenance schedule, and related technical documentation. A machining process for the sluice gate cover was developed, along with the selection of necessary equipment. Safety and occupational health measures are also addressed.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			Annotation			Лім.	Арк.	Архувів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								3	
Реценз.								гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворожук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

Зміст

Завдання	1
Анотація	3
Annotation.....	3
Зміст.....	4
Вступ	6
1. Загально-технічна частина.....	7
1.1 Аналіз вихідної інформації. Будова і принцип роботи циклону 4БЦШ-500.....	7
1.2 Сучасні методи і засоби проведення технологічних процесів монтажних і ремонтних робіт циклонів.....	9
1.3. Мета і задачі кваліфікаційної роботи.	11
2. Технологічна частина	12
2.1. Особливості експлуатації циклону 4БЦШ-500	12
2.2. Розробка технологічного процесу монтажу циклону 4БЦШ-500	13
2.2.1. Організація монтажних робіт циклону 4БЦШ-500.....	13
2.2.2. Підготовка до монтажу, приймання і зберігання батарейного циклону 4БЦШ-500.....	13
2.2.3. Основні монтажні роботи. Вибір основних такелажних пристосувань.	16
2.2.4. Технологія планової та просторової розмітки для циклону	17
2.2.5. Технологічні методи і засоби вивірки батарейного циклону 4БЦШ-500.....	20
2.3. Розроблення технології ремонту і випробування циклону 4БЦШ-500.....	21

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Захарків Н.М.			Зміст	Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Вітенько Т.М.						4	
Реценз.						гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворощук В.Я.							
Затверд.		Вітенько Т.М.							

2.3.1 Основні технічні умови на ремонт циклону 4БЦШ-500	21
2.3.2. Організація ремонту циклону. Система і графік планово – попереджувального ремонту	25
2.3.3. Розроблення технології розбирання вузла циклону 4БЦШ- 500	28
2.3.4. Розроблення технологічного процесу механічної обробки кришки	30
2.3.5. Основи пусконаладжувальних робіт і комплексного випробування батарейного циклону 4БЦШ-500	48
3. Засоби монтажу та їх розрахунок.....	51
3.1 Вибір і статичний розрахунок фундаменту під циклон 4БЦШ- 500.	51
3.2 Розрахунок основних параметрів такелажних пристосувань.	54
3.3 Розрахунок параметрів технічних засобів для допоміжних операцій	55
3.4. Розрахунок гідравлічного домкрата для вивірки батарейного циклону 4 БЦШ-500	55
3.5. Вибір інструментів та пристосувань.....	57
4. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.....	58
5. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	59
Висновки	61
Перелік посилань	62

Вступ

Ефективність функціонування машин та обладнання визначається не лише їхньою конструкцією, але й рівнем технічного обслуговування та надійністю. У процесі експлуатації деталі зношуються, порушується регулювання вузлів, що призводить до поступової втрати працездатності обладнання. Це, у свою чергу, спричиняє збої в роботі або повні відмови, які потребують оперативного та якісного ремонту. Надійність обладнання — один із ключових факторів його ефективного використання. Вона охоплює показники безвідмовності, довговічності та ремонтпридатності, що разом визначають загальну експлуатаційну придатність техніки. Для підтримання обладнання в працездатному стані широко застосовується система планово-попереджувального ремонту (ППР), яка є комплексом організаційно-технічних заходів, спрямованих на своєчасне технічне обслуговування та попередження поломок.

Важливо враховувати новітні досягнення науки й техніки, використовувати сучасні методи організації праці, впроваджувати автоматизовані системи планування та контролю. Ефективність також підвищується завдяки застосуванню потокових методів організації монтажу, що забезпечує рівномірне завантаження персоналу і зростання продуктивності праці. Формування комплексних монтажних бригад, здатних самостійно виконувати повний обсяг монтажних і ремонтних робіт, дозволяє досягти гнучкості в управлінні процесами та забезпечити високу якість виконання завдань. Для складних об'єктів проекти організації монтажних робіт розробляються спеціалізованими проектно-конструкторськими організаціями, тоді як для об'єктів простішої конструкції ці функції можуть виконуватись силами проектних груп самого підприємства.

					<i>КРБ 050.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Захарків Н.М.</i>			<i>Вступ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ворощук В.Я.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>б</i>	
					<i>гр. МО-41</i>		

1. Загально-технічна частина

1.1 Аналіз вихідної інформації. Будова і принцип роботи циклону 4БЦШ-500

Циклон 4БЦШ (рисунок 1.1.) — це апарат для очищення повітря від пилу. Його зазвичай виготовляють із чорного металу, але можливе використання інших матеріалів залежно від умов експлуатації. Шви корпусу герметизуються зварюванням, патрубки оснащені фланцями для зручного під'єднання, поверхня покривається антикорозійною ґрунтовкою.

Технічна характеристика циклону 4БЦШ-500

Продуктивність (повітря) 6700-8350 м³/год

Габаритні розміри:

Діаметр 500 мм

Довжина 1086

Ширина 789

Висота 4350 мм

Маса 450 кг

Кількість рядів 2

Кількість елементів в ряді 2

Ефективність очистки газу 88%

Гідравлічний опір 441 Па

Швидкість газу в батарейному циклоні 3,998

Апарат може мати праве або ліве обертання повітряного потоку. Монтується окремо або в складі батарейних установок, які забезпечують вищу ефективність очищення та рівномірний розподіл навантаження. Зазвичай бункер (місце, де збираються виловлені частки пилу) має конічну форму, і поставляється він з шлюзовим затвором і станиною окремо.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			1. Загально-технічна частина	Літ.		Арк.	Аркушів		
Перевір.		Вітенько Т.М.						7			
Реценз.						гр. МО-41					
Н. Контр.		Ворощук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

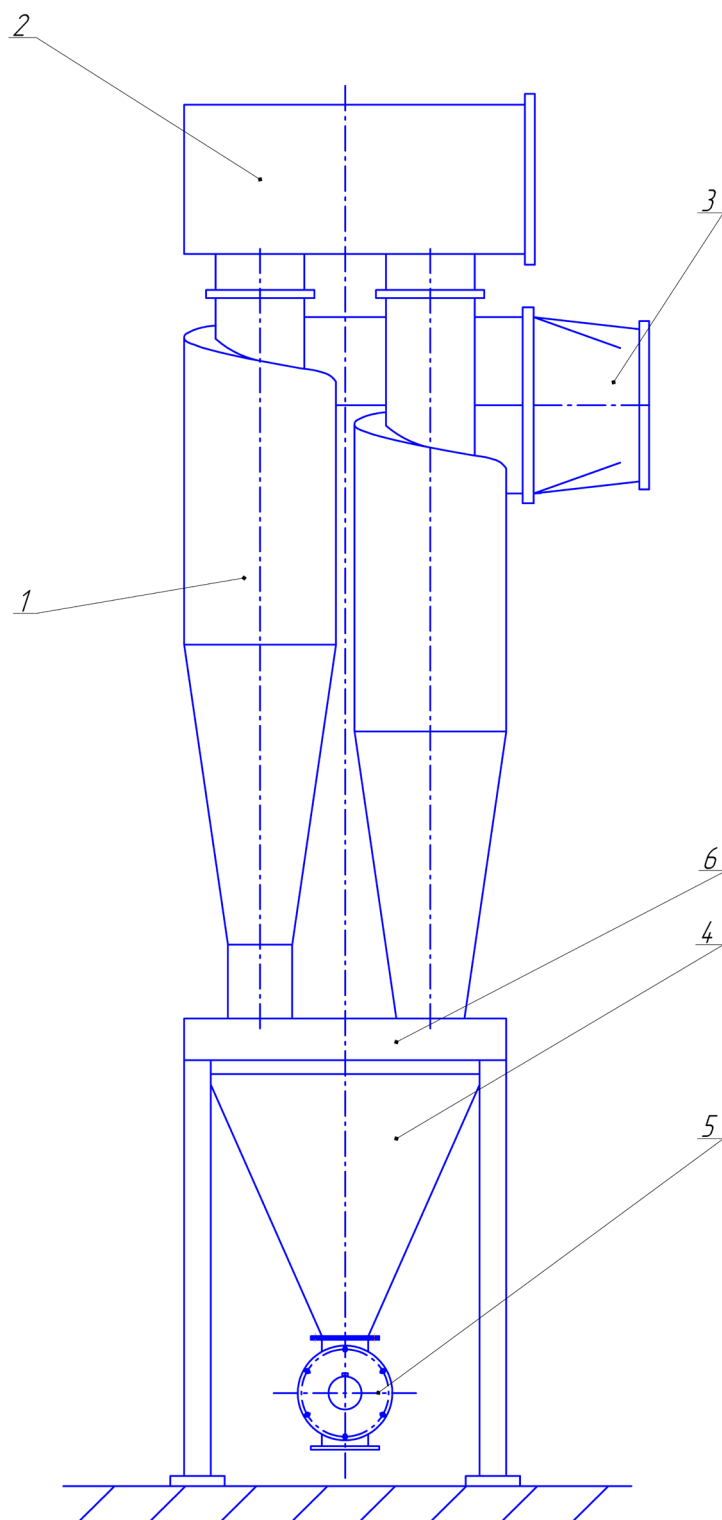


Рисунок 1.1 - Батарейний циклон 4БЦШ-500:

1 – циклон; 2 – вихідний канал; 3 – вхідний канал; 4 – загальний бункер; 5 – шлюзовий затвор; 6 – опорна рама.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 050.00.00.000 ПЗ

Арк.

8

Камера устаткування, призначена для очищеного повітря, виконана у вигляді колектора, що має форму призми. Вихід чистого повітря з неї може здійснювати або вгору, або убік.

Основними факторами, які впливають на ефективність очищення, є швидкість газового потоку, розмір і щільність частинок пилу, конструкція циклону, температура та вологість газу. Циклони можуть використовувати для попереднього очищення газів, їх встановлюють як перед тканинними фільтрами чи електрофільтрами, так і самостійно. Циклони можуть застосовуватися для очищення газів від декількох сотень до сотень тисяч кубометрів на годину.

Забруднене зваженим середньодисперсним пилом повітря поступає в циклони, заходячи через вхідний патрубок. Середня швидкість вступу повітря в пиловловлювач складає 16-18 м/с. Усередині устаткування повітря починає обертатися і гвинтоподібно рухатися. При цьому під дією відцентрової сили відбувається притискання пилових часток до внутрішніх стінок циклонів. На стінках частки пилу втрачають швидкість, внаслідок чого вони скачуються по поверхні вниз, збираючись в спеціально призначеному для цього конусі - бункері. Зібрані частки пилу за допомогою шлюзових затворів виводяться в пилепровід. Одночасно з цим відбувається вихід очищеного повітря через вихлопні труби і збірну коробку. Вихід очищеного повітря може бути з бічного боку або у верхній частині циклону.

1.2 Сучасні методи і засоби проведення технологічних процесів монтажних і ремонтних робіт циклонів

Монтаж та ремонт циклонів, зокрема типу 4-БЦШ-500, здійснюються з урахуванням їх конструктивних особливостей, експлуатаційних умов та виробничого середовища. Для ефективної організації цих процесів застосовуються різні методи ремонту — індивідуальний, вузловий, послідовно-вузловий та агрегатний.

У промислових умовах найчастіше застосовуються вузловий і послідовно-вузловий методи, які забезпечують скорочення часу простою циклону за рахунок

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заміни пошкоджених або зношених вузлів на відновлені або нові. Вузловий метод є особливо ефективним при обслуговуванні батарейних циклонів, які складаються з ряду однотипних секцій. У разі потреби в глибокому відновленні окремих вузлів, наприклад, пилозбірної камери або вихлопного патрубку, перевагу надають послідовно-вузловому методу, що передбачає поетапний ремонт кожного з конструктивно відокремлених елементів. На підприємствах, що мають розвинену ремонтну інфраструктуру, застосовується також агрегатний метод, при якому демонтаж вузлів виконується для подальшого ремонту на спеціалізованих постах із наступною заміною агрегатів безпосередньо на об'єкті.

Типовими дефектами циклонів під час експлуатації є абразивне зношування внутрішніх поверхонь корпусу, особливо в зоні введення потоку та нижній частині конуса, утворення ерозійних раковин, тріщин у місцях зварних швів, а також деформації патрубків і фланців. Враховуючи, що в апаратах типу 4-БЦШ-500 повітряно-пилова суміш рухається з високою швидкістю, найбільше навантаження припадає на внутрішню циліндричну частину та ділянку конічного переходу, де найчастіше виникають локальні пошкодження.

Ремонтні роботи в зоні зношення зазвичай передбачають наплавлення або футерування. Для підвищення стійкості до зношування застосовують зносостійке футерування керамічними плитами, гумою або полімерними матеріалами. У випадках утворення наскрізної корозії або глибоких тріщин окремі ділянки корпусу циклону або конуса замінюються новими фрагментами з попереднім зняттям зварних швів до «живого» металу. Повна заміна окремих вузлів здійснюється з обов'язковим контролем герметичності фланцевих і стикових з'єднань, оскільки навіть незначне підсмоктування повітря може суттєво знизити ефективність сепарації.

Особливої уваги потребує якісне складання циклону після ремонту. Надійне позиціювання вихлопної труби, симетричне розташування патрубків, ретельне ущільнення стиків і дотримання монтажних допусків мають вирішальне значення для збереження аеродинамічних параметрів апарата. Завершальним етапом виступає перевірка герметичності, а також

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пусконалагоджувальні роботи, у процесі яких контролюється стабільність потоку, відсутність вібрацій і ефективність пиловловлювання.

1.3. Мета і задачі кваліфікаційної роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технології монтажу, технічного обслуговування і ремонту, батарейного циклону 4БЦШ-500. Основними завданнями роботи є:

- аналіз відомих способів ремонту найбільш відповідальних вузлів;
- розробка структури ремонтного циклу і системи планово-попереджувального ремонту (ППР) на ремонт батарейного циклону 4БЦШ-500;
- розробка заходів з організації ремонту і технічного обслуговування;
- розробка структури і організація ремонтно-обслуговуючої бази;
- розробка загальної інструкції по ремонту батарейного циклону 4БЦШ-500;
- визначення технічних умов ремонту обладнання та розробка його технології;
- розроблення технологічного процесу монтажу батарейного циклону 4БЦШ-500, заходів з організації монтажних робіт, основних монтажних робіт;
- розрахунок засобів вивірки і центрування батарейного циклону 4БЦШ-500; особливості експлуатації машини.
- вирішення питань охорони праці при проведенні ремонтних робіт.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна частина

2.1. Особливості експлуатації циклону 4БЦШ-500

Циклон 4БТШ-500 - це апарат відцентрового типу, призначений для очищення газоповітряних сумішей від твердих частинок. Відноситься до серії уніфікованих циклонів, які широко застосовують у промисловості. Зазвичай використовується як самостійний пристрій для видалення грубих частинок; як попередній ступінь очищення перед тоншими фільтрами (наприклад, рукавними або електрофільтрами).

Робота циклону заснована на принципі відцентрової сили. Запилене газове середовище надходить в циліндричний корпус по дотичній, створюючи закручений потік. Завдяки відцентровій дії, тверді частинки відкидаються до стінок циклону і потрапляють у збірний бункер, а очищене газове середовище рухається вгору через центральний вихідний патрубок. Цей тип циклонів ефективний для уловлювання частинок розміром більше 10 мікрометрів, пропонує помірну ефективність для частинок в діапазоні 5-10 мікрометрів, але менш ефективний для ультрадисперсного пилю. Простота обслуговування

Циклон 4БТШ-500 не має рухомих частин, тому не потребує складного технічного обслуговування. Основна вимога – регулярна перевірка та очищення пилозбірного бункера від накопичених твердих частинок. Завдяки міцній конструкції та можливості виготовлення з жаростійких матеріалів, циклони цієї серії можуть працювати при температурах до 250°C і навіть вище (за спеціального виконання). Це дозволяє використовувати їх у різних промислових умовах, включаючи високотемпературні гази. Для забезпечення максимальної ефективності циклону важливо підтримувати рекомендовану швидкість потоку газу та не перевищувати допустиму концентрацію пилю на вході.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			2. Технологічна частина			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								12	
Реценз.								гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворощук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

Надмірна кількість дрібнодисперсного пилу може знизити ефективність очищення. Встановлення циклону повинно виконуватися вертикально, щоб забезпечити правильну роботу відцентрового потоку та самопливне видалення пилу в бункер. Необхідно забезпечити герметичність усіх з'єднань, щоб уникнути підсмоктування повітря та зниження ефективності. Важливо передбачити зручний доступ до пилозбірного бункера для його очищення.

2.2. Розробка технологічного процесу монтажу циклону 4БЦШ-500

2.2.1. Організація монтажних робіт циклону 4БЦШ-500

Монтаж циклону 4БЦШ-500 є важливим етапом введення обладнання в експлуатацію. Монтажні роботи виконуються відповідно до технічної документації, чинних нормативних актів і правил техніки безпеки.

Для монтажу циклону 4БЦШ-500 необхідна повна проєктно-кошторисна документація, яка включає робочі креслення (генеральний план, плани поверхів, монтажні схеми з габаритами, прив'язками патрубків і трубопроводів); схеми трубопроводів з аксонометрією, специфікації труб і арматури; технічну документацію на обладнання; проєкт виробництва монтажних робіт; виконавчу документацію (акти, журнали).

Монтаж циклону 4БЦШ-500 здійснюється з використанням монтажних петель, передбачених конструкцією, для надійного кріплення на рамі. Циклон встановлюють вертикально із забезпеченням герметичності з'єднань. Забезпечують зручний доступ до пилозбірного бункера для його очищення. Після циклону рекомендується встановлення пилового вентилятора для підтримки необхідного повітряного потоку.

2.2.2. Підготовка до монтажу, приймання і зберігання батарейного циклону 4БЦШ-500.

Успішне виконання монтажу батарейного циклону 4БЦШ-500 значною мірою залежить від своєчасної підготовки та правильної організації робіт, що забезпечує високу продуктивність, скорочення строків і якість монтажу. Перед

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

початком робіт необхідно детально ознайомитися з усією проектною та технічною документацією що включає монтажний проєкт, кошториси, технічні паспорти обладнання, робочі та установочні креслення, а також специфікації. Усі документи слід перевірити на повноту та відповідність.

Організаційно-технічна підготовка до монтажу циклону 4-БЦШ-500 є ключовим етапом, що безпосередньо впливає на якість, тривалість та безпеку виконання монтажних робіт. До початку монтажу необхідно забезпечити відповідну інфраструктуру та підготувати об'єкт згідно з вимогами проєкту. Першочергово облаштовується монтажний майданчик — визначається місце встановлення циклону, організовується зручний доступ для вантажопідйомного транспорту, зокрема автокранів або стріли баштового крана, залежно від габаритів і маси апарата. Обов'язковим є облаштування відкритих майданчиків для тимчасового зберігання окремих вузлів циклону, таких як циліндричний корпус, конус, пилозбірний бункер, патрубки тощо.

Особливу увагу приділяють організації під'їзних шляхів для доставки крупногабаритних частин циклону, металоконструкцій опорного каркасу та допоміжного обладнання. Забезпечується наявність зовнішніх інженерних мереж для підведення електроенергії, технічної води, стисненого повітря, що використовуються для електромонтажних, зварювальних та перевірочних робіт.

Монтажний проєкт передбачає також тимчасове спорудження побутових та виробничих приміщень для розміщення персоналу, інструментів, захисного одягу та засобів механізації. У випадку, коли необхідне доукомплектування або незначне доопрацювання вузлів (наприклад, обварювання фланців, дофутерування внутрішніх поверхонь тощо), організовуються тимчасові майстерні або пости технічного обслуговування.

Після доставки і розміщення обладнання здійснюється його приймання із перевіркою комплектності відповідно до паспортної документації. Проводиться розпакування, зовнішній огляд та візуально-вимірювальний контроль основних елементів циклону. У разі, якщо обладнання зберігалось понад рік або має ознаки корозії, виконується часткова ревізія — очищення, промивання, а за потреби — ремонт дефектних елементів.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремі вузли циклону (наприклад, пиловловлювальна частина, вхідний та вихідний патрубки, бункер) можуть комплектуватися безпосередньо на майданчику перед підйомом на проєктну відмітку. До початку основного монтажу виконуються розмічальні роботи, перевіряється точність закладних елементів фундаменту та анкерних болтів. За результатами перевірки приймаються будівельні конструкції, на які встановлюється циклон.

Перед підключенням до технологічної схеми виконується пробне складання або холостий запуск окремих механізмів, якщо вони входять до комплектації апарата (наприклад, шлюзового затвора, шнека або дросельного клапана, якщо вони передбачені проєктом). Усі монтажні операції проводяться з дотриманням допусків, передбачених технічною документацією, з подальшою перевіркою герметичності фланцевих з'єднань і стиків.

Приймання циклону 4БЦШ-500 перед монтажем здійснює комісія замовника за участю представників підрядної організації. Перевіряють відповідність обладнання проєктній документації, наявність заводських документів, що підтверджують контрольне збирання, обкатку і випробування згідно з технічними умовами та стандартами. Особливу увагу приділяють комплектності за заводськими специфікаціями, наявності інструментів і пристосувань, цілісності обладнання, відсутності пошкоджень, збереженню заводського фарбування, консервуючих покриттів і пломб. Перевіряють також повний комплект технічної документації, необхідної для монтажу. У разі виявлення дефектів або некомплектності складають акт за типовою формою, після чого замовник подає рекламачії або претензії постачальнику чи заводу-виробнику. До монтажу циклон 4БЦШ-500 зберігається на спеціально обладнаному складі, що відповідає вимогам пожежної безпеки. Обладнання розміщується на дерев'яних підкладках або стелажах із урахуванням черговості передавання в монтаж. Кожна одиниця маркується биркою з найменуванням і короткою характеристикою. Під час зберігання забезпечується очищення від бруду, періодичне протирання та контроль стану антикорозійного покриття. Металеві поверхні захищаються спеціальними змазками від корозії. Передавання обладнання зі складу на монтаж оформлюється актом встановленої форми.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3. Основні монтажні роботи. Вибір основних такелажних пристосіблень.

Батарейний циклон 4БЦШ-500 доставляється автомашиною у розібраному вигляді. Його вивантажують на складі, після чого переміщують окремі секції і встановлюють на відмітку монтажу (фундамент). Монтаж батарейного циклону 4БЦШ-500 проводять у відповідності до креслень у наступному порядку:

1) розмічають місце установки батарейного циклону 4БЦШ-50;
2) встановлюють машину по секціях на фундамент, і проводять вивірку її положення;

4) приєднують до машини трубопроводи і контрольно-вимірні пристрої;

5) випробовують машину на холостому ході і під навантаженням.

Для піднімання та переміщення циклону 4-БЦШ-500 застосовують електроталі, електролебідки та електронавантажувачі. Підйом здійснюється плавно, безперервно та рівномірно. Щоб запобігти розгойдуванню й обертанню, до корпусу кріплять розтяжки з тросів або канатів, які утримують вручну або лебідкою. Розстроповування виконують лише після остаточного встановлення і надійного закріплення апарата. При використанні домкратів для підйому батарейного циклону важливо встановлювати їх під міцні частини корпусу на надійній основі. Для запобігання зісковзуванню підосви домкрата підкладають дерев'яні або металеві прокладки. Підйом здійснюють щонайменше чотирма домкратами одночасно, із синхронним керуванням. Для підтримки циклону споруджують дерев'яну опорну конструкцію («клітку»), яку нарощують у міру підйому і використовують як тимчасову опору та захист у разі відмови одного з домкратів. До початку робіт перевіряють справність обладнання і стійкість опор, а під час підйому контролюють рівномірність руху та відсутність перекосів. Перебування працівників під вантажем заборонено. Після встановлення циклону у проєктне положення його фіксують і лише тоді знімають домкрати.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.4. Технологія планової та просторової розмітки для циклону

Розмітка для встановлення циклону 4БЦШ-500 є відповідальним етапом, що забезпечує правильне просторове розміщення обладнання відповідно до проєктної документації та гарантує його подальшу стабільну експлуатацію. Вона полягає в нанесенні головних монтажних осей апарата на перекриття і стіни споруди з точним дотриманням прив'язок до осей будівлі. Циклон, як правило, має круглу симетричну основу, тому надзвичайно важливим є точне визначення його геометричного центру, що збігається з перетином головної та поперечної монтажних осей. Розмітку починають з визначення головної монтажної осі, яка проводиться на підлозі приміщення або на монтажному майданчику паралельно осям будівельних конструкцій (колон або стін) згідно з відстанями, зазначеними у проєкті. За допомогою відвісу ця вісь переноситься на вертикальні поверхні, а горизонтальність і співвісність фіксуються гідростатичним рівнем. Таким чином забезпечується точне просторове положення основи циклону у плані.

Для фіксації осей та центру встановлення циклону використовуються сталевий дріт діаметром 0,25–0,5 мм, який натягують між зафіксованими скобами в стінах. На скобах, у точках перетину з дротом, напилком виконуються мітки. Після завершення монтажу скоби не демонтують, що дозволяє використовувати їх при подальших ремонтних або демонтажних роботах. Розмітка прив'язок патрубків циклону (вхідного, вихідного та пилосбірного) виконується окремо згідно з установочними кресленнями. Для цього визначаються точні координати центрів фланців або з'єднувальних труб, що дає змогу забезпечити правильне підключення трубопроводів та герметичність з'єднань.

Вертикальне положення циклону визначається за допомогою відмітки, що вказує проєктну висоту встановлення нижньої частини корпусу або його опорного фланця. Для контролю висотних позначок використовуються шаблони, гідростатичний рівень або лазерні нівеліри. Серед інструментів, що застосовуються під час розмітки циклону, використовують сталеві лінійки з поділками, рулетки, складні метри, сталеві та дерев'яні кутники, відвіси з

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тонким міцним шнуром, монтажні шаблони, гідростатичні і монтажні рівні, а також універсальні пристрої для розмітки монтажних ліній. За необхідності виготовляються дерев'яні шаблони для точного відтворення контурів опорних елементів циклону.

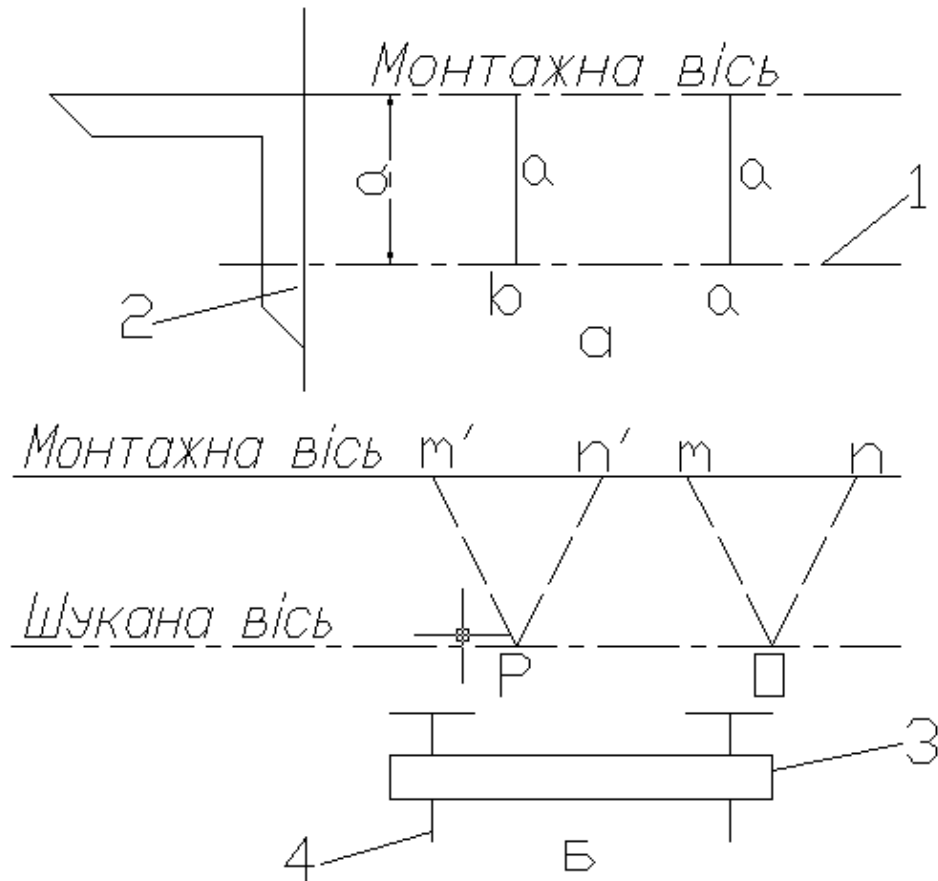


Рисунок 2.1. - Розмітка осей паралельно монтажній осі (а і б):

1- середня лінія обланання; 2- кутник; 3- дерев'яний циркуль; 4- дротяний цвях.

Точна планова й просторово-геометрична розмітка циклону 4БЦШ-500 є передумовою безпечного і довговічного функціонування обладнання. Вона забезпечує правильне розміщення апарата відносно фундаменту, технологічних комунікацій і суміжного обладнання, сприяючи зменшенню навантажень, викликаних перекосами або монтажними неточностями. Стальний дріт, який фіксує положення монтажних осей, слід підвішувати вище габаритів обладнання, що встановлюється, щоб він не заважав проведенню монтажних робіт.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтажні осі обладнання розмічають паралельно повздовжній головній монтажній осі на відстані, вказаній в проекті. Розбивання цих осей проводять так: монтажним кутником 2 (рисунок 2.1, а) проводять три лінії, перпендикулярні головній осі 1, на цих лініях відкладають рівні відрізки, вказані на кресленні які з'єднують точки в і с.

Прив'язку осей обладнання здійснюють до двох стін. Окрім розмітки осей обладнання необхідно проводити розмітку отворів для болтів, які кріплять обладнання та його деталі, а також розмітку отворів для проходження окремих їх частин, безпосередньо зв'язаних між собою. Для цього застосовують спеціальні шаблони, що значно пришвидшує розмітку і особливо в тих випадках, коли необхідно розмічати декілька механізмів одних і тих же типів і розмірів.

Прив'язка батарейного циклону 4-БЦШ-500 виконується за координатами, які наносяться на план будівлі з урахуванням розміщення іншого обладнання. Для нових об'єктів плани готують проектні організації, для діючих підприємств — служба головного механіка. Застосовують такі способи:

- від осей стін і колон до фундаменту циклону;
- до станини апарата — якщо фундамент не передбачено;
- до головних монтажних осей циклону або до умовної базової точки — при складній компоновці;
- між монтажними осями декількох одиниць обладнання.

Розбиття монтажних осей — це перенесення координат з креслення на монтажну площадку. Базою слугують головні осі будівлі. Вимірювання здійснюється рулеткою, нанесення точок — крейдою, а ліній — натертим шнуром. Для об'ємної розмітки використовують гідростатичний рівень. Висотні відмітки ведуть від нульової позначки (репера), яка закладається у фундамент і визначає початкову точку для всіх висот. Репер являє собою металеву заклепку з анкером, надійно закріплену у бетоні (рис. 2.2).

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

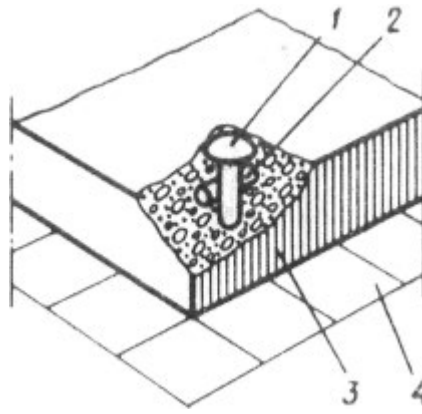


Рисунок 2.2.— Репер, закладений у фундамент:

1 - заклепка; 2 - анкер; 3- фундамент; 4 - чиста підлога.

2.2.5. Технологічні методи і засоби вивірки батарейного циклону 4БЦШ-500

Установка батарейного циклону 4БЦШ-500 у проєктне положення на фундаменті передбачає розміщення апарата на опорних елементах конструкції з точним орієнтуванням відповідно до монтажно́ї розмітки. Спочатку виконується попереднє встановлення циклону із суміщенням базових отворів станини з контрольними мітками на фундаменті. Далі здійснюється позиціювання апарата у плані, по висоті та вертикалі шляхом дрібних регулювальних переміщень із контролем фактичного положення. Після встановлення циклону на каркас перевіряється вертикальність його основної осі. Для цього застосовують вертикальний будівельний рівень або лазерний нівелір. Горизонтальність опорної площини перевіряється монтажним рівнем, а відмітка по висоті фіксується за допомогою нівеліра або лазерного приладу. Коригування положення в горизонтальній і вертикальній площинах зазвичай здійснюється з використанням металевих підкладок, які підкладаються під опорні вузли станини або рами циклону. Як прокладкові матеріали використовують листову сталь, технічну гуму, армований картон або сучасні композитні матеріали з віброізоляційними властивостями. Болтові з'єднання затягуються рівномірно із застосуванням динамометричних ключів, щоб уникнути перекосів корпусу. Остаточна фіксація циклону проводиться після досягнення необхідних геометричних параметрів. Відхилення, допустимі під час встановлення циклону,

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мають відповідати нормативним вимогам. Відстань по монтажних осях у плані не повинна перевищувати 10 міліметрів. Відхилення від вертикальності або горизонтальності допускається в межах 0,02–0,04 нормованої висоти на метр. По висоті також допускається відхилення не більше 10 міліметрів.

2.3. Розроблення технології ремонту і випробування циклону 4БЦШ-500

2.3.1 Основні технічні умови на ремонт циклону 4БЦШ-500

Ремонт батарейного циклону 4БЦШ-500 передбачає комплекс послідовних операцій, спрямованих на відновлення його працездатності, герметичності та забезпечення вимог безпечної експлуатації. Роботи розпочинаються з ретельного очищення циклону як ззовні, так і зсередини. Для цього застосовують механічне очищення щітками, водно-хімічне промивання гарячими лужними розчинами (кальцинована або каустична сода), а також обробку паром. Особливу увагу приділяють внутрішнім поверхням робочої камери та патрубків, де можуть накопичуватися залишки пилу та матеріалу. Після очищення здійснюється повне знеструмлення обладнання, демонтаж пневматичних і гідравлічних підключень, а також зняття окремих вузлів, доступ до яких необхідний для виконання подальших ремонтних операцій. Із міркувань безпеки встановлюються відповідні попереджувальні таблички, а електроживлення відключається шляхом зняття запобіжників. Перед початком розбирання проводиться візуальний огляд та фіксація положення основних елементів, що дозволяє уникнути помилок при зворотному збиранні.

Деталі демонтують послідовно, дотримуючись правил безпеки. Зняті елементи не допускається складати один на одного — вони повинні зберігатися окремо, бути промаркованими, а важливі базові поверхні та посадкові місця необхідно захищати від механічних пошкоджень. Дефектування деталей здійснюється як візуально, так і за допомогою контрольно-вимірювальних приладів (штангенциркулів, мікрометрів, індикаторів годинникового типу). Для виявлення тріщин, мікропошкоджень і прихованих дефектів використовують капілярну дефектоскопію з використанням пенетрантів, а також

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магнітопорошковий контроль. У процесі дефектування всі елементи класифікують на три категорії: придатні до подальшої експлуатації, такі, що потребують відновлення, і непридатні для подальшого використання (підлягають утилізації). Роботи з відновлення виконуються відповідно до технічних умов заводу-виробника. Відхилення, допустимі під час ремонту, становлять: зміщення по монтажних осях у плані — до 10 мм; відхилення від вертикальності чи горизонтальності — 0,02...0,04 мм/м; відхилення по висоті — до 10 мм.

Для регулювання положення компонентів під час складання використовують сучасні прокладкові матеріали: технічні пластини, теплостійку гуму, композитні матеріали або сертифікований азбестовий картон марок АС або С. Болтові з'єднання затягуються хрест-навхрест рівномірно, із дотриманням рекомендованих моментів затягування відповідно до вимог технічної документації.

Після завершення збирання циклону проводяться індивідуальні випробування: перевірка герметичності, оцінка рівня вібрації, контроль роботи повітряного потоку та загальної працездатності обладнання. За умови позитивних результатів ці роботи завершуються передаванням циклону до етапу пусконаладження.

Нижче наведено відомість дефектів.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. - Відомість дефектів
на середній ремонт циклону 4БЦШ-500.

(середній, капітальний)

(обладнання) інв. №8463881 встановленого в цеху

№ п\п	Деталі які мають дефект	Дефект	Способи усунення	Необхідна кільк. запасних деталей і матеріалів		Тру до- міс- ткі- сть	Оцінк а стану облад- - нання при здачі в ремон т
				Найм е- нуван ня	Кіль- кість		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Корпус	Зрізана різьба в отворах для кріплення	Нарізати різьбу мітчиками з попереднім розсвердлюван- ням отвору				
2.	Вал	Зім'ятий шпоночний паз Пошкоджен ня валу Зім'ятий хвостовик	Фрезерувати шпоночний паз Зварити вал або виготовити новий Наварити зім'яту ділянку з фрезеруванням канавки необхідного профілю				
3.	Втулки	Зношені посадочні поверхні	Замінити новими				

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
4.	Шпон-ка	Зріз або зминання шпонок	Замінити новими				
5	Кріпи-льні деталі болти, гвинти	Зріз різьби Поломка	Замінити новими Замінити новими				
6	Щітка	Зношені робочі поверхні	Замінити				
7	Ротор	Розбитий шпоночний паз Поломка сектора	Фрезерувати новий шпоночний паз більшого розміру Заварити пошкоджену ділянку				
8	Криш-ка	Тріщина ступиці Розбитий отвір під болт Розбитий отвір ступиці	Заварити тріщину Заварити розбиті отвори, розсверлити нові з зміщенням на 45° Розсверили отвір ступиці під ремонтну втулку з необхідними посадковими розмірами				

2.3.2. Організація ремонту циклону. Система і графік планово – попереджувального ремонту

Ремонт циклону 4БЦШ-500 здійснюється у межах загальної системи організації ремонтів технологічного обладнання підприємства. Основна мета — забезпечення надійної та безперебійної роботи циклону, запобігання аваріям і зниженню ефективності його роботи. На підприємстві діє система планово-попереджувального ремонту (ППР), що включає технічне обслуговування, поточні, середні та капітальні ремонти за графіком. Система ППР базується на заздалегідь проведеній інвентаризації обладнання, обліку технічного стану та дефектів, а також на затвердженому річному графіку ремонту.

Організація ремонту циклону виконується централізовано силами ремонтно-механічної служби підприємства під керівництвом головного механіка. Поточні огляди та дрібні ремонти здійснюють чергові слюсарі-ремонтники. Середній та капітальний ремонти — силами спеціалізованих бригад у складі слюсарів, електриків, зварювальників та верстатників. Ремонтні роботи проводяться згідно з технологічною інструкцією та регламентом заводу-виробника циклону. Перед початком ремонту агрегат зупиняється за погодженням з начальником дільниці, очищується і передається у ремонт. Ремонтна зона готується завчасно: забезпечується освітлення, підведення електроживлення, необхідний інструмент, пристрої, запасні частини.

Графік ремонту узгоджується з виробничим планом і враховує фактичний стан обладнання. У випадку, якщо циклону не потрібен ремонт у запланований термін, складається відповідний акт про перенесення з обґрунтуванням.

Контроль за виконанням графіка ППР покладається на механіка та відповідального виконавця. Кожен член ремонтної бригади має чітке завдання і проходить обов'язковий інструктаж з охорони праці. Після завершення ремонту проводиться технічна перевірка та оформлюється акт приймання в експлуатацію.

Складемо графік ППР для батарейного циклону 4БЦШ-500 на наступний рік.

Очікувана робота в плановому році в одну зміну.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість циклу технічного обслуговування і ремонту при однозмінному режимі роботи

$$T_{\text{ц}} = 3\text{рік} = 36\text{міс} = 12600 \text{ год.}$$

Міжремонтного періоду — $\tau_p = 6\text{міс} = 2100\text{год}$, період між ТО
 $\tau_{\text{ТО}} = 3\text{міс} = 1050\text{год}$

Ремонтний цикл циклону включає такі етапи:

К-ТО-М₁-ТО-М₂-ТО-С-ТО-М₃-ТО-М₄-ТО-К

Тривалість до найближчого капітального ремонту К - 36 міс., середнього С - 18 міс., малого М - 6 міс., технічного огляду ТО - 3 міс.

Проведемо розрахунок трудомісткості ремонтних заходів за три роки. Значення коефіцієнтів для окремих видів ремонту становлять:

$$\text{ТО} = 1, \text{М} = 7,0, \text{С} = 21, \text{К} = 36 \text{ (люд.-год)}.$$

Розрахунок загальної трудомісткості виконується шляхом додавання значень для всіх видів робіт:

$$6 \cdot 1 + 4 \cdot 7 + 1 \cdot 21 + 1 \cdot 36 = 91 \text{ люд.-год}$$

Отриманий результат розбиваємо по операціях:

$$\text{Слюсарні: } 91 \cdot 0,72 = 65,5 \text{ люд.-год}$$

$$\text{Верстатні } 91 \cdot 0,2 = 18,2 \text{ люд.-год}$$

Інші $91 \cdot 0,08 = 7,3 \text{ люд.-год}$. Всі значення заносяться до ППР (таблиця 2.3).

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. – Графік ППР

[illegible]

2.3.3. Розроблення технології розбирання вузла циклону 4БЦШ-500

Циклон утворений як з нескладних збірних елементів, так і з компонентів складної конструкції. Послідовність монтажу або демонтажу простих вузлів встановлюється безпосередньо фахівцем. Для виробів складної конфігурації готують технічну документацію, що включає складальне креслення ремонтного модуля, технологічну карту та технологічну схему складання. Складаємо технологічну карту розбирання ремонтного вузла (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Технологічна карта розбирання вузла, шлюзового затвору

№ п/п	Операції і переходи	Інструмент, пристосування, матеріал	Технічні вимоги на складання	Профіль робітника, розряд робітника	Норма часу (хв)	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1.	Відкрутити 3 болти 14 з шайбами 15	Ключ ріжковий		слюсар III розряду	4,5	
2.	Зняти щітку 2			- // -	1,5	
3.	Відкрутити лівий болт 9 з шайбою 10	Ключ ріжковий		- // -	1,5	
4.	Зняти ковпак 7	Ключ ріжковий		- // -	1	
5.	Відкрутити 6 болтів 11 з шайбами 12 (зліва)	Ключ ріжковий		- // -	9	

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4	5	6	7
6.	Зняти ліву кришку 3			- // -	1	
7.	Відкрутити правий болт 9 з шайбою 10	Ключ ріжковий		- // -	1,5	
8.	Відкрутити 6 болтів 11 з шайбами 12 (справа)	Ключ ріжковий		- // -	9	
9.	Зняти праву кришку 3			- // -	1	
10.	Зняти вал 4 з ротором 5 з корпусу 1	Молоток		- // -	3	
11.	Зняти 2 втулки 6 з валу 4	Молоток, оправка		- // -	3	
12.	Відкрутити гвинт установочний 8	Викрутка		- // -	2	
13.	Зняти вал 4 з ротора 5	Молоток		- // -	2,5	
14.	Зняти шпонку 13 з валу 4	Молоток		- // -	5	

2.3.4. Розроблення технологічного процесу механічної обробки кришки

Деталь – кришка відноситься до тіла обертання по типу диску. Проаналізувавши технічні вимоги, зазначені на кресленні, можна дійти висновку, що посадкові поверхні $\varnothing 16H7$ з шорсткістю $Ra = 2,5$ мкм потребують виконання чистової операції точіння. Інші поверхні з точністю за 9–12 квалітетом та шорсткістю $Ra = 3,2$ мкм і $Ra = 6,3$ мкм вимагають застосування комплексу інструментів (чорнового, напівчистового, чистового) з розподілом припуску на мінімальний при чистовому проході — із використанням високоточного обладнання. Кришка виготовляється із матеріалу сталь 40 ГОСТ 1050 – 88.

Таблиця 2.4. – Хімічний склад сталі 40 ГОСТ 1050 – 88 у %.

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
0,38-0,42	0,17-0,31	0,5-0,8	0,3	0,3	0,04	0,04

Таблиця 2.5. – Механічні властивості сталі 40 у стані після гарячої обробки тиском.

σ_b МПа	σ_t МПа	δ %	ψ %	a_n кг/см ²	НВ
550	280	22	30	6	200

Аналіз технічних наведено в аблиці 2.5.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

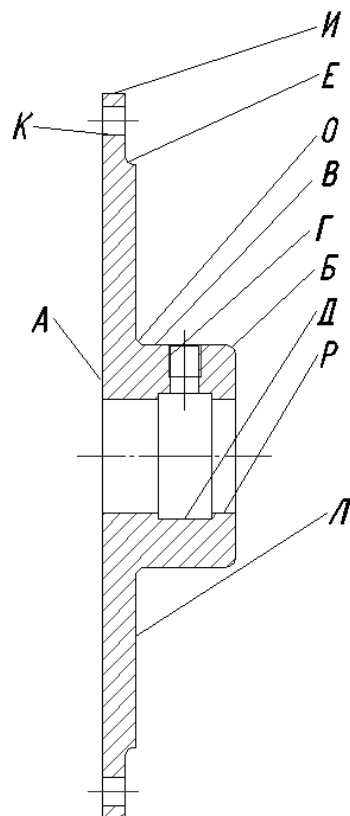


Рисунок 2.5. – Схема кришки із зазначенням поверхонь, що підлягають механічній обробці.

Деталь – кришка відноситься до тіл обертання категорії "кришка". Для заготовки доцільно розглядати варіанти з прокату, ковки або штампування, враховуючи наявність на ринку, вартість сировини, трудомісткість виробництва, відходи та складність подальшої механічної обробки. На кресленні наведені всі необхідні види проекцій, розрізи й перерізи, які забезпечують повне уявлення про структуру деталі, нанесені всі розміри з потрібними допусками, класи чистоти оброблюваних поверхонь, припустимі відхилення геометричних форм, а також взаємне розташування поверхонь.

Під час обробки заготовок, отриманих з прокату, необроблені поверхні можна використовувати як бази для першої операції, що дозволяє зменшити кількість додаткових підготовчо-заключних дій. По-друге, при обробці заготовок усіх поверхонь доцільно використовувати для першої операції поверхні з найменшими припусками, оскільки це сприяє зменшенню зайвого зняття матеріалу та підвищенню точності подальшої обробки. Крім того, важливо

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

починати обробку з поверхонь, які є базовими для подальших операцій, оскільки це забезпечує правильне орієнтування і стабільність процесу. Наступною етапи слід виконувати обробку тих поверхонь, зняття стружки з яких найменше зменшує твердість деталі, що сприяє збереженню її механічних властивостей і підвищенню якості кінцевого виробу.

Таблиця 2.6. – Аналіз технічних умов кришки.

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
А, Б, Е, З, И, Л, М, О	Забезпечити точність обробки за 10-12 квалітетом та шорсткість поверхні $R_a=3,2\ldots6,3$ мкм	Напівчистове точіння з забезпеченням заданої точності та шорсткості поверхні	Точність — вимірювання штангенциркулем та мікрометром. Шорсткість — оцінка методом порівняння зі зразками або вимірювання на профілометрі/профілографі
Д, Р	Забезпечити точність обробки за 7-8 квалітетом і шорсткість поверхні $R_a=3,2\ldots2,5$ мкм	Чистове розточування	Точність обробки — вимірюванням штангенциркулем або мікрометром. Шорсткість поверхні - методом порівняння зі зразками або на вимірюваннями профілометром чи профілографом
Г, К	Забезпечити точність обробки за 8-10 квалітетом і шорсткість поверхні $R_a=3,2$ мкм	Свердління	Точність обробки- вимірюванням штангенциркулем чи нутроміром

Ще одним важливим аспектом є початкова організація технологічного

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

процесу. Слід виконувати ті операції, які мають високий ризик виникнення дефектів або браку. Це дозволяє швидко їх виявити і вжити необхідних заходів ще на ранніх етапах виробництва, що зменшує витрати часу і ресурсів на виправлення помилок.

Таблиця 2.7. - Базовий технологічний процес виготовлення деталі

№ о пера- ції	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Ескіз
005 установ А	Токарно- гвинторізна	Р, П, О, М, Л, И	М	

З урахуванням того, що для відновлення вузла необхідно виготовити дві кришки, виробництво визначається як одиничне. Кришка не є критично навантаженим елементом конструкції й, як правило, не виходить з ладу першою. Основним дефектом, що виникає під час експлуатації, є зношування посадкової поверхні. Через недоцільність відновлення такої поверхні ремонт передбачає виготовлення нової деталі. Це дозволяє забезпечити необхідну точність посадки та відновити герметичність з'єднання. Незважаючи на невелике навантаження, кришка виконує важливу функцію — забезпечує герметичність і правильне взаємне розташування елементів вузла. Її зношення може спричинити порушення роботи вузла, ускладнити технічне обслуговування та знизити загальну надійність системи. Тому виготовлення якісної нової кришки є важливою умовою для стабільної та безпечної експлуатації обладнання.

Заготовку для даної деталі при одиничному типі виробництва можна отримати шляхом штампування або з прокату. Застосування штампованих заготовок є доцільним у випадках, коли їх маса перевищує масу заготовки з прокату більш ніж на 15%.

Маса заготовки із прокату:

$$M_n = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot l_3 \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot (309 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,058 \cdot 7800 = 3.39 \text{ кг.}$$

Орієнтовна маса штампованої заготовки:

$$M_{ш} = \left(\frac{3,14 \cdot 309^2 \cdot 14}{4} + \frac{3,14 \cdot 103^2 \cdot 43}{4} - \frac{3,14 \cdot 45^2 \cdot 58}{4} \right) \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 1.03 \text{ кг}$$

$$\frac{3.39 - 1.03}{3.39} = 0,7 = 7\% \gg 15\%$$

Таким чином, доцільним є використання штампованої заготовки.

Проведемо перевірку економічної обґрунтованості цього вибору.

1) Вартість штамповки:

$$S_{ш} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - g) \cdot \frac{S_{відк}}{1000};$$

Маса деталі: $g = 0.97 \text{ кг}$ (відповідно до креслення).

$$C_i = 10600 \text{ грн}$$

$$S_{відк} = 1440 \text{ грн}$$

([4] с.32 табл.9)

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти k по ([4] с.38,40 табл.14,15)

$$S_{заг} = \frac{10600}{1000} \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1,29 \cdot 0,83 \cdot 1,21 \cdot 0,77 - (1,03 - 0,97) \cdot \frac{1440}{1000} = 10,8г$$

р.

2) Вартість заготовок з прокату:

$$S_i = 9000_{грн} - \text{вартість 1т заготовок} \quad ([4] \text{ с.32 табл.9})$$

$$S_{заг} = \frac{Q \cdot S_i}{1000} - (Q - g) \cdot \frac{S_{сидх}}{1000} = \frac{3,39 \cdot 9000}{1000} - (3,39 - 0,97) \cdot \frac{1440}{1000} = 40,45г.$$

Через вищу вартість виготовлення з прокату доцільніше обрати заготовку, отриману шляхом штамповки.

Вибір технологічних баз для кришки шлюзового затвора циклону здійснюється на основі креслення, технічних вимог, типу заготовки, якості поверхонь і рівня автоматизації. Базові поверхні повинні бути плоскими або циліндричними, достатньо протяжними, без дефектів. Заготовка повинна самостійно встановлюватись у пристрої під дією власної ваги.

Для чорнової обробки доцільно використовувати як базу поверхню, що належить до зони ущільнення або з'єднання з корпусом, оскільки це забезпечує точне взаємне розташування деталей та рівномірність припусків на обробку. Під час виконання першої операції базування здійснюється по поверхнях, які не підлягають механічній обробці в готовій деталі. Після завершення цієї операції відбувається зміна баз.

У подальших операціях необхідно дотримуватися принципу суміщення технологічних, конструкторських і вимірювальних баз, а також забезпечити сталість базування. Обраний спосіб базування повинен дозволяти обробку максимальної кількості поверхонь за одне встановлення, що сприяє підвищенню точності обробки та загальної продуктивності процесу.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

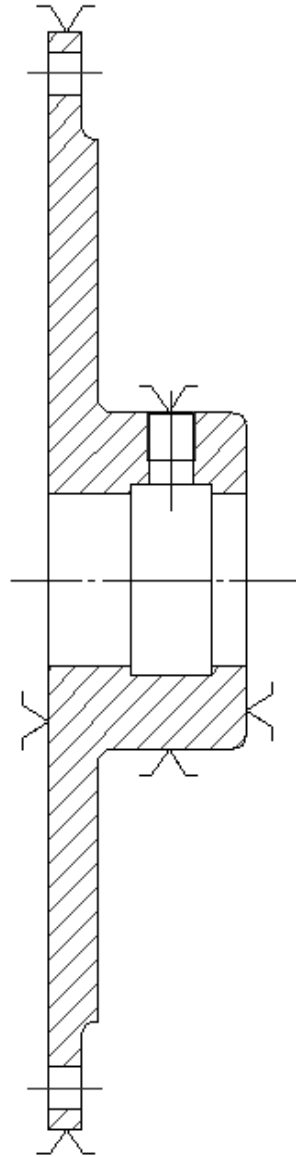


Рисунок 2.6 - Схема з вказаними технологічними базами для кришки шлюзового затвора.

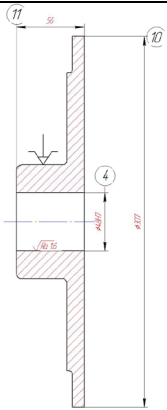
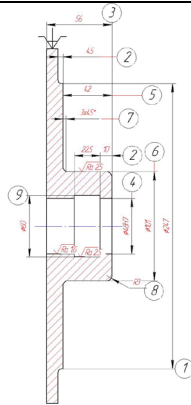
У нашому випадку для закріплення деталі переважно використовуються циліндричні поверхні. На початкових операціях базування здійснюється по циліндричній поверхні заготовки. На наступних етапах обробки, таких як точіння та свердління, як базові використовують уже оброблені циліндричні та плоскі поверхні деталі.

Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки

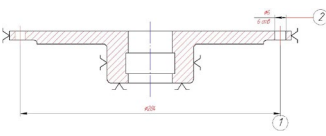
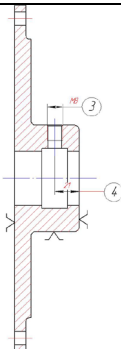
Маршрут механічної обробки технологічного процесу виготовлення валу складаємо у вигляді таблиці.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8. – Послідовність механічної обробки технологічного процесу виготовлення кришки.

№ операції.	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Ескіз
1	2	3	4	5
005 установ А	Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець до розміру 56 мм 2. Обточити зовнішню поверхню до Ø307 мм 3. Розточити отвір до Ø48H7 на глибину 56 мм	А И Р	Поверхня заготовки	
установ Б	Токарно-гвинторізна 4. Підрізати торець до розміру 56 мм 5. Підрізати торець до розміру 42 мм довжиною 100 мм 6. Підрізати торець до розміру Ø 247 довжиною 30 мм 7. Точити поверхню до розміру Ø 101 на довжину 42 мм та фаску 3x45 8. Розточити поверхню до розміру Ø 60 на довжину 22,5 мм	П Л Е В Д	В	

Продовження таблиці 2.8.

1	2	3	4	5
010 установ А	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 6 наскрізних отворів розміром $\varnothing 6H12$	К	П, И	
010 установ Б	Вертикально-свердлильна 2. Свердлити 1 наскрізний отвір розміром $\varnothing 7H12$ 3. Нарізати різьбу М8	Г	А, М, И, П	

Припуски для обробки визначаються аналітичним методом, з орієнтацією на найбільш точний розмір $\varnothing 48H7$. Мінімальний припуск на обробку розраховується за формулою [8]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Обчислимо сумарні просторові відхилення для напівчистої обробки:

$$\rho = \rho_{k\varphi} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2};$$

де d - діаметр отвору;

l - довжина поверхні, що обробляється.

$$\rho = \sqrt{(0.8 \cdot 48)^2 + (0.8 \cdot 56)^2} = 59,01 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку встановлення під час напівчистої обробки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_z^2};$$

$$\varepsilon_{\sigma} = \delta_a = 620 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_z = 100 \text{ (мкм)}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{100^2 + 620^2} = 628 \text{ (мкм)}.$$

Тоді хв. мінімальний припуск:

$$2Z_{\min} = 2(200 + 150 + \sqrt{59,01^2 + 628^2}) = 1962 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо хв., мінімальний припуск для чистової обробки:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Сумарне просторове відхилення для чистової обробки:

$$\rho_r = 0.05 \rho = 0.05 \cdot 59,01 = 2,95 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення:

$$\varepsilon_r = 0.05 \varepsilon = 0.05 \cdot 628 = 31 \text{ (мкм)}.$$

$$\text{Тоді } 2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{2.95^2 + 31^2}) = 263 \text{ (мкм)}.$$

Обчислимо граничні значення розмірів:

$$d_{\min \partial} = d_{\text{ном}} - EI = 48 - 0 = 48 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\max \partial} = d_{\text{ном}} + ES = 48 + 0.025 = 48.025 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\max \text{мч}} = d_{\max \partial} - 2Z_{\min \text{мч}} = 48.025 - 0.263 = 47.762 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\min \text{мч}} = d_{\max \text{мч}} - \delta_{\text{мч}} = 47.762 - 0.16 = 47.602 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\max \text{чн}} = d_{\max \text{мч}} - 2Z_{\min \text{мч}} = 47.762 - 1.966 = 45.795 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\min \text{чн}} = d_{\max \text{чн}} - \delta_{\text{мч}} = 45.795 - 0.62 = 45.175 \text{ (мм)}.$$

Обчислимо граничні значення припусків:

$$2Z_{\min \text{мч}} = d_{\max \partial} - d_{\max \text{мч}} = 48.025 - 47.762 = 0.263 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min \text{чн}} = d_{\max \text{мч}} - d_{\max \text{чн}} = 47.762 - 45.795 = 1.962 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max \text{мч}} = d_{\min \partial} - d_{\min \text{мч}} = 48 - 47.602 = 0.398 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max \text{чн}} = d_{\min \text{мч}} - d_{\min \text{чн}} = 47.602 - 45.175 = 2.426 \text{ (мм)}.$$

Розрахуємо загальний припуск:

$$2Z_{0 \min} = 2Z_{\min \text{ч}} + 2Z_{\min \text{мч}} = 263 + 1962 = 2225 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0 \max} = 2Z_{\max \text{ч}} + 2Z_{\max \text{мч}} = 398 + 2426 = 2820 \text{ (мкм)}.$$

Виконаємо перевірку:

$$2Z_{\max \text{мч}} - 2Z_{\min \text{мч}} = 398 - 263 = 135 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{\text{мч}} - \delta_{\partial} = 160 - 25 = 135 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max \text{чн}} - 2Z_{\min \text{чн}} = 2426 - 1966 = 460 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_{\text{мч}} = 620 - 160 = 460 \text{ (мкм)}.$$

Результати обчислень наведено у таблиці 2.9.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема розподілу припусків наведена на рисунку 2.7.

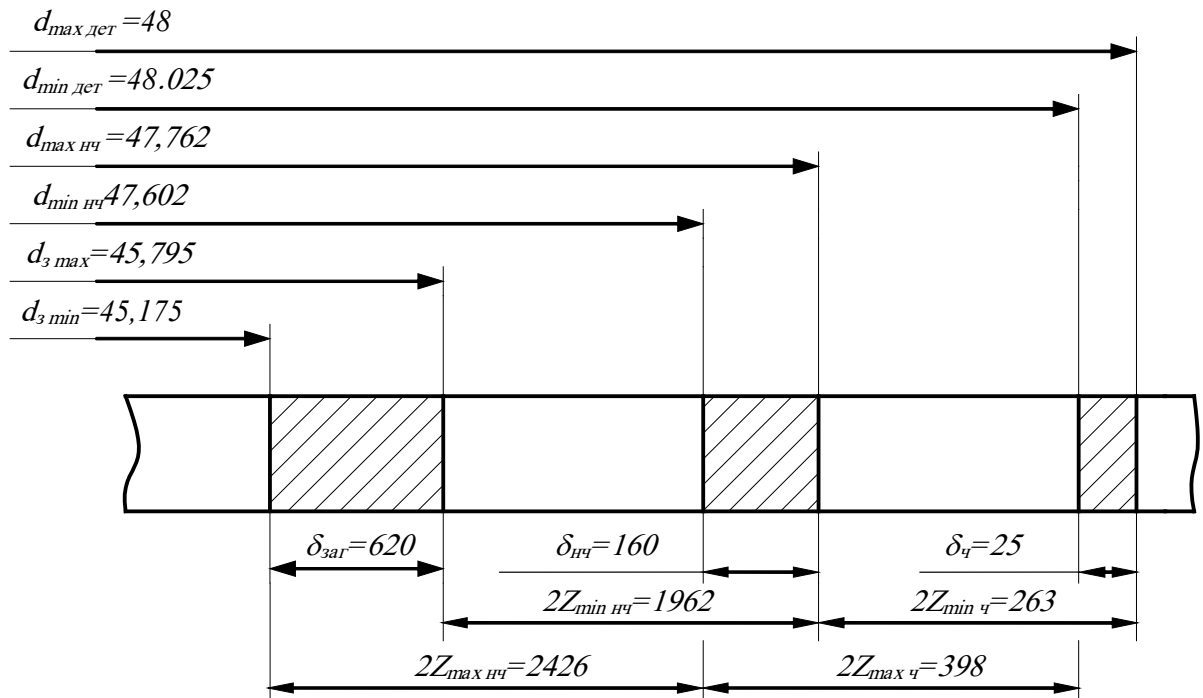


Рисунок 2.7.- Схема розподілу припусків

Таблиця 2.9. - Припуски та граничні розміри для Ø48H7

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				$2Z_{min}$ Мкм	δ , Мкм	Гр.розмір		Гр. припуск	
	R_z	T	ρ	ε			d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	200	150	80	-	-	620	29.175	29.795	-	-
Розточування чорнове	50	50	2,95	628	1962	160	47.602	47.762	1962	2426
Розточування чистове	R_a 6.3	-	-	31	263	25	48	48.025	263	398

Виберемо різальний та допоміжний інструмент, методи та засоби технічного контролю (таблиця 2.10)

Таблиця 2.10. – Вибір інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		Ріжучий	Вимірювальний
005 уст. А;Б.	Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець до розміру 56 мм 2. Точити поверхню до розміру $\varnothing$ 307 мм 3. Розточити поверхню до розміру $\varnothing$ 48H7 на довжину 56мм 4. Підрізати торець до розміру 56 мм 5. Підрізати торець до розміру 42 мм глибиною 100 мм 6. Підрізати торець до розміру $\varnothing$ 247 на довжину 30 мм 7. Точити поверхню до розміру $\varnothing$ 101 на довжину 42 мм та фаску 3x45 8. Розточити поверхню до розміру $\varnothing$ 60 на довжину 22,5 мм	Різець підрізний ГОСТ 18874 – 73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870 – 73 Різець розточний ГОСТ 18868 – 73 Різець підрізний ГОСТ 18874 – 73 Різець підрізний ГОСТ 18874 – 73 Різець підрізний ГОСТ 18874 – 73 Різець прохідний 2113 ГОСТ 18878 – 73 Різець розточний ГОСТ 18868 – 73	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ 166 – 80 – // – – // – – // – – // – – // – – // –
010 уст. А;Б.	Свердлильна 1. Свердлити послідовно 6 наскрізних отворів до розміру $\varnothing$ 6H12 2. Свердлити 1 наскрізний отв. в розмір $\varnothing$ 7H12 3. Нарізати різьбу М8	Свердло $\varnothing$ 6 ГОСТ 887 – 77 Свердло $\varnothing$ 7 ГОСТ 887 – 77 Мітчик М8 ГОСТ 52762-78	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ 166 – 80 – // – Різьбовий калібр-корок різьбовий

Вихідними даними вибору режимів різання для механічної обробки кришки шлюзового затвора є креслення та технічні умови на заготовку, її тип, матеріал та його фізико-механічні характеристики, припуски на обробку та характер їх розташування, стан поверхневого шару після попередніх технологічних операцій тощо. Додатково необхідно враховувати паспортні характеристики обладнання, на якому будуть здійснювати обробку, зокрема потужність, діапазони швидкостей обертання, подач і глибини різання тощо.

Розрахунок режиму різання для отвору Ø48H7, який треба розточити виконують розрахунково-аналітичним методом, для інших переходів нормативним. Подачу при чистовому розточуванні вибираємо в залежності від необхідних параметрів шорсткості і радіуса при вершині різця. Для сталюї заготовки і шорсткості 1.6 за [1] вибираємо $S=0.15$ мм/об.

Швидкість різання обчислюємо за рівнянням:

$$V = C_v / (T^m \cdot t^x \cdot S^y) \cdot K_v \text{ м/хв,}$$

де T - середнє значення стійкості, хв; (обробка одним інструментом $T=60$ хв); $t = 0.5$ мм - глибина різання; $S=0.15$ мм/об - подача.

Значення коефіцієнтів C_v і показників ступенів вибираємо з [1]

Одержуємо: $C_v = 485$, $x = 0.12$, $y = 0.25$, $m = 0.97$.

Коефіцієнт K_v визначається за рівнянням:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки; K_{pv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні; K_{uv} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструмента;

Вибираємо по [1] $K_{mv} = 0.8$

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо по [1] $K_{nv} = 0.9$

Вибираємо по [1] $K_{uv} = 0.6$

Отримаємо:

$$V = 485 / (60 \cdot 0.12 \cdot 0.25) \cdot 0.82 = 145 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання при розточуванні дорівнює швидкості різання для зовнішньої обробки з поправочним коефіцієнтом 0,9:

$$V = 145 \cdot 0.9 = 130 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання при розточуванні дорівнює швидкості різання для зовнішньої обробки з урахуванням поправочного коефіцієнта 0,9:

$$P_{z,x,y} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

Значення C_p та x , y , n наведені в [1].

Для сили P_z :

$$C_p = 40;$$

$$x = 1.0;$$

$$y = 0.75;$$

$$n = 0.$$

Визначемо поправочний коефіцієнт K_p :

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\alpha p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що відповідає матеріалу заготовки; $K_{\alpha p}$ - коефіцієнт, що залежить від головного кута в плані; $K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що встановлюється залежно від переднього кута; $K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що залежить від заднього кута; $K_{\tau p}$ - коефіцієнт, що встановлюється залежно від радіуса на вершині різця.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = 1.0;$$

$$K_{ap} = 0.98;$$

$$K_{\gamma p} = 1.0;$$

$$K_{\lambda p} = 1.0;$$

$$K_{\tau p} = 0.95.$$

$$K_p = 1 \cdot 0.98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.95 = 0.912$$

Одержимо:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0.5^{1.0} \cdot 0.15^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.912 = 44 \text{ Н.}$$

Обчисломо потужність різання :

$$N = P_z \cdot v / (1020 \cdot 60) = 44 \cdot 44 / 1020 \cdot 60 = 0.03 \text{ кВт}$$

Обчислимо основний технологічний час:

$$T_o = l_{p.x.} / (n \cdot S) \cdot i, \text{ хв}$$

де $l_{p.x.}$ - довжина робочого ходу різця, мм; i - кількість проходів, шт.

$$l_{p.x.} = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

де $l = 100 \text{ мм}$ - довжина різання; $y = 3 \text{ мм}$ - величина врізання; $\Delta = 2 \text{ мм}$ - величина перебігу.

$$l_{p.x.} = 100 + 3 + 2 = 105 \text{ мм}$$

$$T_o = 105 / (600 \cdot 0.15) \cdot 2 = 0.34 \text{ хв}$$

По аналогії обчислюються режими різання для інших переходів токарних операцій.

Довжина робочого ходу:

$$L_{px} = L_{piz} + y + L_{доп} = 4.5 + 3 + 2 = 9.5 \text{ (мм)}.$$

Подача $s_0 = 0.12 \text{ мм/об.}$

Стійкість інструменту:

$$T_p = T_m \times \lambda = 20 \times 1.8 = 36 \text{ (хв)}.$$

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість різання: $v_{\text{табл}} = 24$ хв.

$$v = v_{\text{табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 32 \times 1,25 = 41.19 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 41.19}{\pi \cdot 4,5} = 820 \text{ (об/хв)}.$$

Прийmemo $n = 800$ об/хв.

Швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 4,5 \cdot 800}{1000} = 40.2 \text{ (м/хв)}.$$

Машинний час:

$$T_M = L_{\text{px}} / n \cdot S_0 = 9.5 / 800 \cdot 0.12 = 0.11 \text{ (хв)}.$$

Таблиця 2.11. – Зведена таблиця режимів різання по операціях.

№ п/п	Назва операції, переходу, позиції	Пере- хід	L , мм	t , мм	S_p , мм/об	n , об/хв	V , м/хв, м/с	Час різання, T_0 , хв	По- дача, S_m мм/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	Токарно-гвинторізна								
	1. Підрізати торець до розміру 56 мм	1	153	1	1,0	630	90,2	0,65	630
	2. Точити поверхню до розміру $\varnothing 307$ мм	2	56	1	1,0	250	90,2	0,55	250
	3. Розточити поверхню до розміру $\varnothing 48H7$ на довжину 56мм	3	56	1	1,0	800	102	0,45	400
		4	101	3,0	1,5	210	90,2	0,5	375

Продовження таблиці 2.11.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	4. Підрізати торець до розміру 56 мм	5	103	1	1,0	315	95,1	0,34	315
	5. Підрізати торець до розміру 42 мм глибиною 100 мм	6	30	3,0	1,5	315	90,2	0,25	375
	6. Підрізати торець до розміру $\varnothing$ 247 на довжину 30 мм	7	42	3,0	0,8	315	94,3	0,64	320
	7. Точити поверхню до розміру $\varnothing$ 101 на довжину 42 мм та фаску 3x45	8	22.5	6	1,0	630	94,3	0,65	400
	8. Розточити поверхню до розміру $\varnothing$ 60 на довжину 22,5 мм	1	2	-	0,25	800	18,9	2,26	200
	Свердлильна 1. Свердли ти послідовно 6 наскрізних отворів розміром $\varnothing$ 6H12	2	15	-	0,25	400	11,9	0,64	100
	2. Свердли ти 1 наскрізний отв. розміром $\varnothing$ 7H12	3	4	-	0,5	100	2,6	2,4	12
	3. Нарізати різьбу M8								

Норми часу визначаємо на основі технологічного розрахунку і проводимо для операції 005 розрахунково-аналітичним методом. Інші операції вибираємо за нормативами [4].

Основний технологічний час: $T_0 = 4,03 \text{ хв}$.

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_0 + t_d + t_{обсл} + t_{відп}$$

де T_0 – основний час;

t_d – допоміжний час;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час на відпочинок.

Загальний допоміжний час

$$t_{доп} = t_{уст} + t_{уст.з} + t_{yn} + t_{вим} = 0,14 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,44 \text{ хв}$$

Використовуючи [4] визначаємо:

$t_{уст.з} = 0,1 \text{ хв}$ – встановлення заготовки.

час на встановлення і зміну інструменту

$$t_{уст} = 0,14 \text{ хв},$$

Час на керування верстатом

$$t_{yn} = 0,12 \text{ хв};$$

Час на вимірювання деталі

$$t_{вим} = 0,08 \text{ хв};$$

Оперативний час:

$$T_{он} = T_{доп} + T_0 = 0,44 + 4,03 = 4,47 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місця

$$T_{обсл} = 4\% T_{он} = 0,04 \cdot 4,47 = 0,18 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби

$$T_{відп} = 4\% T_{он} = 0,18 \text{ хв}$$

Штучний час на операцію

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт} = 4,47 + 0,18 + 0,18 = 4.83хв .$$

Підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з.} = 24хв .$$

Штучно-калькуляційний час можна визначити за рівнянням

$$T_{шк} = \varphi_k \cdot T_0 .$$

$\varphi_k = 2,14$ для одиничного виробництва на токарних верстатах ([4])

$$T_{ш.к.} = 2,14 \cdot 4,2 = 8,98хв$$

Обчисленні результати заносимо в таблицю.

Норми часу на інші операції визначаємо за нормативами [4] і заносимо в таблицю.

Таблиця 2.12. – Розрахунок штучного часу

№ п/п	Назва операції	T_0	$T_{доп. хв}$			$T_{оп.}$	$T_{обсл}$	$T_{уст}$	$T_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п.з.}$
		$Хв$	$t_{уст}$	$t_{унр}$		$хв$			$хв$		
005	Токарно-гвинторізна	4,03	0,18	0,24	0,08	4,64	0,03	0,04	0,07	4.83	24
010	Свердлильна	5.3	0,24	0,12	0.08	3,44	0.02	0,01	0,03	7.3	12

2.3.5. Основи пусконаладжувальних робіт і комплексного випробування батареїного циклону 4БЦШ-500

На етапі введення в експлуатацію циклону 4БЦШ-500 налагоджувальна організація здійснює комплекс заходів з документального та технічного супроводу пусконаладжувальних робіт. Ведеться спеціальний журнал обліку робіт, у якому фіксуються всі етапи налагодження та випробування, включаючи проміжні акти здачі-виконання окремих агрегатів і ліній циклону, а також

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діагностику та налаштування допоміжних систем. Після завершення всіх пусконаладжувальних операцій складаються двосторонні технічні акти, які підписують представник замовника та керівник налагоджувальної бригади. Завершення робіт підтверджується передачею замовнику звітної технічної документації у вигляді спеціального формуляра або технічного звіту. Звіт разом із актом передачі є офіційним підтвердженням завершення робіт і готовності обладнання до експлуатації. Перед проведенням індивідуальних випробувань циклону 4БЦШ-500 мають бути завершені загальнобудівельні роботи, забезпечено подачу електроенергії, води, стиснутого повітря, підключено вентиляційні, дренажні, каналізаційні та заземлювальні системи. Усі заходи мають відповідати вимогам техніки безпеки та пожежної безпеки.

Індивідуальні випробування циклону включають:

1. Пробний пуск «вхолосту» – здійснюється без подачі пилогазової суміші. На цьому етапі перевіряється взаємодія всіх рухомих частин вентилятора й циклону, налагоджуються вузли та проводиться регулювання систем керування і контролю.

2. Функціональне випробування під навантаженням – поступово вводиться робоча газопилова суміш, з контролем відповідності фактичних параметрів циклону (швидкість потоку, ступінь очищення, втрата тиску) даним технічного паспорта та вимогам стандарту.

3. Гідравлічні випробування – для перевірки герметичності та міцності зварних швів і з'єднань корпусу циклону та повітропроводів. У випадку складних ділянок допускається проведення пневматичних випробувань.

Перед запуском циклону необхідно:

1. Перевірити правильність складання, кріплення та взаємного розташування основних елементів: корпусів циклонів, конфузоров, пилозбірних бункерів, повітропроводів.

2. Очистити внутрішні поверхні апарата від сторонніх предметів, пилу та монтажного сміття.

3. Проконтролювати плавність обертання вентилятора вручну або за допомогою приводу без навантаження.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після успішного завершення всіх випробувань та підтвердження технічної відповідності циклону 4БЦШ-500, обладнання допускається до дослідної експлуатації, а згодом — до постійної роботи у складі технологічної лінії.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Засоби монтажу та їх розрахунок

3.1 Вибір і статичний розрахунок фундаменту під циклон 4БЦШ-500.

Фундамент під циклон 4БЦШ-500 повинен бути точно спозиціонований відносно осей будівлі, колон, а також підвідних трубопроводів та шлюзового затвора. Похибка у плановому положенні не повинна перевищувати ± 5 мм. Вісь патрубків циклона повинна бути співвісною з осьовими лініями повітропроводів. Верхня поверхня фундаменту повинна бути виконана з допуском по горизонтальності не більше 0,2 мм/м. Фундамент має забезпечувати достатню жорсткість для сприйняття вібрацій, що виникають під час роботи циклона, особливо у випадку потрапляння в нього конденсату або абразивних частинок.

Відмітка верху фундаменту виконується на 25–40 мм нижче за проєктну висоту встановлення опорної рами циклона, що необхідно для монтажу сталевих підкладок та подальшої підливки безусадковим цементним або епоксидним розчином. Це забезпечує рівномірний розподіл навантаження та точне позиціонування апарата.

У колодязях під фундаментні болти необхідно забезпечити люфт (10–12 мм) для коригування положення кріпильних отворів під час монтажу. Глибина закладення болтів — згідно з проєктом, але не менше 500 мм для забезпечення анкерування в несучий шар бетону. Болти встановлюють із шаблоном, заповнення колодязів — цементно-піщаним розчином після вистоювання.

Після бетонування фундаменту витримується термін не менше 15–18 діб до затягування фундаментних болтів. Підливка під раму циклона має бути витримана не менше 7–8 діб до проведення пусканалагоджувальних робіт. Загальний строк від моменту бетонування до введення в експлуатацію — не менше 25–26 днів.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			3. Засоби монтажу та їх розрахунок			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								51	
Реценз.								гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворощук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

Фундамент циклона повинен бути незалежним і не зв'язаним із фундаментами суміжного обладнання або стінами будівлі. Для цього передбачаються деформаційні шви (товщиною не менше 20 мм), заповнені еластичним демпферним матеріалом (наприклад, спіненим поліетиленом або бітумною мастикою). Це усуває передачу вібрацій та знижує ризик перекосів конструкції через нерівномірну осадку.

Розрахуємо питоме навантаження на основу за формулою:

$$P = \frac{G_m}{\alpha \cdot \sum f} \leq R_n$$

де G_m – вага машини, κH ;

α – коефіцієнт зменшення $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;

f – площа опорної поверхні ножок, m^2 ;

R_n – нормативний тиск на панельне перекриття, κPa рівний 200 κPa

$$f = 4 \frac{\pi d^2}{4} = 4 \frac{3.14 \cdot 0.03^2}{4} = 0.0028 m^2$$

Тоді

$$P = \frac{G_m}{\alpha \cdot \sum f} = \frac{4.5}{0.9 \cdot 0.0082} = 834 \gg R_i = 200 \kappa Pa.$$

Основа не витримає вагу машини, тому під машину обов'язково необхідно розробляти фундамент.

Приймаємо висоту наземного фундаменту $H_f = 200 mm$.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

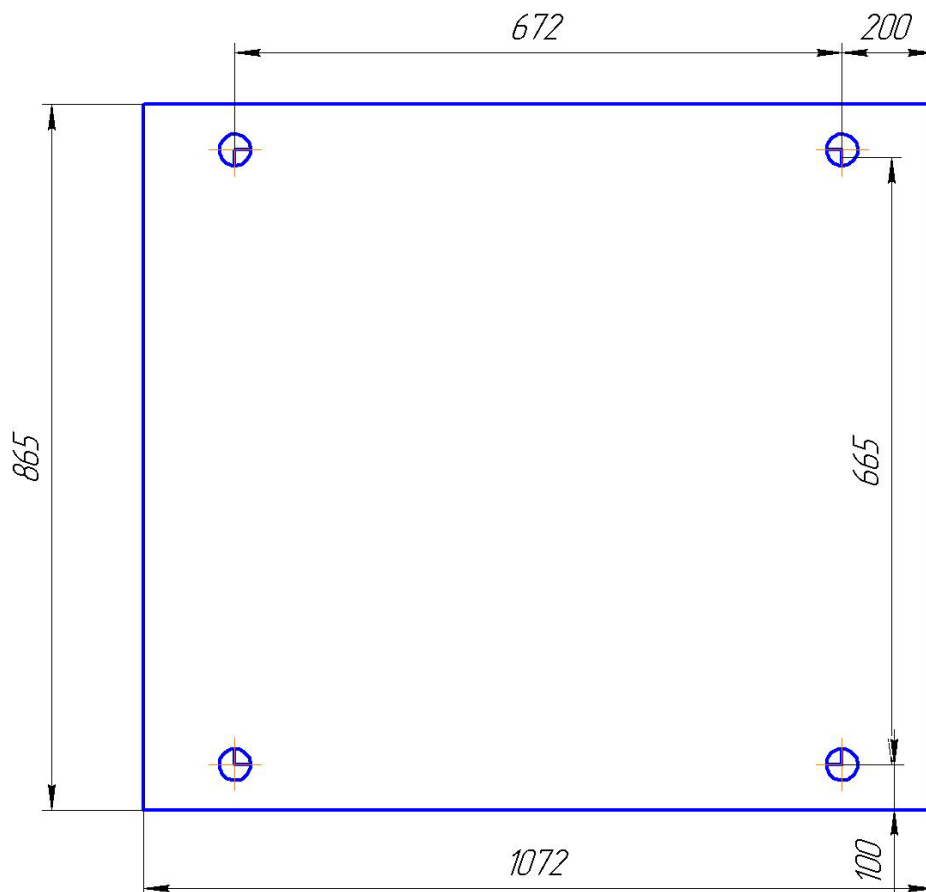


Рисунок 3.1. Схема розміщення опорних ніжок циклону 4БЦШ-500.

Нормативний тиск панельне перекриття II категорії $R_n = 200 \text{ кПа}$.
Коефіцієнт зменшення $\alpha = 0,5$. Питома вага бетону $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$.

Площа підшви фундаменту (згідно креслення паспорта машини):

$$F = 1072 \cdot 865 = 927280 \text{ мм}^2 = 0,93 \text{ м}^2.$$

Загальна висота: $H = H_1 = 0,2 \text{ м}$

Об'єм фундаменту:

$$V = F \cdot H = 0,93 \cdot 0,2 = 0,186 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту:

$$G_\phi = V \cdot \gamma = 0,186 \cdot 20 = 3,72 \text{ кН}.$$

Фактичний тиск на панелі основи

$$P = (G_m + G_\phi) / \alpha \cdot F = (8 + 3,72) / 0,5 \cdot 1,264 = 36,7 \text{ кПа} < R_n = 200 \text{ кПа}$$

Фактичний тиск не перевищує допустимого.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок основних параметрів такелажних пристосувань.

При доставці циклону до приміщення цеху за допомогою крана стропування виконують за допомогою сталюого канату, для підбору якого необхідно розрахувати на розрив і порівняти з нормативним.

Найбільший натяг канату

$$S = \frac{Q}{n \cdot \cos \alpha}$$

Q - вага машини, Н

n - кількість гілок

2α - кут між стропами

$$S = \frac{4500}{4 \cdot 0,707} = 1591 \text{ Н}$$

Розривне зусилля каната

$$P \geq S \cdot K = S_p$$

$K = 5 - 6$ для строп.

$$S_p = S \cdot K = 6 \cdot 1.591 = 9.55 \text{ кН.}$$

Підбираємо канат ТК8×12 ; $P = 16$ кН діаметром $D = 10$ мм. Маса 100 погонних метрів – 50 кг

Кут підйому $\alpha = 90^\circ$. Прийнемо коефіцієнт тертя $f = 0,3$. Тягове зусилля:

$$S = G / (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)$$

де, G - вага вантажу (пляшковидувної машини), яку транспортуємо, кН.

α - кут підйому, град.

f - коефіцієнт тертя

$$S = 4.5 / (\sin 90 + 0,3 \cdot \cos 90) = 4,5 \text{ кН.}$$

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо кран з тяговим зусиллям 10 кН.

Визначаємо тягове зусилля в бігучій стороні троса поліспаста, який використовуємо для підйому циклону, якщо число робочих гілок тросу $n = 3$.

Тягове зусилля в бігучій гілці тросу визначають за формулою

$$S = \frac{G}{n\eta}, \text{ де } G - \text{вага вантажу, кН.}$$

n - число блоків в системі поліспаста, або число робочих гілок η - ККД блока. $\eta = 0,94 \div 0,95$

Для вертикального переміщення цклону також застосовують домкрати ДЕ2-831.

3.3 Розрахунок параметрів технічних засобів для допоміжних операцій

Тягове зусилля, необхідне для горизонтального переміщення :

$$S = f \cdot G,$$

де f – коефіцієнт тертя; $f = 0,3$;

G – вага машини.

$$G = 4500 \text{ (Н)}$$

$$S = 0.3 \cdot 4500 = 1350 \text{ (Н)}$$

3.4. Розрахунок гідравлічного домкрата для вивірки батарейного циклону 4 БЦШ-500

Для встановлення машини на фундамент, вивірювання її за рівнем та виконання прив'язувально-центрувальних переміщень використовують домкрати. Для підймання машини на невелику висоту використовують чотири гідравлічні домкрати. Домкрати встановлюються на фторопластові листи і машину переміщують до суміщення монтажних осей на фундаменті за допомогою лебідки.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок горизонтальної виштовхуючої сили проводиться по формулі [12]:

$$T_p = P_{\text{пр.стр.}} \cdot f \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3,$$

де $f = 0.12$ – коефіцієнт тертя (полірований лист і фторопласт);

$n_1 = 1.1$ – коефіцієнт перевантаження (табл.13 [12]);

$n_2 = 1.3$ – коефіцієнт запасу;

$n_3 = 1.1$ – коефіцієнт, що приймається по пункту 2 табл. 4 [12];

$P = 450 \text{ кг}$ – маса машини MACRI SBO 6/6;

$$T_p = 450 \cdot 0.12 \cdot 1.1 \cdot 1.3 \cdot 1.1 = 85 \text{ кг}$$

По отриманому значенню горизонтальної виштовхуючої сили приймаємо чотири гідравлічних домкрати ГД-3,5 вантажопідйомністю 3,5 т, найбільший хід поршня 180 мм.

Обчислимо зусилля, яке необхідно прикласти до привідної рукоятки домкрата для підйому циклону.

Згідно [12] існує залежність:

$$F = \frac{Q \cdot l \cdot d^2}{\eta \cdot L \cdot D^2},$$

де D – діаметр під'ємного поршня, м;

d – діаметр плунжера насоса, м;

L – довжина рукоятки, м (довжина педалі домкрата з технічного креслення ДР 021.00.00.000 ВЗ, $L = 0.38$ м);

l – плече штовхача плунжера, м (з креслення ДР 021.00.00.000 ВЗ, $l = 0.02$ м);

f – зусилля, що прикладається до плунжера, Н (залежить від маси машини і при чотирьох домкратах становить 2000 Н);

Q – зусилля, що прикладається до під'ємного поршня домкрата, Н;

η – ккд домкрата.

Врахувавши, що $Q = \frac{f \cdot D^2}{d^2}$ [12] і підставивши у попередню формулу отримаємо:

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{f \cdot l}{\eta \cdot L}.$$

Підставивши дані підібраного домкрата отримаємо:

$$F = \frac{f \cdot l}{\eta \cdot L} = \frac{1125 \cdot 0,02}{0,85 \cdot 0,38} = 69,66 \text{ Н}$$

Отже для підйому машини домкратами необхідне зусилля на педалі домкрата у 6,96кГс, що є незначним і можливим для працівника заводу.

3.5. Вибір інструментів та пристосувань

При монтажі та технічному обслуговуванні машини застосовуються такі матеріали та інструменти, до яких відносяться: рулетка, нівелір, домкрат, рівень, ремболти, слюсарно-монтажні інструменти. Оскільки циклон встановлюється на фундаменті, то вибираємо відповідний інструмент (таблиця 3.1)

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було обґрунтовано комплекс технічних та організаційних рішень, спрямованих на ефективну експлуатацію, монтаж, ремонт і випробування циклону 4БЦШ-500. Розроблені заходи базуються на сучасних вимогах до промислового обладнання та спрямовані на підвищення його надійності, безпеки та економічної доцільності.

З технічної точки зору запропоновано раціональну послідовність монтажних робіт, що забезпечує точне встановлення циклону, зменшення монтажних похибок і підвищення стабільності роботи обладнання. Застосування сучасних такелажних пристосувань і гідравлічних домкратів дає змогу скоротити час виконання робіт, зменшити фізичні навантаження на персонал і підвищити якість монтажу. Розроблено систему планово-попереджувального ремонту, що дозволяє своєчасно виявляти несправності й мінімізувати аварійні зупинки.

З економічної точки зору реалізація запропонованих заходів дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання завдяки впровадженню ППР, а також скоротити загальний термін монтажу. Правильно організовані підготовчі та монтажні роботи дають змогу зменшити кількість залученого персоналу та допоміжної техніки. Виконані розрахунки фундаменту і монтажного оснащення забезпечать механічну безпеку і довговічність конструкцій, що зменшує ризик пошкоджень та подовжує термін служби циклону.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			4. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								58	
Реценз.								гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворощук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

5. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

Під час експлуатації циклона 4БЦШ-500 особливу увагу слід приділяти дотриманню вимог безпеки. У зоні розміщення обладнання мають бути встановлені відповідні знаки безпеки. Зокрема, попереджувальні знаки інформують про наявність підвищеної запиленості, рівень шуму, високу температуру поверхонь, а також інші потенційні небезпеки. Заборонні знаки вказують на заборону перебування сторонніх осіб поблизу працюючого циклона, а приписувальні – зобов'язують працівників користуватись засобами індивідуального захисту, такими як респіратори, захисні окуляри та навушники. Вказівні знаки мають спрямовувати до аптечки, вогнегасника, аварійного вимикача та інших важливих елементів системи безпеки. Усі знаки повинні бути розміщені на видимих місцях і оновлюватися за потреби.

Обслуговування циклона передбачає фізичне навантаження, перебування у запилених приміщеннях, а також роботу на висоті. У таких умовах існує ризик виникнення перевтоми, яка проявляється загальною слабкістю, зниженням працездатності, головними болями, роздратованістю, втратою концентрації. Щоб уникнути цих негативних наслідків, необхідно дотримуватись раціонального режиму праці та відпочинку: робити короткі регламентовані перерви, забезпечувати доступ до питної води, чергувати фізичну і розумову діяльність, а також забезпечити належний мікроклімат у робочій зоні. За перших ознак вираженої втоми працівника слід усунути від роботи до повного відновлення.

Ще одним критичним аспектом безпеки є електробезпека. Циклон обладнаний електроприводом, системами управління та контролю, що працюють від електричної мережі. При пошкодженні ізоляції або неправильному обслуговуванні можливе ураження електричним струмом.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Захарків Н.М.			5. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці			Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Вітенько Т.М.								59	
Консульт.		Комар Р.В.						гр. МО-41			
Н. Контр.		Ворожук В.Я.									
Затверд.		Вітенько Т.М.									

У такому випадку першочергово необхідно знеструмити обладнання, використовуючи вимикач або аварійний відключаючий пристрій. Якщо це неможливо – слід обережно відокремити потерпілого від джерела струму за допомогою сухого, неелектропровідного предмета (дерев'яна палиця, лінійка, фанера). Далі необхідно оцінити стан постраждалого і за потреби розпочати серцево-легеневу реанімацію, зупинити кровотечу, накласти пов'язки на місця опіків або встановити імпровізовані шини при підозрі на переломи. До прибуття медиків постраждалого не можна залишати без нагляду. Усі дії повинні виконуватись із дотриманням правил особистої безпеки.

					<i>КРБ 050.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки

У кваліфікаційній роботі розроблено технології монтажу, технічного обслуговування і ремонту циклону марки 4-БЦШ-500.

Проведено:

- аналіз способів ремонту найбільш відповідальних вузлів і агрегатів;
- розроблено систему планово-попереджувальних ремонтних робіт (ППР) для циклону марки 4-БЦШ-500;
- розроблено заходи з організації ремонту і технічного обслуговування;
- розроблено заходи з організації основних монтажних робіт циклону;
- розроблено заходи з проведення пусконаладжувальних робіт і комплексного випробування обладнання;
- розраховано засоби для монтажу, ремонту, вивірки і центрування обладнання;
- розроблено технологію розбирання шлюзового затвору РЗ-БШМ;
- розроблено технологічний процес виготовлення кришки шлюзового затвору.

Виконана робота дає можливість стверджувати, що при правильній організації і проведенні ремонтних робіт, дотриманні графіка ППР та інших вимог циклону марки 4-БЦШ-500 може надійно і тривалий термін експлуатуватись.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Захарків Н.М.			Висновки		
Перевір.		Вітенько Т.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Ворощук В.Я.					
Затверд.		Вітенько Т.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						61	
					гр. МО-41		

Перелік посилань

1. Горбатюк Є. О., Бортник В. В., Кучер В. П., Литвиненко І. О. Технологія машинобудування : навч. посіб. / за ред. Є. О. Горбатюка. – Київ : ІСДО, 2019. – 436 с. – Режим доступу: <http://xn--e1ajqk.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Gorbatyuk-.O.-ta-in.-Tehnologiya-mashinobuduvannya.pdf>
2. Баришев О.І., Закалов О.В., Жидков Ю.В. Механізація вантажно-розвантажувальних, транспортних та складських робіт: Підручник/За ред. О.І.Баришева .-Донецьк:Норд-Прес,2007 .-467 с.
3. Закалов О.В., Ворощук В.Я. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. – Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 350 с.
4. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є. Методичний посібник до курсового проекту "Розроблення технологічного процесу механічного оброблення" / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2016. — 75 с.
5. Кожевников С. Н. Аппаратура и механизмы гидропнеumo-электроавтоматики металлургических машин. Киев, Машчиз, 2005.-961 с.
6. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О.,Українець А.І. та ін..-Вінниця: Нова книга, 2004.-288с.
7. Закалов О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин / Закалов .В.-Тернопіль:Видавництво ТДТУ, 2000.-360с.

					<i>КРБ 050.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Перелік посилань</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Захарків Н.М.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ворощук В.Я.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						62	
					<i>гр. МО-41</i>		

8. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. / Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун, Р.Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2019. – 240 с. – Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/29451>
9. Дейниченко Г.В. Оборудование предприятий питания. Ч.3/ Дейниченко Г.В., Ефимова В.А., Постнов Г.М.-Харьков.:Мир техники и технологий,2005.-456с.
10. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б., Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.-304с.
11. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин.— К.: Вища школа, 1993.— 556с.
12. Гурський П. В., Перневий Ф. В., Гулий І. С. Практикум монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв: навч. посібник для студ. вищих навч. закладів / П. В. Гурський, Ф. В. Перневий, І. С. Гулий та ін. — Харків, 2001. — 230 с
13. Про затвердження Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції підприємств: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 25.07.2006 № 258 / [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0988-09> (дата звернення: 13.06.2025).
14. Схеми компонування пиловловлювачів на зернопереробних підприємствах: рекомендації по розрахунку аспіраційних установок / НВФ МЕТАЛЛУМ. — Режим доступу: <https://www.metallum.com.ua/ua/blog/rekomendaczii-po-raschetu-aspiraczionnyix-ustanovok/sxemyi-komponovki-pyileulovitelej-na-zernopererabatyivayushhix-predpriyatiyah> (дата звернення: 13.06.2025)
15. Гуревич Ю. Є., Кузнєцов А. Я., Виров Б. Я. Інженерні основи розрахунків деталей машин: навч. посібник / Ю. Є. Гуревич, А. Я. Кузнєцов, Б. Я. Виров та ін. — М.: Кнорус, 2022. — 478 с. — ISBN 978-5-406-01414-1

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 16.Власенко Р. С. Технології очищення викидів в атмосферне повітря від промислового пилю на підприємствах хлібопекарної промисловості: кваліфікаційна робота бакалавра / Р. С. Власенко; Сумський держ. ун-т. — Суми, 2022. — 60 с. — Режим доступу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/89762/1/Vlasenko_bak_rob.pdf (дата звернення: 13.06.2025).
- 17.Волошин М. Д., Шестозуб А. Б., Гуляєв В. М. Устаткування галузі і основи проектування: підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / М. Д. Волошин, А. Б. Шестозуб, В. М. Гуляєв. — Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. — 371 с. — ISBN 966-8551-06-0
- 18.Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. — Харків: НТУ «ХПІ», 2020. — 275 с. — ISBN 978-617-7992-55-7
- 19.Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
- 20.Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. - с.13
- 21.Pylypets M. I. Designing uniformly loaded threaded connections M. I. Pylypets, O.M. Pylypets, V. R Pankiv Modern research in technical sciences: the impact of martial law in Ukraine (March 6–7, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024,-p.11-16.

					КРБ 050.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		