

РЕФЕРАТ

Даний дипломний проект спрямований на підвищення надійності та якості роботи пили гарячого різання в умовах напівбезперервного крупносортового стану 600.

У спеціальній частині приведений короткий опис стану 600, його технічна характеристика та склад обладнання, проведено аналітичний огляд конструкцій та технічних рішень щодо прокату пилами, надано опис пили гарячого різання, проаналізовано відмови в її роботі та запропоновані заходи на підвищення її надійності, зроблені розрахунки елементів конструкції пили.

У розділі «Монтаж, ремонт і змащування обладнання» описані технології розбирання, складання та монтажу пили гарячого різання, обраний спосіб кріплення рами пили на фундамент, розраховані стропи для підйому рами пили та фундаментні болти, розроблено схему геодезичного обґрунтування монтажу, приведені вимоги щодо змащенні вузлів пили.

В частині «Організація технічного обслуговування і ремонтів» наданий опис організації робіт та розподіл функцій між ремонтним і черговим персоналом, організацію роботи чергових слюсарів, організацію робіт по обслуговуванню пил гарячого різання, обґрунтовано штат і розрахований фонд оплати праці ремонтної бригади чергових слюсарів.

В частині «Економічне обґрунтування інженерних розробок» розраховано виробничу програму цеху та визначений термін окупності та середня річна ефективність від запропонованих заходів проекту.

У розділі «Техніка безпеки та охорона праці» зроблений аналіз потенційних небезпек і шкідливостей у сортопрокатному цеху, запропоновані заходи щодо підвищення рівня охорони праці.

Дипломний проект складається з графічної частини і пояснювальної записки. Графічна частина складається з 4 креслень загальним об'ємом 5 аркушів формату А1 та специфікації до них і представлена в додатках до пояснювальної записки на 6 аркушах формату А4. Текстова частина пояснювальної записки містить 75 аркушів формату А4, у тому числі рисунків – 20, таблиць – 6, перелік посилань – 15.

Ключові слова: пила гарячого різання, диск пили, різання сортового прокату.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	5
ВСТУП	7
1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 НАПІВБЕЗПЕРЕРВНИЙ КРУПНОСОРТНИЙ СТАН 600	8
1.1.1 Технічна характеристика	8
1.1.2 Склад основного технологічного обладнання	9
1.2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	11
1.2.1 Роторні пили гарячого різання	11
1.2.2 Патентний огляд	15
1.3 ПРИЗНАЧЕННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	23
1.4 ВІДМОВИ В РОБОТІ ПИЛИ ДИСКОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЗАННЯ СТАНУ 600	27
1.5 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	28
1.6 РОЗРАХУНКИ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	29
1.6.1 Розрахунок зусилля різання і подачі	29
1.6.2 Вибір двигуна механізму різання	31
1.6.3 Розрахунок на міцність валу диска	31
1.6.4 Вибір підшипників	35
1.6.5 Розрахунок механізму подавання диску	37
2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЦЬУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ	38
2.1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗБИРАННЯ	38
2.2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР КАНАТУ ДЛЯ СТРОПІВ	39
2.2.1 Вказівки до стропування машини та її вузлів	39
2.2.2 Розрахунок стропів для транспортування	41
2.3 ВИБІР СПОСОБУ КРІПЛЕННЯ МАШИНИ ТА РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНИХ БОЛТІВ	42
2.4 РОЗРОБКА СХЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ МОНТАЖУ	48
2.5 ПОРЯДОК ЗБИРАННЯ, МОНТАЖУ ТА ВИВІРЯННЯ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	51
2.6 Змащування пили гарячого різання	54
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ	55

3.1	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЙ МІЖ РЕМОНТНИМ І ЧЕРГОВИМ ПЕРСОНАЛОМ	55
3.2	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ЧЕРГОВИХ СЛЮСАРІВ	57
3.3	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПО ОБСЛУГОВУВАННЮ ПИЛ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	58
3.4	ШТАТ І СИСТЕМА ОПЛАТИ ПРАЦІ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛУ	60
3.5	РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ РЕМОНТНОЇ БРИГАДИ ЧЕРГОВИХ СЛЮСАРІВ	61
4	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК	66
4.1	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХУ НА РІК	66
4.2	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	68
5	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	70
5.1	АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ	70
5.2	ПРОПОНОВАНІ ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ	71
	ВИСНОВКИ	73
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
	ДОДАТКИ	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- v – швидкість обертання диска пили, м/с;
 u – швидкість подавання диска пили, мм/с;
 s_0 – товщина диска, мм;
 σ_p – напруження розтягу в диску, МПа;
 σ_b – межа міцності розрізуваного матеріалу, МПа;
 p – тиск на зуби пили при різанні, МПа;
 h_x – розрізувана товщина в різні моменти часу, мм;
 s – ширина прорізу, мм;
 P – окружне зусилля на диску, кН;
 R – радіальне зусилля на диску, кН;
 α – кут різання;
 Q – зусилля подачі диска «на метал», кН;
 N_p – потужність різання, кВт;
 η – к.к.д. приводу механізму обертання диска;
 w – кутова швидкість ротора електродвигуна, с⁻¹;
 M_H – номінальний момент електродвигуна, кН·м;
 M_{\max} – максимальний момент на валу електродвигуна, кН·м;
 k – коефіцієнт перевантаження двигуна в момент пуску;
 F – результуюче зусилля різання, кН;
 R_1 і R_2 – опорні реакції в опорах 1 і 2, кН;
 M_{u1} і M_{u2} – згинальний момент в опорах 1 і 2, кН·м;
 σ – напруження згину, МПа;
 τ – напруження кручення, МПа;
 $\sigma_{рез}$ – результуюче напруження, МПа;
 k_σ – коефіцієнт концентрації по напруженням вигину;
 k_τ – коефіцієнт концентрації по напруженням кручення;
 $W_{кр}$ – момент опору крученню, мм³;
 F_r – фактичне радіальне навантаження на підшипник, кН;
 F_a – фактичне осьове навантаження на підшипник, кН;

w_n – кутова швидкість цапфи підшипника, с^{-1} ;

$P_{екв}$ – динамічне еквівалентне радіальне навантаження, кН;

X і Y – відповідно коефіцієнти радіального і осьового навантаження;

V – коефіцієнт обертання;

k_B – коефіцієнт безпеки;

k_T – температурний коефіцієнт;

L_h – номінальна довговічність підшипника, годин;

C – динамічна вантажопідйомність підшипника, кН;

n_n – частота обертання підшипника, 985 хв^{-1}

N_n – потужність двигуна механізму подавання;

v_n – швидкість поступального переміщення диска, мм/с.

ВСТУП

В даний час різання гарячого металопрокату дисковими пилами є невід'ємною складовою частиною технологічного процесу на металургійних і трубопрокатних підприємствах України та за кордоном. Простота, дешевизна і висока продуктивність процесів високошвидкісного різання дисковими пилами дозволяють забезпечити необхідний такт випуску продукції і є основними перевагами, що обумовлюють широке поширення цього методу різання гарячого металопрокату. Найважливішими показниками ефективності процесу різання є стійкість пилкового диска і якість торця металопрокату. Наявність задирок на торцях металопрокату і завальцьовування отвору труби призводить до значного збільшення технологічних витрат при подальшій обробці.

Простота технологічної операції, дешевизна ріжучого диска і висока продуктивність процесу різання визначили широке поширення цього методу на металургійних і трубопрокатних підприємствах. Термофрикційне різання особливо ефективно при замкнутих профілях металопрокату, коли високопродуктивні методи різання (рубка на ножицях, холодна ломка, в штампах) неприйнятні через змінання металопрокату.

Подальший розвиток цього способу розділення сортового металопрокату нерозривно пов'язаний з розвитком обладнання, що його реалізує, шляхом удосконалення як вже існуючих конструкцій пил, так і розробкою нових конструкцій пил, що дозволять не тільки підвищити якість готового прокату, а й зменшити енергоємність процесу та забезпечити високу надійність самого обладнання.

1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Напівбезперервний крупносортовий стан 600

1.1.1 Технічна характеристика

За призначення на стані 600 прокатують та механічно обробляють сортовий прокат та трубну заготовку з вуглецевих сталей звичайної та підвищеної якості з тимчасовим опором в холодному стані до 800 МПа.

Прокатка виконується з квадратних блюмів перетином 300×300 мм, довжиною від 5,5 до 6 метрів та вагою від 3,8 до 4,16 тони.

Технічна характеристика:

1. Проектна річна продуктивність стану до 1,6 млн. т

2. Сумарна потужність встановлених на стані електродвигунів 60000 кВт

3. Сумарна потужність головних електродвигунів 36550 кВт

4. Кількість робочих клітей 15

серед них:

горизонтальних 850 2 (1Г, 2Г)

горизонтальних 730 7 (4Г, 6Г, 7Г, 9Г, 10Г, 11Г, 12Г)

вертикальних 730 3 (3В, 5В, 8В)

горизонтальних 580 3 (13Г, 16Г, 17Г)

5. Максимальна швидкість виходу розкату з чистової кліті 10 м/с

6. Максимальна довжина розкату після виходу з чистової кліті 94 м

7. Довжина готового прокату 6-24 м

8. Кількість холодильників 4

9. Кількість ліній холодних відділів 4

10. Кількість ділянок дообробки прокату 1

11. Кількість ділянок обробки трубної заготовки 1

12. Кількість ділянок рейкообробки 1

13. Вага механічного обладнання стана 16545 т

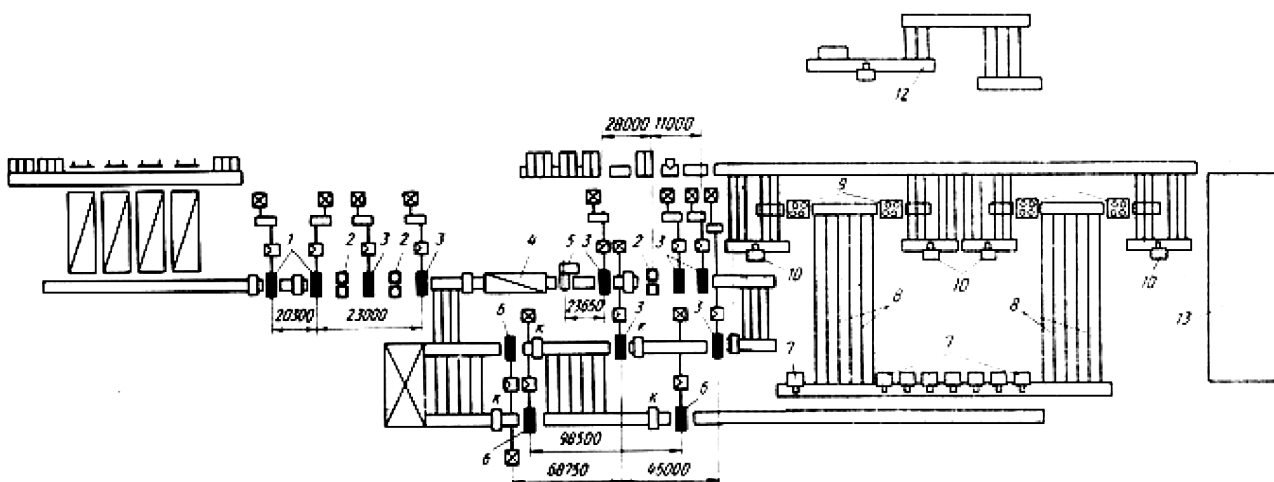
14. Вага запасних частин 520 т

15. Вага змінних комплектів 1120 т

До складу обладнання стану 600 входять обладнання ділянок нагрівальних печей, ділянка робочої лінії, ділянки пил гарячого різання, ділянки холодильників, ділянка холодної обробки, ділянки додаткової обробки прокату, ділянка обробки трубної заготовки, ділянка обробки рейок та інше.

1.1.2 Склад основного технологічного обладнання

Напівбезперервний крупносортний стан 600 [1] (рис. 1.1) містить сімнадцять робочих клітей – двовалкових з горизонтальними і вертикальними валками діаметром 850, 730 і 580 мм, котрі розташовані в трьох паралельних лініях, що сприяє гарній маневреності, технологічності при прокатці і скорочення просторів стану. У першій лінії стану розташовані дві безперервні групи: перша з п'яти робочих клітей і друга з трьох. Решта робочих клітей розташовані послідовно.



1 – робочі лінії горизонтальних клітей 850 (1Г, 2Г); 2 – вертикальні кліті 730 (3В, 5В, 8В); 3 – робочі лінії горизонтальних клітей 730 (4Г, 6Г, 7Г, 9Г-12Г); 4 – підігрівальна піч; 5 – ножиці гарячого різання; 6 – робочі лінії горизонтальних клітей 580 (13Г, 16Г, 17Г); 7 – пили гарячого різання; 8 – холодильники; 9 – пересувні роликотправильні машини; 10 – пили холодного різання; 11 – правильний прес дільниці відділки прокату; 12 – дільниця довідділки прокату; 13 – дільниця довідділки трубної заготовки

Рисунок 1.1 – Схема розташування основного технологічного обладнання стану 600 [1]

Особливістю стану є застосування робочих клітей з вертикальними валками, які приводяться від чотирьох вертикально розташованих електродвигунів потужністю 300 кВт з частотою обертання $12,5-16,7 \text{ с}^{-1}$. Розроблена схема при-

воду забезпечує передачу потужності електродвигунів до кожного валку. Це сприяє поліпшенню експлуатаційних якостей і зменшення габаритів і маси робочої кліті.

Чистова робоча кліть 580 з горизонтальними валками має станини відкритого типу, але з жорсткими клиновими сполуками стійок і кришки, що забезпечують жорсткість, близьку до жорсткості станин закритого типу. Робочі валки обертаються в радіально-упорних підшипниках рідинного тертя. Урівноваження верхнього горизонтального валка здійснюється пружинами, вмонтованими в подушки нижнього валка. Натискний механізм верхнього валка з приводом від електродвигуна постійного струму створює зусилля на натискні гвинти, розраховане на піджим валка в процесі прокатки, і підтримує швидкість переміщення гвинтів, рівну 0,8 мм/с. Для установки нижнього валка застосовано натискний пристрій з ручним приводом.

Для кантування розкату профілю встановлений універсальний кантувач з кантувальною втулкою, що дозволяє здійснювати поворот розкату на будь-який кут в межах 90° як без зміщення, так і зі зміщенням його по ширині рольганга.

Система різання складається з 10 дискових пил і дозволяє поєднати в часі транспортування і різання, в результаті чого є можливим різання по одному розкату довжиною 96 м при ритмі різання, що дорівнює 12 с.

На крупносортовому стані 600 передбачені три окремих ділянки: довідділки сортового прокату на правильному пресі і пилі холодного різання; обробки рейок; обробки круглого прокату. Цей стан є поєднанням двох станів: заготовочного і сортового.

Заготовочний стан, що складається з шести клітей, має окремо встановлену першу кліть, а решта п'ять клітей складають безперервну групу. Таке розташування першої кліті забезпечує вільний вихід розкату і його кантування перед завданням в наступну безперервну п'ятиклітьову групу заготовочного стану. Верхня горизонтальна грань переходить в бічну вертикальну і, таким чином, в процесі прокатки від неї вільно відділяється окалина.

Подальша прокатка на сортовому стані заготовки необхідних розмірів, отриманої після заготовочного стану, вимагає підвищення температури. Для цієї мети встановлена прохідна підігрівальна піч довжиною 107 м. Після підігрівальної печі розташована кліть з горизонтальним розташуванням валків. Це рішення пов'язане з наступними технологічними міркуваннями. В сортамент стану входить багато фасонних профілів, прокат яких вимагає розрізної заготовки

(двотаврових балок, швелерів, рейок та ін.). Розрізну заготовку на заготівельному стані отримати не можна, оскільки він призначений тільки для зменшення перетину заготовки, що надходить. Більш того, для широкого сортаменту фасонних профілів потрібно і кілька розмірів розрізних заготовок. Ось чому технологічно необхідно відділення першої кліті: в ній отримують розрізну заготовку при вільному розширенні або в калібрах. В даному випадку важливо, щоб ця заготівля мала максимально необхідні розміри; це і забезпечується першою кліттю.

Далі встановлена трьохклітьова безперервна група; перша кліть з вертикальним розташуванням валків забезпечує максимальну технологічність стану в цілому. При отриманні розрізної заготовки будь-якої ширини, що виходить з першої кліті, необхідна ширина забезпечується бічним обтисканням вертикальними валками; утворюється відома універсальність стану. Розташування клітей на трьох паралельних лініях з розподілом клітей на кожній лінії і з'єднанням лінії шлеперами дозволяє раціонально використовувати основне устаткування.

1.2 Аналітичний огляд

1.2.1 Роторні пили гарячого різання

Роторні пили гарячого різання металу призначені для розрізання труб і сортового прокату з чорного та кольорового металу в поточних лініях виробництва.

Спеціальна конструкція цих пил виконується на базі нової технології різання, розробленої АХК «ВНИИМЕТМАШ». Відмінною особливістю цієї технології є високопродуктивні режими різання, що дозволяють зменшити час різання до 0,1...0,01 с через зменшення часу контакту пилкового диска з металу, що розрізає, в 2...3 рази підвищити стійкість інструменту і якість торця розрізаного матеріалу, знизити енерговитрати на процес різання, істотно знизити час впливу шуму на обслуговуючий персонал, збільшити верхню межу розрізуваних перетинів в порівнянні зі звичайними пилами.

Залежно від розрізуваного сортаменту кілька типорозмірів пил, технічні характеристики яких дані в таблиці 1.1.

У порівнянні з традиційними пилами гарячого різання, наприклад, салазкового типу або маятникового, роторні пили мають в кілька разів більшу про-

дуктивність, більшу стійкість пилкових дисків, значно менші енерговитрати і, відповідно, вимагають значно менших капітальних і експлуатаційних витрат.

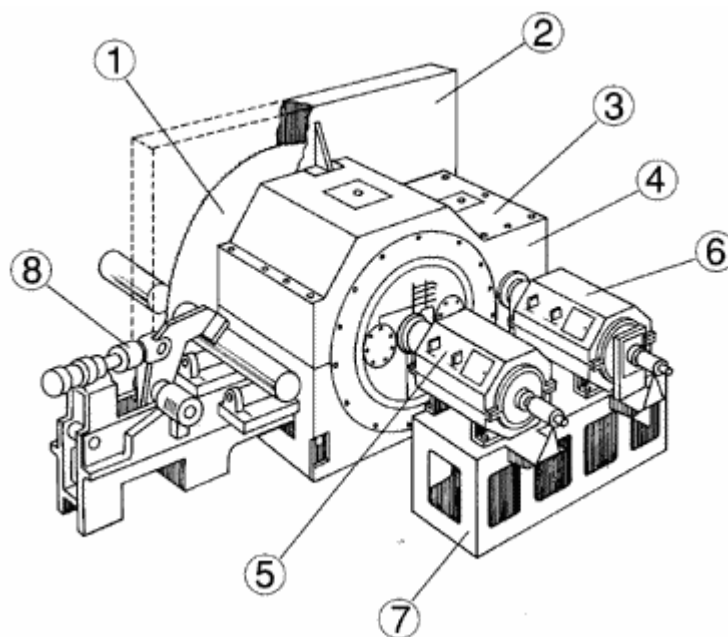
Таблиця 1.1 – Типорозміри роторних пил гарячого різання та їх технічні характеристики

Параметри	Од.вим.	Тип пили (діаметр пильного диску)			
		1200	1500	2000	2200
Розрізуваний перетин		круг, квадрат, труба, профіль			
Максимальний діаметр розрізуваної труби	мм	300	400	500	600
Максимальна висота перетину	мм	100	150	270	350
Максимальна ширина перетину	мм	200	300	500	1000
Максимальна площа перетину	мм ²	6000	30000	5700	9600
Температура розрізуваного матеріалу	°С	700-900	700-1000	700-1100	700-1200
Максимальна межа міцності розрізуваного матеріалу при температурі різання	МПа	300	200	120	70
Товщина пильного диску	мм	6	8	10	12
Встановлена потужність	кВт	65	150	200	330
Габарити пили					
Довжина	м	1,5	1,7	2,0	2,5
Ширина	м	2,6	4,0	4,5	5,0
Висота	м	1,95	2,5	2,9	3,4

Реалізація технології різання забезпечується конструкцією роторної пили. Пильний диск, що приводиться від електродвигуна, встановлений в роторі, при повороті якого на 360 ° здійснюється процес подачі диска до розрізуваного металу, розрізання металу і повернення диску в початкове положення.

Також у «ВНИИМЕТМАШ» розроблені, освоєні і широко використовуються в промисловості нові високопродуктивні дискові пили гарячого різання з підвищеними швидкостями подачі ріжучого інструменту на розрізуваний прокат. Ці пили знаходять широке застосування при різанні гарячого металу: сортового і фасонного прокату, труб, балок і заготовок в прокатних, ковальських і

заготівельних цехах, в установках безперервного розливання сталі та ін. Найбільший ефект досягається при різанні прокату великого перерізу (до діаметру 500 мм). В основу конструкції роторних пил покладено принцип переміщення центру пилкового диска по круговій траєкторії (рис. 1.2). Така кінематична схема дозволяє уникнути значних динамічних навантажень завдяки порівняно великому шляху розгону і гальмування різального інструменту і відсутності механізму зворотного руху пильного диска. Обертання пильного диска і водила здійснюється від двох незалежних електродвигунів. Зуб пилкового диска термічно оброблений і має спеціальну форму, кінематична схема і конструкція виконавчого механізму забезпечують мінімальний час циклу різання. Пила обладнана системами водяного охолодження пилкового диска і централізованого змащування. У роторних пилах гарячого різання реалізовані нові режими різання, при яких товщина шару, що знімається одним зубом, становить 0,5...1,0 мм, що значно перевищує аналогічні показники інших відомих типів пил. При тій же окружній швидкості продуктивність процесу різання зростає в кілька десятків разів. Технічні характеристики роторних пил конструкції «ВНИИМЕТМАШ» наведені в таблиці 1.2.



- 1 – Пильний диск; 2 – Кожух; 3 – Редуктор; 4 – Привод обертання водила; 5 – Електродвигун постійного струму приводу обертання диска; 6 – Електродвигун постійного струму приводу обертання водила; 7 – Станина; 8 – Притиск

Рисунок 1.2 –Роторна пила конструкції «ВНИИМЕТМАШ»

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики роторних пил конструкції «ВНИИМЕТМАШ»

Модель	P3-1200	P3-1600	P3-2000	P3-2500	P3-3200
Діаметр ріжучого диску, мм	1200	1600	2000	2500	3200
Максимальний діаметр заготовки, мм	100	180	280	350	500
Максимальна площа перетину заготовки, см ²	75	250	600	960	1600
Мінімальна температура заготовки, °С	750-800	750-800	750-800	750-800	750-800
Число різань на годину для максимального перетину	500	240	180	120	90
Потужність приводів, кВт	110	150	225	430	530
Габаритні розміри, мм	2200×1500	2800×2200	3500×2200	5000×3200	5600×4000

Застосування нових режимів різання в поєднанні з оригінальною конструкцією механізму подачі ріжучого диска має такі переваги:

1. Швидкоплинність процесу різання (час розрізання суцільний квадратної заготовки розмірами 340×340 мм складає 0,8 с).

2. Широкий діапазон розрізуваних перетинів.

3. Висока стійкість різального інструменту (пилкового диска).

4. Поліпшення умов праці (дія шуму, створюваного роторними пилами, не перевищує десятих часток секунди, пильний диск і ротор максимально закриті кожухом, який перешкоджає розльоту стружки і забезпечує безпечну роботу пили).

5. Зменшення питомої витрати електроенергії (витрата електроенергії зменшується приблизно в 2...3 рази в порівнянні з пилами традиційних конструкцій).

1.2.2 Патентний огляд

Відоме технічне рішення [3], яке з метою створення ефективної пили для різання прокату і розширення арсеналу пил, забезпечує збільшення швидкодії і підвищення ККД за рахунок зниження моменту інерції водила, оскільки привод ріжучого диска з маховиками і системою зубчастих передач встановлений окремо в стаціонарному корпусі таким чином, що центральна вісь приводу диска збігається з віссю обертання водила. В результаті момент інерції обертального водила істотно зменшений і відповідно знижені витрата енергії на різання і встановлену потужність приводу. Крім того, забезпечено зменшення габаритів механізму пили і уніфікація двигунів, оскільки обертання диска з маховиками здійснюється декількома двигунами з синхронізацією швидкостей обертання.

Сутність полягає в тому, що пила для різання прокату містить планетарний механізм з водилом, встановленим з можливістю обертання на сонячному валу і кінематично пов'язаних зубчастої передачею з привідним двигуном водила, а також периферійний вал, на якому закріплений ріжучий диск, причому сонячний вал встановлений з можливістю обертання тільки навколо своєї осі, пов'язаний зубчастої передачею з периферійним валом планетарного механізму і співвісно з'єднаний з можливістю спільного обертання з валом інерційного акумулятора енергії обертання.

Переважно водило пов'язано з приводним двигуном водила зовнішньої зубчастої передачею, з'єднаної проміжними зубчастими передачами з цим двигуном, а інерційний акумулятор енергії обертання виконаний у вигляді двох маховиків, з'єднаних з приводними двигунами маховиків і, через що підсумовує зубчасту передачу, з валом цього акумулятора енергії обертання.

У кращому варіанті реалізації інерційний акумулятор енергії обертання виконаний у вигляді двох однакових маховиків, розміщених в стаціонарному корпусі і з'єднаних з однаковими приводними двигунами маховиків, а також, через симетричну підсумкову зубчасту передачу, з валом інерційного акумулятора енергії обертання.

При цьому радіус обертання периферійного валу, на якому закріплений ріжучий диск, щодо сонячного валу виконаний меншим радіусу ріжучого дис-

ка, планетарний механізм і зубчасті передачі двигунів розміщені в, щонайменше, одному корпусі, двигуни маховиків виконані синхронізованими, крім того, пила забезпечена системою автоматики, що містить датчик кутового положення водила і датчик числа обертів диска, підключені до блоку управління, сполученого з приводними двигунами.

На кресленні (рис. 1.3) зображена кінематична схема механізму пили для різання прокату.

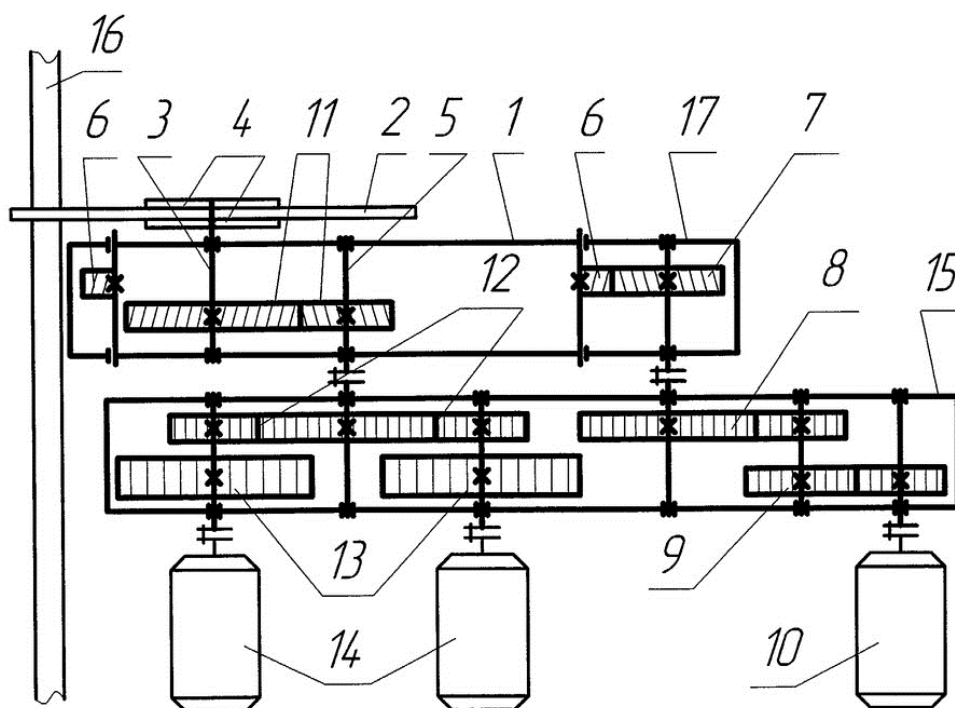


Рисунок 1.3 – Кінематична схема механізму пили для різання прокату [3]

Пила для різання прокату містить планетарний механізм з водилом 1, встановлений з можливістю обертання на сонячному валу 5 і кінематично пов'язаних зовнішньої зубчастої передачею з колесами 6, 7 з приводним двигуном 10 водила 1, а також периферійний вал 3, на якому закріплений ріжучий диск 2. сонячний вал 5 встановлений з можливістю обертання тільки навколо своєї осі, пов'язаний зубчастої передачею 11 з периферійним валом 3 планетарного механізму і співвісно з'єднаний з можливістю спільного обертання з валом (не позначений) інерційного акумулятора енергії обертання. Площина ріжучого диска 2 перпендикулярна осі розрізуваної заготовки 16.

Водило 1 пов'язано з приводним двигуном 10 водила зубчастою передачею 6, 7, з'єднаної проміжними зубчастими передачами 8, 9 з цим двигуном 10. Іне-

рційний акумулятор енергії обертання виконаний у вигляді двох однакових маховиків 13, з'єднаних з однаковими синхронізованими приводними двигунами 14 маховиків 13 і, через симетричну підсумкову зубчасту передачу 12, з валом цього акумулятора енергії обертання.

Радіус обертання периферійного валу 3, на якому за допомогою планшайби 4 закріплений ріжучий диск 2, щодо сонячного валу 5 виконаний меншим радіусу ріжучого диска 2. Тобто вали 3 і 5 встановлені таким чином, що міжцентрова відстань між валами 3 і 5 менше радіуса ріжучого диска 2, але більше максимального розміру заготовки 16. Оскільки момент інерції водила 1 пропорційний квадрату радіусу обертання щодо валу 5, радіус обертання водила 1 повинен бути мінімально можливим для зниження моменту інерції. Крім того, чим менше радіус обертання водила 1, тим менше габарити пили. З іншого боку, радіус обертання водила 1 повинен забезпечувати розрізання заготовки 16, тобто бути більше її розміру. Оскільки диск 2 встановлений на валу 3 за допомогою планшайби 4, різниця радіусів диска 2 і планшайб 4 також повинна бути більше розміру заготовки 16. Таким чином, радіус диска 2 повинен бути більше радіуса обертання водила 1 хоча б на радіус планшайб 4.

Зубчасті передачі 8, 9, 12 і маховики 13 розміщені в даному випадку в ізолюваному просторі стаціонарного корпусу 15. Зубчасті передачі 6, 7, 11 і планетарний механізм з водилом 1 і валом 5 розміщені в ізолюваному просторі стаціонарного корпусу 17. Корпуси 15 і 17 можуть бути конструктивно з'єднані (виконані заодно). Число ступенів зубчастих передач 6, 7, 8 і 9 визначається конструктивно виходячи зі співвідношення заданих швидкостей обертання водила 1 і двигуна 10.

Пила оснащена системою автоматики (не зображена), що містить блок управління, датчик кутового положення водила 1 і датчик числа обертів диска 2, підключені до блоку управління, сполученого з електроприводами двигунів 10, 14, які можуть бути виконані у вигляді окремих блоків. Як двигуни 10 і 14 можуть використовуватися мотор-редуктори. Датчик кутового положення водила 1 може бути встановлений на будь-якому з валів зубчастих передач 8, 9 або двигуна 10. Датчик числа оборотів диска 2 може бути встановлений на будь-якому з валів 5 або двигунів 14.

Діаметр ріжучого диска 2 залежить від розміру перетину розрізуваної заготовки 16 і може знаходитися, наприклад, в діапазоні від 1000 до 3500 мм. Максимальний розмір перетину розрізуваної заготовки 16 може становити, напри-

клад, до 700 мм при відповідному максимальному діаметрі диска 2 і визначається виходячи з кінематичних і силових параметрів пили.

У конструкції пили не накладається принципів обмежень на кількість маховиків 13 і двигунів 14.

Пила для різання прокату працює наступним чином.

При запуску пили водило 1 встановлюється в початкове положення таким чином, щоб ріжучий диск 2 знаходився на максимальному видаленні від заготовки 16. Для цього включається двигун 10 приводу водила 1, керований системою автоматики пили, яка отримує інформацію про кутове положення водила 1 щодо корпусу 17 за допомогою датчика кутового положення, що формує сигнал досягнення вихідного положення. При повороті водила 1 вал 3 здійснює планетарний рух щодо центрального валу 5. Таким чином здійснюється подача диска 2 в напрямку різання. При цьому ріжучий диск 2 обертається навколо осі валу 3 і разом з ним навколо центрального валу 5.

Потім включаються двигуни 14 приводу обертання ріжучого диска 2. Двигуни 14 приводять в обертання маховики 13 через систему зубчастих передач 12 центральний вал 5, зубчасту пару 11 з валом 3, на якому за допомогою планшайби 4 закріплений ріжучий диск 2, який накопичує енергію, необхідну для різання заготовки 16, за допомогою обертових маховиків 13 і двигунів 14.

Під управлінням системи автоматики пили диск 2 розкручується до номінальних обертів. Швидкість обертання диска 2 вибирається з урахуванням технологічних особливостей операцій різання і зазвичай досягає величини окружної швидкості диска 2, наприклад від 80 до 120 м/с. Досягнення заданої швидкості обертання диска 2 фіксується системою автоматики пили за допомогою датчика оборотів. Оскільки використовуються однакові двигуни 14 і маховики 13, а зубчасті передачі 12 мають однаковий коефіцієнт передачі, двигуни 14 повинні обертатися з однаковою швидкістю. Їх синхронізація здійснюється системою автоматики пили. Після досягнення заданої швидкості диска 2 двигуни 14 переводяться в режим підтримки постійної швидкості.

Після установки водила 1 в початкове положення і досягнення заданої швидкості обертання диска 2 пила готова до різання. Якщо заготовка 16 зафіксована в необхідному для різання положенні, система автоматики пилки дозволяє різання. Подача на різання здійснюється поворотом водила 1 через системи зубчастих передач 6, 7, 8 і 9 від двигуна 10.

Після отримання команди на різання система автоматики пили починає розгін водила 1 за допомогою двигуна 10. Для визначення швидкості подачі, яка може бути задана в межах, наприклад, до 1,5-2 м/с, система автоматики використовує показники датчика кута повороту водила, наприклад інкрементного перетворювача кутових переміщень. Розгін водила 1 завершується до моменту досягнення кута повороту, при якому диск 2 почне контактувати з заготівлею. Після досягнення заданої швидкості система автоматики переводить двигун 10 в режим підтримки постійної швидкості.

Після початку різання швидкість обертання диска 2 починає зменшуватися, оскільки накопичена маховиками 13 енергія витрачається на роботу з розрізання заготовки 16. Маса маховиків 13 залежить від необхідної роботи різання і може досягати декількох тон.

Швидкість подачі водила 1 підтримується двигуном 10. Оскільки швидкість подачі складає більше 1 м/с, то розрізання заготовки 16, наприклад діаметром 500 мм, буде виконано менш ніж за 0,5 с.

Після виходу диска 2 із зони контакту з заготівлею 16 водило 1 необхідно загальмувати і встановити в початкове положення. Для цього система автоматики пили за допомогою датчика кута повороту водила 1 визначає кут, при якому слід почати гальмування двигуна 10. Для гарантованого гальмування водила 1 і фіксації його в початковому положенні двигун 10 може бути забезпечений гальмом.

Таким чином, двигун 10 виконує розгін і гальмування водила 1 при кожному розрізанні, і його потужність залежить від приведенного моменту інерції обертового водила 1. У середині корпусу 17 в русі водила 1 беруть участь тільки зубчасті передачі 6, 7 і 11. Маховики 13 і зубчасті передачі 12, розміщені в корпусі 15, в обертанні водила 1 участі не беруть. В результаті інерційний акумулятор енергії обертання, тобто значні маси маховиків 13 і зубчастих передач 12, виключений зі складу обертових для виконання подачі навколо валу 5 разом з водилом 1 деталей, що призводить до зменшення потужності, необхідної для виконання подачі диска 2 з водилом 1. Це дозволяє істотно зменшити потужність двигуна 10 в порівнянні з відомими пилами і добитися значної економії енергії.

При різанні відбувається просадка швидкості обертання диска 2 разом з маховиками 13, яка відновлюється до номінального значення двигунами 14 під час паузи між різаннями. Розгін диска 2 і маховиків 13 до номінальної швидко-

сті обертання система автоматики пили за допомогою двигунів 14 починає одночасно з початком гальмування водила 1. Після встановлення водила 1 в початкове положення і досягнення диском 2 номінальної швидкості обертання пила готова до наступного різання.

Необхідний час циклу залежить від технології виробництва і визначається темпом переміщення і фіксації заготовок 16 в позиції різання.

Ефективність всієї технологічної лінії визначається часом різання і готовності пили до наступного різання. Використання описуваної конструкції пили дозволяє збільшити швидкодію і підвищити ККД, тим самим зменшити витрати енергії на різання і скоротити час циклу. Таким чином, створюються передумови для збільшення продуктивності технологічних ліній. Зменшені габарити пили спрощують задачу її вбудовування в діючі агрегати при їх реконструкції.

Відома конструкція диска пили [4] корпус якої виконаний у вигляді частин окружності (рис. 1.4), обмеженої двома паралельними рівновіддаленими від центру хордами, при цьому висота зубів збільшується на кожній ділянці від першого до останнього. В даному диску з метою збільшення стійкості дисковий корпус 1 пили виконаний у вигляді частини кола, обмеженою двома паралельними рівновіддаленими від центру хордами, при цьому висота ріжучих зубів 2 на кожній ділянці збільшується від країв до середини. Це дозволяє мати високу продуктивність при розпилюванні шаруватих і композиційних матеріалів, що складаються з різних за фізичними властивостями речовин.

У процесі різання першими в роботу вступають ріжучі зуби 2, котрі мають меншу висоту на краю 4 зубчастого сектора, що оберігає їх від великих сил різання і надмірного зносу. Далі різання здійснюється повнопрофільними ріжучими зубами 2. Зуби, розташовані за ними, практично не ріжуть, а начисто вичищають місце пропила від стружки.

Оскільки корпус 1 має несучільну периферію, то різання здійснюється з ударами, що сприяє викришування матеріалів, що мають різну орієнтацію відносно передньої поверхні зубів.

Відомий диск пили [5] в якому (рис. 1.5), з метою підвищення надійності роботи, корпус виконаний з двох дисків 4, 5 і кільця 6 з ріжучими зубами на периферії, причому кільце 6 пов'язане з дисками 5 за рахунок сил адгезії, а порожнина між ними заповнена високонаповненим композиційним матеріалом на полімерній основі, причому зуби кільця 6 зміщені щодо зубів дисків 4, 5 на відстань, рівну половині кроку.

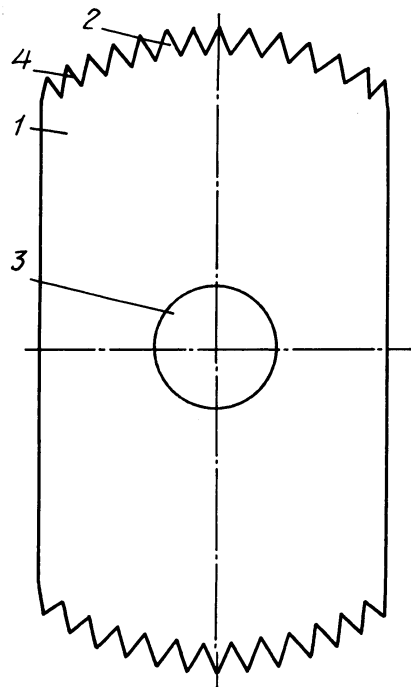
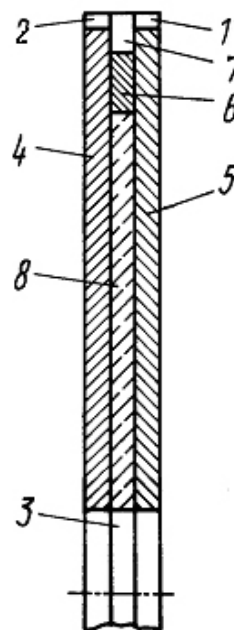


Рисунок 1.4 – Диск пили



1, 2 – зуб; 3 – отвір під кріплення диска; 4, 5– диск; 6 – кільце, 7 – зубці, нарізані на кільці 6; 8 – композиційний матеріал.

Рисунок 1.5 – Диск пили

Пристрій працює наступним чином.

Посадковим отвором 3 пила встановлюється на шпиндель і затискається. В процесі роботи ріжучі зуби 1 і 2 дисків 4 і 5 прорізають бічні канавки в оброб-

люваному матеріалі, а слідом йде зуб 7, котрий підчищає середню частину пропила. Завдяки рівномірному розподілу припуску зуби 1, 2 і 7 працюють в сприятливих умовах, що знижує рівень їх коливань і нагрів. Композиційний матеріал 8 добре гасить коливання в самому матеріалі і на кордонах середовищ метал-полімер. Крім того, відведення тепла відбувається рівномірно на всі боки, що знижує ймовірність деформації пили.

Відоме технічне рішення [6] спрямоване на зменшення сумарної роботи різання $A_{\text{сум}}$ механізму обертання диска та підвищення його технічного ресурсу за рахунок оптимізації траєкторії руху в процесі розділення сортового металопрокату, шляхом додаткового обладнання гідравлічним механізмом, введення в дію котрого забезпечує мінімальне відхилення між напрямом швидкості подачі і напрямом переміщення центру диска, яке дозволяє зменшити число входів п зубців в заготівку, що є бажаним результатом при розділенні фланцевих профілів, та скоротити шлях диска крізь заготівку, що є актуальним при розділенні профілів суцільного перетину, тому що дозволяє підвищити технічний ресурс диска і знизити енерговитрати процесу різання в цілому (рис. 1.6).

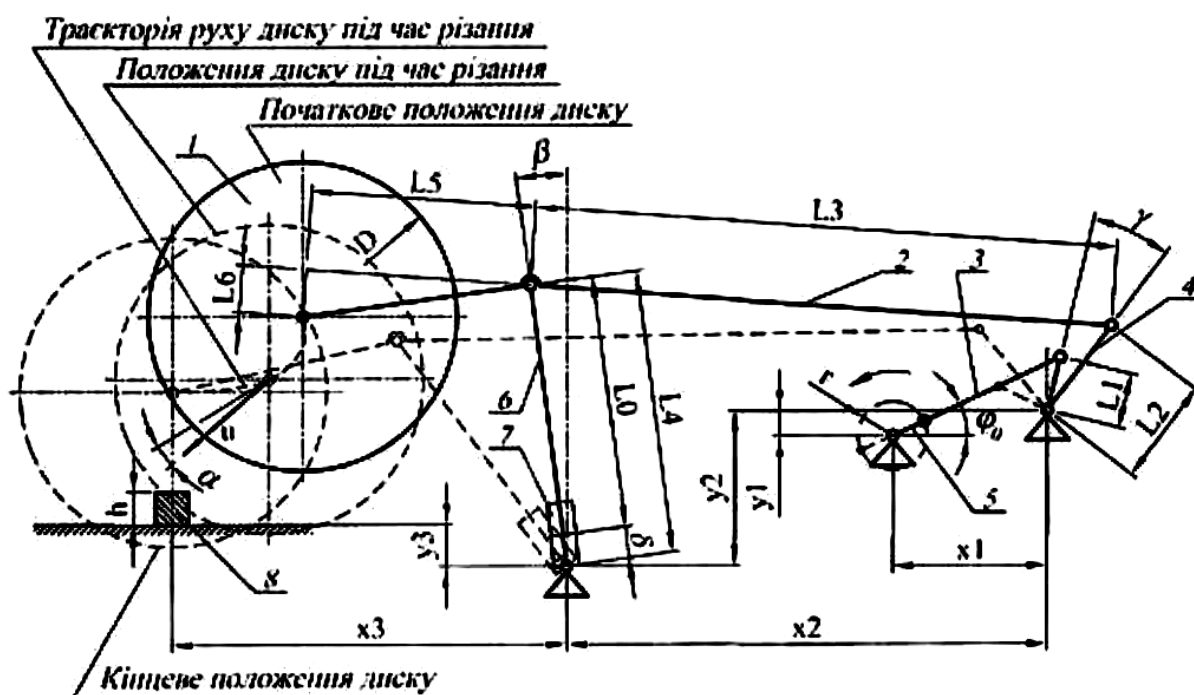


Рисунок 1.6 – Вдосконалення конструкції використовуваної чотириланкової дискової пили

Пила працює наступним чином: диск 1 закріплений на шатуні 2 переміщують шляхом обертання кривошипу 5 та повороту двоплевого важеля 4

з'єданого з кривошипом 5 шатуном 3, при цьому під час різання забезпечується переміщення диска з мінімальним значенням куту α шляхом змінення довжини коромисла 6 завдяки наявності у його конструкції гідроциліндру 7. При включенні гідроциліндра, довжина коромисла 6 буде зменшуватись, завдяки чому центр диска буде насуватись на заготовку 8 під більш гострим кутом.

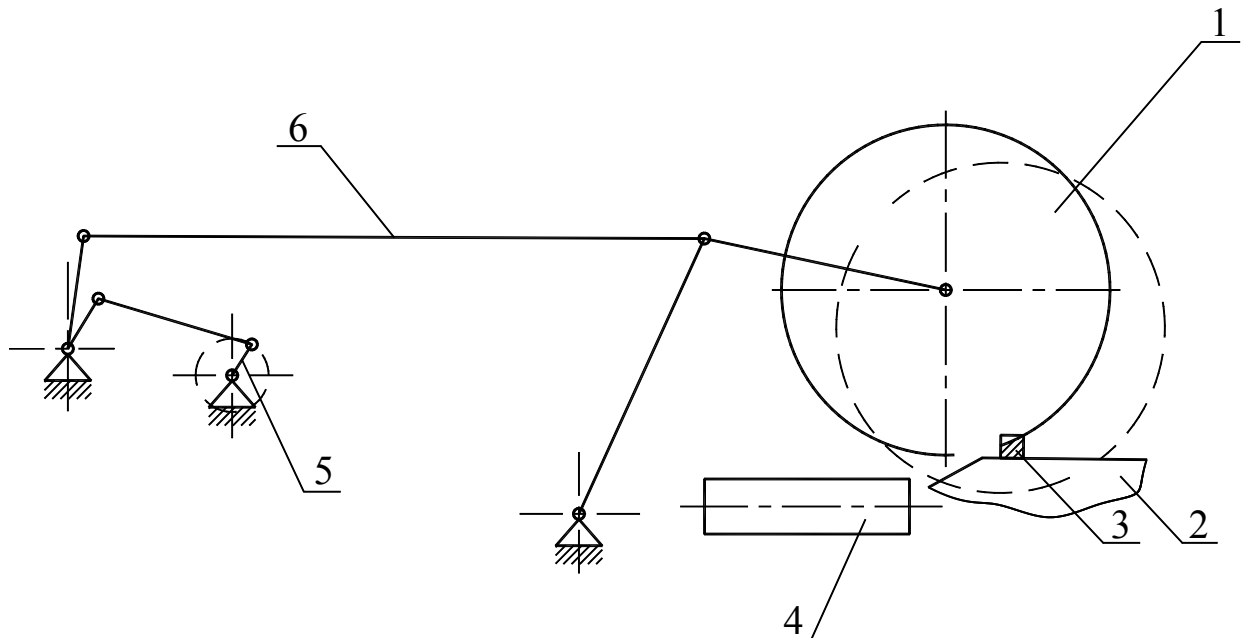
1.3 Призначення і конструкція пили гарячого різання

Ділянка різання стану 600 обладнана дев'ятьма пересувними дисковими пилами, котрі встановлено послідовно уздовж стелажа різання, що дозволяє одночасно робити різання на мірні довжини декількох заготовок. Для підведення прокату і прибирання його після різання на ділянці встановлені підвідний і відвідний рольганги, що виконують функції передаточних конвеєрів; транспортування прокату між стелажем різання і рольгангами здійснюється шлепером.

Пересувна пила гарячого різання з діаметром диска 1800 мм (рис. 1.7) призначена для різання гарячого і термозміцненого прокату на мірні довжини; технічні параметри конструкції пили представлені в таблиці 1.3. Пила складається з двох основних частин. Нижня частина пили являє собою зварену раму, встановлену за допомогою двох пар ходових коліс на рейковий шлях. Пара ходових коліс з'єднана з механізмом пересування пили (пара коліс неприводна). На нижній частині пили встановлені: механізм подачі диска; механізм пересування пили і два механізми фіксації пили.

Механізм подавання диска призначений для подавання диска пили на різання і повернення диска в початкове положення. Механізм подавання диска містить вузол важеля з противагою, кривошипно-важільний вузол, триступеневий циліндричний редуктор, важіль ведений, важіль упорний. Вузол важеля з противагою складається з приводного валу і напесованих на нього важеля з противагою і приводного важеля. Вал змонтований на сферичних роликотідшипниках, встановлених в стойках рами за допомогою осей в сферичних роликотідшипниках. Кривошипний вал змонтований на сферичних роликотідшипниках в розточеннях рами і з'єднаний зубчастої муфтою з тихохідним валом редуктора. Другий кінець тихохідного валу редуктора з'єднаний з вимикачем. Швидкохідний вал редуктора через зубчасту муфту з гальмівним шківом з'єднаний з валом електродвигуна. Редуктор, вимикач і електродвигун встановлені на оброблених майданчиках рами. У верхній частині важеля з противагою на

гільзі встановлені два кулькових радіально-упорних підшипника. Через гільзу пропущена вісь, за допомогою якої важіль з противагою з'єднується з верхньою частиною пили. Важіль ведений має зварювально-литу конструкцію, встановлений на осях на сферичних роликотпідшипниках, розташованих в розточеннях рами.



1 – диск, 2 – стелаж різання; 3 – заготовка, 4 – відповідний рольганг; 5 – приводний кривошип; 6 – хитна рама.

Рисунок 1.7 – Кінематична схема чотириланкової дискової пили станна 600

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика пили

№	Найменування показника	Значення
1	Діаметр диска пили, мм найбільший найменший	1800 1620
2	Товщина диска, мм	9
3	Число зубців, шт для звичайного прокату для термозміцненого прокату	300 600
4	Хід диска, мм	880
5	Найбільша площа поперечного перерізу прокату, мм ²	12270

Продовження таблиці 1.3

№	Найменування показника	Значення
6	Найбільша температура прокату °С	970
7	Механізм обертання диска пили: тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв ⁻¹	електромеханічний 200 985 –1470
8	Механізм подавання диска: тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв ⁻¹	електромеханічний 12 740
9	Механізм пересування пили: Швидкість пересування пили, м/с тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв ⁻¹	0,035 електромеханічний 3 910
10	Механізм фіксації пили: тип кількість, шт	пружинно– пневматичний 2

Для запобігання від попадання до вузлів пили стружки, важіль ведений забезпечений козирком. З верхньою частиною пили важіль ведений з'єднується за допомогою осей, встановлених на сферичних роликотідшипниках. Важіль, призначений для запобігання зсуву прокату під час різання, змонтований на осі на кулькових радіально-упорних підшипниках. Другою опорою важеля служить ролик, встановлений на кронштейні, закріпленому на відомому важелі. При подачі диска пили вперед (на різання) важіль під дією сили тяжіння опускається і спирається на борт рольганга. Ролик при цьому відривається від важеля при поверненні диска пили в початкове положення, ролик піднімає важіль у верхнє (вихідне) положення, що забезпечує пропуск порізаного прокату на відвідний рольганг при ході штовхача вперед.

Механізм переміщення пили призначений для переміщення пили по рейках при зміні довжин порізаного прокату. Механізм переміщення пили містить: черв'ячні редуктори, кронштейн і електродвигун. Кронштейн - зварений, з'єднаний з рамою болтами і штифтами, призначений для розміщення на ньому редукторів. Швидкохідний вал редуктора з'єднаний з електродвигуном пружною

втулочно-пальцевою муфтою, а тихохідний вал першого редуктора з швидкохідним валом другого редуктора з'єднаний пружною втулочно-пальцевою муфтою з проміжним валом, розташованим в кронштейні.

Маточина черв'ячного колеса редуктора виконана з шліцьовим отвором, яким з'єднується з шліцьовим валом колісної пари. Електродвигун закріплений на рамі.

Механізм фіксації пили призначений для стопоріння пили на рейках. Пила постійно застопорена на рейках і звільняється тільки під час переміщення. Стопоріння здійснюється пружиною, а розблокування – пневмоциліндром. Механізм фіксації містить два литих важеля, встановлених на осі так, що утворюють кліщі, малі плечі яких затискають головку рейки, а великі плечі з'єднані пружиною і пневмоциліндром. Гвинтова пружина стиснення встановлена в склянці, змонтованому в розточуванні важеля. Різьбова тяга, призначена для створення попереднього підтиску пружини, пропущена крізь пружину і кришку склянки і шарнірно з'єднана з важелем. Попереднє стиснення пружини створюється за допомогою зміни ступеня навинчування гайок на тягу спеціальним торцевим ключем. Механізм фіксації змонтований на підставі і закритий кожухом. Підстава, в свою чергу, кріпиться до рами болтами і штифтами. У кожусі встановлені обмежувачі, що дозволяють регулювати зазор між рейкою і важелями. На важелі встановлений вимикач, призначений для подачі сигналу в систему управління пилою.

Верхня частина пили складається зі зварної рами, валу диска пили, водоохолоджуваних екранів, кожухів і литого корпусу, литого кронштейна. Корпуси та кронштейн з'єднані з рамою болтами і шпонками. Вал диска пили змонтований в склянках на високошвидкісних підшипниках і з'єднаний безпосередньо з електродвигуном зубчастою муфтою. На вал диска пили напресована шайба зі шпонкою, на яку встановлюється сам диск і дискотримач. Всі деталі, які беруть участь в обертанні, виготовлені з високою точністю і збалансовані. Зміна диска проводиться тельферами або краном за допомогою скоб.

Кришки мають підведення для води, що охолоджує склянки з підшипниковими опорами, вал диска пили, литий корпус, кронштейн і електродвигун від прямого тепловипромінення захищені знизу водоохолоджуваними екранами. Охолодження диска пили і корпусів підшипників проводиться водою від колекторної труби з відводами, прокладеної вздовж рейкового шляху. Пильний диск закривається двома кожухами - основним і допоміжним, закріпленим на основ-

ному кожусі. При зміні диска пили відкидається тільки допоміжний кожух. Змазування високошвидкісних підшипників валу диска пили проводиться від мастильної двомагістральної ручної станції густого змазування, встановленої на нижній частині пили.

Подача повітря в пневмоциліндри фіксаторів і підведення електроживлення проводиться через кабельні візки, що переміщуються уздовж рейкового шляху.

1.4 Відмови в роботі пили дискової ділянки різання стану 600

Відмови в роботі пили дискової ділянки різання стану 600 можна класифікувати таким чином:

- відмови, пов'язані з природним зносом основних вузлів (механізмів);
- аварійний (передчасний) вихід з ладу обладнання.

Велика частка відмов приходить на першу групу, що насамперед пов'язано з фізичним старінням обладнання і економією закупівлі запасних частин.

По механізму обертання диска пилки.

Підшипникові опори валу диска – зношення розточувань корпусів підшипників та недосконала система їх відновлення призводять до перекосів нерівномірного розподілу навантаження на підшипник, що знижує його ресурс.

Наявність зазорів в корпусах підшипників і незбалансованість диска призводить до вібрації всієї установки пили і додаткового навантаження на механізми.

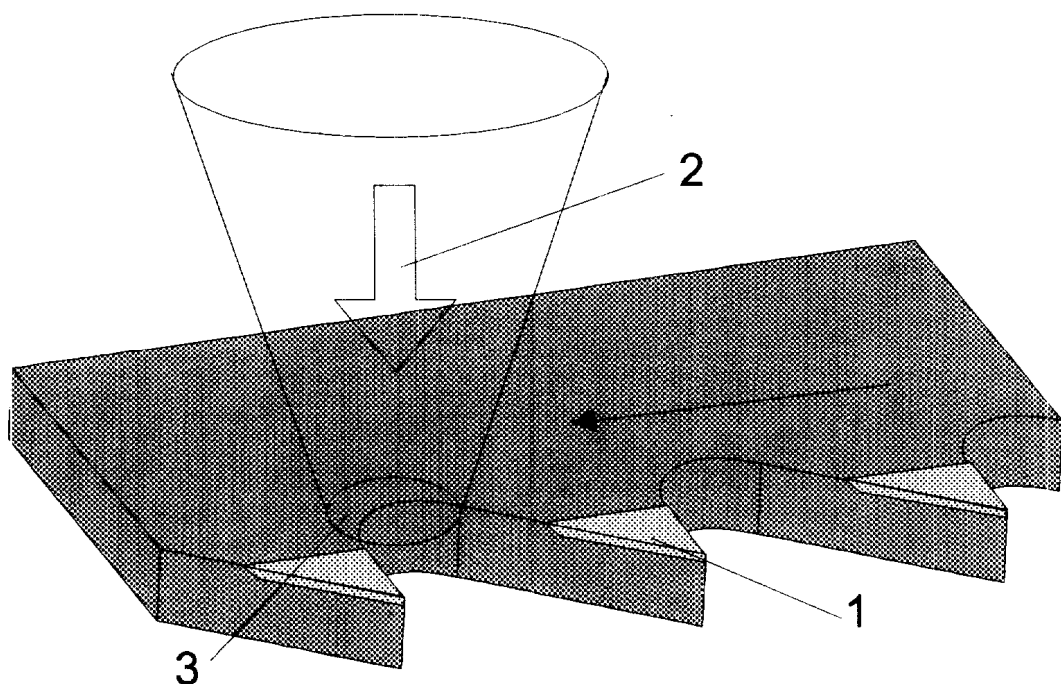
По механізму пересування.

Пила встановлена на 4-х ходових колесах, котрі переміщуються по рейковому шляху; в процесі роботи рейковий шлях сильно забруднюється стружкою, котра утворюється при різанні, що ускладнює пересування і позиціонування пили на мірну довжину відрізуваної заготовки; крім цього для надійного закріплення пили під час різання вона фіксується спеціальним механізмом, робочий орган якого взаємодіє з головкою рейки, тому рейки доводиться чистити що саме по собі досить трудомістка процедура.

1.5 Заходи щодо підвищення надійності роботи пили гарячого різання

В даному дипломному проекті пропонується для збільшення терміну служби дисків ділянки пил гарячого різання сортопрокатного цеху здійснювати додаткову термічну обробку ріжучої поверхні, що дозволить підвищити міцність як вершин так і западин зубів диска пили. За основу можна взяти описане нижче технічне рішення [7].

Спосіб термічної обробки дисків пил гарячого різання прокату полягає в тому, що загартування і відпуск дисків пил гарячого різання прокату здійснюють у наступний спосіб (рис. 1.8). Спочатку здійснюють лазерне загартування поверхні зубців пили при русі лазерного променя, а потім проводять високотемпературний відпуск ділянок диска пили в області западини між зубами променем лазера з густиною потужності в 10...20 разів і швидкістю руху плями лазерного засвічення в 2...4 рази меншими, ніж при загартуванні.



1 – зуб; 2 – напрям лазерного променя; 3 – воронка.

Рисунок 1.8 – Спосіб термічної обробки дисків пил гарячого різання прокату

1.6 Розрахунки пили гарячого різання

1.6.1 Розрахунок зусилля різання і подачі

Визначити зусилля на диск і потужність електродвигуна при розрізанні заготовки квадратного перетину $b \times h = 125 \times 125$ мм дисковою пилою [8].

Дано:

- діаметр диска 1800 мм;
- швидкість обертання диска (максимальна) $v = 139$ м/с;
- швидкість подачі (мінімальна при різанні найбільшої товщини) $u = 25\text{--}270$ мм/с;
- товщина диска, згідно ГОСТ 5379–50, $s_0 = 9$ мм;
- температура розрізає заготовки при різанні 750°C
- матеріал заготовки - вуглецева сталь з вмістом 0,3% С.

Визначаємо напруження розтягу в диску від дії відцентрових сил за формулою

$$\sigma_p = 0,00785 \cdot v^2 = 0,00785 \cdot 100^2 = 151,67 \text{ МПа.}$$

Визначаємо окружне зусилля на диску пилки при різанні. Згідно рис. 1.9, межа міцності вуглецевої сталі при температурі 750°C $\sigma_b = 160$ МПа.

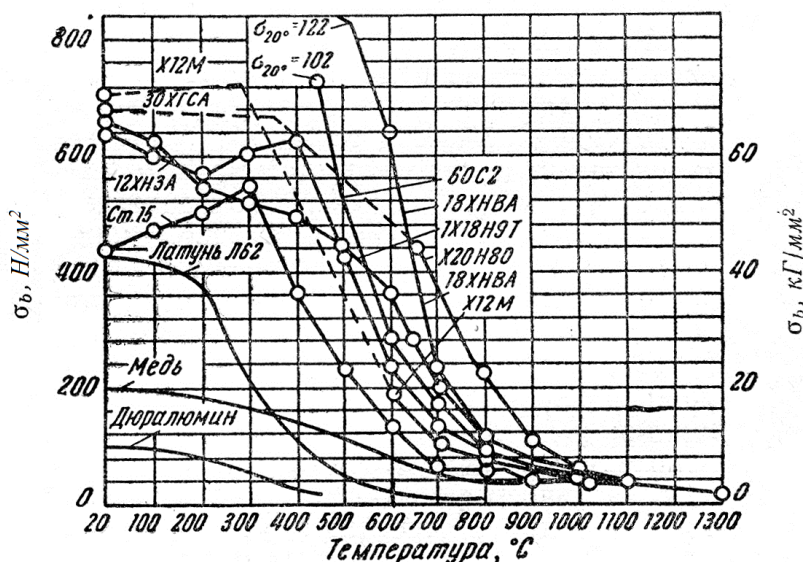


Рисунок 1.9 – Залежність межі міцності від температури

Приймаємо: тиск на зуби пилки при різанні:

$$p = 50 \cdot \sigma_b = 50 \cdot 160 = 8000 \text{ МПа.}$$

Викреслюємо різні положення диска при подачі його "на метал" (з певним кроком подачі диска на різання, наприклад 25 мм) при різанні і визначаємо відповідні товщини h_x в різні моменти часу; на рисунку 1.10 представлено положення диска в момент різання заготовки (положення, коли довжина дуги різання максимальна).

Знаходимо величину проекції максимальної довжини дуги різання на вертикальну площину $h = 55$ мм.

Ширина прорізу $s = s_0 + 3 = 9 + 3 = 12$ мм.

Відповідно до формули знаходимо окружне зусилля на диску:

$$P = p \cdot s \cdot h \cdot \frac{u}{v} \cdot \frac{1}{1000} = 8000 \cdot 12 \cdot 55 \cdot \frac{25}{139} \cdot \frac{1}{1000} = 950 \text{ Н}$$

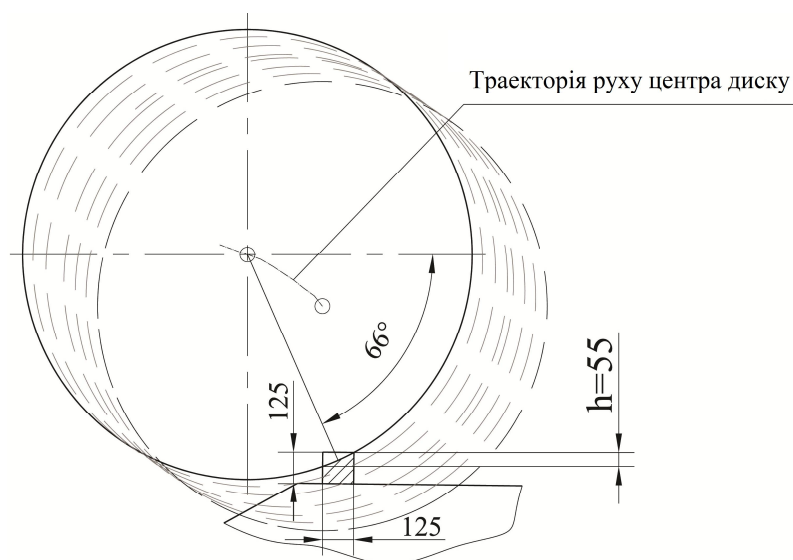


Рисунок 1.10 – До розрахунку механізму обертання диска пили

Приймаємо радіальне зусилля $R \approx 10 \cdot P = 9,50$ кН.

Графічно знаходимо $\alpha = 66^\circ$.

Визначаємо зусилля подачі диска «на метал» по формулі

$$Q = R \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha = 9,50 \cdot \cos 66^\circ - 0,950 \cdot \sin 66^\circ = 2,996 \text{ кН.}$$

За даними значенням R і Q необхідно провести розрахунки на міцність валу диска пили і механізму подачі диска.

Визначаємо максимальну потужність різання за формулою:

$$N = P \cdot v = 0,950 \cdot 139 = 132 \text{ кВт.}$$

1.6.2 Вибір двигуна механізму різання

Визначаємо максимальну потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P \cdot v}{\eta} = \frac{0,95 \cdot 139}{0,98} = 135 \text{ кВт.}$$

де η – к.к.д. приводу механізму обертання диска, що включає к.к.д. підшипникових опор валу диска пили $\eta_B = 0,99$ і муфти $\eta_M = 0,99$, визначаємо по формулі:

$$\eta = \eta_B \cdot \eta_P = 0,99 \cdot 0,99 = 0,98.$$

Для приводу дискової пили встановлений електродвигун постійного струму потужністю 200 кВт; число обертів, 985–1470 хв^{-1}

Кутова швидкість ротора електродвигуна:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 985}{30} = 103 \text{ с}^{-1}.$$

Номінальний момент електродвигуна:

$$M_H = \frac{N}{\omega} = \frac{200}{103} = 1,94 \text{ кНм.}$$

Максимальний момент на валу електродвигуна:

$$M_{\max} = \frac{k N}{\omega} = \frac{2,5 \cdot 200}{103} = 4,85 \text{ кНм,}$$

де $k = 2,5$ – коефіцієнт перевантаження двигуна в момент пуску.

1.6.3 Розрахунок на міцність валу диска

Основним навантаженням діючим на вал диска пили є результуюча сила F від сил діючих в осередку різання: радіальної R і тангенціальної P .

Розстановка зазначених сил стосовно валу диска представлена на рисунку 1.11.

Визначаємо результуюче зусилля різання F по формулі:

$$F = \sqrt{R^2 + P^2} = \sqrt{9,50^2 + 0,95^2} = 9,55 \text{ кН.}$$

На рисунку 1.12 зображена конструкційна схема валу диска пили і приведена його розрахункова схема із зазначенням закріплень та прикладених до осі валу навантажень.

Визначаємо опорні реакції R_1 і R_2 (див. рис. 1.12), складаємо рівняння моментів для точки 2.

$$R_1 \cdot L_2 - F(L_1 + L_2) = 0;$$

звідки визначаємо реакцію R_1

$$R_1 = \frac{F(L_1 + L_2)}{L_2} = \frac{9,55 \cdot (255 + 1032)}{1032} = 11,91 \text{ кН.}$$

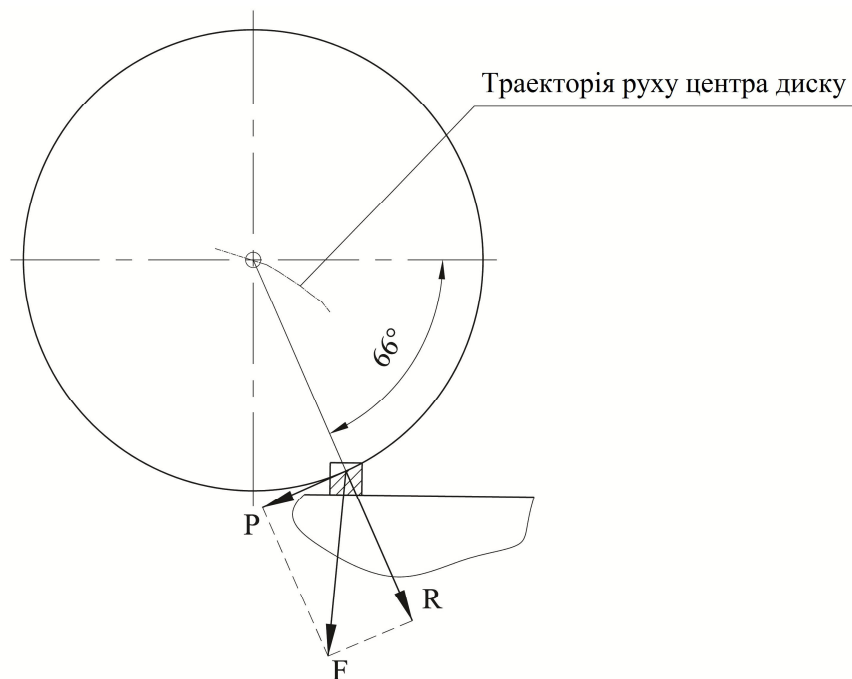


Рисунок 1.11 – Сили, що діють на вал диска пили

Реакція в точці 2 складе:

$$R_2 = \frac{-F \cdot L_1}{L_2} = \frac{-9,55 \cdot 255}{1032} = -2,36 \text{ кН.}$$

Перевірка

$$F - R_1 - R_2 = 9,55 - 11,91 - (-2,36) = 0 \text{ кН.}$$

Побудуємо епюри згинальних моментів.

Згинальний момент в опорі 1 (перетин I):

$$M_{u1} = F \cdot L_1 = 9,55 \cdot 0,255 = 2,435 \text{ кНм.}$$

Згинальний момент в опорі 2 – $M_{u2} = 0$ кНм.

Очевидно, що найбільшу небезпеку становить опора 1 (I перетин), де діє максимальний згинальний момент.

Діаметр валу в небезпечному перерізі становить – $D = 150$ мм, а напруження згину:

$$\sigma = \frac{M_{u1}}{0,1 \cdot D^3} = \frac{2,435 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 150^3} = 7,21 \text{ МПа.}$$

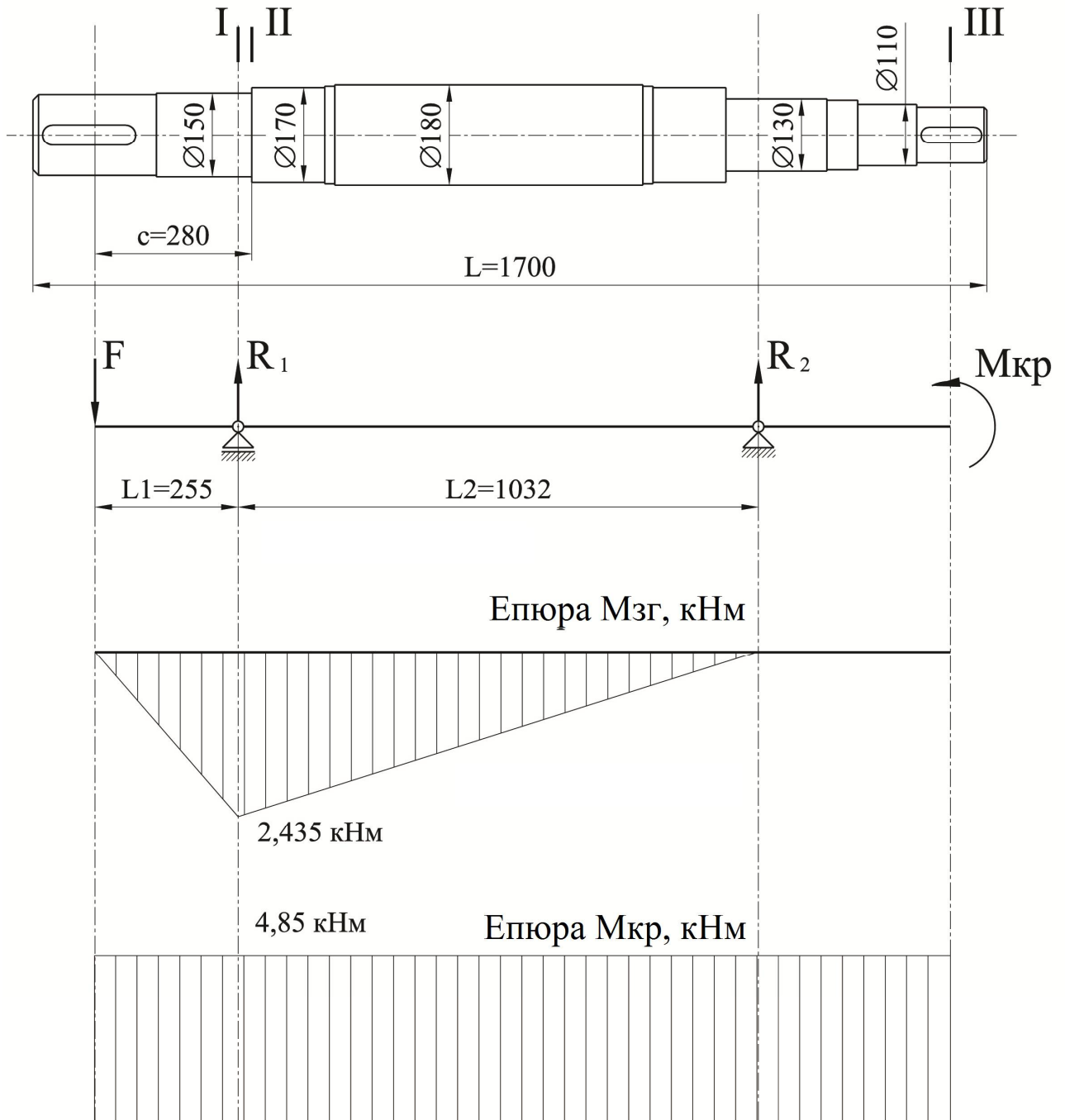


Рисунок 1.12 – До розрахунку валу на міцність

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot D^3} = \frac{4,85 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 150^3} = 7,19 \text{ МПа.}$$

Результуюче напруження:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{7,21^2 + 3 \cdot 7,19^2} = 14,39 \text{ МПа.}$$

Розглянемо перетин II, в якому діє менший за величиною згинальний момент, але яке має концентратор напруг у вигляді галтельної переходу з діаметра 150 мм на діаметр 170 мм.

Співставлення діаметрів $150/170 = 0,88$ при цьому коефіцієнт концентрації по напруженням вигину дорівнює - $k_{\sigma} = 1,55$ [9]; коефіцієнт концентрації по напруженням кручення - $k_{\tau} = 1,25$ [9].

Згинальний момент в перерізі II:

$$M_{u2} = -F \cdot c + R_1 \cdot (c - L_1) = -9,55 \cdot 0,28 + 11,91 \cdot (0,28 - 0,255) = -2,376 \text{ кНм.}$$

Діаметр валу в небезпечному перерізі становить - $D = 150 \text{ мм.}$

Напруження згину:

$$\sigma = k_{\sigma} \cdot \frac{M_{u1}}{0,1 \cdot D^3} = 1,55 \cdot \frac{2,376 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 150^3} = 10,91 \text{ МПа.}$$

Напруження кручення:

$$\tau = k_{\tau} \cdot \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot D^3} = 1,25 \cdot \frac{4,85 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 150^3} = 8,99 \text{ МПа.}$$

Результуюче напруження:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{10,91^2 + 3 \cdot 8,99^2} = 19 \text{ МПа.}$$

Розглянемо перетин III – приводний хвостовик (рис. 1.13), в тілі якого створюються тільки напруги кручення.

Момент опору крученню приводного хвостовика визначається за формулою:

$$W_{\text{кр}} = \frac{\pi d^3}{16} - \left[\frac{bt(d-t)^2}{2d} \right];$$

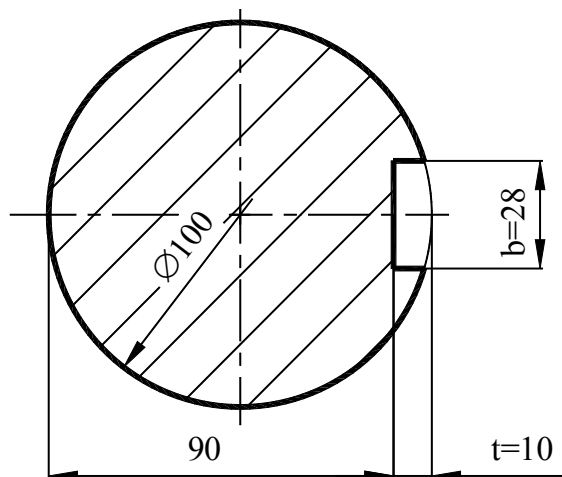


Рисунок 1.13 – Перетин приводного хвостовика

$$W_{кр} = \frac{3,14 \cdot 100^3}{16} - \left[\frac{28 \cdot 10 (100 - 10)^2}{2 \cdot 100} \right] = 185009,54 \text{ мм}^3.$$

Напруження кручення складуть:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{\max}}{W_{кр}} = \frac{4,85 \cdot 10^6}{185009,54} = 26,21 \text{ МПа}.$$

Вал виготовлений зі сталі 40 допустимі напруження для якої складають 140 ... 160 МПа.

Умову міцності виконано.

1.6.4 Вибір підшипників

Вал диска пили встановлюємо на радіальний однорядний роликопідшипники з боку диска і на радіально-упорний здвоєнний шарикопідшипник з боку приводу.

Зробимо вибір підшипника для першої опори (див. рисунок 1.12).

Фактичне радіальне навантаження на підшипник: $F_r = R_1 = 11,91 \text{ кН}$.

Фактичне осьове навантаження на підшипник: $F_a = 0 \text{ кН}$.

Кутова швидкість цапфи підшипника: $w = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 985}{30} = 103 \text{ с}^{-1}$.

Визначаємо динамічне еквівалентне радіальне навантаження [11]:

$$P_{\text{екв}} = (XVF_r + YF_a) \cdot k_B k_T = (1 \cdot 1 \cdot 11,91 + 0) \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 23,58 \text{ кН},$$

де X, Y – відповідно коефіцієнти радіального і осьового навантаження, при

$$F_a = 0 - X = 1, Y = 0;$$

V – коефіцієнт обертання ($V = 1$, якщо обертається внутрішнє кільце, $V = 1,2$, якщо обертається зовнішнє кільце);

k_B – коефіцієнт безпеки, при помірних поштовхах, вібраціях, коротко-часних перевантаженнях до 150% від номінального навантаження $k_B = 1,3 \dots 1,8$;

k_T – температурний коефіцієнт, при температурі 150 С° $k_T = 1,1$.

Необхідна номінальна довговічність підшипника $L_h = 40000$ ч. [10], тоді необхідна динамічна вантажопідйомність складе:

$$C = P_{\text{екв}}^{3,33} \sqrt{\frac{60 \cdot L_h \cdot n}{10^6}} = 23,58^{3,33} \sqrt{\frac{60 \cdot 40000 \cdot 985}{10^6}} = 242,46 \text{ кН},$$

де n – частота обертання підшипника, 985 хв⁻¹

Вибираємо підшипник № 32630 внутрішній діаметр $d = 150$ мм, зовнішній діаметр $D = 320$ мм, ширина $B = 108$ мм, динамічна вантажопідйомність $C = 769000$ Н.

Зробимо вибір підшипника для другої опори (див. рисунок 1.12).

Фактичне радіальне навантаження на підшипник: $F_r = R_2 = 2,36$ кН.

Фактичне осьове навантаження на підшипник: $F_a = 0,1 \cdot F = 0,955$ кН.

Кутова швидкість цапфи підшипника: $w = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 985}{30} = 103$ с⁻¹.

Визначаємо динамічне еквівалентне радіальне навантаження [10]:

$$P_{\text{екв}} = (XV F_r + Y F_a) \cdot k_B k_T = (1 \cdot 1 \cdot 2,36 + 0,63 \cdot 0,955) \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 5,86 \text{ кН},$$

де X, Y – відповідно коефіцієнти радіального і осьового навантаження, при

$$F_a = 0 - X = 1, Y = 0;$$

V – коефіцієнт обертання ($V = 1$, якщо обертається внутрішнє кільце, $V = 1,2$, якщо обертається зовнішнє кільце);

k_B – коефіцієнт безпеки, при помірних поштовхах, вібраціях, коротко-часних перевантаженнях до 150% від номінального навантаження $k_B = 1,3 \dots 1,8$;

k_T – температурний коефіцієнт, при температурі 150 С° $k_T = 1,1$.

Необхідна номінальна довговічність підшипника $L_h = 40000$ ч. [10], тоді необхідна динамічна вантажопідйомність складе:

$$C = P_{\text{екв}} \sqrt[3,33]{\frac{60 \cdot L_h \cdot n}{10^6}} = 5,86 \sqrt[3,33]{\frac{60 \cdot 40000 \cdot 985}{10^6}} = 60,27 \text{ кН},$$

де n – частота обертання підшипника, 985 хв^{-1}

Вибираємо підшипник № 366326 внутрішній діаметр $d = 130 \text{ мм}$, зовнішній діаметр $D = 280 \text{ мм}$, ширина $B = 116 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 332000 \text{ Н}$.

Фактична вантажопідйомність обраних підшипників вище розрахункової, що і потрібно.

1.6.5 Розрахунок механізму подавання диску

Визначаємо необхідну потужність двигуна механізму подавання диску:

$$N = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{9,55 \cdot 0,27}{0,6} = 5,16 \text{ кВт},$$

де v – швидкість поступального переміщення диска, $v = 270 \text{ мм/с}$; η – к.к.д. привода (муфта, редуктор, чотириланковий механізм) – $\eta = 0,5$.

Для привода механізму подачі диска вибираємо електродвигун типу МП–12, потужністю 12 кВт , число обертів 740 хв^{-1}

2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

2.1 Технологічна послідовність розбирання

З метою огляду, ревізії і ремонту пили гарячого різання необхідно поділити машину на окремі вузли та деталі для цього слід проводити розбирання обладнання.

Розбирання пили гарячого різання слід провадити на ремонтному майданчику, попередньо демонтувавши її з рами по якій вона переміщується.

Власне раму знімати з фундаменту лише при повному демонтажі пили, або за необхідності її відновлення або заміни шляхом відкручування фундаментних болтів та наступним транспортування за допомогою підйомного крану на ремонтний майданчик.

Перед розбиранням пили гарячого різання слід забезпечити її стійке положення та виключити можливість її перекидання.

При розбиранні пили гарячого різання доцільно користуватись вузловим методом.

Порядок розбирання наступний:

- демонтувати диск пили;
- демонтувати привод механізму пересування пили;
- демонтувати привод механізму подавання пили;
- демонтувати привод механізму обертання пили;
- демонтувати привод механізму фіксації пили;
- демонтувати вузол валу диска пили;
- зняти підшипники з валу.

Під час демонтажу слід користуватись гайковими ключами ріжкового і торцевого типу, а також кувалдою та іншими слюсарними інструментами. Крім того, при піднятті вузлів та елементів слід використовуватись стропами та вантажопідйомним краном розташованим на ділянці.

Всі демонтовані елементи та вузли за допомогою вантажопідйомного крану передати на ремонтний майданчик для подальшого розбирання, ревізії та ремонту.

2.2 Розрахунок та вибір канату для стропів

Процес монтажу, демонтажу та ремонту пили гарячого різання, як було необхідно провадити в поєднанні з операціями підйому і транспортування вузлів та деталей машини.

Під час підйому вузлів машини і транспортування їх до місця установки або огляду та ремонту слід виконувати такелажні роботи по ув'язці вузлів гнучкими підвісками (стропуванню). Такелажні роботи виконувати за допомогою вантажопідйомних засобів і механізмів, пристосувань і машин.

2.2.1 Вказівки до стропування машини та її вузлів

На рисунку 2.1 показані рекомендовані способи закріплення канатів на вантажних підвісках при стропуванні вузлів та деталей пили гарячого різання [11]. При стропуванні важливо правильно визначити центр ваги вантажу.

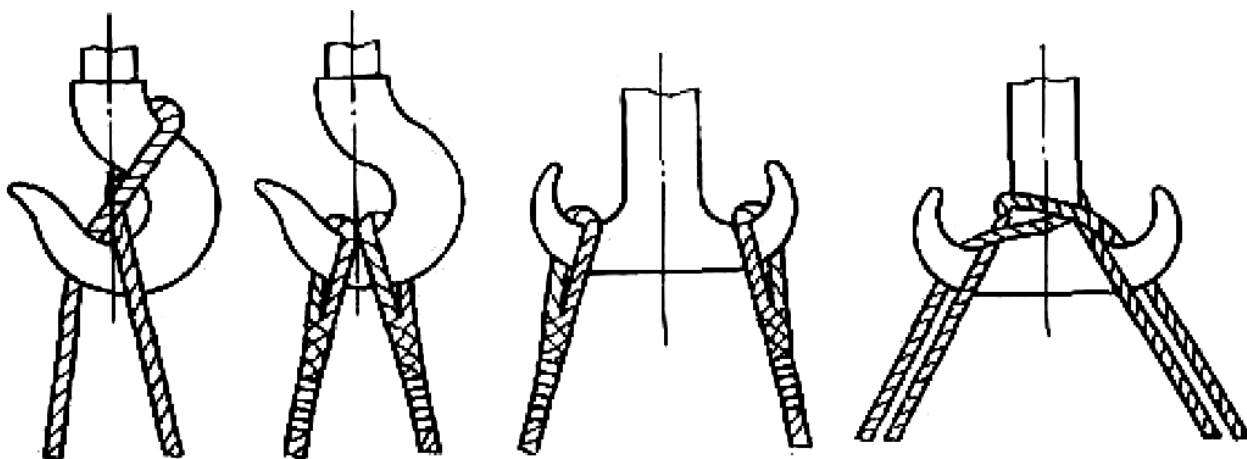


Рисунок 2.1 – Рекомендовані способи закріплення канатів на вантажних підвісках під час монтажу, демонтажу та ремонту при стропуванні вузлів пили гарячого різання

Стропування слід виконувати так, щоб центр ваги вантажу і вісь блоків підвіски крюка підйомного механізму знаходилися на одній вертикалі.

Маса укрупнених вузлів і блоків обладнання не повинна перевищувати вантажопідйомність наявних на монтажному майданчику вантажопідйомних засобів, а габаритні розміри – розмірів монтажних отворів.

В якості такелажних засобів і пристосувань використовувати сталеві і прядив'яні канати, стропи, траверси, захвати.

При проведенні робіт по стропуванню вузлів та деталей пили гарячого різання користуватися стропами що представлені на рисунку 2.2.

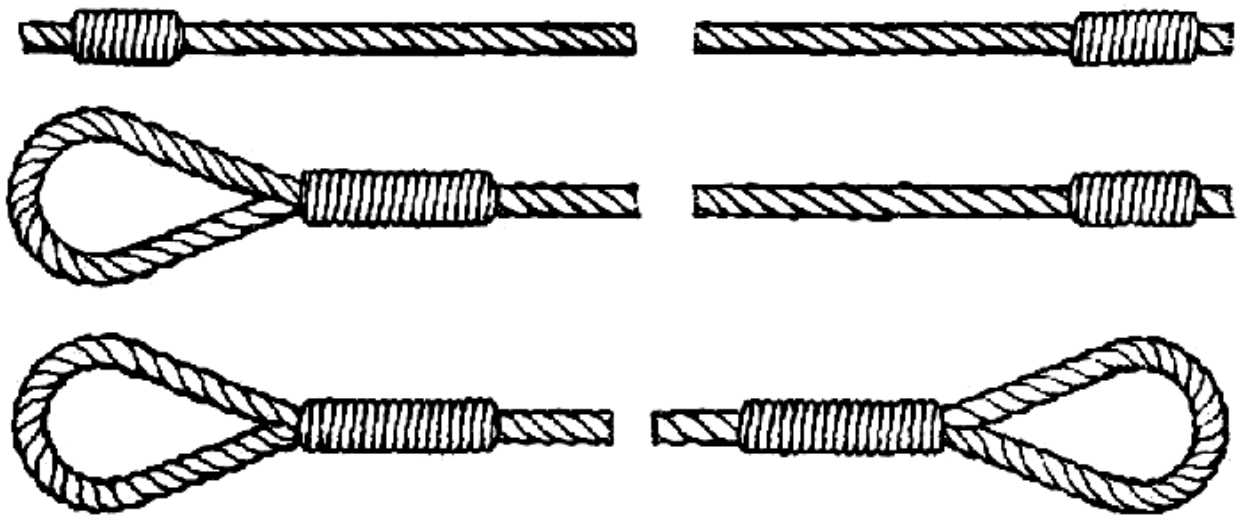


Рисунок 2.2 – Стропи, котрі слід використовувати при проведенні робіт по стропуванню вузлів та деталей пили гарячого різання [11]

При виготовленні стропів дотримуватись вимог Держнаглядохоронпраці, зокрема:

1. Для виготовлення стропів застосовувати шістьпасмові канати з органічним сердечником хрестового звивання з точковим або точковолінійним дотиком.
2. Кут нахилу стропа до горизонту повинен бути більше 30° (рекомендується $30^\circ \dots 75^\circ$).
3. Кількість затискачів чи стискачів має бути не менше трьох.
4. Відстань між затискачами не більше 6 діаметрів каната.

При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт, особливо ретельно закріпляти великі вузли устаткування великої маси.

Всі кути обладнання, за якими відбувається дотик стропів, повинні бути заокруглені спеціальними запобіжними підкладками, а поверхні, що мають високий ступінь відповідальності (високий ступінь чистоти обробки, посадочні місця підшипників та т.і.) дерев'яними запобіжними підкладками (рисунок 2.3).

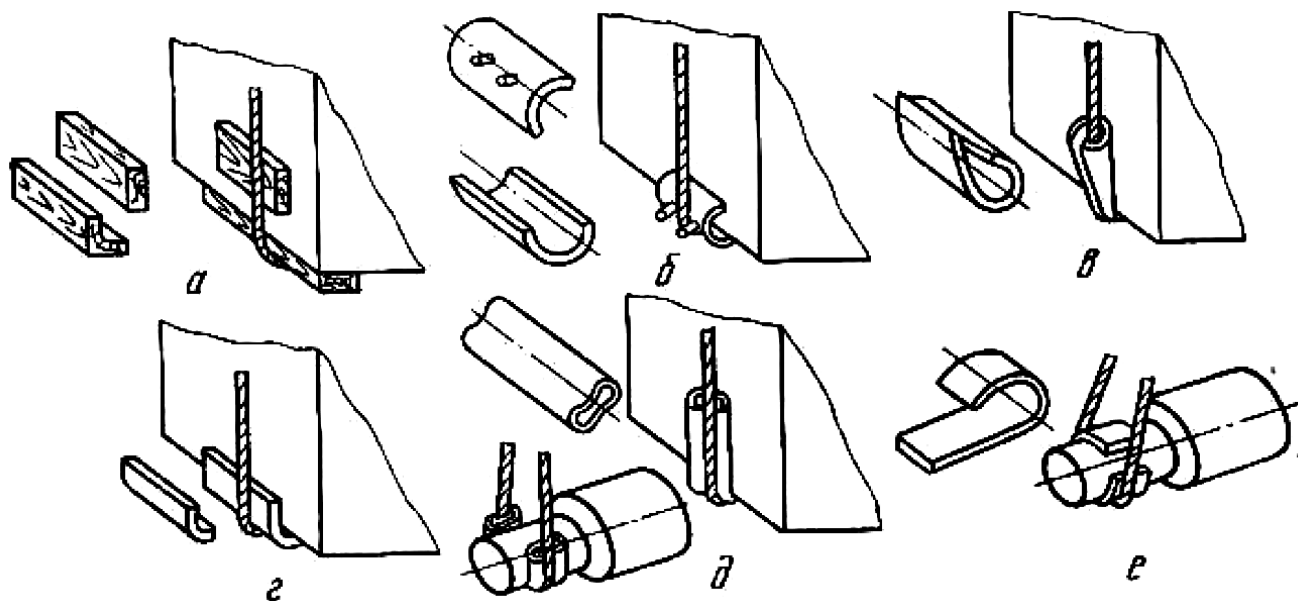


Рисунок 2.3 – Установка запобіжних підкладок під стропи при ув'язці вузлів устаткування: дерев'яних (а); з розрізаної труби з приварними бобишками (б); вигнутих з труб (в, д); вигнутих з листового металу (г, е).

2.2.2 Розрахунок стропів для транспортування

Для монтажу даної деталі приймаємо комплект стропів, котрі закріплюються за відповідні елементи рами пили гарячого різання таким чином, що утворюються чотири гілки стропа.

Необхідну довжину стропів розраховуємо виходячи з кута нахилу гілок до горизонталі $\alpha = 45^\circ$, таким чином:

$$L = \frac{\sqrt{l^2 + d^2}}{2 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{6400^2 + 3000^2}}{2 \cos 45^\circ} \approx 5000 \text{ (мм)} \quad (2.1)$$

де $l = 6400$ (мм) – довжина рами пили гарячого різання в точках кріплення стропів;

$b = 3000$ (мм) – довжина рами пили гарячого різання в точках кріплення стропів.

Натяг в кожній гілці каната:

$$S = \frac{G_0 \cdot k_n}{m \cdot \sin \alpha_1} = \frac{72,6 \cdot 1,4}{4 \cdot \sin 45^\circ} = 35,94 \text{ кН} \quad (2.2)$$

где $k_n = 1,3 \dots 1,4$ – коефіцієнт нерівномірності натягування строп;

$m = 4$ - кількість строп;

G_{ui} – вага рами пили гарячого різання:

$$G_p = M_p \cdot g = 7,4 \cdot 9,81 = 72,6 \text{ кН}, \quad (3.3)$$

де $M_p = 7,4$ т - маса рами пили гарячого різання;

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Канат для строп обирається виходячи з припустимого розривного зусилля в канаті:

$$P_{\max} = S \cdot k = 35,94 \cdot 8 = 287,52 \text{ кН}, \quad (3.4)$$

де $k = 8$ - коефіцієнт запасу міцності, за умови, що маса не перевищує 50 тон.

Приймаємо канат ТЛК-О 6х37 (1+6+15+15)+1о.с. ГОСТ 3079-80 (діаметр канату $d_k = 23,0$ мм; маркувальна група $\sigma_b = 1860$ МПа, розривне зусилля канату $P = 295,0$ кН).

2.3 Вибір способу кріплення машини та розрахунок фундаментних болтів

Для кріплення машин до фундаментів застосовують фундаментні (анкерні) болти, дюбелі і патрони [11].

Фундаментні болти ГОСТ 24379.1-80 поділяють на глухі, знімні і встановлюються в готові фундаменти. Глухі болти виконують з відгином або з анкерної плитою. Знімні болти виконують з анкерними плитами з листового прокату або сталевих лиття, що закріплюються наглухо в фундамент. Знизу плити болти кріпляться гайками.

Стосовно монтажу рами пили гарячого різання доцільно використовувати глухі фундаментні болти з відгином (рисунок 2.4).

Фундаментні болти при експлуатації відчують статичні і динамічні навантаження. Болти виготовляють з вуглецевих і низьколегованих сталей марок. При діаметрі від М56 до М140 допускається виготовляти з низьколегованої сталі марок 09Г2С і 10Г2С1 (ГОСТ19281-88). Приймаємо матеріал болта сталь 20 (ГОСТ 1050-88).

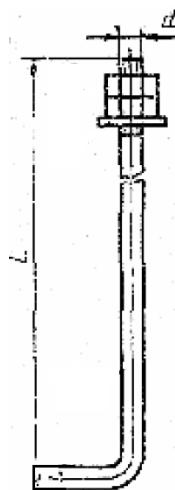


Рисунок 2.4 – Глухий фундаментний болт з відгином

Схема кріплення машини до фундаменту представлена на рисунку 2.5.

Визначимо діаметр глухих фундаментних болтів, глибину їх закладання в бетон фундаменту і кут повороту гайки для забезпечення необхідного зусилля попереднього затягування за наступними вихідними даними:

Розрахунковий перекидний момент	$M = 150$ кН·м
Вага машини	$G = 361,865$ кН
Розрахункове вертикальне відривне навантаження	$P_o = 320$ кН
Горизонтальне зсувне навантаження	$Q = 350$ кН
Кількість фундаментних болтів	8
Відстань від осі повороту машини до найбільш віддаленого болта в розтягнутій зоні стику	$Y_1 = 3,1$ м
Відстань від осі повороту машини до інших i -тих болтів у тій же зоні	3,1 м $Y_i = 3,1$ м 3,1 м
Матеріал болтів	сталь 20
Спосіб встановлення машини	на підкладках
Кількість циклів	$N = 5 \cdot 10^6$
Навантаження	комбіноване

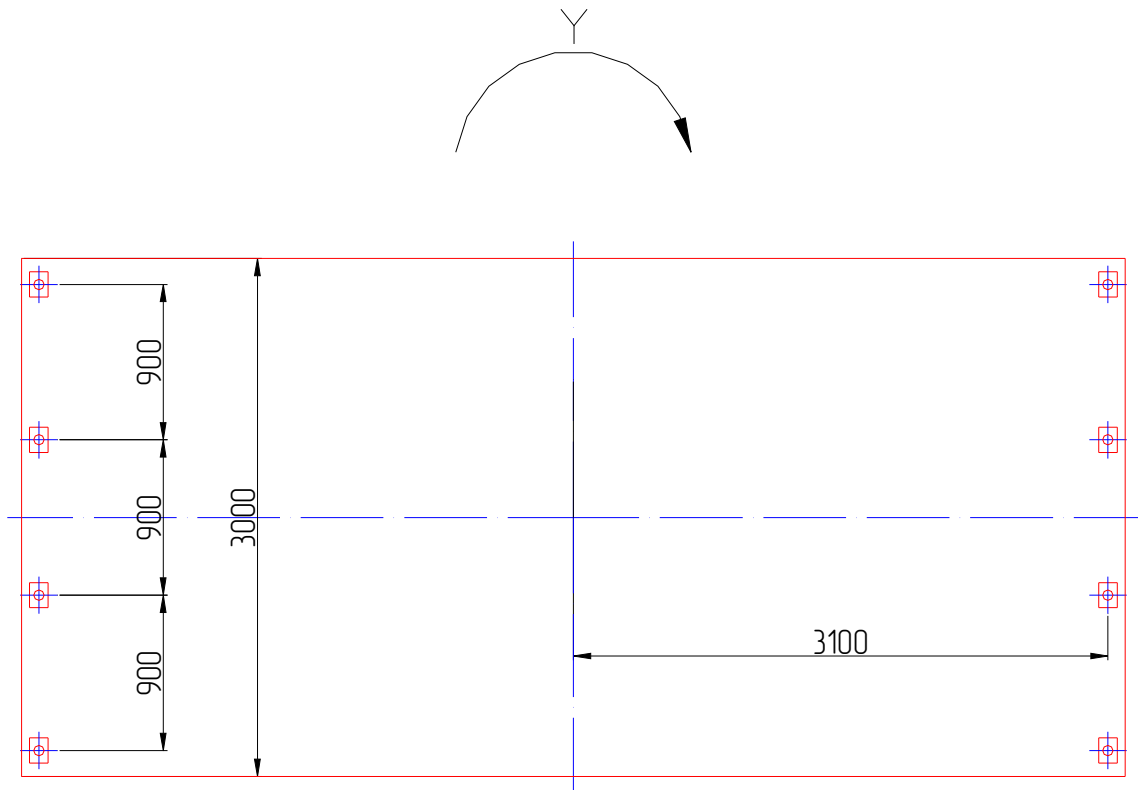


Рисунок 2.5 – Схема кріплення рами пили гарячого різання до фундаменту

Переріз фундаментних болтів розраховують з умов не розкриття стику між фундаментом і основою базової деталі й перевіряють на витривалість.

Площа перерізу болта по різьбі:

$$F = \frac{Q_{0\text{сум}} + \kappa P_B}{100 \cdot [\sigma_p]}$$

де $Q_{0\text{сум}}$ – сумарне зусилля попереднього затягування болтів від впливу вертикального та горизонтального навантаження, Н;

κ – коефіцієнт загального навантаження, який приймається рівним $\kappa = 0,5 \dots 0,6$;

P_B – розрахункове вертикальне навантаження, Н;

$[\sigma_p]$ – розрахункове допустиме напруження на розтягування металу болтів, яке приймають таким: для болтів з вуглецевих та низьколегованих сталей $[\sigma_p] = 140$ МПа .

Розрахункове вертикальне навантаження:

$$P_B = \frac{P_0 - G}{n} + \frac{M \cdot Y_1}{\sum Y_i^2},$$

де P_0 – розрахункове відривне навантаження, яке діє від машини на фундамент, Н;

G – вага машини, Н;

n – кількість фундаментних болтів;

M – розрахунковий перекидний момент, Н·м;

Y_1 – відстань від осі повороту машини до найбільш віддаленого болта в розтягнутій зоні стику, м;

Y_i – відстань від осі повороту машини до інших i -тих болтів в тій же зоні стику, м.

У розрахунках приймають, що вісь повороту машини при перекиданні під впливом експлуатаційного навантаження проходить через центр опорної поверхні машини; частіше в розтягненій зоні стику знаходиться половина фундаментних болтів, якими базова деталь машини кріпиться до фундаменту.

Знайдемо розрахункове вертикальне навантаження, яке приходить на один болт:

$$P_B = \frac{320000 - 361865}{4} + \frac{150000 \cdot 3,1}{3,1^2 + 3,1^2 + 3,1^2} = 10896 \text{ Н}$$

Сумарне зусилля попереднього стягування болтів під впливом вертикального навантаження й горизонтального:

$$Q_{0\text{сум}} = Q_{0\text{В.}} + Q_{0\text{Г.}},$$

де $Q_{0\text{В.}}$ – зусилля попереднього затягування болтів під впливом тільки вертикального навантаження, Н;

$Q_{0\text{Г.}}$ – зусилля попереднього затягування болтів під впливом тільки горизонтального зсувного навантаження, Н.

Зусилля попереднього затягування болтів під впливом вертикального навантаження:

$$Q_{O.B.} = K_{CT} \cdot (1 - \kappa) \cdot P_B,$$

де K_{CT} – коефіцієнт стабільності затягування; для глухих і знімних болтів $K_{CT} = 1,3 \dots 1,5$ при тільки статичних навантаженнях і $K_{CT} = 1,8 \dots 2,0$ при комбінованих статичних і динамічних навантаженнях.

Приймаємо $K_{CT} = 1,8$; $\kappa = 0,5$.

Тоді

$$Q_{OB} = 1,8 \cdot (1 - 0,5) \cdot 10896 = 9806 \text{ Н.}$$

Зусилля попереднього затягування болтів під впливом горизонтального зсувного навантаження:

$$Q_{OG} = K_{CT} \cdot \frac{Q - f \cdot G}{n \cdot f},$$

де Q – горизонтальне зсувне навантаження, Н;

G – вага машини, Н;

f – коефіцієнт тертя.

Якщо машину установлюють на пакетах металевих підкладок, то $f = 0,2$, якщо без підкладок – $f = 0,3$.

Тоді

$$Q_{OG} = 1,8 \cdot \frac{350000 - 0,2 \cdot 361865}{4 \cdot 0,2} = 312330 \text{ Н}$$

$$Q_{\text{сум}} = 9806 + 312330 = 322137 \text{ Н.}$$

Необхідна площа перерізу болта по різьбі:

$$F = \frac{322137 + 0,5 \cdot 10896}{100 \cdot 140} = 23,399 \text{ см}^2.$$

Вибираємо фундаментний болт із найближчим більшим перерізом М64×6 ($F = 25,12 \text{ см}^2$).

Перевіряємо вибраний стандартний фундаментний болт на витривалість. Для цього визначимо площу перерізу болта за умови витривалості:

$$F_B = \frac{\kappa \cdot P_B}{200 \cdot [\sigma_P]_g},$$

де $[\sigma_P]_g$ – допустиме напруження на розрив під впливом динамічних навантажень, яке розраховують за формулою:

$$[\sigma_P]_g = 0,278 \cdot \frac{\alpha}{\mu} \cdot [\sigma_P],$$

де α – коефіцієнт, який ураховує кількість циклів навантаження;

μ – коефіцієнт, який ураховує масштабний фактор, вибирається у залежності від діаметра вибраного стандартного фундаментного болта.

У даному випадку при $N = 5 \times 10^6$ маємо $\alpha = 1,0$, а для фундаментного болта $M = 64$ мм відповідно $\mu = 1,80$.

$$\text{Тоді } [\sigma_P]_g = 0,278 \cdot \frac{1,0}{1,8} \cdot 140 = 21,622 \text{ МПа},$$

$$F_B = \frac{0,5 \cdot 10896}{200 \cdot 21,622} = 1,26 \text{ см}^2.$$

Таким чином маємо:

$$F_B = 1,26 \text{ см}^2 < F = 25,12 \text{ см}^2.$$

Отже, оскільки $F_B < F$, вибраний стандартний фундаментний болт М80×6 відповідає вимогам необхідної витривалості.

Глибина закладення фундаментних болтів у бетон фундаменту залежить від його типу: для глухих болтів:

$$H = 25 \cdot 64 = 1600 \text{ мм}.$$

Кут повороту гайки для забезпечення необхідного зусилля попереднього затягування болтів:

$$\varphi_{n.з.} = 360^\circ \frac{14 \cdot Q_{o.сум.} \cdot d}{100 \cdot E \cdot F \cdot S},$$

де E – модуль пружності матеріалу болта ($2,1 \times 10^5$ МПа);

F – площа перерізу вибраного стандартного болта, см^2 ;

d – діаметр різьби, см ;

S – крок різьби, см .

Для болта М30 з кроком $S = 3,5$ мм кут повороту гайки становить:

$$\varphi_{n.з.} = 360^\circ \frac{14 \cdot 322137 \cdot 6,40}{100 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 25,12 \cdot 0,6} = 32,829^\circ.$$

2.4 Розробка схеми геодезичного обґрунтування монтажу

Під час монтажу рами пили гарячого різання необхідно забезпечити точності установки на фундаменті. Для цього використовувати спеціальні геодезичні знаки, а саме репер та плашки (рис. 2.6).

В якості плашок 4 відрізки швелера №10, а в якості репера – заклепку діаметром 60 мм.

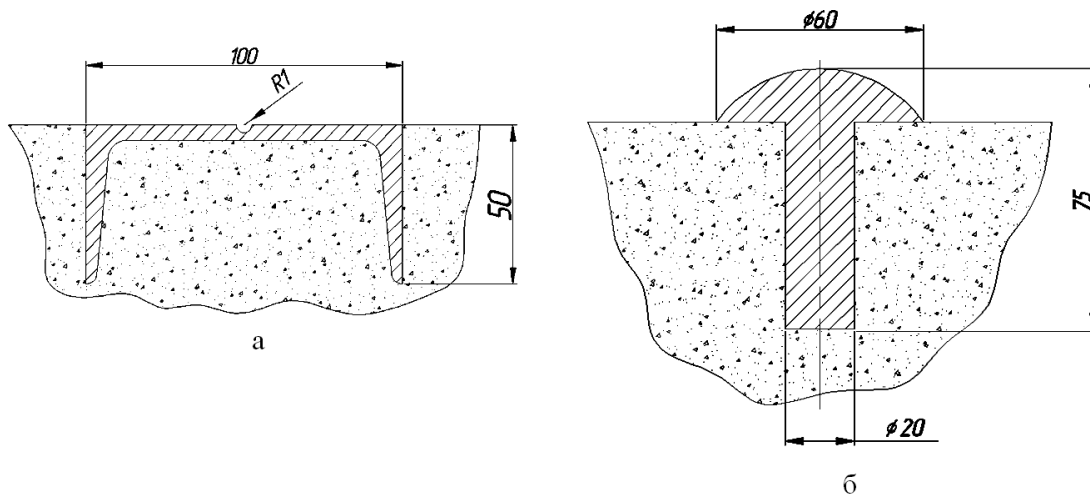


Рисунок 2.6 – Геодезичні знаки використовувані для монтажу рами пили гарячого різання: плашка (а); репер (б)

Геодезичне обґрунтування монтажу рами пили гарячого різання містить систему двох осей – поздовжню та поперечну по відношенню до технологічної осі машини безперервного розливання сталі, котрі виконані в натурі та зафіксо-

вані в фундаменті за допомогою чотирьох плашок (по дві на кожну ось) в прольоті цеху на ділянці монтажу машини, а також одну висотну відмітку – репер.

Схема геодезичного обґрунтування монтажу показана на рисунку 2.7.

Плашки треба зашпаровувати у верхній частині фундаменту при досягненні бетоном 70% міцності або в спеціально вирубану нішу після бетонування фундаменту і заливки її цементним розчином високої марки.

Плашки можуть бути приварені до арматури або кондукторних пристроїв до бетонування.

Осьові лінії фіксувати за допомогою лунок (див. рисунок 4.3,а) діаметром до 2 мм, що накернити на двох плашках, розташованих в місцях, як показано на схемі геодезичного обґрунтування монтажу з відхиленнями від проектної осі не більше ± 1 мм.

Контрольні та робочі осі фіксувати за допомогою натягнутих сталевих струн діаметром 0,3...0,5 мм або нейлонових чи капронових ниток, з яких спускати сходи, гострі кінці яких поєднати з лунками на плашках. Контрольні осі поєднати з осями колон будівлі, зафіксованими плашками, встановленими на спеціальних монолітах, і вивірених щодо пунктів державної планової геодезичної опори. Робочі осі вивіряти по контрольним.

В якості основної поздовжньої робочої осі прийняти технологічну вісь машини безперервного розливання сталі.

Для вивірки машини по висоті використовувати робочій репер, котрий треба зашпаровувати у верхній частині фундаменту при досягненні бетоном 70% міцності або в спеціально вирубану нішу після бетонування фундаменту і заливки її цементним розчином високої марки.

Робочий репер вивірити щодо контрольного з точністю до 0,5 мм

Репери і плашки при підливанні опорних поверхонь після установки устаткування зберегти для перевірки наступного осідання фундаментів і інших відхилень осей машин від проектного положення.

Правильність розбивки осей і відміток реперів перевіряє монтажна організація при прийманні фундаментів за виконавчою схемою геодезичного обґрунтування монтажу.

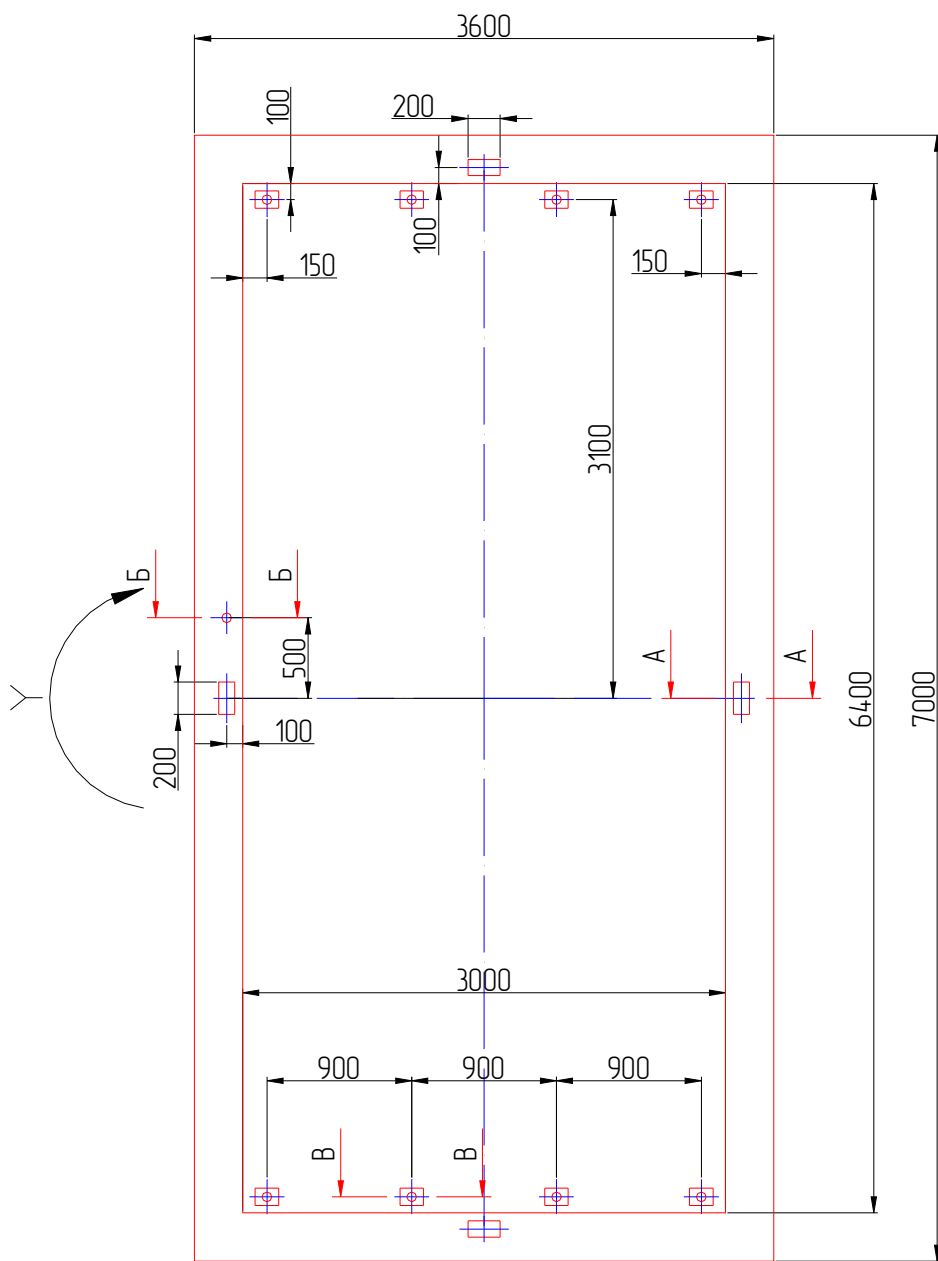


Рисунок 2.7 – Схема геодезичного обґрунтування монтажу

2.5 Порядок збирання, монтажу та вивірювання пили гарячого різання

Монтажем називають комплекс робіт по збиранню, встановленню на фундамент або в інше проектне положення, вивірювання, опробування та пуску окремих або групи машин, пов'язаних єдиним технологічним потоком.

Машини та обладнання після збирання і монтажу ретельно перевіряють за нормами точності за допомогою різних монтажних інструментів: осьових струн, перевірочних лінійок, гідростатичних рівнів, мікрометричних нутрометрів (штїхмассов), а також оптикогеодезичним і лазерним методами, які дозволяють визначати відносне положення контрольованих точок в горизонтальній площині і по вертикалі.

В процесі збирання і монтажу перевіряють: прямолінійність і взаємне розташування площин; паралельність і перпендикулярність осей і площин; співвідношення деталей, вузлів і машин; щільність прилягання поверхонь і зазори між ними.

Прямолінійність площин перевіряють такими способами:

1) по фарбі з використанням перевірочної лінійки з широкою робочою поверхнею. На робочу поверхню лінійки наносять тонкий шар фарби, накладають лінійку на поверхню, яка перевіряється, і переміщують по ній. Про прямолінійності судять за кількістю, яка залишилася, і розташуванню плям фарби на поверхні, які перевіряється. При поверхні хорошої якості плями розташовуються на ній рівномірно в кількості від 15 до 20 на площі $25 \times 25 \text{ мм}^2$. Таким методом перевіряють прямолінійність поверхонь з розмірами до $1 \times 2 \text{ м}$;

2) перевірочною лінійкою і щупом. Лінійку накладають на поверхню, яка перевіряється, в різних напрямках і щупом визначають зазори між ними. Точність перевірки досягає $0,004\text{-}0,1 \text{ мм}$ на довжині 1 м .

Для перевірки прямолінійності поверхонь типу опор, розташованих на відстані $4\text{-}5 \text{ м}$, застосовують довгу лінійку, на яку встановлюють рівень. Точність перевірки $0,04\text{-}0,2 \text{ мм}$ на довжині 1 м ;

3) перевірочною лінійкою і мірними плитками. Лінійку робочої поверхнею укладають на дві однакові мірні плитки, встановлені на контрольованій поверхні на відстані $1/5$ довжини лінійки від її кінців. Зазори між лінійкою і поверхнею заміряють за допомогою кінцевих заходів (плиток) або набору щупів. Точність перевірки $0,01 \text{ мм}$ на довжині 1 м ;

4) лекальною лінійкою по світловій щілині. Лінійку укладають гострою кромкою на поверхню, яка перевіряється, і поміщають позаду лінійки джерело світла. Якщо окремі місця з'єднань лінійки з поверхнею просвічують, це свідчить про відхилення від прямолінійності. Висота світлової щілини, яка встановлюється оком, становить не менше 3-5 мкм. Метод застосовується при перевірці невеликих поверхонь і забезпечує точність 0,02 - 0,05 мм;

5) натягнутою струною діаметром 0,3-0,5мм і штіхмасом для поверхонь довжиною до 10мм. Для натягування струни в залежності від її діаметра застосовують вантаж з масою рівною $2/3$ розривного зусилля струни;

6) гідростатичним рівнем з мікрометричною голівкою, яка працює за принципом сполучених посудин, перевіряють поверхні довжиною понад 20 м.

Одну з головок встановлюють на поверхню, яка перевіряється, і залишають її нерухомою, а іншу, пов'язану з першою гнучкими прозорими шлангами для води і повітря, переставляють на різні місця поверхні. Після кожної перестановки вимірюють рівень води в обох голівках і по відмінності вимірювань визначають відхилення по вертикалі кожного місця від базової горизонтальної поверхні. Незалежно від довжини поверхні голівка забезпечує точність вимірювання 0,01-0,015 мм.

Перевірку паралельності в більшості випадків виконують шляхом безпосереднього вимірювання відстаней між точками, розташованими на контрольованих поверхнях, різними інструментами - штангенциркулем, нутромером (штіхмасом), глибиноміром, штангерејсмусом і ін. І комбінованим чином із застосуванням універсальних вимірювальних приладів - індикаторів, рівнів і ін.

Перевірку перпендикулярності площин виконують найчастіше, косинцями, розміри і тип яких вибирають в залежності від конфігурації і розмірів контрольованих деталей, вузлів і розташування площин. Застосовують також індикатори на штативі, штангенрейсмуси, штіхмаси. Точність перевірки 0,02-0,05 мм на довжині 1м.

Перевірку співвісності отворів і валів виконують такими методами.

За допомогою калібрів перевіряють співвісність отворів, віддалених на велику відстань. На фарбу по фальшвалу або деталі, які з'єднується, перевіряють співвісність отворів, віддалених на велику відстань, наприклад, опор трансмісійних валів. Співвісність оцінюють по розташуванню плям контакту на поверхні отворів, які перевіряються. Струною і штіхмасом перевіряють співвісність отворів діаметром понад 250 мм і розташованих на відстані до 10м. Стру-

ну закріплюють так, щоб вона збігалася з віссю базового отвору, після чого заміряють штіхмасом відхилення осі контрольованого отвору. При виконанні вимірювань враховують провисання струни під дією сили тяжіння.

Найбільш точним методом звірки, перевірки точності збирання і встановлення машин є оптико-геодезичний метод. Суть методу полягає в фіксації оптичних осей за допомогою прецизійних теодолітів і візирних марок і звірянню по висоті за допомогою високоточних нівелірів і штрихових малогабаритних рейок.

Монтаж ПГР включає два основних етапи: підготовчий і етапу установки пили в проектне положення. На першому етапі деталі доставляються на ремонтну площадку де буде проводиться збирання пили. Перед монтажем проводять перевірку складу та комплектності деталей.

До початку монтажу пили перевіряють: точність установки шляхів переміщення пили; чистоту цього шляху (очищають від стружки і окалини); наявність точок підключення електроенергії, води, мастила; освітлення монтажної зони.

Установку пили в проектне положення здійснюють за допомогою мостових кранів через спеціальні люки в будівлі де розташовуються пили. Ця будівля знаходиться всередині цеху.

Після установки і підключення пили її запускають в холосту протягом деякого часу і спостерігають. При цьому подають на різання. Пила повинна працювати плавно, без ривків. Шум повинен бути рівномірним, спокійним. Після випробування пили зупиняють, і знову прокачують мастилом вузли тертя вручну. Потім пили здають в роботу.

Збирання самої пили відбувається в наступній послідовності:

- на рамі нижньої частини пили встановлюють редуктор з двигуном механізму подачі диска на різання;
- потім через зубчасту муфту встановлюють промвал на підшипниках кочення;
- встановлюють противагу, так само на двох підшипниках кочення;
- противагу і промвал поєднують за допомогою шатуна і кривошипа;
- потім встановлюють верхню частину пили;
- на неї встановлюється двигун, промвал на двох підшипниках кочення і вузол кріплення диска.

2.6 Змащування пили гарячого різання

В дискової пилі вузлами, які вимагають змащення, є: механізм обертання диска пили; механізм подавання; механізм пересування пили.

Механізм обертання диска - змащування підшипникових опор централізоване, мастильний матеріал ІІІ-1.

Механізм подавання диска на різання.

Змащування зубчатих зачеплень редуктора - картерний спосіб змащування, мастильний матеріал І-40; підшипники валів редуктора - заставний спосіб, мастильний матеріал ІІІ-1.

Шарніри важелів - змащування втулок виконується заставним способом, мастильний матеріал ІІІ-1.

Механізм пересування пили

Змащування зубчатих зачеплень черв'ячних редукторів - картерний спосіб змащування, мастильний матеріал І-40; підшипники валів редукторів - заставний спосіб, мастильний матеріал ІІІ-1.

Підшипникові опори ходових коліс - заставний спосіб, мастильний матеріал ІІІ-1.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

3.1 Організація роботи та розподіл функцій між ремонтним і черговим персоналом

Допоміжний персонал робочих, обслуговуючих механічне обладнання цеху підрозділяється на робочих, зайнятих поточним обслуговуванням і робочих, виконуючих поточні і планові ремонти агрегатів [12].

Черговий персонал, який знаходиться у складі цеху і здійснює профілактичний огляд обладнання, систематичний контроль його роботи і веде облік дефектів, усуває дрібні неполадки, проводить змащення вузлів і механізмів, бере участь при виконанні ремонтних робіт.

Ремонтний персонал проводить дрібні поточні ремонти обладнання, комплектування, розбирання, збірку і підготовку вузлів і деталей, їх транспортування і інші роботи по підготовці до ремонтів, беруть участь у виконанні крупних поточних ремонтів.

Бригада робітників сортопрокатного цеху спеціалізується по виконанню визначених видів робіт, що створює умови для підвищення кваліфікації робітників і сприяє росту продуктивності праці. Робітники при цьому мають можливість застосовувати різні пристосування і механізми, що полегшують їхню працю, користуватися спеціальними інструментами і поліпшувати організацію праці. Робітники стану 600 в основному виконують поточні планово-попереджувальні ремонти обладнання цеху і беруть участь у капітальних ремонтах.

У сортопрокатному цеху складаються спеціальні графіки по обслуговуванню ремонтним і черговим персоналом обладнання цеху і складається спеціальний перелік обов'язків, що повинні виконуватися кожним працівником цеху в залежності від спеціалізації.

Внутрішньо змінне обслуговування обладнання покладається на черговий персонал, що зобов'язаний:

- вести систематичне спостереження за роботою обладнання, перевіряти показання контрольно-вимірювальних приладів, ступінь нагрівання вузлів і достатність надходження до них мастильних матеріалів;

- усувати дрібні несправності і неполадки в роботі обладнання, використовуючи для цієї мети міжзмінні зупинки, внутрішньо змінні технологічні паузи, а при необхідності спеціально зупиняти для цього обладнання відповідно до плану його зупинок;
- робити змащення вузлів тертя обладнання, оснащеними індивідуальними приладами, мастильними матеріалами призначеного сорту по встановленому режиму і контролювати подачу мастильного матеріалу централізованими системами густого і рідкого мастила;
- перевіряти надійність кріплення вузлів і деталей машин, ослаблення яких може викликати аварійну зупинку агрегату, реєструвати наявність вібрацій і незвичайного шуму в приводах і інших відповідальних елементах обладнання;
- утримувати обладнання в чистоті і не допускати витоків мастильного матеріалу.

У задачу ремонтного персоналу входить:

- нагляд і догляд за діючим обладнанням з метою виправлення дрібних і середніх поломок і можливість його підтримки у робочому стані;
- своєчасний планово-попереджувальний ремонт обладнання;
- модернізація обладнання, якщо вона доцільна;
- проводити огляд закріпленого обладнання згідно з правилами технічної експлуатації і діючих графіків огляду, результати фіксувати в журналі;
- виконувати регульовальні і налагоджувальні роботи, брати участь у проведенні й іспиті машин і механізмів, перевіряти справність захисних блокувань;
- своєчасно усувати деформації і неполадки на закріпленому обладнанні;
- виявляти випадки порушення ПТЕ і відхилення режиму роботи обладнання від нормального (по характерному шуму обраних окремих елементів; надмірного нагрівання вузлів і деталей);
- стежити за роботою обладнання закріпленої ділянки і рекомендувати заходи щодо його удосконалювання (ліквідації «вузьких» місць і негативних впливів, підвищення зносостійкості і надійності, підвищення ремонтно–придатності, а також економії матеріальних і трудових ресурсів);

- представляти пропозиції про зміст і обсяги робіт при проведенні чергових ремонтів, а також брати участь в обговоренні ремонтних відомостей і відомостей дефектів;
- забезпечувати нормальну роботу систем автоматичного змащення;
- брати участь у проведенні ремонтів обладнання і заміні його частин або деталей, що вийшли з ладу;
- виконувати підготовчі роботи по технічному обслуговуванню і ремонту обладнання (доставка вузлів і матеріалів, контрольна зборка вузлів, відключення обладнання від магістралі);
- брати участь у прийомі і контролі якості ремонтних робіт виконаних ремонтними цехами або сортопрокатними організаціями;
- виконувати ремонт по удосконалюванню і модернізації обладнання, доробки і доведення відомої конструкції.

У залежності від того, як кожний з чергового або ремонтного персоналу буде виконувати свої обов'язки, багато в чому залежить продуктивність усього виробництва.

3.2 Організація робіт чергових слюсарів

Технічне обслуговування обладнання виконується черговими слюсарями виробничих цехів за графіком відповідно до правил технічної експлуатації (ПТЕ) з метою виявлення й усунення несправностей, що можуть викликати поломки й аварійний вихід обладнання з ладу [12].

Технічне обслуговування – комплекс операцій або операція по підтримці працездатності або усуненню несправності обладнання при використанні його по призначенню.

Операції по підтримці обладнання в працездатному стані повинні проводитися відповідно до правил технічної експлуатації обладнання відповідних виробництв.

Обладнання, для якого немає ПТЕ, варто обслуговувати відповідно до інструкції по експлуатації, що розроблена підприємством на основі паспортів, проектних матеріалів і діючих директивних документів.

Стан обладнання цеху протягом зміни черговий персонал повинний відзначати в журналах приймання і здачі зміни, а також у вахтових журналах машиністів вантажопідійомних машин. У журналах повинні бути зафіксовані ре-

зультати оглядів закріпленого обладнання відповідно до затвердженого графіка: стан обладнання протягом зміни, дефекти і несправності, що порушують його працездатність або безпека умов праці; міри прийняті для усунення дефектів і несправностей у випадку порушення правил технічної експлуатації обладнання. Дані журналів використовуються для визначення обсягу і змісту робіт з усунення несправностей у наступній зміні, а також при найближчій зупинці обладнання на плановий ремонт.

Внутрішньо змінне обслуговування обладнання покладається на черговий персонал цеху, що зобов'язаний:

- спостерігати за роботою обладнання, перевіряти показання контрольно-вимірювальних приладів, ступінь нагрівання вузлів тертя і достатність надходження до них мастильних матеріалів, робити регулярні записи в журналі приймання–здачі змін;
- оглядати обладнання закріплених ділянок відповідно до графіків, затвердженими керівництвом цеху;
- замінювати змінне обладнання, запасні частини і технічні пристрої, виконувати найпростіші вогневі й електрозварювальні роботи;
- усувати дрібні неполадки і несправності в роботі обладнання, використовуючи для цього міжзмінні зупинки, внутрізмінні технологічні паузи, а при необхідності спеціально зупиняючи для цього обладнання відповідно до діючих правил його огляду і зупинки.

3.3 Організація робіт по обслуговуванню пил гарячого різання

Для забезпечення нормальної роботи пил гарячого різання (ПГР) необхідно:

- стежити за подачею води до охолоджуваних вузлів пили;
- періодично перевіряти кріплення деталей і вузлів механізму, підтягувати у міру потреби болтові з'єднання;
- періодично перевіряти температуру підшипників, яка не повинна перевищувати $50-60^{\circ}\text{C}$, при температурі навколишнього середовища $20-30^{\circ}\text{C}$;
- стежити за подачею мастила до точками змащування, стежити за рівнем масла в редукторах;

- не менш 2 разів на рік перевіряти стан підшипників, промивати їх, проводити заміну мастила;
- при виявленні несправностей в механізмах, негайно усувати, при цьому необхідно відключати подачу електроенергії;
- перед пересуванням пили уздовж рольганга, необхідно розблокувати стопорний пристрій (опустивши важелі рейкових захватів), пересунути пилу на необхідну відстань, після чого знову заблокувати;
- встановлювані на пилу диски повинні бути статично збалансовані і відрихтовані для усунення торцевого биття диска, згідно допускам, зазначеним в кресленні диска.

Обов'язки ремонтного і чергового персоналу протягом зміни:

- проводити технічні огляди устаткування згідно з графіками, затвердженими головним фахівцем підприємства;
- вести систематичне спостереження за роботою обладнання (контролювати ступінь нагрівання вузлів, достатність надходження мастила і охолодження склянок підшипників валу обертання диска);
- вести систематичні записи в журналі прийому-здачі зміни;
- проводити заміну швидкозношуваних частин і дисків ПГР;
- проводити вогневі і електрозварювання роботи для підтримки працездатності елементів устаткування;
- усувати дрібні несправності і неполадки в роботі устаткування, проводити ревізію деталей і вузлів з метою уникнення їх виходу з ладу, запобігання втратам змащувальних матеріалів, використовуючи для цього міжзмінні зупинки, внутрішньозмінні технологічні паузи, а при необхідності спеціально зупиняти устаткування згідно з правилами його зупинки;
- перевіряти кріплення кришок підшипників, редукторів і інших деталей і вузлів ПГР, ослаблення кріплення яких може викликати аварійну зупинку агрегату; при необхідності замінювати кріпильні вироби (болти, шпонки, зварні з'єднання);
- перевіряти наявність та рівень мастильного матеріалу в зубчастих муфтах, редукторах, перевіряти ступінь нагрівання підшипників валу обертання диска, наявність мастила в редукторах, характер шуму в редукторах і підшипниках, вживати заходів щодо них усунення.

При прийомі-здачі зміни оглядати обладнання зобов'язані чергові слюсарі, електрики, мастильники і експлуатаційний персонал по закріпленому за ними обладнанню.

При технічних оглядах під час приймання зміни необхідно:

- перевіряти деталі та вузли, механізми, в роботі яких під час попередньої зміни виявлені дефекти та несправності;
- перевіряти надійність кріплення вузлів і деталей, ослаблення яких при подальшій роботі може викликати відмову або зупинку устаткування;
- перевіряти справність змащувальних пристроїв і їх герметичність;
- контролювати технічний стан обладнання за характером шуму і вібрації;
- в разі необхідності усувати несправності і неполадки, виявлені в процесі роботи обладнання;
- перевіряти наявність інструмента і пристосувань, запасних частин; перевіряти чистоту устаткування і робочого місця.

3.4 Штат і система оплати праці ремонтного персоналу

Необхідна і достатня кількість робітників відповідної кваліфікації для обслуговування обладнання протягом робочої зміни визначається штатним розкладом цеху, який складає нормувальник на підставі розрахунків облікової чисельності. При розрахунку визначається: розміщувальний штат – штат в одну зміну, добова чисельність, залежна від режиму роботи; штат підміни на вихідні дні, відпустки і хвороби.

Штатний розклад чергових ремонтних робітників по ремонту обладнання ділянки обробки прокату сортопрокатного цеху представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Штатний розклад чергових ремонтних робітників по ремонту обладнання ділянки обробки прокату сортопрокатного цеху

Професія	Число робітників	Годинна тарифна ставка
Слюсар ремонтник 6-го розряду	4	46,22 грн.
Слюсар ремонтник 5-го розряду	8	43,92 грн.
Електрозварник ручного зварювання 5-го розряду	4	43,92 грн.

Система оплати праці ремонтного персоналу – тарифна. Вона включає тарифно-кваліфікаційні довідники, тарифні сітки, тарифні ставки і тарифні коефіцієнти. Тарифно-кваліфікаційні довідники служать для призначення робітнику відповідного його кваліфікації розряду. В кожному параграфі довідника є три розділи: перший розділ містить опис і характеристику виконуваних робіт; другий указує навички й уміння робочого, який претендує на відповідний розряд; третій – наводить приклади робіт, які повинні виконувати робітники певного розряду.

Тарифна сітка є інструментом диференціації заробітної платні персоналу залежно від рівня кваліфікації, вона є шкалою, що визначає співвідношення в оплаті праці робочих різних розрядів. Вона характеризується: кількістю розрядів, темпом наростання тарифних коефіцієнтів, а також співвідношенням тарифних коефіцієнтів крайніх розрядів. Тарифний коефіцієнт показує в скільки разів оплата по даному тарифному розряду вище за оплату праці по першому розряду. Тарифна система є основною і важливою складовою в організації системи оплати праці. Диференціація оплати праці в залежності від характеру роботи, умов праці здійснюється за допомогою тарифних ставок. Тарифна ставка визначає розмір почасової оплати праці. Форма оплати праці ремонтних робітників – почасово-преміальна. За такої форми оплати праці, заробіток робітника визначається як сума добутку його тарифної ставки на відпрацьований час і суми преміальних. Робітники можуть преміюватися із засобів фонду оплати праці, утворюваного за рахунок отриманого підприємством прибутку.

3.5 Розрахунок річного фонду заробітної плати ремонтної бригади чергових слюсарів

Фонд оплати праці містить всю суму грошових коштів, яка сплачується працівникам. Вона розраховується на підґрунті фонду робочого часу та норм оплати праці. За розрахунків загальна сума фонду оплати праці поділяється на основну і додаткову заробітну плату. Основна заробітна плата складається:

- з оплати праці за тарифом;
- перевиконання графіка;
- доплата за роботу в вечірній час;
- доплата за роботу в нічний час;
- доплата за роботу в святкові дні;

- премії;
- доплата за керівництво бригадою.

Додаткова заробітна плата складає біля 10% основної заробітної плати.

Нижче приведено розрахунок фонду оплати праці чергових слюсарів.

$$Z_{Ti} = T_i \Phi_p Ш_p, \quad (3.1)$$

де T_i – годинна тарифна ставка робочого данного розряду, грн;

Φ_p – річний фонд часу роботи, год; $\Phi_p = 8 \cdot 3 \cdot 365 / 4 = 2190$;

$Ш_p$ – штат робочих певного розряду, осіб.

Обрахуємо фонд оплати праці за тарифом для слюсарів ремонтників VI, V, розрядів за формулою (3.1).

$$Z_{TVI} = 46,22 \cdot 2190 \cdot 4 = 404887,20 \text{ грн.}$$

$$Z_{TV} = 43,92 \cdot 2190 \cdot 8 = 769478,40 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$Z_{TV} = 43,92 \cdot 2190 \cdot 4 = 384739,20 \text{ грн.}$$

Доплату за перероблення графіку відшукують за формулою:

$$Z_{Перi} = T_i \cdot k_{Пер} \cdot \Phi_{Пер} \cdot Ш_{pi}, \quad (3.2)$$

де $k_{Пер} = 0,5 \cdot 0,75$ – коефіцієнт доплати за перероблення графіка;

$\Phi_{Пер} = 100$ – фонд часу переробки графіка, год;

Обчислимо обсяг доплати за переробку графіка для робітників певних розрядів за формулою (3.2).

$$Z_{ПерVI} = 46,22 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 102 \cdot 4 = 7071,66 \text{ грн.}$$

$$Z_{ПерV} = 43,92 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 102 \cdot 8 = 13439,52 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$Z_{ПерV} = 43,92 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 102 \cdot 4 = 6719,76 \text{ грн.}$$

Доплату за роботу в вечірній час відшукують за формулою:

$$Z_{Вечi} = T_i \cdot k_{Веч} \cdot \Phi_{Веч} \cdot Ш_{pi}, \quad (3.3)$$

де $k_{Веч} = 0,2$ – коефіцієнт доплати за роботу в вечірній час;

$\Phi_{Веч} = 730$ – фонд вечірнього робочого часу, год;

Обчислимо обсяг доплати за роботу в вечірній час для робітників певних розрядів за формулою (3.3).

$$З_{ВечVI} = 46,22 \cdot 0,2 \cdot 730 \cdot 4 = 26992,48 \text{ грн.}$$

$$З_{ВечV} = 43,92 \cdot 0,2 \cdot 730 \cdot 8 = 51298,56 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$З_{ВечV} = 43,92 \cdot 0,2 \cdot 730 \cdot 4 = 25649,28 \text{ грн.}$$

Доплату за роботу в нічний час відшуковують за формулою:

$$З_{Нічi} = T_i \cdot k_{Ніч} \cdot \Phi_{Ніч} \cdot Ш_{pi}, \quad (3.4)$$

де $k_{Ніч} = 0,4$ – коефіцієнт доплати за роботу в нічний час;

$\Phi_{Ніч} = 730$ – фонд нічного робочого часу, год;

Обчислимо обсяг доплати за роботу в нічний час для робітників певних розрядів за формулою (3.4).

$$З_{НічVI} = 46,22 \cdot 0,4 \cdot 730 \cdot 4 = 53984,96 \text{ грн.}$$

$$З_{НічV} = 43,92 \cdot 0,4 \cdot 730 \cdot 8 = 102597,12 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$З_{НічV} = 43,92 \cdot 0,4 \cdot 730 \cdot 4 = 51298,56 \text{ грн.}$$

Доплату за роботу в святкові дні відшуковують за формулою:

$$З_{Свi} = T_i \cdot k_{Св} \cdot \Phi_{Св} \cdot Ш_{pi}, \quad (3.5)$$

де $k_{Св} = 0,75$ – коефіцієнт доплати за роботу в святкові дні час;

$\Phi_{Св} = 96$ – кількість годин святкових днів, год;

Обчислимо обсяг доплати за роботу в святкові дні для робітників певних розрядів за формулою (3.5).

$$З_{СвVI} = 46,22 \cdot 0,75 \cdot 96 \cdot 4 = 13311,36 \text{ грн.}$$

$$З_{СвV} = 43,92 \cdot 0,75 \cdot 96 \cdot 8 = 25297,92 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$Z_{C6V} = 43,92 \cdot 0,75 \cdot 96 \cdot 4 = 12648,96 \text{ грн.}$$

Розмір премії обраховуємо за формулою

$$Z_{Pi} = Z_{Ti} \frac{P_{Pi} \%}{100\%}, \quad (3.6)$$

де P_{Pi} – відсоток нарахування премії згідно положенню про оплату праці та преміювання, %;

Обраховуємо обсяг премії для певних робітників згідно штатного розкладу за (3.6)

$$Z_{PiVI} = 404887,20 \cdot 30 / 100 = 121466,16 \text{ грн.}$$

$$Z_{PiV} = 769478,40 \cdot 30 / 100 = 230843,52 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$Z_{PiV} = 384739,20 \cdot 30 / 100 = 115421,76 \text{ грн.}$$

Основний фонд оплати праці обчислюємо за формулою

$$Z_{Oснi} = Z_{Ti} + Z_{Перi} + Z_{Вечi} + Z_{Нічi} + Z_{Сві} + Z_{Pi}, \quad (3.7)$$

Підрахуємо основний фонд оплати праці робочих певних розрядів за (3.7).

$$Z_{OснVI} = 404887,20 + 7071,66 + 26992,48 + 53984,96 + 13311,36 + 121466,16 = 627713,82 \text{ грн.}$$

$$Z_{OснV} = 769478,40 + 13439,52 + 51298,56 + 102597,12 + 25297,92 + 230843,52 = 1192955,04 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$Z_{OснV} = 384739,20 + 6719,76 + 25649,28 + 51298,56 + 12648,96 + 115421,76 = 596477,52 \text{ грн.}$$

Додатковий фонд оплати праці знайдемо за формулою:

$$Z_{Di} = Z_{Oснi} \cdot \frac{k_D \%}{100\%}, \quad (3.8)$$

де $k_D = 10$ – розмір доплати з додаткового фонду, %.

Визначимо додатковий фонд оплати праці робочих певних розрядів за (3.8).

$$З_{ДVI} = 627713,82 \cdot 10/100 = 62771,38 \text{ грн.}$$

$$З_{ДV} = 1192955,04 \cdot 10/100 = 119295,50 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$З_{ДV} = 596477,52 \cdot 10/100 = 59647,75 \text{ грн.}$$

Фонд споживання складе:

$$З_{Cni} = З_{Oсni} + З_{Ди}, \quad (3.9)$$

Визначимо фонд споживання робочих певних розрядів за (3.9).

$$З_{CnVI} = 627713,82 + 62771,38 = 690485,20 \text{ грн.}$$

$$З_{CnV} = 1192955,04 + 119295,50 = 1312250,54 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$З_{CnV} = 596477,52 + 59647,75 = 656125,27 \text{ грн.}$$

Середньомісячну заробітну плату одного працівника визначимо за формулою:

$$З_{Cpi} = З_{Cni} / (Ш_{pi} \cdot 12). \quad (3.10)$$

Визначимо середньомісячну заробітну плату одного робочого першого розряду за (3.10).

$$З_{CpVI} = 690485,20 / (4 \cdot 12) = 14385,11 \text{ грн.}$$

$$З_{CpV} = 1312250,54 / (8 \cdot 12) = 13669,28 \text{ грн.}$$

Електро-газозварювальників V розряду

$$З_{CpV} = 656125,27 / (4 \cdot 12) = 13669,28 \text{ грн.}$$

Загальний фонд заробітної плати бригади чергових слюсарів

$$\Phi = \sum З_{Cni}$$

$$\Phi = 690485,20 + 1312250,54 + 656125,27 = 2658861,02 \text{ грн.}$$

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК

4.1 Розрахунок виробничої програми сортопрокатного цеху на рік

На підставі звітних даних за 2018 рік про сортамент і обсяг виробництва стану 600 (табл. 4.1), а також час роботи стану (табл. 4.2), складемо баланс часу роботи стану на 2020 рік.

Таблиця 4.1 – Сортамент і обсяг виробництва стану 600 за 2018 рік.

№	Найменування видів прокату	Обсяг випуску прокату, т	Частка окремих видів прокату, %
1	Балки, швелери	134257	8,0
	Крупносортна сталь:	1515653	90,4
2	У т.ч. квадрат	1489243	88,9
3	Кульова заготівля	13484	0,8
4	Сортова конструкція	11066	0,7
5	Трубна заготівля	15149	0,9
РАЗОМ:		1676125	100,0

Визначимо номінальний час роботи стану у добах:

$$TН = t_{\text{календ.}} - t_{\text{к.р.}} - t_{\text{нпр}};$$

де $t_{\text{календ.}}$ = 365 діб – календарний час роботи стану;

$t_{\text{к.р.}}$ = 10 діб – час на капітальний ремонт відповідно до звіту за 2018 рік;

$t_{\text{нпр}}$ = 19,67 діб – час на планово-попереджувальні ремонти.

$$TН = 365 - 10 - 19,67 = 335,33 \text{ діб,}$$

Номінальний час роботи стану в годинах:

$$TН = 335,33 \cdot 24 = 8047,92 \text{ год.}$$

Визначимо фактичний час роботи стану шляхом вирахування з часу номінального часу поточних простоїв.

Поточні простої викликані заміною деталей і вузлів які швидко зношуються та простоями по організаційно-технічним причинам.

Таблиця 4.2 – Баланс часу роботи стану 600

Показник	По звіту 2018 рік	По проекту 2020 рік
Календарний час, діб.	365	365
Режим роботи	Безупинний	Безупинний
Число × тривалість змін, год.	3×8	3×8
Капітальний ремонт, діб	-	-
ППР, діб	19,67	20
Номінальний час, діб	273,4	274
Номінальний час, год.	6561,6	8047,92
Поточні простої, %	32,7	10
Поточні простої, год.	2144,1	1657,6
		Резерв=1985
Фактичний час, год.	4863	6847,92
Середня годинна продуктивність, т	273,4	344,67
Випуск прокату	1630861,68	2360272

До таких простоїв відносяться:

- перевалка валків, зміна ножів, пил, дисків і іншого змінного устаткування й інструмента в наслідок зносу або поломки;
- закладка змащення в підшипники, збирання окалини, перевірка кріплень, настроювання й інше;
- поточний ремонт устаткування печей і ножиців.

Уповільнення в процесі ходу прокатки в порівнянні з технічно можливим його тактом відносять до схованих простоїв. Ці простої не фіксуються, входять у фактичний час і виявляються шляхом проведення фотохронометражних спостережень.

Поточні простої складають 15-20 % від номінального часу.

Визначимо час поточних простоїв у роботі стану за добі, по формулі:

$$T_{ПП} = \frac{T_H \cdot T\%}{100} = \frac{335,33 \cdot 15}{100} = 50 \text{ діб.}$$

У годинах це складе:

$$T_{ПП} = 1200 \text{ год.}$$

Визначимо фактичний час роботи стану 600 у 2020 році, у годинах:

$$T_{\phi} = TH - TT_n = 8047,92 - 1200 = 6847,92 \text{ год.}$$

Середню годинну продуктивність стану 600 по сортаменту визначимо по формулі:

$$P_{cp} = \frac{P_{год}}{T_{\phi}} = \frac{1676125}{4863} = 344,67 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

де $P_{год} = 1676125$ т – продуктивність за 2018 рік;

$T_{\phi} = 4863$ год – фактичний час роботи стану за 2018 рік.

Річну продуктивність стану 600 визначимо по формулі:

$$PG = PCP \cdot T\Phi = 344,67 \cdot 6847,92 = 2360272 \text{ т}$$

У зв'язку з тим, що проектом заплановане збільшення виробництва прокату на 5%, у порівнянні зі звітом за 2018 рік, що складає 83806,25 тони, надлишковий фактичний час, що складає 1985 годин або 82,7 доби в порівнянні з розрахованим необхідно віднести в резерв.

Розраховуємо баланс часу роботи стану по відомій годинній продуктивності й обсягу виробництва. Розрахункові дані для порівняння з 2018 роком зведені в таблицю 4.2.

4.2 Розрахунок економічної ефективності

В даному дипломному проекті пропонується для збільшення терміну служби дисків ділянки пил гарячого різання сортопрокатного цеху здійснювати додаткову термічну обробку ріжучої поверхні, що дозволить підвищити міцність як вершин так і западин зубів диска пили. Насамперед це дозволить збільшити міжремонтні періоди, скоротити простої обладнання та зменшити вірогідність аварійних зупинок стану.

Продуктивність стану за прогнозними показниками на 2020 рік складе в середньому 344,67 тони за годину.

Передбачаємо, що скорочення простоїв стану, пов'язаних з проведенням поточних ремонтів у 2020 році складе 4 години. Прогнозована вартість однієї тони прокату в 2020 році складає 17043,89 грн.

Отже додатковий прибуток від можливого збільшення обсягів виробництва складе [13, 14]:

$$E_p = T_{np} \cdot P_{cm} \cdot (Ц - С) = 4 \cdot 344,67 \cdot (17043,89 - 15987,30) = 1456699,5 \text{ грн ;}$$

де T_{np} , год – зменшення простоїв обладнання;

P_{cm} , $\frac{T}{\text{год}}$ – годинна продуктивність стану;

$Ц$ – очікувана вартість 1 тони листового прокату на ринку у 2020 році.

$С$ – собівартість 1 тони листового прокату.

Орієнтовна вартість обладнання для додаткової термічної обробки ріжучої поверхні дисків пил становить 720000 грн. Таким чином, якщо врахувати тільки додатковий прибуток від збільшення обсягів виробництва за рахунок додаткової роботи стану на 4 годин на рік термін окупності витрат на обладнання для додаткової термічної обробки складе:

$$T_{ок} = \frac{Ц_{лм}}{E_p} = \frac{720000}{1456699,5} = 0,5 \text{ року ;}$$

де $Ц_{лм}$, грн – вартість обладнання для додаткової термічної обробки.

5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

До числа небезпечних виробничих факторів (НВФ) відносяться: машини, що рухаються, і механізми, незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, що пересувають заготівлі [15].

При експлуатації СПЦ можливі наступні види травм: захоплювання частин одягу і кінцівок робітника валками, чи обертовими шпинделями і сполучними муфтами, опіки, а також удари й ушкодження осколками, що відлітають, що прокочується металу й окалини.

На СПЦ основними двигунами є електромотори. Допоміжні пристрої, електрокрани, електролебідки, рольганги, шлепери, правильні машини, ножиці також приводяться в рух від електроприводів.

Наявність великої кількості електроустаткування і електрокомунікацій становить небезпеку для трудящих. При впливі електричного струму виникають електротравми – електричний удар, опік. Електричний удар можливий при зіткненні з струмопідвідними частинами устаткування. Опік обумовлений електричною дугою, що супроводжує комутаційні процеси в електричних ланцюгах.

Небезпека травмування при роботі з електроустановками може виникнути в наступних випадках: від дотику до неізольованих проводів, контактів устаткування, що знаходиться під напругою; випадково, у результаті ушкодження ізоляції: від дотику до корпусів машин і апаратів; від близькості людини до упалого на землю проводу, що знаходиться під напругою; при помилковому відключенні роз'єднувача під навантаженням; з появою потенціалу на мокрих підлогах, стінах, при дотику до нерозрядженого конденсатору від наведених напруг, при зворотній трансформації й в інших випадках.

Приміщення СПЦ характеризується наявністю наступних умов: струмопровідні підлоги, струмопровідний пил, висока температура в приміщенні цеху, наявність великої кількості електрообладнання. Таким чином приміщення відноситься до III групи (особливо небезпечних) небезпеки приміщень по ступеню ураженню електричним струмом.

Окремі ділянки прокатного цеху різко відрізняються друг від друга за метеорологічними умовами. На ділянці нагрівання, прокатки і транспортування

гарячого металу температури навколишнього середовища перевищує санітарні норми, має місце знижена вологість повітря.

У цеху багато операцій основні і допоміжні супроводжуються виділенням значних кількостей пилу.

Великі фракції пилу швидко осідають, а дрібні – тривалий час знаходяться в повітрі. Пил, що утвориться при прокатці й обробці металу, негативно впливає на організм людини.

Іншим фактором, що характеризує шкідливість умов праці в прокатному виробництві, є загазованість.

Наявність викидів різних газів в атмосфері цеху, обумовлено порушеннями технологічного режиму, несправністю і недосконалістю устаткування. До основних джерел виділення шкідливих газів на СПЦ відносяться нагрівальні пристрої, прокатний стан, і інше технологічне устаткування.

Склад газів в атмосфері на ділянці нагрівальних печей характеризується наступними компонентами: сірчаний ангідрид (SO_2); окисли азоту (NO , NO_2).

У прольотах прокатного стану, на ділянки різання і складування металу, крім технологічних газів в атмосферу цеху надходить значна кількість газів, що утворюються при згорянні мастильних матеріалів.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, випромінюваного нагрітими заготовками й устаткуванням стану.

Велика інтенсивність теплового випромінювання має місце на робочих місцях у нагрівальних печей, у прокатного стану, на ділянці ножиць, на складах готової продукції.

5.2 Пропоновані заходи щодо підвищення рівня охорони праці

Безпечне обслуговування клітей СПЦ їхнього допоміжного устаткування і пристосувань досягаються при дотриманні наступних умов [15].

Усі частини і його устаткування встановлені і розташовані так, що забезпечено безпечний доступ для огляду і їхнього ремонту, а під час роботи цілком виключена можливість зіткнення робітника з обертовими частинами устаткування.

Усі сполучні шпинделі, муфти і корінні вали прокатного стану обгороджені з боків суцільними щитами, що попереджають механічний вплив фізично небезпечних факторів на людину. Також на СПЦ застосовуються обмежувальні

пристрої – це конструкції, що обмежують зону, де можливий вплив на людину небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Найбільш розповсюдженими видами обмежувальних пристроїв є бар'єри, поруччя, поручні й інші пристосування, що обмежують визначену чи зону пересування обслуговуючого персоналу.

На СПЦ широко поширені захисні пристрої, що служать для запобігання можливого впливу на працюючих небезпечних виробничих факторів. До них відносяться різні екрани, що захищають чи людину частини його тіла від травмування осколками, що відлітають у час гарячої прокатки. У газових і гідравлічних системах широко застосовуються запобіжні пристрої, що попереджають виникнення небезпечних виробничих факторів при перевантаженні перевищення заданих параметрів (швидкості, тиску, температури і т.п.) шляхом нормалізації параметрів чи процесу відключення устаткування.

У механізмах і агрегатах цеху, а також в електроустаткуванні застосовуються блокувальні системи механічної, електромеханічної, фотоелектричної, електричної конструкцій. Блокувальні пристрої або припиняють процес роботи устаткування, не допускаючи виникнення небезпечних виробничих факторів, або нормалізують параметри процесу роботи устаткування при їхніх відхиленнях вище встановлених меж.

Найбільш важкими різновидами аварій є обвалення моста крана, коли його ходові колеса сходять зі шляху через несправність підкранових балок і рейкових шляхів. Постійний нагляд за станом моста крана необхідний для своєчасного виявлення дефектів - тріщин, деформації деталей і т.д. Нагляд повинний виконуватися не рідше одного разу в квартал. Важливою умовою безаварійної роботи електромостових кранів є: справність гальмової системи, наявність системи ключових вимикачів, справність обмежників ходу кранової підвіски, виконання вимог пред'явлених до крюкової підвіски. Огляд кранів виконується адміністрацією підприємства не рідше одного разу в 12 місяців. Ревізії й огляди кранового устаткування виробляються за графіком і результати заносять у журнал. На СПЦ застосовуються наступні види сигналізації: оперативна, попереджувальна й інформаційна. Попереджувальна звукова сигналізація, попереджає обслуговуючий персонал про пуск і зупинку устаткування, про порушення й екстремальні відхилення технологічних процесів.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті запропоновано рішення, щодо підвищення експлуатаційної надійності пили гарячого різання в умовах напівбезперервного крупносортового стану 600, а також розроблено заходи щодо виконання монтажу, ремонту, змащенню та організації технічного обслуговування обладнання, запропоновані заходи техніки безпеки та охорони праці.

1. Спираючись на досвід експлуатації та проектування ділянок різання сортових розкатів встановлено, що за сучасних умов суттєвий резерв збільшення продуктивності пил полягає в реалізації пакетного різання.
2. Для підвищення експлуатаційної надійності пил гарячого різання пропонується здійснювати додаткову термічну обробку ріжучої поверхні, що насамперед дозволить збільшити міжремонтні періоди, скоротити простої обладнання та зменшити вірогідність аварійних зупинок стану.
3. Під час проведення монтажних робіт дискової пили гарячого різання доцільно використовувати 4 стропа виготовлені з канату ТЛК-О 6х37 (1+6+15+15)+1о.с. ГОСТ 3079-80 ((діаметр канату $d_k = 23,0$ мм; маркувальна група $\sigma_b = 1860$ МПа), а для кріплення рами машини глухі фундаментні болти з відгином (діаметр болта М64×6).
4. Пропоновані заходи дозволять отримати додатковий прибуток за рахунок збільшення вироблюваного прокату орієнтовно в сумі 1456699,5 грн, а з урахуванням витрат на придбання обладнання для додаткової термічної обробки термін окупності складе 0,5 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прокатные станы. Справочник в 3-х томах / В.Г. Антипин, С.В. Тимофеев, Д.К. Нестеров и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1992. – Т.1 Обжимные, заготовочные и сортовые станы 500-950. – 416 с., ил.
2. Ищенко А.А. Участки резки проката дисковыми пилами: Учебное пособие / А.А. Ищенко – К.:Выща шк., 1989. – 61 с.
3. Патент 2429951 Российская федерация, МПК, В23D 81/00. Пила для резки проката / Комиссарчук С. Ю., Комиссарчук Ю. С., Синев А. Н. – заявл. 01.04.2010; опубл. 27.09.2011.
4. Патент 2071878 Российская федерация, МПК, В23D 61/02. Пила. / Рогов В.А. – заявл. 18.04.1994; опубл. 20.01.1997.
5. Патент 2045374 Российская федерация, МПК, В23D 61/02. Пила. / Рогов В.А. – заявл. 29.05.1992; опубл. 10.10.1995.
6. Пат. 97849 Україна, В23D45/00, В23D47/10 (2006.01), В23Q5/033 (2006.01). Чотириланкова дискова пила для поперечного різання сортового металопрокату / Петров П.О., Боровік П.В., Селезньов М.Є.; заявник і патентовласник Донбаський державний технічний університет. – №201410643; заявл. 29.09.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. №7.
7. Патент 2113512 Российская федерация, МПК, С21D9/24, С21D1/09. Способ термической обработки дисков пил горячей резки проката. / : Иерусалимов И.П., Петренко Ю.П., Мардышкин Р.Е. – заявл. 14.12.1996; опубл. 20.06.1998.
8. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: Учеб. пособие для ВУЗов. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с.
9. Курсовое проектирование деталей машин. Учебное пособие для учащихся машиностроительных техникумов/ Чернавский С.А., Боков К.Н., Чернин И.М. и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с., ил.
10. Подшипники качения: Справочник–каталог / Под редакцией Нарышкина В.Н. и Коросташевского Р.В. – М.: Машиностроение, 1984. –280с., ил.

11. Плахтин В. Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин – М.: Металлургия, 1983. – 415 с.
12. Организация и планирование предприятий черной металлургии / Метс А. Ф., Штец К. А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф. И. – М. : Металлургия, 1986 – 560 с.
13. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях черной металлургии / Бельгольский Б. П., Бень Т. Г., Зайцев Е. П. и др. – М. : Металлургия, 1982. – 416 с.
14. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для втузов / Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов и др. – М. : Высш. шк., 1991 – 176 с. : ил.
15. Бринза В. Н. Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.

ДОДАТКИ