

## РЕФЕРАТ

Даний проект є випускною роботою на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою по спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Металургійне обладнання».

Тема проекту: «Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційних характеристик пили дискової в умовах сортопрокатного цеху з напівбезпервним станом 600»

Проект складається з 7 основних розділів.

У загальній частині приведена технічна характеристика стана 600, описаний склад основного технологічного обладнання та технологічний процес стану.

У спеціальній частині приведений аналітичний огляд щодо призначення і принципу роботи пил, конструкцій пил та особливостей конструкцій їх механізмів, схем розкрою прокату. Розглянуті технічні рішення щодо підвищення експлуатаційних характеристик пил. Описана конструкція пили гарячого різання. Проведений аналіз відмов в її роботі. Запропоновані заходи щодо удосконалення пили гарячого різання та виконані розрахунки.

В третьому розділі описані особливості обслуговування, монтажу, ремонту і змащування пили гарячого різання. В організаційній частині надані загальні дані про організацію роботи ремонтних служб загалом та по обслуговуванню пил зокрема. В економічній частині приведено розрахунок економічної ефективності заходів проекту.

У розділі «Охорона праці і навколишнього середовища» проаналізовані потенційні небезпеки в сортопрокатному цеху, запропоновані заходи щодо охорони навколишнього середовища. У розділі «Цивільна оборона» приведено прогнозування та описані заходи по управлінню підприємством у надзвичайній ситуації та захисту співробітників.

Проект містить графічну частину й пояснювальну записку. Графічна частина містить 8,5 аркушів формату А1. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 114 аркушів формату А4, з яких 96 сторінок основного тексту та 17 – додатки (відомість проекту – 1, креслення – 9, специфікації – 7), рисунків – 23, таблиць – 9, перелік джерел посилання – 58.

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

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАПІВБЕЗПЕРЕРВНОГО КРУПНОСОРТНОГО СТАНУ 600	8
1.2 СКЛАД ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	9
1.3 СТИСЛИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	11
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	16
2.1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	16
2.1.1 Призначення і принцип роботи пил	16
2.1.2 Конструкції дискових пил	16
2.1.3 Конструктивні особливості механізмів дискових пил	17
2.1.4 Аналіз існуючих технологічних схем розкрою прокату	19
2.2 ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИЛ ДИСКОВИХ	25
2.3 ПРИЗНАЧЕННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	30
2.4 ВІДМОВИ В РОБОТІ ПИЛИ ДИСКОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЗАННЯ СТАНУ 600	34
2.5 АНАЛІЗ ВІДМОВ В РОБОТІ ПИЛ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	35
2.5.1 Вал диску пили	35
2.5.2 Стійкість нових дисків пили	37
2.5.3 Стійкість відновлюваних дисків пили	43
2.6 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	47
2.7 РОЗРАХУНКИ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	48
2.7.1 Розрахунок зусилля різання і подачі	48
2.7.2 Вибір двигуна механізму різання	50
2.7.3 Розрахунок на міцність валу диска	51
2.7.4 Вибір підшипників	55
2.7.5 Розрахунок механізму подавання	56
2.7.6 Розрахунок механізму фіксації	57
3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ	60
3.1 ОСОБЛИВОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ	60

3.2	МОНТАЖ ППР	61
3.3	РЕМОНТ ПИЛИ	64
3.4	ЗМАЩУВАННЯ ПИЛИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	66
4	ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ	67
4.1	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЙ МІЖ РЕМОНТНИМ І ЧЕРГОВИМ ПЕРСОНАЛОМ	67
4.2	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ЧЕРГОВИХ СЛЮСАРІВ	69
4.3	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПО ОБСЛУГОВУВАННЮ ПИЛ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ	70
5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК	73
5.1	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХУ НА РІК	73
5.2	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	75
6	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	77
6.1	АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ	77
6.2	ЗАХОДИ ЩОДО ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ	78
6.3	ЗАХОДИ ЩОДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	81
6.4	ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	82
7	ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА	83
7.1	ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА	83
7.2	МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ СПІВРОБІТНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	84
7.2.1	<i>Захисні споруди</i>	84
7.2.2	<i>Розосередження та евакуація</i>	86
7.2.3	<i>Засоби індивідуального захисту</i>	87
7.3	УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ У НС	88
	ВИСНОВКИ	90
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	91
	ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ	97

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

$Q_h$  – годинна продуктивність ділянки, шт/год;

$T_p$  – час розкрою прокату, с;

$n_p$  – кількість одночасно розрізуваних розкатів;

ПГР – пила гарячого різання;

$\bar{X}$  – середнє арифметичне;

$M$  – медіана;

$\alpha$  – рівень значущості;

$n$  – кількість вимірювань;

$k$  – найбільше натуральне число при заданих  $n$  та  $\alpha$

$x_{(k)}$  – границі довірчого інтервалу;

$S$  – середнє квадратичне відхилення;

$N_z$  – загальна кількість записів;

$P_k$  – приблизна частка коректних даних;

$\delta$  – абсолютна гранично допустима помилка у визначенні частки;

$t_{n,\alpha}$  – критичне значення розподілу Стюдента, для числа ступенів свободи  $n$  і рівня значущості  $\alpha$ ;

$v$  – швидкість обертання диска пили, м/с;

$u$  – швидкість подавання диска пили, мм/с;

$s_0$  – товщина диска, мм;

$\sigma_p$  – напруження розтягу в диску, МПа;

$\sigma_b$  – 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;

$\alpha$  – кут різання;

$Q$  – зусилля подачі диска «на метал», кН;

$N_p$  – потужність різання, кВт;

$\eta$  – к.к.д. приводу механізму обертання диска;

- $w$  – кутова швидкість ротора електродвигуна,  $c^{-1}$ ;  
 $M_H$  – номінальний момент електродвигуна,  $кН\cdot м$ ;  
 $M_{max}$  – максимальний момент на валу електродвигуна,  $кН\cdot м$ ;  
 $k$  – 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,  $кН\cdot м$ ;  
 $\sigma$  – напруження згину,  $МПа$ ;  
 $\tau$  – напруження кручення,  $МПа$ ;  
 $\sigma_{рез}$  – результуюче напруження,  $МПа$ ;  
 $k_\sigma$  – коефіцієнт концентрації по напруженням вигину;  
 $k_\tau$  – коефіцієнт концентрації по напруженням кручення;  
 $W_{кр}$  – момент опору крученню,  $мм^3$ ;  
 $F_r$  – фактичне радіальне навантаження на підшипник,  $кН$ ;  
 $F_a$  – фактичне осьове навантаження на підшипник,  $кН$ ;  
 $w_n$  – кутова швидкість цапфи підшипника,  $c^{-1}$ ;  
 $P_{екв}$  – динамічне еквівалентне радіальне навантаження,  $кН$ ;  
 $X$  і  $Y$  – відповідно коефіцієнти радіального і осевого навантаження;  
 $V$  – коефіцієнт обертання;  
 $k_B$  – коефіцієнт безпеки;  
 $k_T$  – температурний коефіцієнт;  
 $L_n$  – номінальна довговічність підшипника, годин;  
 $C$  – динамічна вантажопідйомність підшипника,  $кН$ ;  
 $n_n$  – частота обертання підшипника,  $985 \text{ хв}^{-1}$   
 $N_n$  – потужність двигуна механізму подавання;  
 $v_n$  – швидкість поступального переміщення диска,  $мм/с$ ;  
 $P_{раб}$  – робоче зусилля,  $кН$ ;  
 $N$  – зусилля затиску на рейці,  $кН$ ;  
 $b, c$  – відповідно плечі прикладення зусилля  $P_{раб}$  і  $N$  відносно точки  $O$ ,  $мм$  ;  
 $L$  – начальна довжина пружини,  $мм$ .  
 $q$  – тиск повітря в пневмоциліндрі,  $МПа$ .

## ВСТУП

В сучасних умовах фасонні профілі отримують в гарячому стані прокаткою і в холодному стані на профілегібочних станах.

Завдання поділу металопрокату на мірні довжини виникає в ряді випадків, і залежить від сортаменту і технологічної схеми процесу виробництва сортового металопрокату.

Досить широко в технологічних схемах використовують пили, здатні обробляти широкий спектр заготовок (за формою і типорозміром) одним інструментом – диском (стрічкою) пили. Однак якість різку і працездатність пили значно залежить від точності виготовлення інструменту (диска), балансування валу диска і якості монтажу (складання) виконавчого органу механізму різання.

Подальший розвиток металургійного виробництва нерозривно пов'язано з упровадженням нових високоефективних технологій виробництва металопрокату. З цією метою розробляються проекти реконструкції діючих технологічних ліній і комплексів, що передбачають заміну застарілого металургійного обладнання новим, високопродуктивним, здатним задовольнити запити сучасної промисловості.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Технічна характеристика напівбезперервного крупносортового стану 600

Стан 600 призначений для прокатки та механічної обробки сортового прокату та трубної заготівки з вуглеводистих сталей звичайної та підвищеної якості з тимчасовим опором в холодному стані до 800 МПа.

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

Технічна характеристика:

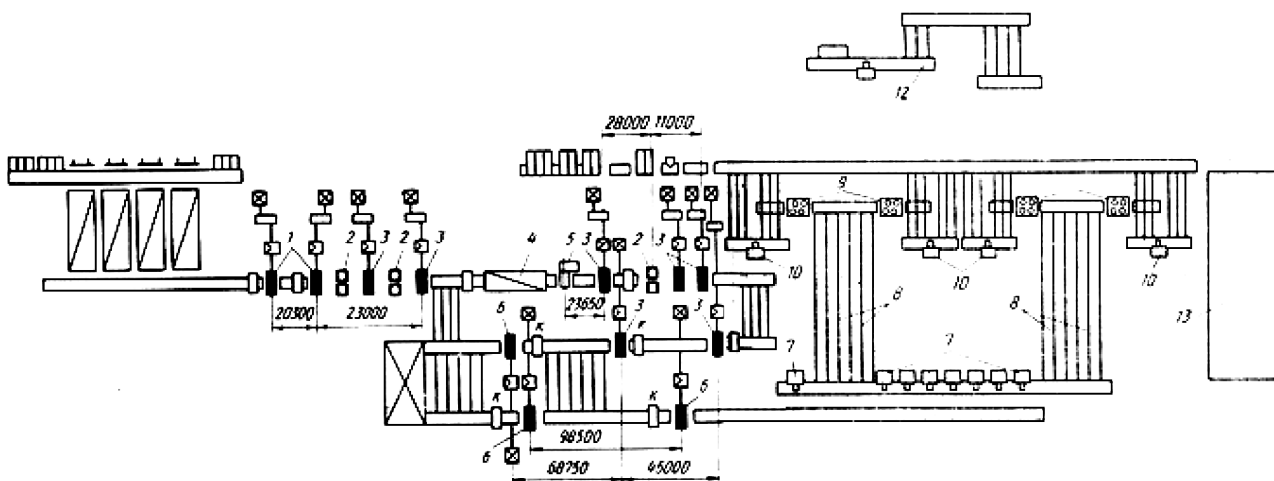
1. Розрахункова річна продуктивність стану	до 1,6 млн. т
2. Сумарна потужність встановлених на стані електродвигунів 60000 кВт	
3. Сумарна потужність головних електродвигунів	36550 кВт
4. Кількість робочих клітей	15
серед них:	
горизонтальних 850	2 (1Г, 2Г)
горизонтальних 730	7 (4Г, 6Г, 7Г, 9Г, 10Г, 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 заготівки	1
12. Кількість ділянок рейкообробки	1
13. Вага механічного обладнання стану	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 гарячої різки, ділянки холодильників,

ділянка холодної обробки, ділянки додаткової обробки прокату, ділянка обробки трубної заготовки, ділянка обробки рейок та інше.

## 1.2 Склад основного технологічного обладнання

Напівбезперервний крупносортовний 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 приводу 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  $90^\circ$  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: додаткової обробки 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 заготівель-

ному 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.

### 1.3 Стислий опис технологічного процесу

Вихідною заготівлею для стану є блюми перетином 300×300 мм, довжиною від 5,6 до 6,0 м. Склади блюмів розташовані в другому і третьому прольотах будівлі блюмінга й у прольоті К – М будинку стану 600.

Призначені до завантаження блюми кранами укладаються на завантажувальні пристрої стану. Завантажувальним рольгангом блюми спочатку транспортуються до ваг, зважуються на них і далі рольгангом передаються до тієї чи іншої методичної нагрівальної печі. Зупинка блюмів у ваг здійснюється пересувним зникаючим упором.

Подані до печей блюми штовхачами зіштовхуються з завантажувального рольганга на прийомні грати, а з них на гліссажні труби печей. Нагріті до температури 1250°C, блюми по зковзалах скачуються на приймальний рольганг, яким транспортуються до першої обтискної кліті стану 1Г. Після з кліті 1Г блюм рольгангом подається до першої безупинної групи клітей, при необхідності кантується перед нею кантувачем на 90°, і задається в робочі валки кліті 2Г. Передача підкату від однієї кліті безупинної групи до іншої здійснюється по охолодженим жолобах.

Підкат після виходу з кліті 6Г рольгангом передається до виделкового кантувача і задається в роликову прохідну підігрівальну піч, де підігрівається до 1180°C и видається до ножиць гарячого різання.

На ножицях гарячого різання підкат, у залежності від профілю готового прокату, ріжеться на таке число частин, щоб забезпечити вільний вихід розкату з кліті 7Г.

Після різання на ножицях частини підкату задаються у валки кліті 7Г. Виїшовши з кліті 7Г, розкат надходить до другої безупинної групи клітей (8Г, 9Г, 10Г).

Прокатка металу в цій групі клітей здійснюється також як і в першій групі. Отриманий розкат рольгангом транспортується до передатного ланцюгового шлепера, яким передається на другу робочу лінію клітей, що має у своєму складі дві послідовно розташовані горизонтальні кліті 730 (11Г и 12Г) і одну послідовно розташовану горизонтальну кліть 580 (13Г).

За клітями 12Г и 13Г установлені передатні ланцюгові шлепери для передачі розкату з другої робочої лінії клітей на третю.

Шлепер за кліттю 12Г дозволяє обходити кліті 13Г, 16Г. Установка передатного шлепера за кліттю 6Г дозволяє обходити відразу кліті 7Г, 8В, 9Г, 10Г, 11Г, 12Г и 13Г. Усі шлепери працюють у кроковому режимі. Третя робоча лінія клітей має у своєму складі дві послідовно розташовані горизонтальні кліті 580 (16Г и 17Г).

Схемами прокатки передбачається пропуск ряду клітей на різних лініях стану.

Остаточний сформований прокат рольгангом видається на ділянку пил гарячого різання, наприкінці якого гальмується, і на швидкості 1,0...1,5 м/с доводиться до щита пересувного упору, встановленого наприкінці рольганга.

Зупинений упором прокат штовхачем знімається з рольганга, що рухається, і пересувається на стелаж різання. З дев'яти пересувних пил гарячого різання, одна призначена для відрізки переднього нерівного кінця, а вісім для розрізки прокату на потрібні довжини (до 8 частин).

Рольгангом, що відводить, прокат передається до холодильників №1 і №2 (довжина непорізаного прокату до 49 м), чи до холодильників №1, №2 і до №3, №4.

До холодильників №1 і №2 транспортується задня немірна частина розкату з необрізаним заднім кінцем і частина порізаного прокату, а до холодильників №3 і №4 - інші частини порізаного на потрібні довжини прокату. На рольгангу, що відводить, порізаний прокат «відривається» друг від друга.

За час циклу прокатки відбувається одне крокове переміщення ланцюгів вхідних шлеперів.

Включенням на різання обертовий диск стаціонарної пили опускається на лежачий прокат і задній кінець (нерівний) немірного прокату відрізається на заздалегідь задану величину.

Обрізані кінці (передній і задній) по жолобах скачуються на транспортери збирання обрізі, якими потім скидаються в мульди.

Проби забираються як від переднього кінця розкату, так і від заднього. Від переднього кінця – пересувною пилою гарячого різання, встановленою біля холодильника №4. Від заднього кінця – стаціонарною пилою гарячого різання біля холодильника №1, також відрізають нерівні кінці розкату.

Відрізання проби від заднього кінця робиться на тумбі біля рухливого столу холодильника № 1. Відрізка проби від переднього кінця робиться відразу ж після зняття прокату з рольганга, і передачі його на стелаж вхідного шлепера холодильника №4 першим кроковим переміщенням.

Знімання такої проби з жолоба обрізки здійснюється вручну. Проба, відрізнана від переднього кінця, падає на решітку холодильника №4, відкіля вручну забирається, охолоджується і вручну ж укладається у візок пневмотранспортерів.

Візками пневмотранспорту проби доставляються до кліті 17Г. Виїмка проб з візків біля кліті 17Г також здійснюється вручну.

Після обрізки заднього кінця чи після відрізки проб, прокат другим кроковим переміщенням ланцюгів вхідних шлеперів передається на несучі ланцюги транспортерів холодильників, що рухаються безупинно. Цими ланцюгами охолоджений прокат повільно, зі швидкістю 10...24 мм/с переміщається убік вихідних канатних шлеперів.

Двотаврові балки і швелери при цьому відразу ж після передачі на несучі ланцюги, транспортерів кантуються кантувачами відповідно на 90° і 180°, а немірні задні штуки прокату круглої і квадратної форми клеймуються в торець маятниковим клеймувачем, встановленим у холодильника № 1.

Охолоджений прокат вихідними канатними шлеперами по одній штуці знімається з несучих ланцюгів транспортерів і передається на рольганги холодильників. Рольгангами холодильників, що відводять, прокат транспортується до правильних пересувних машин (СПМ), задається в них і, виправлений, приймається рольгангами за СПМ.

Перед видаванням в СПМ рейок, останні кантуються на підшву спеціальними кантувачами рейок, убудованими в рольганги холодильників. Видача рольгангом рейок у СПМ здійснюється за допомогою кантувача. З рольганга за СПМ прокат може бути знятий чи канатним шлепером, якщо він підлягає розрізанню на більш короткі штуки, чи ланцюговим, якщо розрізанню не підлягає. І в тім і в іншому випадку прокат надалі може бути скинутий у кишені чи покладений на стелажі, що перекривають кишені, або за винятком швелерів, переданих на лінію різання, спрямований на укладання в сортоукладачами.

Прокат, що підлягає розрізанню на пилі, канатним шлепером по одній штуці знімається з рольганга СПМ і передається: чи відразу на рольганг перед пиною, якщо розрізання поштучне, чи спочатку на стелаж перед рольгангом, де збирається в пакети шириною до 800 мм, а потім на рольганг перед пиною. Рольгангом перед пиною прокат передається до пили, зупиняється пересувним навісним упором, затискається затиском із притиском і ріжеться на довжини від 4-х до 12-ти метрів. Порізаний прокат ланцюговим шлепером, передається на транспортний рольганг видачі, яким передається до сусідніх кишень чи до сортоукладача, з якого знімається у свою кишеню чи на стелаж своєї кишені. Прокат, що не підлягає різанню, ланцюговим шлепером за СПМ, першим кроковим переміщенням ланцюгів знімається з рольганга, другим передається до кантувача швелерів, третім кроковим переміщенням переміщається з зони дії кантувача і четвертим кроком передається до шлепера за сортоукладачем.

При роботі в кишені чи на стелажі кишень, прокат четвертим кроковим переміщенням ланцюгів шлепера за СПМ набирається в ряди шириною до 800 мм, що потім кроковим переміщенням ланцюгів шлепера передаються на транспортний рольганг видачі, з якого скидаються в кишені чи зрушуються на стелажі кишень.

Укладання трубних заготовок на завантажувальний стелаж дільниці здійснюються кранами, що обслуговують склад готової продукції. Покладені на похилий стелаж заготовки розкочуються по стелажі і за допомогою затримувача з дозатором по одній штуці видаються на приймальний рольганг. З приймального

рольганга вони знімаються викидачами, передаються в жолоб вштовхувача і ним задаються в косовалкову правильну машину (РПМ). Рольгангом за РПМ виправлені заготівки транспортуються до викидача, якими знімаються з рольганга і передаються чи на похилу решітку з кишенею наприкінці чи на решітку, обладнану дозатором для передачі на лінію зняття фасок. Рольгангом лінії зняття фасок заготівлі транспортуються до верстатів. Після зняття фасок заготівки викидачем знімаються з лінії зняття фасок і передаються на лінію освітлення. Прояснені заготівки знімаються з рольганга викидачем і передаються на решітку перед лініями огляду. З цієї решітки за допомогою затримувачів з перекривачами і дозатора, вони скачуються на один з чотирьох рольгангів огляду, обладнаних роликками. Оглянуті з застосуванням механізованого кантування заготівки з відповідними позначками направляються чи до решітки придатного прокату – якщо придатні, чи до решітки газового різання – якщо забраковані, чи до решітки у фрезерних верстатів – якщо вони вимагають фрезерування бракованих місць. Придатні заготівки знімаються з рольганга і скачуються в кожній з 2-х кишень.

Заготівки, подані до решітки газового різання і зняті в такий же спосіб, по решітці постаченої перекривачами і дозатором скачуються на стелаж різання.

З цього стелажа придатні залишки заготовок скидаються в кишень, а негідні частини ріжуться в скрап.

З усіх кишень діляниці збирання заготовок здійснюється кранами.

Завантаження прокату на завантажувальний стелаж діляниці здійснюються кранами, що обслуговують склад готової продукції. На стелажі прокат за допомогою канатного шлепера розтаскується і видається на приймальний рольганг по одній штуці – якщо потрібно виправлення, чи пакетом шириною до 400 мм – якщо потрібна різка. Прийомним рольгангом прокат подається до правильної машини 9×800 консольного типу, правиться, передається до канатного передатного шлепера. Їм прокат знімається з рольганга з правильної машини і передається на лінію рольганга пили холодного різання. Розрізаний прокат направляється до кишень, зупиняється упором і зіштовхувачем зіштовхується в кишень. З кишень готовий прокат убирається кранами.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналітичний огляд

#### 2.1.1 Призначення і принцип роботи пил

Досить широко в технологічних схемах [1-8] використовують пили, здатні обробляти широкий спектр заготовок (за формою і типорозміром) одним інструментом – диском (стрічкою) пили. Однак якість різку і працездатність пили значно залежить від точності виготовлення інструменту (диска), балансування валу диска і якості монтажу (складання) виконавчого органу механізму різання.

Для розрізання сортового прокату при його зупинках переважно застосовують отримали дискові пили [9-17], оскільки вони можуть різати прокат будь-якого поперечного перерізу, не потребуючи, подібно до ножиць, заміни фасонних ножів при переході на інший профіль.

Для різання прокату в гарячому і холодному станах застосовуються пили двох різних типів [9-17]. У першому випадку використовуються зубчасті диски. У пил другої групи диски без зубів або з дрібними притупленими зубами. Різання в цьому випадку відбувається за рахунок нагріву зони різку і як наслідок плавлення металу від тертя диском, котрий обертається з великою швидкістю. Продуктивність таких пил значно менше, ніж пил гарячого різання з зубами.

Найбільшого поширення набули пили гарячого різання (ПГР) для поділу на мірні довжини і обрізання кінців великого і середнього сорту: рейок, балок, куточків, круглих профілів і т.і., тоді як дрібний сорт краще розрізати ножицями.

Для максимальної продуктивності пил швидкість обертання їх дисків повинна становити 100...120 м/с [9-17]. Це призводить до виникнення великої відцентрової сили, яка в поєднанні з неправильним веденням процесу різання викликає руйнування дисків. Тому пили є особливо небезпечними технологічними машинами та їх встановлюють в окремих, бетонованих приміщеннях.

#### 2.1.2 Конструкції дискових пил

На практиці успішно експлуатуються кілька конструктивних варіантів дискових пил. Розрізняють три основні групи пил за способом встановлення [9-17]:

- 1) стаціонарні – призначені для різання прокату з зупинкою його на роликівому конвеєрі;
- 2) пересувні – можна переміщати уздовж роликівого конвеєра, щодо зупиненого розкату і різати заготовки різної довжини;
- 3) летючі – застосовуються, переважно при прокатці з великими швидкостями, коли зупинка прокату для його різання недоцільна.

За способом подачі диска в зону різання дискові пили поділяються на санкові, важільні, маятникові і роторні. Їх кінематичні схеми наведені на рис. 2.1. Кожна із зазначених конструкцій містить механізм обертання пилового диска і механізм подавання.

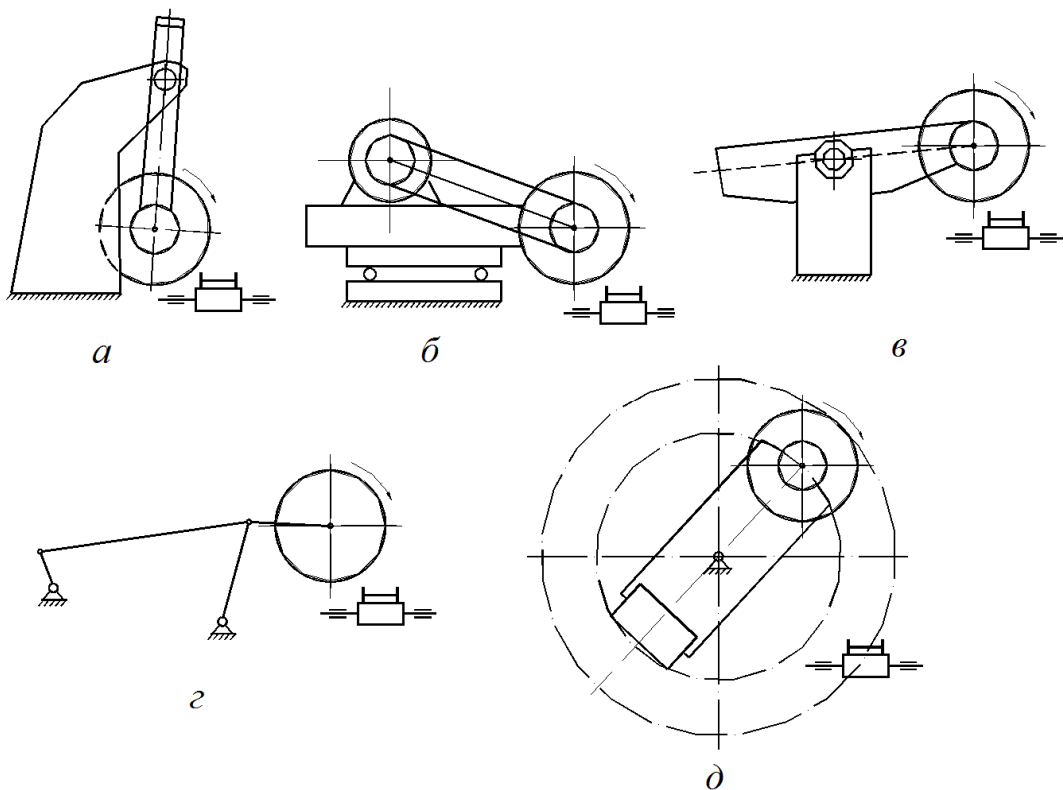


Рисунок 2.1 – Кінематичні схеми дискових пил: а – маятникова;  
 б – санкова; в – важільна; г – важільна чотириланкова;  
 д – роторна

### 2.1.3 Конструктивні особливості механізмів дискових пил

Традиційно застосовувана в дискових пилах клиноремінна передача (рис. 2.2, а) має ряд істотних недоліків, і в даний час сфера її застосування обмежується. Добре зарекомендувала себе в роботі конічна зубчаста передача (рис. 2.2, б).



Однак найкращим з точки зору простоти і надійності є варіант встановлення диска співвісно з дисковим валом; або ж безпосередньо на валу двигуна (рис. 2.2, в). Механізми подавання дисків на заготовку виконують електричними або гідравлічними [9-17].

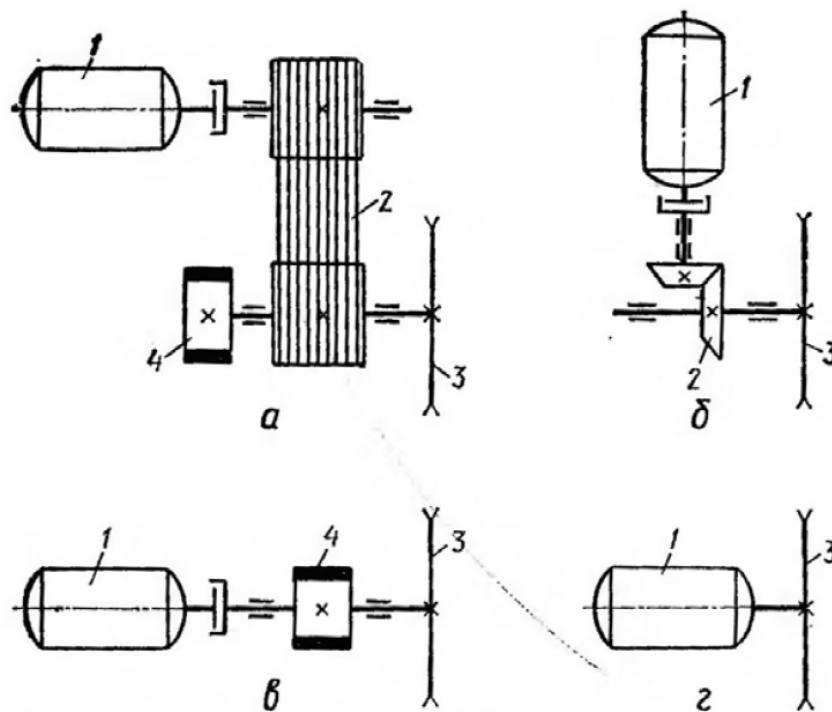


Рисунок 2.2 – Схеми механізмів обертання диска пили: а – з клиноремінним приводом; б – з конічною зубчастою передачею; в – диск встановлений співвісно з електродвигуном; г – диск встановлений на валу електродвигуна

В даний час широко застосовуються роторні пили які працюють на високих швидкостях подавання 1...3 м/с, в той час як традиційні конструкції ріжуть зі швидкістю 0,007...0,1 м/с. Збільшення швидкостей різання дозволило збільшити продуктивність пил, підвищити стійкість пильних дисків і значно розширити діапазон розрізуваних заготовок. Досягнення таких швидкостей при використанні традиційних конструкцій пил не представляється можливим через зворотно-поступальний рух механізму подачі, що несе пильний диск. Відомо, що цикл різання залежить від того, наскільки швидко ланка подавання може бути зупинена і повернута в початкове положення. До того ж при великих швидкостях подавання в момент зупинки і реверсу різко зростають динамічні навантаження на механізм. Крім того, розкрій прокату суцільних заготовок діаметром 270 мм і більше на санчатих пилах стає практично неможливим через низь-

ку стійкості пилкових дисків. У зв'язку з цим в основу конструкцій роторних пил покладено принцип, кругового переміщення пильного диска.

Переваги різання пилами: чиста поверхня, можливість відрізання точних і дуже коротких заготовок, відсутність зміцнення металу в торцевих зонах, можливість розрізати заготовки різного перетину одним інструментом [8,18].

Основні недоліки пил: наявність відходів металу в стружку, зношення зубів, потреба в заточувальних верстатах (крім пил тертя), забруднення робочого місця, небезпека руйнування диска і перевищення допустимих санітарних норм (сильний шум) [8,18].

#### 2.1.4 Аналіз існуючих технологічних схем розкрою прокату

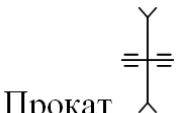
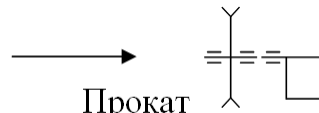
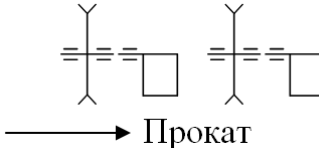
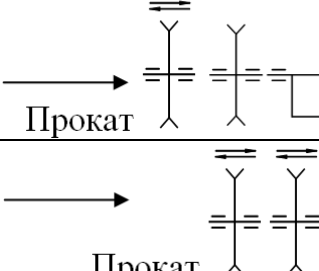
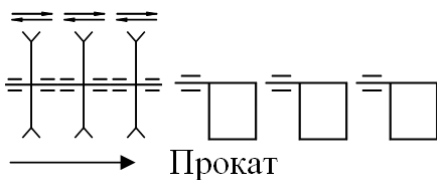
Для систематизації існуючих технологічних схем розкрою прокату і їх аналізу був проведений збір фактичних даних на вітчизняних і зарубіжних станах [16], який дозволив виділити кілька основних варіантів компоновальних рішень, умовно зображених в таблиці 2.1. Найчастіше до складу обладнання ділянки різання входять пересувні пили, що включають елементи без упорного різання, і упори для зупинки прокату. Таке комбінування дозволяє здійснювати різання прокату в широкому діапазоні мірних довжин. Оцінюючи існуючі схеми, необхідно сформулювати основні вимоги, що пред'являються до ділянок різання. До них, перш за все, слід віднести:

- 1) наявність резерву продуктивності в порівнянні з продуктивністю стана;
- 2) надійність в роботі і можливість резервування;
- 3) точність відрізки мірних довжин;
- 4) можливість швидкого перенастроювання на іншу мірну довжину;
- 5) мінімальні займана площа і металоємність.

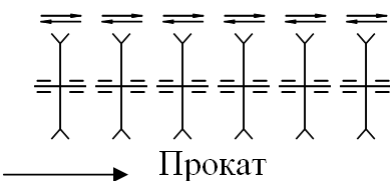
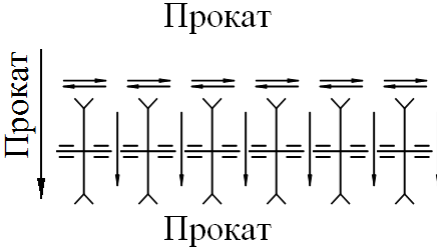
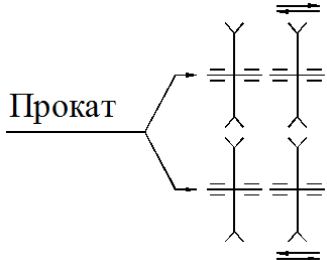
Перша з розглянутих схем з візуальним відмірюванням довжини застосовується на застарілих станах, де заготовки після різання піддаються подальшому торцюванню. Таке рішення в даний час, коли пред'являються підвищені вимоги до якості і економії металу, перспектив подальшого застосування не має.

Друга і третя схеми практично повністю відповідають викладеним вимогам. Надійність цих ділянок висока при порівняно невеликій займаній площі внаслідок застосування мінімуму обладнання. Перенастроювання на потрібну довжину виконується шляхом пересування упору, що має масу рухомих частин в кілька разів меншу, ніж маса самих пил. Причому третя схема дозволяє в разі виходу з ладу однієї пили не зупиняти процес прокатки.

Таблиця 2.1 – Схеми компоновки ділянок різання прокату дисковими пилами

№ схеми	№ групи	Схема розташування обладнання	Місце експлуатації	Примітка
1		 <p>Прокат</p>	Електростальський металургійний завод, стан 600: ТГМЗ, пільгерстан; Чепельський металургійний завод, пільгерстан; Оздській металургійний комбінат, рейкобалковий стан (Угорщина)	Замір довжини по лінійці, розташований на борту роликів конвеєра
2	I	 <p>Прокат</p>	Дніпропетровський металургійний комбінат ім. Петровського; Сакаї (Японія), балковий стан	Упори виконуються або переувними, або стаціонарними але мають кілька хоботів з індивідуальним приводом
3		 <p>Прокат</p>	Завод Дніпроспецсталь, стан 550; Лакенбі (Англія), великосортний стан	
4		 <p>Прокат</p>	Хірохата (Японія), великосортний стан; Тойохасі (Японія), великосортний стан; завод Дніпроспецсталь, стан 350	
5	II	 <p>Прокат</p>	Єнакіївський металургійний завод, стан 550	

Продовження таблиці 2.1

№ схеми	№ групи	Схема розташування обладнання	Місце експлуатації	Примітка
6	II		Металургійний комбінат «Азовсталь», великосортний цех; Мішкольцького металургійний комбінат (Угорщина), середньосортний стан	Така ж схема зі стаціонарною пилою застосовується на рельсобалочному стані
7	III		Алчевський металургійний комбінат, стан 600	Різнання виконується на спеціальному стелажі між підводять роликівими конвеєрами
8	IV		Діфференданж (Люксембург), універсальний балочний стан, Макіївський металургійний завод, стан 600	На стані 600 поділ потоків відбувається відразу після чистової кліті

Умовні позначення:



– стаціонарна пила;



– пересувна пила;



– упор для зупинки прокату.

Усі наступні схеми з 4-ої по 8-ю включають в себе пересувні варіанти виконання пил. Їх застосування значно збільшує продуктивність ділянки, однак при цьому знижується надійність її роботи через підвищення ймовірності поломки однієї з кількох пил. Слід також відзначити і необхідність застосування додаткових механізмів пересування пил, що працюють в умовах попадання на напрямні води, стружки і окалини. Крім того, істотно збільшується площа, яку займає ділянка.

Є і інші недоліки в разі використання пересувних пил, наприклад тривале настроювання на мірну довжину, необхідність виконання секцій роликового конвеєра рухливими через можливе потрапляння диска на ролик при зміщенні пили. З'являються проблеми і при відрізуванні коротких заготовок (3...7м).

До III групи (схема 7) відносяться ділянки, що мають спеціальний стелаж для різання, а також неспівпадаючі з ним і між собою по осі транспортування підвідний і відвідний роликові конвеєри. У такому випадку з'являється можливість суміщення процесу різання і процесу відведення відрізаних мірних довжин. Це значно скорочує час розкрою, проте в такому випадку мірні довжини зі стелажу різання на відвідний рольганг повинні передаватися між пилами (таблиця 1.1). Для здійснення цієї операції необхідне застосування спеціальної конструкції пил, таких як санкові, маятникові і роторні пили виключають таку можливість. У промисловості подібна схема реалізована завдяки застосуванню важільних пил у вигляді шарнірного чотириланковика, які не отримали широкого розповсюдження через великі габарити і металоємність.

IV група (схема 8) передбачає роздвоєння потоку транспортування прокату після чистової кліті та його різання в дві лінії. Таке рішення є більш економічним, ніж, наприклад, виконання за схемою 6, так як дозволяє скоротити довжину ділянки різання і вагу обладнання. Однак застосування цього варіанту ускладнюється необхідністю використовувати механізм стрілочного типу, який призводить до викривлення смуги, котре важко піддається виправленню. Виключити цей недолік можна використанням шлепера для передачі смуги з транспортного роликового конвеєра на лінію різання.

Запропонована класифікація ділянок різання прокату, безумовно, не відображає всіх можливих варіантів компоновки, але дозволяє в першому наближенні порівняти пропускну здатність найбільш поширених схем і виявити "вузькі місця" в технологічному процесі розкрою профілів.

Як критерій такого порівняння обрана годинна продуктивність ділянки, шт/год:

$$Q_h = \frac{3600 \cdot n_p}{T_p}$$

де  $T_p$  – час розкрою прокату, с;

$n_p$  – кількість одночасно розрізуваних розкатів.

Нижче наведені результати розрахунку продуктивності різних ділянок різання при наступних вихідних даних: довжина розкату  $L = 52$  м; мірна довжина  $l = 12$  м; час передачі смуги з підвідного роликowego конвеєра на стелаж різання і далі на відвідний конвеєр  $t_{п.п} = 7$  с; час спрацьовування упору  $t_u = 3$  с; час фіксації прокату  $t_{ф} = 2$  с; кількість прийомів розкрою прокату  $p = 1$ ; час зупинки смуги на роликowому конвеєрі, включаючи час підведення диска, різання і повернення в початкове положення  $t_o = 3$  с (роторні пили);  $t_o = 16$  с (санкові пили);  $t_o = 10$  с (чотириланкові важільні пили). Швидкість роликowego конвеєра 1...5 м/с, кількість одночасно розрізуваних розкатів 1...4 шт. Розрахунок продуктивності ділянок I групи (для схеми 3) виконувався по першій пилі, діючу в більш напруженому режимі, ніж друга, і забезпечує, як вказувалося раніше, різання дворазових мірних довжин і кінців розкату. Результати розрахунку продуктивності наведені у вигляді графічних залежностей (рис. 2.3).

Аналіз побудованих графіків показує, що застосування високопродуктивних роторних пил (Р) в порівнянні з пилами санковими (С) при інших рівних умовах в 1,5...2 рази підвищує пропускну здатність ділянок різання (наприклад, ПС і ПР, з індексами 1, 2 і т. д.). При розкроюванні поодиноких розкатів найбільшу продуктивність забезпечують ділянки III групи з роздільними підвідним і відвідним роликowymi конвеєрами. При швидкості конвеєра 2,7 м/с і більше продуктивність цих ділянок регламентується часом різання і тому відповідна крива на рисунку 1.2 паралельна осі абсцис на позначці, що відповідає різанню 190 шт/год. Дещо меншу продуктивність забезпечує ділянку з такою ж кількістю пересувних пил (II група). При швидкості роликowego конвеєра  $V_p = 2,5$  м/с продуктивність дорівнює 125 шт/год (роторні пили) і 86 шт/год (санкові пили). Практично таку ж продуктивність має ділянка з роздвоєнням потоку транспортування (IV група). Ці залежності збігаються з залежностями ПР і ПС.

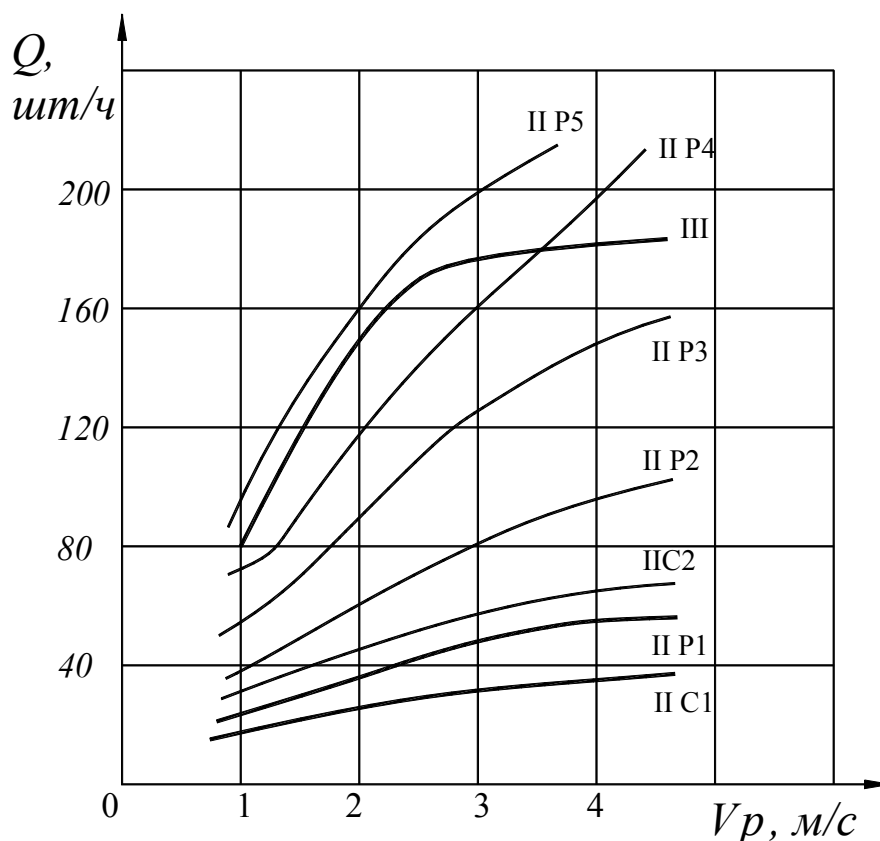


Рисунок 2.3 – Графічні залежності продуктивності ділянок різання  $Q$  від швидкості транспортування прокату  $V_p$  для різних компоновальних схем: С – санкові пили, Р – роторні пили; I – III – номер групи компоновальної схеми; 2, 3...5 – кількість одночасно розрізуваних розкатів

Різання одиночних розкатів на ділянках I групи навіть з використанням роторних пил не дозволяє досягти високої продуктивності (при  $V_p=2,5$  м/с,  $Q=42$  шт/год). Однак ці схеми мають великий резерв продуктивності при збільшенні числа одночасно розрізуваних розкатів. Так, наприклад, при пакетному різанні роторними пилами 3 або 4 розкатів ( $V_p=2,5$  м/с) продуктивність ділянок I групи стає відповідно 125 або 155 шт/год. А різання 5 розкатів одночасно дозволяє перевершити продуктивність III групи ділянок. Цей результат змушує розглядати схеми I групи, як найбільш перспективні з точки зору пропускну здатності. Вони з резервом можуть забезпечити продуктивність будь-якого прокатного стану. На користь такого висновку слід віднести і ті переваги, про які було сказано раніше (надійність, невелика площа та т. і.).

## 2.2 Огляд технічних рішень щодо підвищення експлуатаційних характеристик пил дискових

Удосконалення основних механізмів і розробка нових конструкцій ПГР є важливими напрямками в діяльності багатьох дослідників. Відомі публікації, спрямовані на розширення можливостей основних конструкцій ПГР за рахунок введення додаткових і удосконалення основних механізмів: шляхом установки хитного важеля для розширення зони різання чотириланкової дискової пили [19]; доопрацюванням конструкції важеля пили механізмом перестановки заготовки для різання профілів, довжина яких перевищує максимальну величину горизонтального переміщення інструменту [20]; шляхом додання заготівлі обертання навколо її поздовжньої осі зі змінною швидкості з метою підвищення стійкості дисків [21]; модернізацією приводу механізму подачі для збільшення довжини прямолінійної траєкторії розширення технологічних можливостей маятникової пили [22,23]; модернізацією приводу механізму обертання диска шляхом встановлення двох двигунів, розташованих симетрично щодо хитного важеля, що усуває незбалансованість і підвищує експлуатаційні показники маятникової пилки [24]; удосконаленням компонування приводу обертання диска з розміщенням електродвигуна в додатковому корпусі на маточині якого закріплений диск роторної пили [25]; удосконаленням компонування приводу шляхом зменшення габаритів пили і зниження її металоємності за рахунок використання частини приводу обертання поворотного ланки роторної пили в якості противаги [26].

У ряді робіт [17,23,27,28] була доведена доцільність підвищення швидкості подачі, що дозволяє зменшити число входжень зуба в заготовку, нагрівання зубів, скоротити роботу різання і підвищити продуктивність (в свою чергу, підвищення швидкості різання вище регламентованих значень небезпечно зважаючи на збільшення частоти обертання диска і появу додаткових вібрацій). У матеріалах роботи [29] пропонується підвищити продуктивність ПГР встановивши два диска для різання одного профілю і розташували їх в одній площині з можливістю переміщення назустріч один одному. Проте подібна схема ускладнює конструкцію і збільшує кількість зношуваних дисків. В роботі [30] збільшення пропускної здатності ділянки різання вирішується за рахунок підвищення прискорення відведення порізаних мірних заготовок.



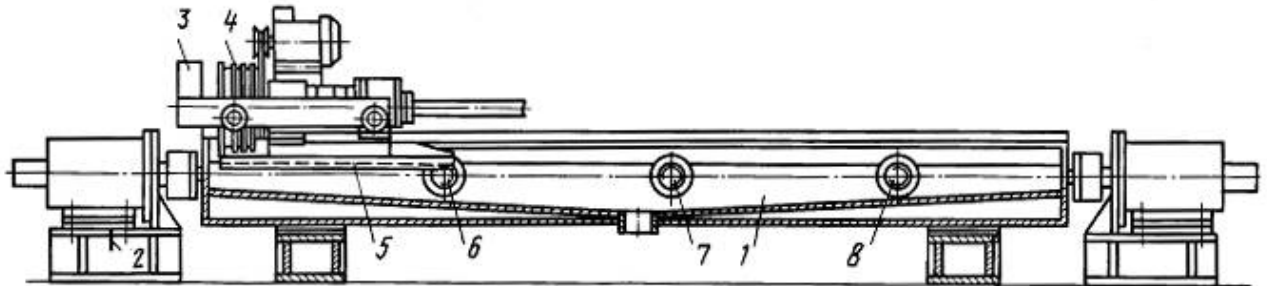
Оригінальним способом підвищення продуктивності пили є рішення, викладене в [31], при якому обертається пильний диск подають на розрізається прокат по криволінійній траєкторії і періодично змінюють умови різання, домагаючись, в кожному наступному розрізі, зміни кута зустрічі диска з прокатом і довжини дуги контакту (наприклад, шляхом подачі диска в протилежному напрямку або зміною положення прокату відносно центру криволінійної траєкторії в кожному наступному розрізі). Така робота диска позитивно позначається і на якості різання.

Розглянемо більш детально окремі технічні рішення спрямовані на підвищення експлуатаційних характеристик пил дискових.

Відома конструкція летючої дискової пили [32], котра призначена для розрізання рухомого прокату на мірні довжини і може використовуватись в безперервних трубоелектрозварювальних і агрегатах для гнуття профілів. Летюча пила для різання рухомого прокату містить (рис. 2.4) підставу 1, на напрямних якої своїми катками встановлена знімна каретка 3. У нижній частині каретки паралельно її осі розташована зубчаста рейка 5, що знаходиться послідовно в зачепленні з шестернями, закріпленими на вихідних валах редукторів приводу переміщення каретки 4. Для підвищення продуктивності і розширення технологічних можливостей за рахунок забезпечення різання різного сортаменту труб, зниження енергетичних витрат і скорочення часу циклу роботи пили за рахунок виключення витрат часу на розгін і гальмування електродвигуна приводу переміщення каретки, зниження маси каретки вона виконана знімною і містить механізм затиску і механізм різання, наприклад, у вигляді дискових ножів. Замість каретки з дисковими ножами може бути встановлена знімна каретка з механізмом різання у вигляді пилового диска або каретка з механізмом різання у вигляді ножа, що надрізає зі східчасто-розташованими зубами і клинового відрізного ножа. Рама каретки може бути виконана з круговими напрямними, які забезпечують поворот механізмів затиску і різання навколо поздовжньої осі пристрою без проміжної рами. Каретки встановлюються в залежності від сортаменту труб і прокату що розрізають.

Відома конструкція диска пили [33] корпус якої виконаний у вигляді частин окружності (рис. 2.5), 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 паралель-

ними 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.



1 – підстава; 2 – упор; 3 – каретка; 4 – привод пересування каретки;  
5 – зубчаста рейка; 6, 7, 8 – катки.

Рисунок 2.4 – Летюча пила для різання рухомого прокату

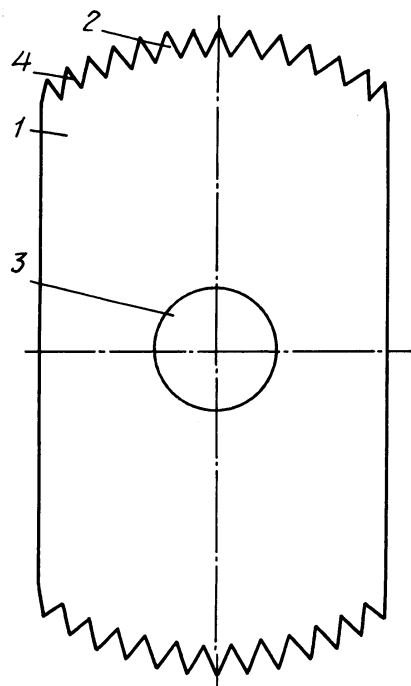
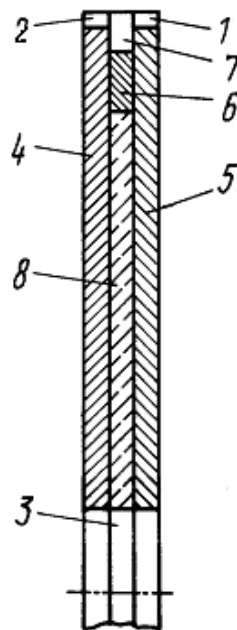


Рисунок 2.5 – Пила

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 [34] в якому (рис. 2.6), 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.



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

Рисунок 2.6 – 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 оброблюваному 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 [35] 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. 2.7).

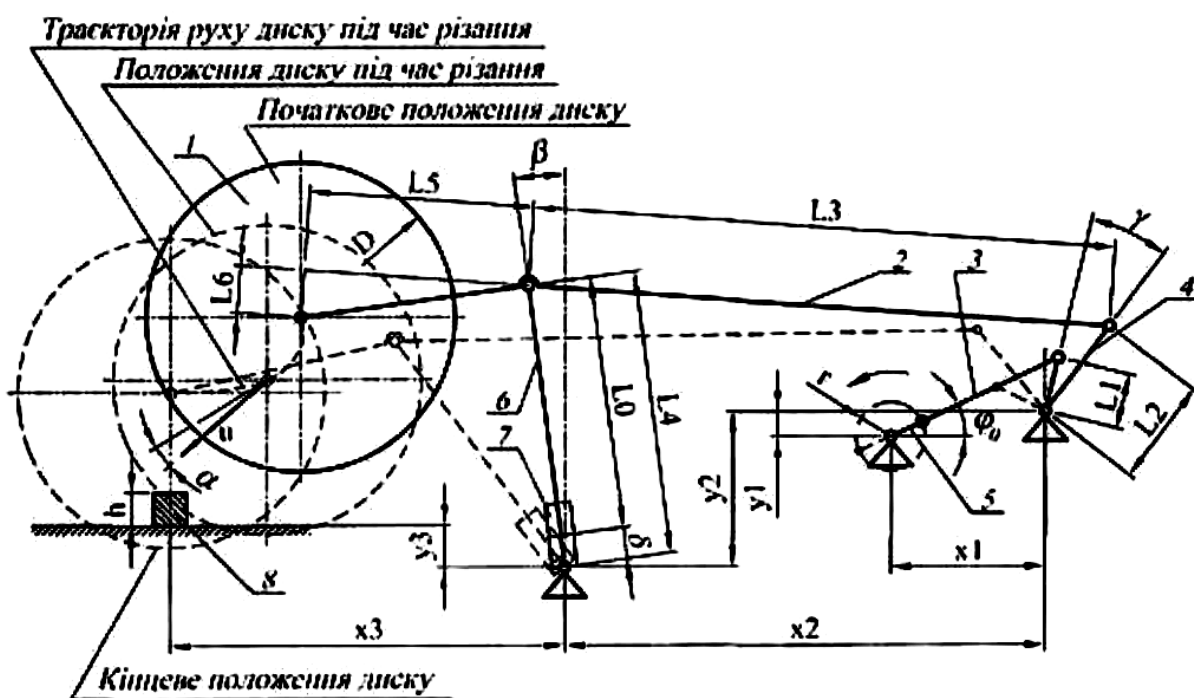


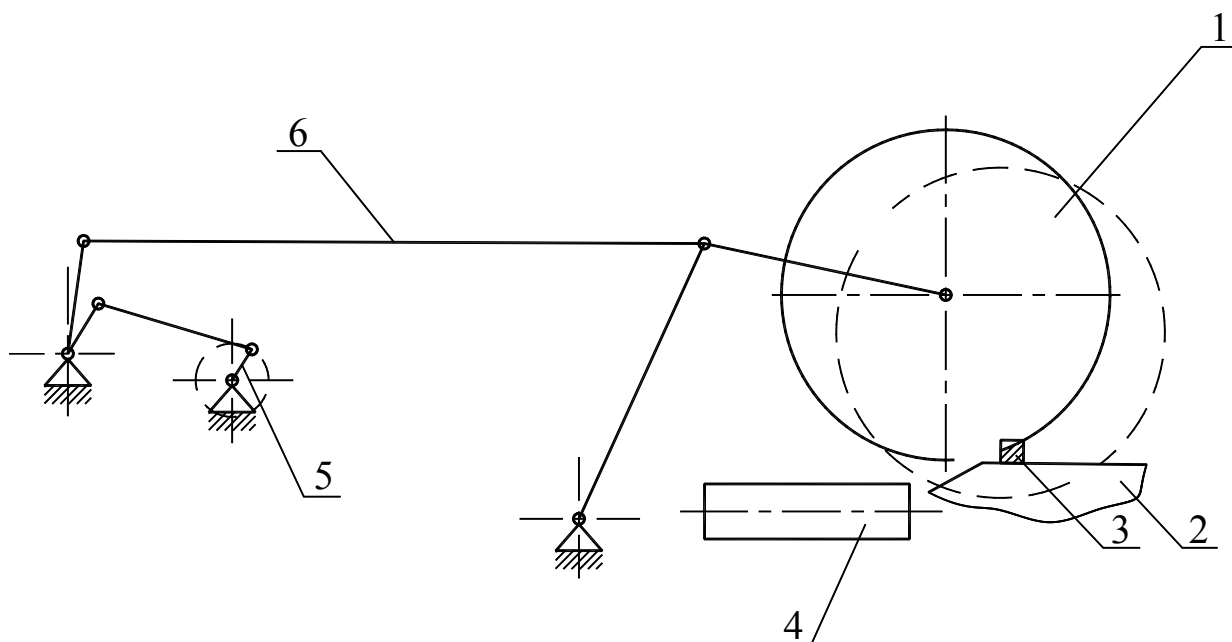
Рисунок 2.7 – Вдосконалення конструкції використовуваної чотириланкової дискової пили

Пила працює наступним чином: диск 1 закріплений на шатуні 2 переміщують шляхом обертання кривошипу 5 та повороту двоплечового важеля 4 з'єданого з кривошипом 5 шатуном 3, при цьому під час різання забезпечується переміщення диска з мінімальним значенням куту  $\alpha$  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 заготівку 8 під більш гострим кутом.

### 2.3 Призначення і конструкція пили гарячого різання

Ділянка різання стану 600 обладнана дев'ятьма пересувними дисковими пилами згідно схеми 7 (табл. 2.1), встановленими 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 стележем різання і рольгангами здійснюється шлепером.

Пересувна пила гарячого різання з діаметром диска 1800 мм (рис. 2.8) призначена для різання гарячого і термозміцненого прокату на мірні довжини; технічні параметри конструкції пили представлені в таблиці 2.2. 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.



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

Рисунок 2.8 – Кінематична схема чотириланкової дискової пили стану 600

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика пили

№	Найменування показника	Значення
1	Діаметр диска пили, мм найбільший найменший	1800 1620
2	Товщина диска, мм	9
3	Число зубів, шт для звичайного прокату для термозміцненого прокату	300 600
4	Хід диска, мм	880
5	Найбільша площа поперечного перерізу прокату, мм <sup>2</sup>	12270
6	Найбільша температура прокату °С	970
7	Механізм обертання диска пили: тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв <sup>-1</sup>	електромеханічний 200 985 –1470
8	Механізм подавання диска: тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв <sup>-1</sup>	електромеханічний 12 740
9	Механізм пересування пили: Швидкість пересування пили, м/с тип потужність двигуна, кВт частота обертання, хв <sup>-1</sup>	0,035 електромеханічний 3 910
10	Механізм фіксації пили: тип кількість, шт	пружинно– пневматичний 2

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 напресованих на нього важеля з противагою і приводного важеля. Вал змонтований на сферичних роликоті-шипниках, встановлених в стойках рами за допомогою осей в сферичних роли-

копідшипниках. Кривошипний вал змонтований на сферичних роликпідшипниках 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 роликпідшипниках, розташованих в розточеннях рами.

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 роликпідшипниках. 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. Сто-

поріння 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 основному 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.



## 2.4 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.

Механізм пересування пили має 4-и ходових колесах, котрі переміщуються по рейковому шляху, а враховуючи особливості роботи пили мають місце наступні складнощі в його роботі:

1. В процесі роботи рейковий шлях сильно забруднюється стружкою, котра утворюється при різанні, що ускладнює пересування і позиціонування пили на мірну довжину відрізуваної заготовки.
2. При закріпленні пили під час різання вона фіксується спеціальним механізмом, робочий орган якого взаємодіє з головою рейки, тому рейки доводиться чистити що саме по собі досить трудомістка процедура.

По механізму обертання диска пили, мають місце наступні проблеми:

1. 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.
2. Наявність зазорів в корпусах підшипників і незбалансованість диска призводить до вібрації всієї установки пили і додаткового навантаження на механізми.
3. Основний інструмент пили – диск з нарізаними по його периферії зубами, в нинішній його конструктивній реалізації не можна вважати оптимальним інструментом. Стійкість зубів диска недостатня особливо при поділі фланцевих профілів. Недоліком є те, що затягнутий шайбами диск затискається в прорізи, викликаючи, таким чином, збільшення бічного тиску полотна диска на торець металу, погіршуючи якість торця одержуваного зрізу.

Як свідчить досвід експлуатації, основні проблеми в роботі пили пов'язані з механізмом обертання диска пили. Їх можна поділити на:

- відмови в роботі механізмів пили;

– і відмови, пов'язані з якістю різання і стійкістю диска пили і його ріжучої поверхні.

Перший напрям пов'язаний з працездатністю механізму обертання диска, оскільки з усіх чотирьох механізмів пили: механізму подавання; механізму обертання диска; механізму пересування і механізму фіксації пили, на механізм обертання диска лягає найбільша частина відмов.

## 2.5 Аналіз відмов в роботі пил гарячого різання

### 2.5.1 Вал диску пили

Відповідно до відомостей про роботу ПГР стану 600 [36] були зібрані дані про відмови в роботі всіх дев'яти пересувних пил ділянки гарячого різання стану 600 (пила №10 є стаціонарною і призначена для відбору проб), котрі підтвердили, що основна частка відмов пов'язана саме з заміною валу диска пили, підшипників на цьому валу і муфти валу обертання диска.

Заміна валу диска пили, перш за все, пов'язана зі стійкістю підшипників. Неврівноваженість обертових мас (диск, план-шайба, вал диска) призводить до вібрації валу диска і зношенню посадочних поверхонь корпусів підшипників, відновлення яких ускладнено, що в свою чергу призводить до порушень співвісності і перекосу встановлення підшипників. Крім того, наявність вібрацій негативно позначається не тільки на працездатності вузлів і механізмів пили, але, і на точності відрізуваного прокату. Встановлено, що, незважаючи на масу установки пили (маса пили без електрообладнання 39,9 т [16]), вона може довільно зміщуватися від виставленого положення на  $\pm 100 \dots 140$  мм. Для ремонту пили застосовується агрегатний спосіб заміни: замість старої пили встановлюють нову, а демонтовану пилу відправляють на ремонтну площадку, де проводять ремонт і ревізію її механізмів.

Періодичність виходу з ладу вузла валу диска пилки залежно від номера пили приведена в таблиці 2.3 (В таблиці позначено:  $\bar{X}$  – середнє арифметичне; М – медіана).

Графічно ці дані представлені на рисунку 2.9.

В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що вибірка розподілена згідно із законом, що відрізняється від нормального. Для оцінювання міри положення оригінальної вибірки обрано медіану, оскільки для закону розподілу

відмінного від нормального медіана є більш стійкою і коректною оцінкою положення центру розподілу [37].

Таблиця 2.3 – Періодичність виходу з ладу вузла валу диска пили (місяці)

№ п/п	Номер пересувної дискової пили								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	44	9	23	4	16	21	22	57	48
2	12	21	21	2	0,5		35	5	18
3	23	0,3	11		7		5	43	
4	12	14,5	3,5		4		4	2	
5	2	17	9		11			16	
6	0,7	3	10		6			9,5	
7	1,5	3	4		1				
8		3	1		3				
9		23	1		10				
10			11		2,5				
11			1		16,5				
12			9		1				
13			2		18				
14					5				
$\bar{X}$	15,15	10,422	8,193	3	7,25	21	16,5	22,083	33
M	12	9	9	3	5,5	21	13,5	12,75	33

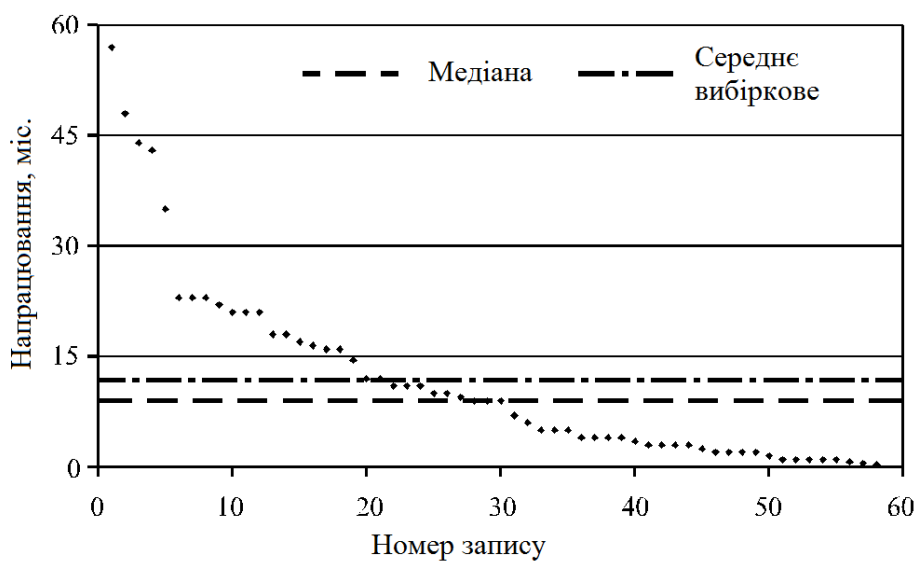


Рисунок 2.9 – Розподіл відмов валу диска пили

Медіана склала  $M = 9$  місяців. Довірчий інтервал з ймовірністю 0,5 для медіани обчислювали на основі виразу:

$$x_{(k)} < x_{0,5} < x_{(n-k+1)}, \quad (2.1)$$

де  $k$  – найбільше натуральне число при заданих  $n$  та рівні значущості  $\alpha$ .

Інтервал, що задає вираз (1), є двобічним не менш ніж  $100 \cdot (1 - \alpha) \%$  довірчим інтервалом для медіани генеральної сукупності  $x_{0,5}$ .

Значення  $k$  розраховується на базі рекурентної формули:

$$P\{x_{(k)} < x_{0,5} < x_{(n-k+1)}\} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \sum_{t=k}^{n-k} C_n^t, \quad (2.2)$$

де  $C_n^t$  – число сполучень з  $n$  по  $t$ , що виховується по формулі:

$$C_n^t = \begin{cases} \frac{n!}{t!(n-t)!} & \text{для } 0 \leq t \leq n \\ 0 & \text{для } 0 \leq n \leq t \end{cases} \quad (2.3)$$

Значення коефіцієнта  $k$  розраховували по функції, що є вмонтованою в електронні таблиці Microsoft Excel [37].

Грунтуючись на розраховане значення  $k = 22$  (при  $\alpha = 0,05$ ) лівою границею довірчого інтервалу буде член відсортованої вибірки (табл. 2.4) під номером  $k = 22$ , правою границею – під номером  $n - k + 1 = 58 - 22 + 1 = 37$ . Таким чином, довірчий інтервал медіани буде мати вид:  $x_{(22)} < x_{0,5} < x_{(37)}$ , тобто  $4 < x_{0,5} < 11$ , що свідчить про те, що з вірогідністю 95% значення медіани укладаються в діапазон від 4 до 11 місяців. Окремо були розраховані середнє вибіркове ( $\bar{X} = 11,87$ ) і довірчий інтервал для середнього при рівні значущості  $\alpha = 0,05$ , котрий знаходиться в межах від 8,6 до 15,14 місяці.

Для оцінки міри розсіяння оригінальної вибірки визначені дисперсія  $S^2 = 161,44$  і середнє квадратичне відхилення  $S = 12,71$ .

### 2.5.2 Стійкість нових дисків пили

Прокатка сортових профілів на стані 600 регламентується по ГОСТ 535-88 [38] і за технологічною інструкцією [39]; в зазначених документах викладені вимоги щодо різання сортового прокату стосуються таких дефектів як: косина

різу і висота задирок. Висота задирок при різанні фасонного і сортового прокату пилами не повинна перевищувати згідно вимог [38] – 3 мм; [39] – 1,5 мм.

Таблиця 2.4 – Вибірка з таблиці 2.3 відсортованої за збільшенням

№	Місяці	№	Місяці	№	Місяці	№	Місяці	№	Місяці	№	Місяці
1	0,3	11	2	21	4	31	9	41	16	51	23
2	0,5	12	2	22	4	32	9,5	42	16	52	23
3	0,7	13	2	23	4	33	10	43	16,5	53	23
4	1	14	2,5	24	5	34	10	44	17	54	35
5	1	15	3	25	5	35	11	45	18	55	43
6	1	16	3	26	5	36	11	46	18	56	44
7	1	17	3	27	6	37	11	47	21	57	48
8	1	18	3	28	7	38	12	48	21	58	57
9	1,5	19	3,5	29	9	39	12	49	21		
10	2	20	4	30	9	40	14,5	50	22		

Виконання цих вимог, особливо в разі експортних поставок, вимагає дослідження основних причин вибракування і виявлення чинників, що впливають на величину дефекту різання. Дослідженнями ресурсу роботи ріжучої поверхні диска і причинами заміни або вибракування диска пили займалися багато авторів [40,41]. Загальна класифікація дефектів прокатної сталі і дефектів різання сортового прокату таких як: косий різ, зминання кромки, утворення задирок, наведена в роботі [41]. В.В. Татарників, розглядаючи якість різку дисковими пилами, використовує поняття наплив, яке визначається різнотовщинністю і викривленням диска [40].

Імовірність появи дефекту при різанні залежить від форми, способу і якості нарізання зубів, які були досліджені в роботі [41]. Загальною проблемою при виготовленні дисків пил гарячого (холодного) різання металу (а також деревообробної промисловості) є надання йому плоскої форми [42-44], для чого використовують рихтування на спеціальних установках для правлення і балансування дисків.

Способи підвищення зносостійкості зубів методами термічної обробки і поверхневого пластичного деформування викладені в роботах [45, 46].

Однак причини заміни дисків, в представлених публікаціях, мають різну оцінку. Виділені серед них основні причини не завжди мають статистичне підтвердження, що ускладнює прогнозування витрати дисків і отримання відносних показників стійкості (в перерахунку на тонну прокату) або інших критеріїв.

У зв'язку з цим важливим є зробити кількісну оцінку основних причин заміни дисків пил гарячого різання сортового металопрокату, досліджувати закономірності виникнення найбільш вагомих з них. З метою оптимізації матеріальних витрат на виготовлення і ремонт дисків визначити середню стійкість при різанні квадрата і фланцевих профілів.

Аналіз стійкості дисків виконаний в умовах сортопрокатного цеху зі станом 600. Параметри використовуваних дисків такі: товщина – 9 мм, діаметр нового диска – 1800 мм, реставрованого – 1740 мм, форма зуба – трикутна, висота зуба – 19 мм, крок – 18,84 мм. На даний момент диски виготовляють з товстолистого прокату, сталі 50 ГОСТ 1050-88; розмір листа: товщина – 9 мм, ширина – 1900 мм, довжина – 4000 або 6000 мм. Відповідно до ГОСТ 19903-74 до металу для дисків пил ставляться вимоги особливо високої площинності; відхилення від площинності на 1 м довжини листа не повинні перевищувати 5 мм; граничні відхилення по товщині (при товщині листа 9 мм і ширині 1900 мм) складають: +0,2 і –0,8 мм.

Для виявлення причин заміни дисків були оброблені виробничі данні. За результатами обробки вибірки відсіву неповних записів, причини заміни диска розподілилися наступним чином (рис. 2.10).

Як впливає з представленої діаграми до основних факторів слід віднести: знос зубів (62%) і вплив на заготівлі (29%). У процентному співвідношенні вони складають 91% від загальної вибірки. Руйнування (викрашування) зубів становить 5%, хоча за результатами [41] цей дефект є основною причиною заміни диска. Частка інших відмов (задирок, прогин полки, і т.і.) незначна – менше 3%.

Першою, з найбільш частих причин заміни диска, є знос зубів, який залежить від стану інструменту (форми зуба, якості заточки і зміцнення), від типу розрізуваного профілю і температури в осередку різання. Очевидно, що знос зубів при різанні фланцевих профілів більше ніж при різанні квадрата. При розрізанні квадрата має місце одна ділянка пропила, а, наприклад, в разі різання двотаврової балки ділянок може бути до трьох; закінчивши різання на першій

ділянці, зуб переходить до наступної, різко проникаючи в метал, що призводить до пришвидшення зносу ріжучої кромки.

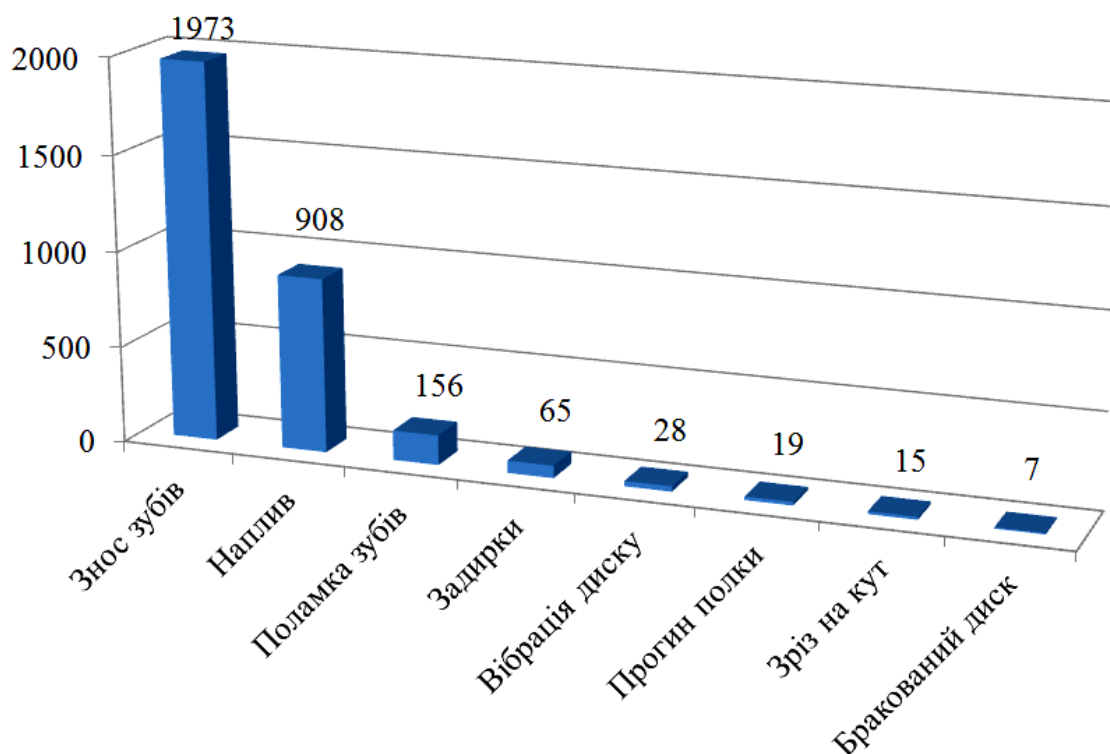


Рисунок 2.10 – Розподіл основних чинників заміни диска

Наступним фактором є наплив. Наплив є результатом сумарного впливу пил одна на одну, при якому: "... полотно диска відтісняє активні шари металу по периметру перетину, утворюючи напливи і задирки" [41]. По мірі притуплення зубів ймовірність появи напливу на заготовці зростає, проте 100-відсоткового зв'язку між зносом зубів і напливом немає. Заміна диска через спільну дію напливу і зносу була відзначена лише в 100 випадках, що відповідає 3% від загальної вибірки. Мають місце утворення напливів на заготовці, незважаючи на задовільний стан робочої поверхні зубів, наприклад при різанні профілів зі сталі 2пс (Зпс) з високими швидкостями подачі, що пов'язано зі структурою і механічними властивостями зазначених сталей.

Процентні співвідношення між основними причинами відмов і заміни дисків для загальної (3171 запис) вибірки наведені в таблиці 2.5.

Результати аналізу причин заміни дисків, коли пили розрізали тільки фланцеві профілі (швелер №12, №14, №18, №20, двотаврова балка №14, №20, куточок, спеціальний профіль для шахтного кріплення СВП-22, СВП-27, СВП-33) або тільки квадрат представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 – Розподіл основних причин заміни дисків для загальної вибірки

Тип профілю	Загальна кількість, шт.	Причина заміни диска		
		Знос зубів, шт. / %	Наплив, шт. / %	Інше, шт. / %
Фланець	1571	922 / 59	380 / 24	269 / 17
Квадрат	1600	1051 / 66	528 / 33	21 / 1
Загалом	3171	1973	908	290

Таблиця 2.6 – Розподіл основних причин заміни дисків для випадку різання тільки фланцевих профілів або квадрата

Тип профілю	Загальна кількість, шт.	Причина заміни диска		
		Знос зубів, шт. / %	Наплив, шт. / %	Інше, шт. / %
Фланець	188	101 / 54	48 / 26	39 / 20
Квадрат	369	162 / 44	117 / 32	90 / 24
Загалом	557	263	165	129

Дані таблиць свідчать, що тільки 17,57% з кількості обстежених дисків почавши з різання одного профілю закінчували свою сесію з тим же профілем. В основному, при переході на новий профіль, диск не замінюють, і він продовжує працювати до тих пір, поки не знадобиться його заміна на новий. У зазначений період частка фланцевих профілів склала 49,54%.

Для кількісної оцінки стійкості дисків результати були представлені у вигляді максимального числа різань, що було здійснено диском до його заміни. Результати розсіювання випадкової величини напрацювання диска при розрізанні фланцевих профілів представлені на рисунку 2.11, а для квадратної заготовки на рисунку 2.12.

Середнє значення числа різань склало: при обробці фланцевих профілів  $\bar{x}_f = 329$  різань, при різанні квадрата  $\bar{x}_k = 696$  різань.



Таким чином, узагальнюючи отримані результати можна констатувати наступне:

1. Основною причиною вибракування дисків пил гарячого різання є знос зубів; особливо при обробці фланцевих профілів (більше 50%).

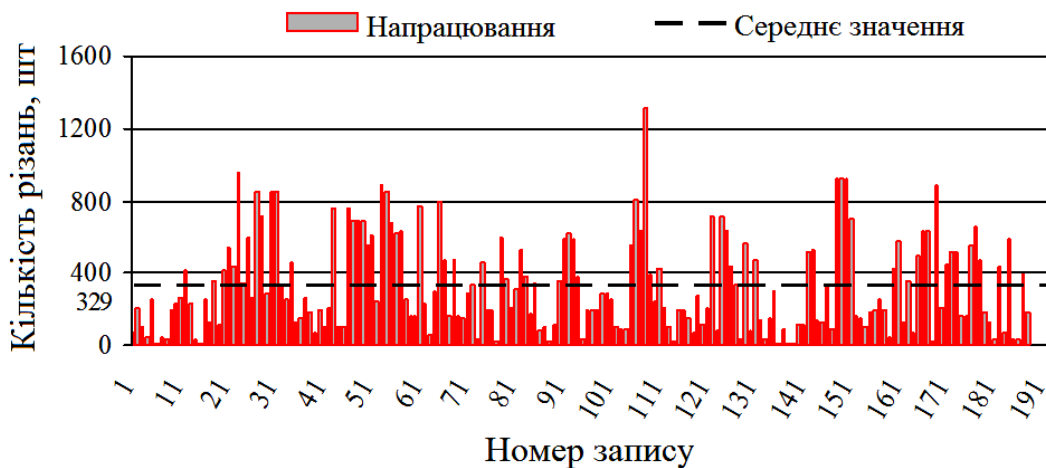


Рисунок 2.11 – Напрацювання диска при різанні фланцевих профілів

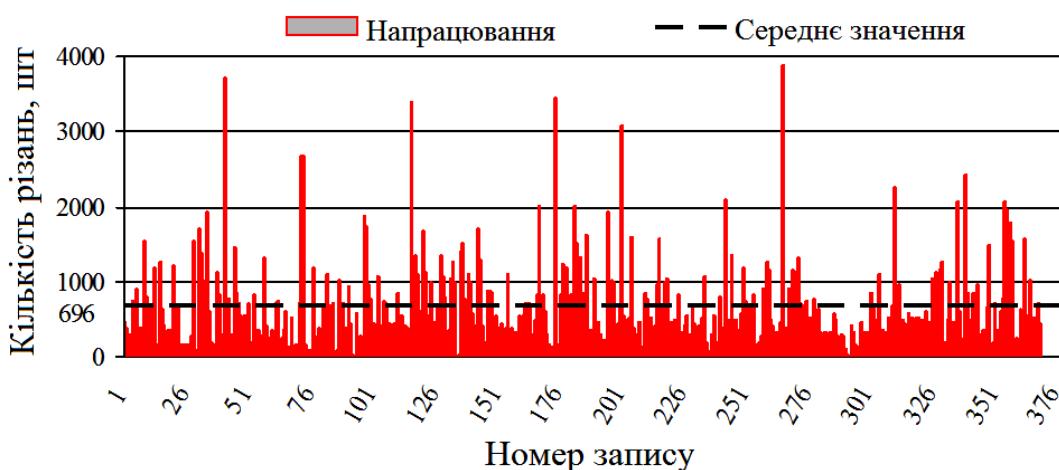


Рисунок 2.12 – Напрацювання диска при різанні квадратної заготовки

2. Знос зубів і наплив на заготівлі в процентному співвідношенні складають 91% від загальної вибірки. Утворення тріщин і викрашування зубів не є основними причинами заміни дисків.

3. Такий дефект різання сортового прокату як наплив обумовлюється в основному не типом розрізається профілю, а якістю виготовлення диска і способом його кріплення на валу пили.

4. Частка інших дефектів (руйнування зубів, задирок, прогин полки і т.і.) в загальній масі незначна; але при розгляді щодо конкретного профілю може сягати 24% для квадрата і 20% для фланця.

5. Число різань, прийняте в якості основного критерію для оцінки довговічності диска, є універсальним і містким показником, який можна перевести в інші критерії (сумарна площа поперечного перерізу розрізаних заготовок або питома витрата дисків на тонну прокату) при обумовлених вихідних даних.

6. При різанні фланцевих профілів заміна диска здійснюється приблизно в 2,12 рази частіше, ніж при обробці квадрата, що має враховуватися для планування витрат дисків виходячи з продуктивності стану і фабрикації продукції.

### 2.5.3 Стійкість відновлюваних дисків пили

Зношені зуби диска піддаються переточуванню, диски в яких сталася поломка зубів або утворилися тріщини – вибраковуюються. Відновлення зубів відбувається в два етапи безпосередньо на спеціальній дільниці сортопрокатного цеху:

1) власне заточка на спеціальному верстаті: абразивний круг, який має трикутний профіль, обробляє одну сторону зубів, а потім диск розгортають і роблять обробку другої сторони;

2) термообробка струмами високої частоти.

Якщо висота зуба стає менше допустимої, то диск відправляють в механічний цех, де здійснюють його реставрацію. Реставрації підлягають диски пил, які відпрацювали і мають знос зуба по висоті більше 5 мм, а також диски пил, що мають відколи або поломку хоча б одного зуба.

Відновлення диска проводиться за таким планом:

1) перехід на наступний ремонтний розмір (зменшення зовнішнього діаметра можливе до 1740 мм);

2) нарізання зубів на зубофрезерному верстаті спеціальною черв'ячною фрезою;

3) правлення і балансування дисків. Диски піддають правленню на п'ятироlikовій машині ПМ-90 в автоматичному режимі і балансуванню на спеціальному стенді для статичного балансування відповідно до ТІ-229-ГМ-024-53-04 «Статична балансування дисків пил гарячого різання металу СПЦ»;

4) контроль якості дисків;

5) зміцнення зубів. Зміцнення зубів дисків пил гарячого різання проводиться на ділянці підготовки пил СПЦ на електроконтактній установці з охолодженням на повітрі. Режим зміцнення: напруга 5...6 В; сила струму

750...800 А; час нагрівання зуба 4 секунди; швидкість гартування 5÷6 зубів/хв [46].

Присвоєння диску, що встановлюється на пилу, унікального номеру здійснювалося на ділянці заточення пил сортопрокатного цеху, на яку надходять пакети нових і реставрованих після переточування дисків. Ділянка обладнана верстатом з абразивним кругом і гартувальною установкою.

Проведені дослідження показали, що кількість переточувань зубів одного диска змінюється від 0 до 7, з урахуванням того, що диск може прослужити кількість установок диска: мінімальне – 1, а максимальне – 8. У загальну вибірку (490 шт.) увійшли дані про кількість переточувань нових (162 шт.) і реставрованих (328 шт.) дисків. Розмір вибірки для статистичної обробки визначався за такою формулою [37]:

$$z = \frac{\frac{t_{n,\alpha}^2 \cdot P_k Q}{\delta^2}}{1 + \frac{1}{N} \left[ \frac{t_{n,\alpha}^2 \cdot P_k Q}{\delta^2} - 1 \right]} = \frac{\frac{2,36^2 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,85)}{0,05^2}}{1 + \frac{1}{490} \left[ \frac{2,36^2 \cdot 0,85 \cdot (1 - 0,85)}{0,05^2} - 1 \right]} = 180, \quad (2.4)$$

де  $N_z$  – загальна кількість записів,  $N_z=490$ ;

$P_k$  – приблизна частка коректних даних,  $P_k=0,85$ ,  $Q=(1-P_k)$ ;

$\delta$  – абсолютна гранично допустима помилка у визначенні частки,  $\delta=0,05$ ;

$t_{n,\alpha}$  – критичне значення розподілу Стюдента, для числа ступенів свободи  $n=7$  і рівня значущості  $\alpha=0,05$  –  $t_{n,\alpha}=2,36$ .

Приймаємо розміри вибірок для нових і реставрованих дисків рівними,  $z=195$ . Гістограма розподілу кількості переточувань і інтегральна функція розподілу для нових ( $\varnothing 1800$  мм) і реставрованих ( $\varnothing 1740$  мм) дисках представлені на рисунках 2.13 і 2.14.

Закон розподілу в обох випадках – нормальний. Перевірка здійснювалася за критерієм  $\chi^2$ ; наприклад, для нових дисків коефіцієнт варіації  $V=44\%$ , розрахункове значення критерію  $\chi_{рас}^2=4,09$ , критичне значення визначалося при  $\delta=0,05$  і  $n=7$  і склало  $\chi_{к}^2=12,02$ , так як  $\chi_{рас}^2 < \chi_{к}^2$  гіпотеза про нормальний розподіл вибірки приймається.

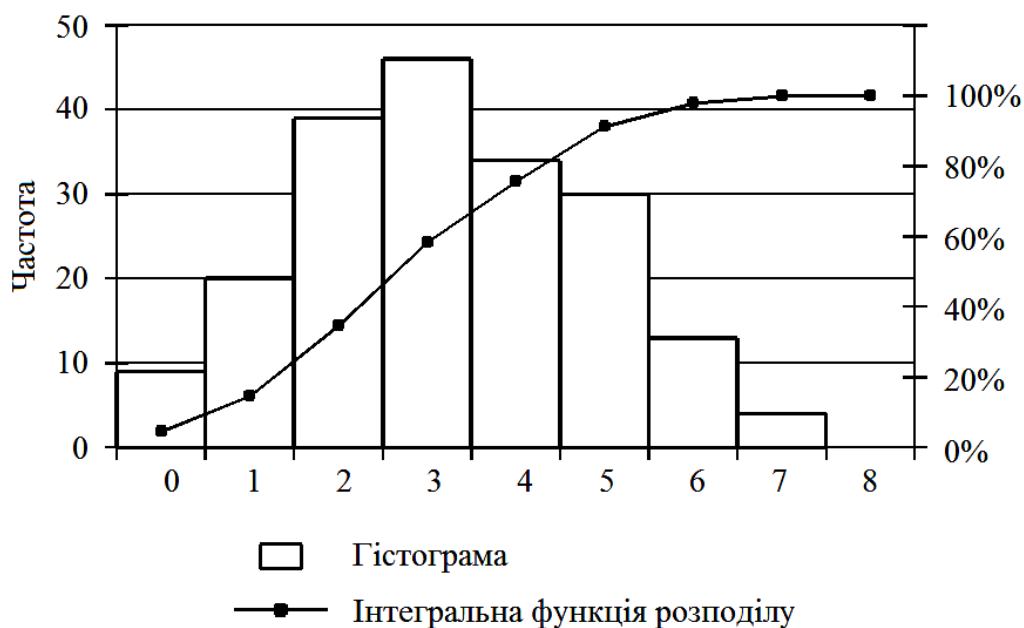


Рисунок 2.13 – Розподіл кількості переточувань нових дисків

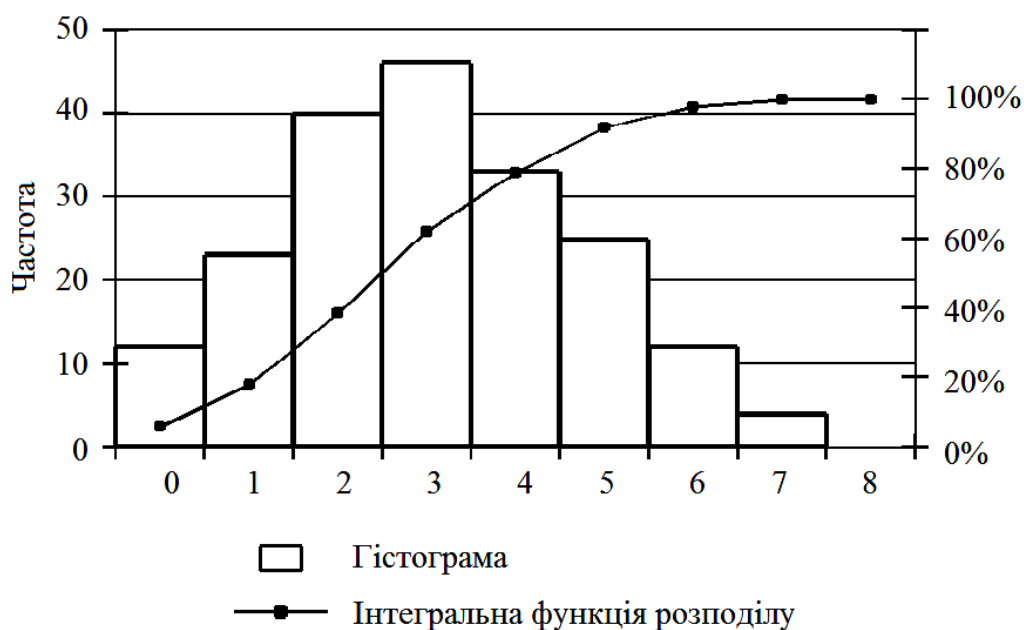


Рисунок 2.14 – Розподіл кількості переточувань реставрованих дисків

Як можна бачити на представлених гістограмах, розподіли дуже схожі, незважаючи на відмінності в діаметрі і кількості зубів нових і реставрованих дисків. Це доводить, що число відновлень робочої поверхні ріжучого інструменту підпорядковане нормальному закону.

Для оцінки тісноти зв'язку між вибірками була перевірена гіпотеза про приналежність двох дисперсій до однієї генеральної сукупності за допомогою

критерія Фішера. Для цього було розраховано відношення найбільшої (реставрований диск)  $S_{\max}^2 = 2,79$  дисперсії до найменшої (новий диск)  $S_{\min}^2 = 2,695$ ,

$$F_{рас} = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} = \frac{2,79}{2,695} = 1,035.$$

Критичне значення критерію Фішера при  $\delta = 0,05$  и  $n = 194$  склало  $F_k = 1,267$ , отже, дисперсії можна вважати рівними.

Практичну цінність має оцінка довірчого інтервалу для середнього числа переточувань. Середнє значення за двома вибірками склало  $\bar{X} = 3,144$ , тобто в середньому ріжуча частина диска витримує три переточки, а диск служить  $n + 1 = 3 + 1 = 4$  сесії, після чого він списується.

Довірчий інтервал для середнього

$$\left[ \bar{X} - t_{n,\alpha} \frac{S}{\sqrt{z}}, \bar{X} + t_{n,\alpha} \frac{S}{\sqrt{z}} \right],$$

де  $S$  – середньоквадратичне відхилення,  $S = 1,66$ ;

$t_{n,\alpha}$  – критичне значення розподілу Стьюдента, при  $n = 390$  і  $\alpha = 0,05$  –

$$t_{n,\alpha} = 1,972.$$

З ймовірністю 95% довірчий інтервал для середньої кількості переточувань зубів диска складе (2,978...3,309).

Узагальнюючи отримані результати можна констатувати наступне:

1. Основні причини заміни дисків мають наступні частки: знос зубів – 62%, якість різку (задирок на профілі) – 29%, що в сумі становить 91%.
2. Максимальна кількість переточувань зубів диска становить 7. Число можливих переточувань розподіляється по нормальному закону, як для нових, так і для реставрованих дисків; середня кількість переточувань  $\bar{X} = 3,144$ .
3. Відмови в роботі вузла валу диска розподілені за законом відмінному від нормального, за формою більше нагадує експоненційний розподіл, що є типовим для деталей і вузлів механічного обладнання.

## 2.6 Заходи щодо підвищення надійності роботи пили гарячого різання

В конструкції пили пристрій для кріплення диска здійснюється за допомогою двох шайб, одна з яких жорстко встановлена на робочому валу. При роботі крутний момент від валу на диск передається через поверхні контакту диска з шайбами. Головним недоліком при цьому є те, що затягнуті шайбами диск затискається в прорізи, викликаючи, таким чином, збільшення бічного тиску полотна диска на торець металу.

З метою зниження навантажень і підвищення стійкості інструменту доцільно застосувати технічне рішення запропоноване в роботі [47]. Для цього в пристрої кріплення диска пили слід шайби встановити з деяким зазором щодо ріжучого диска, при цьому крутний момент буде передаватися від робочого валу до диска через одну з шайб, запресовану на валу, і силовий палець, встановлений в цій шайбі.

На рисунку 2.15 показаний вузол кріплення диска пилки на валу в розрізі.

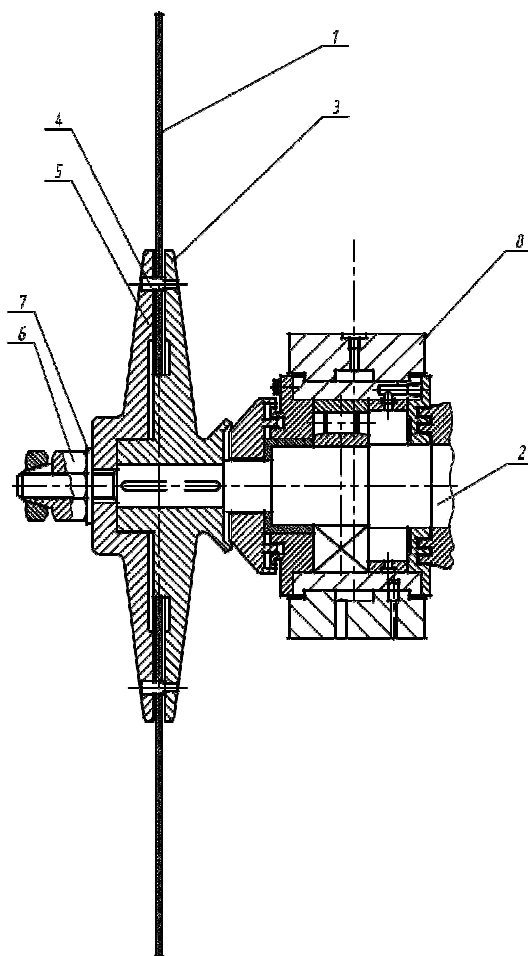


Рисунок 2.15 – Пропонована конструкція кріплення диска пили

Розрізуваний виріб подається до диска 1, надаючи при цьому опір його обертанню, тому від валу 2 до диска передається крутний момент через запресовану на валу шайбу 3 і палець 4. На маточину шайби диск надітий з зазором, а утримується він на ній за рахунок шайби 5 і гайки 6.

Шайба 5 виконана таким чином, що після стягування її гайкою з шайбою 3, площині маточин обох шайб утворюють зазор, більший товщини диска.

Це дозволяє диску самовстановлюватися при перекосі в прорізи і щодо осі валу 2, знижуючи, таким чином, навантаження на диск.

## 2.7 Розрахунки пили гарячого різання

### 2.7.1 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 [14].

Дано:

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

Визначаємо напруження розтягу в диску від дії відцентрових сил за формулою

$$\sigma_p = 0,00785 \cdot v^2 = 0,00785 \cdot 100^2 = 151,67 \text{ МПа.} \quad (2.5)$$

Визначаємо окружне зусилля на диску пили при різанні. Згідно рис. 2.16, межа міцності вуглецевої сталі при температурі  $750^\circ\text{C}$   $\sigma_b = 160$  МПа.

Приймаємо: тиск на зуби пили при різанні:

$$p = 50 \cdot \sigma_b = 50 \cdot 160 = 8000 \text{ МПа.} \quad (2.6)$$

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 2.17 представлено поло-

ження диска в момент різання заготовки (положення, коли довжина дуги різання максимальна).

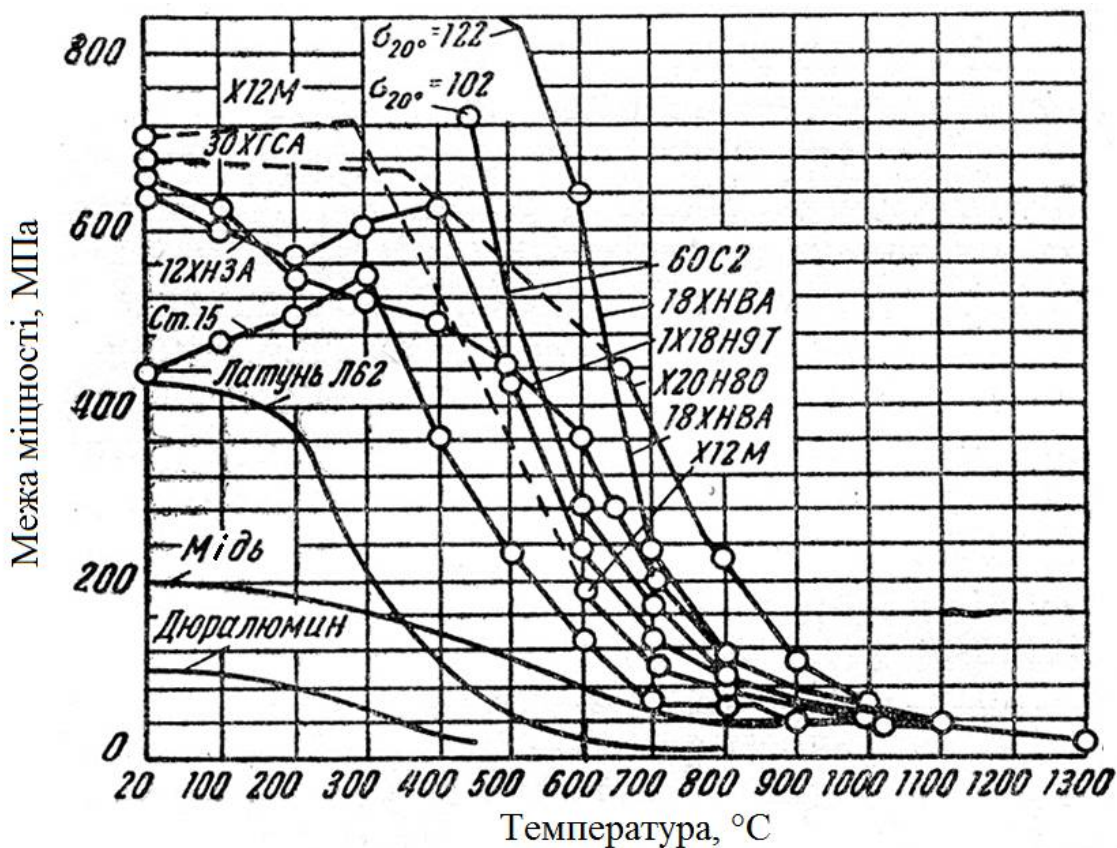


Рисунок 2.16 – Залежність межі міцності від температури

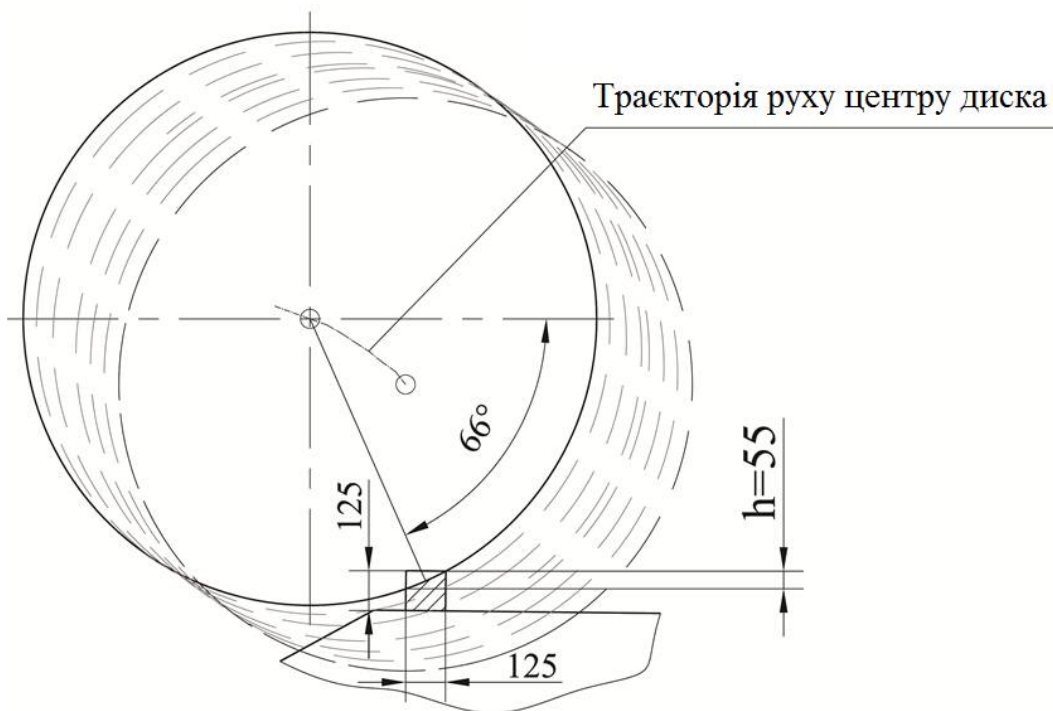


Рисунок 2.17 – До розрахунку механізму обертання диску пили



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:

$$P = p \cdot s \cdot h \cdot \frac{u}{v} \cdot \frac{1}{1000} = 8000 \cdot 12 \cdot 55 \cdot \frac{25}{139} \cdot \frac{1}{1000} = 950 \text{ Н.} \quad (2.7)$$

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

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

Визначаємо зусилля подачі диска «на метал» по формулі

$$Q = R \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha = 9,50 \cdot \cos 66^\circ - 0,950 \cdot \sin 66^\circ = 2,996 \text{ кН.} \quad (2.8)$$

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

### 2.7.2 Вибір двигуна механізму різання

Визначаємо максимальну потужність різання за формулою:

$$N_p = \frac{P \cdot v}{\eta} = \frac{0,95 \cdot 139}{0,98} = 135 \text{ кВт,} \quad (2.9)$$

де  $\eta$  – 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:

$$\eta = \eta_B \cdot \eta_p = 0,99 \cdot 0,99 = 0,98. \quad (2.10)$$

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

Кутова швидкість ротора електродвигуна:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 985}{30} = 103 \text{ с}^{-1}. \quad (2.11)$$

Номінальний момент електродвигуна:

$$M_H = \frac{N}{\omega} = \frac{200}{103} = 1,94 \text{ кНм.} \quad (2.12)$$

Максимальний момент на валу електродвигуна:

$$M_{\max} = \frac{k N}{w} = \frac{2,5 \cdot 200}{103} = 4,85 \text{ кНм}, \quad (2.13)$$

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

### 2.7.3 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 2.18.

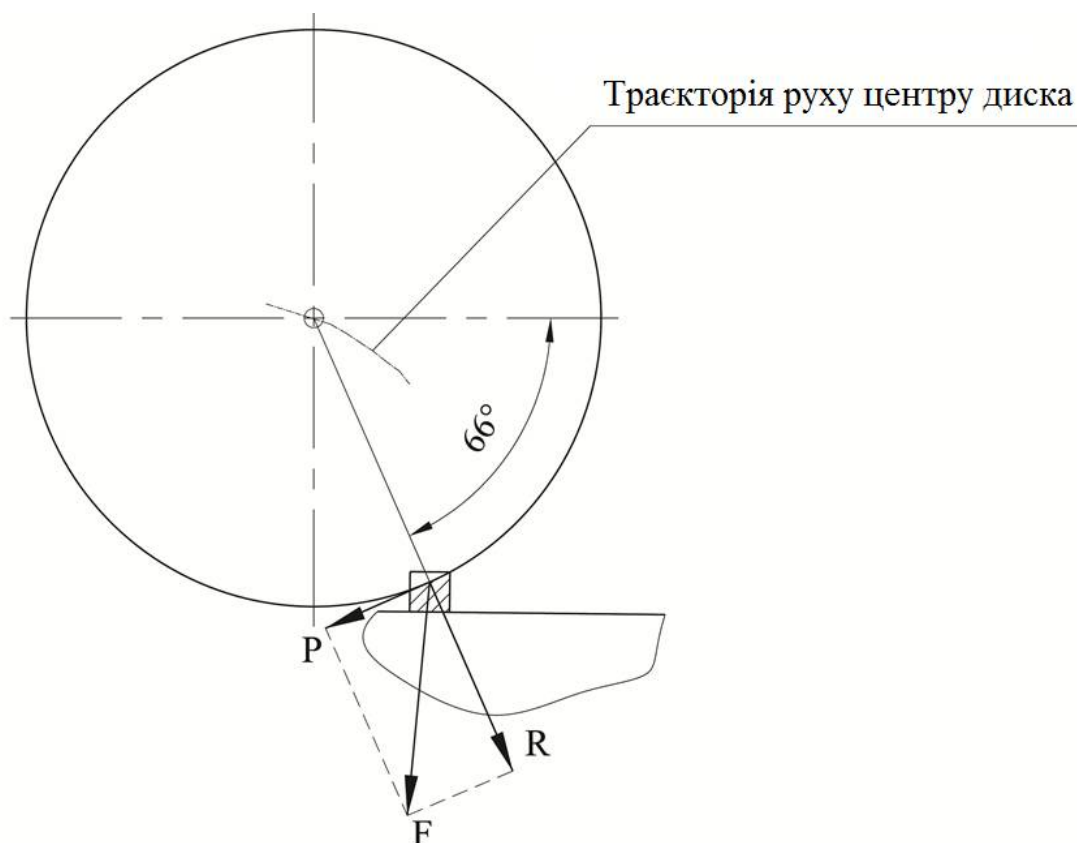


Рисунок 2.18 – Сили, що діють на вал диска пили

Визначаємо результуюче зусилля різання  $F$  по формулі:

$$F = \sqrt{R^2 + P^2} = \sqrt{9,50^2 + 0,95^2} = 9,55 \text{ кН}. \quad (2.14)$$

На рисунку 2.19 зображена конструктивна схема валу диска пили і приведена його розрахункова схема із зазначенням закріплень та прикладених до осі валу навантажень.

Визначаємо опорні реакції  $R_1$  і  $R_2$  (рис. 2.19), складаємо рівняння моментів для точки 2.

$$R_1 \cdot L_2 - F(L_1 + L_2) = 0; \quad (2.15)$$

звідки визначаємо реакцію  $R_1$

$$R_1 = \frac{F(L_1 + L_2)}{L_2} = \frac{9,55 \cdot (255 + 1032)}{1032} = 11,91 \text{ кН}. \quad (2.16)$$

Реакція в точці 2 складе:

$$R_2 = \frac{-F \cdot L_1}{L_2} = \frac{-9,55 \cdot 255}{1032} = -2,36 \text{ кН}. \quad (2.17)$$

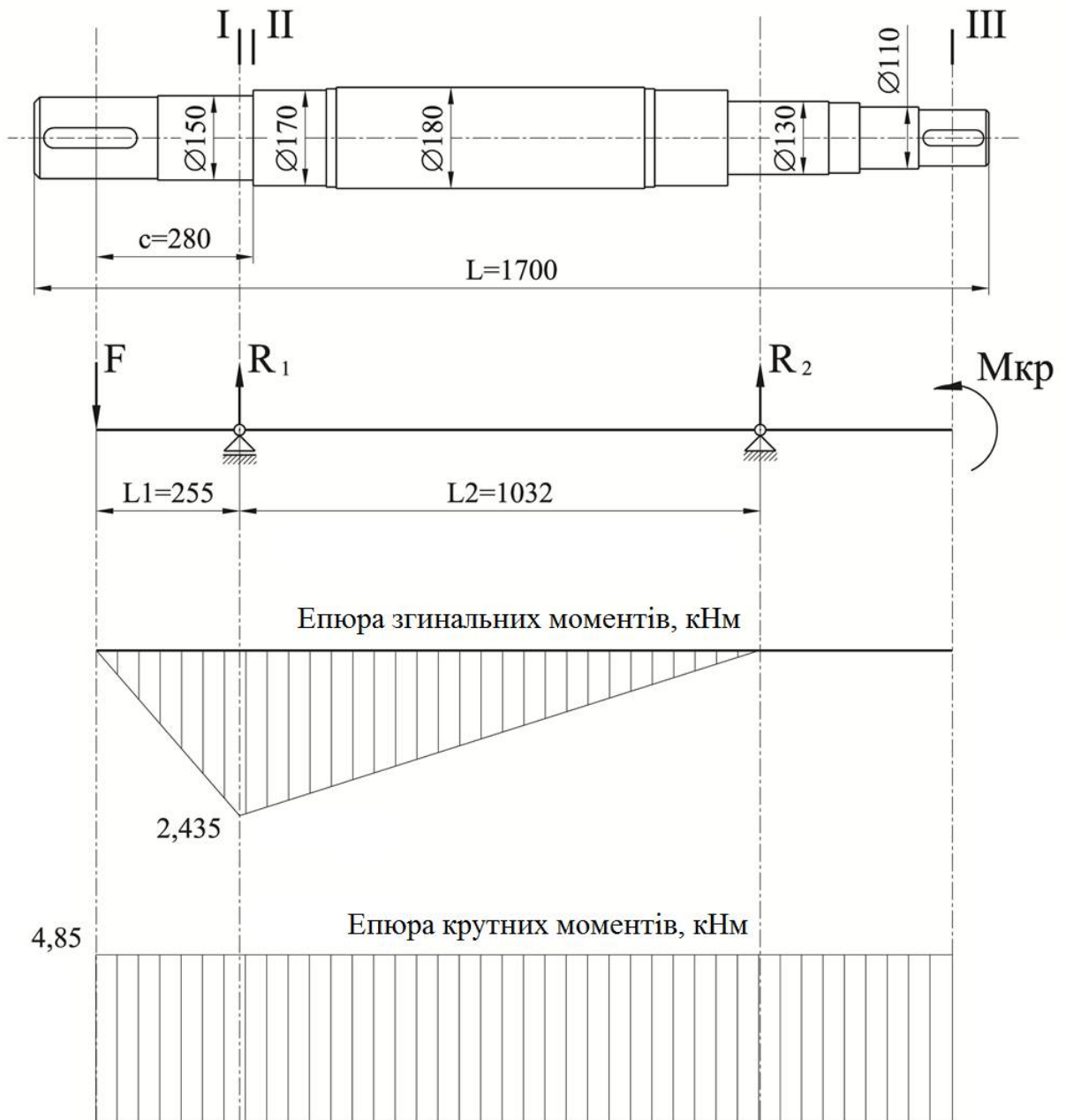


Рисунок 2.19 – До розрахунку валу на міцність

Перевірка

$$F - R_1 - R_2 = 9,55 - 11,91 - (-2,36) = 0 \text{ кН.} \quad (2.18)$$

Побудуємо епюри згинальних моментів.

Згинальний момент в опорі 1 (перетин I):

$$M_{u1} = F \cdot L_1 = 9,55 \cdot 0,255 = 2,435 \text{ кНм.} \quad (2.19)$$

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:

$$\sigma = \frac{M_{u1}}{0,1 \cdot D^3} = \frac{2,435 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 150^3} = 7,21 \text{ МПа.} \quad (2.20)$$

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot D^3} = \frac{4,85 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 150^3} = 7,19 \text{ МПа.} \quad (2.21)$$

Результуюче напруження:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{7,21^2 + 3 \cdot 7,19^2} = 14,39 \text{ МПа.} \quad (2.22)$$

Розглянемо перетин II, в якому діє менший за величиною згинальний момент, але яке має концентратор напружень у вигляді галтелі при переході з діаметра 150 мм на діаметр 170 мм.

Співставлення діаметрів  $150/170 = 0,88$  при цьому коефіцієнт концентрації по напруженням вигину дорівнює -  $k_\sigma = 1,55$  [48]; коефіцієнт концентрації по напруженням кручення -  $k_\tau = 1,25$  [48].

Згинальний момент в перерізі II:

$$\begin{aligned} M_{u2} &= -F \cdot c + R_1 \cdot (c - L_1) = \\ &= -9,55 \cdot 0,28 + 11,91 \cdot (0,28 - 0,255) = -2,376 \text{ кНм.} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Діаметр валу в небезпечному перерізі становить –  $D = 150$  мм.

Напруження згину:

$$\sigma = k_{\sigma} \cdot \frac{M_{u1}}{0,1 \cdot D^3} = 1,55 \cdot \frac{2,376 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 150^3} = 10,91 \text{ МПа.} \quad (2.24)$$

Напруження кручення:

$$\tau = k_{\tau} \cdot \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot D^3} = 1,25 \cdot \frac{4,85 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 150^3} = 8,99 \text{ МПа.} \quad (2.25)$$

Результуюче напруження:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{10,91^2 + 3 \cdot 8,99^2} = 19 \text{ МПа.} \quad (2.26)$$

Розглянемо перетин III – приводний хвостовик (рис. 2.20), в тілі якого створюються тільки напруги кручення.

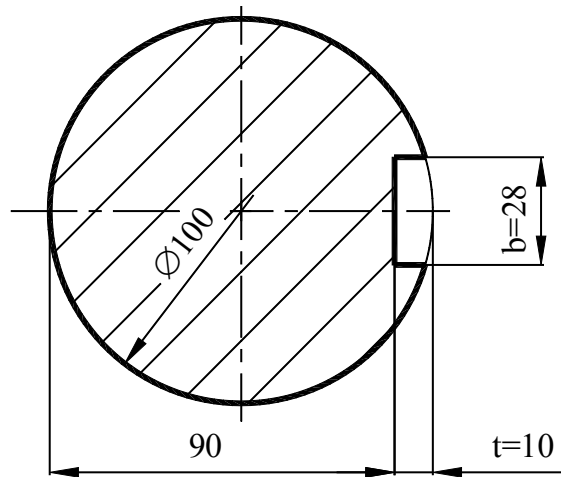


Рисунок 2.20 – Перетин приводного хвостовика

Момент опору крученню приводного хвостовика визначається за формулою:

$$W_{кр} = \frac{\pi d^3}{16} - \left[ \frac{bt(d-t)^2}{2d} \right]; \quad (2.27)$$

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

Напруження кручення складуть:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{\max}}{W_{кр}} = \frac{4,85 \cdot 10^6}{185009,54} = 26,21 \text{ МПа.} \quad (2.28)$$

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

Умову міцності виконано.

#### 2.7.4 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 (рис. 2.19).

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

Визначаємо динамічне еквівалентне радіальне навантаження [11]:

$$P_{екв} = (XVF_r + YF_a) \cdot k_B k_T = (1 \cdot 1 \cdot 11,91 + 0) \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 23,58 \text{ кН}, \quad (2.29)$$

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, короткочасних перевантаженнях до 150% від номінального навантаження  $k_B = 1,3 \dots 1,8$ ;

$k_T$  – температурний коефіцієнт, при температурі  $150 \text{ С}^\circ$   $k_T = 1,1$ .

Необхідна номінальна довговічність підшипника  $L_h = 40000$  год. [49], тоді необхідна динамічна вантажопідйомність складе:

$$C = P_{екв}^{3,33} \sqrt[3,33]{\frac{60 \cdot L_h n_n}{10^6}} = 23,58^{3,33} \sqrt[3,33]{\frac{60 \cdot 40000 \cdot 985}{10^6}} = 242,46 \text{ кН}, \quad (2.30)$$

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

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

Зробимо вибір підшипника для другої опори (рис. 2.19).

Фактичне радіальне навантаження на підшипник:  $F_r = R_2 = 2,36 \text{ кН}$ .

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

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

Визначаємо динамічне еквівалентне радіальне навантаження [49]:

$$P_{екв} = (XVF_r + YF_a) \cdot k_B k_T = (1 \cdot 1 \cdot 2,36 + 0,63 \cdot 0,955) \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 5,86 \text{ кН}, \quad (2.31)$$

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, короткочасних 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  $L_h = 40000$  год. [49], тоді необхідна динамічна вантажопідйомність складе:

$$C = P_{екв}^{3,33} \sqrt{\frac{60 \cdot L_h n_n}{10^6}} = 5,86^{3,33} \sqrt{\frac{60 \cdot 40000 \cdot 985}{10^6}} = 60,27 \text{ кН}, \quad (2.32)$$

де  $n$  – частота обертання підшипника, 985 хв<sup>-1</sup>

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.

### 2.7.5 Розрахунок механізму подавання

Визначаємо необхідну потужність двигуна механізму подавання:

$$N_n = \frac{F \cdot v_n}{\eta} = \frac{9,55 \cdot 0,27}{0,6} = 5,16 \text{ кВт}, \quad (2.33)$$

де  $v_n$  – швидкість поступального переміщення диска,  $v_n = 270 \text{ мм/с}$ ;

$\eta$  – к.к.д. привода (муфта, редуктор, чотириланковий механізм) –  $\eta = 0,5$ .





Кінематична схема механізму наведена на рисунку 2.22. Механізм фіксації слід вважати нормально замкнутим: зусилля затиску головки рейки 5 забезпечує пружина 2, в якій створюється робоче зусилля  $P_{\text{раб}}$ , котре становить:

$$P_{\text{раб}} = \frac{N \cdot c}{b} = \frac{80 \cdot 85}{280} = 24,28 \text{ кН}, \quad (2.34)$$

де  $N$  – зусилля затиску на рейці;  $N = 80$  кН;

$b$ ,  $c$  – відповідно плечі прикладення зусилля  $P_{\text{раб}}$  і  $N$  відносно точки  $O$  (рис 2.22).

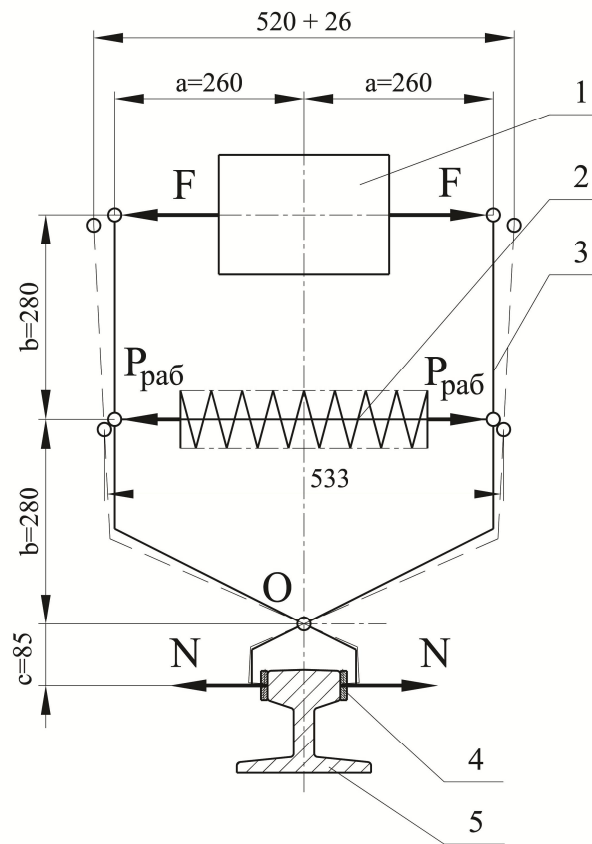


Рисунок 2.22 – Кінематична схема механізму фіксації

При фіксуванні пружини на довжині 328 мм, що відповідає початковому (нормально замкнутому) положенню її робоче зусилля складе  $P_{\text{раб 1}} = 24260 \text{ Н} = 24,26 \text{ кН}$ .

Для розкриття колодок 4 на штоку пневмоциліндра 1 слід мати силу  $F$ , яка змусить важелі 3 повернутися щодо шарніра (т.  $O$ ) і створити зазор між колодкою і головкою рейки 5 (рис 2.22).

Оскільки робоче зусилля в пружині 2 лінійно зростає в міру її стиснення, то для розрахунку зусилля на штоку пневмоциліндру 1 приймаємо той випадок, коли важелі 3 максимально розкриті, а пружина 2 максимально стиснута.

Хід плунжера становить 26 мм (рис. 2.22 вгорі), графічно визначаємо відстань між точками закріплення робочої пружини (533 мм); таким чином, додаткове стиснення  $\Delta$  пружини складе  $\Delta = 533 - 520 = 13$  мм, що відповідає загальній деформації пружини до довжини рівній  $328 - 13 = 315$  мм.

Визначаємо робоче зусилля створюване пружиною при стисненні до 315 мм:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{раб1}} \frac{L-315}{L-328} = 24260 \frac{400-315}{400-328} = 28640 \text{ Н}, \quad (2.35)$$

де  $L$  – початкова довжина пружини,  $L = 400$  мм.

Зусилля  $F$  визначаємо з рівняння моментів сил відносно точки  $O$ :

$$F = \frac{P_{\text{раб}} \cdot b}{(b+b)} = \frac{28640 \cdot 280}{(280+280)} = 14320 \text{ Н}. \quad (2.36)$$

Визначаємо необхідний тиск  $q$  повітря в пневмоциліндрі 1.

$$q = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 14320}{3,14 \cdot 250^2} = 0,29 \text{ МПа}, \quad (2.37)$$

де  $d$  – діаметр плунжера в пневмоциліндрі;  $d = 250$  мм.

Приймаємо тиск повітря в діапазоні 0,4 ... 0,6 МПа, що відповідає можливостям цехової пневмосистеми.

### 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1 Особливості обслуговування

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

- стежити за подачею води до охолоджуваних вузлах 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°C, при температурі навколишнього середовища 20...30°C;
- стежити за подачею мастила до точок змащення, стежити за рівнем масла в редукторах;
- не менше 2 разів на рік перевіряти стан підшипників, промивати їх, проводити заміну мастила;
- при виявленні несправностей в механізмах, негайно їх 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 застопорити;
- диски, що встановлюються на пили, 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 зупиняючи устаткування згідно з правилами його зупинки, які діють;

- 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 достатність мастильного матеріалу зубчастих муфт, редукторів, 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.

### 3.2 Монтаж ПГР

Монтажем називають комплекс робіт по складанню, встановленню на фундамент або в інше проектне положення, вивіряння, випробування та пуску окремих або групи машин, пов'язаних єдиним технологічним потоком [50-53].

Машини та обладнання після складання і монтажу ретельно перевіряють за нормами точності за допомогою різних монтажних інструментів: осьових струн, перевірочних лінійок, гідростатичних рівнів, мікрометричних нутрометрів (штихмасів), а також оптико-геодезичним і лазерним методами, які дозво-

ляють визначати відносне положення контрольованих точок в горизонтальній площині і по вертикалі.

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

Прямолінійність площини перевіряють такими способами [50-53]:

1) по фарбі з використанням перевірконої 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 кількості, яка залишилася, і розташуванню плям фарби на поверхні, які перевіряється. Для 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) перевірконою лінійкою і щупом. Лінійку накладають на поверхню, яка перевіряється, в різних напрямках і щупом визначають зазори між ними. Точність перевірки досягає  $0,004 \dots 0,1 \text{ мм}$  на довжині  $1 \text{ м}$ .

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

3) перевірконою лінійкою і мірними плитками. Лінійку робочою 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  $1 \text{ м}$ ;

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 просвічуються, це свідчить про відхилення від прямолінійності. Висота світлової щілини, яка встановлюється оком, становить не менше  $3 \dots 5 \text{ мкм}$ . Метод застосовується при перевірці невеликих поверхонь і забезпечує точність  $0,02 \dots 0,05 \text{ мм}$ ;

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

б) гідростатичним рівнем з мікрометричною голівкою, яка працює за принципом сполучних 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 (штихмасом), глибиноміром, штангенрейсмусом і ін. І комбінованим чином із застосуванням універсальних вимірювальних приладів – індикаторів, рівнів і ін.

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

Перевірку співвісності отворів і валів виконують наступними методами [50-53].

За допомогою калібрів перевіряють співвісність отворів, віддалених на невелику відстань. На фарбу по фальшвалу перевіряють співвісність отворів, віддалених на велику відстань, наприклад, опори трансмісійних валів. Співвісність оцінюють по розташуванню плям контакту на поверхні отворів, які перевіряються. Струною і штихмасом перевіряють співвісність отворів діаметром понад 250 мм і розташованих на відстані до 10 м. Струну закріплюють так, щоб вона збігалася з віссю базового отвору, після чого заміряють штихмасом відхилення осі контрольованого отвору. При виконанні вимірювань враховують провисання струни під дією сили тяжіння.

Найбільш точним методом вивіряння, перевіряння точності складання і встановлення машин є оптико-геодезичний метод. Суть методу полягає в фіксації оптичних осей за допомогою прецизійних теодолітів і візорних марок і звірянні по висоті за допомогою високоточних нівелірів і штрихових малогабаритних рейок.

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

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

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

Після встановлення 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.

Складання самої пили відбувається в наступній послідовності:

- на рамі нижньої частини пили встановлюють редуктор з двигуном механізму подавання диска на різання;
- потім через зубчасту муфту встановлюють промвал на підшипниках кочення;
- встановлюють противагу, так само на двох підшипниках кочення;
- противага 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.

### 3.3 Ремонт пили

Ремонт обладнання слід проводити в терміни, передбачені графіком планово-попереджувальних ремонтів стану, силами спеціалізованих ремонтних служб і служб сторонніх організацій, а також ремонтним і експлуатаційним персоналом цеху [50-53].

Обсяг планово-попереджувальних робіт визначається станом обладнання. Перелік робіт, які підлягають виконанню під час ремонту, записується в ремон-

тну відомість (дефектну відомість для капремонту), узгоджується з виконавцями і затверджується головним механіком комбінату.

Основні несправності та способи їх усунення представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні несправності и способи їх усунення

№ п/п	Вид несправності	Причина	Дії
1	Диски швидко виходять з ладу	Наявність великого торцевого і радіального биття диска	Усунути радіальне і торцеве биття диска
		Велика швидкість подачі	Відрегулювати подачу диска
		Поява мікротріщин на диску	Поліпшити якість нарізання зубів, відрегулювати нормальну подачу води на диск в момент різання
2	Нагрівання або заїдання підшипника	Перекошений вал	Відрегулювати положення валу
		Туго затягнуті підшипники	Відрегулювати кріплення підшипників
		Забруднення або відсутність мастила	Промити підшипники і перевірити подачу мастила
3	Мастило не надходить до поверхонь тертя	Засмітилися канали маслопроводу	Почистити маслопровід
		Порив на лінії маслопроводу	Виправити лінію маслопроводу.
4	Нагрівання підшипників	Відсутнє мастило	Перевірити подачу мастила
		Відсутня або недостатня подача води для охолодження підшипника	Перевірити і збільшити подачу води
5	Швидкий вихід з ладу підшипників валу диска	На вал встановлено незбалансовані диски	Встановити на пили статично збалансовані диски



### 3.4 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.

## 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

### 4.1 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 [50-54].

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 [50-54]

- 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 [50-54]:

- 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.

#### 4.2 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 [50-54].

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 [50-54]:

- 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.

#### 4.3 Організація робіт по обслуговуванню пил гарячого різання

Для забезпечення нормальної роботи пил гарячого різання (ПГР) необхідно [50-54]:

- 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 ° С, при температурі навколишнього середовища 20-30 ° С;
- 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 [50-54]:

- 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 [50-54]:

- 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.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК

### 5.1 Розрахунок виробничої програми сортопрокатного цеху на рік

На підставі звітних даних за 2017 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 2019 рік.

Таблиця 4.1 – Сортамент і обсяг виробництва стану 600 за 2017 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 заготовка	13484	0,8
4	Сортова конструкційна	11066	0,7
5	Трубна заготовка	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 2017 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 2017 рік	По проекту 2019 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 [50-56]:

- 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 ножиць.

Уповільнення в процесі ходу прокати 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 2019 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 2017 рік;

$T_{\phi} = 4863$  год – фактичний час роботи стану за 2017 рік.

Річну продуктивність стану 600 визначимо по формулі:

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

У зв'язку з тим, що проектом заплановане збільшення виробництва прокату на 5%, у порівнянні зі звітом за 2017 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 2017 роком зведені в таблицю 4.2.

## 5.2 Розрахунок економічної ефективності

В даному дипломному проекті пропонується для збільшення терміну служби дисків ділянки пил гарячого різання сортопрокатного цеху становити новий вузол кріплення диска пили, що дозволить диску самовстановлюватися при перекосах, знижуючи, таким чином, навантаження на диск. Таким чином буде збільшений термін служби дисків, а також підвищений вихід годного на 0,1%.

Прогнозована вартість однієї тони прокату в 2019 році складає  $C = 17043,89$  грн/т, тоді як собівартість виробництва сортового прокату складатиме  $C = 15987,30$  грн/т.

Отже додатковий прибуток від можливого збільшення виходу годного складе [14, 15]:

$$E_p = PF \cdot K_2 \cdot (C - C) = \\ 2360272 \cdot 0,001 \cdot (17043,89 - 15987,30) = 2493839,79 \text{ грн/рік,}$$

де  $K_2$  – коефіцієнт збільшення виходу годного.

Орієнтовна вартість одного вузла кріплення диска пили з монтажними роботами становить  $C_{кд} = 210000$  грн. Отже затрати на реконструкцію складуть:

$$Z_p = N_p \cdot C_{кд} = 10 \cdot 210000 = 2100000 \text{ грн,}$$

де  $N_p$  – кількість вузлів, що потребують реконструкції (на ділянці встановлено 10 пил).

Таким чином, якщо враховувати тільки додатковий прибуток від збільшення обсягів виходу годного, термін окупності витрат на придбання та монтаж нового обладнання складе:

$$T_{ок} = \frac{Z_p}{E_p} = \frac{2100000}{2493839,79} = 0,842 \text{ року.}$$

## 6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 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 [57].

При експлуатації СПЦ можливі наступні види травм: захоплення 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 ( $\text{SO}_2$ ); окисли азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ).

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.

## 6.2 Заходи щодо виробничої санітарії

При аерації повітря надходить у цех без попередньої обробки.

Для висвітлення приміщення СПЦ використовується штучне і природне освітлення [57]. Правильне висвітлення робочих місць у прокатному цеху має велике значення для створення безпечних умов праці. Незадовільне освітлення може послужити причиною травматизму, негативно впливає на зір робітників, знижує продуктивність праці. Природне висвітлення цеху здійснюється через світлові прорізи і світлові ліхтарі в даху будинку, тому його підрозділяють на бічне і верхнє.

Природне освітлення усередині будинку звичайно набагато менше зовнішньої освітленості, і є недостатньою. Тому додатково використовується штучне освітлення.

У світільних установках СПЦ застосовуються лампи накаливання і газорозрядні лампи.

Штучне освітлення в залежності від розташування джерела світла підрозділяють на загальне, місцеве і комбіноване. Загальне освітлення в цеху рівномірне і локалізоване. При рівномірному освітленні світильники висвітлюють робочі місця і все приміщення в цілому. Воно застосовується при симетрично розміщеному устаткуванні. Рівномірне освітлення досягається симетричним розташуванням світильників однакового типу й електролампи однакової потужності, підвішених по всьому цеху на одній висоті і відстані. Локальне загальне освітлення характеризується несиметричним розташуванням світильників, тобто в місцях де створюється підвищена освітленість

Крім робочого освітлення в цеху встановлене аварійне освітлення. Воно призначено для безперебійного обслуговування агрегатів і устаткування у випадку виходу з ладу робочого освітлення і діє від незалежного джерела електроенергії.

Необхідність аварійного освітлення в приміщеннях прокатних цехів і на відкритих просторах виникає, якщо припинення робочого освітлення може викликати тривале порушення технологічного процесу; викликати виникнення вибуху, пожежі й отруєння внаслідок припинення нормального обслуговування устаткування і механізмів, а також порушення роботи таких об'єктів, як електричні станції і підстанції, вузли радіопередач, вузли водопостачання і т.д.

Багато технологічних операцій на СПЦ супроводжуються утворенням шумів низкою і високою частотою. Голосними шумами, рівень яких значно перевищує припустимі санітарні норми, супроводжується транспортування металу по рольгангу, прокатка його на стані, різання на ножицях.

Виробничий шум різної інтенсивності і спектра (частоти), довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а іноді і до розвитку професійної глухоти в робітників.

Для попередження шкідливого впливу шуму пропонуються наступні заходи.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення в СПЦ по можливості заміняють ударні взаємодії деталей ненаголошеними, зворотно-поступальними

рухами, обертальними, демпфірують вібрацію деталей що ударяються і окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішні тертя: гумою, пробкою, бітумом, повстю, азбестом і ін.

Агрегати утворюючі сильний шум унаслідок вихроутворення чи вихлопу чи повітря газу, вентилятора, повітродувки, пневматичні інструменти і машини в СПЦ постачають спеціальними глушителями.

Окремі операції на СПЦ сполучені зі шкідливим впливом вібрації на організм людини. Вібрація сприймається робітниками лише при безпосереднім зіткненні з вібруючим устаткуванням. Основні заходи щодо зменшення загазованості пропонуються наступні: забезпечення постійного нагляду за дотриманням технологічних інструкцій і інструкцій з техніки безпеки; дотримання затверджених технологічних режимів; проведення регулярних профілактичних оглядів устаткування і газових комунікацій для своєчасного виявлення витoku газу; забезпечення повного згорання газу і справності системи видалення продуктів згорання.

Наявність численних джерел теплового випромінювання вимагає дотримання спеціальних заходів для створення на цих ділянках нормальних санітарно-гігієнічних умов.

Для оздоровлення умов праці в місцях інтенсивного теплового випромінювання, пропонуються наступні заходи здійснення комплексної механізації й автоматизації технологічного процесу, щоб виключити роботу в зоні дії промислової енергії; застосування екранів, що відводять, що відбивають чи поглинають випромінюване тепло.

Розвиток вібраційної хвороби й інших несприятливих явищ залежить в основному від частоти вібрації й амплітуди коливань: чим вище частота вібрації і чим більше амплітуда коливань, тим велику небезпеку представляє вібрація у відношенні термінів розвитку і ваги вібраційної хвороби. Крім того, видалення надлишку тепла аерацією, застосуванням повітряних душів і охолодження поверхні на робочих місцях; застосування раціонального режиму праці і відпочинку, улаштування захищених від випромінюваного тепла й обладнані повітряними душами місця відпочинку, спеціальні кімнати з охолодженими стінами, а також проводити заходу щодо особистій профілактиці працюючих (пристрій раціонального питного режиму, водяних душів, забезпечення належним спецодягом, спецвзуттям, окулярами).

Робочі працюючі на машинах передавальних вібрацію повинні працювати в спеціальному взутті і рукавицях. Робітники повинні виконувати встановлені правила безпеки. Крім того, робітником варто користатися під час роботи пристосуваннями, що зменшують статичну напругу м'язів.

У СПЦ мається достатня кількість санітарно-побутових приміщень. Мається лазня з встановленими в ній шафками для одягу. У цеху розміщена достатня кількість санвузлів [57].

### 6.3 Заходи щодо пожежної безпеки

Згідно ОНТП 24-86 по ступені пожежної небезпеки виробництва підрозділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д [57].

СПЦ відноситься до пожежобезпечних виробництв, категорія "Г", тому що його виробництво зв'язане з обробкою неспалених речовин у розпеченому стані, процес обробки яких зв'язаний з виділенням великої кількості тепла, іскор, окалини і т.д.

У цеху присутні ділянки з підвищеною пожежонебезпекою – це мастилопідвали і склад ГСМ.

Будівля стану відноситься до тяжкопальних.

Вона виготовлено з заліза і бетону. Межа вогнестійкості будинку складає 15 хвилин, що визначається межами вогнестійкості основних будівельних конструкцій і межами поширення вогню по цих конструкціях.

Межею вогнестійкості називається час у годинах від початку іспиту конструкції на вогнестійкість до виникнення одного з наступних ознак: 1) утворення в конструкції наскрізних тріщин і отворів, через які проникають продукти чи згоряння полум'я; 2) підвищення температури на поверхні конструкції, що обігрівається не, у середньому більш ніж на  $1400^{\circ}\text{C}$ ; 3) утрата конструкцією несучої здатності, тобто обвалення її.

Для зниження пожежної небезпеки цех має пожежну сигналізацію і зв'язок. На вулиці навколо будинку цеху, у побутових приміщеннях і коридорах встановлені пожежні крани високого тиску. На всіх ділянках мають протипожежні щити.

Для захисту будинку від блискавки застосовуються блискавковідводи, розташовані рівномірно по площі горизонтальної проекції будинку, що мають окремий заземлювач.



#### 6.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища

Джерелам викидів в атмосферу від прокатного виробництва стану 600 є 4 нагрівальні печі і 1 прохідна роликівна піч.

Усі печі опалюються коксовим газом за допомогою пальників, що забезпечують повне і якісне згоряння всіх паливних складових палива. Печі працюють під розрідженням, що створюється надійною природною тягою димарів, встановлених на кожну піч або групу печей.

Усі печі обладнані приладами теплового контролю й авторегулювання, що забезпечують нормальні умови для повного спалювання газу, ведення технологічного процесу і дотримання заходів щодо захисту повітряного басейну.

Від пічних агрегатів в атмосферу надходять сірчистий ангідрид і окисли азоту.

Викиди забруднюючих речовин від травильних ванн складаються з двоокису азоту, соляної кислоти, сірчаної кислоти, фтористих з'єднань.

З загальної кількості водооберту скидання у водойми складає 10,45 тис.м<sup>3</sup>/добу, у тому числі: забруднені – 10,4 тис.м<sup>3</sup>/добу, очищені – 0,05 тис.м<sup>3</sup>/добу.

Заходи щодо захисту повітряного і водного басейну стану 600 пропонуються наступні заходи:

- 1) установити повітряні фільтри вентиляції ділянки нагрівальних печей;
- 2) скоротити витрату газу на нагрівання металу;
- 3) здійснювати очищення повітроохолоджувачів агрегатів ділянки печей;
- 4) установити надійні ущільнення всіх рознімань для попередження витoku змащення із систем;
- 5) збирати мастило в спеціальні ємності з наступною задачею на регенерацію;
- 6) поліпшити уловлювання газів з повітряників;
- 7) тримати в справному стані спорудження побутової і зливової каналізації.

## 7 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

### 7.1 Прогнозування можливих надзвичайних ситуацій на території підприємства, їх характеристика

Надзвичайна ситуація – порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об’єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат [58].

#### Класифікація надзвичайних ситуацій

Постановою Кабінету Міністрів України №1099 затверджено “Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій”. Згідно з цим положенням, за характером походження подій, що зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють 4 класи надзвичайних ситуацій: техногенного, природного, соціально-політичного та військового характеру.

Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види [58].

Надзвичайні ситуації техногенного характеру – це наслідок транспортних аварій, катастроф, пожеж, неспровокованих вибухів чи їх загроза, аварій з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптового руйнування споруд та будівель тощо.

Надзвичайні ситуації природного характеру – це наслідки небезпечних геологічних, метеорологічних, гідрологічних явищ, деградації ґрунтів чи надр, природних пожеж, змін стану повітряного басейну, інфекційних захворювань людей, зміни стану водних ресурсів та біосфери тощо.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру – це ситуації, пов’язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об’єктів ядерних устав і матеріалів, систем зв’язку та телекомунікації).

Надзвичайні ситуації воєнного характеру – це ситуації, пов’язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження.

Загальні ознаки НС [58]:

- наявність або загроза загибелі людей чи умов їх життєдіяльності
- заподіяння економічних збитків
- істотне погіршення стану довкілля

До надзвичайних ситуацій, як правило, призводять аварії, катастрофи, стихійні лиха та інші події, такі, як епідемії, терористичні акти, збройні конфлікти тощо.

Аварії поділяються на дві категорії [58]:

- до I категорії належать аварії, внаслідок яких: загинуло 5 чи травмовано 10 і більше осіб; стався викид отруйних, радіоактивних, небезпечних речовин за санітарно-захисну зону підприємства; збільшилась концентрація забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі більш як у 10 разів; зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників підприємства чи населення;

- до II категорії належать аварії, внаслідок яких: загинуло до 5 чи травмовано від 4 до 10 осіб; зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників цеху, ділянки (враховуються цех, ділянка з чисельністю працівників 100 осіб і більше).

Випадки порушення технологічних процесів, роботи устаткування, тимчасової зупинки виробництва в результаті спрацювання автоматичних захисних блокувань та інші локальні порушення у роботі цехів, ділянок і окремих об'єктів, падіння опор та обрив дротів ліній електропередач не належать до аварій, що мають категорії.

Події природного походження або результат діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вражати людей, об'єкти економіки та довкілля, називаються небезпечними природними явищами. Руйнівне небезпечне природне явище - це стихійне лихо.

## 7.2 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в надзвичайних ситуаціях.

### 7.2.1 *Захисні споруди*

Захисні споруди - це споруди, спеціально призначені для захисту населення від ядерної, хімічної і бактеріологічної (біологічного) зброї, а також від дії можливих вторинних вражаючих чинників при ядерних вибухах і застосуванні звичайних засобів поразки [58]. Ці споруди, залежно від захисних властивостей

підрозділяються на притулки і протирадіаційні укриття (ПРУ). Крім того, можуть застосовуватися прості укриття – щілини.

У разі загрози нападу супротивника при недоліку завчасно побудованих притулків і протирадіаційних укриттів можуть будуватися притулки і укриття з готових будівельних елементів (конструкцій), цеглини, бетону, лісоматеріалів, пристосовуватися під ПРУ підвальні і інші заглиблені приміщення, а також будуватися силами населення прості укриття з підручних матеріалів.

На території цеху є притулок, що окремо стоїть. Він має каркасну схему. При цьому сполучення елементів каркаса надземної частини будівлі цеху з конструкцією притулку передбачає вільне спирання надземних конструкцій будівель на покриття притулку. При проектуванні притулку передбачили застосування типових збірних залізобетонних конструкцій.

Приміщення притулку добре герметизоване для того, щоб в нього не проникав заражений радіоактивними, отруйливими речовинами і бактерійними засобами повітря. Система фільтровентиляції може працювати в двох режимах: чистій вентиляції і фільтровентиляції. У першому режимі повітря очищається від дисперсного радіоактивного пилу, в другому - від решти радіоактивних речовин, а також від отруйливих речовин і бактерійних засобів (у фільтрах поглиначах). Подача повітря здійснюється по повітроводах за допомогою вентилятора. Кількість зовнішнього повітря, що подається до притулку по режиму чистої вентиляції, встановлюється залежно від температури повітря і може бути від 7 до 20 м<sup>3</sup>/г, а по режиму фільтровентиляції – від 2 до 8 м<sup>3</sup>/г на кожну людину, що вкривається.

Так як притулок розташовується в місці, де можлива пожежа або загазованість території сильнодіючими речовинами, тому передбачений режим повної ізоляції приміщень притулку з регенерацією повітря в них.

Мережі повітроводів, розташовані в притулку, забарвлюються: режиму чистої вентиляції – в білий колір; режиму фільтровентиляції – в червоний. Труби рециркуляції повітря забарвлюються також в червоний колір [58].

Якщо притулок надійно герметизован, то після закривання дверей, віконниця і приведення фільтровентиляційного агрегату в дію тиск повітря усередині притулку повинен бути декілька вище атмосферного (утворюється так званий підпір).

Приміщення для дизельної електростанції розташовуються біля зовнішньої стіни, а від інших приміщень відділяються стіною (перегородкою), що не згорає, з межею вогнестійкості 1 г.

У притулку обладнані різні інженерні системи [58]:

*Електропостачання.* Електропостачання зазвичай здійснюється від зовнішньої електромережі, а при необхідності і від автономного електроджерела – захищеної дизельної електростанції. На випадок порушення електропостачання в притулку передбачається аварійне освітлення від переносних електричних ліхтарів, батарей, велогенераторів і інших джерел (труби з електропроводкою забарвлюються в чорний колір).

*Водопостачання і каналізація* притулку здійснюються на базі загальних водопровідних і каналізаційних мереж. Крім цього в притулку передбачаються створення аварійних запасів води і приймачі фекальних вод, які повинні працювати незалежно від стану зовнішніх мереж (труби водопостачання забарвлюються в зелений колір).

### 7.2.2 Розосередження та евакуація

Розосередження і евакуація населення – один із способів захисту населення від зброї масового ураження [58]. Під розосередженням розуміють організований вивіз з міст і інших населених пунктів і розміщення в заміській зоні вільної від роботи зміни робочих і таких, що служать об'єктів, що продовжують роботу у військовий час. Робочі і службовці, віднесені до категорії тих, що розосереджуються, після вивозу і розселення їх в заміській зоні позмінно виїжджають в місто для роботи на своїх підприємствах, а після закінчення роботи повертаються в заміську зону на відпочинок.

Евакуація є організованим вивозом або виводом з міст і інших населених пунктів і розміщенням в заміській зоні решти населення, а також вивіз або виведення населення із зон можливого затоплення. На відміну від розосереджених евакуйовані постійно проживають в заміській зоні до особливого розпорядження.

Заміська зона є територією, розташованою за межами зон можливих руйнувань в містах. Підприємство, з якого планується розосередження і евакуація, має заміську зону, призначається район розміщення населення, який залежно від кількості робочих, службовців і членів їх сімей може включати один або декілька розташованих поряд населених пунктів.

### 7.2.3 Засоби індивідуального захисту

В цеху знаходяться засоби індивідуального захисту від попадання всередину організму, на шкірні покриви і одяг радіоактивних, отруйливих речовин і бактерійних засобів [58]. Вони підрозділяються на засоби захисту органів дихання і засобу захисту шкіри. До перших відносяться протигази, що фільтрують і ізолюють, респіратори, а також протизапорошені тканинні маски (ПТМ-1) і ватяно-марлеві пов'язки; до других – одяг спеціальний ізолюючий захисний, захисний одяг населення, що фільтрує (ЗФО).

За принципом захисту засобу індивідуального захисту діляться на тих, що фільтрують і ізолюють. Принцип фільтрації полягає в тому, що повітря, необхідне для підтримки життєдіяльності організму людини, очищається від шкідливих домішок при проходженні через засоби захисту. Засоби індивідуального захисту ізолюючого типу повністю ізолюють організм людини від навколишнього середовища за допомогою матеріалів, непроникних для повітря і шкідливих домішок.

При оголошенні загрози НС співробітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту. При недоліку на об'єкті протигазів вони можуть бути замінені протигазами і респіраторами, призначеними для промислових цілей. Решта всього населення самостійно виготовляє протизапорошені тканинні маски, ватяно-марлеві пов'язки і інші прості засоби захисту органів дихання, а для захисту шкірних покривів, готують різні накидки, плащі, гумове взуття, гумові або шкіряні рукавички. Засоби індивідуального захисту слід зберігати на робочих місцях або поблизу них.

Протигази, що фільтрують, є основним засобом індивідуального захисту органів дихання. Принцип захисної дії їх заснований на попередньому очищенні (фільтрації), вдихуваного людиною повітря від різних шкідливих домішок. Також в цеху застосовують респіратори, протизапорошені тканинні маски і ватяно-марлеві пов'язки.

*Медичні засоби захисту.* Цех має аптечки індивідуальні, які призначені для надання самопомоги і взаємодопомоги при пораненнях і опіках, а також для попередження і ослаблення дії отруйливих речовин, бактерійних засобів і іонізуючих випромінювань. Містить лікарські засоби, антидот чи радіопротектори.

*Індивідуальний протихімічний пакет* призначений для знезараження краплинно-рідких ОР, що потрапили на відкриті ділянки тіла і одяг. У комплект

входить флакон з дегазуючим розчином, забезпечений кришкою, що нагвинчується, і чотири ватяно-марлеві тампони. Все це знаходиться в герметичному пакеті

*Пакет перев'язувальний індивідуальний* складається з бинта (шириною 10 см і завдовжки 7 м) і двох ватяно-марлевих подушечок (17,5x32 см).

Зовнішній чохол пакету, внутрішня поверхня якого стерильна, використовується для накладення стерильних пов'язок.

### 7.3 Управління підприємством у НС

Під стійкістю роботи підприємства розуміється можливість в умовах надзвичайної ситуації випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатури, а при отриманні середніх руйнувань або порушенні зав'язків і поставчань, відновлювати виробництво в мінімальні терміни [58].

Під стійкістю роботою об'єктів, які безпосередньо не проводять матеріальних цінностей, розуміють їх можливість виконувати свої функції в умовах НС. На стійкість роботи підприємства в умовах НС впливають наступні чинники:

- надійність захисту робочих і службовців;
- можливість інженерно-технічного комплексу об'єкту протистояти у визначеному ступеню вражаючих чинників стихійної біди, аварій, катастроф і сучасних видів зброї;
- захищеність цеху від вторинних вражаючих чинників (пожеж, вибухів, зараження ОР і СДОР);
- надійність системи забезпечення підприємства всім необхідним для виробництва (сировиною, паливом, комплектуючими вузлами і деталями, електроенергією, водою, газом і іншим);
- стійкість і безперервність управління виробництвом;
- підготовленість підприємства до робіт щодо порушеного виробництва.

Перераховані чинники є основними загальними для всіх підприємств. Шляхи підвищення стійкості роботи підприємства в умовах НС, а саме:

- забезпечення надійного захисту робочих і службовців від вражаючих чинників сучасної зброї, аварії, катастрофи і стихійної біди;
- захист основних виробничих чинників від вражаючих чинників, у тому числі і від вторинних, які виникають в умовах ЧС;
- стійке забезпечення всім необхідним для випуску запланованої продукції;

- підготовка до відновлення порушеного виробництва;
- підвищення надійності і оперативності управління виробництвом. Захист робочих і службовців конвертерного цеху досягається чотирма основними способами:

- укриття людей в захисних спорудах;
- проведення евакуаційних заходів;
- радіаційно-хімічний захист;
- медичний і біологічний захист.

Надійно захистити виробничий персонал цеху можливо лише при комплексному використанні всіх основних способів захисту.

Захист виробничих фондів полягає в підвищенні протидії будинків, споруд і конструкції об'єкту до вражаючих чинників і захисту технологічного устаткування, верстатів, систем і комунікацій і інших засобів, що формують основу виробничого процесу.

Створення надійних систем електро, водо і теплозабезпечення цеху:

а) підвищення стійкості електрозабезпечення:

- розподіл схеми електромереж на незалежно працюючі частини;
- заземлення електромереж і підключення їх до декількох джерел енергозабезпечення;

- створення резерву дизельних електростанцій;

б) підвищення стійкості систем водопостачання:

- водопостачання від двох незалежних джерел, одне з яких підземне;
- захист вододжерел і резервуарів чистої води;
- створення обвідних (запасних) ліній навколо водонапірних башт;

в) підвищення стійкості систем газу, тепло і паливо забезпечення:

- розподільні газопроводи робити підземними і передбачати їх кільцювання:

- газорозподільні станції і опорні пункти обвідних газопроводів передбачати в підземному варіанті;

- встановлювати в основних вузлових точках систем газозабезпечення, автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацьовують при аваріях. Підвищення протипожежної стійкості:

- максимальне скорочення запасів паливо і вибухонебезпечних речовин;
- проведення профілактичних протипожежних заходів;
- підготовка сил і засобів пожежогасінні.



## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті з метою підвищення експлуатаційних характеристик пили дискової в умовах сортопрокатного цеху з напівбезперевним станом 600 виконано аналітичні дослідження та технічні розробки у світлі актуальної практичної задачі щодо підвищення строку служби дисків та підвищення якості різання.

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. Основними причинами виходу дисків з ладу є знос зубів і напливи на заготівлі. Наплив обумовлюється в основному не типом розрізуваного профілю, а якістю виготовлення диска і способом його кріплення на валу пили.
3. Для підвищення експлуатаційної надійності пил гарячого різання пропонується здійснювати кріплення диску на валу таким чином щоб дозволити диску самовстановлюватися при перекосі в прорізи і щодо осі валу. Такий спосіб буде сприяти зниженню навантаження на диск, а також підвищенню якості різання.
4. Пропоновані заходи дозволять отримати додатковий прибуток за рахунок збільшення виходу годного на 0,1% орієнтовно в сумі 2493839,79 грн/рік, а з урахуванням витрат на придбання та монтаж нового обладнання, термін окупності витрат складе 0,842 року.

Результати роботи можуть бути використані при розробці заходів та прийнятті технологічних і конструктивних рішень стосовно процесу та обладнання гарячого різання сортових профілів дисковими пилами.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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. Технология прокатного производства / В.М. Клименко, А. М. Онищенко, А. А. Минаев, В.С. Горелик. – К. : Вища школа, 1989. – 311 с.
3. Грудев А. П. Технология прокатного производства / А. П. Грудев, Л. Ф. Машкин, М. И. Ханин. – М. : Металлургия, 1994. – 656 с.
4. Прокатное производство. Учебник для вузов / П. И. Полухин [и др.]. – 3-е изд. – М. : Металлургия, 1982. – 696 с.
5. Технология прокатного производства. В 2-х книгах. Кн. 1. Справочник: М. А. Беняковский [и др.] – М. : Металлургия, 1991. – 440 с.
6. Целиков, А. И. Теория продольной прокатки / А. И. Целиков, Г. С. Никитин, С. Е. Рокотян. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
7. Технология прокатного производства. В 2-х книгах. Кн. 2. Справочник: М. А. Беняковский [и др.] – М. : Металлургия, 1991. – 423 с.
8. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 1985 – Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / Под ред. Е. И. Семенова. 1985. – 568 с., ил.
9. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 2000. Т. IV-5: Машины и агрегаты металлургического производства / Н. В. Пасечник, В. М. Сеницкий, В. Г. Дрозд и др.; Под. общ. ред. В. М. Сеницкого, Н. В. Пасечника. – 2000. – 912 с.
10. Иванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навч. посібник / Ф. К. Иванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяев. – К. : Вища шк., 1995. – 445 с.
11. Лукашин Н. Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: учебник для вузов / Н. Д. Лукашин, Л. С. Кохан, А. М. Якушев – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 456 с.
12. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Металлургия, 1987 Т. 3: Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 1988. – 376 с.

13. Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии : учебник для вузов / А. А. Королев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1976. – 544 с.

14. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станков / А. А. Королев. – М. : Металлургия, 1985. – 375 с.

15. Королев А. А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов : учебник для вузов / А. А. Королев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1987. – 480 с.

16. Ищенко, А. А. Участки резки проката дисковыми пилами. Учебное пособие – К. : Высшая шк., 1989. – 61 с. : – (Новое в науке и технике – студентам и учащимся; Вып. 17).

17. Ищенко, А. А. Пилы горячей резки проката. Конструкции и расчет: монография / А. А. Ищенко, Е. А. Лоза. – ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – 251 с.

18. Защита от шума и вибрации в черной металлургии / В.И. Заборов, Л.Н. Клячко, Г.С. Росин. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1988. - 216 с.

19. А. с. 655484 МКИ В23D 45/00. Передвижная дисковая пила / Л. М. Бобров, Б. Г. Кузьмин, Б. Р. Пак, Л. П. Павлов.; заявитель и патентообладатель Коппинское отделение Всесоюзного научно- исследовательского и проектно-конструкторского института металлургического машиностроения. - №2403156/25-08.; заявл\_\_\_\_\_. 06.09.76 ; опубл. 05.04.79. Бюл. № 13.

20. А. с. 1225717 А1 СССР. МКИ В23SD 45/00. Способо резки заготовок / В. Н. Николаев ; заявитель и патентообладатель всесоюзный проектно-технологический институт энергетического машиностроения. №4249443 ; заявит. 30.11.83 ; опубл. 23.04.86, Бюл.№ 15.

21. А. с. 1468688 А1 СССР, МКИ В23D 45/00. Способ резки проката / А. А. Ищенко, В. А. Пашук ; заявитель и патентообладатель Ждановский металлургический институт. № 1004028 ; заявит. 28.10.86 ; опубл. 30.03.89. Бюл.№12.

22. А. с. 1227379 А1 МКИ В23D 45/04. Пила для резки метала / А. А. Ищенко, А. А. Томаш, В. А. Корчагин, В. В. Сайко.; заявитель и патентообладатель Ждановский металлургический институт. - № 3814342/25-08.; заявл. 22.11.84 ; опубл. 30.04.86. Бюл. № 16.

23. Ищенко А. А. Анализ и синтез механизмов подачи дисковых пил для резки проката / А. А. Ищенко, В. А. Корчагин, А. А. Томаш // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2001г. № 1, - С. 33–35.

24. А. с. 986655 МКИ В23D 45/04. Дисковая пила / В. А. Доценко, А. Р. Преображенский, А. И. Федоринов.; заявитель и патентообладатель Ждановский филиал проектно-конструкторско-технологического института. - № 3265893/25-08 ; заявл. 27.03.81 ; опубл. 07.01.83. Бюл. № 1.

25. А. с. 1292950 А1 МКИ В23D 45/00. Дисковая пила для резки проката / В. С. Летяев, В. В. Сайко, П. И. Сидоров, Ю. Е. Ким, А. И. Борисенко.; заявитель и патентообладатель Старо-Краматорский машиностроительный завод им. Орджоникидзе. - № 3910120/25-08. ; заявл. 10.06.85 ; опубл. 28.02.87. Бюл. № 8.

26. А. с. 1537420 А1 МКИ В23D 45/00. Дисковая пила для резки проката / Ю. Е. Ким, С. Г. Патрича, П. И. Сидоров, Н. Г. Бойденко, А. В. Лисогор.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научноисследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения им. А. И. Целикова. - № 4401843/27-08. ; заявл. 01.04.88 ; опубл. 23.01.90. Бюл. № 3.

27. Татарников В. В. Определение силовых параметров высокоскоростного процесса горячего резания пилами / В. В. Татарников // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 1990г. № 5, - С. 45–48.

28. Ищенко А. А. Определение оптимальных режимов работы роторных пил горячей резки / А. А. Ищенко, Ю. Е. Ким // Бюл. ЦНИИТЭИЧМ. – 1981. №1. – С. 44–45.

29. А. с. 850336 А1 СССР, МКИ В23D 45/00. Способ резки заготовки двумя пильными дисками / Н. А. Куцын, В. П. Александров, С. М. Король ; заявители и патентообладатели Н. А. Куцын, В. П. Александров, С. М. Король. № 2847329/25-08 ; заявит. 06.12.79 ; опубл. 30.07.81. Бюл. № 28.

30. А. с. 1313593А1 МКИ В23D 45/00. Способ горячей резки / А. А. Ищенко, Ю. Е. Ким, В. В. Сайко, И. Ф. Дворжак, В. С. Летяев, П. И. Сидоров, А. А. Рыбальченко. ; заявитель и патентообладатель Ждановский металлургический институт и Старо-Краматорский машиностроительный завод им. Орджоникидзе. - №3976201/31-08. ; заявл. 27.11.85 ; опубл. 30.05.87. Бюл. № 20.

31. А. с 1077723 А1 СССР, МКИ В23D 45/00. Способ резки проката / Ю. Е. Ким, А. А. Ищенко ; заявитель и патентообладатель Ждановский металлургический институт. №2764426 ; заявл. 15.01.82 ; опубл. 07.03.84. Бюл. №9.

32. Патент 2167747 Российская федерация, МПК, В23D 81/00. Летучая пила для резки движущегося проката / Баранов В.Н., Виноградов Ю.В., Разин В.Ф. и др. – заявл. 09.06.1997; опубл. 27.05.2001.

33. Патент 2071878 Российская федерация, МПК, В23D 61/02. Пила. / Рогов В.А. – заявл. 18.04.1994; опубл. 20.01.1997.
34. Патент 2045374 Российская федерация, МПК, В23D 61/02. Пила. / Рогов В.А. – заявл. 29.05.1992; опубл. 10.10.1995.
35. 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 патентовладелец Донбаський державний технічний університет. – №201410643; заявл. 29.09.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. №7.
36. Петров, П. А. Исследование надежности пил горячей резки проката / П. А. Петров, В. А. Шпаков, В. А. Павленко // Прогресивні технології і системи машинобудування : Міжнародний збірник наукових праць. – Донецьк : ДонНТУ, 2007. – Вип. 33. – С. 201–208.
37. Лапач С.Н. Статистика в науке и бизнесе / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич – К.: МОРИОН, 2002. – 640с.
38. ГОСТ 535–88. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.
39. Технологическая инструкция ТИ 229–МЦ–141–2000. “Производство проката на экспорт” / ОАО “Алчевский металлургический комбинат”. – 2000. – 42с.
40. Татарников В. В. О влиянии конструкции крепления диска пилы на нагрузку привода и вибрацию диска. / В. В. Татарников, В. Н. Михалев. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 1973. – №7. – С. 149–153.
41. Ищенко, А. А. Пилы горячей резки проката. Конструкции и расчет: монография / А. А. Ищенко, Е. А. Лоза. – ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – 251 с.
42. Слоним А.З. Теоретические основы процесса правки пильных дисков. / А.З. Слоним, В.А. Корчагин, А.А. Ищенко. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1992. – №1. – С. 54–56.
43. Антонюк В.Е. Влияние правки на качество дисков трения. / В.Е. Антонюк, Р.Е. Игудесман, М.А. Белов // Машиностроитель. – 1991. – №5. – С. 13–14.
44. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. / Стахийев Ю.М. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 384с.

45. Пат. 2113512 RU. МКИ С 21 D 9/24, С 21 D 1/09. Способ термической обработки дисков пил горячей резки проката. / И.П. Иеруса-лимов, Ю.П. Петренко, Р.Е. Мардышкин. № 96123653/02. Заявл. 14.12.1996; Оpubл. 20.06.1998. – 3с.

46. Тылкин М.А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1971. – 608с.

47. АС 315522 В 23 D 35/00. УСТРОЙСТВО ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКА ПИЛЫ В. В. Татарников, С. С. Чепуркин, В. Н. Михалев и В. И. Хоменко. Заявитель Ждановский металлургический институт. Заявлено 18.VI.1970 (№ 1443317125–8) Опубликовано 01.X.1971. Бюллетень № 29

48. 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.

49. Подшипники качения: Справочник–каталог / Под редакцией Нарышкина В.Н. и Коросташевского Р.В. – М.: Машиностроение, 1984. –280с., ил.

50. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин – М.: Металлургия, 1983. – 415 с.

51. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин /В.Я. Седуш – Киев-Донецк: Высш. шк., 1981. – 264 с.

52. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: Учебник. Часть 1 / Ю.В. Жиркин – Магнитогорск : МГТУ, 2005. – 230 с.

53. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: Учебник. Часть 2 / Ю.В. Жиркин – Магнитогорск : МГТУ, 2005. – 118 с.

54. Организация и планирование предприятий черной металлургии / Метс А. Ф., Штец К. А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф. И. – М. : Металлургия, 1986 – 560 с.

55. 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.

56. 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.

57. Бринза В. Н. Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.

58. Депутат О.П. Цивільна оборона. : Підручник для студентів вузів / за ред.. В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2002. – 333 с.

ДОДАТОК А  
КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ





