

## РЕФЕРАТ

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

Тема проекту: «Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційних характеристик обладнання поздовжнього різання в умовах товстолистового цеху зі станом 3000»

Проект складається з 7 основних розділів.

У загальній частині приведений короткий опис стану 3000, описане механічне устаткування і «вузькі місця» в роботі дискових ножиць.

У спеціальній частині приведений літературно-патентний огляд, описана конструкція дискових ножиць, запропоновані заходи щодо їх удосконалення. Виконаний розрахунок параметрів нової конструкції ножиць.

В третьому розділі описані особливості монтажу, ремонту і змащування вузлів тертя дискових ножиць. В організаційній частині надані загальні дані про організацію ремонтної служби заводу і цеху. В економічній частині приведено розрахунок економічної ефективності заходів проекту.

У розділі «Охорона праці і навколишнього середовища» зроблено аналіз потенційних небезпек в товстолистовому цеху, запропоновані заходи щодо охорони навколо нього середовища. У розділі «Цивільна оборона» описані заходи по управлінню підприємством (цехом) у надзвичайній ситуації та захисту співробітників.

Проект складається з графічної частини й пояснювальної записки. Графічна частина містить 10 аркушів формату А1. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 117 аркушів формату А4, з яких 87 сторінок основного тексту та 29 – додатки (з них лістинг програми – 11, відомість проекту – 1, креслення – 10, специфікації – 7), рисунків – 23, таблиць – 6, перелік джерел посилання – 50.

Ключові слова: дискові ножиці, гаряче різання, товстий лист, дисковий ніж, монтаж, змащування.

## ЗМІСТ

<b>Скорочення та умовні позначки .....</b>	<b>5</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Загальна частина.....</b>	<b>9</b>
1.1 Підготовка металу до прокатки .....	9
1.2 Устаткування станової ділянки .....	9
1.3 Обробка готового прокату.....	10
1.4 Термічна обробка прокату.....	12
1.5 Недоліки роботи дискових ножиць стану 3000 .....	13
<b>2 Спеціальна частина .....</b>	<b>14</b>
2.1 Літературно – патентний огляд .....	14
2.1.1 Аналіз обладнання для обрізання бічних кромek товстих листів	14
2.1.2 Огляд технічних рішень щодо обладнання для обрізання бічних кромek товстих листів.....	19
2.2 Устаткування дискових ножиць.....	24
2.2.1 Опис конструкції .....	24
2.2.2 Технічні характеристики .....	26
2.3 Напрямки підвищення експлуатаційних характеристик обладнання поздовжнього різання кромek товстолістових розкатів.....	27
2.4 Аналіз застосування процесу гарячого різання на дискових ножицях існуючої конструкції.....	27
2.4.1 Розрахунок потужності приводу механізму різання.....	28
2.4.2 Розрахунок на міцність лівого верхнього валу .....	40
2.4.3 Розрахунок підшипників.....	41
2.5 Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційних характеристик дискових ножиць.....	42
2.6 Методика розрахунку енергосилових параметрів та розробка програмних засобів процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях.....	43
2.7 Аналіз результатів моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях .....	45
<b>3 Монтаж, ремонт та змащування устаткування .....</b>	<b>51</b>
3.1 Монтаж дискових ножиць .....	51

	4
3.2 Перелік регламентних робіт і їхня періодичність .....	53
3.3 Ревізія і ремонт .....	53
3.4 Ревізія і ремонт сполучних муфт .....	54
3.5 Змащення деталей і вузлів дискових ножиць .....	55
<b>4 Організаційна частина .....</b>	<b>57</b>
4.1 Організація ремонтної служби на металургійних підприємствах ...	57
4.2 Організація ремонтної служби цеху .....	59
4.3 Технічна документація при ремонтах .....	61
<b>5 Економічна частина.....</b>	<b>64</b>
<b>6 Охорона праці і навколишнього середовища.....</b>	<b>66</b>
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників ділянки різання .....	66
6.2 Заходи з виробничої санітарії.....	68
6.3 Заходи з техніки безпеки .....	69
6.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища .....	72
<b>7 Цивільна оборона .....</b>	<b>74</b>
7.1 Прогнозування надзвичайних ситуацій на території підприємства та їх характеристика.....	74
7.2 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в надзвичайних ситуаціях .....	75
7.3 Управління підприємством під час надзвичайної ситуації .....	77
<b>Висновки .....</b>	<b>82</b>
<b>Перелік джерел посилання .....</b>	<b>83</b>
<b>Додаток А Програма для розрахунку енергосилових параметрів ножиць пропонуваної конструкції.....</b>	<b>88</b>
А.1 Основна програма .....	88
А.2 Підпрограми.....	90
<b>Додаток Б Креслення та специфікації .....</b>	<b>99</b>

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- $V_P$  – швидкість різання, м/с;
- $h$  – товщина листа, мм;
- $T$  – температура різання, °С;
- $b$  – ширина відрізуваної кромки, мм;
- $l_n$  – відстань між вхідним перетином і вертикальною віссю верхнього диска, мм;
- $l_o$  – відстань між перетином відриву і вертикальною віссю верхнього диска, мм;
- $l_p$  – протяжність власне осередку різання, мм;
- $R$  – радіус дискових ножів, мм;
- $\delta_n$  – величина перекриття дисків у вертикальній площині, мм;
- $\delta$  – зазору між дисками в площині по осі ножів, мм;
- $\psi$  – кут нахилу осі ножів;
- $h_0$  – товщина листа в перетині відриву, мм;
- $\varepsilon_n$  – відносна величина надрізу до відриву;
- $\alpha$  і  $\beta$  – кутів захоплення і відриву для верхнього дискового ножа;
- $K_R$  – кінцева множина елементарних об'ємів;
- $\Delta x$  – протяжність кожного елементарного об'єму, мм;
- $x_{i1}$  і  $x_{i2}$  – геометричні координати почала і кінця  $i$ -го виділеного об'єму, мм;
- $h_{xi1}$  і  $h_{xi2}$  – товщина смуги для початкового і кінцевого граничних перетинів  $i$ -го виділеного об'єму, мм;
- $\alpha_{xi1}$  і  $\alpha_{xi2}$  – поточне по довжині осередку різання значення кутів контакту для відповідно початкового і кінцевого граничних перетинів  $i$ -го виділеного об'єму;
- $F_{xi}$  – площа  $i$ -го виділеного об'єму, мм<sup>2</sup>;

$N_{1yi}^p$  – елементарна вертикальна складова сили різання, що діє в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН;

$\tau_{xi}$  – поточне значення опора різанню  $i$ -го виділеного об'єму, МПа;

$\tau_{\max}$  – максимальний опір різанню, МПа;

$\sigma_b$  – межа міцності матеріалу листа, МПа;

$N_{1yi}^u$  – елементарна вертикальна складова сили вигину відрізуваної кромки що діє в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН;

$z_1$  – коефіцієнт, залежний від відносної ширини відрізуваної кромки  $a/h$ ;

$N_{1i}$  – повна сила різання верхнім ножом в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН;

$N_{1yi}$  – повна вертикальна складова сили різання верхнім ножом в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН;

$\alpha_i$  – кутова координата середини  $i$ -го виділеного об'єму;

$N_{2i}$  – повна сила різання нижнім ножом в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН;

$f_1$  – коефіцієнт тертя між верхнім диском і листом;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні інструменту;

$k_m$  – коефіцієнт, що враховує процентний вміст вуглецю в сталі;

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує швидкість протікання процесу;

$N_1$  і  $N_2$  – сумарні сили різання верхнім нижнім ножами, кН;

$\gamma$  – нейтральний кут;

$K_{R_\gamma}$  – порядковий номер виділеного об'єму через який проходить нейтральний кут;

$Q, Q_a, Q_r$  – інтегральні значення активних та реактивних сил, що діють в осередку різання, кН;

$Q_f$  – сила додаткового зовнішнього опору, кН;

$M_{1i}$  і  $M_{2i}$  – момент різання верхнім і нижнім ножом в рамках  $i$ -го виділеного об'єму, кН·м;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між нижнім диском і листом;

$M_1$  і  $M_2$  – сумарний момент різання верхнім і нижнім ножом, кН·м;

$M$  – момент різання парою дисків, кН·м;

$P$  – розрахункова потужність двигуна, кВт;

$i_p$  – передаточне число редуктору;

$i_{uu}$  – передаточне число зубчатої передачі;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії приводу дискових ножиць;

$\omega_{\partial\partial}$  – кутова швидкість двигуна,  $\text{с}^{-1}$ .

$R_A$  і  $R_B$  – реакції в опорах  $A$  і  $B$ , кН;

$M_A$  – момент, що вигинає, в точці  $A$ , кН·м;

$d_{\min}$  – мінімальний діаметр валу, мм;

$[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу деталі;

$M_{\text{екв}}$  – еквівалентний момент

$C_A$  і  $C_B$  – статична вантажопідйомність підшипників в опорах  $A$  і  $B$ , кН;

$f_S$  – коефіцієнт надійності при статичному навантаженні;

$\tau_{\varepsilon i}$  – поточне значення опора різанню  $i$ -го виділеного об'єму, МПа;

$\varepsilon_i$  – відносне проникнення ножів в метал  $i$ -го виділеного об'єму;

$V_l$  – швидкість руху листа, м/с;

$V_{nj}$  – окружна швидкість ножа  $j$ -ої пари дисків, м/с;

$\gamma_j$  – нейтральний кут осередку різання  $j$ -ої пари дисків, м/с.

## ВСТУП

Гарячекатані товсті листи – основний вид продукції товстолистових станів. Зростання об'ємів виробництва листів товщиною до 50 мм вимагає розширення можливостей вже експлуатованого і новостворюваного устаткування за рахунок прийняття конструкторських і технологічних рішень. З цією метою розробляються проекти реконструкції діючих технологічних ліній і комплексів, що передбачають заміну застарілого металургійного обладнання новим, високопродуктивним, здатним задовольнити запити сучасної промисловості.

Необхідність якнайшвидшого переозброєння металургійної промисловості сприяє удосконалюванню і розвитку організації і технології монтажу, технічного обслуговування і ремонту металургійного устаткування.

У процесі розвитку чорної металургії значно підвищилися вимоги до надійності агрегатів і устаткування. Висока експлуатаційна надійність металургійних машин досягається завдяки застосуванню найбільш сучасних методів технічного обслуговування і ремонтів.

Подальший розвиток металургійного виробництва нерозривно зв'язаний з упровадженням нових високоефективних технологій та обладнання виробництва металопрокату.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Стан 3000 призначений для прокатки товстих листів від 8 до 50 мм, шириною 1600 – 3000 мм, довжиною до 20 м, з вуглецевої, конструкційної, низьколегованої і легованої сталі з тимчасовим опором розриву в холодному стані 785 МПа.

### 1.1 Підготовка металу до прокатки

Сляби обробляють і складують в другому і третьому прольотах ад'юстажу блюмінга-слябінга. Другий проліт обладнаний двома кранами з підхватами  $Q = 15$  т і двома напівпортальними кранами  $Q = 5$  т, третій проліт – двома мостовими кранами з підхватами  $Q = 15$  т і одним напівпортальним краном  $Q = 5$  т. За допомогою мостових кранів можна подавати сляби на приймальний пічний рольганг.

Ділянка обладнана стелажми для ремонту слябів, колекторами коксового газу і методичними печами з вікнами видачі. Тип печей – методичні 2-х рядні, 4-х зонні з нижнім підігрівом і торцевим завантаженням і видаванням. Корисна площа поду –  $136 \text{ м}^2$ . Основні розміри печей: повна довжина печі – 27200 мм; ширина – 6150 мм; висота методичної зони – 1000...1200 мм; відстань між глісажними трубами – 1000 мм.

Печі опалюються сумішшю доменного і коксового або природного газу, теплота згоряння –  $1750 \text{ ккал/м}^3$ . Продуктивність однієї печі при холодному всаді – 70...280 т/час. Приблизно 20% слябів завантажують в печі при температурі 400...800°C. Конструкцією печі обумовлені наступні розміри слябів: висота – 139...260 мм, ширина – 800...1500 мм, довжина – 1500...2200 мм. Кожна піч обладнана контрольною апаратурою і тепловою автоматикою. Пічний проліт обладнаний двома мостовими кранами  $Q = 20$  т.

### 1.2 Устаткування станової ділянки

Стан із двома послідовно розташованими клітями, чорнова реверсивна двовалкова і чистова реверсивна чотиривалкова універсальна.



Становий проліт обладнаний трьома мостовими кранами вантажопідйомністю 100/20 тонн. Горизонтальні валки чорнової і чистової кліті у вертикальній площині налаштовують при роздільному включенні гвинтів. Валки чорнових клітей змінюють приблизно 3 рази на місяць. Робочі валки чистової кліті – через 2 – 3 зміни й опорні 2 рази на місяць. Поверхня робочих валків чорнової кліті наплавляється порошковим дротом. Перед кліттю кварто встановлено камеру гідрозбивання окалини з двома колекторами і швидкозйомними кожухами. Тиск води 100 атм.

Швидкість захоплення металу в чорновій кліті 10...15 об/хв, в чистовій 20 об/хв. В залежності від товщини і призначення листи прокатують у подовжньому і поперечному напрямках.

Характеристика основного устаткування представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика основного устаткування станової ділянки

Агрегат	Число, од.	Робоча швидкість, м/с	Робоче зусилля, МН	Потужність приводу, кВт
Завантажувальний стіл	2	52	–	185
Зіштовхувач	4	0,40	30	20
Завантажувальний рольганг	13	1,72	–	45
Штовхач	8	0,78	120	100
Приймальний рольганг	8	2,0	–	45

### 1.3 Обробка готового прокату

На ділянці гарячої обробки готового прокату встановлені дві правильні машини гарячого і холодного правлення і два шлепера–холодильника. Машина 9×360×3000 призначена для правлення в гарячому і холодному стані листів 4...40 мм, шириною до 2500 мм, швидкість правлення 0,15...0,9 м/с. Кількість робочих роликів – 9, опорних – 14, потужність приводу – 184 кВт.

Охолоджені листи передаються відвідними рольгангами на інспекторський стіл, обладнаний кантувачем і передатними пристроями. Реверсивний

кантувач призначений для кантування листів на кут  $180^\circ$  навколо подовжньої осі з одного рольганга на іншій для огляду і виявлення дефектів. Максимальна вага злитка 7,5 тон, час кантування 10 с.

Передавальний пристрій призначений для передавання листів з однієї лінії паралельних рольгангів на іншу без ушкодження листів. Найбільша довжина 21 м, горизонтальний хід візка 4730 мм, швидкість переміщення візка 0,7 м/с.

Після листи передаються до гільйотинних ножиць, де робиться обрізання переднього і заднього кінця у всіх листів, що прокатуються на стані. Обрізки убираються пластинчастим транспортером.

Листи товщиною 8...25 мм, бічні кромки яких підлягають обрізанню, рольгангами і шлеперами транспортуються на ліву лінію різання холодних листів. Ця лінія обладнана дисковими ножицями з кромкоподрібнювачем.

Обрізані бічні кромки листа проводками направляються до кромкоподрібнювачей, що розрізають подовжню кромку на куски й убирають спеціальними збиральними пристроями. Після обрізання на дискових ножицях листи надходять до ножиць поперечного різання, якими розрізаються на мірні довжини.

Після цього листи видаються на стелаж видачі з якого за допомогою листоукладача складаються в кишені. Листи, товщиною понад 25 мм, передають рольгангами стелажу на праву лінію різання листів.

Ця лінія обладнана дисковими ножицями. Крім того, по обвідному рольгангу листи можуть передаватися безпосередньо на правий потік для різання листів у гарячому стані.

Листи товщиною понад 30 мм у холодному стані ріжуться двома газовими машинами, встановленими на складі листів. Вони призначені для прямолінійного подовжнього і поперечного розкрою листів.

## 1.4 Термічна обробка прокату

У термічному відділенні можна робити загартування, нормалізацію і відпуск листів товщиною 4...50 мм, шириною 1500...2500 мм і довжиною 4000...12000 мм з вуглецевої, низьколегованої і легованої сталі.

Довжина робочого простору печей 66 м (четверта піч 80 м ), ширина 2,9 м. Піч працює на коксодоменому газі, тиск 1000 мм вод. ст. Витрата газу при нагріванні під загартування або нормалізацію 11000...12000 нм<sup>3</sup>/година, при відпуску 6000...7000 нм<sup>3</sup>/година.

Подача матеріалу до термічних печей може здійснюватися як зі складу, так і безпосередньо зі стану. Перед піччю встановлений передатний стелаж довжиною 37 м і шириною 11 м. Листи зі складу до печей подаються магнітними візками, що укладають листи на рольганг відповідних печей.

При загартуванні тривалість нагрівання листа 2 хв на 1 мм товщини.

Для загартування встановлено 4 преси. Гартувальний прес складається з рухливої плити, рами з бризкалками і секції рольгангів. Для холодного правлення загартованих листів з нержавіючої сталі за передатним стележем установлена листоправильна машина.

Листи після нормалізації направляються до стелажа, обладнаного канатним реверсивним шлепером. Максимальний хід візка шлеперу 23200 мм, швидкість переміщення 0,8...1,5 м/с, привод здійснюється від електродвигуна потужністю 75 кВт.

Канатний шлепер направляє листи до однієї з двох листоправильних машин гарячого правлення в залежності від товщини листа семивалкова машина ЛМ 20×2600, призначена для правлення листів товщиною 6...20 мм і шириною 2600 мм при температурі 600°C. П'ятивалкова машина призначена для правлення листів товщиною 20...50 мм.

Після гарячого правлення листи надходять на стелаж. Тут вони охолоджуються. Охолоджені листи передають на інспекторські стелажі, де роблять огляд верхньої і нижньої поверхні листів. Потім відбувається зачищення де-

фектів і остаточне маркірування, відбір проб від листів і різання їх на мірну довжину, на гільйотинних ножицях поперечного різання.

### 1.5 Недоліки роботи дискових ножиць стану 3000

Існуючі дискові ножиці мають наступні недоліки:

- можлива незадовільна чистота кромки, задирки, рвана кромка;
- мають місце випадки отримання серповидних листів;
- різання листів в холодному стані тільки до товщини 16...30 мм, а в гарячому до 32...40 мм залежно від марки (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Товщина листів, що допускається, при різанні на дискових ножицях стану 3000 залежно від температури, мм

Марка сталі	Температура листів, °С				
	<100	400...500	550...600	650...700	≥700
Ст 0-4; 08-20; 15К; 20К; St37-2; St37-3; St44-2; S235; S275; Л-36; А283С; А285С; судова сталь категорій А, В, D, Е – всіх реєстрів, ABS і А131	30	30	32	38	40
Ст5-6; Ст25-30; 15Г-30Г; 09Г2С; 17ГС; 10Г2С1Д; 15ХСНД; 10ХСНД; А40S; Д40S; Е40S; St52-3; S355; 43А; 50В; А516-70; А 572; судова сталь категорії А-Е32; А-Е36, А-Е40 – всіх реєстрів і ABS; штрипси категорії міцності К-50; К-52; Х65	25	25	30	35	38
Ст 30-45; Ст 30Г-40Г; Ст 30Г2; 35Г2; штрипси категорії міцності К-55; К-60; Х70	20	22	25	30	34
Ст 50-70; 50Г2; 50Г-65Г; 70Г; 40Г2; штрипси категорії міцності Х80	16	22	25	32	34

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Літературно – патентний огляд

#### 2.1.1 Аналіз обладнання для обрізання бічних кромок товстих листів

Технологічний процес виробництва товстих листів на товстолистових станах передбачає обрізання бічних кромок листів. Для цієї мети на різних станах, залежно від сортаменту листа і марок сталі, можуть використовуватися як механічний (різання на ножицях), так і термічний (газове, плазмове, лазерне різання) способи [1-10].

Досвід проектування і експлуатації товстолистових станів показує, що обрізання бічних кромок листів завтовшки від 5 до 25 мм здійснюють на дискових ножицях в холодному стані; завтовшки до 50 мм на подовжньо розташованих гільйотинах або на здвоєних кромкообрізних ножицях [1-10].

Плити завтовшки до 200 мм, а в деяких випадках і листи подаються на агрегати вогняного різання.

На деяких станах технологічні можливості дискових ножиць розширені за рахунок застосування процесу гарячого різання товстих листів [11].

У дискових ножиць обидва ножі мають форму дисків, осі обертання яких розташовують вертикальній площині (рис. 2.1, а), або, для того, щоб лист після обрізання кромки виходив горизонтально, а кромки відгиналися вниз, вісь верхнього ножа дещо зміщується у напрямі руху листа (рис. 2.1, б). Також для досягнення цього ефекту діаметр верхнього диска має бути меншим нижнього (рис. 2.1, в). Для запобігання вигинанню листа вгору перед ножицями, поблизу дисків, часто встановлюють притискні ролики [7-11].

На товстолистових станах зазвичай застосовуються дискові ножиці з двома парами дисків (кожен ніж кріпиться на окремому валу) для обрізання бічних кромок [7-11]. Одна пара дисків поміщається в нерухомій станині, інша переміщається залежно від ширини смуги (рис. 2.2).

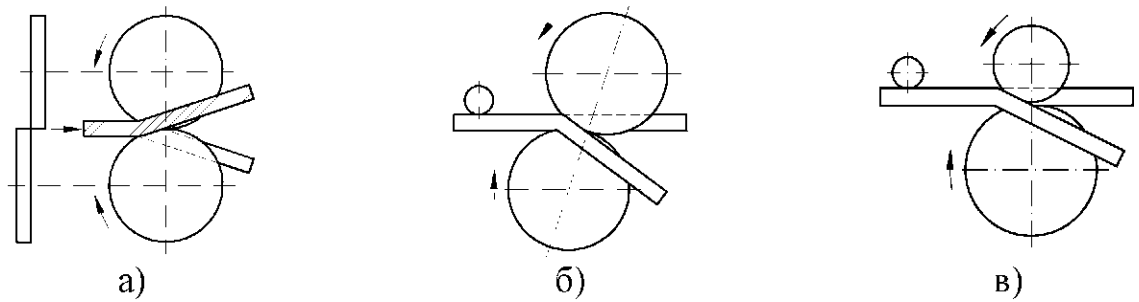
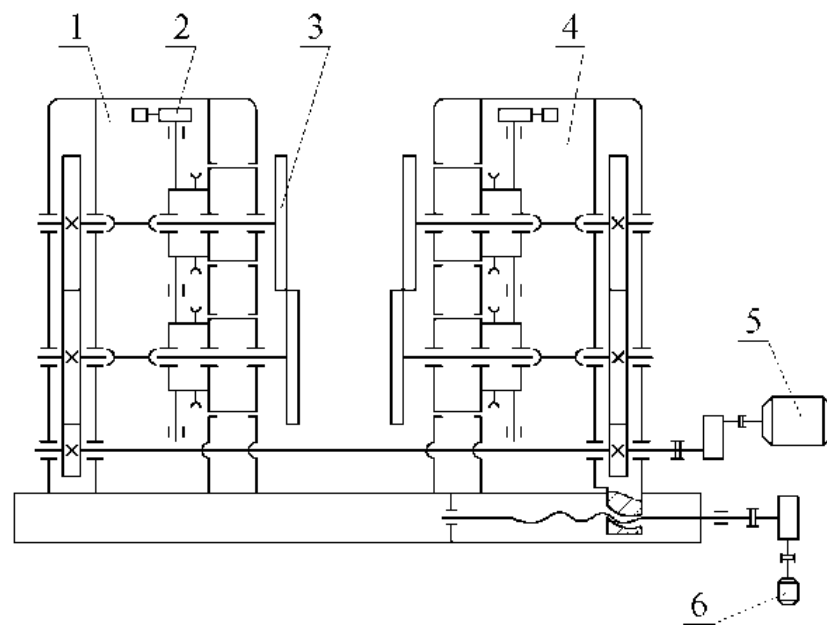


Рисунок 2.1 – Принципові схеми дискових ножиць



1 - рухома станина; 2 - механізм настройки ножів; 3 - ніж; 4 - нерухома станина; 5 - механізм різання; 6 - механізм зміни відстані між ножами.

Рисунок 2.2 – Принципова схема дискових ножиць

У ножиць для різання товстих листів рух передається і нижнім і верхнім дискам. При невеликій потужності рух від приводу передається тільки нижнім ножем, а верхні (холості) обертаються завдяки тертю [7-11].

У ряді випадків процес може здійснюватися з різною швидкістю, залежною від товщини металу, що ріжуть, тобто при змінному статичному моменті і постійній потужності [7-10].

Привод двохпарних дискових ножиць, здійснюється від одного електродвигуна через редуктор і загальний вал або шпindelне з'єднання. При обрі-

занні бічних кромки товстолистових розкатів їх забезпечують кромкоподрібнювальними ножицями [7-10]. В процесі різання смуги дисковими ножицями відрізані кромки (відходи) кромкоподрібнювачами розділяють на короткі куски, які направляють у встановлений внизу короб.

У гільйотинних ножиць ріжучі кромки розташовані під деяким кутом одна до одної, вірніше, з одним похилим ножом. Кут між ножами залежить від металу, що розрізається, але не більше  $10...12^\circ$ , щоб уникнути його виштовхування з ножиць. Для листових ножиць цей кут знаходиться в межах  $0^\circ30'...12^\circ$  [7-10,12-17].

Для поперечної і поздовжньої різання широких смуг і листів в холодному або гарячому стані застосовують переважно ножиці закритого типу (рис. 2.3), які мають дві станини, з'єднані внизу траверсою; в просвіті між станинами переміщається супорт з ножом.

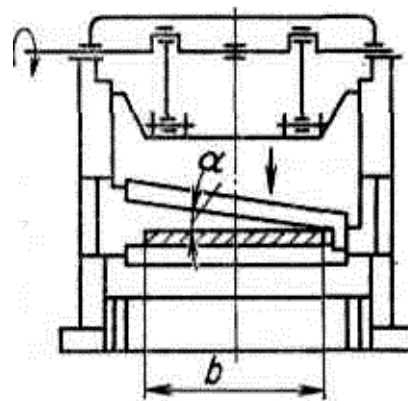


Рисунок 2.3 – Схема гільйотинних ножиць закритого типу

Конструкції гільйотинних ножиць, їх особливості, основні параметри і характеристики представлені в ряді джерел [7-10,12-19].

При обрізанні бічних кромки товстих листів для подрібнення кромки на мірні довжини, на гільйотинних ножах встановлюють кромочні ножі [14,20].

Здвоєні кромкообрізні ножиці (ЗКОН) – це пара ножиць, змонтованих на загальній рамі, призначених для одночасного обрізання поздовжніх кромки з двох боків у товстих широких (більше 3 м) холодних листів. На

відміну від звичайних гільйотинних ножиць, ріжуча кромка рухається по криволінійній траєкторії радіусом близько 1100...1200 мм [8,21].

Верхній рухливий поздовжній гільйотинний ніж 1 довжиною 1-1,5 м має на одному кінці поперечний ніж 2 для поділу відрізаної кромки на куски (рис. 2.4, а). Ножі, закріплюються на барабані-хрестовині (рис. 2.4 б). При різанні лист притискається до нижнього нерухомому супорта 2 притиском 3 і барабан-хрестовина повертається за допомогою шатуна 4, що має ексцентриковий привод; при зносі ножа барабан 1 повертається на  $90^\circ$  і різання здійснюється другим ножом. Ножі встановлені під кутом  $1,5...2,5^\circ$  по відношенню до нижнього нерухомому ножа і на одному кінці мають короткий перпендикулярний ніж для різання кромки на куски.

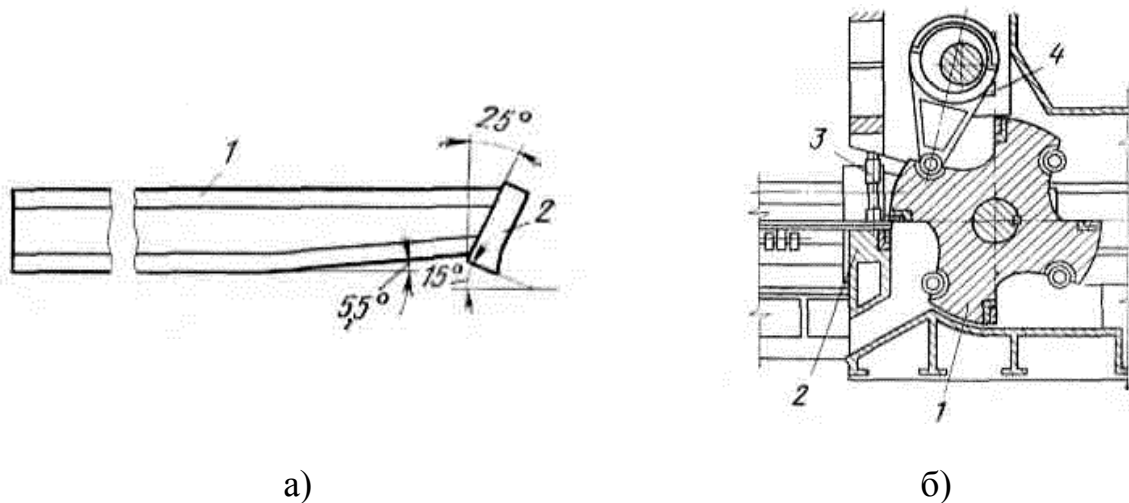


Рисунок 2.4 – Здвоєні кромкообрізні ножиці: а – форма ножа; б – конструктивна схема

Найбільш поширеним способом термічного різання є кисневе різання, яке засновується на здатності металу згоряти в струмені чистого кисню. Температура початку плавлення знаходиться в межах  $1000...1200^\circ\text{C}$ . Вона підвищується зі збільшенням вмісту вуглецю в металі при одночасному зниженні температури плавлення. Висока якість різання металу можлива тільки в разі його горіння в твердому стані [22-27].

Кисневому різанню піддаються метали, що задовольняють наступним вимогам:



- температура початку горіння металу повинна бути нижче температури його плавлення, інакше метал буде виплавлятися, а не згорати;
- температура плавлення оксидів металу, повинна бути нижче температури плавлення самого металу, щоб вони легко видувалися з порожнини різки, і ріжучий кисень мав вільний доступ до нижчих шарів металу;
- теплота згорання металу повинна бути досить високою, інакше потрібно занадто потужне підігрівальне полум'я.

Дуже важливим фактором якісної кисневого різання є механізація і автоматизація процесу, оскільки якісну чисту поверхню різання можна забезпечити лише при повністю механізованому переміщенні різачка, тобто на спеціально сконструйованих машинах.

Для різання товстих листів на товстолистових станах найбільш часто застосовують машини «Днепр» [22]. Вони однотипні по конструкції і відрізняються тільки шириною обробки і числом супортів з різачками (рис. 2.5).

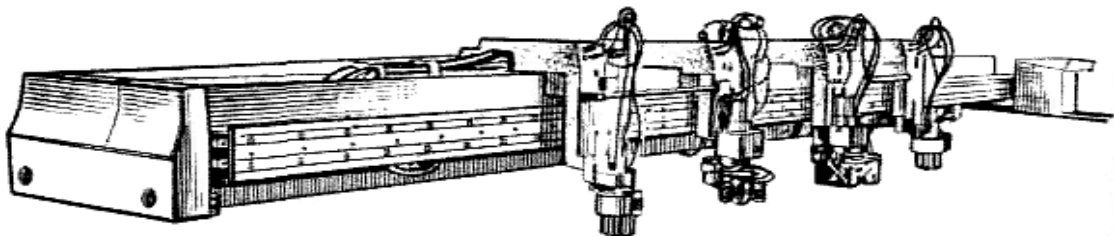


Рисунок 2.5 – Зовнішній вид машини «Днепр»

В даний час все більш широко застосовуються машини, принцип дії яких заснований на інших термічних способи різання, а саме різання лазером і плазмова різка [28-33]. Однак на сьогоднішній день їх застосування в потоці товстолистових станів є недоцільним.

Швидкість (теоретична) газокисневого різання при товщині 25...40 мм становить близько 0,55...0,45 м/хв [24], що набагато менше різання на ножицях. Так, на дискових ножицях, за умови надійної центрування листа, можна забезпечити швидкість поздовжнього різання до 120 м/хв, на гільйотинних ножицях – 16...24 м/хв (16...20 рухів ножа за хвилину при довжині відрізуваної кромки 1000...1200 мм), а на ЗКОНах – 18...42 м/хв [2,8-10,14-18].

Крім швидкості різання, перевага дискових ножиць складається в якості бічної поверхні готового листа, оскільки при різанні на гільйотинних ножицях можливе утворення уступів при переході на кожний наступний різ, і волосовин в місцях роботи кромочного ножа. Якість кромки листів при різанні на ЗКОНах набагато вище, ніж на гільйотинних ножицях, проте на поверхні різання бувають уступи, що є результатом нестабільної фіксації листа роликками [14].

### 2.1.2 Огляд технічних рішень щодо обладнання для обрізання бічних кромки товстих листів

Підвищення вимог якості готового листа призводить до вдосконалення способів і устаткування обрізання товстих листів [34-36].

Зокрема відомий пристрій [34] для обрізання кромки товстих листів (рис. 2.6). Недоліком даного рішення є досить складна конструкція ріжучих вузлів, що не сприяє підвищенню надійності всієї машини.

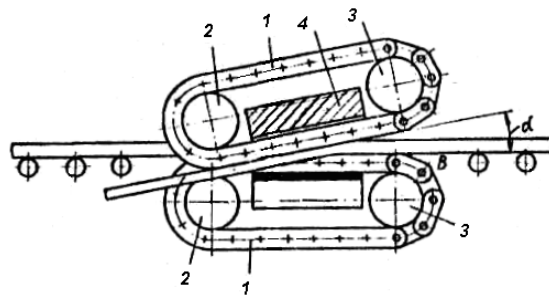
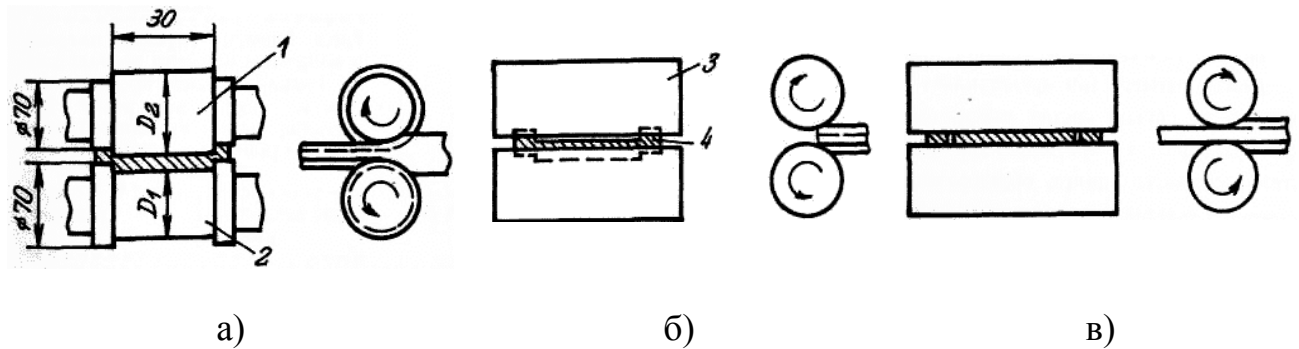


Рисунок 2.6 – Пристрій для обрізання кромки товстих листів:  
1 – ножові пластини; 2 – приводна зубчаста шестерня; 3 – натяжна зубчаста шестерня; 4 – станина

Також існує метод поздовжнього різання в валках [35], що забезпечує отримання поверхні розрізування без задирки (рис. 2.7), що реалізується за дві стадії прямого в валках ступеневої профілю та зворотного в валках з гладкою бочкою осаджування. До недоліків такого способу різання, в першу чергу, слід віднести обмеженість по сортаменту листів, що розрізають в силу

застосування валка-пуансона, а також наявність двох пар валкових вузлів, що в свою чергу ускладнює конструкцію.



1 – валок-пуансон; 2 – валок-матриця; 3 – гладкий валок; 4 – розрізуваний метал

Рисунок 2.7 – Принципова схема методу поздовжнього різання без задирки: а – перша стадія; б – початок другої стадії; в – кінець другої стадії

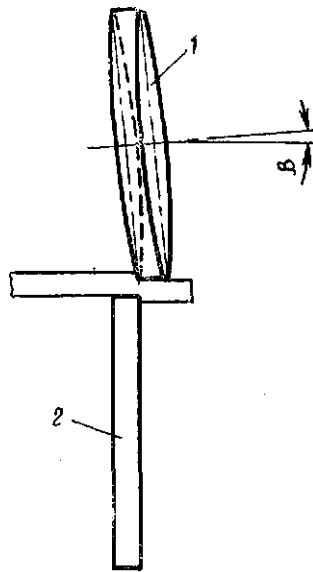
Ще один спосіб різання товстолистого гарячекатаного матеріалу [36], передбачає його охолодження до температури фазових перетворень з подальшим обрізанням бічних кромки. Вочевидь, що складністю даного способу є необхідність жорсткого контролю температури, що вимагає більш високої організації процесу різання.

В силу зазначених вище причин дані рішення [34-36] не знайшли широкого поширення.

Іншим напрямком щодо підвищення якості готового листа є удосконалення дискових ножиць, що також сприяє підвищенню експлуатаційної надійності та розширенню технологічних можливостей [37-41].

Зокрема відомі дискові ножиці [37] для різання матеріалу, переважно товстолистого, що містять ріжучі диски, вісь одного з яких паралельна площині листа, а вісь іншого розташована до осі першого диска під кутом, в площині, паралельній площині листа, в яких з метою зниження зусиль різання і поліпшення якості різку, кут нахилу осі диска в площині, паралельній площині листа, становить  $0,1 \dots 5^\circ$ , крім того, вісь цього диска нахилена щодо

осі першого диска в площині, перпендикулярній площині листа під кутом  $2...15^\circ$  (рис. 2.8).



1 – верхній ніж; 2 – нижній ніж

Рисунок 2.8 – Дискові ножиці

Ще відомі дискові ножиці [38], які містять дискові різальні ножі, при цьому нижній дисковий ніж має циліндричну форму, а верхній дисковий ніж, з метою зменшення зусилля різання та розширення технологічних можливостей ножиць, має в середній частині ножа проточку, виконану з можливістю утворення конструктивного елемента у вигляді прямокутної трапеції, яка в основі, що контактує з матеріалом, має ширину  $b = (0,1 \div 0,4) \cdot H$ , де  $H$  – товщина матеріалу, який розрізають, висоту  $h = (1 \div 2)b$ , кут нахилу бічної сторони до основи, що контактує з матеріалом, у внутрішній частині ножа  $\lambda = 90 \div 130^\circ$  (рис. 2.9).

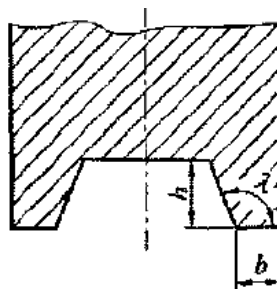


Рисунок 2.9 – Форма пропонованого конструктивного елемента

Існують також ножиці дискові з подавальними роликами [39], що включають встановлені на фундаментній рамі одна проти одної дві станини, одна з яких жорстко прикріплена до рами, а друга станина з'єднана із приводом горизонтального переміщення відносно фундаментної рами, два комплекти центрувальних роликів, кожний з яких прикріплений до бічної поверхні станини, і дві пари подавальних роликів, встановлених біля бічних поверхонь станин, протилежних поверхням прикріплення комплектів центрувальних роликів, одна з яких, що встановлена з боку приводної станини, зчленована з приводом її горизонтального переміщення, що дозволяє підвищити надійність центрування листів під час різання (рис. 2.10).

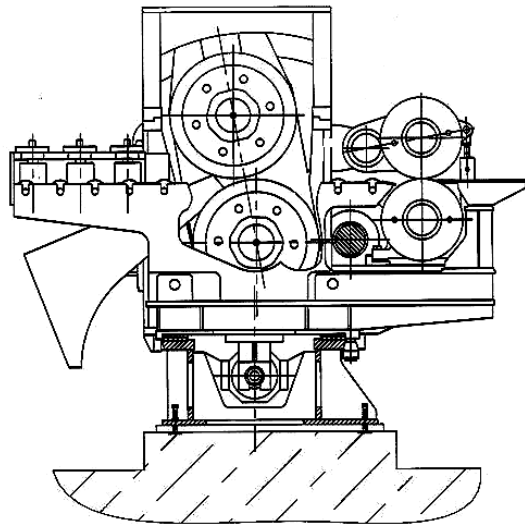
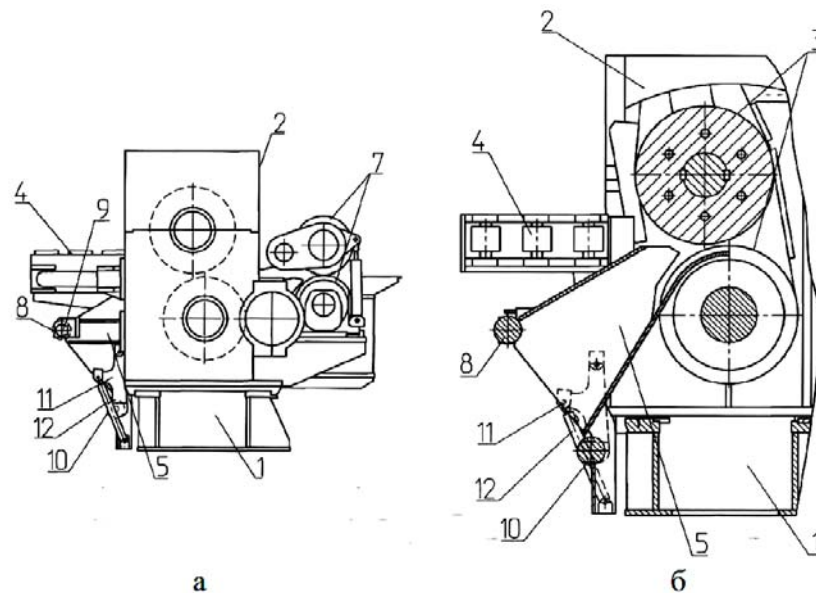


Рисунок 2.10 – Ножиці дискові з подавальними роликами

Відомі ножиці дискові [40], до складу яких входять встановлені на фундаментній рамі навпроти одна одної дві станини з ріжучими вузлами, одна з яких жорстко зчленована з рамою, а друга станина встановлена з можливістю горизонтального переміщення від привода, два комплекти вертикально встановлених центрувальних роликів, кожен з яких прикріплений до бічної поверхні станини, і дві відвідні проводки для обрізи з бічними стінками, кожна з яких прикріплена до торцевої частини станини нижче рівня центрувальних роликів, в яких з метою зменшення опору руху відрізуваною кромки та виключення її забурювання встановлено два приводних вузли відхиляючих ро-

ликів, кожен з яких встановлений біля виходу відвідних проводок для обрізання і виконаний у вигляді встановлених один над одним горизонтально розміщених роликів, при цьому верхній ролик кожної пари зчленований із приводом обертання, а його опори розміщені на бічних стінках проводки для обрізи, крім того, опори нижнього ролика кожної пари зчленовані з кінцями двоплечих важелів, встановлених із двох боків від бічних стінок проводки для обрізи, а вільні кінці двоплечих важелів кожного вузла відхиляючих роликів шарнірно зчленовані з бічними стінками проводки для обрізи і, щонайменше, один із двоплечих важелів кожного вузла відхиляючих роликів шарнірно зчленований із приводом відхилення, шарнірно прикріпленим до нижньої частини проводки для обрізи (рис. 2.11).



1 – фундамента рама; 2 – станина; 3 – дискові ножі; 4 – центрувальні ролики; 5 – відвідна проводка; 6 – роликів проводка; 7 – подавальні ролики; 8 – верхні відхиляючі ролики; 9 – привод обертання; 10 – нижні відхиляючі ролики; 11 – двоплечі важелі; 12 – привод відхилення

Рисунок 2.11 – Загальний вид ножиць дискових

Крім того, відомі дискові ножиці [41], містять верхні 1 і нижні 2 ріжучі дискові ножі, при цьому, задля розширення сортаменту розрізуваних листів,

число пар ножів уздовж відрізуваної кромки більше однієї, а також глибина надрізу і окружна швидкість дисків на кожній парі ножів може бути не однакою (рис. 2.12).

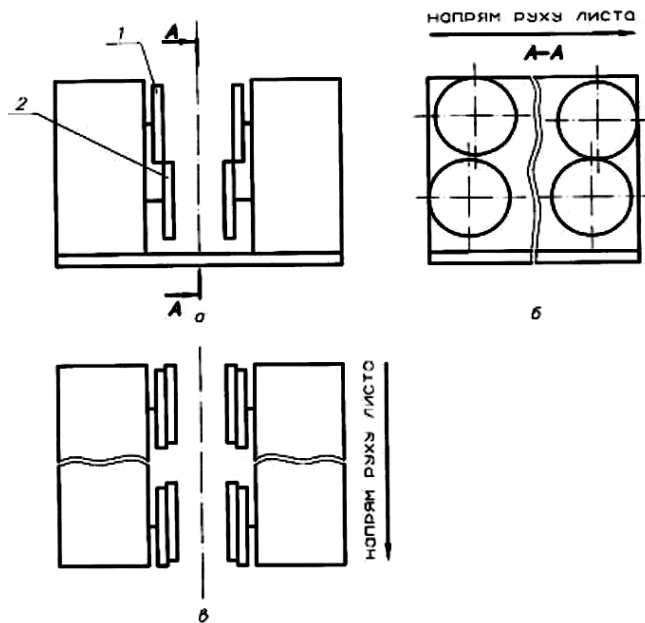


Рисунок 2.12 – Дисккові ножиці

## 2.2 Устаткування дискових ножиць

### 2.2.1 Опис конструкції

Дисккові ножиці (рис. 2.13) складаються з наступних механізмів: двох механізмів різання – правого і лівого; механізму регулювання відстані між ножами для встановлення ширини розрізуваних листів (механізму пересування); механізму повороту обойми; механізму радіальної настройки ножів (регулювання перекриття ножів); механізму осьової настройки ножів (регулювання осьового зазору між ножами).

На станинах ножиць змонтовані також проводки, забезпечені рухомими верхніми і нижніми клинами, необхідними для вирівнювання і правильного задання кромки, що обрізають, між барабанами кромкоподрібнювальних ножиць.

Для запобігання відгинанню листа при різанні, вісь верхнього стакану зміщена від вертикалі, що проходить через вісь нижнього стакану на 160 мм.

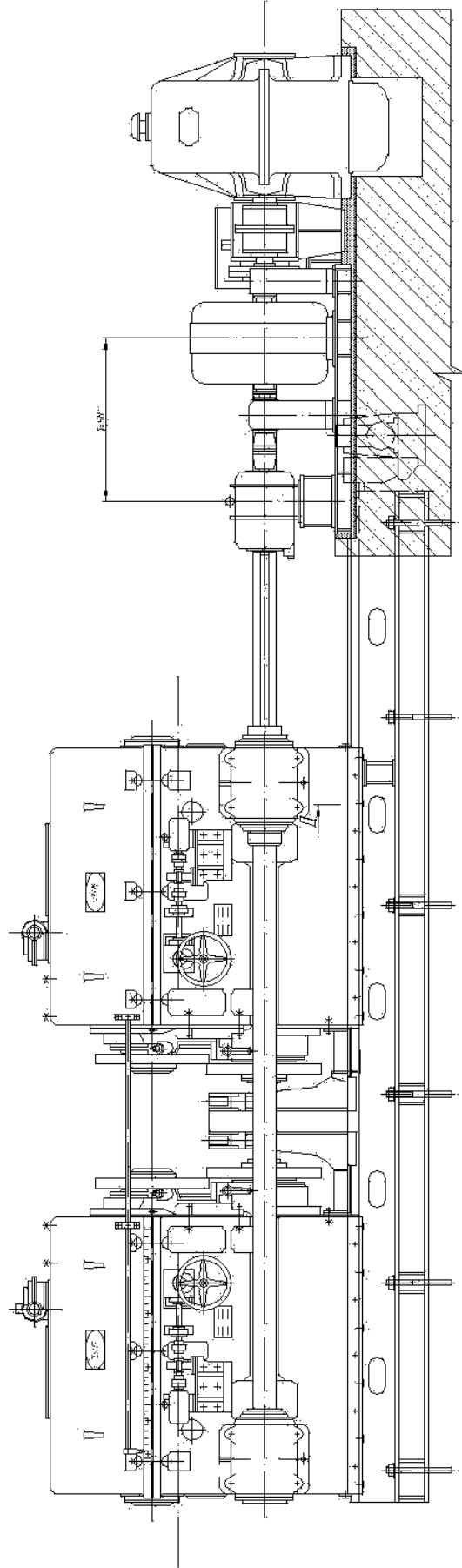


Рисунок 2.13 – Загальний вид ножиць дискових



Для безаварійної експлуатації дискових і кромкоподрібнювальних ножиць застосовуються системи блокування:

- для виключення пересування дискових і кромкоподрібнювальних ножиць;
- для обмеження кута повороту стаканів ріжучих механізмів дискових ножиць;
- для аварійного відключення дискових і кромкоподрібнювальних ножиць при перевантаженні.

### 2.2.2 Технічні характеристики

Технічні характеристики представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики дискових ножиць

№	Найменування характеристики	Од. вим.	Величина
1.	Товщина холодного листа, що ріжеться, при тимчасовому опорі розриву: $\sigma_v \leq 0,5 \text{ кН/мм}^2$ $\sigma_v \leq 0,8 \text{ кН/мм}^2$	мм	6 – 30
		мм	6 – 25
2.	Товщина листа, що ріжеться, в гарячому стані	мм	40
3.	Мінімальна ширина листів.	мм	1100
4.	Максимальна ширина листів.	мм	2600
5.	Максимальна ширина кромки, що обрізається.	мм	180
6.	Швидкість різання при номінальному діаметрі ножів.	м/с	0,415
7.	Діаметр ножів.	мм	1000
8.	Допустиме переточування ножів по діаметру.	мм	80
9.	Зазор між дисковими ножами при листі завтовшки: 6 – 10 мм; 11 – 25 мм.	мм	0,1
		мм	0,2
10.	Осьове перекриття ножів.	мм	3 – 5

### **2.3 Напрямки підвищення експлуатаційних характеристик обладнання поздовжнього різання кромок товстолистових розкатів**

Спираючись на проведений вище аналіз можна констатувати, що для підвищення експлуатаційних характеристик обладнання поздовжнього різання кромок товстолистових розкатів існують наступні напрямки:

- використання ножиць інших за принципом дії та конструкцією;
- удосконалення процесу різання дисковими ножами та конструкції ножиць;
- розробка технічних рішень щодо нової більш ефективної конструкції дискових ножиць.

Що стосується використання ножиць інших за принципом дії та конструкцією, то як зазначалося в п. 2.1.1 з точки зору швидкості реалізації процесу різання найбільш ефективними є дискові ножиці, оскільки здатні забезпечити найбільшу швидкість різання, тим самим не обмежуючи можливості інтенсифікації виробничого процесу стану в цілому.

Другий напрямок може бути реалізований за рахунок реалізації процесу різання дисковими ножами в гарячому стані, а також завдяки використанню ножів з профільованим диском.

Проте найбільш ефективним здається третій напрямок, котрий дозволить задовільнити всі необхідні вимоги щодо підвищення експлуатаційних характеристик обладнання.

### **2.4 Аналіз застосування процесу гарячого різання на дискових ножицях існуючої конструкції**

Як було показано в роботі [11], класичні методики розрахунку [7-10, 15-17] енергосилових параметрів процесу різання товстолистових розкатів дисковими ножами за умови нахилу осі дисків ножів не спроможні надати адекватних результатів. Саме тому в роботі [11] була розроблена одновимірна математична модель процесу різання дисковими ножами, в основу якої було

покладено чисельне рекурентне рішення скінчено-різницевої форми статичної рівноваги за визначенням геометричних характеристик і енергосилових параметрів в рамках кожного окремо виділеного елементарного об'єму осередку різання.

Нижче наведено результати розрахунку відповідно до зазначеної методики за умов наступних вхідних даних:

- швидкість різання  $V_P = 0,35 \text{ м / с}$ ;
- товщина листа  $h = 40 \text{ мм}$ ;
- температура різання  $T = 700^\circ\text{C}$ ;
- ширина відрізуваної кромки  $b = 50 \text{ мм}$ ;
- I група марок сталей за таблицею 1.2.

Перевірочний розрахунок, що наведений нижче, було виконано з метою перевірки результатів автоматизованого розрахунку, що виконувались програмними засобами представленими в додатку А. В рамках перевірконого розрахунку виконували розбиття осередку різання на 4-ри елементарні об'єми. А уточнені результати отримували за умови збільшення чисельності елементарних об'ємів.

#### 2.4.1 Розрахунок потужності приводу механізму різання

##### 2.4.1.1 Розрахунок геометричних параметрів осередку різання

Відстань між вхідним перетином  $AB$  і вертикальною віссю верхнього диска  $l_n$  (рис. 2.14, а):

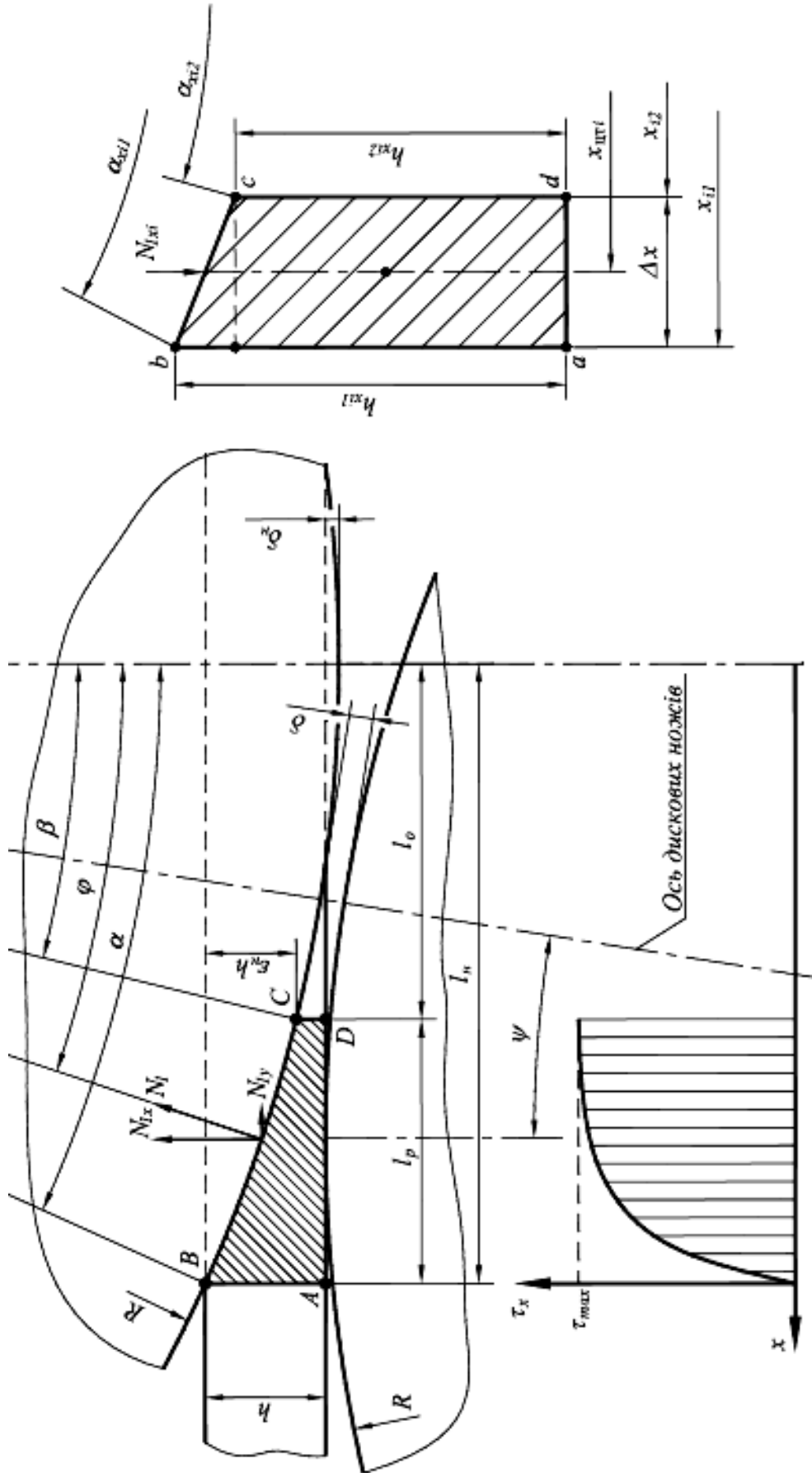
$$l_n = \sqrt{R^2 - (R - h - \delta_n)^2} = \sqrt{500^2 - (500 - 40 - 4,41)^2} = 206,005 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

де  $R = 500 \text{ мм}$  – радіус дискових ножів;

$h = 40 \text{ мм}$  – товщина листа;

$\delta_n$  – величина перекриття дисків у вертикальній площині:

$$\delta_n = 2R - (2R + \delta) \cos \psi = 2 \cdot 500 - (2 \cdot 500 + 8) \cos 9^\circ = 4,41 \text{ мм}, \quad (2.2)$$



а) б)

Рисунок 2.14 – Розрахункова схема осередку деформації (а) і виділеного елементарного об'єму (б) при різанні ДИСКОВИМИ НОЖАМИ ТОВСТОГО ЛИСТА

де  $\delta = 0,2 \cdot h = 0,2 \cdot 40 = 8$  мм – величина зазору між дисками в площині по осі ножів, яка нахилена під кутом  $\psi = 9^\circ$ .

Аналогічно може бути визначена відстань між перетином відриву  $CD$  і вертикальною віссю верхнього диска:

$$l_o = \sqrt{R^2 - (R - h_0 - \delta_n)^2} = \sqrt{500^2 - (500 - 11,2 - 4,41)^2} = 123,962 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де  $h_0$  – товщина листа в перетині відриву:

$$h_0 = h(1 - \varepsilon_n) = 40 \cdot (1 - 0,72) = 11,2 \text{ мм}, \quad (2.4)$$

де  $\varepsilon_n$  – відносна величина надрізу до відриву, величина якого для випадку гарячого різання визначається виразом:

$$\varepsilon_n = 0,3 + 0,7 \frac{T - 400}{500} = 0,3 + 0,7 \frac{700 - 400}{500} = 0,72. \quad (2.5)$$

Протяжність власне осередку різання з урахуванням (2.1)–(2.5):

$$l_p = l_n - l_o = 206,005 - 123,962 = 82,043 \text{ мм}. \quad (2.6)$$

Значення кутів захоплення  $\alpha$  і відриву  $\beta$  для верхнього дискового ножа:

$$\alpha = \arcsin(l_n/R) = \arcsin(206,005/500) = 24,331^\circ, \quad (2.7)$$

$$\beta = \arcsin(l_o/R) = \arcsin(123,962/500) = 14,355^\circ. \quad (2.8)$$

З метою подальшого рішення виконаємо розбиття всієї протяжності осередку різання  $l_p$  на кінцеву множину  $K_R$  елементарних об'ємів  $abcd$ , що мають порядкові номери  $i = 1 \dots K_R$ . У відповідність з логікою вказаного розбиття протяжність кожного елементарного об'єму (рис. 2.14 б) складе:

$$\Delta x = l_p / K_R = 82,043 / 4 = 20,511 \text{ мм}. \quad (2.9)$$

Геометричні координати почала  $x_{11}$  і кінця  $x_{12}$  першого виділеного об'єму:

$$x_{11} = l_n = 206,005 \text{ мм}, \quad (2.10)$$

$$x_{12} = x_{11} - \Delta x = 206,005 - 20,511 = 185,494 \text{ мм}. \quad (2.11)$$

Аналогічно (2.10)–(2.11) отримуємо значення для решти виділених об'ємів:

$$\begin{aligned} x_{21} &= 185,494 \text{ мм}; & x_{22} &= 164,983 \text{ мм}; \\ x_{31} &= 164,983 \text{ мм}; & x_{32} &= 144,472 \text{ мм}; \\ x_{41} &= 144,472 \text{ мм}; & x_{42} &= 123,962 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Товщина смуги для початкового  $h_{x11}$  і кінцевого  $h_{x12}$  граничних перетинів першого елементарного об'єму осередку різання (рис. 2.14 б):

$$h_{x11} = R(1 - \cos \alpha_{x11}) - \delta_n = 500(1 - \cos 24,33^\circ) - 4,41 = 40 \text{ мм}; \quad (2.12)$$

$$h_{x12} = R(1 - \cos \alpha_{x12}) - \delta_n = 500(1 - \cos 21,777^\circ) - 4,41 = 31,271 \text{ мм}, \quad (2.13)$$

де  $\alpha_{x11}$  і  $\alpha_{x12}$  – поточне по довжині осередку різання значення кутів контакту для відповідно початкового і кінцевого граничних перетинів першого елементарного об'єму:

$$\alpha_{x11} = \arcsin(x_{11}/R) = \arcsin(206,005/500) = 24,33^\circ; \quad (2.14)$$

$$\alpha_{x12} = \arcsin(x_{12}/R) = \arcsin(185,494/500) = 21,777^\circ. \quad (2.15)$$

Аналогічно (2.12)–(2.15) отримуємо значення для решти виділених об'ємів:

$$\begin{aligned} h_{x21} &= 31,271 \text{ мм}; & h_{x22} &= 23,594 \text{ мм}; & \alpha_{x21} &= 21,777^\circ; & \alpha_{x22} &= 19,267^\circ; \\ h_{x31} &= 23,594 \text{ мм}; & h_{x32} &= 16,917 \text{ мм}; & \alpha_{x31} &= 19,267^\circ; & \alpha_{x32} &= 16,795^\circ; \\ h_{x41} &= 16,917 \text{ мм}; & h_{x42} &= 11,200 \text{ мм}; & \alpha_{x41} &= 16,795^\circ; & \alpha_{x42} &= 14,355^\circ. \end{aligned}$$

Площа першого елементарного об'єму  $F_{x1} = F_{abcdi}$ , може бути визначена як:

$$F_{x1} = \frac{h_{x11} + h_{x12}}{2} \Delta x = \frac{40 + 31,271}{2} \cdot 20,511 = 730,92 \text{ мм}^2. \quad (2.16)$$

Для решти виділених об'ємів, згідно з (2.16):

$$F_{x2} = 562,668 \text{ мм}^2; \quad F_{x3} = 415,461 \text{ мм}^2; \quad F_{x4} = 288,354 \text{ мм}^2.$$

### 2.4.1.2 Розрахунок енергосилових параметрів осередку різання

Елементарна вертикальна складова сили різання, що діє в рамках першого елементарного об'єму:

$$N_{1y1}^p = \tau_{x1} F_{x1} = 52,431 \cdot 730,92 = 38,323 \text{ кН}, \quad (2.17)$$

де  $\tau_{x1}$  – поточне значення опора різанню:

$$\begin{aligned} \tau_{x1} &= \tau_{\max} \left( \frac{l_H - 0,5(x_{i1} + x_{i2})}{l_H - l_o} \right)^{0,35} = \\ &= 101,485 \left( \frac{206,005 - 0,5(206,005 + 185,494)}{82,043} \right)^{0,35} = 52,431 \text{ МПа}, \end{aligned} \quad (2.18)$$

де  $\tau_{\max}$  – максимальний опір різанню:

$$\tau_{\max} = \frac{1,9035 \sigma_b}{2,35 - 1,35 \varepsilon_H} = \frac{1,9035 \cdot 73,468}{2,35 - 1,35 \cdot 0,72} = 101,485 \text{ МПа}, \quad (2.19)$$

де  $\sigma_b$  – межа міцності матеріалу листа, котру можна визначити з представленої нижче аналітичної апроксимації, коефіцієнти регресії до якої приведені таблиці 2.2:

$$\begin{aligned} \sigma_b &= a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 = \\ &= -542,92 + 10,308 \cdot 700 - 31,608 \cdot 10^{-3} \cdot 700^2 + \\ &+ 35,394 \cdot 10^{-6} \cdot 700^3 - 13,542 \cdot 10^{-9} \cdot 700^4 = 73,468 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (2.20)$$

Вертикальна складова сили вигину відрізуваної кромки в рамках першого елементарного об'єму:

$$\begin{aligned} N_{1y1}^u &= N_{1y1}^p \cdot z_1 \frac{2h^2}{(l_H - l_o)(h_{x11} + h_{x12})} = \\ &= 38,323 \cdot 0,238 \frac{2 \cdot 40^2}{(206,005 - 123,962)(40 + 31,271)} = 2,496 \text{ кН}, \end{aligned} \quad (2.21)$$

де  $z_1$  – коефіцієнт, залежний від відносної ширини відрізуваної кромки  $a/h$  дану залежність можна представити у вигляді відповідної апроксимації:

$$\begin{aligned}
 z_1 &= -0,0368 + 0,388a/h - 0,199(a/h)^2 + 0,0643(a/h)^3 - \\
 &\quad - 0,0114(a/h)^4 + 0,00102(a/h)^5 - 3,62 \cdot 10^{-5}(a/h)^6 = \\
 &= -0,0368 + 0,388 \cdot 50/40 - 0,199(50/40)^2 + 0,0643(50/40)^3 - \\
 &\quad - 0,0114(50/40)^4 + 0,00102(50/40)^5 - 3,62 \cdot 10^{-5}(50/40)^6 = 0,238.
 \end{aligned}
 \tag{2.22}$$

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти регресії апроксимуючого рівняння (2.20) для визначення межі міцності матеріалу [11]

Марка сталі	Коефіцієнти регресії				
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
Ст 0-4; 08-20; 15К; 20К; St37-2; St37-3; St44-2; S235; S275; Л-36; А283С; А285С; судова сталь категорій А, В, D, E – всіх регістрів, ABS і A131	-542,92	10,308	$-31,608 \cdot 10^{-3}$	$35,394 \cdot 10^{-6}$	$-13,542 \cdot 10^{-9}$
Ст5-6; Ст25-30; 15Г-30Г; 09Г2С; 17ГС; 10Г2С1Д; 15ХСНД; 10ХСНД; А40S; Д40S; Е40S; St52-3; S355; 43А; 50В; А516-70; А 572; судова сталь категорії А- Е32; А-Е36, А-Е40 – всіх регістрів і ABS; штрипси категорії міцності К-50; К-52; Х65	-2455,1	23,259	$-63,299 \cdot 10^{-3}$	$69,398 \cdot 10^{-6}$	$-27,083 \cdot 10^{-9}$
Ст 30-45; Ст 30Г-40Г; Ст 30Г2; 35Г2; штрипси кате- горії міцності К-55; К-60; Х70	-1015,6	16,589	$-50,618 \cdot 10^{-3}$	$57,824 \cdot 10^{-6}$	$-22,917 \cdot 10^{-9}$
Ст 50-70; 50Г2; 50Г-65Г; 70Г; 40Г2; штрипси катего- рії міцності Х80	-150,6	8,3956	$-22,472 \cdot 10^{-3}$	$18,796 \cdot 10^{-6}$	$-4,1667 \cdot 10^{-9}$

Повна сила різання верхнім ножом в рамках першого елементарного об'єму:



$$N_{11} = N_{1y1} / \cos(\alpha_1) = 40,819 / \cos(23,054^\circ) = 44,359 \text{ кН}, \quad (2.23)$$

де  $N_{1y1}$  – повна вертикальна складова сили різання верхнім ножом в рамках першого елементарного об'єму:

$$N_{1y1} = N_{1y}^p + N_{1y}^u = 38,323 + 2,496 = 40,819 \text{ кН}, \quad (2.24)$$

$\alpha_1$  – кутова координата середини першого елементарного об'єму:

$$\alpha_1 = (\alpha_{x11} + \alpha_{x12}) / 2 = (24,33^\circ + 21,777^\circ) / 2 = 23,054^\circ. \quad (2.25)$$

Для решти виділених згідно (2.17)–(2.25) об'ємів маємо наступні значення параметрів:

$$\begin{aligned} \tau_{x2} &= 75,920 \text{ МПа}; & \tau_{x3} &= 88,925 \text{ МПа}; & \tau_{x4} &= 97,839 \text{ МПа}; \\ N_{1y2}^p &= 42,717 \text{ кН}; & N_{1y3}^p &= 36,944 \text{ кН}; & N_{1y4}^p &= 28,212 \text{ кН}; \\ N_{1y2}^u &= 3,614 \text{ кН}; & N_{1y3}^u &= 4,233 \text{ кН}; & N_{1y4}^u &= 4,657 \text{ кН}; \\ \alpha_2 &= 20,517^\circ; & \alpha_3 &= 18,026^\circ; & \alpha_4 &= 15,571^\circ; \\ N_{12} &= 49,468 \text{ кН}; & N_{13} &= 43,302 \text{ кН}; & N_{14} &= 34,121 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Повна сила різання нижнім ножом в рамках першого елементарного об'єму:

$$\begin{aligned} N_{21} &= N_{11} \cos(\alpha_1) + N_{11} f_1 \sin(\alpha_1) = 44,359 \cdot \cos(23,054^\circ) + \\ &+ 44,359 \cdot 0,55 \cdot \sin(23,054^\circ) = 50,37 \text{ кН}, \end{aligned} \quad (2.26)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя між верхнім диском і листом:

$$\begin{aligned} f &= k_n k_m k_v (0,5319 - 0,00115T + 1,337 \cdot 10^{-6} T^2) = \\ &1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot (0,5319 - 0,00115 \cdot 700 + 1,337 \cdot 10^{-6} \cdot 700^2) = 0,55, \end{aligned} \quad (2.27)$$

де  $k_n = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні інструменту [11];

$k_m = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує процентний вміст вуглецю в сталі [11];

$k_v = 1$  – коефіцієнт, що враховує швидкість протікання процесу [11].

Для решти виділених об'ємів відповідно до (2.26) маємо наступні значення сили різання нижнім ножом:

$$N_{22} = 55,866 \text{ кН}; \quad N_{23} = 48,546 \text{ кН}; \quad N_{24} = 37,906 \text{ кН}.$$

Визначаємо сумарні сили різання верхнім нижнім ножами:

$$N_1 = \sum_{i=1}^4 N_{1i} = 44,359 + 49,468 + 43,302 + 34,121 = 171,25 \text{ кН}, \quad (2.28)$$

$$N_2 = \sum_{i=1}^4 N_{2i} = 50,37 + 55,866 + 48,546 + 37,906 = 192,688 \text{ кН}, \quad (2.29)$$

Значення моменту різання верхнім ножом залежить від значення нейтрального кута  $\gamma$ , котрий поділяє осередок різання на зону відставання та зону випередження (рис. 2.15). Значення нейтрального кута визначається за формулою:

$$\gamma = \alpha_{K_{R\gamma}} + \frac{(Q + Q_a - Q_r - Q_f)}{2Q_\gamma} (\alpha_{xK_{R\gamma}1} - \alpha_{xK_{R\gamma}2}), \quad (2.30)$$

де  $K_{R\gamma}$  – порядковий номер виділеного об'єму через який проходить нейтральний кут;

$Q, Q_a, Q_r$  – інтегральні значення активних та реактивних сил, що діють в осередку різання та визначаються наступними рівняннями:

$$Q = \sum_{i=1}^{K_R} N_{1i} [-\sin(\alpha_i) + f_2 \cos(\alpha_i)]; \quad (2.31)$$

$$Q_a = \sum_{i=1}^{K_{R\gamma}-1} N_{1i} f_1 [\cos(\alpha_i) + \sin(\alpha_i) f_2]; \quad (2.32)$$

$$Q_r = \sum_{i=K_{R\gamma}+1}^{K_R} N_{1i} f_1 [\cos(\alpha_i) + \sin(\alpha_i) f_2]; \quad (2.33)$$

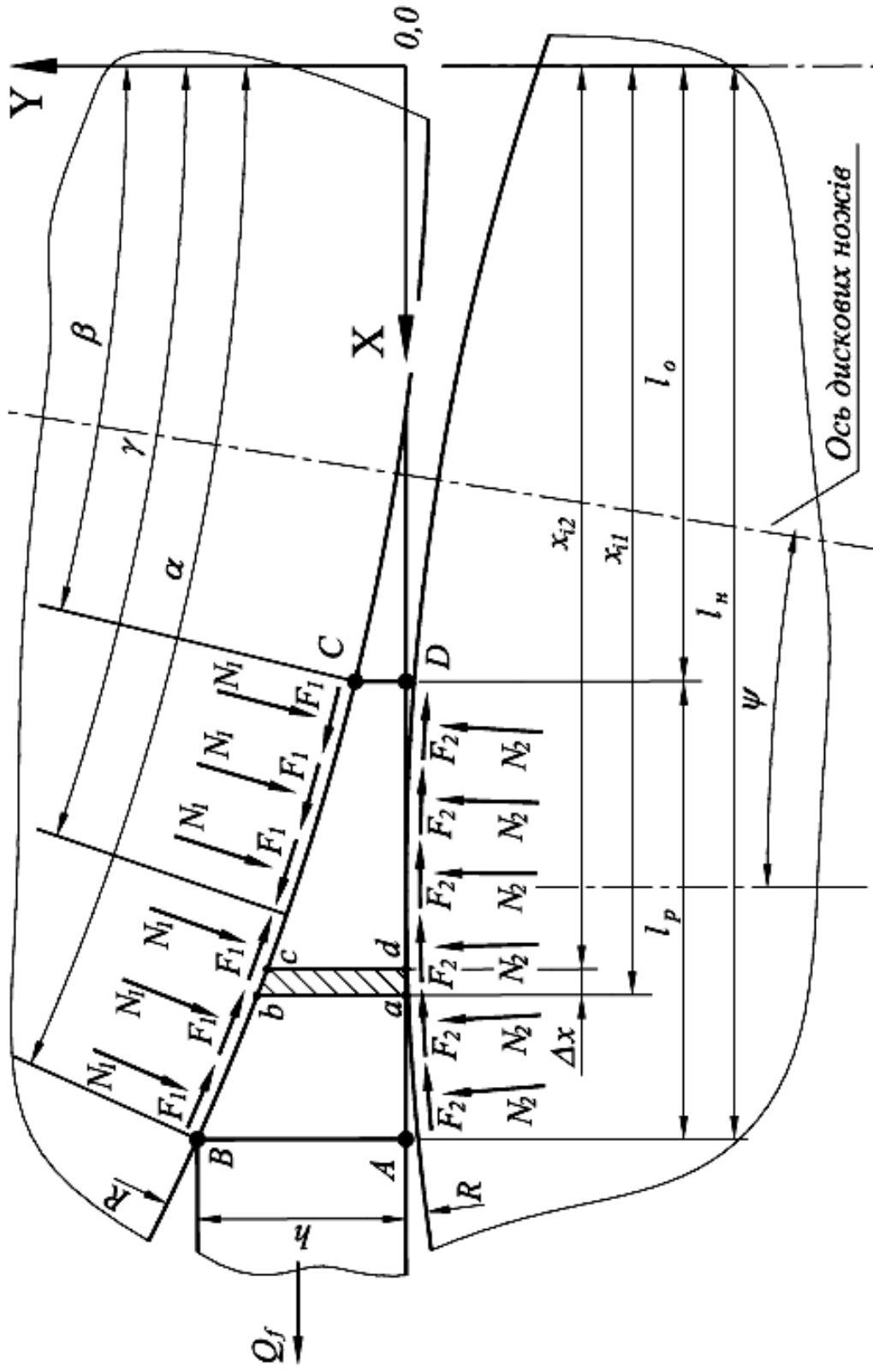


Рисунок 2.15 – Розрахункова схема інтегрального осередку контакту ножів зі смугою

$Q_f$  – сила додаткового зовнішнього опору зумовлена особливостями руху відрізуваної кромки по системі спрямування кромки до кромкоподрібнювачів.

Момент різання верхнім ножом в рамках першого елементарного об'єму:

$$M_{11} = N_{11} \cdot R \cdot f_1 \cdot \text{sign}(\alpha_i - \gamma) = 44,359 \cdot 0,5 \cdot 0,55 \cdot 1 = 12,201 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.34)$$

де  $\text{sign}(\alpha_i - \gamma)$  – функція знаку, що враховує напрям сили тертя, а відповідно і моменту різання, на контактному майданчику виділеного елементарного об'єму і що приймає значення:

$$\text{sign}(\alpha_i - \gamma) = \begin{cases} 1 & (\alpha_i - \gamma) > 0 \\ 0 & \text{при } (\alpha_i - \gamma) = 0 \\ -1 & (\alpha_i - \gamma) < 0 \end{cases} \quad (2.35)$$

де  $\gamma = 19,595^\circ$  – нейтральний кут, значення якого набуто шляхом математичного моделювання, шляхом використання ітераційної процедури за умови сили зовнішнього опору  $Q_f = 0,2N_1$  по методиці викладеній в роботі [11] (додаток А).

Момент різання нижнім ножом в рамках першого елементарного об'єму:

$$M_{21} = N_{21} \cdot R \cdot f_2 \cdot \text{sign}(\alpha_i - \gamma) = 57,37 \cdot 0,5 \cdot 0,55 \cdot 1 = 13,856 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.36)$$

де  $f_2 \approx f_1 = 0,55$  – коефіцієнт тертя між нижнім диском і листом:

Відповідно до методики [11] розраховуємо енергосилові параметри для решти елементарних об'ємів:

$$\begin{aligned} M_{12} &= 10,051 \text{ кН} \cdot \text{м}; & M_{13} &= -11,911 \text{ кН} \cdot \text{м}; & M_{14} &= -9,385 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_{22} &= 14,682 \text{ кН} \cdot \text{м}; & M_{23} &= 9,298 \text{ кН} \cdot \text{м}; & M_{24} &= 7,655 \text{ кН} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

Сумарний момент різання верхнім диском:

$$M_1 = \sum_{i=1}^k M_{1i} = 12,201 + 10,051 - 11,911 - 9,385 = 0,956 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.37)$$

Сумарний момент різання нижнім диском:

$$M_2 = \sum_{i=1}^k M_{2i} = 13,856 + 14,682 + 9,298 + 7,655 = 45,491 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.38)$$

Остаточний сумарний момент різання парою дисків становить:

$$M = M_1 + M_2 = 0,956 + 45,491 = 46,447 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.39)$$

Результати перевірконого розрахунку енергосилових параметрів для всіх 4-х груп марок сталей за умов реалізації процесу аналогічних I-й групі, окрім товщини листа, обмеженої значеннями наведеними в таблиці 1.2, та розбиття осередку різання на 4-ри елементарні об'єми наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати математичного моделювання енергосилових параметрів процесу різання товстих листів однією парою дискових ножів

Параметр	Група марок сталей			
	I	II	III	IV
$N_1, \text{кН}$	171,25	236,078	220,617	284,97
$M_1, \text{кН} \cdot \text{м}$	0,956	-3,847	4,048	11,088
$M_2, \text{кН} \cdot \text{м}$	45,489	67,05	54,255	64,425
$M, \text{кН} \cdot \text{м}$	46,446	63,204	58,304	75,513

За рахунок розбиття осередку різання на 100 елементарних об'ємів в результаті математичного моделювання були отримані уточнені результати, що наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Уточнені результати математичного моделювання енергосилових параметрів процесу різання товстих листів однією парою дискових ножів

Параметр	Група марок сталей			
	I	II	III	IV
$N_1, \text{кН}$	167,467	230,878	215,788	278,733
$M_1, \text{кН} \cdot \text{м}$	0,834	-3,911	3,852	10,697
$M_2, \text{кН} \cdot \text{м}$	44,489	65,617	53,048	63,016
$M, \text{кН} \cdot \text{м}$	45,323	61,708	56,9	73,713

Як можна бачити з таблиці 2.3, найбільші значення енергосилових параметрів процесу мають місце для IV-ї групи. Отже виконаємо перевірочні розрахунки дискових ножиць існуючої конструкції на предмет виявлення резервів обладнання.

#### 2.4.1.3 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна

По паспорту УЗТМ на дискових ножицях було встановлено електродвигун СМ-275-500 потужністю 197 кВт та частотою обертання 500 об/хв.

В силу цілого ряду об'єктивних причин даний електродвигун було замінено на електродвигун постійного току ДП-82 потужністю 106 кВт та частотою обертання 425 об/хв.

Відповідно до кінематичної схеми приводу механізму різання (див. рис. 2.2) електродвигун через зубчасту муфту, редуктор ( $i_p = 23,92$ ), та запобіжну муфту, обертає вал, котрий через ковзаючу шпонку в маточині шестерні, приводить до обертання механізм різання рухомої станіни, а через іншу шестерню механізм різання нерухомої станіни.

Ці шестерні ( $i_{ш} = 2,63$ ) передають обертання шестеренним клітям. Шестеренні кліті, через шпинделі, обертають вали дискових ножів.

Розрахункова потужність двигуна за умови різання двома парами дисків з максимальним моментом різання листів  $M$  IV-ї групи марок сталей (див. табл. 2.4) становить:

$$P = \frac{2M \cdot \omega_{\partial e}}{i_p \cdot i_{ш} \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 73,713 \cdot 44,5}{23,92 \cdot 2,63 \cdot 0,95} = 109,773 \text{ кВт}, \quad (2.40)$$

де  $\eta = 0,95$  – коефіцієнт корисної дії приводу дискових ножиць;

$\omega_{\partial e} = 44,5 \text{ с}^{-1}$  – кутова швидкість.

Отже як можна бачити розрахункова потужність двигуна дещо перебільшує фактичну, проте враховуючи повторно-короткочасний режим роботи ножиць це допустимо, якщо виконуються умови перегрівання двигуна.

### 2.4.2 Розрахунок на міцність лівого верхнього валу

Розрахунок на міцність почнемо з побудови розрахункової схеми нижнього валу з вказівкою всіх навантажень, що діють, і розмірів їх плечей (рис. 2.16).

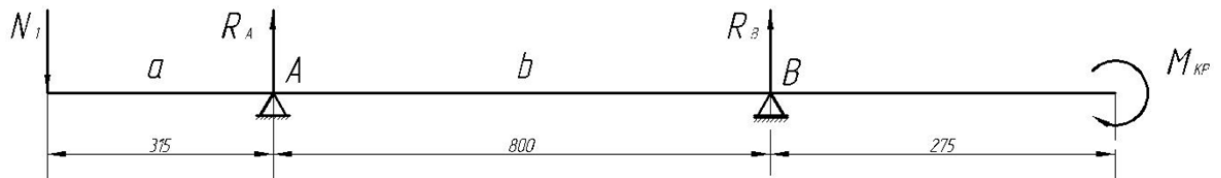


Рисунок 2.16 – Розрахункова схема валу ножового

Реакції в опорах  $A$ ,  $B$ :

$$R_A = \frac{N_1(a+b)}{b} = \frac{278,733(315+800)}{800} = 388,484 \text{ кН}; \quad (2.41)$$

$$R_B = -\frac{N_1 \cdot a}{b} = -\frac{278,733 \cdot 315}{800} = -109,751 \text{ кН}; \quad (2.42)$$

де  $N_1$  – максимальне сумарне зусилля різання верхнім ножом (див. табл. 2.3)

Розрахуємо момент, що вигинає, в точці  $A$ :

$$M_A = N_1 \cdot a = 278,733 \cdot 0,315 = 87,8 \text{ кН}. \quad (2.43)$$

Вочевидь, що перетин валу в точці  $A$  витримує складну деформацію – вигин з крученням. Відповідно мінімальний діаметр валу можна визначити таким чином:

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{np}}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 108,73 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 120}} = 209,76 \text{ мм}, \quad (2.44)$$

де  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$  – допустиме напруження сталі 40Х;

$M_{екв}$  – еквівалентний момент, який по третій теорії міцності можна визначити як:

$$M_{екв} = \sqrt{M_A^2 + M_{KP}^2} = \sqrt{87,8^2 + 63,016^2} = 108,073 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.45)$$

$$d_{\min} = 209,76 \text{ мм} < d = 300 \text{ мм}.$$

Умова міцності виконується.

### 2.4.3 Розрахунок підшипників

В опорах використані роликові радіально-упорні (конічні) дворядні підшипники.

Фактичне радіальне навантаження на підшипники становлять:

$$R_A = 388,484 \text{ кН};$$

$$R_B = 109,751 \text{ кН}.$$

Оскільки частота обертання підшипника незначна проводимо розрахунок по статичній вантажопідйомності:

$$C_A = f_S \cdot R_A = 1,2 \cdot 388,484 = 466,181 \text{ кН}; \quad (2.46)$$

$$C_B = f_S \cdot R_B = 1,2 \cdot 109,751 = 131,701 \text{ кН}, \quad (2.47)$$

де  $f_S$  – коефіцієнт надійності при статичному навантаженні який при високих, нормальних і знижених вимогах до легкості обертання відповідно рівний 2,5; 1,2; 0,8.

Для опори  $A$  використовується роликовий радіально-упорний (конічний) дворядний підшипник, який має наступні параметри:

- зовнішній діаметр  $D = 500 \text{ мм}$ ;
- внутрішній діаметр  $d = 300 \text{ мм}$ ;
- ширина  $T = 180 \text{ мм}$ ;
- статична вантажопідйомність  $C_O = 1300 \text{ кН}$ .

Для опори  $B$  використовується роликовий радіально-упорний (конічний) дворядний підшипник, який має наступні параметри:

- зовнішній діаметр  $D = 320 \text{ мм}$ ;
- внутрішній діаметр  $d = 205 \text{ мм}$ ;
- ширина  $T = 150 \text{ мм}$ ;



- статична вантажопідйомність  $C_O = 1183 \text{ кН}$ .

Вказані значення статичної вантажопідйомності значно більше розрахункового, отже, працездатність для даного режиму навантаження буде забезпечена.

## **2.5 Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційних характеристик дискових ножиць**

Спираючись на отримані вище (див. підрозділ 2.4) результати щодо навантаження дискових ножиць існуючої конструкції слід зазначити що їх технологічні можливості можна розширити за рахунок застосування процесу гарячого різання, проте вони не здатні забезпечити різання всього сортаменту листів, що виробляють на стані 3000.

Таким чином підвищення експлуатаційних характеристик дискових ножиць представляється можливим за рахунок реалізації процесу різання в дві стадії, як це запропоновано у відомому технічному рішенні [41]. При цьому з метою надійної фіксації листа та забезпечення його передавання від першої (допоміжної) до другої (основної) пари дисків, доцільно використовувати з подавальні ролики [39].

Реалізація цього технічного рішення представляється шляхом встановлення на ножиці існуючої конструкції додаткових блоків дисків з подавальними роликами (рис. 2.17), котрі будуть жорстко пов'язані зі станинами.

Привод додаткової пари ножів та подавальних роликів здійснюється від окремого приводу. Зазор між ножами додаткової пари ножів встановлюється з розрахунку максимальної товщини листів, що розрізаються основною парою. Таким чином, виходячи із даних таблиці 1.2, висота недорізаної частини від початкової товщини має становити 34 мм, а відповідно зазор між дисками додаткової пари в горизонтальній площині має становити 34 мм. При цьому цей зазор пропонується залишати постійним (нерегульованим), тобто листи товщиною менше 34 мм будуть різатися тільки основною парою дисків вільно проходячи крізь додаткову.

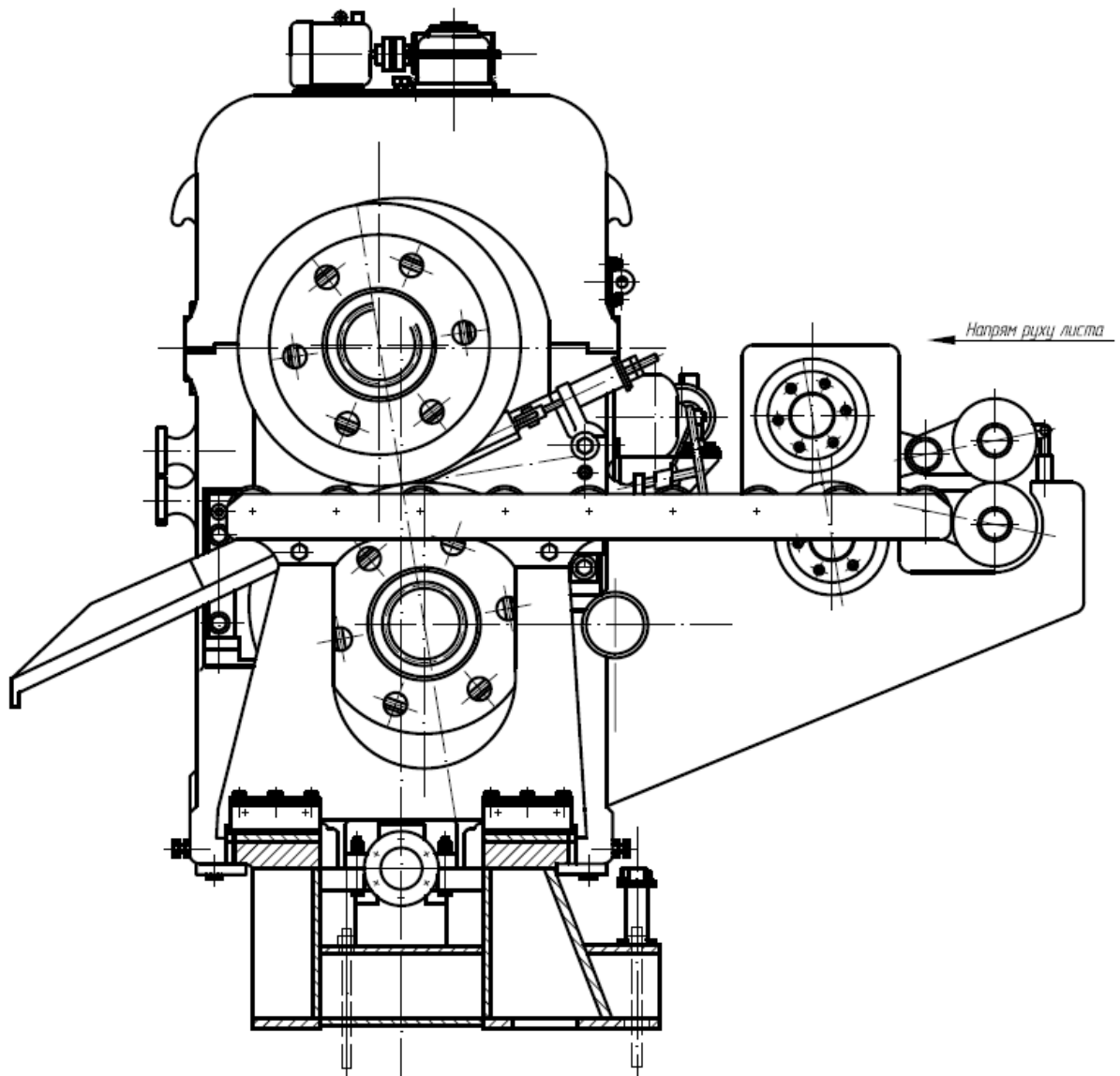


Рисунок 2.17 – Встановлення на ножиці існуючої конструкції додаткових блоків дисків з подавальними роликами

## 2.6 Методика розрахунку енергосилових параметрів та розробка програмних засобів процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях

За основу для дослідження енергосилових параметрів двохстадійної розділової операції була взята одновимірна чисельна математична модель представлена в роботі [11], котра містить чисельне рекурентне рішення скінченорізницевої форми статичної рівноваги по визначенню геометричних характеристик і енергосилових параметрів в рамках кожного окремо виділеного елементарного об'єму осередку різання (див. рис. 2.14, 2.15).

Основними відмінностями в методиці розрахунку процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях є наступне:

- 1) поточне значення опору різанню визначалося із залежності:

$$\tau_{\varepsilon i} = \tau_{\max} \left( \varepsilon_i / \varepsilon_H \right)^{\alpha_\tau} . \quad (2.48)$$

Оскільки, як було показано в роботі [11] це різні представлення однієї залежності (рис. 2.18). Такий підхід при двостадійному різанні зручніший тим, що незалежно від осередку різання відносно проникнення ножів в метал для кожного виділеного елементарного об'єму легко визначити за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{h_{xi1} + h_{xi2}}{2h} . \quad (2.49)$$

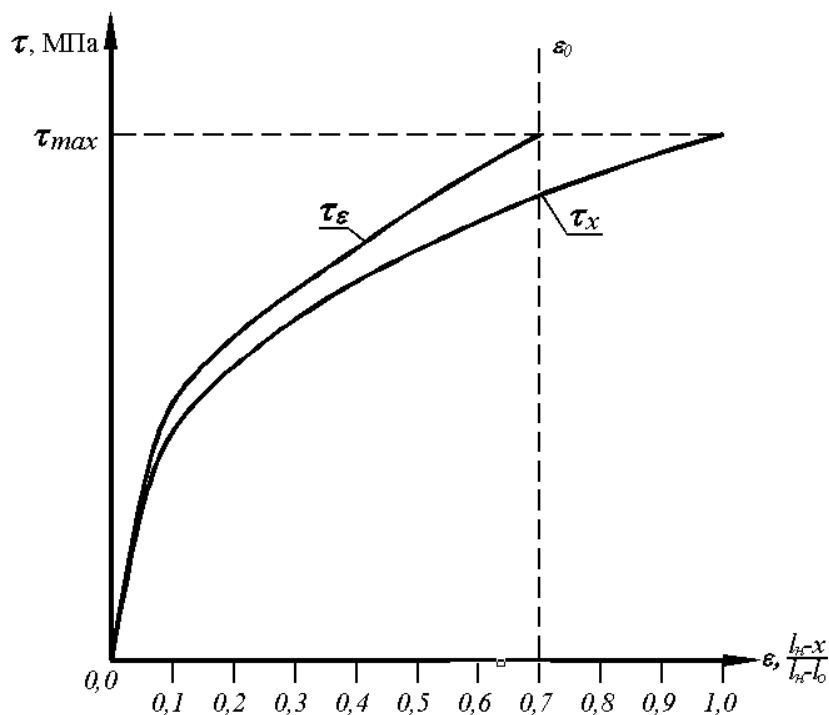


Рисунок 2.18 – Характеристичне представлення аналітичних кривих істинного опору різанню  $\tau_x$  по довжині  $x$  осередку різання і  $\tau_\varepsilon$  від відносного проникнення ножів в метал

- 2) при визначенні нейтрального кута  $\gamma$  виходили з того, що швидкість руху листа співпадає з горизонтальною проекцією окружної швидкості верхнього ножа  $V_l = V_H \cdot \cos \gamma$ .

За таких умов для двох осередків різання маємо наступне (рис. 2.19):

$$V_l = V_{n1} \cdot \cos \gamma_1 = V_{n2} \cdot \cos \gamma_2. \quad (2.50)$$

А оскільки  $V_{n1} = V_{n2}$ , то і  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ .

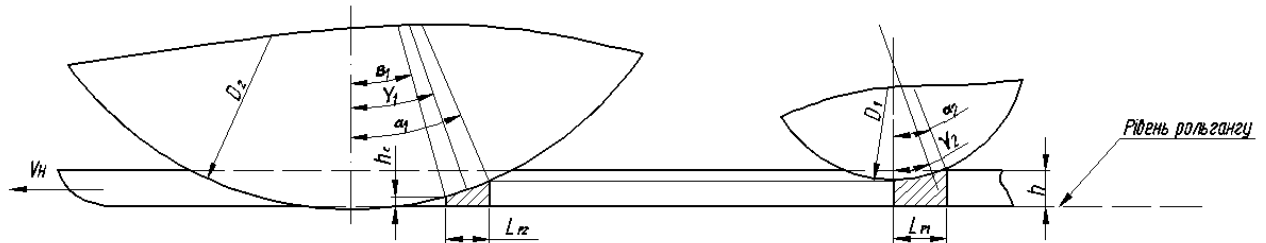


Рисунок 2.19 – Розрахункова схема до визначення нейтрального кута при двостадійному різанні на дискових ножицях

Розробка програмних засобів щодо розрахунку енергосилових параметрів процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях здійснювалася за допомогою програмного комплексу для вирішення завдань технічних обчислень MathLAB, а їх текст представлений в додатку А.

## 2.7 Аналіз результатів моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях

По аналогії з існуючою технологією діаметр дисків ножів основної пари склав  $D_1=920\dots1000$  мм.

Діаметр ножів додаткової пари  $D_2$  приймали однаковим для верхнього і нижнього ножів. В ході обчислень діаметр  $D_2$  варіювали в діапазоні  $250\dots500$  мм з дискретним кроком 50 мм. Товщина листа, що різали, була однаковою для всіх марок сталей і складала 50 мм.

З вказаних в таблиці 1.2 марок сталей для проведення розрахунків були вибрані чотири марки (по одній із кожної групи), властивості яких співпадають з даними пункту 2.4.1. Всі інші параметри реалізації процесу, окрім означених раніше, також співпадали з даними пункту 2.4.1.

Розрахункові розподіли приведених значень сил и моментів, а також потужності різання для чотирьох груп марок сталей за зазначених вище умов, в

залежності від діаметра ножів додаткової пари дисків представлені на рисунках 2.20-2.22.

Як можна бачити на рис. 2.20 зі збільшенням діаметрів дисків додаткової пари спостерігається чітке збільшення сили різання при незначному зменшенні сили згину, як для основної, та і для додаткової пари дисків, що в сумі призводить до зростання сумарної сили на верхній ніж. Наявні ефекти легко пояснити тим, що із збільшенням діаметру диска збільшується довжина осередку різання.

Аналіз залежностей представлених на рис. 2.21 дозволяє констатувати, що збільшення діаметру ножів додаткової пари призводить до збільшення моментів на основній парі ножів, а на додатковій парі маємо майже незмінне значення сумарного моменту. При цьому на додатковій парі ножів простежується стійке зростання моменту різання на нижньому ножі, хоча момент на верхньому ножі є реактивним і зі зростанням діаметру тільки збільшується, що легко пояснити збільшенням зони випередження в осередку різання верхнього ножа додаткової пари.

Аналіз залежності потужності процесу різання від діаметру додаткової пари ножів, що представлені на рис. 2.22 свідчить, що сумарний момент різання додаткової пари дисків зменшується при зростанні діаметру її дисків, що водночас призводить до зростання потужності різання на основній парі дисків. Хоча сумарна потужність процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях змінюється мало.

Узагальнений аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

- 1) проведення розділової операції в дві стадії дисковими ножами дозволяє розширити сортамент листів, що розрізають, за рахунок надрізу листа на товщину достатню для завершення розділової операції основною парою дисків;

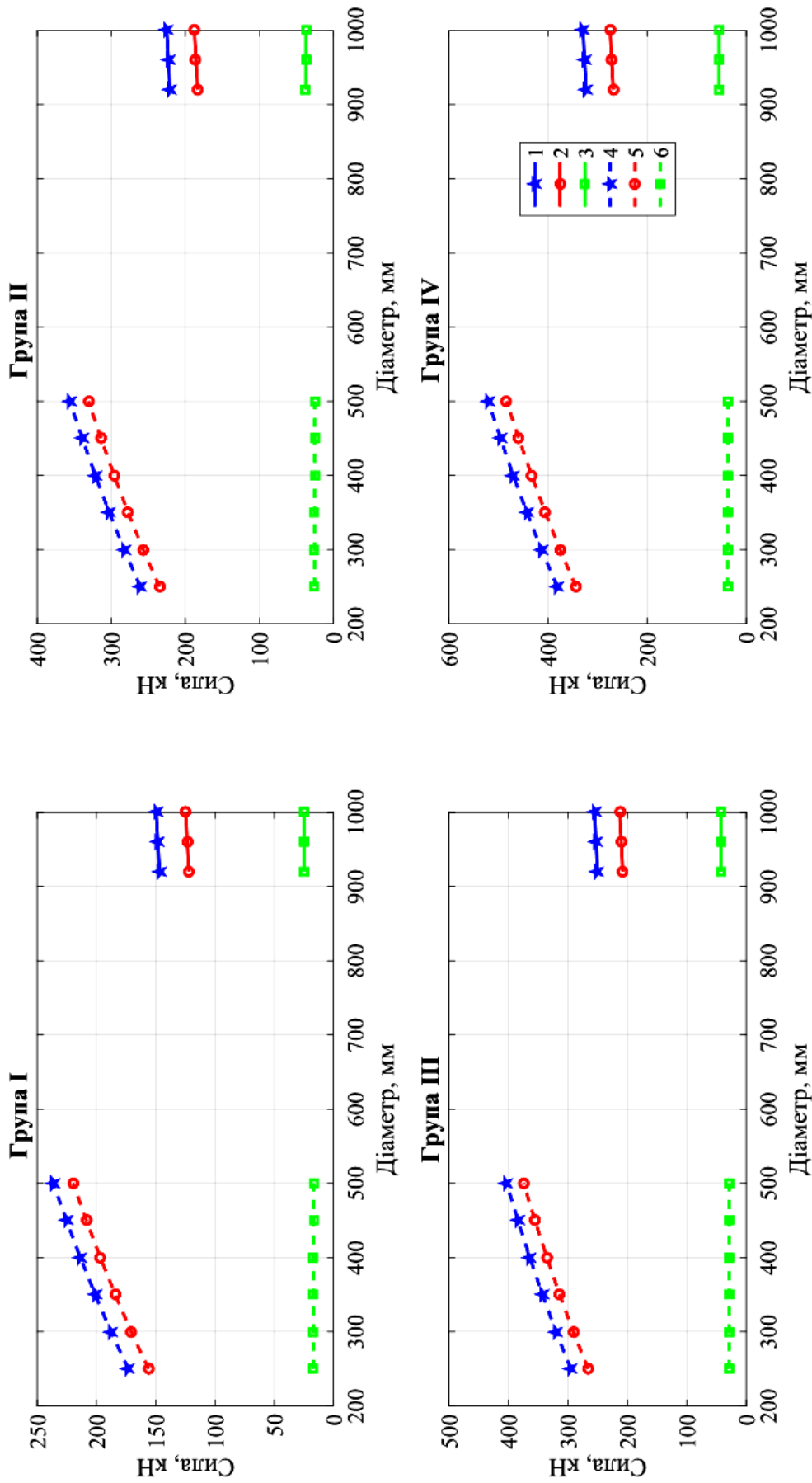


Рисунок 2.20 – Розрахункові залежності сил різання (2,5), згину (3,6) і сумарні (1,4) верхнього ножа за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків

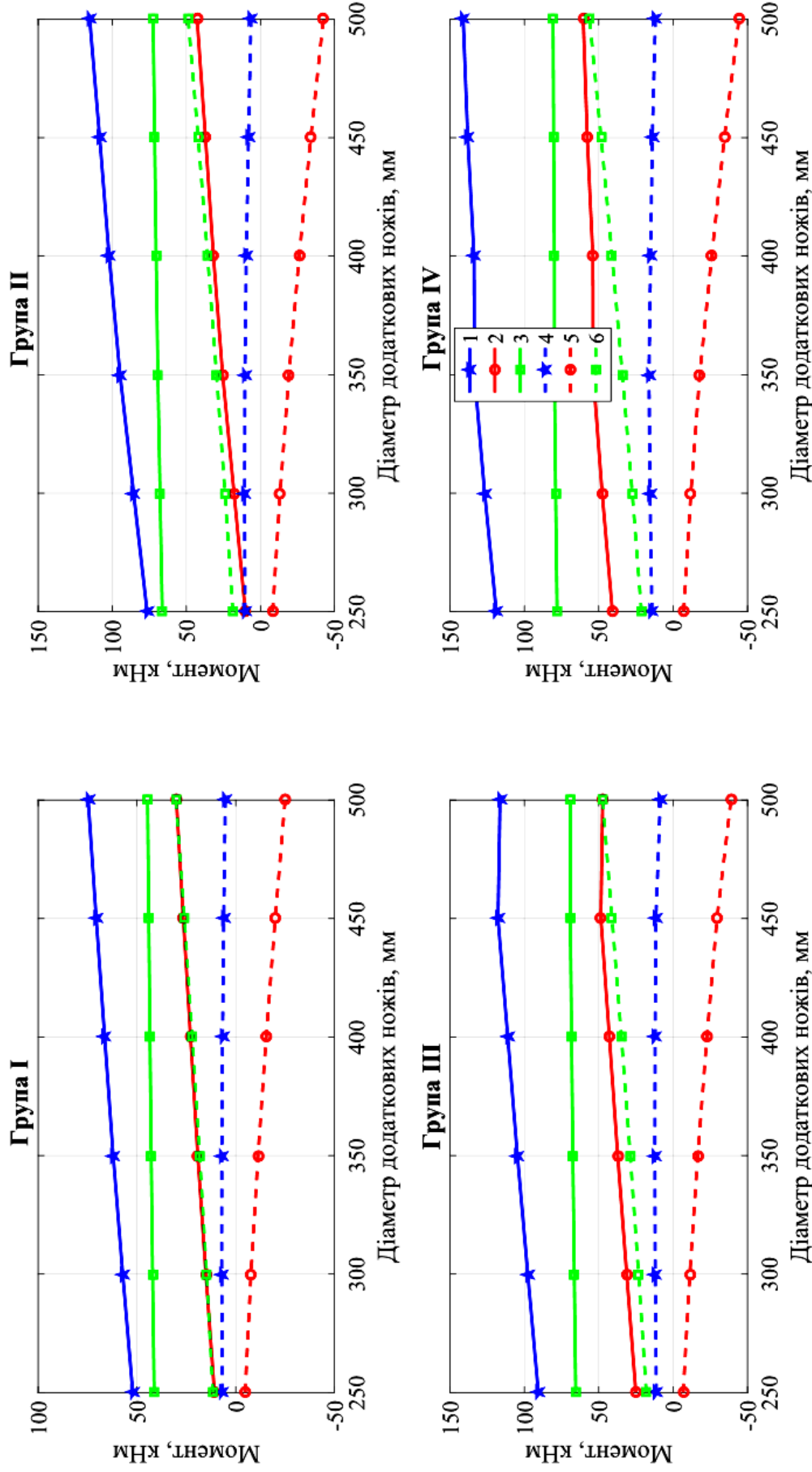


Рисунок 2.21 – Розрахункові залежності моментів різання нижнім (2,5) і верхнім (3,6) ножами та сумарний (1,4) за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях при діаметрі ножів основної пари 1000 мм на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків

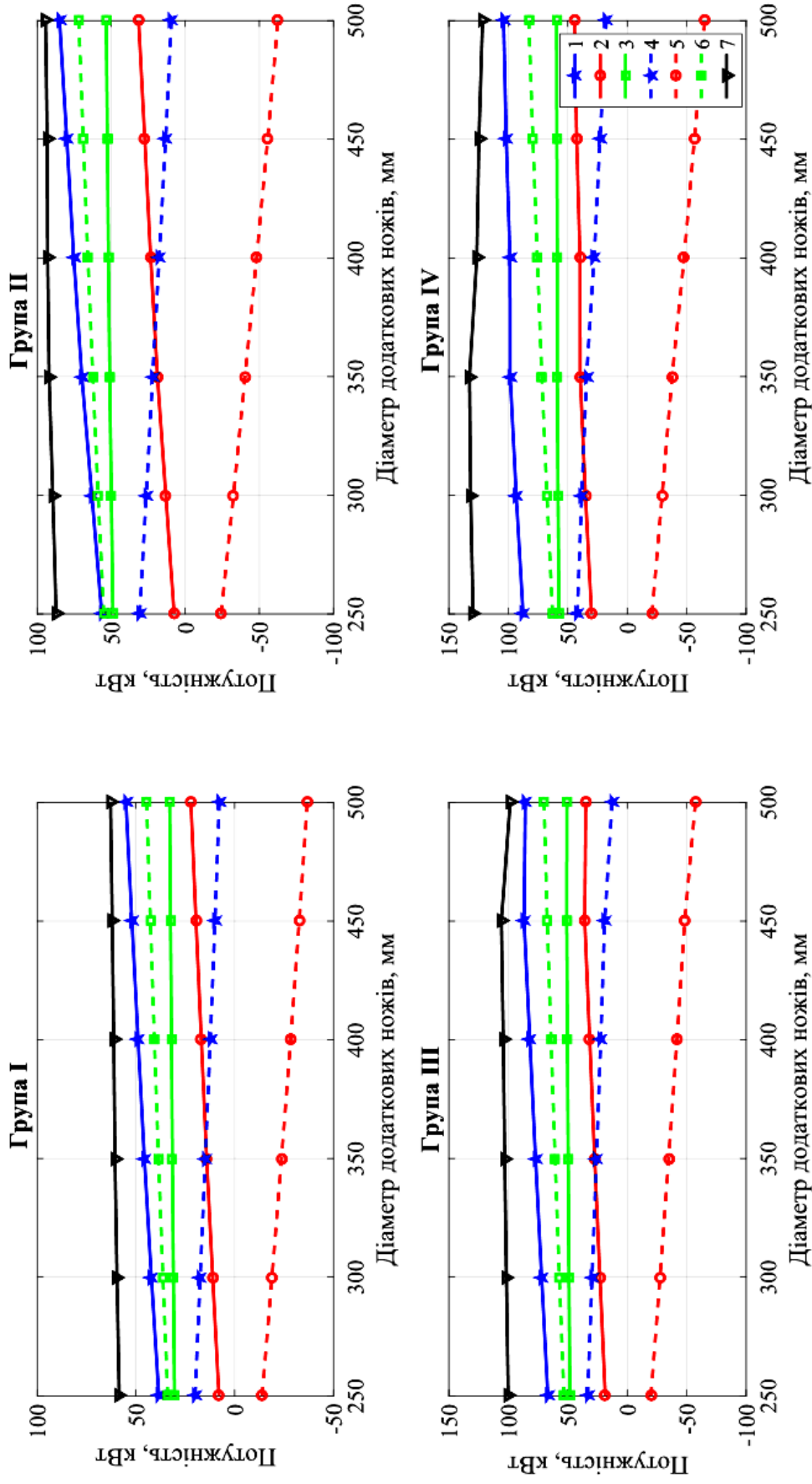


Рисунок 2.22 – Розрахункові залежності потужності різання нижнім (2,5) і верхнім (3,6) ножами та сумарний (1,4) за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножицях при діаметрі ножів основної пари 1000 мм на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків, а також сумарна (7) потужність процесу



2) зменшення діаметру ножів першої пари призводить до зниження інтегральних показників енергосилових параметрів процесу різки дисковими ножами, що дозволяє у свою чергу мінімізувати металоємність конструкції ножиць при гарантуванні граничної товщини листів, що розрізають;

3) для різання гарячих розкатів товщиною 50 мм достатньо встановити додатково одну пару дисків діаметром 250 мм;

4) для прийняття науково обґрунтованих технологічних і конструктивних рішень слід використовувати розроблені програмні засоби.

### 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЗМАЩУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ

#### 3.1 Монтаж дискових ножиць

Розвиток прокатного виробництва йде в напрямку підвищення ступеня безперервності технологічних процесів, збільшення навантажень, швидкостей і точності прокатки, що обумовлює більш широке застосування безперервних станів, насичених великою кількістю механічного, електричного, гідравлічного, змащувального й електронного устаткування.

Сучасні прокатні стани являють собою агрегати великої довжини, що досягає 1000 м і більш. Усе це висуває підвищені вимоги до точності і якості монтажу прокатного устаткування, тому що від цього в значній мірі залежить якість продукції, що випускається, і надійність устаткування в експлуатації. Монтаж технологічного устаткування прокатних цехів зв'язаний з виконанням великого обсягу механомонтажних робіт [42-45].

У залежності від точності встановлення на фундамент прокатне устаткування поділяється на три групи. До першої групи відносяться машини і вузли, що встановлюються в технологічній лінії, пов'язані загальним технологічним процесом і потребують високої точності встановлення для забезпечення нормальної їхньої роботи. До другої групи відносяться машини, що встановлюються в лінії, пов'язані загальним технологічним процесом, але допускають меншу точність встановлення. До третьої групи належить устаткування, що не має приводів і встановлюється у відповідних місцях прокатного стану. Дискові ножиці відносяться до першої монтажної групи [42].

Дискові ножиці з кромкоподрібнювачем на монтажний майданчик поступають в зібраному вигляді. Спочатку встановлюють дискові ножиці, а потім – кромкоподрібнювальні. При вивірянні по висоті за базу приймають роз'єми станини або направляючі, по яких вони переміщаються. Ножиці вивіряють в плані по осях приводних валів або дисків, а щодо осі прокатки - по верхніх дискових ножах. Наступною операцією у монтажі дискових ножиць буде центрування валів.

Під centruванням валів [42-45] розуміється вивірка координат одного вала щодо іншого, прийнятого за базовий. Центрування виконуємо наступним чином: лінійку 1 укладають на базовий вал (рис. 3.1). Плоским щупом 2 вимірюють зазори між валами в радіальному напрямку, а клиновим щупом 3 - в осьовому. Такі виміри роблять у чотирьох місцях, що лежать на двох взаємно перпендикулярних діаметрах. Різниця між осьовими зазорами, що лежать на одному діаметрі, характеризує паралельність валів, а різниця між радіальними зазорами – їхня співвісність.

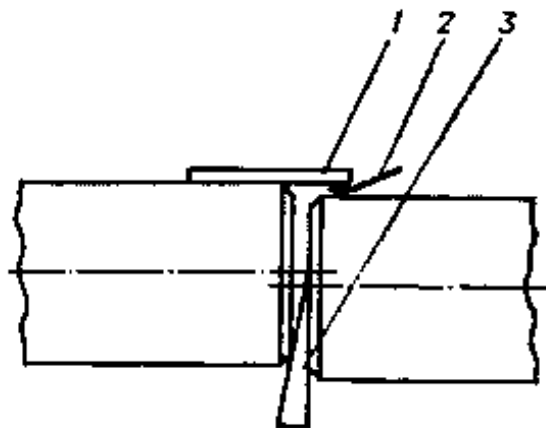


Рисунок 3.1 – Центрування валів

Після центрування валів встановлюють напівмуфти.

Напівмуфти встановлюють на циліндричні кінці валів, їх насаджують по посадці з натягом. Для запобігання провертання напівмуфти на валу використовуємо призматичні шпонки. При монтажі шпонок слід виконувати дві основні вимоги [42,43]:

- фактичний питомий тиск на робочих гранях не повинен перевищувати допустимих значень;
- між не робочими гранями шпонок і відповідними поверхнями пазів повинні бути витримані необхідні зазори.

Якість пригонки шпонок перевіряємо за допомогою щупа. Загальна площа плям фактичних контактів повинна складати не менш 80% площі робочих граней [42,43].

Потім закріплюємо редуктор і робимо обкатку.

Після чого монтуємо електродвигун з наступною вивіркою по висоті і на співвісність швидкохідного валу і валу електродвигуна.

### **3.2 Перелік регламентних робіт і їхня періодичність**

При експлуатації дискових ножиць необхідно виконувати наступні види робіт [42-45]:

- стежити за станом ріжучих механізмів, проводити підтяжку ножів;
- перевірити правильність положення і стан дискових ножів, чи витримана величина вертикального перекриття ножів, чи витриманий однаковий нахил обойм кожної пари дискових ножів, чи витриманий осьовий зазор, чи не затупилися кромки ножів;
- перевірити і відрегулювати нижні і верхні клини проводок;
- перевірити щільність кріплення проводок;
- очистити приводний вал від окалини;
- оглянути стан редукторів, муфт, підшипників;
- перевірити надходження мастила;

### **3.3 Ревізія і ремонт**

Ревізію дискових ножиць проводити не рідше за один раз на місяць.

При ревізії [42-45]:

- в упорних підшипниках ріжучого механізму дискових ножиць перевірити стан кілець – чи немає на них рісок, задирів: якщо величина зносу по товщині більше товщини прокладки під фланець упорного підшипника, то такі кільця замінити або зменшити прокладку; перевірити кріплення корончатої гайки затиску упорного підшипника;
- вироблення підшипників перевірити за допомогою щупа або індикатора, встановленого на ножі; величина вироблення не повинна перевищувати 0,4 мм;

- у шпінделях ножиць перевірити стан і знос кульових вкладишів; при зносі робочих поверхонь їх по товщині на 5 мм вкладиш замінити;
- перевірити стан провадок клинів дискових ножиць. Верхній клин замінити, якщо конус робочої площини його зношений і площина клину не паралельна кромці ножа. Нижній клин замінити при зносі кута нахилу його робочої поверхні;
- замінити кріплення і відрегулювати зазор на нижніх планках рухомої і нерухомої станини;
- перевірити стан ходових гвинтів і гайок рухомих станин. При виробленні різьблення на 25 - 30 % по товщині - гайку і гвинт замінити;
- перевірити стан опорних підшипників приводного валу, приводних шестерень і шпонки рухомої шестерні. Якщо остання має знос більше двох міліметрів, то таку шпонку необхідно замінити.

### **3.4 Ревізія і ремонт сполучних муфт**

Ревізія муфт проводиться не рідше за один раз в 45 діб.

Перед розбиранням муфт перевірити маркірування, якщо її немає, то з метою збереження колишнього положення напівмуфт нанести керном відповідні мітки.

При ревізії муфт перевірити [42-45]:

- чи не порушилася посадка муфт на валах;
- стан муфт, чи немає тріщин, наявність яких визначається по звуку при легкому обстукуванні молотком, по масляних потьоках і скупченню пилу біля пошкоджених місць або по плямах, що з'являються при випробуванні вапняною обмазкою;
- величину зазору між торцевими гранями;
- взаємне розташування осей валів, що сполучаються.

При зсуві напівмуфти уздовж осі або ослабленні посадки її на валу, напівмуфту замінити. Не допускається установка прокладки між валом і отво-

ром маточини напівмуфт, а також кріплення валу в цілях забезпечення щільності з'єднання. Забороняється приварювати напівмуфти до валу.

При ревізії зубчатих муфт необхідно [42-45]:

- перевірити стан і знос зубів, напівмуфт, валів, втулок;
- перевірити стан кілець ущільнювачів;
- перевірити взаємне положення осей, валів, що сполучаються;
- при збиранні після ревізії або ремонту промити внутрішню порожнину корпусу гасом і після просушування залити свіжим змащувальним матеріалом.

Не допускається експлуатація зубчатих муфт, у яких знос зубів по товщині перевищує 30 % їх первинного розміру [42-45].

### **3.5 Змащення деталей і вузлів дискових ножиць**

Надійність металургійного устаткування багато в чому залежить від раціонального вибору мастильних матеріалів, способів і режимів змащення, контролю якості змащення в процесі експлуатації [42-45].

Змащення поверхонь, що труться, необхідне для зменшення сил тертя і втрат енергії, зменшення зношування і нагрівання деталей, а також для захисту від корозії.

Основною функцією мастильних матеріалів є зменшення опору тертю і підвищення у деталей зносостійкості поверхонь, що труться. Крім того, вони відводять тепло від вузлів тертя і захищають поверхні, що змащуються, від корозії.

Усі мастильні матеріали поділяють на рідкі (мінеральні і рослинні масла), густі (консистентні змащення чи мазі і тваринні жири) і водяні (емульсійні) змащення.

Вузли тертя працюють у тяжких умовах, викликаних великими навантаженнями, підвищеними температурами і вологістю, забрудненням абразивними частками з навколишнього середовища. Тому до застосовуваних мастильних матеріалів висувають підвищені вимоги:

Для мінеральних масел:

- забезпечення мінімального зносу і мінімальних втрат на тертя при роботі вузлів тертя;
- ефективне відведення тепла від вузлів тертя;
- гарна рідинна текучість;
- висока опірність до окислювання;
- хімічна нейтральність;
- здатність легко відокремлюватися від води без утворення з водою стійких емульсій підвищеної вологості;
- економічна вигідність застосування.

Для пластичних мастил:

- забезпечення мінімального зносу і мінімальних втрат на тертя при роботі вузлів тертя, що змазуються;
- оптимальна в'язкість для прокачування по мазепроводам;
- здатність не піддаватися розкладанню при тиску до 20 МПа;
- економічна вигідність застосування.

При експлуатації дискових ножиць необхідна змазка наступних вузлів:

- змащення підшипників кочення ножових валів, опорного майданчика рухомої станини і гайки механізму пересування станини, підшипників кочення зубчатих коліс станин, підшипників кочення приводного валу - густа автоматична; ІІІ-1, 1 раз у годину;
- механізми радіального налаштування ножів, механізми осьового налаштування ножів, шпинделів – масляний туман; постійно, І-20;
- редуктор пересування станини, редуктор регулювання радіального зазору ножів, зубчатих зачеплень станин – рідка заливна; І-40, заміна 2 рази на рік.
- редуктор головного приводу ножиць – рідка циркуляційна, І-40, І-50.

## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

### 4.1 Організація ремонтної служби на металургійних підприємствах

Виконання виробничого плану металургійним заводом знаходиться в безпосередній залежності від рівня використання виробничих фондів і в першу чергу основного технологічного обладнання.

Висока надійність, довговічність, продуктивність і економічність обладнання досягається його правильною технічною експлуатацією і раціональною організацією ремонтів.

Призначення ремонтного господарства заводу полягає в систематичному здійсненні профілактичних заходів ремонтного характеру і проведенні різних видів ремонту обладнання для постійної підтримки його в працездатному стані.

До числа основних задач ремонтного господарства відносяться: систематичний догляд за обладнанням, нагляд за його станом і виконанням правил технічної експлуатації; своєчасне виявлення потреби виготовлення і забезпечення всіх цехів і господарств заводу необхідними видами змінного обладнання і запасними частинами; планування, організація і здійснення ремонтів обладнання основних і допоміжних цехів, надання відповідних послуг капітальному будівництву заводу.

Організація ремонтного господарства заводу – змішана. При цій формі організації ремонтного господарства разом з цеховими ремонтними майстернями і бригадами ремонтних робітників пропонується також мати спеціалізовані ремонтні організації і служби.

При цій формі організації основний об'єм ремонтних робіт виконується в централізованому порядку, а його менша частина, головним чином, ремонт і нагляд за обладнанням – цеховими службами.

На заводі застосовується система ПЗР (планово-запобіжних ремонтів). Ця система є комплексом організаційних і технічних заходів щодо догляду,



нагляду і ремонту обладнання, які здійснюються профілактично у встановлені планом терміни і забезпечують нормальну роботу обладнання.

Система ППР передбачає наступні види обслуговування і ремонту обладнання: поточне міжремонтне обслуговування, періодичні огляди, планові ремонти.

За об'ємом робіт планові ремонти підрозділяються на поточні, середні і капітальні.

Поточні або малі ремонти включають: ремонт, часткову збірку обладнання, заміну швидкозношуваних деталей, вивіряння окремих вузлів, заміну мастила. Поточні ремонти проводяться в дні планових зупинок обладнання відповідно до графіка роботи обладнання. Всі роботи по поточних ремонтах виконують ремонтні бригади цеху з участю експлуатаційного персоналу і чергового.

Середні ремонти основного металургійного обладнання займають проміжне положення між поточним і капітальним ремонтами. Здійснюються середні ремонти силами і засобами кущових і загальнозаводських ремонтних цехів з участю виробничого персоналу цеху.

Капітальний ремонт має відновлювальний характер і якісно відрізняється від поточних і середніх ремонтів. Капітальний ремонт передбачає демонтаж обладнання, заміну всіх деталей і вузлів, що зносилися, ремонт або заміну фундаменту, подальший монтаж і вивіряння всього обладнання в цілому. При капітальному ремонті здійснюється конструктивне покращення вузлів і механізмів, їх модернізація.

Основним змістом планування ремонтних робіт є розробка річних, кварталних і місячних планів ремонту обладнання. Плани ремонтів розробляють центральні ремонтні служби заводу спільно з представниками цехів у вигляді календарних планів-графіків, що передбачають всі види ремонту і відповідну їх ув'язку в часі для агрегатів.

Для визначення тривалості ремонтів необхідно з урахуванням трудомісткості встановити нормативи тривалості ремонтів кожної одиниці і всього

комплексу одночасно ремонтovanого обладнання. Для кожного виду ремонту і для кожного агрегату розробляється післяопераційний графік, що передбачає порядок демонтажу, заміни і послідовного монтажу окремих вузлів, час виконання кожної операції, число робітників по професіях і кваліфікаціях, зайнятих на відповідних операціях. На підставі річних графіків складаються місячні графіки, де уточнюються дні зупинок і тривалість ремонтів, виконавці. Графіки ремонтів є документом, який обґрунтовує розрахунок балансу часу роботи обладнання при побудові виробничої програми цеху.

Здійснення ремонтних робіт відповідно до планів-графіків проводиться протягом двох періодів: період підготовки ремонтів; період власне ремонтів.

Підготовка включає завчасну розробку необхідної документації, виготовлення змінних і запасних частин, ремонтних засобів, розробку технології ремонтних робіт, попередню збірку і доставку до місця ремонту окремих частин і вузлів обладнання.

Для підтримки обладнання в технічно справному стані на заводі існує ремонтна база, що складається з ремонтних служб заводу і ремонтних служб цехів.

Ремонтна служба заводу підрозділяється на ремонтну службу ВГМ (відділу головного механіка) і ВГЕ (відділу головного енергетика).

## **4.2 Організація ремонтної служби цеху**

Стан 3000 є комплексом високомеханізованих машин, що створюють потокову лінію. Тому вдосконалення організації обслуговування виробництва і праці допоміжних робітників набуває в даний час особливу актуальність. Відповідно до діючої в чорній металургії класифікації ремонти агрегатів підрозділяються на поточні і капітальні.

До поточного ремонту відносять роботи по заміні деталей і вузлів, що швидко зношуються, вивіряння окремих вузлів, очищення і ревізія механізмів, зміна мастила в системах місткостей, перевірка кріплень і заміна кріпильних і інших дрібних деталей, що вийшли з ладу. Поточні ремонти облад-

нання, що працює по безперервному графіку, виконують в дні планових зупинок цеху.

До капітального ремонту обладнання відносяться: повне його розбирання, а також очищення і промивка; заміна або ремонт базових деталей (станин, плитовин, рам і т. д.); повна заміна всіх зношених деталей і вузлів; ремонт фундаментів; збирання, регулювання і вивіряння агрегату. При капітальному ремонті усуваються всі дефекти, виявлені в період експлуатації або знайдені при ремонті.

Періодичність зупинок обладнання на поточні і капітальні ремонти визначається терміном служби вузлів і деталей, що зношуються.

Безперебійна робота стану протягом всієї зміни в значній мірі залежить від якості профілактичних оглядів і ремонтів обладнання.

В цеху всі вузли, агрегати і ділянки огляду закріплені за тими робітниками, які їх безпосередньо обслуговують. Завдяки цьому кожний робітник знає, які операції він виконуватиме, готує наперед потрібний інструмент і пристосування. Така організація праці забезпечує продуктивну і безперебійну роботу.

Важлива умова швидкого і якісного проведення ремонтів – це обов'язкова і завчасна підготовка всіх робіт, чіткий розподіл обов'язків між всіма членами бригади і правильне використання кранів, а також допоміжних механізмів.

Огляди кожного вузла проводяться ретельно, всі виявлені недоліки заносяться в журнал огляду обладнання. Враховуючи різноманітність обладнання, ступінь його механізації і умови роботи при міжремонтному обслуговуванні застосовуються наступні форми організації праці:

- індивідуальна, коли за кожним слюсарем закріплюється група обладнання або певна ділянка;
- бригадна, коли робота виконується бригадою, що відповідає за всю виробничу ділянку протягом зміни.

Відновлення працездатності обладнання, втраченої в процесі його експлуатації, необхідно проводити шляхом широкого впровадження зосередженого і розосередженого методів проведення капітальних ремонтів обладнання.

Суть розосередженого методу капітального ремонту полягає у виконанні частини об'єму робіт, запланованих на капітальний ремонт обладнання, де це механічно можливо і доцільно, по частинах в дні його планових зупинок на поточні ремонти. Це дозволяє або скоротити тривалість простою обладнання на капітальному ремонті, або не зупиняти на капітальний ремонт взагалі.

При зосередженому методі весь об'єм ремонтних робіт виконують безперервно протягом заданого проміжку часу, що викликає значні простої обладнання.

У ряді випадків доцільна заміна цілком машини або механізму, наприклад шестеренної кліті, підйомного столу, правильної машини, редуктора та іншого.

Широкому упровадженню прогресивних методів проведення ремонту сприяють:

- змішана діяльність металургійних підприємств і ремонтних організацій по поліпшенню ремонтпридатності обладнання. З цією метою повинні бути розроблені вимоги, що пред'являються до ремонтпридатності основного обладнання;
- збільшення випуску запасних частин;
- чітке матеріально-технічне забезпечення ремонтів матеріалами і запасними частинами.

Що стосується періодичних оглядів, то вони проводяться систематично в заплановані проміжки часу.

### **4.3 Технічна документація при ремонтах**

Первинним документом, що фіксує стан обладнання, результати ревізій, оглядів і ремонтів, терміни служби деталей в машинах, є агрегатний журнал.

Спеціальним документом, що уточнює необхідну кількість деталей і матеріалів, а також об'єм ремонтних робіт, є відомість дефектів обладнання.

Склад документів і їх зміст визначається затвердженням для металургійної промисловості положенням про періодичність і тривалість ремонтів.

Підставою для планування ремонтів є річні і місячні графіки ремонтів обладнання.

Річний графік представляється керівництвом цеху, узгоджується з відділом головного механіка (ВГМ) і затверджується головним інженером. В річному графіку з точністю до декади планують огляди, поточні і капітальні ремонти, вказуючи скільки разів протягом року, коли, на який вид ремонту і на скільки часу повинна бути зупинена кожна машина.

Місячний графік складається механослужбою цеху відповідно до річного графіка, затверджується начальником цеху. В ньому вказується точна дата проведення ремонту, вид ремонту і його тривалість.

Графік зупинки на капітальний ремонт особливо важливих об'єктів представляється головним механіком і затверджується директором. В ньому вказується тривалість простоїв обладнання на капітальних ремонтах в добах по місяцях за весь планований період.

Відомість дефектів (відомість ремонтних робіт) представляється керівництвом цеху, узгоджується з бюро ПЗР (ВГМ) і службою технічного нагляду, затверджується головним механіком. Вона містить перелік і об'єм ремонтних робіт, перелік необхідних матеріалів і запасних частин, зведення про кваліфікацію виконавців. Кошториси, розрахунок кожного виду ремонтних робіт і всього капітального ремонту, складається на основі відомості дефектів, підписується відповідальним виконавцем і затверджується директором.

Титульний список капітального ремонту складається головним механіком і начальником планового відділу і затверджується директором. В ньому вказується розподіл фінансових коштів, виділених на капітальний ремонт, і поквартальну витрату загальної суми.

Відомість витрат праці на ПЗР обладнання представляється керівництвом цеху і затверджується головним механіком. В ній вказуються всі планові витрати на всі види ремонтів. На підставі цієї відомості ВГМ розраховує загальні витрати.

Виробничі цехи представляють в ВГМ щомісячні звіти про виконані ремонти.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У зв'язку зі зміною конструкції дискових ножиць розширюється асортимент гарячих листів що розрізають на дискових ножицях. Таким чином з'являється можливість розрізати листи завтовшки від 40 до 50 мм. на дискових ножицях без використання газового різання, що збільшить продуктивність прокатного стану в цілому, оскільки швидкість різання на дискових ножицях значно вища.

Прокат завтовшки від 40 до 50 мм. це приблизно 0,5% від всього прокату, вироблюваного на стані 3000, і складає близько 6000 тон на рік, що є 5495 погонних метрів прокату.

Продуктивність стану 3000 на складає 1200 тисяч тон на рік, або 137 тон на годину.

Розрахуємо зменшення вартості енерговитрат [47,48] від застосування нової конструкції ножиць.

Почнемо з розрахунку часу, необхідного для різання прокату товщиною від 40 до 50 мм на машині газового різання:

$$t_{GP} = \frac{L_{PP}}{V_{GP}} = \frac{5495}{0,3 \cdot 60} = 305,28 \text{ год} / \text{рік};$$

де  $L_{PP} = 5495 \text{ м}$  – погонна довжина прокату, що різуть на машині газового різання;

$V_{GP} = 0,3 \text{ м} / \text{хв}$  – швидкість газового різання.

Далі розрахуємо час, необхідний для різання прокату товщиною від 40 до 50 мм. на дискових ножицях нової конструкції:

$$t_{ДН} = \frac{L_{PP}}{V_{ДН}} = \frac{5495}{21,22 \cdot 60} = 4,316 \text{ год} / \text{рік};$$

де  $V_{ДН} = 21,22 \text{ м} / \text{хв}$  – швидкість різання дисковими ножицями ( $0,35 \text{ м} / \text{с}$ ).

Згідно [22] газові машини «Днепр» мають витрату газів:

кисень –  $B_k = 12 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

ацетилен –  $B_a = 1 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

пропан-бутан –  $B_{нб} = 0,65 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

Станом на 4-й квартал 2018 року за інформацією від ТОВ «Полтавський газовий завод» (<http://www.pgz.com.ua>) приблизна вартість газів становить:

кисень –  $C_k = 10,95 \text{ грн} / \text{м}^3$ ;

ацетилен –  $C_a = 218 \text{ грн} / \text{м}^3$ ;

пропан-бутан –  $C_{нб} = 64,44 \text{ грн} / \text{м}^3$ .

Обрахуємо вартість однієї години роботи машини «Днепр»:

$$\begin{aligned} C_{ГР} &= B_k \cdot C_k + B_a \cdot C_a + B_{нб} \cdot C_{нб} = \\ &= 12 \cdot 10,95 + 1,0 \cdot 218 + 0,65 \cdot 62,44 = \\ &= 389,98 \text{ грн} / \text{год}. \end{aligned}$$

В той же час, за даними компанії ДТЕК (<https://dtek-kem.com.ua/ru/e-company/tarifi>) станом на 4-й квартал 2018 року вартість одного кіловату електроенергії для промисловості становить  $C_e = 2,27088 \text{ грн} / \text{кВт}$ .

Обрахуємо вартість однієї години роботи дискових ножиць:

$$C_{ДН} = N_{\text{дв}} \cdot C_e = 266 \cdot 2,27088 = 604,054 \text{ грн} / \text{год},$$

де  $N_{\text{дв}} = 266 \text{ кВт} / \text{год}$  – потужність, що витрачається за годину роботи.

Обрахуємо очікувану річну економію коштів:

$$\begin{aligned} E_P &= t_{ГР} \cdot C_{ГР} - t_{ДН} \cdot C_{ДН} = 305,28 \cdot 389,98 - 4,316 \cdot 604,054 = \\ &= 119053,09 - 2607,10 = 116445,99 \text{ грн} / \text{рік}. \end{aligned}$$

На підставі розрахунків можна зробити висновок про те, що наявна економія коштів підтверджує доцільність використання нової конструкції дискових ножиць.



## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників дільниці різання**

Умови праці на дільниці різання характеризуються наявністю шкідливих чинників [49], таких як запиленість, загазованість, тепловипромінювання і шум.

Також істотне значення мають метеорологічні умови на дільниці різання. Метеорологічні умови на дільниці різання визначаються температурою, вологістю і рухливістю повітря. Температура повітря значно перевищує температуру зовнішнього повітря.

Метеорологічні умови на дільниці різання характеризуються також наявністю ділянок з низькою вологістю повітря, що негативно впливає на самопочуття і здоров'я людини.

Надмірно низька вологість повітря викликає висихання слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, що різко погіршує їх фільтруючу здатність а отже, допускає проникнення в легкі пилу і мікроорганізмів. Крім того, виникає неприємне відчуття надмірної сухості, що викликає підвищене споживання води.

В холодний період року оптимальна відносна вологість повітря на дільниці різання повинна складати 40-60% і не перевищувати 80%. В теплу пору року при температурі повітря на дільниці різання 17-25°C оптимальна відносна вологість повітря повинна складати 40-60%. При більш високій температурі повітря допускається менша відносна вологість.

Рухливість повітря також робить вплив на самопочуття людини. В холодний період року на дільниці різання оптимальна швидкість руху повітря приймається рівною 0,2-0,3 м/с. В літній час допускається швидкість руху повітря 0,3-1,5 м/с. Проблема створення нормальних метеорологічних умов праці на дільниці різання повинна розв'язуватися в комплексі із заходами

щодо зменшення тепловиділень по аерації, по вживанню проточного обдування вентиляцією і кондиціонування повітря.

На дільниці різання висока запиленість повітря. Пил складається в основному з оксидів заліза з домішкою інших речовин: окисли кремнію, марганцю і в окремих випадках легуючих елементів. Зміст різних елементів в пилу пропорційний хімічному складу розкату, що різеться.

Розмір частинок пилу на дільниці різання коливається в широких межах. Крупні фракції швидко осідають, а дрібні - тривалий час знаходяться в повітрі. Склад пилу в повітрі може відрізнятися від хімічного складу металу, що різеться, оскільки формування цього пилу йде на протязі тривалого періоду. Як правило, склад пилу в повітрі пропорційний середньому хімічному складу прокатного металу за 10-12 днів.

За відсутності вентиляції концентрація пилу в повітрі безпосередньо біля дискових ножиць складає 75-120 мг/м<sup>3</sup>.

Іншим чинником на дільниці різання є загазованість. Наявність різних газів в атмосфері обумовлена порушеннями технологічного режиму, несправністю та недосконалістю обладнання.

При експлуатації дискових ножиць можливі наступні види травм: захоплення частин одягу і кінцівок робітника обертовими деталями і сполучними муфтами, опіки, а також удари й ушкодження металом, що переміщається.

До числа небезпечних фізичних виробничих факторів відносяться [49]: машини, що рухаються, і механізми, незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, заготівлі, що пересувається.

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

Небезпека травмування при роботі з електроустаткуванням може виникнути у наступних випадках [49]:

- 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.

## **6.2 Заходи з виробничої санітарії**

У зв'язку з перевищенням санітарної норми концентрації пилу на робочих місцях необхідно провести наступні заходи [49]: уведення раціональних технологічних процесів й удосконалення устаткування, застосування ефектвної герметизації та аерації повітря всіх джерел виділення пилу, зволоження пилу водою або парою; пристрій спеціального пиловловлювання, вентиляції місць пилоутворення з очищенням повітря перед випадом його в атмосферу через систему фільтрів; регулярне прибирання пилу з робочих місць; застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу тощо).

Основні заходи щодо зменшення загазованості пропонуються такі [49]:

- забезпечення постійного нагляду за дотриманням технологічних інструкцій та інструкцій з техніки безпеки;
- дотримання затверджених технологічних режимів;
- проведення регулярних профілактичних оглядів устаткування і газових комунікацій для своєчасного виявлення витоків газу;
- забезпечення повного згоряння газу та справного функціонування системи видалення продуктів згоряння.

Для освітлення на ділянці різання використовується штучне і природне освітлення. Правильне освітлення робочих місць на ділянці різання має велике значення для створення безпечних умов праці. Незадовільне освітлення

може стати причиною травматизму, негативно впливає на зір робітників, знижує продуктивність праці.

Крім робочого освітлення на дільниці різання встановлене аварійне освітлення. Воно призначене для безперебійного обслуговування агрегату і устаткування у випадку виходу з ладу робочого освітлення і діє від незалежного джерела електроенергії.

Виробничий шум різної інтенсивності, спектра і частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а іноді приводить до професійної глухоти у робітників [49]. У зв'язку з цим у основу нормування шуму призначений принцип оборонності слухового сприйняття. Нормативні вимоги к робочим шумам викладені в СН 242-71 та ГОСТ 12.1.003 -76.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення [49] на дільниці різання по можливості заміняють ударні взаємодії деталей, демпфірують вібрацію деталей, які підлягають дії удару та окремих вузлів агрегату шляхом запакування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, азбестом тощо.

Робочі що обслуговують дискові ножиці повинні [49] застосовувати спеціальне взуття та рукавиці, що забезпечують гасіння вібрацій. Робітники повинні виконувати встановлені правила безпеки. Крім того, робітникам варто користатися під час роботи пристосуваннями, що зменшать статичну напругу м'язів.

### **6.3 Заходи з техніки безпеки**

Техніка безпеки обслуговування дискових ножиць досягається при дотриманні певних умов [49]. Всі частини ножиць повинні бути розташовані так, щоб був незагрозливий доступ для їх огляду і ремонту, а під час роботи повністю виключалася б можливість зіткнення робітника з обертальними частинами обладнання.

Щоб уникнути травмування робітників муфтами і валами що обертаються, всі з'єднувальні муфти і корінні вали захищають з боків ґратчастими або суцільними щитами або кожухами.

Щоб виключити можливість пуску двигуна при відсутності огорож муфт і валів, влаштовують автоблокування, що автоматично відключає двигун при відсутності огорожі.

На ділянці різання для двигунів повинна бути обладнана надійно діюча звукова або світлова сигналізація. Пуск в хід і зупинка двигуна проводяться лише після отримання відповідного сигналу. Причому про пуск двигуна подається строго встановлений сигнал, ясно чутний на всіх робочих місцях. Встановлені сигнали у всіх випадках, окрім аварійних, повинні подаватися тільки старшими робітниками, які несуть відповідальність за сигнали, що подаються.

До подачі сигналу про пуск дискових ножиць майстер зобов'язаний перевірити справність ножиць і всіх їхніх захисних і запобіжних пристроїв і з'ясувати, чи немає робітника поблизу частин, що обертаються. Тільки після перевірки і видалення людей з небезпечних місць може бути даний сигнал про пуск двигунів.

При обертанні валів за допомогою електричних двигунів на робочих місцях повинні бути влаштовані аварійні вимикачі.

Для створення незагрозливих умов робіт з електричними установками існує ряд захисних пристосувань [49]:

- огороження і блокування;
- засоби, ізолюючі робітників від землі;
- застережні написи і плакати;
- сигналізація.

Основними заходами захисту від травмування, що може виникнути при роботі з електроустановками, є забезпечення неприступності струмоведучих частин від випадкового доторкання, вживання захисного відключення, вживання індивідуальних засобів захисту і іншого. Огорожа струмоведучих час-

тин повинна бути передбачена конструкцією електрообладнання і бути його складовою частиною.

При споруді електроустановок неізольовані дроти і шини, а також прилади і апарати, що мають незахищені струмоведучі частини, поміщають в спеціальні ящики, шафи, камери чи інші пристрої, що закриваються суцільними або сітчастими огорожами. Розміщення струмоведучих частин на неприступній висоті проводять в тих випадках, коли ізоляція і огорожа їх виявляються неможливою або недоцільною.

При користуванні переносним ручним інструментом або ручною переносною лампою робітник має тривалий контакт з корпусом цього обладнання в слід чого різко підвищується небезпека поразки струмом у разі появи напруги на корпусі, особливо якщо роботу проводять в приміщенні з підвищеною небезпекою або особливо небезпечному.

Основною мірою безпеки при зміні валів і ремонтах редукторів є правильна організація праці. Зміну валів і поточний ремонт проводять по наперед розроблених графіках з підготовкою необхідної кількості справного інструменту, змащувального і обтирального матеріалу.

Майстер і бригадири забезпечують правильне розташування робітників. Розробляється докладний план послідовного виконання окремих операцій, детально інструктується кожний робітник про виконувану їм роботу і про безпечні прийоми виконання кожної операції.

Згідно СНП 2.01.02-85 по ступені пожежної небезпеки виробництва підрозділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Дільниця різання відноситься до категорії Г, тому що її виробництво пов'язане з обробкою неспалених речовин у розпеченому стані, процес обробки яких пов'язаний з виділенням великої кількості тепла, іскор.

Для зниження пожежної небезпеки дільниця різання має пожежну сигналізацію і зв'язок. У побутових приміщеннях і коридорах установлені пожежні крани високого тиску. Також маються протипожежні щити.

#### 6.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища

Джерелами викидів в атмосферу від прокатного виробництва стану 2250 є печі. Печі опалюються сумішшю газів за допомогою пальників, що забезпечують повне і якісне згоряння всіх паливних складових. Печі працюють під розрідженням, що створюється надійною природною тягою димарів, установлених на кожну піч чи 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. Також печі обладнані локальною витяжною вентиляційною установкою.

Товстолистовий цех забруднює навколишнє середовище твердими й газоподібними викидами, технічною водою, залишками мастила.

З метою запобігання потрапляння шкідливих екологічно небезпечних речовин в атмосферу й поширення їх на значній території варто використовувати системи пиловловлення і газоочистки. Механічні пиловловлювачі, що складаються з труб Вентурі, циклонів, пилоотстійників і пилоосаджуючих камер, дозволяють видалити з потоку викидів важкі фракції пилу. Осадження більш дрібної фракції відбувається в циклонах із вологим очищенням. Для надійної фільтрації газів застосовують фільтри. По конструкції фільтрів найбільше поширення одержали касетні, масляні, волокнисті і електричні фільтри. У зв'язку з потребами виробництва відбувається періодичний забір води з природних водоносних джерел, і в той же час скидання використаної води низької якості, що приводить до погіршення екологічного балансу природних водоймищ. Проблемою для навколишнього водного басейну варто вважати можливість влучення в ріки й водойми технічної, неякісно очищеної води. Листопрокатне виробництво характеризується високою інтенсивністю процесу і високими температурами. Для забезпечення роботи основного технологічного й допоміжного устаткування потрібна реалізація постійного водяного охолодження. На території заводу встановлені водяні відстійники, в яких вода, що пройшла цикл, охолоджується й відстоюється, при цьому на дні відстійника утворюються шламові відвали, що періодично необхідно видаляти.

В даний час на станах гарячої прокатки широко впроваджують оборотне водопостачання, що значно скорочує скидання стічних вод у водойми. У

зв'язку з необхідністю виконання постійно посилюючихся вимог по захисту водяного басейну від забруднення, а також підвищення економічної ефективності систем очищення в умовах росту об'єму виробництва і застосування нових технологічних процесів, велику увагу приділяють очищенню і регенерації стічних вод. У якості вторинних очисних споруджень у системі водопостачання, застосовують відстійники з зустрічними камерами хлоп'єобразувань гідроциклонного типу замість широкопоширених дотепер горизонтальних відстійників, оскільки збільшення швидкості прокатки на стані привело до зменшення розмірів часток окалини, що потрапляють у воду.



## 7 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

### 7.1 Прогнозування надзвичайних ситуацій на території підприємства та їх характеристика

Виробничі аварії можуть бути найрізноманітніми [50]. Причинами їх можуть бути: стихійні лиха, а також порушення технології виробництва і правил техніки безпеки.

Найбільш типовими наслідками аварії можуть бути [50]:

- вибухи;
- пожежі;
- поранення людей електричним струмом.

Крупними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні ситуації [50], які викликають раптову зупинку роботи, створюють небезпеку для життя людей і можуть призвести до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції, а також до зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери. Наслідком аварії, а іноді і причиною їх можуть бути вибухи і пожежі.

Значні виробничі аварії можуть призводити до загибелі людей і завдавати відчутних втрат народному господарству.

Аварії можуть трапитися у наслідок [50]:

- стихійних лих;
- допущення прорахунків у проектуванні, будівництві і обладнанні підприємства;
- введення в експлуатацію промислових об'єктів з великими недоробками і відступами від проектів;
- недоробок по техніці безпеки і охорони праці.

Вони можуть бути також наслідком порушення технологічного процесу, несправності електропроводки і недостатнього впровадження надійних систем пожежогасіння.

Крім того причинами аварії можуть бути: порушення вимог і правил безпеки; низька трудова і технологічна дисципліна; відсутність належного контролю за процесом виробництва і необхідного нагляду за станом будівель, споруд, устаткування, а також несвоєчасне усунення загрозованих ознак їх аварійного стану.

Порушення транспортування і використання вибухопожежонебезпечних матеріалів і хімічних речовин також може призвести до аварій.

Для запобігання аваріям на промислових підприємствах заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи. Зміст і обсяг цих заходів залежить від особливостей даного виробництва, характеру технологічного процесу, застосовуваних і вироблюваних речовин продуктів.

Вивчення причин виникнення аварій і всебічна оцінка ступеня їх небезпечності дасть можливість правильно визначити заходи їх попередження, передбачити необхідні дії по захисту людей і зниженню втрат.

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

Важливим фактором забезпечення безаварійної роботи є вивчення і суворе дотримання всіма інженерно-технічними працівниками і робітниками правил і норм техніки безпеки [50].

Задача кожного працюючого на підприємстві – знати основні правила поведінки при аваріях, вміти діяти в обставинах, що при цьому склалися, наприклад, існують певні правила і послідовність відключення електроенергії, зупинки транспортуючих пристроїв, агрегатів і апаратів, перекриття сировинних, газових, парових і водних комунікацій у відповідності з технологічним процесом і технікою безпеки, порушення яких може погіршити і ускладнити обстановку. Ці правила і послідовність дій треба вивчати, постійно пам'ятати і вміти практично виконувати.

В аварійній ситуації важливою задачею є організація своєчасного оповіщення про аварію. Кожний робітник і службовець повинен вміти користуватися наявними на підприємстві оповіщувачами. Кожний робітник підприємства, пов'язаний з можливою газовою обстановкою, повинен знати способи виклику газорятівників.

Ліквідація наслідків стихійних лих і аварій [50] може здійснюватись одночасно на всьому об'єкті або по окремим його ділянкам при наявності достатніх сил і засобів. При цьому починають їх у першу чергу там, де необхідно надати допомогу людям, на ділянках, що являють найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога [50] надається перш за все потерпілим, що знаходяться у шоківому стані, а також вивільненим з-під уламків, завалів. Вивільнення людей з-під великих завалів проводиться з додержанням особливих заходів перестороги, їм надається невідкладна медична допомога на місці з подальшою евакуацією у лікувальні установи.

Виробничим аваріям звичайно сприяють [50] пожежі, що створюють у деяких випадках найбільшу небезпеку. Обстановка в осередку пожежі може створитися досить складна, особливо при наявності руйнувань, завалів, порушення і навіть припинення водопостачання. Боротьба з вогнем пов'язана із рятуванням людей, якщо частина персоналу підприємства опинилася у зоні, охопленій полум'ям, наявність у виробництві вибухонебезпечних і швидкозаймаючихся матеріалів може погіршити становище. Тому до ліквідації пожежі необхідно залучити технічний персонал підприємства, який добре знає розташування апаратури, що знаходиться під великим тиском, місцезнаходження вибухонебезпечних чи отруйних речовин, а також можливості використання стаціонарних засобів пожежогасіння.

У першу чергу локалізують і гасять ті осередки пожежі, які являють перешкоду рятувальним роботам і створюють загрозу подальшого поширення вогню.

Робітники і службовці, а у деяких випадках і жителі прилеглих районів на випадок аварії повинні бути забезпечені промисловими фільтруючими протигазами [50].

Рятувальні роботи на підприємствах, де трапилася аварія, звичайно ведуться у важких і небезпечних умовах. Тому при підготовці формування до дій слід навчати особовий склад не лише навичкам і способам виконання робіт, але й правилам техніки безпеки. Кожне підприємство має свої особливості, які повинні бути враховані при розробці цих правил.

На кожній ділянці аварійних робіт виставляється охорона і спостерігачі, а біля небезпечних місць встановлюється огорожа і вивішуються плакати з попередженнями про небезпеку.

Особливі заходи безпеки застосовуються при обвалі конструкцій і розбиранні завалів [50]. Висотні роботи виконуються лише з застосуванням страхувальних засобів. Відтягування крупногабаритних уламків за допомогою тракторів доручається досвідченим такелажникам. При роботі з підйомним краном, кранівник повинен упевнитись, що його дії нікому не загрожують, а вантаж, що піднімається, не перевищує вантажопідйомності крану. Для роботи на загазованій ділянці особовий склад забезпечується засобами індивідуального захисту.

До основних засобів медичного захисту належать аптечки індивідуальні (АІ-2), що містять медичні засоби, призначені для профілактики та надання першої медичної допомоги.

### **7.3 Управління підприємством під час надзвичайної ситуації**

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створюється для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, природного, соціально-політичного та воєнного характеру [50].

Комплектування формувань ЦО металургійного комбінату здійснюється за виробничим принципом [50]: по цехах, ділянках виробництва, робочих

змінах і бригадах. При цьому враховується специфіка роботи, трудові навички робітників, а також можливості оснащення формувань технікою так, щоб робоча зміна була формуванням або підрозділом формування ЦО.

Основними формуваннями металургійного комбінату є зведені загони і рятувальні загони. Вони створюються в змінах цехів, на ділянках виробництва, де чисельність робітників і службовців не велика і їх відвернення не повинне відобразитися на виробництві даного підприємства. Рятувальними загонами здійснюється розшук уражених, витягання їх з-під завалів, винесення постраждалих і надання першої медичної допомоги.

Окрім формувань загального призначення, на об'єктах створені [50]:

- пости нагляду за радіоактивністю повітря;
- загони сан дружини;
- аварійно-технічні команди;
- команди по пожежогасінню (добровільні пожежні дружини);
- команди охорони громадського порядку;
- транспортні команди.

Для ведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт в осередках ураження, а також для ліквідації наслідків НС, виробничих аварій і катастроф і створюються сили ЦО.

Керування складає основу діяльності начальника ЦО об'єкта і його штабу і полягає в здійсненні постійного керівництва робітниками та службовцями, формуваннями ЦО об'єкта на всіх етапах ведення цивільної оборони.

З метою підвищення стійкості керування на об'єкті в умовах НС необхідно розробити систему керування, організації зв'язку й оповіщення й оформити у виді схеми, що є складовою частиною загального плану ЦО.

Організація керування повинна передбачатися при погрозі НС, в умовах проведення евакуації і розосередження [50].

На важливих об'єктах, що продовжують виробничу діяльність, при погрозі НС створюються дві групи керування: одна безпосередньо на підприємстві, а інша - в заміській зоні, у районі розосередження робітників та службов-

ців. Керування виробництвом здійснюється або директором підприємства, або його заступником (під час перебування директора в заміській зоні). Після оголошення погрози НС одна з груп керування разом з робітниками та службовцями працюючої зміни знаходиться на об'єкті, а інша у районі розосередження. З кожної зі змін знаходиться директор або його заступник.

Для цих двох груп керування повинні бути підготовлені два командних пункти: один на об'єкті, а інший в заміській зоні, у районі розміщення відпочиваючої зміни.

Для забезпечення безперервного керування ЦО на об'єкті будується захищений командний пункт.

Командний пункт об'єкта являє собою спеціально обладнане захисне спорудження, оснащене необхідними засобами зв'язку і керування. На ньому розміщується бойовий розрахунок командного пункту, у котрий входять [50]:

- командування (начальник ЦО, його заступники і начальник штабу);
- оперативно-розвідувальна частина (начальник оперативно-розвідувальної частини, його помічники і телефоністи-оператори);
- начальники служб;
- група зв'язку (начальник вузла зв'язку, телефоністи, радисти);
- група обслуговування (комендант командного пункту, чергові електрики, сантехники й інші працівники).

Командний пункт повинен забезпечити [50]:

- надійний захист від поразки;
- розміщення бойового розрахунку командного пункту з урахуванням цілодобової роботи;
- розміщення запасів продуктів харчування, медикаментів і засобів захисту для бойового розрахунку командного пункту.

Для виконання цих вимог командний пункт об'єкта має [50]:

- кімнату командування;
- оперативний зал для розміщення оперативно-розвідувальної частини і телефоністів-операторів;

- кімнату для розміщення начальників служб;
- кімнату відпочинку;
- вузол зв'язку, де розміщується група зв'язку;
- санітарний вузол;
- складські приміщення і камери для агрегатів.

Командний пункт може бути обладнаний у підвальному приміщенні або спеціально для цього побудованому окремо заглибленому спорудженні. Він забезпечується провідними радіозасобами зв'язку й обладнується антенним пристроєм для роботи радіозасобів.

Керування з командного пункту здійснюється шляхом передачі усних наказів (розпоряджень) по провідним засобам зв'язку і радіо або використання сигнальних і рухливих засобів зв'язку.

Стійкість керування з командного пункту залежить від безперервності роботи зв'язку. Тому вузол зв'язку, як правило, обладнають на самому командному пункті або, як виключення, в окремому захисному спорудженні, розташованому поблизу.

З метою підвищення стійкості проведеного зв'язку кабелі прокладають у захисних траншеях, розрахованих на великий опір динамічним навантаженням ударної хвилі в ґрунті.

Радіозасоби зв'язку на об'єкті застосовують при виході з ладу провідних засобів зв'язку.

Для керування виробництвом будують захищені пульти дистанційного керування. Конструкції цих пультів, якщо вони розташовані не в окремо розташованих будинках, повинні забезпечувати захист обслуговуючого персоналу, устаткування і приладів від поразки уламками основного будинку (у якому розташований пульт) у випадку його обвалення. Для цього будинок повинний відповідним чином зміцнюватися.

Вузол зв'язку розміщається разом з командним пунктом у захисному спорудженні. Зв'язок з командирами формувань устанавлюється по провідних засобах зв'язку і радіо.

Рятувальні роботи починають негайно [50]. Дуже важливо забезпечити громадський порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань ЦО до місця аварій. Важливі оперативні дії аварійно-технічних формувань, які негайно відключають ще не пошкоджені комунально-технічні мережі і локалізують аварії.

Залежно від наслідків аварій рятувальні роботи можуть включати локалізацію і гасіння пожеж, порятунок потерпілих з будівель, що горять, надання медичної допомоги потерпілим та ін. роботи.

Локалізація і ліквідація пожеж організуються в першу чергу на маршрутах висунення сил ЦО, та на шляхах евакуації потерпілих.

Протипожежні сили забезпечують гасіння пожеж з метою створення умов для проведення рятувальних робіт і збереження матеріальних цінностей.

Особливе значення мають інженерно-технічні протипожежні дії ЦО, що проводяться завчасно [50]:

- підвищення вогнестійкості будівель і споруд;
- захист горючих конструкцій будівель і споруд на об'єктах;
- проведення планових організаційних протипожежних профілактичних заходів;
- створення запасів води для гасіння пожеж.



## ВИСНОВКИ

В рамках даного дипломного проекту виконано аналітичні дослідження та технічні розробки спрямовані підвищення експлуатаційних характеристик дискових ножиць поздовжнього різання кромek товстолистових розкатів у світлі актуальної практичної задачі щодо розширення сортаменту.

1. Подальший розвиток технології різання товстих листів на дискових ножицях пов'язаний з удосконаленням процесу різання дисковими ножами та конструкції ножиць, шляхом розробки технічних рішень щодо нової більш ефективної конструкції дискових ножиць.
2. Застосування технології двохстадійного різання товстих листів дисковими ножами в гарячому стані дозволить розширити діапазон товщини листів що розрізають на дискових ножицях.
3. Розроблено програмні засоби, що дозволять підвищити ступінь обґрунтованості при прийнятті технологічних та конструктивних рішень виходячи з енергосилових параметрів процесу.
4. Ефективність запропонованих рішень підтверджується економією коштів за рахунок зменшення вартості енерговитрат від застосування нової конструкції ножиць.

Результати роботи можуть бути використані при розробці конструкції дискових ножиць двохстадійного різання товстих листів, а також при подальших дослідження даного процесу.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Технология процессов прокатки и волочения. Листопрокатное производство : учебник для вузов / М. М. Сафьян, В. Л. Мазур, А. М. Сафьян, А. Н. Молчанов. – К. : Вища школа, 1988. – 351 с.
2. Прокатка толстых листов / П. И. Полухин, В. М. Клименко, В. П. Полухин и др. – М. : Metallurgiya, 1984. – 288 с.
3. Технология прокатного производства / В.М. Клименко, А. М. Онищенко, А. А. Минаев, В.С. Горелик. – К. : Вища школа, 1989. – 311 с.
4. Грудев А. П. Технология прокатного производства / А. П. Грудев, Л. Ф. Машкин, М. И. Ханин. – М. : Metallurgiya, 1994. – 656 с.
5. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное пособие в 2-х т. / Ю. В. Коновалов. – М. : Теплотехник, 2008. Книга 1: Производство горячекатанных листов и полос. – 2008. – 640 с.
6. Ginzburg V. B. Flat-rolled steel processes: Advanced Technologies / V. B. Ginzburg. – CRC Press, 2009. – 372 p.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Metallurgiya, 1987 Т. 3: Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 1988. – 376 с.

11. Боровик П. В. Совершенствование технологии и оборудования процесса продольной резки толстых горячекатаных листов на дисковых ножницах : дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 05.03.05 / Боровик Павел Владимирович. – Алчевск, 2008. –225с.
12. Бровман М. Я. Проектирование современных толстолистовых станов / М. Я. Бровман // Чер. металлургия : Бюл. НТИ / Черметинформация. – 1978. – №1. – С. 21-22.
13. Оратовский Е.П. Современные толстолистовые станы 5500 в Японии / Е. П. Оратовский, Е. А. Артамонова // Чер. Металлургия : Бюл. НТИ / Черметинформация. – 1978. – №2. – С. 30-32.
14. Исследование пропускной способности линии резки толстых листов стана 2800 : отчет о НИР (заключ.) : №1291 / Коммунарский горн.-металлург. ин-т.; рук. Ульяницкий В.Н., исполн.: Мумриенко В.С. – Коммунарск, 1978. – 100 с. – №ГР78011901. – Инв. №Б727425.
15. 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.
16. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Металлургия, 1985. – 375 с.
17. 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.
18. Ising G. Основные характеристики гильотинных ножниц / G. Ising // Blech Rohne Profile. – 1991. – Т.38, №11. – С. 865-868.
19. Механические гильотинные ножницы для разрезки листового металла // Blech Rohne Profile. – 1994. – Т.41, №1. – С. 61.
20. Резка толстых листов гильотинными ножницами с наклонными кромочными ножами / В. Н. Карпушкин, Н. М. Хорошилов, В. И. Роспасиенко и др. // Чер. металлургия: Бюл. НТИ / Черметинформация. – 1982. – Вып. 8(916). – С. 43-45.

21. Кульвиц А. В. Разработка ножниц сдвоенных кромкообрезных и продольной резки / А. В. Кульвиц, Н. А. Комар // Сталь. – 2006. – №8. – С. 68-69.
22. Соколов И. И. Газовая сварка и резка металлов / И. И. Соколов. – М. : Высш. школа, 1986, – 304 с.
23. Федоров В. Г. Газовая сварка и резка металлов / В. Г. Федоров. – М. : Стройиздат, 1972. – 144 с.
24. Спектор О. Ш. Кислородная резка в металлургии / О. Ш. Спектор, Г. А. Асиновская. – М. : Металлургия, 1972. – 216 с.
25. Гусев А. А. Газорезательная трехрезаковая машина / А. А. Гусев // Производство крупных машин : сб. ст. – М., 1968. – Вып. 16, ч.1. – С. 172-174.
26. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов / К. К. Хренов. – М. : Машиностроение, 1970. – 408 с.
27. Эидзо Одзава Резка листов / Одзава Эидзо // Токусюко = Spec. Steel. – 1991. – Т.40, №11. – С. 24-25.
28. Резка и сварка : комплект решений / Messer Griesheim Schweisstechnik. Представительство по СНГ. – М., 1998. – Вып. : Кислородно-плазменная резка сталей – экономическое и технологическое сравнение с другими термическими методами резки. – 6 с.
29. Лазер вместо дисковых ножниц для продольной резки полос из стали и цветных металлов // Blech Rohne Profile. – 1997. – Т. 44, №6. – С. 26.
30. Никитина Л. А. Лазерная резка / Л. А. Никитина // Обработка металлов давлением. – М.: ЦНИИТЭИчермет, 1989. – Вып. 12. – С. 11.
31. Лазерная техника и технология : учебное пособие для вузов : в 7 кн. / под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : Высш. шк., 1988. Кн. 7 : Лазерная резка металлов / А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. – 1988. – 126 с.
32. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов / К. К. Хренов. – М. : Машиностроение, 1970. – 408 с.

33. Эидзо Одзава Резка листов / Одзава Эидзо // Токусюко = Spec. Steel. – 1991. – Т.40, №11. – С. 24-25.
34. А.с. 1632657 СССР, МКИ В23D31/00. Устройство для обрезки кромок толстых листов/ В. Ф. Потапкин, В. А. Федоринов, В. И. Шпак, В. Н. Кираль (СССР). – №4343877/27; заявл. 15.12.87; опубл. 07.03.91, Бюл. №9.
35. Такаси К. Новый метод продольной резки без заусенца / К. Такаси // Сосэй то како. – 1989. – Т. 30, №346(11). – С. 1567-1571.
36. А.с. 644606 СССР, МКИ<sup>2</sup> В23D15/06. Способ резки толстолистового горячекатаного материала / А. Н. Несмачный, В. И. Роспасиенко, В. Н. Карпушин, М. А. Сигалов, В. Н. Симонов, Б. И. Кушнир (СССР). – №2520060/25-27; заявл. 23.08.77; опубл. 30.01.79, Бюл. №4.
37. А.с. 429900 СССР, МКИ В23D19/04. Дисковые ножницы / Вацлав Хаичек; «Шкода, народни podnik» (ЧССР). – №1663835/25-27; заявл. 24.05.71; опубл. 30.05.74, Бюл. №20.
38. Пат. 4860 Україна, МПК7 В23D19/04. Дискові ножиці / Боровік П.В.; заявник і патентовласник Донбаський гірничо–металургійний інститут. – №20040503435; заявл. 06.05.04; опубл. 15.02.05, Бюл. №2.
39. Пат. 25865 Україна, МПК6 В23D19/00. Ножиці дискові з подавальними роликками/ Гриценко С.А. та ін.; заявник і патентовласник ЗАТ «Новокрамат. маш. з-д». – №200703913; заявлено 10.04.2007, Бюл. №13.
40. Пат. 35365 Україна, МПК6 В23D19/00. Ножиці дискові / Суков Г.С. та ін.; заявник і патентовласник ЗАТ «Новокрамат. маш. з-д». – №200805588; заявлено 29.04.2008, Бюл. №17.
41. Пат. 63571 Україна, МПК7 В23D19/04. Дискові ножиці / Боровік П.В., Селезньов М.Є.; заявник і патентовласник Донбаський державний технічний університет. – №201103732; заявл. 28.03.11; опубл. 10.10.11, Бюл. №19
42. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – М.: Металлургия, 1983, — 415с.

43. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / В.Я. Седуш – Киев-Донецк: Высш. шк., 1981. – 264 с.
44. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: Учебник. Часть 1 / Ю.В. Жиркин – Магнитогорск : МГТУ, 2005. – 230 с.
45. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: Учебник. Часть 2 / Ю.В. Жиркин – Магнитогорск : МГТУ, 2005. – 118 с.
46. Организация и планирование предприятий черной металлургии / Метс А. Ф., Штец К. А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф. И. – М. : Металлургия, 1986 – 560 с.
47. 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.
48. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для вузов / Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов и др. – М. : Высш. шк., 1991 – 176 с. : ил.
49. Бринза В. Н. Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.
50. Депутат О.П. Цивільна оборона. : Підручник для студентів вузів / за ред.. В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2002. – 333 с.

# ДОДАТОК А

## ПРОГРАМА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ НОЖИЦЬ ПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

### А.1 Основна програма

```

%Програма розрахунку енерго-силових параметрів дискових ножиць
clear
set(0,'DefaultAxesFontSize',16,'DefaultAxesFontName','Times New Roman');
set(0,'DefaultTextFontSize',16,'DefaultTextFontName','Times New Roman');

%Кількість груп марок сталей 1 - Ст3; 2 - Сталь16ГС; 3 - Сталь45; 4 -
Сталь65Г
marka=4;
%Вихідні дані для розрахунку
%Число пар ножів
n_knife=2;
%Кількість ділянок поділу осередка різання
ks=1000;
%Умови різання
b = 50; %Ширина відрізуваної кромки, мм
T = 700; %Температура різання
Vo = 0.35; %Окружна швидкість ножів м/с
KPD=0.95; %Коефіцієнт корисної дії приводу ножиць

%Розрахунок показників властивостей матеріалу:
[t_max,eh,f]=PropertyOfSteel(T,marka,Vo);

if n_knife==2 %Діаметр ножів допоміжної пари (ВРАХОВУЄТЬСЯ ТІЛЬКИ ПРИ n>1)
    D1_min = 250; %Мінімальний діаметр
    D1_max = 500; %Максимальний діаметр
    delta_d1 = 50; %Крок приросту по діаметру
    D(2,:) = D1_min:delta_d1:D1_max;
    %Максимальна товщина листа
    h=[50 50 50 50];
    %Глибина проникнення ножів допоміжної пари в метал, мм
    Deep=[1 1 1 1]*16;
    %Относительное внедрение к расчетам
    eh_calc=zeros(n_knife+1,marka);
    eh_calc(1,:)=eh(:);
    eh_calc(2,:)=Deep(:)./h(:);
end

if n_knife>=1 %Діаметр ножів основної пари (ВРАХОВУЄТЬСЯ ТІЛЬКИ ПРИ n>=1)
    %Діаметр дисків основної пари;
    D(1,1:3)=[920 960 1000];
    %Кут нахилу осі ножів (у градусах)
    psi=9;
end

if n_knife==1 %Діаметр ножів увипадку однієї пари дисків
    %Діаметр дисків основної пари;
    D(1,1:3)=[920 960 1000];
    %Кут нахилу осі ножів (у градусах)
    psi=9;
    %Максимальна товщина листа
    h=[40 38 34 34];
    %h=[80 50 50 50];

```

```

%Относительное внедрение к расчетам
eh_calc=zeros(n_knife+1,marka);
eh_calc(1,:)=eh(:);
end

%Розрахунок геометричних параметрів осередку:
[l_h,l_o,alfa,beta,delta]=GeometricParameters(n_knife,T,D,h,eh_calc,psi,marka
,f);
%Коефіцієнт згинання кромки, що враховує збільшення сили за рахунок
%згинання
z1 = -0.0368+0.388*b./h-0.199*(b./h).^2+0.0643*(b./h).^3-
0.0114*(b./h).^4+0.00102*(b./h).^5-(3.62*10^-5)*(b./h).^6;
%Розрахунок силових параметрів на кожній парі ножів
[N1_n,N1,N1r,N1z,QF,Xalfa]=CuttingForce(n_knife,D,h,t_max,eh_calc,marka,l_h,l
_o,delta,z1,ks);

[M0,M1,M2,W0,W1,W2]=CuttingMoment(n_knife,D,N1_n,Xalfa,f,f,alfa,beta,QF,marka
,ks,Vo,KPD);

NamePlot(1,:)= 'Група I ';
NamePlot(2,:)= 'Група II ';
NamePlot(3,:)= 'Група III';
NamePlot(4,:)= 'Група IV ';
thickness=2;
%PlotGrafik(1,D,N1,N1r,N1z,marka,n_knife);
for i=1:marka
    subplot(2,2,i);
    for j=1:n_knife
        if j==1
            if n_knife==1
                plot(D(j,1:3),N1(1:3,i,j)/1000,'b-
p','LineWidth',thickness);hold on;
                plot(D(j,1:3),N1r(1:3,i,j)/1000,'r-
o','LineWidth',thickness);hold on;
                plot(D(j,1:3),N1z(1:3,i,j)/1000,'g-
s','LineWidth',thickness);hold on;
            else
                plot(D(j,1:3),N1(1:3,i,j)/1000,'b-
p','LineWidth',thickness);hold on;
                plot(D(j,1:3),N1r(1:3,i,j)/1000,'r-
o','LineWidth',thickness);hold on;
                plot(D(j,1:3),N1z(1:3,i,j)/1000,'g-
s','LineWidth',thickness);hold on;
            end
        else
            plot(D(j,:),N1(:,i,j)/1000,'b--p','LineWidth',thickness);hold on;
            plot(D(j,:),N1r(:,i,j)/1000,'r--o','LineWidth',thickness);hold
on;
            plot(D(j,:),N1z(:,i,j)/1000,'g--s','LineWidth',thickness);hold
on;
        end
    end
    xlabel('Діаметр, мм');ylabel('Сила, кН');grid on;title(NamePlot(i,:));
end
%legend('1','2','3','4','5','6','Location','BestOutside');
legend('1','2','3','4','5','6','Location','Best');

if n_knife==1
    PlotGrafik(2,D,M0,M1,M2,marka,n_knife);
else
    Dp(1,:)=D(2,:);
end

```



```

Dp(2,:)=D(2,:);
%PlotGrafik(2,Dp,M0(1,:,:),M1(1,:,:),M2(1,:,:),marka,n_knife);
figure(2);
t1(1,:)= 'b-p ';
t1(2,:)= 'b--p';
t2(1,:)= 'r-o ';
t2(2,:)= 'r--o';
t3(1,:)= 'g-s ';
t3(2,:)= 'g--s';
for i=1:marka
    subplot(2,2,i);
    for j=1:n_knife
        plot(Dp(j,:),M0(:,3,i,j)/1000,t1(j,:), 'LineWidth',thickness);hold
on;
        plot(Dp(j,:),M1(:,3,i,j)/1000,t2(j,:), 'LineWidth',thickness);hold
on;
        plot(Dp(j,:),M2(:,3,i,j)/1000,t3(j,:), 'LineWidth',thickness);hold
on;
        grid on;
    end
    xlabel('Діаметр додаткових ножів, мм');ylabel('Момент, кНм');grid
on;title(NamePlot(i,:));
    end
    legend('1','2','3','4','5','6','Location','Best');
    figure(3);
    for i=1:marka
        subplot(2,2,i);
        for j=1:n_knife
            plot(Dp(j,:),W0(:,3,i,j),t1(j,:), 'LineWidth',thickness);hold on;
            plot(Dp(j,:),W1(:,3,i,j),t2(j,:), 'LineWidth',thickness);hold on;
            plot(Dp(j,:),W2(:,3,i,j),t3(j,:), 'LineWidth',thickness);hold on;
            grid on;
        end
        plot(Dp(j,:),W0(:,3,i,1)+W0(:,3,i,2), 'k-
v', 'LineWidth',thickness);hold on;
        xlabel('Діаметр додаткових ножів, мм');ylabel('Потужність, кВт');grid
on;title(NamePlot(i,:));
        end
        legend('1','2','3','4','5','6','7','Location','Best');
    end
end

%Кінець

```

## A.2 Підпрограми

```

function[N1dx,N1,N1r,N1z,Qf,X]=CuttingForce(n_knife,D,h,t_max,
Eh,marka,l_h,l_o,delta,z1,ks)
%Розрахунок силових параметрів на кожній парі ножів

l_r=zeros(size(D,2),marka,n_knife);l_dx=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
X=ones(size(D,2),marka,n_knife,ks+1);
hl=ones(size(D,2),marka,n_knife,ks+1);
Tx=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
Alfa=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
Ny=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
Nyr=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
Nyz=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
N1dx=zeros(size(D,2),marka,n_knife,ks);
N1=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
N1r=zeros(size(D,2),marka,n_knife);

```

```

Nlz=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
Qf=zeros(size(D,2),marka,n_knife);

for i=1:size(D,2)
    for j=1:marka
        for k=1:n_knife
            if D(k,i)>0
                %Довжина осередку різання
                l_r(i,j,k)=(l_h(i,j,k)-l_o(i,j,k));
                %Довжина елементарного об'єму
                l_dx(i,j,k)=l_r(i,j,k)/ks;
                X(i,j,k,1)=l_h(i,j,k);
                hl(i,j,k,1)=h(j)*(1-Eh(k+1,j));
                for z=1:ks%Цикл за кількістю ділянок
                    %Масив локальних координат осередку різання
                    X(i,j,k,z+1)=X(i,j,k,z)-l_dx(i,j,k);
                    %Масив локальних висот в координатах осередку різання
                    hl(i,j,k,z+1)=0.5*D(k,i)*(1-
cos(asin(2*X(i,j,k,z+1)/D(k,i))))-delta(i,j,k);
                    %Масив питомих опорів в координатах осередку різання
                    Tx(i,j,k,z)=t_max(j)*((h(j)-
0.5*(hl(i,j,k,z)+hl(i,j,k,z+1)))/h(j)/Eh(1,j))^0.35;
                    %Кутова координата середини елементарного об'єму
                    Alfa(i,j,k,z)=asin((X(i,j,k,z)+X(i,j,k,z+1))/D(k,i));
                    %Вертикальна сила різання виділеної ділянки осередку
                    різання
                    Nyr(i,j,k,z)=Tx(i,j,k,z)*0.5*(hl(i,j,k,z)+hl(i,j,k,z+1))*l_dx(i,j,k);
                    %Вертикальна сила згинання виділеної ділянки осередку
                    різання
                    Nyz(i,j,k,z)=Nyr(i,j,k,z)*z1(j)*h(j)^2/((hl(i,j,k,z)+hl(i,j,k,z+1))*l_r(i,j,k
));
                    %Вертикальна сила рязання виділеної ділянки осередку
                    різання
                    Ny(i,j,k,z)=Nyr(i,j,k,z)+Nyz(i,j,k,z);
                    %Сила різання повна для видьленого об'єму та сумарна
                    Nldx(i,j,k,z)=Ny(i,j,k,z)/cos(Alfa(i,j,k,z));
                    N1(i,j,k)=N1(i,j,k)+Nldx(i,j,k,z);
                    N1r(i,j,k)=N1r(i,j,k)+Nyr(i,j,k,z)/cos(Alfa(i,j,k,z));
                    N1z(i,j,k)=N1z(i,j,k)+Nyz(i,j,k,z)/cos(Alfa(i,j,k,z));
                end
                Qf(i,j,k)=0.2*N1(i,j,k); %Сила опору руху металу в ножах
            end
        end
    end
end

function [M0,M1,M2,W0,W1,W2]=CuttingMoment(n_knife,D,DForce,Xa,f1,f2,
zahvat,skol,QF,marka,NN,Vo,KPD)

%Розрахунок крутних моментів верхнього (1), нижнього (2), сумарного (3)
%розмірність кНм
%Розрахунок потужностей верхнього (1), нижнього (2), сумарного (3)
%розмірність кВт
if n_knife==1
    gamma=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
    M0=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
    M1=zeros(size(D,2),marka,n_knife);

```

```

M2=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
for i=1:size(D,2);
    for j=1:marka
        %Итерацийна процедура для визначення критичного кута
        Xalfa(:)=asin(2*Xa(i,j,1,:)/D(1,i));
        gam-
ma(i,j,1)=IterGamma(NN,DForce(i,j,1,:),Xalfa,f1(j),f2(j),zahvat(i,j,1),skol(i
,j,1),QF(i,j,1),n_knife);
        %disp(gamma);
        %Вычисляем моменты
        R=D/2000;
        for k=1:NN;
            if(Xalfa(k+1)>gamma(i,j))
                %Зона відставання

M1(i,j,n_knife)=M1(i,j,n_knife)+DForce(i,j,n_knife,k)*f1(j)*R(1,i);

M2(i,j,n_knife)=M2(i,j,n_knife)+DForce(i,j,n_knife,k)*f2(j)*R(1,i)*(cos((Xalf
a(k+1)+Xalfa(k))/2)+f1(j)*sin((Xalfa(k+1)+Xalfa(k))/2));
            end
            if(Xalfa(k)<gamma(i,j))
                %Зона випередження
                M1(i,j,n_knife)=M1(i,j,n_knife)-
DForce(i,j,n_knife,k)*f1(j)*R(1,i);

M2(i,j,n_knife)=M2(i,j,n_knife)+DForce(i,j,n_knife,k)*f2(j)*R(1,i)*(cos((Xalf
a(k+1)+Xalfa(k))/2)-f1(j)*sin((Xalfa(k+1)+Xalfa(k))/2));
            end
            if(Xalfa(k)>=gamma(i,j)&&gamma(i,j)>=Xalfa(k+1))
                %Критичний кут належить даному елементу

M1(i,j,n_knife)=M1(i,j,n_knife)+DForce(i,j,n_knife,k)*f1(j)*R(1,i)*(Xalfa(k)+
Xalfa(k+1)-2*gamma(i,j))/(Xalfa(k)-Xalfa(k+1));

M2(i,j,n_knife)=M2(i,j,n_knife)+DForce(i,j,n_knife,k)*f2(j)*R(1,i)*(cos((Xalf
a(k+1)+Xalfa(k))/2)+f1(j)*sin((Xalfa(k+1)+Xalfa(k))/2)*(Xalfa(k)+Xalfa(k+1)-
2*gamma(i,j))/(Xalfa(k)-Xalfa(k+1)));
            end
            M0(i,j,n_knife)=M1(i,j,n_knife)+M2(i,j,n_knife);
            end
            W0=M0(i,j,n_knife)*Vo/R(1,i)/KPD/1000;
            W1=M1(i,j,n_knife)*Vo/R(1,i)/KPD/1000;
            W2=M2(i,j,n_knife)*Vo/R(1,i)/KPD/1000;
        end
    end
else
    M0=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    M1=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    M2=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    W0=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    W1=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    W2=zeros(size(D,2),size(D,2),marka,n_knife);
    Xalfa=zeros(n_knife,NN+1);
    DF=zeros(n_knife,NN);
    for il=1:size(D,2);%Цикл за кількістю можливих діаметрів ножів основної
пари
        if D(1,il)>0%виключаємо зайві розрахунки
            for j=1:marka %Цикл за маркою сталі
                for i2=1:size(D,2) %Цикл за кількістю можливих діаметрів
ножів додаткової пари
                    for k=1:NN+1 %Цикл за кількістю поділів осередку різання
                        Xalfa(1,k)=asin(2*Xa(i1,j,1,k)/D(1,i1));
                        Xalfa(2,k)=asin(2*Xa(i2,j,2,k)/D(2,i2));
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

for k=1:NN %Цикл за кількістю поділів осередку різання
    DF(1,k)=DForce(i1,j,1,k);
    DF(2,k)=DForce(i2,j,2,k);
end
Qforce(1)=QF(i1,j,1);
Qforce(2)=QF(i2,j,2);
Zah(1)=zahvat(i1,j,1);
Zah(2)=zahvat(i2,j,2);
Scol(1)=skol(i1,j,1);
Scol(2)=skol(i2,j,2);
%Запуск ітераційної процедури визначення критичного кута
gam-
ma=IterGamma(NN,DF,Xalfa,f1(j),f2(j),Zah,Scol,Qforce,n_knife);
disp([D(1,i1),D(2,i2),gamma]);
%Обчислюємо моменти різання
R(1)=D(1,i1)/2000;
R(2)=D(2,i2)/2000;
%disp(R);
for z=1:n_knife
    for k=1:NN
        if(Xalfa(z,k+1)>gamma)
            %Зона відставання
            M1(i2,i1,j,z)=M1(i2,i1,j,z)+DF(z,k)*f1(j)*R(z);

M2(i2,i1,j,z)=M2(i2,i1,j,z)+DF(z,k)*f2(j)*R(z)*(cos((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))
/2)+f1(j)*sin((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))/2));
            end
            if(Xalfa(z,k)<gamma)
                %Зона випередження
                M1(i2,i1,j,z)=M1(i2,i1,j,z)-
DF(z,k)*f1(j)*R(z);

M2(i2,i1,j,z)=M2(i2,i1,j,z)+DF(z,k)*f2(j)*R(z)*(cos((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))
/2)-f1(j)*sin((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))/2));
            end
            if(Xalfa(z,k)>=gamma&&gamma>=Xalfa(z,k+1))
                %Критичний кук належить до даного елемента
M1(i2,i1,j,z)=M1(i2,i1,j,z)+DF(z,k)*f1(j)*R(z)*(Xalfa(z,k)+Xalfa(z,k+1)-
2*gamma)/(Xalfa(z,k)-Xalfa(z,k+1));

M2(i2,i1,j,z)=M2(i2,i1,j,z)+DF(z,k)*f2(j)*R(z)*(cos((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))
/2)+f1(j)*sin((Xalfa(z,k+1)+Xalfa(z,k))/2)*(Xalfa(z,k)+Xalfa(z,k+1)-
2*gamma)/(Xalfa(z,k)-Xalfa(z,k+1)));
            end
            %Сумарний моент парюю ножів
            M0(i2,i1,j,z)=M1(i2,i1,j,z)+M2(i2,i1,j,z);
        end
        W0(i2,i1,j,z)=M0(i2,i1,j,z)*Vo/R(z)/KPD/1000;
        W1(i2,i1,j,z)=M1(i2,i1,j,z)*Vo/R(z)/KPD/1000;
        W2(i2,i1,j,z)=M2(i2,i1,j,z)*Vo/R(z)/KPD/1000;
    end
end
end
end
end
end

function[L_h,L_o,alfa,beta,delta]=GeometricParameters(n_knife,T,D,h,Eh,
psi,marka,f)

psi = psi*pi/180; %Перехід у радіани кута нахилу осі ножів

```

```

%Граничні значення товщин, що ріжуться при одній парі дисків в залежності
%від температури
LimitTemp=[400 500; 500 600; 600 650; 650 700; 700 750];
LimitH=[30 25 25 22; 32 30 30 25; 36 34 34 28; 40 38 38 32; 40 38 34 34];

%Задаємо розміри масивів параметрів
delta=zeros(size(D,2),marka,n_knife);L_h=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
L_o=zeros(size(D,2),marka,n_knife);alfa=zeros(size(D,2),marka,n_knife);
beta=zeros(size(D,2),marka,n_knife);

%У випадку різання однією парою дисків
if n_knife==1
    %Перевірка граничної товщини
    for i=1:size(LimitTemp,1)
        if T>=LimitTemp(i,1) && T<LimitTemp(i,2)
            for j=1:marka
                if h(j)>LimitH(i,j)
                    disp('Помилка "Завелика товщина" - функція GeometricPa-
rameters');
                    disp('Група марок сталей'); disp(j);
                    %break;
                end
            end
        end
    end
    end
    end
    end
    %Рекомендована величина зазору між дисками по осі ножів
    deltaR=0.2*h;
    %Розрахунок параметрів осередку різання
    for i=1:size(D,2)
        if D(1,i)>0
            for j=1:marka
                %Зазор в вертикальній площині
                delta(i,j,1)=D(1,i)-(D(1,i)+deltaR(j))*cos(psi);
                %Відстань між вхідним перетином і вертикальною віссю
                %верхнього диска на першій парі ножів
                L_h(i,j)=sqrt((0.5*D(1,i))^2-(0.5*D(1,i)-h(j)-
delta(i,j,1))^2);
                %Відстань між перетином скола і вертикальною віссю
                %верхнього диска (має значення тільки для останньої пари
                %ножів)
                L_o(i,j,1)= sqrt((0.5*D(1,i))^2-(0.5*D(1,i)-h(j)*(1-Eh(1,j))-
delta(i,j,1))^2);
                %Кут захоплення металу ножами
                alfa(i,j,1)= asin(2*L_h(i,j,1)/D(1,i));
                %Кут сколу
                beta(i,j,1)= asin(2*L_o(i,j,1)/D(1,i));
            end
        end
    end
end
end

%У випадку різання однією парою дисків
if n_knife==2
    %Величина зазору між дисками по осі ножів
    for i=1:marka
    %end
    %Розрахунок параметрів осередку різання
    for i=1:size(D,2)
        for j=1:marka
            for k=1:n_knife
                if D(k,i)>0
                    %Зазор в вертикальній площині
                    if k==1

```



```

end
%Невязка
Qsum=abs (Wconst+Wg1-Wg2-QF+ (2*AL-2*gamma) *KW) ;
%Расчетное значение угла
gammaN=0.5* (Wconst+Wg1-Wg2-QF) /KW+AL;
if (gammaN<skol)
    gammaN=skol;
end
if (gammaN>zahvat)
    gammaN=zahvat;
end
gamma=(gammaN+gamma) /2;
iter=iter+1;
end
else
%Первое приближение критического угла
gamma=(zahvat (1)+skol (1)) /2;
iter=0;Qsum=100;
while (Qsum>0.001&&iter<ITERmax)
    %Постоянная составляющая мощности
    Wconst=0;
    Wg1=0;Wg2=0;
    for z=1:n_knife
        for j=1:NN;
            ALFAsr=(Xalfa (z,j)+Xalfa (z,j+1)) /2;
            Wconst=Wconst+DForce (z,j) * (f2*cos (ALFAsr)-sin (ALFAsr)) ;
            if (Xalfa (z,j+1)>gamma)
                %Зона отставания
                Wg1=Wg1+DForce (z,j) *f1* (cos (ALFAsr)+f2*sin (ALFAsr)) ;
            end
            if (Xalfa (z,j)<gamma)
                %Зона опережения
                Wg2=Wg2+DForce (z,j) *f1* (cos (ALFAsr)+f2*sin (ALFAsr)) ;
            end
            if (Xalfa (z,j)>=gamma&&gamma>=Xalfa (z,j+1))
                %Критический угол принадлежит данному элементу
                KW=(DForce (z,j) *f1* (cos (ALFAsr)+f2*sin (ALFAsr)) ) / (Xalfa (z,j)-Xalfa (z,j+1)) ;
                AL (z)=ALFAsr;
            end
        end
    end
    end
    if gamma>0
        %Невязка
        Qsum=abs (Wconst+Wg1-Wg2-sum (QF) + (2*AL (1) -2*gamma) *KW) ;
        %Расчетное значение угла
        gammaN=0.5* (Wconst+Wg1-Wg2-sum (QF) ) /KW+AL (1) ;
        if gammaN<skol (1)
            gammaN=skol (1) ;
        end
        if gammaN>zahvat (1)
            gammaN=zahvat (1) ;
        end
        gamma=(gammaN+gamma) /2;
    end
    iter=iter+1;
    mass (iter)=gamma;
    Qmass (iter)=Qsum;
end
end
if Qsum>0.001
    gamma=0.5* (min (mass) +max (mass) ) ;
    priost=0.000001;
    iter=0;Qsum=100;
end

```

```

while (Qsum>0.001&&iter<ITERmax)
    %Постоянная составляющая мощности
    Wconst=0;
    Wg1=0;Wg2=0;
    for z=1:n_knife
        for j=1:NN;
            ALFAsr=(Xalfa(z,j)+Xalfa(z,j+1))/2;
            Wconst=Wconst+DForce(z,j)*(f2*cos(ALFAsr)-sin(ALFAsr));
            if(Xalfa(z,j+1)>gamma)
                %Зона отставания
                Wg1=Wg1+DForce(z,j)*f1*(cos(ALFAsr)+f2*sin(ALFAsr));
            end
            if(Xalfa(z,j)<gamma)
                %Зона опережения
                Wg2=Wg2+DForce(z,j)*f1*(cos(ALFAsr)+f2*sin(ALFAsr));
            end
            if(Xalfa(z,j)>=gamma&&gamma>=Xalfa(z,j+1))
                %Критический угол принадлежит данному элементу
            end
        end
    end
    KW=(DForce(z,j)*f1*(cos(ALFAsr)+f2*sin(ALFAsr)))/(Xalfa(z,j)-Xalfa(z,j+1));
    AL(z)=ALFAsr;
end
end
if gamma>0
    %Невязка
    Qsum=abs(Wconst+Wg1-Wg2-sum(QF)+(2*AL(1)-2*gamma)*KW);
    if iter==0
        QsumMax=Qsum;
        gamma0=gamma;
    else
        if QsumMax<Qsum
            QsumMax=Qsum;
            prirost=prirost*0.75;
        else
            QsumMax=Qsum;
            gamma0=gamma;
        end
    end
    %Расчетное значение угла
    gamma=gamma+sign(Wconst+Wg1-Wg2-sum(QF)+(2*AL(1)-
2*gamma)*KW)*prirost;
    if gammaN<skol(1)
        gammaN=skol(1);
    end
    if gammaN>zahvat(1)
        gammaN=zahvat(1);
    end
end
end
iter=iter+1;
mass(iter)=gamma;
Qmass(iter)=Qsum;
end
end

```

```
function[t_max,eh,f1]=PropertyOfSteel(T,marka,vl)
```

```
%Створення масиву змінних, що описують властивості матеріалу:
```

```
a(1,1)= -542.92;
```

```
a(1,2)= 10.308;
```

```
a(1,3)= -31.608*10^-3;
```

```
a(1,4)= 35.394*10^-6;
```

```
a(1,5)= -13.542*10^-9;
```



```

a(2,1)= -2455.1;
a(2,2)= 23.259;
a(2,3)= -63.299*10^-3;
a(2,4)= 69.398*10^-6;
a(2,5)= -27.083*10^-9;
a(3,1)= -1015.6;
a(3,2)= 16.589;
a(3,3)= -50.618*10^-3;
a(3,4)= 57.824*10^-6;
a(3,5)= -22.917*10^-9;
a(4,1)= -150.6;
a(4,2)= 8.3956;
a(4,3)= -22.472*10^-3;
a(4,4)= 18.796*10^-6;
a(4,5)= -4.1667*10^-9;

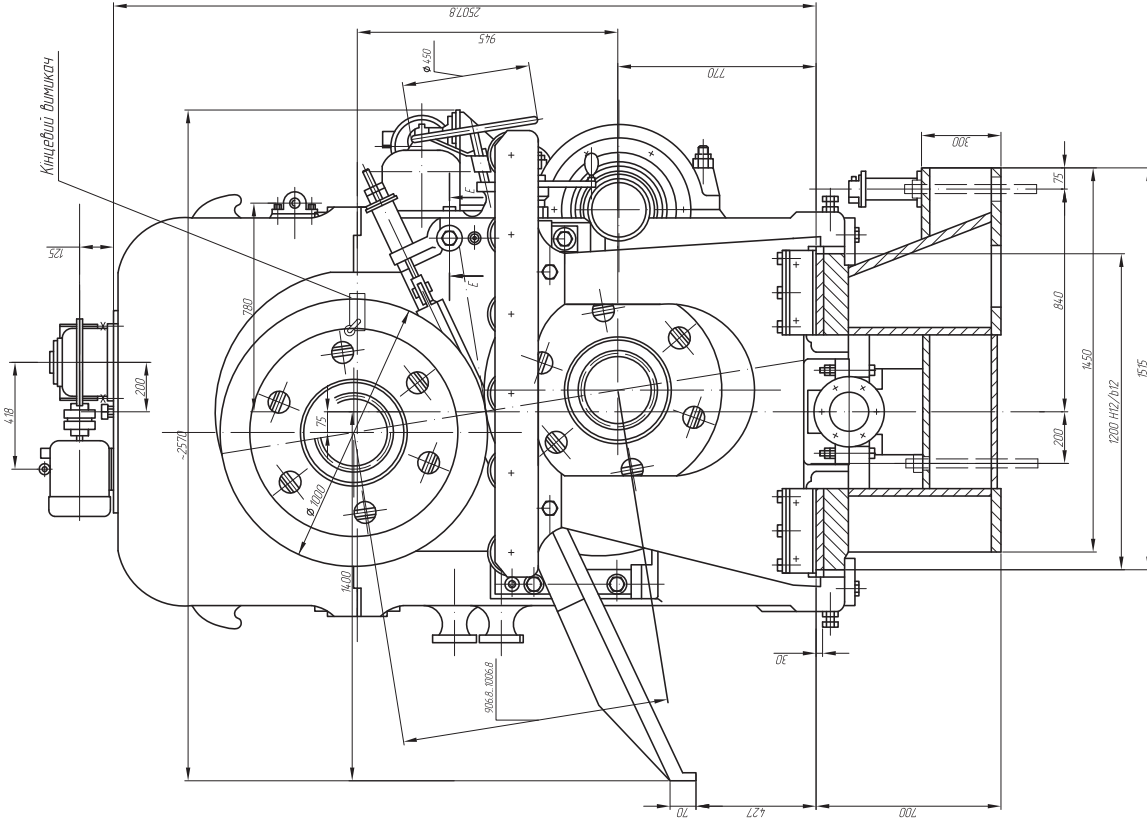
%Величина відносного впровадження до сколу
eh(1:marka)=0.3+0.7*(T-400)/500;
%Коефіцієнт стану поверхні інструменту
k_n = 1.2;
%Коефіцієнт, що враховує процентний вміст вуглецю в сталі
k_m =[1.2 1.3 1.1 1];
%Коефіцієнт швидкості протікання процесу
if v1>0&&v1<1
    k_v = 1; %при 0<V1<1
else
    if V1>=1&&v1<2.5
        k_v = 0.9; %при 1=<V1<2.5
    else
        if V1>=2.5&&v1<3
            k_v = 0.75; %при 2.5=<V1<3
        else
            if V1>=3&&v1<4
                k_v = 0.65; %при 3=<V1<4
            else
                if V1>=4&&v1<5
                    k_v = 0.55; %при 4=<V1<5
                else
                    k_v = 0.5; %при V1>=5
                end
            end
        end
    end
end
end
end
G=zeros(1,marka);t_max=zeros(1,marka);f1=zeros(1,marka);
for i=1:marka
    %Опір текучості матеріалу
    G(i)=a(i,1)+a(i,2)*T+a(i,3)*T^2+a(i,4)*T^3+a(i,5)*T^4;
    %Максимальний опір різанню
    t_max(i)=(1.9035*G(i))/(2.35-1.35*eh(i));
    %Коефіцієнт тертя між листом та ножом
    f1(i)=k_n*k_m(i)*k_v*(0.5319-0.00115*T+1.337*10^-6*T^2); %Коефіцієнт тер-
    тя між верхнім диском і відрізуваною кромкою
end

```

**ДОДАТОК Б**  
**КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ**

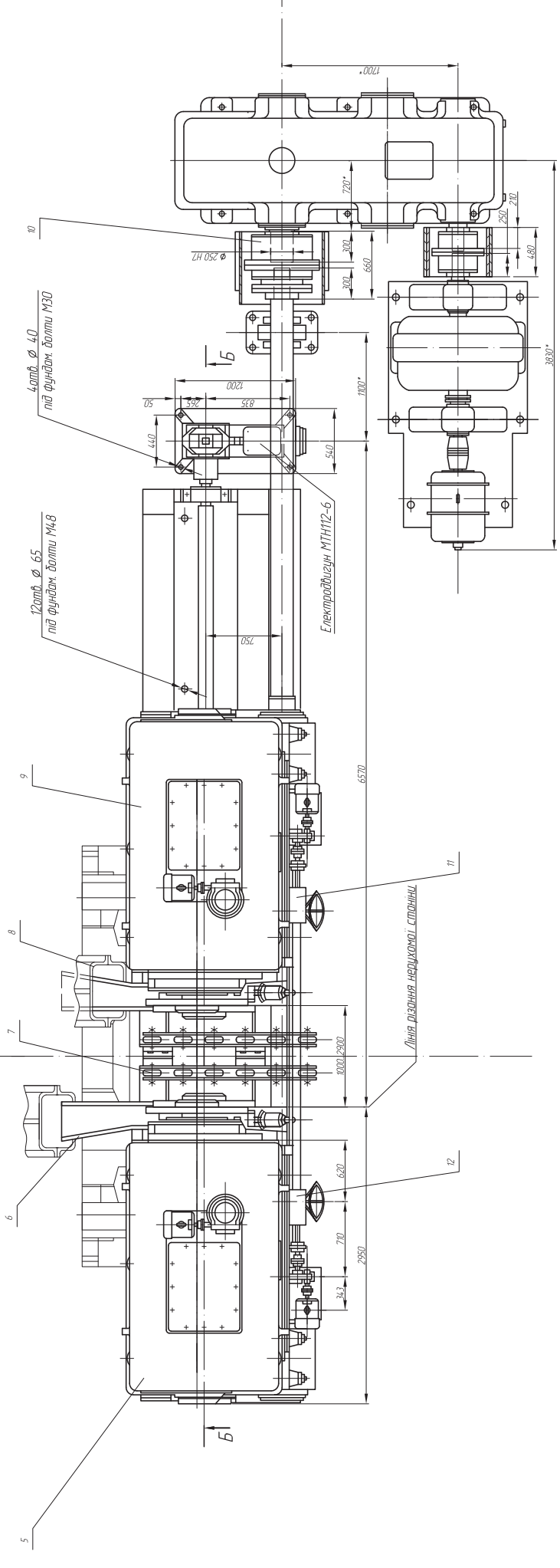
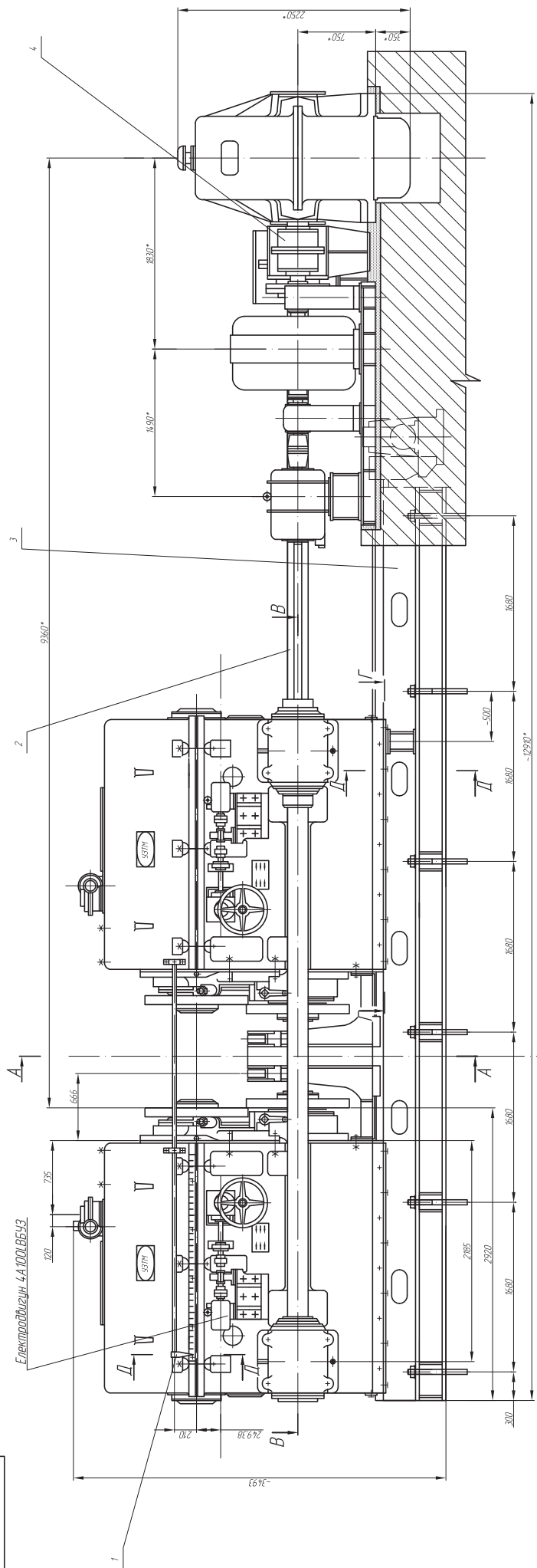


A - A  
(1/10)



1. Толщина листа, максимальная:  
в холодном стане до 30 мм.  
в горячем стане до 40 мм.
2. Минимальная ширина листов 1000 мм
3. Максимальная ширина листов 2600 мм
4. Максимальная ширина крошки, що обробляється, 160 мм.
5. Швидкість різання при номінальному діаметрі ножа 0,35 м/с.
6. Діаметр ножа 1000 мм
7. Минимальная відстань між ножами 1000 мм
8. Максимальная відстань між ножами 2900 мм
9. Осьове перекриття ножа 3,5 мм.
10. Відстань між верхнім і нижнім клином у статичному стані 0,5

МД 133.0100 СК		Лист	Колір	Масштаб
Діаметр	79160	Діаметр	79160	1:20
Діаметр 1	Діаметр 2	Діаметр 1	Діаметр 2	СНУ м.В. Діагр
Діаметр	Діаметр	Діаметр	Діаметр	МЖК-1713



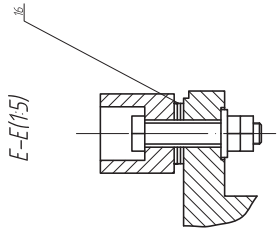
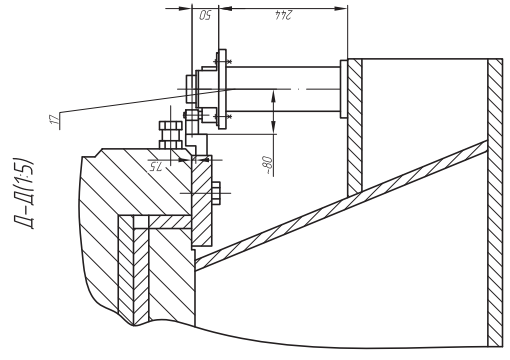
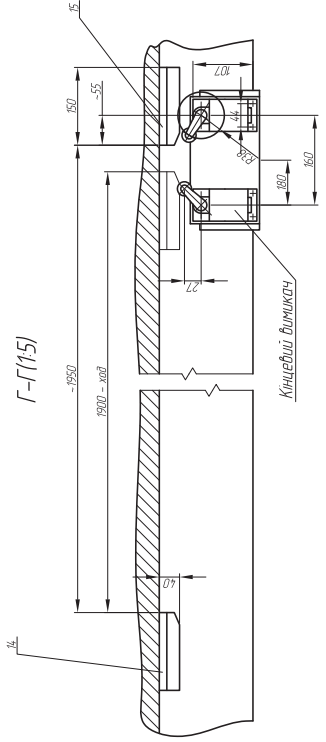
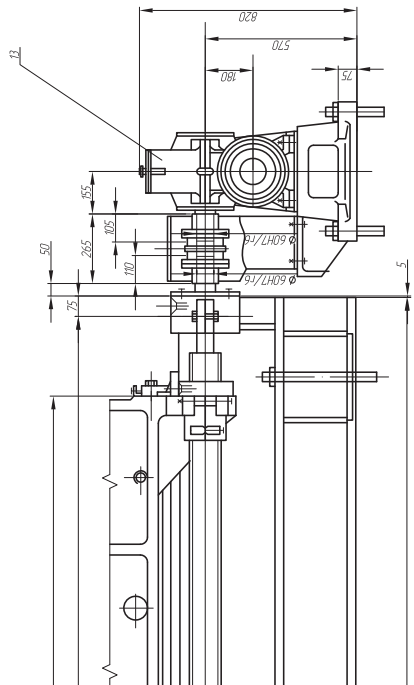
Електрооб'язуєч. 4А1001.6543

4штв. Ø 40  
під фундам. болти М30

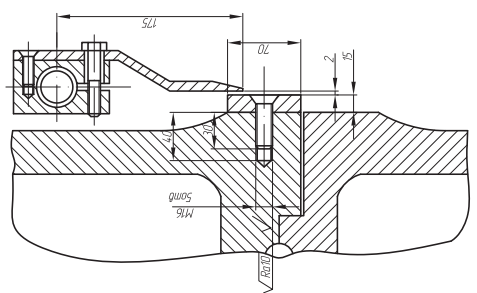
12штв. Ø 65  
під фундам. болти М48

Електрооб'язуєч. МТН12-6

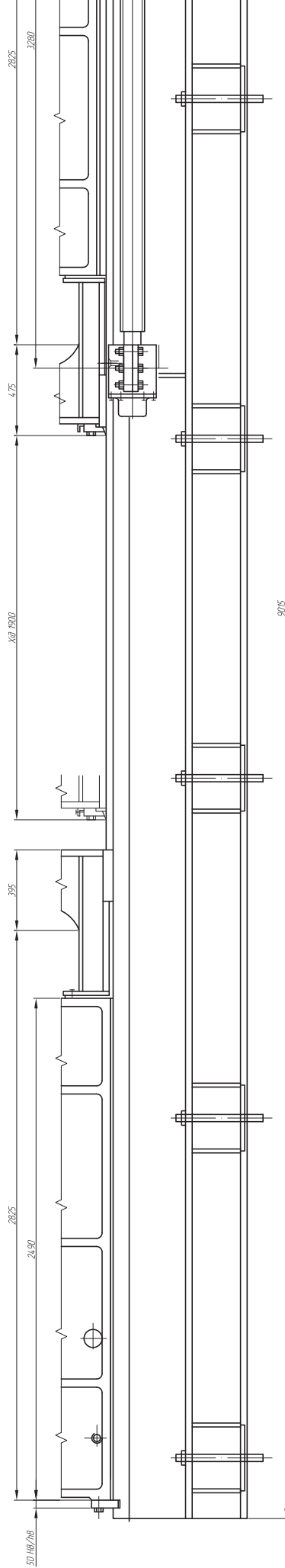
Лінія ділення нерухомої станиці



Ж-Ж(12,5)

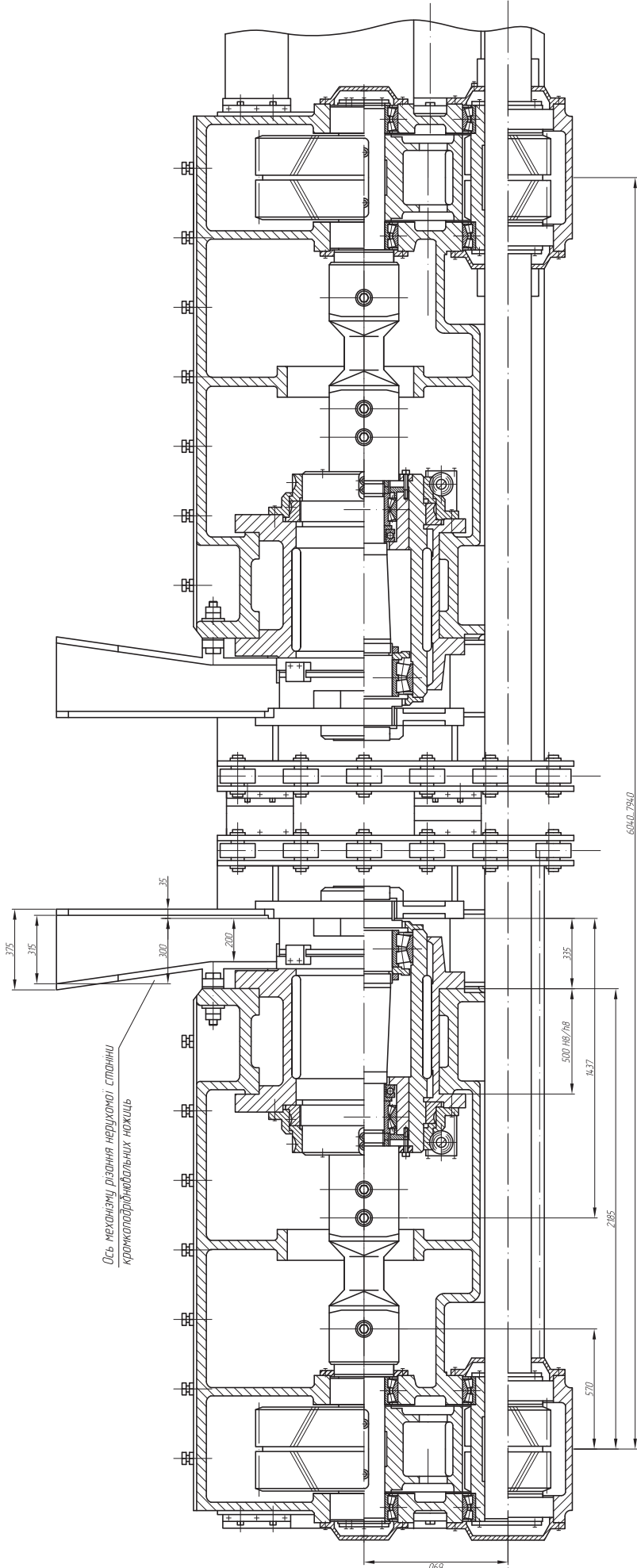


Б-Б(110)



9075

В-В(110)



604.6 мм/2.0

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			МО 133.01.00 СК	Загальний вигляд		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Показчик	1	
		2		Вал приводний	1	
		3		Напрямні змеханізмом пересування	1	
		4		Муфта зубчата	1	
		5		Станина нерухома	1	
		6		Проводка ліва	1	
		7		Ролики напрямні	1	
		8		Провалка права	1	
		9	МО 133.01.00 СК	Станина рухома	1	
		10		Муфта зубчата	1	
		11		Механізм осьового регулювання верхнього ножа (правий)	1	
		12		Механізм осьового регулювання верхнього ножа (лівий)	1	
		13		Привод пересування станини	1	
				<u>Деталі</u>		
		14		Лінійка	1	
		15		Лінійка	1	
		16		Прокладка	8	
		17		Стійка	1	

				<b>МО 133.01.00</b>				
Змін	Аркцш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Іванов				Дискові ножиці	Літера	Аркцш	Аркцшів
Перевірив	Боровік					Н		
Н.контр.	Боровік				СНУ ім. В. Даля ММК-17мз			
Затв.	Архипов							







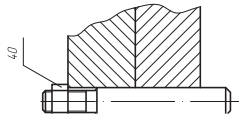
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			МО 133.01.09.00 СК	Станина рухома		
				<u>Сбіральні одиниці</u>		
		1		Редуктор черв 'ячний	1	
		2		Шпindelь універсальний	2	
		3		Шпindelь універсальний	1	
		4	МО 133.01.09.04.00 СК	Механізм різання прабий	1	
		5		Напівмуфта	1	
				<u>Деталі</u>		
		6		Кришка	1	
		7		Кришка права	1	
		8		Станина рухома	1	
		9		Планка	2	
		10		Лист 24	1	
		11		Болт М24	14	
		12		Показчик	1	
		13		Шпилька	4	
		14		Кришка	1	
		15		Лист 6	1	
		16		Напівкільце	2	
		17		Кільце	1	
		18		Вал	2	

				<b>МО 133.01.09</b>				
Змін	Аркцш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Іванов				Станина рухома	Літера	Аркцш	Аркцшів
Перевірив	Боровік						1	3
Н.контр.	Боровік				СНУ ім. В. Даля ММК-17мз			
Затв.	Архипов							

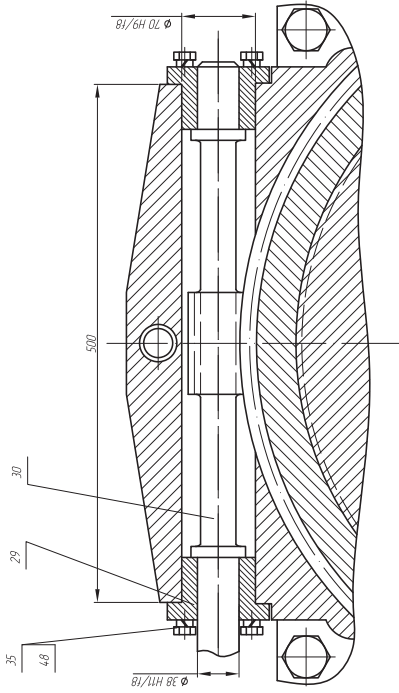
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл-ть	Примітка
		19		Шпанка	2	
		20		Кришка глуха	2	
		21		Планка	2	
		22		Гвинт	2	
		23		Шайба	2	
		24		Планка	4	
		25		Болт	40	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		26		М 10х90	4	
		27		М 12х25	12	
		28		М 16х90	2	
		29		М 20х50	24	
		30		М 42х90	16	
		31		М 42х300	6	
				Гайка ГОСТ 5915-70		
		32		М 10-010	4	
		33		М 16-010	4	
		34		М 20-010	2	
		35		М 24-010	14	
		36		М 42-010	6	
		37		Гайка М 48.5 ГОСТ 5918-73	8	
		38		Гвинт М 6х10.58 ГОСТ 17473-80	4	
		39		Гвинт М8х16.56 ГОСТ 1478-93	1	
		40		Гвинт М10х20.58 ГОСТ 17473-80	4	
		41		Гвинт М16х35.58 ГОСТ 1491-80	4	
		42		Муфта МУВП 1-28/2 ГОСТ 21424-93	1	
		43		Марка заводу №3	1	
		44		Прокладка 55/42х1,5 ГОСТ 15180-86	1	
			Іванов			
			Боровік			
Змін	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	МО 133.01.09	
					Аркуш	2



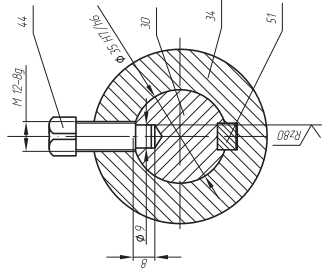
E O (12)



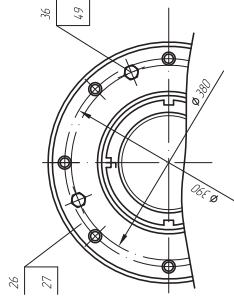
A-A(1,2,5)



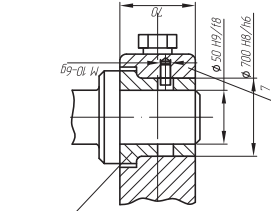
F-F(1,1)



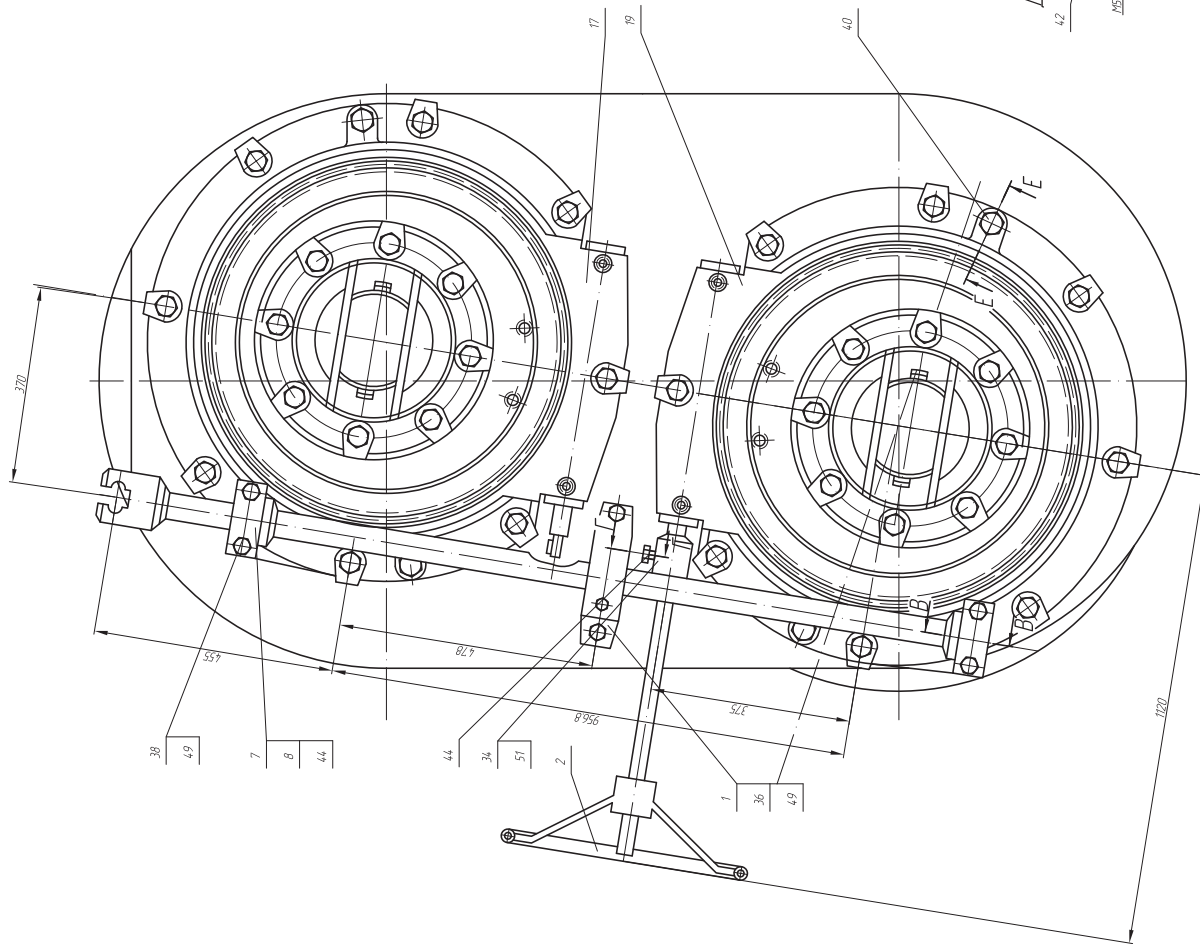
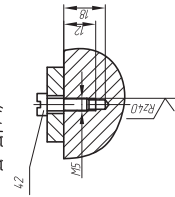
B-B



B-B(1,2,5)



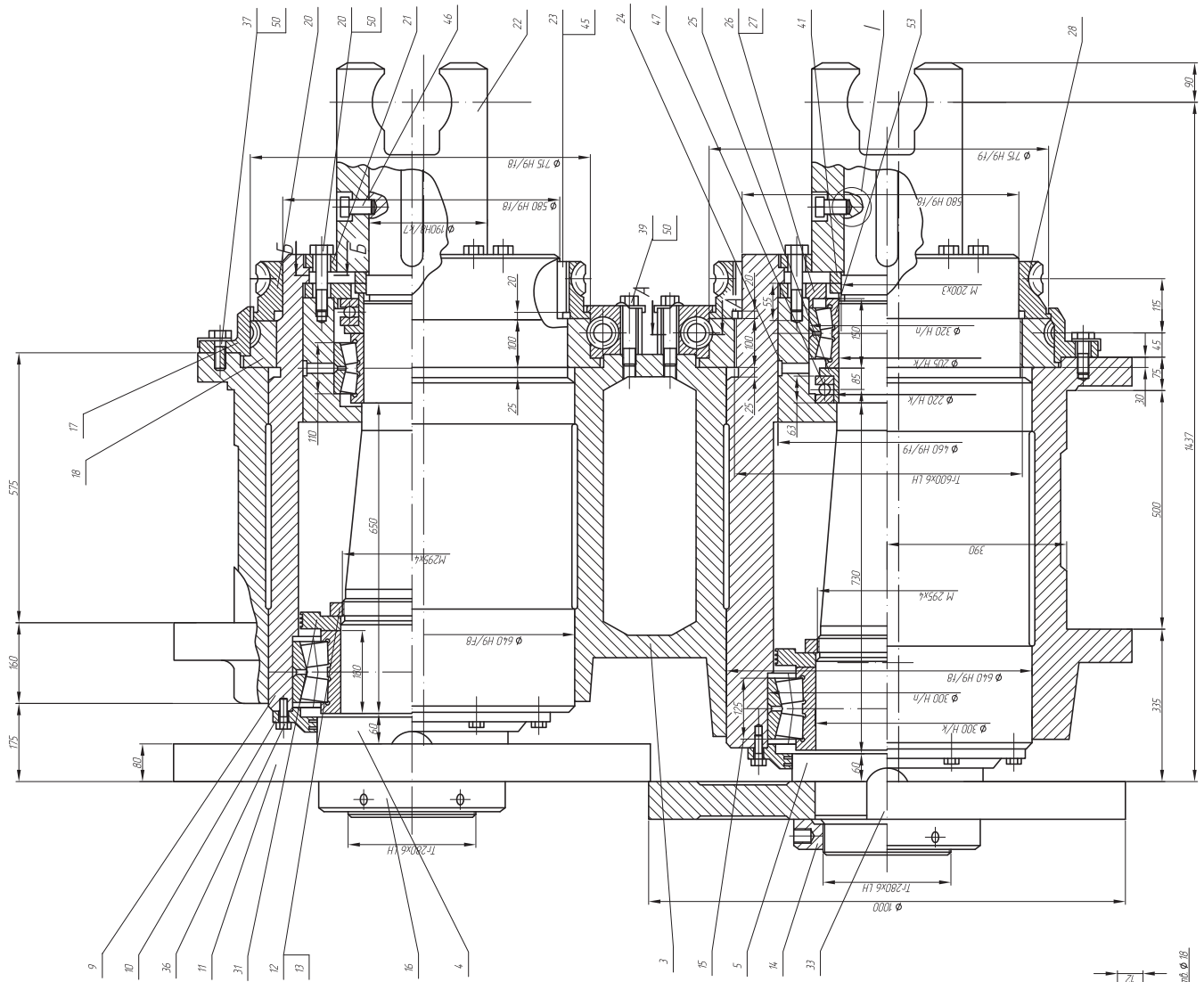
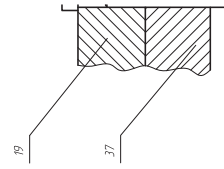
D-D(1,1)



1. При складанні забезпечити вільне без задирання проривання сталевої в розлучувальних об'єктах.
2. Сумарний осьовий люфт підшипників втримати в межах 0-0,15 мм.
3. Осевий люфт черв'яка втримати в межах 0,5-1 мм за розручок прорезу вкладки.
4. Положення кінцевих виміксів щодо осей повинні забезпечувати підарот верхнього і нижнього сталевої на 80° і зупинку сталевої в крайніх положеннях з таким розручком шов реєка на верхньому сталевої в номінальному, вказаному на кресленні положенні, для додання нульового положення шкали.

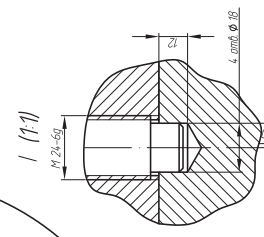
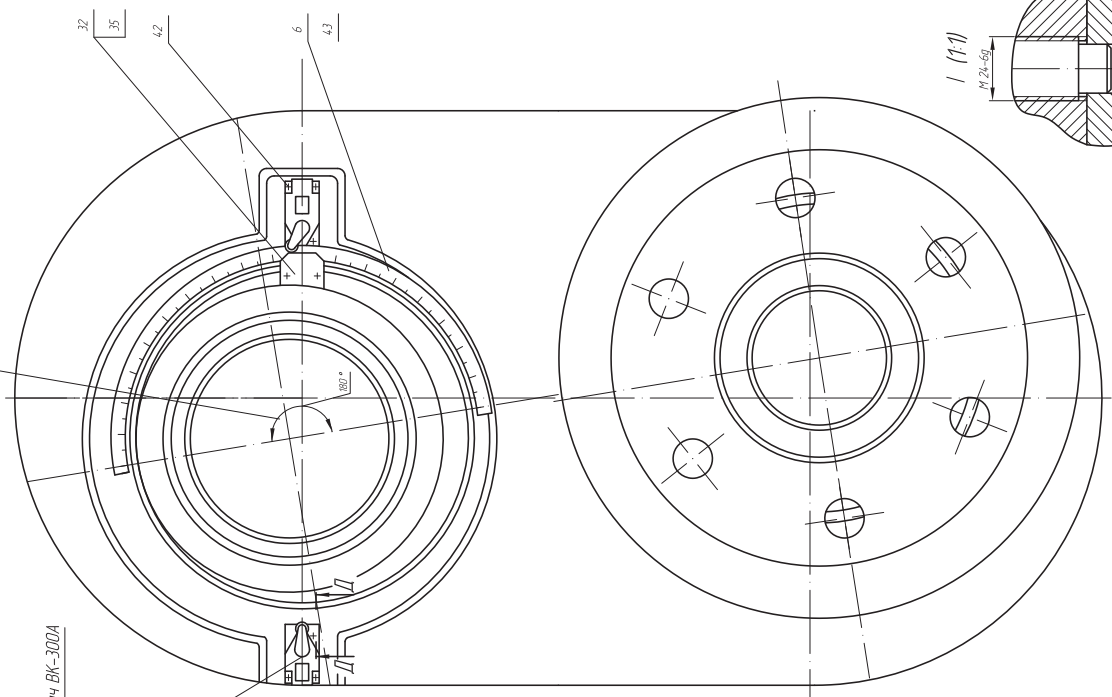
Модель		Масштаб	
Лист	Мета	Лист	Мета
9580	15	9580	15
Механізм різання проробів		Механізм різання проробів	
СНУ ім. В. Даля		СНУ ім. В. Даля	
МУЖ-1743		МУЖ-1743	
Модель		Модель	
Лист	Кресло	Лист	Кресло
9580	15	9580	15
Механізм різання проробів		Механізм різання проробів	
СНУ ім. В. Даля		СНУ ім. В. Даля	
МУЖ-1743		МУЖ-1743	

МО 133.0109.04.00 СК



Діапазон регулювання роботи механізму регулювання міжцентрової відстані ножиць

Кінцевий вимикач ВК-300А



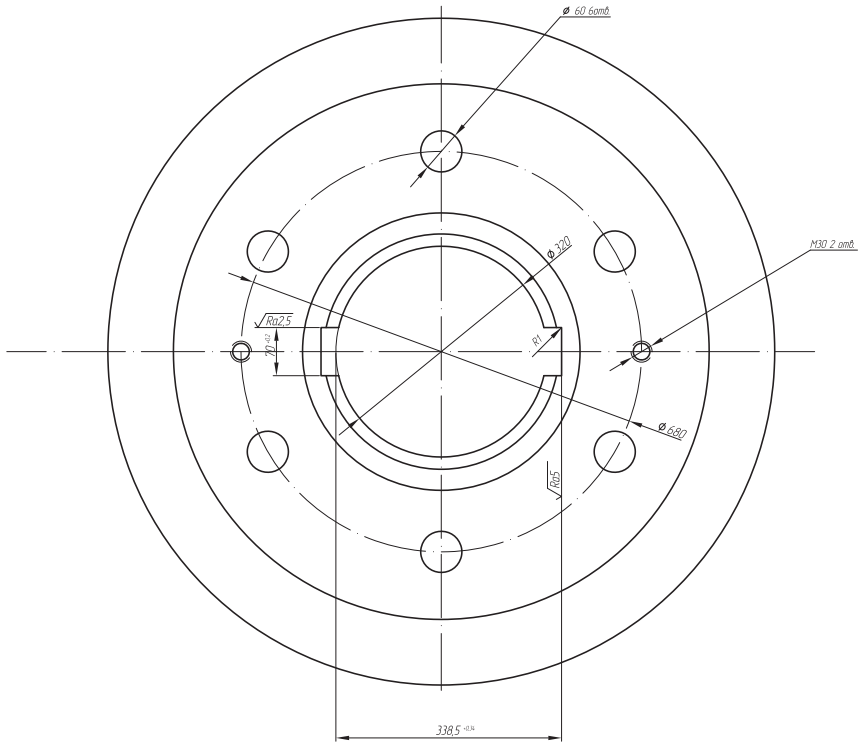
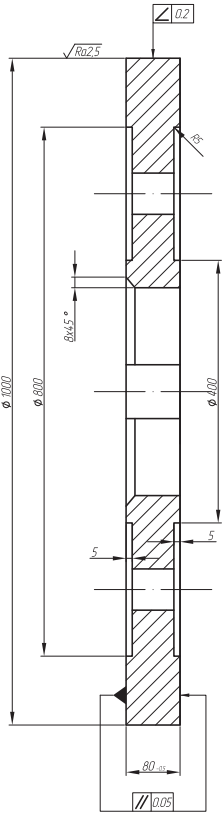
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			МО 133.01.09.04.00 СК	Мезанізм різання правий		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Стійка	1	
		2		Штурвал	1	
				<u>Деталі</u>		
		3		Обійма права	1	
		4	МО 133.01.09.04.04	Вал верхній	1	
		5		Вал нижній	1	
		6		Шкала права	1	
		7		Кришка	2	
		8		Вкладень	4	
		9		Стакан верхній	1	
		10		Кришка наскрізна	2	
		11	МО 133.01.09.04.11	Ніж	2	
		12		Гайка	2	
		13		Шайба стопорна	2	
		14		Гайка права	1	
		15		Стакан нижній	1	
		16		Гайка ліва	1	
		17		Фланець правий	1	

				<b>МО 133.01.09.04</b>			
Змін	Аркцш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Іванов				Літера	Аркцш	Аркцшів
Перевірив	Боровік					1	3
Н.контр.	Боровік				СНУ ім. В. Даля ММК-17мз		
Затв.	Архипов						
					Механізм різання правий		



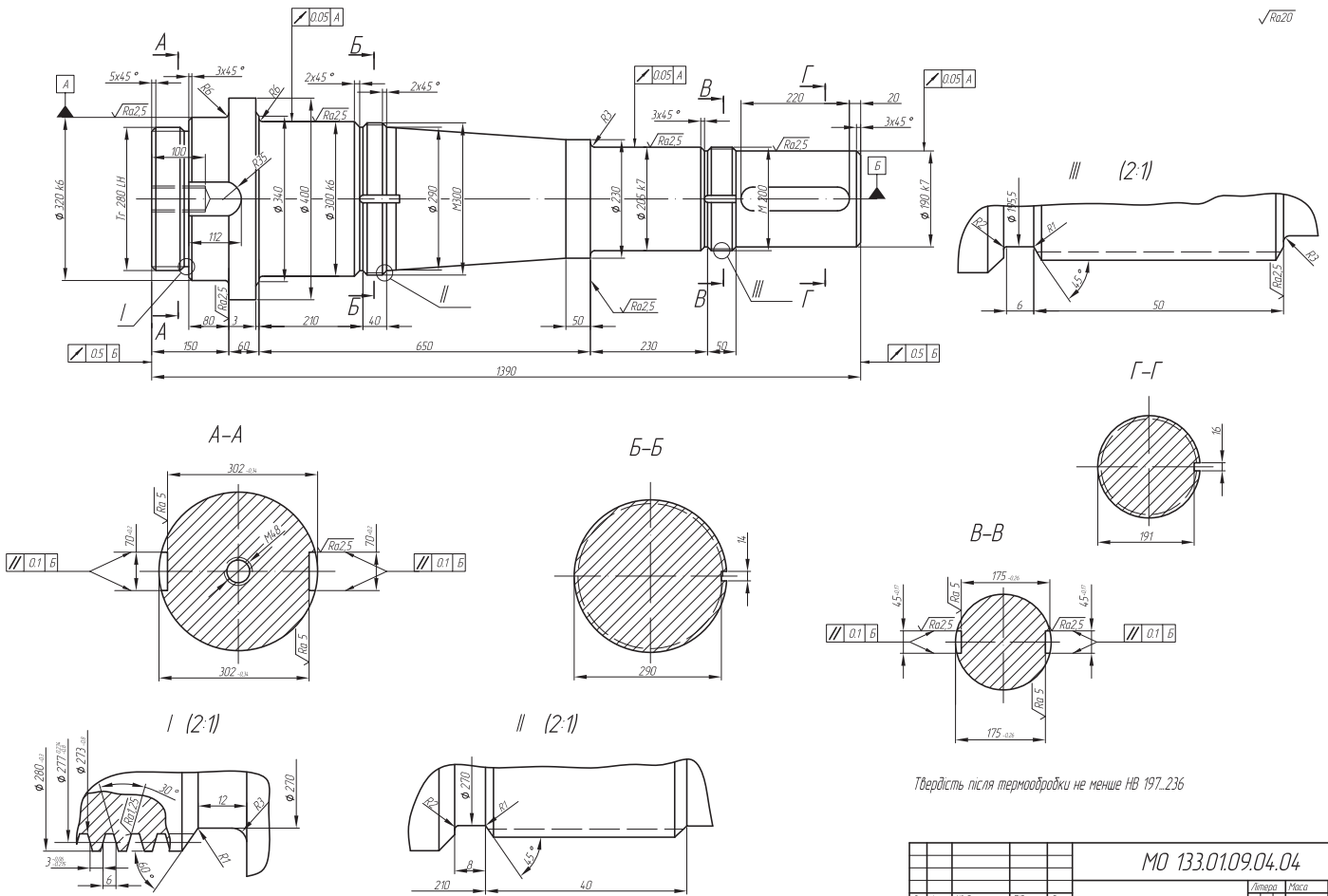
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл-ть	Примітка
		18		Гайка права	1	
		19		Фланець лівий	1	
		20		Колесо черв'ячне праве	1	
		21		Кільце	2	
		22		Головка шпінделя	2	
		23		Шпонка	2	
		24		Стакан	2	
		25		Кільце	2	
		26		Кришка	2	
		27		Прокаладка	16	
		28		Колесо черв'ячне ліве	1	
		29		Втулка	4	
		30		Черв'як	2	
		31		Кільце	2	
		32		Лінійка	1	
		33		Шпонка	4	
		34		Накінецьник	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		35		M12x40	18	
		36		M20x60	22	
		37		M24x80	14	
		38		M20x90	4	
		39		M24x140	18	
		40		Гайка M16 ГОСТ 5915-70	4	
		41		Гайка M200x3 ГОСТ 11871-88	4	
		42		Гвинт M5x16 ГОСТ 1491-80	8	
		43		Гвинт M6x16 ГОСТ 17475-80	5	
		44		Гвинт M12x25 ГОСТ 1482-84	1	
			Іванов			
			Боровік			
Змін	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	MO 133.01.09.04	
					Аркуш	2





1. Зсув пазиб один до одного не більше 0,1 мм.
2. Механічні властивості після термообробки не менше НRC 52,5.
3. Зовнішній діаметр ножа в комплекті з чотирьох штук повинен бути однаковий, допустиме відхилення в межах 0,05мм. Комплект ножів маркувати.

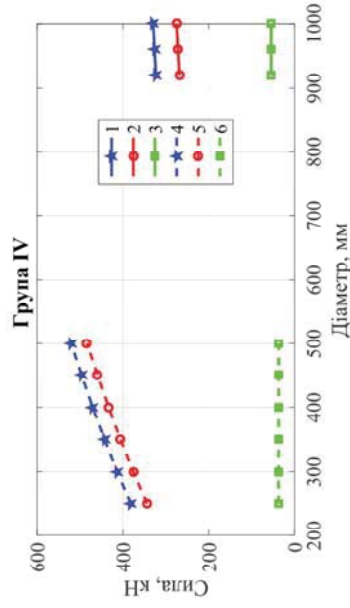
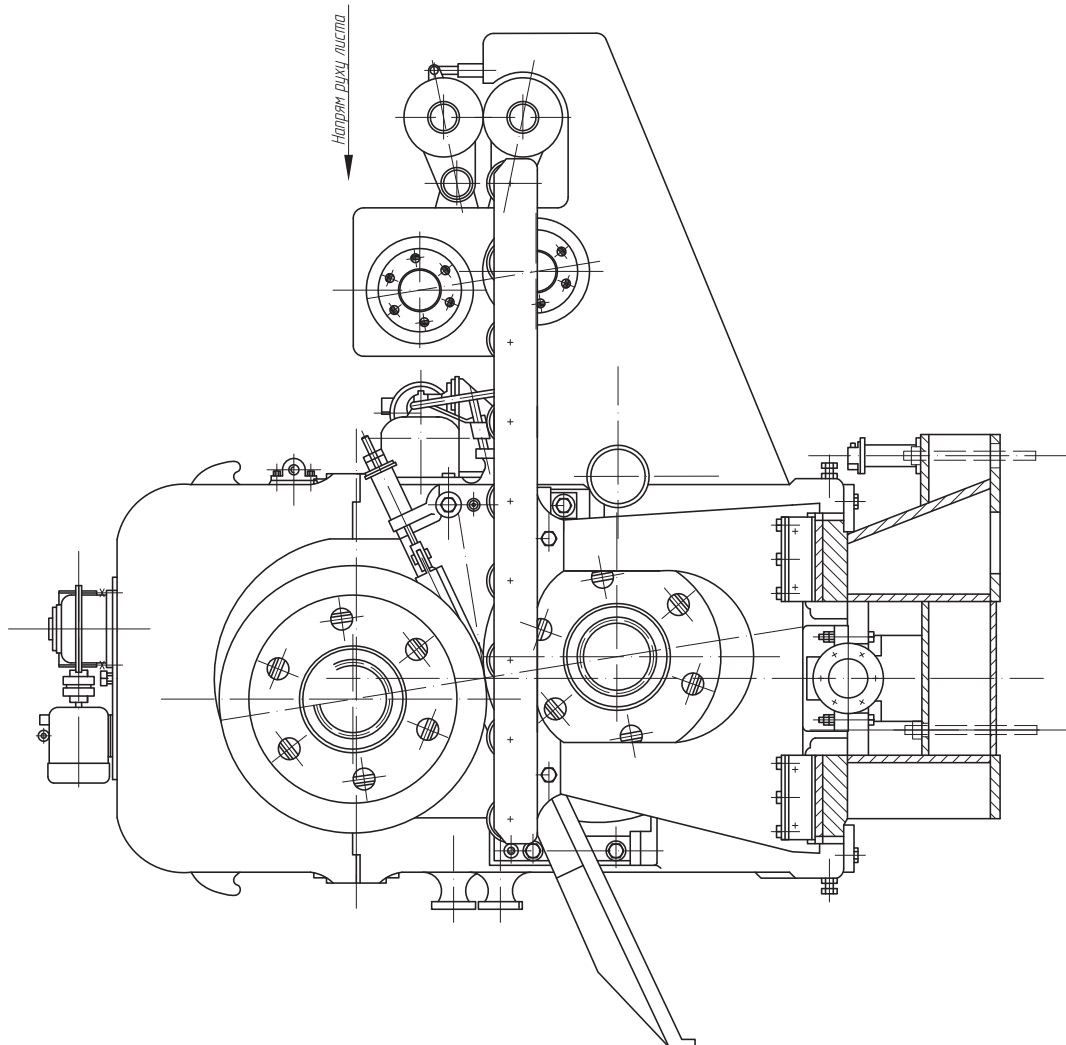
MO 133.01.09.04.11					Листів	Маса	Масштаб
Знак	Архив	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив	Виконав	Перевірив	Затвердив		Ніж	405	14
Микрометр	Боравик	Затв.	Архивов.		Архивів 1	Архивів 1	
					Сталь 5ХВ2С ГОСТ 801-78	СНУ ім. В. Доля ММК-17мз	



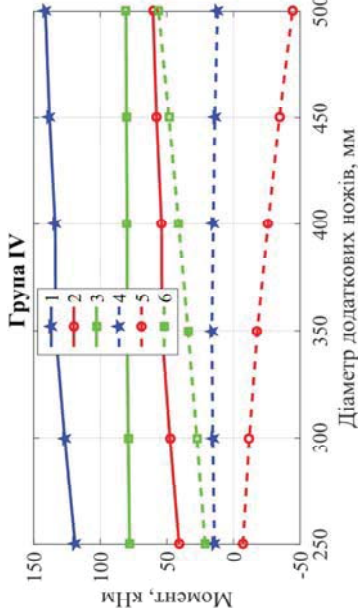
Твердість після термообробки не менше НВ 197.236

MO 133.01.09.04.04					Листів	Маса	Масштаб
Знак	Архив	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив	Виконав	Перевірив	Затвердив		Вал верхній	560	15
Микрометр	Боравик	Затв.	Архивов.		Архивів 1	Архивів 1	
					Сталь 40Х ГОСТ 4583-81	СНУ ім. В. Доля ММК-17мз	

Розрахункові залежності сил різання (2,5), згину (3,6) і сумарні (1,4) верхнього ножа за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножницях на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків



Розрахункові залежності моментів різання нижнім (2,5) і верхнім (3,6) ножами та сумарній (1,4) за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножницях при діаметрі ножів основної пари 1000 мм на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків



Розрахункові залежності потужності різання нижнім (2,5) і верхнім (3,6) ножами та сумарній (1,4) за результатами моделювання процесу двостадійного різання товстих листів на дискових ножницях при діаметрі ножів основної пари 1000 мм на основній (1-3) і додатковій (4-6) парах дисків, а також сумарна (7) потужність процесу

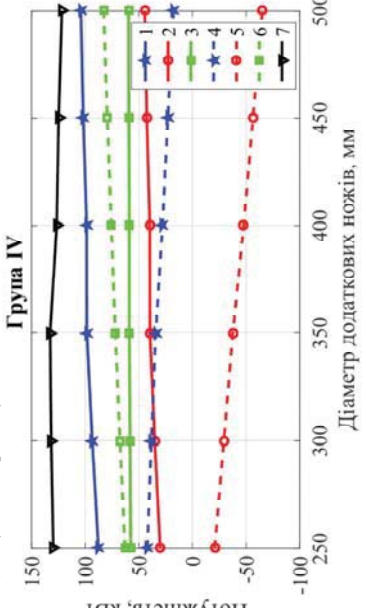
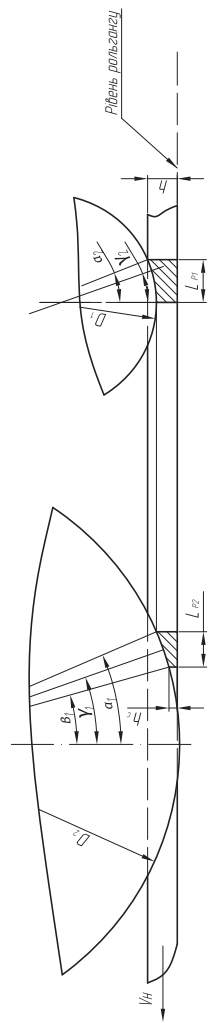


Схема середнього різання під час стаціонарного процесу



Знак	Сторона	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал
Лист	Резьба	Діаметр	Матеріал

МО 133.02.00		Принципова схема	
МО 133.02.00		конструкції ножів	
СНУ ім. В.Дорога		20. МЖК-17мз	