

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з: 95 стор., 18 рис., 6 табл., 8 дод., 19 джерел.

### ЛИСТОПРАВИЛЬНА МАШИНА, РОЛИК РОБОЧІЙ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД, ПРАВЛЕННЯ РОЗКАТУ

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

Тема роботи: «Підвищення експлуатаційних характеристик та надійності листопривальної машини в умовах прокатного виробництва товстих листів». Проект містить 6 розділів пояснювальної записки і графічну частину.

У загальній частині представлена характеристика стану 3000 загалом та окремих його ділянок, приведений склад обладнання.

У спеціальній частині наданий аналітичний огляд, аналіз та обґрунтування при прийнятті технічних рішень. Представлена технічна характеристика листопривальної машини та виконані відповідні розрахунки.

В розділі «Монтаж, ремонт і змащення обладнання» розроблено питання розбирання-збирання, монтажу та вивіряння, змащення машини.

В організаційній частині описано організацію ремонтної служби підприємства і цеху, технічна документація при ремонтах, штат і система оплати праці.

В економічній частині приведено розрахунок виробничої програми стану та економічної ефективності заходів проекту.

У розділі «Охорона праці і навколишнього середовища» зроблено аналіз потенційних небезпек в товстолистовим цеху, запропоновані заходи щодо техніки безпеки, пожежної безпеки, виробничої санітарії,.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Товстолистовий стан 3000	10
1.1.1 Ділянка підготовки металу до прокатки	10
1.1.2 Устаткування стану і технологія прокатки	11
1.1.3 Гаряча і холодна обробка	11
1.1.4 Термічне відділення	13
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	14
2.1 Аналітичний огляд	14
2.1.1 Літературний огляд	14
2.1.2 Досвід конструювання та виготовлення машин гарячої правки листів	16
2.1.3 Патентний огляд	20
2.2 Аналіз та обґрунтування при прийнятті технічних рішень	29
2.3 Технічна характеристика листопрямильної машини	37
2.4 Розрахунки механізмів листопрямильної машини	44
2.4.1 Розрахунок зусиль на ролики ЛПМ	44
2.4.2 Вибір електродвигуна і редуктора	46
2.4.3 Розрахунок робочого ролика на міцність	48
2.4.4 Визначення довговічності підшипників робочих роликів	53
2.4.5 Розрахунок вал-шестерні розподільчого редуктору	53
2.4.6 Розрахунок на міцність шестеренного валка	56
РОЗДІЛ 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ	57
3.1 Технологічна послідовність розбирання листопрямильної машини	57

3.2	Порядок збирання, монтажу та вивіряння листоправильної машини	58
3.2.1	Загальні вимоги	58
3.2.2	Монтаж обладнання ЛПМ	58
3.2.3	Збирання робочої кліті	62
3.3	Змащування	64
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ		67
4.1	Організація ремонтної служби на металургійних підприємствах	67
4.2	Організація ремонтної служби цеху	69
4.3	Технічна документація при ремонтах	71
4.4	Штат і система оплати праці ремонтного персоналу	73
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		75
5.1	Розрахунок виробничої програми стану	75
5.1	Економічна ефективність технічних розробок	77
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		79
6.1	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	79
6.2	Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці	81
6.3	Заходи щодо пожежної безпеки	83
6.4	Заходи щодо виробничої санітарії	86
ВИСНОВКИ		93
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ		94
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ		96

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЛПМ – листоправильна машина;

$h$  – товщина листа;

$b$  – ширина листа;

$\sigma_b$  – межа міцності;

$\sigma_T$  – межа текучості;

$E$  – модуль пружності;

$V$  – швидкість правки;

$t$  – відстань між вісями робочих роликів (крок);

$M_{пл}$  – момент пластичного вигину листа;

$M_y$  – момент пружного вигину смуги;

$P$  – сумарне зусилля на всі верхні і нижні ролики;

$P_3$  – максимальне зусилля правлення;

$N_{деф}$  – потужність пластичного вигину;

$k_{деф}$  – результуючий (сумарний) коефіцієнт пластичної деформації;

$k_2$  – коефіцієнт проникнення пластичної деформації під другим роликом;

$N_{подш}$  – потужність на тертя в підшипниках;

$N_{кач}$  – потужність тертя-кочення роликів по смузі;

$n$  – кількість роликів;

$\eta$  – к.к.д.;

$\mu$  – коефіцієнт тертя в підшипникових опорах роликів;

$d$  – діаметр тертя в підшипникових опорах;

$w$  – кутова швидкість обертання роликів;

$D$  – діаметр бочки робочого ролика;

$m$  – коефіцієнт тертя-кочення;

$N_{дв}$  – потужність електродвигуна;

$w_{дв}$  – кутова швидкість двигуна;

- $n_{\text{дв}}$  – частота обертання двигуна;  
 $M_{\text{н}}$  – номінальний момент двигуна;  
 $U$  – передаточне число редуктора;  
 $M_{\text{max}}$  – максимальний крутний момент на один приводний ролик;  
 $q$  – розподілене навантаження;  
 $P_{\text{max}}$  – максимальне зусилля на ролик;  
 $L$  – відстань між опорами робочого ролика;  
 $\sigma_1$  – напруження згину в опорі 1;  
 $R_0$  – реакція в опорі 0;  
 $M_{\text{изг}}$  – згинальний момент;  
 $c$  – відстань від опори ролика до небезпечного перетину ролика;  
 $\sigma_{\text{ш}}$  – напруження згину в небезпечному перерізі шийки ролика;  
 $d$  – діаметр шийки в небезпечному перерізі;  
 $\tau_{\text{ш}}$  – напруження кручення в небезпечному перерізі шийки ролика;  
 $\sigma$  – результуюче напруження;  
 $[\sigma]$  – припустиме напруження;  
 $\sigma_{\text{конт}}$  – контактне напруження між роликами;  
 $[\sigma_{\text{конт}}]$  – припустиме контактне напруження;  
 $P$  – еквівалентне навантаження на підшипник робочого ролика;  
 $X$  – коефіцієнт радіального навантаження;  
 $V$  – коефіцієнт, що враховує яке з кілець обертається;  
 $F_r$  – радіальне навантаження на підшипник;  
 $K_r$  – коефіцієнт безпеки;  
 $K_t$  – температурний коефіцієнт;  
 $L$  – номінальна довговічність (ресурс) підшипника;  
 $p$  – показник ступеню для роликпідшипників;  
 $A$  – міжосьова відстань;  
 $M_{\text{кр}}$  – максимальний крутний момент на приводному валу;

- $L_B$  – довжина бочки вал–шестерні;  
 $L_B$  – робоча ширина (ширина зубчастої шестерні);  
 $z$  – кількість зубів шестерні;  
 $m_H$  – модуль нормальний;  
 $\beta$  – кут нахилу шевронних зубів;  
 $m_S$  – модуль торцевий;  
 $k_1$  – коефіцієнт ширини шестерні;  
 $k_2$  – концентрації напружень;  
 $k_3$  – коефіцієнт якості виготовлення зубчастого зачеплення;  
 $k$  – коригувальний коефіцієнт;  
 $M_{РАСЧ}$  – максимальний розрахунковий момент;  
 $\tau$  – максимальне напруження здвигу в контактному шарі зубів;  
 $Z_h$  – коефіцієнт зубчастого зачеплення;  
 $[\tau]$  – допустиме дотичне контактне напруження;  
 $Y$  – коефіцієнт форми зубів шестерні;  
 $Z_{ПРИВ}$  – приведене число зубів;  
 $\psi$  – коефіцієнт концентрації напружень біля основи зубів;  
 $P_T$  – максимальне зусилля в зубчастому зачепленні;  
 $d_{ОТВ}$  – діаметр отвору в шийці валка;  
 $\sigma_p$  – результуюча напруга в шийці;  
 УКО – установка контрольованого охолодження;  
 ГЦ – гідроциліндр;  
 ПЗР – планово-запобіжних ремонтів;  
 ВГМ – відділу головного механіка;  
 ВГЕ – відділу головного енергетика;  
 $T_H$  – номінальний час роботи стану;  
 $t_{календ}$  – календарний час роботи стану;

$t_{к,р}$  – час на капітальний ремонт;

$t_{ПЗР}$  – час на ПЗР;

$T_{Т.П}$  – час поточних простоїв у роботі стану;

$T_{ф}$  – фактичний час роботи стану;

$П_{ср}$  – середня продуктивність стану

$P_{год}$  – обсяг виробленої продукції;

$T_{фн}$  – фактичний час роботи стану;

$E_p$  – економічний ефект;

$T_{пр}$  – зменшення простоїв устаткування;

$П_{ст}$  – годинна продуктивність стану;

$C$  – собівартість прокату;

$Ц$  – ціна за тону прокату.

## ВСТУП

Листовий металопрокат є основною металопродукцією, споживаної промисловістю України. Досить широко він використовується в машинобудуванні, приладобудуванні, в легкій промисловості, в будівельній індустрії, а також в цілому ряді інших галузей.

Якість готового листового металопрокату забезпечується на різних етапах його виробництва, а її підвищення є актуальним завданням.

Так на заключному етапі виробництва лист піддається виправленню на багатороликових листопрямильних машинах, де забезпечується один з основних показників якості готового металопрокату – площинність.

Виправлення поздовжньої кривизни листів отриманої під час прокатки здійснюється методами правлення на листопрямильних машинах. Тенденція вдосконалення листопрямильних машин полягає в розширенні їх технологічних можливостей з метою вирішення проблем визначення оптимальної настройки робочих роликів, що завжди певним чином впливає на навантаження її вузлів, а відповідно й на надійність машини в цілому.

Максимально ефективно вирішення таких завдань можливе лише за умови всебічного та комплексного вивчення науково-практичного і проектно-конструкторського досвіду. Це дозволить, ще на етапі проектування забезпечити не тільки показники технологічності машини але й експлуатаційної надійності та довговічності.



## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Товстолистовий стан 3000

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].

#### 1.1.1 Ділянка підготовки 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 видачею. 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  $400-800^\circ\text{C}$ . 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 стану і технологія прокатки

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

Становий проліт обладнаний трьома мостовими кранами вантажопідйомністю 100/20 тон. Горизонтальні валки чорнової і чистої кліті у вертикальній площині набудовуються при роздільному включенні гвинтів. Валки чорнових клітей змінюють приблизно 3 рази на місяць. Робочі валки чистої кліті – через 2 – 3 зміни й опорні 2 рази на місяць. Поверхня робочих валків чорнової кліті наплавляється порошковим дротом 3x288. Перед кліттю кварто встановлена камера гідрозбива з двома колекторами і швидкозйомними кожухами. Тиск високонапірної води 100 атм.

Швидкість захоплення металу в чорнової кліті 10 – 15 об/хв, в чистої 20 об/хв. У залежності від товщини і призначення листи прокочують у подовжному і поперечному напрямках.

Характеристика основного устаткування представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика основного устаткування стану 3000.

Агрегат	Число, од.	Робоча швидкість, м/с	Зусилля прокатки, 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

### 1.2.1 Гаряча і холодна обробка

На ділянці гарячої обробки готового прокату встановлені дві правильні машини гарячого і холодного виправлення і два шлепера – холодильники. Машина 9 x 360 x 3000 призначена для виправлення в гарячому і холодному стані

листів 4 – 40 мм, шириною до 2500 мм, швидкість виправлення 0,15 – 0,9 м/с. Кількість робочих роликів – 9, опорних – 14, потужність привода – 184 кВт.

Остигли листи передаються рольгангами, що відводять, 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.

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

Після листи передаються до гільйотинних ножиць, де робиться обрізка переднього і заднього кінця у всіх листів, що прокатуються на стані. Обріз убирається пластинчастим транспортером.

Листи товщиною 8 – 25 мм, бічні країки яких підлягають обрізці, рольгангами і шлеперами транспортуються на ліву лінію різання тонких листів. Ця лінія обладнана дисковими ножицями з кромкоподрібнювачем.

Обрізані бічні країки листа проводками направляються до кромкоподрібнювачей, що розрізають подовжню крайку на шматки й убирають спеціальними збиральними пристроями. Після обрізки на дискових ножицях листи надходять до ножиців поперечного різання, якими розрізаються на мірні довжини.

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

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

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

### 1.2.2 Термічне відділення

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

Довжина робочого простору печей 66 м (четверта піч 80 м), ширина 2,9 м. Піч працює на коксодоменному газі, тиск 1000 мм вод ст. Витрата газу при нагріванні під загартування або нормалізацію 11000 – 12000 м<sup>3</sup>/година, при відпустці 6000 – 7000 м<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. Тривалість нагрівання листа 2 хв (при загартуванні) на 1 мм товщини. Для загартування встановлено 4 преси. Гартівний прес складається з рухливої плити, рами з бризкалками і секції рольгангів. Для холодного виправлення загартованих листів з нержавіючої сталі за передатним стележем встановлена листопрямляча машина. Листи після нормалізації направляються до стелажа, обладнаного канатним реверсивним шлепером. Хід шлеперного візка 23200 мм, швидкість переміщення 0,8 – 1,5 м/с, приводяться в рух від електродвигуна потужністю 75 кВт.

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

Після гарячого виправлення листи надходять на стелаж. Тут вони охолоджуються. Охолоджені листи передають на інспекторські стелажі, де робиться огляд верхньої і нижньої поверхні листів. Потім відбувається зачищення дефектів і остаточне маркірування, добір проб від листів і порізка їх на мірну довжину, на гільйотинних ножицях поперечного різання.

## РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналітичний огляд

#### 2.1.1 Літературний огляд

Характеристика, принцип дії та конструкції правильних машин

Правильна машина – машина, на якій виправляють кривину металевих заготовок і виробів [2-4].

Використовують для проведення випрямлення у металообробці, що полягає в усуненні або зменшенні небажаної кривини металевих виробів прикладанням зовнішніх сил. Застосовуються при виробництві листів, труб, рейок, балок та інших виробів, отриманих вальцюванням; рідше при використанні прокату як сировини (в цехах металевих конструкцій, ковальських тощо). Іноді на правильних машинах виконують згинальні роботи.

До найпоширеніших належать роликові правильні машини, де між верхніми і нижніми роликами, розташованими у шаховому порядку, обтискають та вирівнюють листовий (листоправильна машина) і сортовий прокат.

Є й інші види правильних машин:

– роторні, які застосовують для випрямлення з високою точністю і для усунення овальності труби, якщо вона не може обертатись навколо своєї осі (наприклад, при обробленні труб, змотаних у бухти);

– косовалкові, якими виправляють профілі круглого перерізу і труби. Вони мають одну або декілька обойм, що складаються з двох або трьох валків. Застосування тривалкових обойм дозволяє правити тонкостінні труби і забезпечує високу якість поверхні;

– розкруткові, за допомогою яких усувають скручування некруглих труб;

– розтяжні, де обробляють тонкі листи і штаби. При сталому прерізі по довжині одночасно можуть проводити поздовжнє випрямлення з розтягуванням (розкрутково-розтяжні машини);

– правильні преси застосовуються переважно для випрямлення великосортних профілів, рейок, труб великих розмірів.

Листоправильні машини застосовується в прокатному виробництві для вирівнювання поверхні листової сталі. Вони поділяються на роликові (валкові) і розтяжні. Роликові машини призначені для правки тонких і товстих листів в гарячому і холодному стані, а розтяжні — головним чином для правки в холодному стані тонких листів (сталевих та з кольорових металів), до якості яких висувають підвищені вимоги.

Процес випрямлення на роликових правильних машинах базується на пружно-пластичному знакозмінному згинанні листа приводними роликами, розташованими в робочій кліті в 2 ряди в шаховому порядку. Точність вирівнювання залежить від кроку роликів (великий крок не забезпечує необхідної точності), розмірів і кількості роликів (чим більше роликів, тим вищою є точність). Зазвичай число правильних роликів коливається в межах 7-23; більшість листо-правильних машин мають, крім правильних, ще й опорні ролики. Швидкість випрямлення залежить від товщини листа і може становити 0,1...6 м/с.

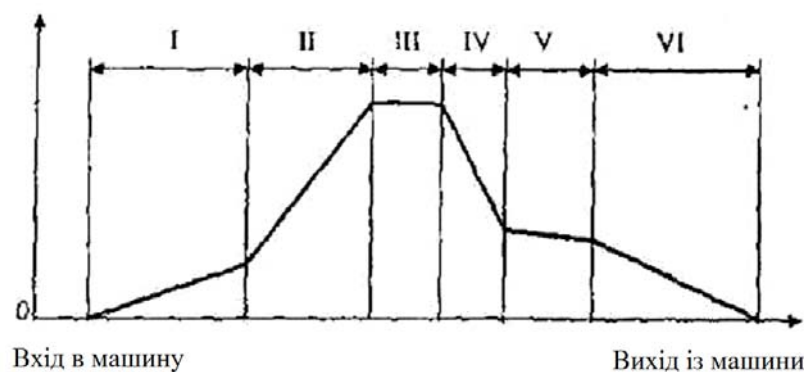
Процес випрямлення на розтяжних листоправильних машинах базується на створенні в листовому матеріалі напружень, близьких до границі плинності, зусиллям розтягування. Розтяжна листо-правильна машина складається зі станини, двох затискних головок, механізму пересування робочої головки і приводу. Поширення набули розтяжні листо-правильні машини з гідравлічним приводом робочої головки.

## 2.1.2 Досвід конструювання та виготовлення машин гарячої правки листів

Одним з відомих виробників ВАТ "Уралмаш", що виготовив 29 роликів правильних машин для правлення товстих листів, які працюють на заводах Росії, України, Болгарії та Китаю. В даний час створені машини більш сучасних конструкцій, які дозволяють правити листи в максимально широкому діапазоні і отримувати високу площинність, котра гарантовано задовольняє вимогам замовників і стандартів (ГОСТ 19903, ASTM A6 / A6M, EN 10029).

Для розробки нової конструкції роликів листопробних машин (ЛПМ) в першу чергу були визначені вимоги до умов правки і конструкції машин, детально досліджено процес правлення товстих листів і розглянуті фактори, що впливають на область застосування для відповідного сортаменту. При цьому застосовано математичне моделювання процесу правки, використаний накопичений підприємством досвід, розроблені й випробувані нові технологічні рішення.

Так, було визначено, що для досягнення найбільш високої якості правки бажано, щоб лист послідовно проходив через шість зон [5]. Для кожної з цих зон характерні свої технологічні функції (рисунок 2.1).



зона заходу (I); перехідна зона (II); зона найбільших деформацій (III); перехідна зона (IV); зона стабілізації (V); зона виправлення і видачі (VI)

Рисунок 2.1 – Рекомендована зміна кривизни вигину прокату уздовж ЛПМ при ідеальному способі правки

Таку технологію можна назвати ідеальним способом правки листів. Для реалізації технології потрібні сучасні машини з великим числом робочих роликів, індивідуальним або спеціальним регулюванням. Для впевненої правки коробоватих листів в зоні III необхідно мати не менше двох максимальних вигинів різного знаку, що забезпечують коефіцієнт пластичного опрацювання перетину 80%. У зв'язку з цим мінімальне число вигинів при ідеальному способі дорівнює семи, а мінімальне число роликів – дев'яти. Зазвичай на практиці багато зон не розділяються по роликам, а плавно переходять одна в одну.

Пропонована машина конструкції Уралмаша дозволяє реалізувати ідеальний спосіб правки листів і задовольняє всім іншим вимогам до сучасних ЛПМ [6]. Машина має стаціонарне виконання і дев'ять робочих роликів, розташованих у шаховому порядку. Робочі і опозиційні до них опорні ролики об'єднані в самостійні блоки – касети, встановлені у вікнах станини. Всі верхні касети і дві середні нижні забезпечені індивідуальними гвинтовими натискними пристроями, кожен з яких має незалежний привод від електродвигуна через комбінований циліндрично-конічний редуктор, що містить вбудовану планетарну передачу. Всі касети обладнані гідроциліндрами врівноваження для вибірки люфтів в силових елементах і зниження навантаження на приводах натискних пристроїв. Застосовано індивідуальний привод обертання всіх робочих роликів, що включає електродвигуни, планетарні редуктори і універсальні шпинделі. Ряд роликів ЛПМ застосовується для правлення листів в гарячому і холодному станах (табл. 2.1).

Конкурентоспроможність і перевага пропонованих сучасних ЛПМ в порівнянні з відомими аналогами характеризується цілим рядом факторами.

Розроблена конструктивна схема має дозволяти збільшити допустиме навантаження на ролики, що в значній мірі розширює сортамент листів для правки в сторону більш товстих і міцних листів. Настроювання за висотою всіх верхніх роликів і двох середніх нижніх дає можливість реалізувати на машині будь-який потрібний за технологією режим правки листів з максимально глибоким пластичним опрацюванням листа по товщині. Незалежний привод всіх



натискних гвинтів з високоточною фіксацією їх положення забезпечує виконання оперативної вивірки положень роликів і гнучкою технологічної настройки за програмою, в тому числі поперечну клинову настройку для правлення листів з поздовжнім серповидним дефектом. Конструкція опорних роликів уніфікована з робочими, за рахунок чого зменшено крок роликів. Це дозволяє виконувати правку більш тонких листів, скорочує довжину невиправлених кінців прокату і покращує їх прямолінійність.

Таблиця 2.1 – Параметри деяких сучасних правильних машин конструкції Уралмаша для стану 2300 і 2800

Параметри	Тип правильної машини		
	ЛПМ 9х320х2300	ЛПМ 9х320х2800	ЛПМ 9х450х2800
Крок роликів, мм	320	320	450
Діаметр роликів, мм	315–305	315–305	445–435
Довжина бочки робочих роликів, мм	2300	2800	2800
Максимально припустиме зусилля правки на один робочий ролик, МН	3,0	3,0	7,0
Потужність головного приводу, кВт	9х37 – 333	9х37 = 333	9х75 = 675
Маса машини, т	135	150	350

Оригінальна і дуже проста конструкція (роликові блоки-касети) гарантує рівномірний розподіл навантаження на всі чотири подушки опорних роликів незалежно від стану роликів, їх зносу і величини питомого навантаження, тобто без будь-якого проміжного перенастроювання системи при роботі машини. Розбірні і попередньо напружені з'єднання кришки з колонами станини, що включає механізовані силові захоплювачі і гідророзпірні циліндри, дозволяє в поєднанні з касетним принципом системи значно скоротити витрати часу при ремонтах і заміні роликів без використання спеціальних пристроїв. Гідростабілізуюча система забезпечує постійну величину пружно-пластичної деформації листа

при перехідних режимах правлення (під час заходу переднього кінця листа в машину і виходу з неї заднього кінця).

Індивідуальний привод обертання робочих роликів дозволяє забезпечити необхідний сумарний крутний момент правки при відносно низькому і гарантованому за величиною навантаженні в приводі кожного ролика, а також безаварійну роботу головного приводу. Передбачена можливість регулювання шпинделів по висоті при операціях перевалки роликів касет.

Машина оснащена дворівневою системою автоматизації для настройки роликів і правлення листів, видачі рекомендацій правильнику, збирання та обробки інформації. Система містить набір необхідних локальних підсистем, канали зв'язку і керуючу ЕОМ, яка має постійно обновлювану базу режимів правки листів за різними технологіями. В цілому машина характеризується відносно малою масою і меншою настановною потужністю приводу, простотою конструкції, високою уніфікованістю окремих вузлів, малодетальністю і, отже, підвищеною надійністю, зручністю в експлуатації і обслуговуванні.

Діапазон або область листів для правлення визначається кроком і діаметрами робочих роликів, максимально допустимими зусиллями і моментами правки на роликах, кутами і рівнями входу-виходу листа, рівнем пластичного опрацювання перетину і умовами пробуксовки.

На рисунку 2.2 показана область сортаменту для правлення на ЛПМ 9х320х2300 при ширині листів 2200 мм в умовах гарячої правки. Цифри після позначення способу правки відповідають коефіцієнту пластичного опрацювання перетину при максимальному згинанні 80, 70 або 60%, а позначення MIN відповідає мінімальній товщині листів для правлення. У способах ИС, УБС і MIN коефіцієнт пластичного опрацювання перетину прийнятий 80%. Користуючись такою діаграмою, можна визначити яким способом слід виправляти той чи інший сортамент листів.

Як видно, найбільшу частину сортаменту доцільно виправляти способом ИС, так як він забезпечує найкращу якість правки. При правці більш товстих листів по способам БМ і SD можливе досягнення необхідного коефіцієнта пла-

стичного опрацювання перетину 80% тільки на м'якому металі. На більш жорстких і підхолонутих листах слід переходити на способи КС і УБС або знижувати величину коефіцієнта пластичного опрацювання перетину. Основна причина цього полягає в неможливості забезпечити прийнятні кути входу-виходу і якісний захід листа в ЛПМ.

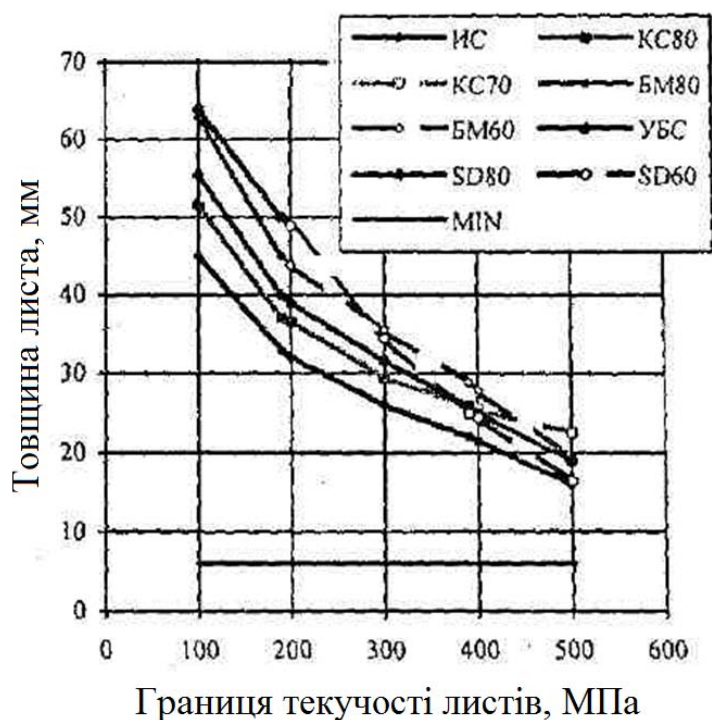


Рисунок 2.2 – Область сортаменту для правлення

### 2.1.3 Патентний огляд

Відома листопрямильна машина [7], що містить встановлені на станині в два ряди в шаховому порядку робочі ролики і розміщені між ними проводки, в якій з метою підвищення надійності, на робочих роликах виконані кільцеві пази, а проводки виконані у вигляді нескінченних гнучких елементів, кожен з яких розташований в пазах, охоплюючи ролики одного ряду, при цьому товщина гнучкого елемента не перевищує глибини пазів роликів.

Листопрямильна машина (рис. 2.3, 2.4) містить встановлені на станині (не показано), верхні 1 і нижні 2 робочі ролики, розташовані в шаховому порядку.

Кожен з роликів має кілька кільцевих пазів 3, розподілених по довжині бочки так, що при встановленні роликів осі пазів збігаються, в поперечному перерізі пази є канали прямокутної форми із закругленими кряями. У цих пазах розташовані проводки в вигляді замкнених гнучких елементів 4, що охоплюють всі ролики одного ряду. Над верхніми і під нижніми роликами можуть встановлюватися натяжні пристрої 5, наприклад, пружинного типу.

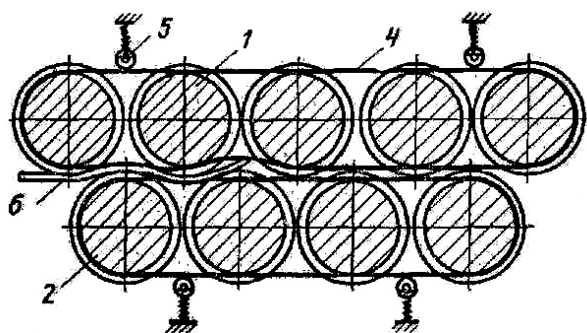


Рисунок 2.3 – Правильна машина, поперечний розріз

Глибина і ширина пазів 3 вибирається так, щоб забезпечити повне занурення гнучких елементів в них за умови збереження міцності самих роликів, В якості гнучких елементів можуть використовуватися, наприклад, приводні роликові ланцюги.

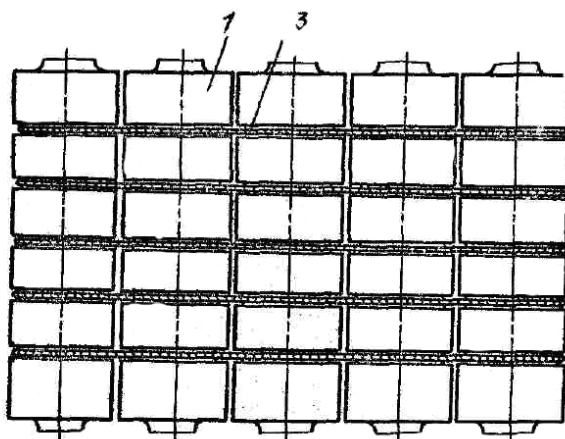


Рисунок 2.4 – Правильна машина, вид зверху

При правці лист 6 знаходиться в робочому просторі машини, додатково обмеженому рядами верхніх і, нижніх гнучких елементів 4.

Правильна машина працює наступним чином.

Монтаж проводок здійснюється при відключених натяжних пристроїв 5 шляхом встановлення в відповідні ряди пазів 3 ланцюгів мірної довжини з по-

дальшим з'єднанням їх кінців ланцюговими замками. Після пуску машини виконують подачу листа 6. Під час руху в робочому просторі передній кінець листа під дією робочих роликів згинається і, при великих значеннях перекриття, прагне вийти в міжроликові зазори, але впирається в рухливі гнучкі елементи, згинає їх і утримується в робочому просторі. Після проходження переднім кінцем листа 6 всього робочого простору натяжні пристрої 5 повертають гнучкі елементи 4 в початкове положення. Гнучкі елементи 4, що охоплюють робочі ролики, рухаються спільно з матеріалом що правлять і тому не відчувають ударних навантажень і тертя. Наприклад, для дев'ятироликової правильної машини з діаметром робочих роликів 360 мм і довжиною 2800 мм, в якості рухомих гнучких елементів використовується приводний ланцюг роликовий однорядний типу ПР-25,4-5670.

Відома листоправильна машина [8], що містить встановлені на станині два ряди касет з правильними і опорними роликами, в кожній касеті виконаний паз, в якому розміщені корпусу опорних роликів, змонтованих уздовж бочки правильного ролика, в якій з метою підвищення працездатності, кожен опорний ролик забезпечений встановленим в пазу касети під корпусом ролика запобіжним механізмом у вигляді пакету гнучких, пластин, розташованих своїми площинами впритул один до одного і паралельно площині, що проходить через осі опорного та правильного роликів.

Листоправильна машина (рис. 2.5, 2.6) містить станину 1 з верхньою 2 і нижньою 3 поперечинами, на яких відповідно встановлені верхній 4 і нижній 5 ряди касет. Верхні касети встановлені з можливістю переміщення за допомогою натискних механізмів 6 з натискними гвинтами 7. У нижніх касет механізмами переміщення 8 забезпечені тільки крайні касети 9. Кожна касета містить правильний ролик 10 і ряд опорних роликів 11. Корпуси опорних роликів встановлені в поздовжньому пазу 12 касети. Для регулювання опорних роликів по висоті призначені пристрої 13, наприклад, клинового типу. Між корпусом касети і корпусом кожного опорного ролика змонтований запобіжний механізм у вигляді пакету гнучких пластин 14, розташованих своїми площинами впритул одна до

іншої і паралельно площині, що проходить через осі опорного і взаємодіючого з ним правильного роликів. Правильні ролики 10 встановлені в касетах з можливістю вертикального переміщення і підпружинені до опорних роликів 11.

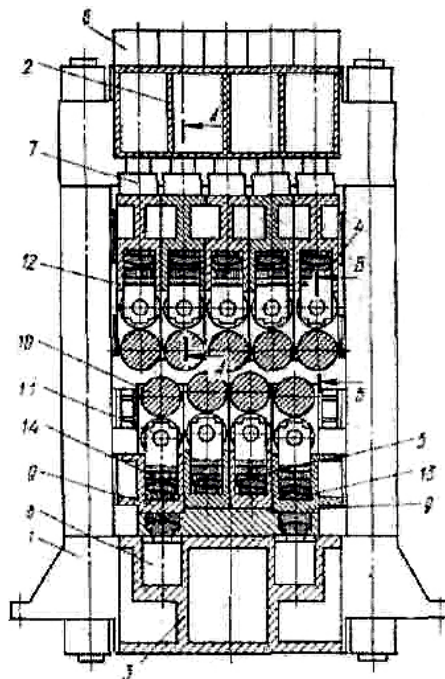


Рисунок 2.5 – Листопрямильна машина, загальний вид

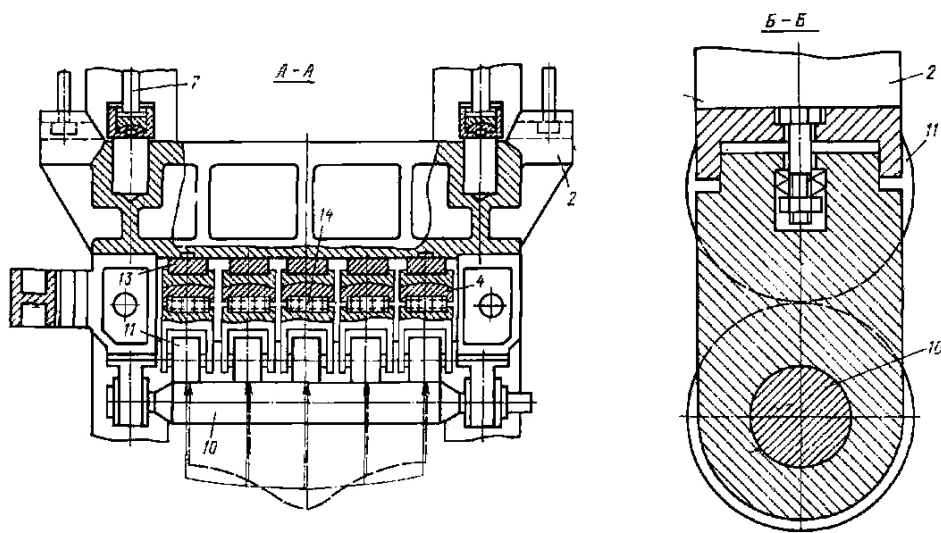


Рисунок 2.6 – Листопрямильна машина, перерізи (див. рис. 2.5)

Листопрямильна машина працює наступним чином.

При завданні листа в зону перших трьох правильних роликів 10 (два верхніх і один нижній) по сигналу, наприклад, фотореле механізми 8 переміщення нижніх касет 9 піднімають ці касети до рівня інших нижніх касет 5. При цьому відбувається затиск листа в перших трьох правильних роликах 10, які одночас-

но виконують задавання листа. Лист при правці проходить між правильними роликками, встановленими в верхньому 4 і нижньому 5 рядах касет в шаховому порядку один щодо іншого. Завдяки цьому в результаті знакозмінного вигину листа здійснюється його правка.

При рівномірному розподілі нормального навантаження на ряд опорних роликів 11 в кожній касеті пакети гнучких пластин 14 схильні до чистого стиску і поводяться жорстко, як монолітні блоки рівних габаритів.

У разі виникнення перевантаження на будь-який правильний ролик 10 пластини 14 під усіма опорними роликками 11 цього правильного ролика втрачають стійкість, завдяки чому правильний ролик 10 слідом за опорними роликками 11 отримує поступальне вертикальне переміщення і можливе аварійне перевантаження (наприклад, в результаті складки на листі) усувається. При нерівномірному розподілі нормального навантаження на опорні ролики 11, розташовані під одним правильним роликком 10, наприклад, в разі правлення вужчого листа втрачає стійкість лише пакет пластин 14 під найбільш навантаженим опорним роликком (див. рис. 1.6) і надмірна частина зусилля, завдяки цьому, перерозподіляється між іншими опорними роликками, а процес правлення при цьому не переривається. Нерівномірність епюри зусиль, що діють з боку правильного на опорні ролики, знижується за рахунок цього на 20-30%, що підвищує довговічність підшипників опорних роликів і інших несучих деталей, таким чином підвищується працездатність пристрою.

Запобіжні механізми у вигляді пакету гнучких пластин в разі виникнення перевантаження втрачають свою стійкість, завдяки чому усувається аварійне перевантаження, вирівнюються зусилля, що діють на опорні ролики.

Відома листоправильна машина [9], що містить розташовані на станині в шаховому порядку правильні ролики, діаметри яких виконані поступово збільшуються у напрямку завдання смуги, в якій з метою розширення технологічних можливостей машини шляхом забезпечення можливості заправки смуг, що мають велику початкову кривизну.

Машина (рис. 2.7) містить станину 1, на якій змонтований правильний калібр, що складається з роликів 2 і 3, накладених один на одного. Перед цими роликами на станині встановлена пара кулачків, що подають 4 і 5.

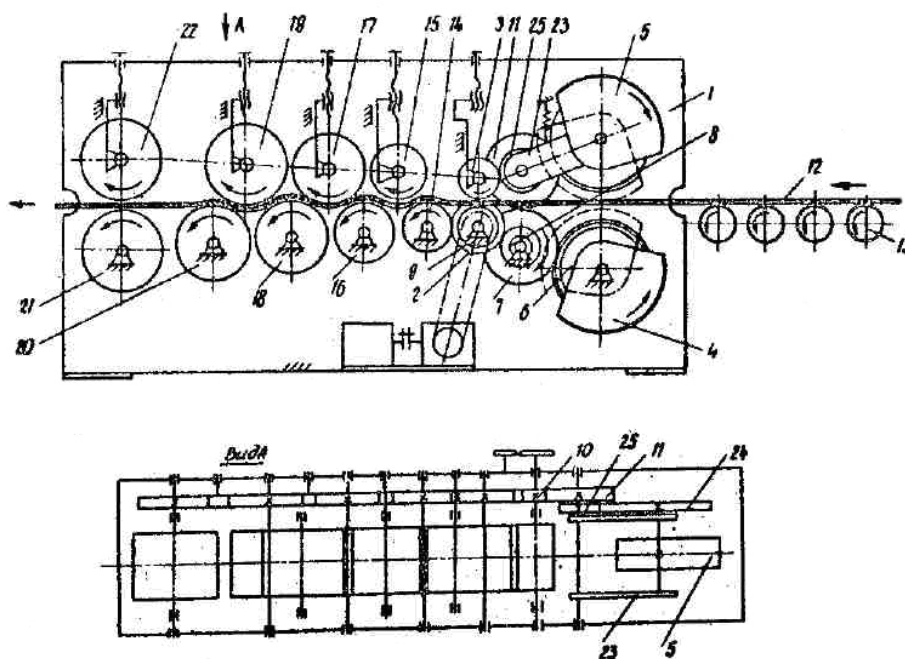


Рисунок 2.7 – Листопрямильна машина

Нижній кулачок 4 пов'язаний через шестерні 6-9 з нижнім правильним роликом 2. Верхній ролик 3 через шестерні 10, 11 8 і 9 також пов'язаний з нижнім роликом 2. Смуга, що правиться, 12 розташована на роликах 13 приводного рольганга. За правильним калібром розташовані в шаховому порядку правильні ролики 14-20, котрі поступово збільшуються по діаметру в напрямку подачі смуги 12, а за ними змонтована пара тягнучих роликів 21 і 22

Верхній кулачок 5 змонтований на важелі 23 і пов'язаний зубчастим зачепленням через шестерні 24, 25, 11, 7 і 9 з нижнім роликом 2 правильного калібру.

Перед роботою машини налаштовують положення верхнього кулачка 5, наприклад, за допомогою гвинтової пари (не показана), або кулачок 5 може бути підпружинений. Налагодження необхідне для смуги листа заданої товщини. Налаштування кулачка 5 по висоті поєднане з налаштуванням ролика 2 і інших верхніх правильних роликів.



При обертанні кулачків 4 і 5 навколо своїх осей між ними періодично створюється змінний по величині зазор, який при подачі смуги 12 дозволяє їй пройти між кулачками 4 і 5 при будь-якому значенні зазору, близькому до максимального. Потім зазор зменшується до значення; близького до товщини смуги, кулачки 4 і 5 захоплюють смугу 12 і транспортують її до роликів 2 і 3, які захоплюють кінець смуги і переміщують її до правильних роликів 14-20 для правлення.

Оснащення листопривальної машини подавальними кулачками дозволяє розширити її технологічні можливості, так як зазор між кулачками забезпечує заправку смуг великої кривизни. Крім того, в разі потрапляння в машину смуги з деформованим торцем видалення такої смуги з машини виробляється набагато легше, так як завжди можна встановити кулачки з найбільшим зазором між ними. Габарити кулачків в кілька разів менше роликів, які потрібні були б для захоплення смуг великої кривизни.

Використання пропонованого пристрою дозволяє збільшити продуктивність процесу за рахунок скорочення частки ручних операцій з рихтування смуг великої кривизни в середньому на 25%.

Відома листопривальна машина [10], що містить робочу кліть, на верхній траверсі станини якої змонтовані робочі та опорні валки, а нижня траверса з розмішеними на ній робочими і опорними валками встановлена з можливістю регульовального зворотно-поступального переміщення від черв'ячно-гвинтового приводу, яка, з метою підвищення надійності роботи і зниження енергоємності, забезпечена закріпленими на нижній частині станини кліті гідроциліндрами з розташованими в них штоками, взаємодіючими з нижньою траверсою, а гайка гвинтової пари забезпечена обоймою і встановлена з можливістю переміщення відносно нижньої траверси в вертикальному напрямку. Крім того, машина оснащена розташованими між штоками циліндрів і нижньою траверсою тілами кочення, переважно катками, і пристроєм демпфування, встановленим між обоймою, і нижньою траверсою.

Робоча кліть (рис. 2.8, 2.9) складається зі станини 1, нижньої траверси 2 з встановленими на ній робочими 3 і опорними 4 валками, верхньої траверси 5 із встановленими робочими 6 і опорними 7 валками, натискного пристрою 8 верхньої траверси, гайки 9 і обойми 10 черв'ячно-гвинтового приводу і горизонтального переміщення нижньої траверси, тяги 12 і пристрою демпфування 13 (наприклад, пружини), гідроциліндрів 14 і ковзаник 15 підйому нижньої траверси, фіксуєчого пристрою 16 і стоек 17.

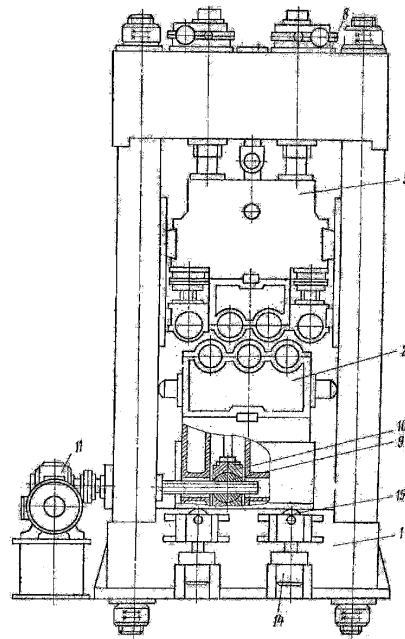


Рисунок 2.8 – Листопрямильна машина, загальний вид

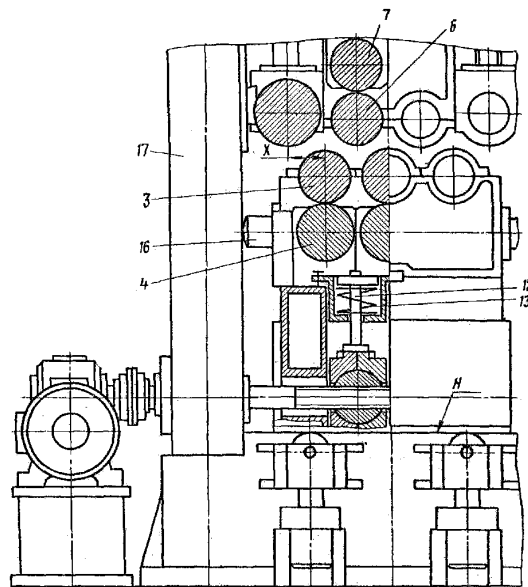


Рисунок 2.9 – Листопрямильна кліть з пристроями підйому, переміщення і фіксації нижньої траверси, частковий переріз

Машина працює наступним чином.

Залежно від сортаменту (товщини) і міцності листа що правиться проводиться встановлення нижнього ряду робочих валків 3 щодо верхніх валків 6 на необхідну величину технологічного настроювання кроку. Установка здійснюється в наступній послідовності: гідроциліндрами 14 через катки 15 піднімається нижня траверса 2 над опорною поверхнею 11 нижньої станини 1 робочої кліті. При цьому порожнини лівих гідроциліндрів 16 з'єднують через трубопровід з правими для вільного проходу робочої рідини. Після цього приводом 11 здійснюється встановлення нижньої траверси на необхідну величину (крок X).

У заданому положенні траверса 2 опускається на нижню частину станини шляхом зливу робочої рідини з гідроциліндрів 14. Подачею робочої рідини в гідроциліндри 14 виконується фіксація нижньої траверси. Натискним пристроєм 8 проводиться вертикальне переміщення верхньої траверси 5 з робочими валками 6 на необхідну величину технологічного прогину листа для правлення. У заданому положенні машина готова для роботи.

Така конструкція машини дозволяє забезпечити її надійну роботу, виключивши заклинювання траверси і приводу її горизонтального переміщення при налаштуванні технологічного кроку правлення, зменшити енерго- та металоємність приводу, запобігти впливу динамічних навантажень на привод горизонтального переміщення (гайка-гвинт) під час реверсивної роботи машини.

Відома листопрямильна машина [11], що містить переміщувані в горизонтальній площині блоки робочих і опорних валків і універсальні шпинделі, яка, з метою підвищення надійності в роботі, забезпечена вузлом врівноваження кожного з універсальних шпинделів, змонтованим на рухомий в горизонтальній площині платформі, при цьому вузол врівноваження пов'язаний зі шпинделем за допомогою опорного підшипника, встановленого на сферичній опорі.

Листопрямильна машина (рис. 2.10) містить блоки робочих 1 і опорних 2 валків і універсальні шпинделі 3, переміщувані в горизонтальній площині, а також врівноважувачі універсальних шпинделів, що включають опорний підшипник 1, котрий спирається на сферичну опору 5, встановлену на опорну траверсу

6, яка через тяги 7 і пружини 8 спирається на рухомий в горизонтальній площині візок 9.

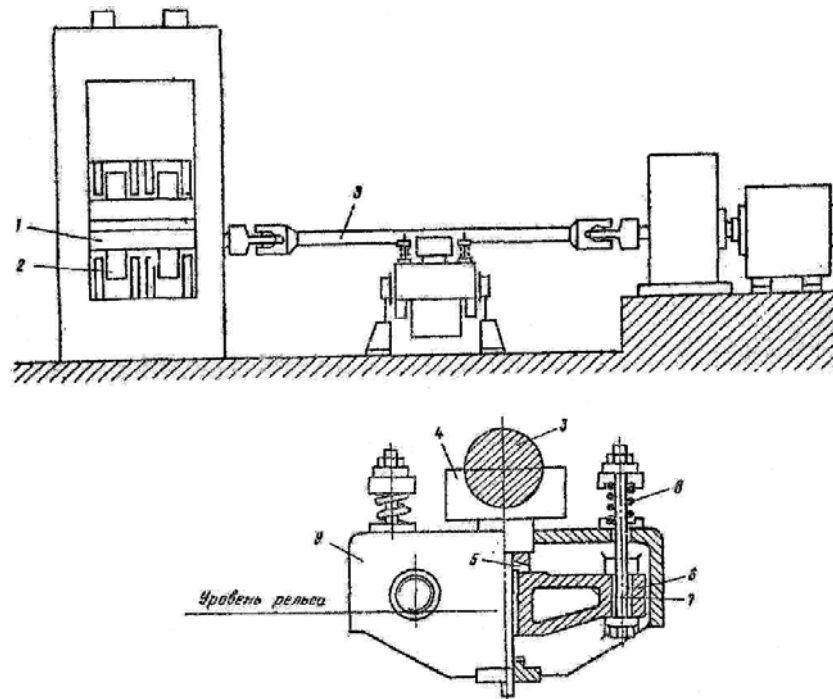


Рисунок 2.10 – Листопрямильна машина та вузол врівноваження

При встановленні шпинделя 3 на опорний підшипник 4, вага шпинделя 3 через сферичну опору 5, опорну траверсу 6 і тяги 7 сприймається пружинами 8, чим досягається урівноваження шпинделя 3.

Листопрямильна машина працює наступним чином.

При переміщенні робочих валків 1 і, відповідно, універсальних шпинделів 3 в горизонтальній площині, врівноважувач шпинделя, встановлений на рухомому візку 9, також переміщається в горизонтальній площині, а сферична опора 5, на яку встановлений опорний підшипник 4 врівноважувача, дає можливість повороту останнього навколо вертикальної вісі.

## 2.2 Аналіз та обґрунтування при прийнятті технічних рішень

Всебічне вивчення проблем, загальних для всіх виробників товстих листів, ПАТ «НКМЗ» з 1999 р приступив до створення нових листопрямильних машин (ЛПМ), техніко-економічні показники яких відповідають світовому рівню. Нові конструкції ЛПМ є розвитком концептуальних напрямів, визначених

НКМЗ на основі аналізу літературних і виробничих даних в поєднанні з власними дослідженнями (рис. 2.11, 2.12).

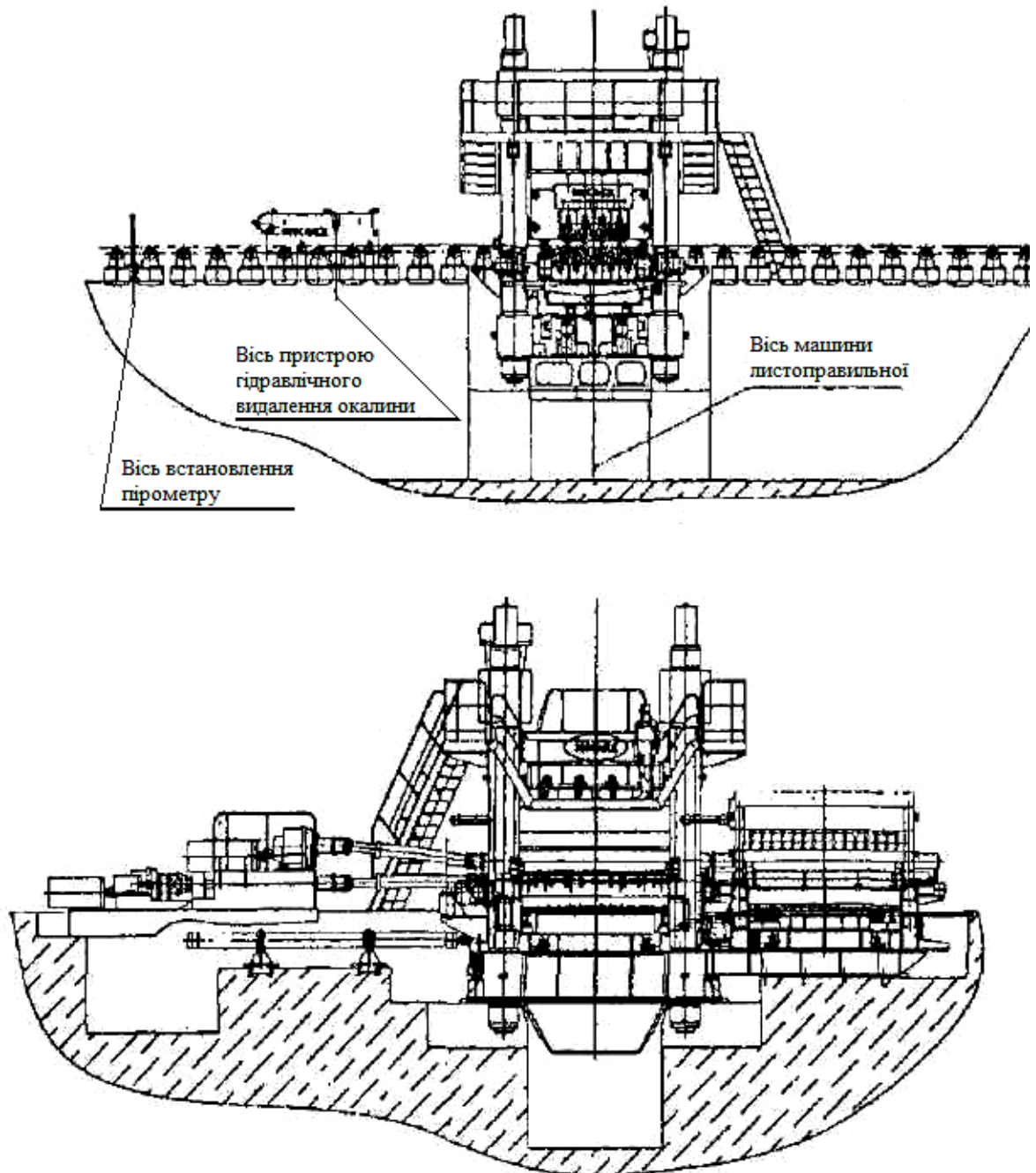


Рисунок 2.11 – Листопрямильна машина для гарячого та холодного правлення (стан 2800)

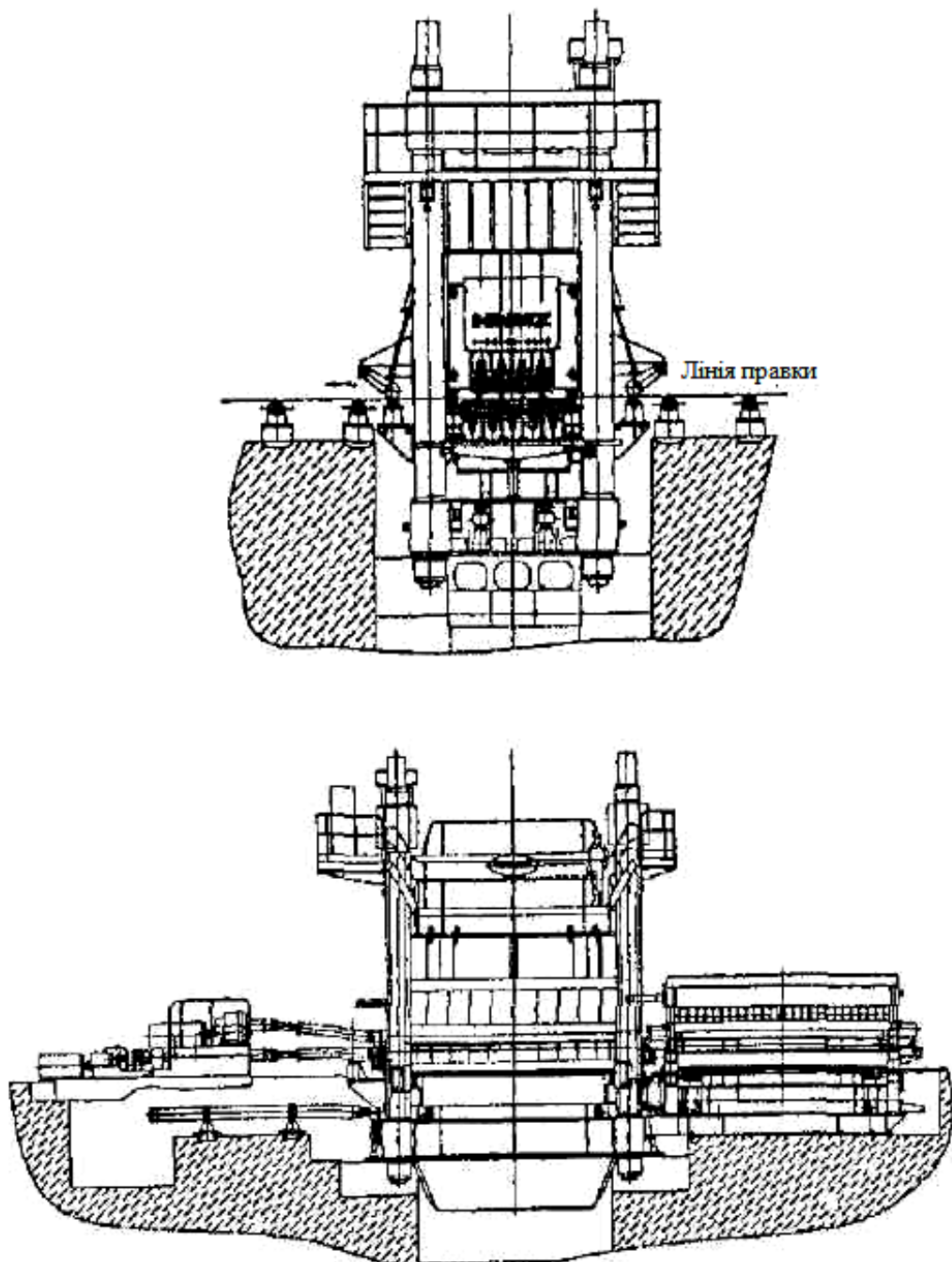


Рисунок 2.12 – Листопрямильна машина для гарячого та холодного правлення (стан 5000)

Мащини оснащені швидко реагуючими, позиційно регульованими гідронатискними пристроями, що надійно реалізують принципи правки по постійному зазору і дозволяють охороняти елементи станини від перевантажень, які можуть з'явитися внаслідок помилок оператора або з інших причин.

Верхні і нижні правильні ролики (валки) оснащені пристроями індивідуальної настройки за допомогою клинових пар і групи позиційно регульованих гідроциліндрів. Система індивідуального настроювання розширює гаму режимів за рахунок можливості активного впливу на характер зміни кривизни оброблюваного матеріалу. При цьому створюються оптимальні передумови для якісної правки високоміцних листів, так як більш повно реалізується принцип мінімальної достатності числа правильних роликів, заснований на міркуваннях раціонального поєднання енергосилових і економічних показників.

В процесі правлення, в результаті пластичної деформації відбувається подовжнє подовження листа, причому збільшення подовжень на кожному робочому ролику різні внаслідок диференціювання радіусів вигинів. У зв'язку з цим різниця лінійних швидкостей руху поверхонь роликів і металу може досягати 3%. Внаслідок цього у правильних машин з груповим приводом між окремими роликами виникають подовжні сили, що викликають збільшення моментів в елементах приводу і є причиною частих поломок карданних валів і редукторів. Частково ймовірність поломок цих елементів вдається знизити завдяки допущенню неконтрольованого ковзання правильних роликів по поверхні листа, проте в цьому випадку неминучі пошкодження контактуючих поверхонь.

У розглянутих конструкціях ці проблеми були вирішені шляхом застосування індивідуального приводу, внаслідок чого кожному з правильних роликів передається необхідний момент правки. Крім того, відсутність жорстких кінематичних зв'язків між шпинделями дозволяє здійснювати процеси правки роликами різних діаметрів і, як наслідок, знизити часові та економічні витрати по додатковій шліфовці. Основні технічні дані листоправильних машин наведені в таблиці 2.2.

На користь рішення про застосування в якості виконавчих механізмів по налаштуванню ЛПМ гідравлічних пристроїв свідчить недостатня точність, незадовільна відтворюваність, а також надмірна інерційність систем, що застосовуються в традиційних правильних машинах заснованих на електромеханічних принципах установки роликів. Для виконання вимог, що пред'являються до су-

часних правильним машинам (правка в реверсивних режимах, правка клиновидних листів і т.і.), електромеханічні системи непридатні.

Таблиця 2.2 – Основні технічні дані листоправильних машин

Параметри	Тип машини	
	ЛПМ 2800	ЛПМ 5000
Товщина оброблюваних листів, мм	7-60	10-100
Ширина листів, мм	1500-2700	1500-4800
Довжина листів, мм	5000-28000	8000-30000
Максимальна межа плинності оброблюваного матеріалу, МПа, не більше	800	1000
Швидкість правки, м / с	0,3-0,6	02-06
Число робочих роликів	9 (4 + 5)	9 (5 + 4)
Діаметр робочих роликів	360 (345 min)	430 (415 min)
Довжина бочки робочого ролика, мм	2950	5000
Крок робочих роликів, мм	400	450
Число опорних роликів	128 (70 + 58)	198 (110 + 88)
Діаметр опорних роликів, мм	390	440
Максимальне зусилля правки, МН	30,0	50,0

Гідравлічні пристрої оптимально поєднуються з новітніми засобами автоматизації (рис. 2.13) на рівні програмованих контролерів і комп'ютерів, причому подальше вдосконалення систем управління часто можливо тільки за рахунок оновлення програмних продуктів.

В основу концепції систем автоматизації розглянутих ЛПМ покладено принцип розподілу функцій за рівнями. Подібний підхід дозволяє здійснити поступове нарощування обсягу автоматизованих функцій на вимогу замовника. Наприклад, до рівня 0 відносяться системи управління контурами електроприводів (регулювання швидкостей і струмів двигунів), а також локальна автоматизація (регулювання положень механізмів). Функціями рівня 1 (базисна автоматизація) є: операції з обміну даними з системою візуалізації, що забезпечує



графічне представлення ситуації, архівування даних, сигналізацію про несправності; логіка режимів роботи, блокування; обробка та видача даних в системи локальної автоматизації; видача даних в системи локальної автоматизації від ручного втручання оператора; розрахунок і видача завдань, величин коригувань, обмежень; контроль значень швидкостей, положень і т.і.

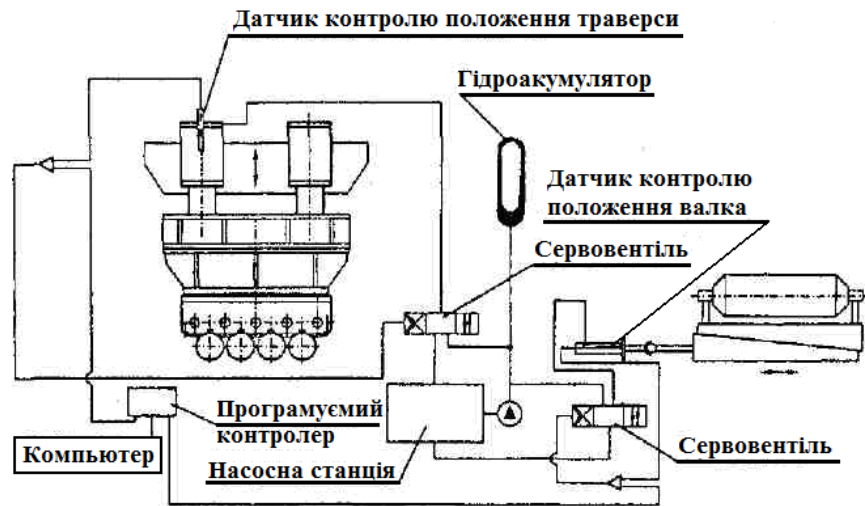


Рисунок 2.13 – Принцип позиціонування робочих роликів і верхньої траверси

На систему візуалізації покладені такі функції:

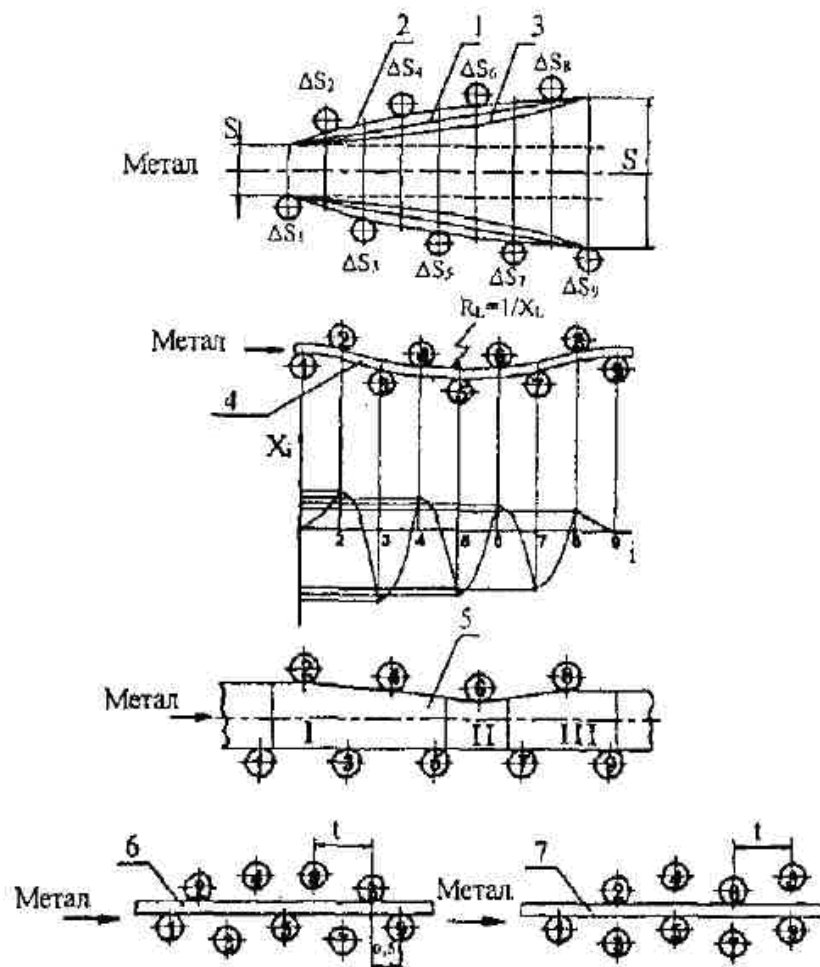
- графічне представлення стану обладнання, включення-виключення функцій автоматизації, налагоджувальних коефіцієнтів, повідомлень;
- сигналізація несправностей, архівування подій, протоколювання важливих повідомлень;
- зберігання інформації в архіві на жорсткому диску, а також зв'язок з сигналами автоматизації.

Для реалізації вищеповисаних функцій НКМЗ використовує компоненти кращих світових виробників (MOOG, REXROTH, Mannesmann, BALUFF, & R Electronic, Siemens, OMRON та ін.).

Одним із суттєвих недоліків традиційних листопробірних машин є реалізація технологічного процесу в обмеженому діапазоні товщини. Причина обумовлена відсутністю можливості варіювання числом і кроком пробірних роликів. Спроби оснащення листопробірних машин різними комплектами роликів і додатковими елементами приводу не виправдалися через високу вар-

тість і низьку експлуатаційну надійність при швидкоплинному програмному правленні листів різної товщини.

Завдяки індивідуальній настройці роликів з'являється можливість реалізації нових в області правлення листового прокату технологічних рішень. Наприклад, розташування роликів в формі клинів різних конфігурацій (рис. 2.14), обумовлених рівнем межі текучості оброблюваного матеріалу. Приріст розчину в цьому випадку задають у вигляді лінійної, параболічної, експоненційної або інших залежностей.



1 – клин, що рівномірно розширюється; 2 – клин, що параболічно розширюється; 3 – клин, що експоненціально розширюється; 4 – моноспрямована кривизна; 5 – тризонне налаштування; 6 – трироликівне налаштування SMS; 7 – трироликівне налаштування НКМЗ.

Рисунок 2.14 – Варіанти налаштування роликів листопрямуючої машини

При необхідності отримання максимального збільшення деформації доцільно використовувати трьохзонне налаштування (див. рис. 2.14).

При правленні листів товщиною 20-50 мм з метою зниження зусилля правлення за рахунок збільшення радіусів вигинів раціонально використовувати п'ятиролікові схеми налаштування. При цьому слід враховувати, що для виконання налаштування не потрібно ніяких додаткових пристроїв, крім декількох гідроциліндрів.

З одного боку, проектування металургійного устаткування часто виконують в умовах неповної інформації про створюваний об'єкт, технологічних процесах та умовах експлуатації, причому за основу беруть тільки максимальні величини силових параметрів, котрі при цьому збільшують інтуїтивно з урахуванням динамічності.

З іншого боку, підвищення рівня вимог до ефективності технології правки пов'язано з точністю і достовірністю математичного моделювання. У зв'язку з цим для розрахункових досліджень енергосилових параметрів ЛПМ застосовували вдосконалену методику, засновану на чисельних методах (послідовне розв'язання диференціальних рівнянь рівноваги елементарних обсягів деформованого металу).

При дослідженні полів напружень і деформацій в матеріалах станин, траверс, а також роликів касет використаний метод скінченних елементів, реалізований на основі програмних засобів Lira Windows, Mirage і Ansys. Оригінальність методики досліджень полягає в розгляді напружених станів, що виникають при спільних навантаженнях сполучених несучих елементів конструкції зусиллям правки (наприклад, поперечки нижньої і встановленої на неї касети і т.і.). Подібний підхід дозволив отримати більш адекватний розподіл за рахунок конкретизації граничних умов і, як наслідок, знизити металоємність, а також підвищити надійність основних вузлів і механізмів машини. Крім того, враховані особливості умов навантаження станини ЛПМ, які істотно відрізняються від умов навантаження станин клітей прокатних станів,

На підставі аналізу результатів досліджень визначені раціональні поєднання параметрів процесу і устаткування (енергосилових, кінематичних, геометричних і т.і.). А також спроектовані раціональні напружений стан і конфігура-

ція несучих елементів, що сприяло розробці і впровадженню нової конструкції ЛПМ ПАТ «НКМЗ».

### 2.3 Технічна характеристика листопрямильної машини

1. Параметри оброблюваних листів, мм	
– товщина	6 ... 50
– ширина	1500-2800
– довжина	до 26000
2. Характеристика матеріалу оброблюваних листів в холодному стані, МПа	
– межа текучості	1100
3. Розрахункові параметри матеріалу оброблюваних листів, МПа	
– межа текучості, не більше	500
– модуль пружності, не більше	$2,2 \cdot 10^5$
4. Швидкість правки, м/с	0,3 ... 0,4
5. Швидкість транспортування м/с	1,4
6. Зусилля правки, МН, не більше	32
7. Параметри робочих роликів:	
– діаметр, мм	280
– довжина бочки, мм	3000
– кількість, шт.	11 (6 + 5)
8. Параметри опорних роликів:	
– діаметр, мм	290
– довжина бочки, мм	135
– кількість, шт.	154 (84 + 70)
9. Відстань між осями робочих роликів (крок), мм	300
10. Встановлена потужність головного приводу, кВт	2x355

11. Допуск площинності після правки, мм/м	2
12. Річний фонд робочого часу, годин	7200
13. Гідравлічне обладнання:	
13.1 Насосно-акумуляторна станція	
– насосна установка на 16 МПа, шт.	3
– робоча, шт	1
– робочий резерв, шт	1
– холодний резерв, шт	1
– робочий тиск на виході з насоса, МПа	16 ± 1
– максимальна подача насоса при n=1465 об/хв, л/хв	90
– насос аксіально-поршневий нерегульований	A2F065 / 61RP-BB05
– електродвигун	K21 R200 L4
– потужність, кВт	30
– частота обертання, об/хв	1465
13.1.2 Насосна установка на 32 МПа, шт.	2
– робоча, шт	1
– резервна, шт	1
– робочий тиск на виході з насоса, МПа	32 ± 1
– максимальна подача насоса при n=1465 об/хв, л/хв	33
– насос аксіально-поршневий нерегульований	A2F023 / 61RP-BBQ5
– електродвигун	K21R180 M4
– потужність, кВт	18,5
– частота обертання, об/хв	1465
– робоча рідина - масло мінеральне	
– Shell Tellus S46 або S32	32мм <sup>2</sup> /с
– кількість масла, що заливається в бак, л	2300
– робочий діапазон температур масла, ° С	+5 ... + 50
– чистота масла не нижче 11 кл. чистоти рідин по ГОСТ 17216-71	
13.1.3 Блок роздільник V = 8Ск, шт.	1

– робочий тиск рідини в блоці, МПа	15
– обсяг масляної / газової порожнин роздільник, л	80/82
– обсяг балонів для азоту в блоці, л	1000
13.1.5 Кількість азоту, що потрібне для разової зарядки блоку, мм <sup>3</sup>	138
– тиск азоту в балонах при первісній зарядці	
– блоку, при заповненій маслом поршневий	
– порожнини і відсутності масла в штоковій	
– порожнині, МПа	13,8
– інертний газ азот II кл. по ГОСТ 9293-74	
– чистота газу, %	99
– тонкість фільтрації масла в напірній / зливній	
– магістралях, мкм	10
– теплообмінник	AB32-09 / 132G-091-01 / F
– максимально допустимий робочий	
– тиск масла підводяться масла і води, МПа	0,8...0,9
13.1.6 Максимальна робоча температура поверхні водяних труб, °С	100
13.1.7 Максимальна робоча температура масла, що підводиться, °С	100
– максимальна витрата масла, л/хв	500
– максимальна витрата води, л/хв	67
– охолоджуюча вода - питна або технічна чиста	
– вода від замкнутої системи охолодження	
– температура охолоджуючої води, °С	від 20 до 30
13.1.8 Вентиль для води AB21-23 / G 3/4-G24	
– максимальний робочий тиск, МПа	1,0
– витрата рідини через вентиль,	від 11 до 33
– максимальна допустима в'язкість,	1

## 13.1.9 Сигналізатор води АВ31-26 / 6

контакт замикається при перевищенні рівня води  
червоного кільця на корпусі

## 13.2 Система гідрокерування:

– робочий тиск в порожнинах гідроциліндрів  
пристрою для настройки зазору, МПа 16/32

– робочий тиск в інших гідроциліндрах, МПа 16

– тонкість фільтрації масла, що подається в  
гідроциліндрипристрою для настройки зазору, мкм 6

– тонкість фільтрації масла, належне в інші  
гідроциліндри, мкм 10

## 13.3 Регулюючий розподільник з вбудованою

електронікою (ОВЕ), шт. 4

– час відпрацювання сигналу 0 ... 100%, мс, не більше 25

– номінальний витрата при  $P = 3,5$  МПа, л/хв 100

– витоку при 10 МПа, не більше 1000

– максимальний робочий тиск, МПа 32

## 14. Електрообладнання, встановлене на механізмах:

– електродвигун асинхронний трифазний

– короткозамкнений (фірма "VEM" ', Німеччина), шт. 2

– потужність, кВт 355

– частота обертання, об/хв 1493

– споживаний струм, А 633

–  $\eta$ , % 96,8

–  $\cos \varphi$  0,84

–  $I_{\max} / I_{\text{н}}$  8

–  $M_{\max} / M_{\text{н}}$  3

–  $M_{\text{пуск}} / M_{\text{н}}$  0,9

–  $I$ , кг · м<sup>2</sup> 7,9

– виконання	IM 1 001
– маса, кг	2200
14.1 Вентилятор KREF 355-26	
– електродвигун асинхронний трифазний	
– короткозамкнений, шт.	2
– потужність, кВт	1,76
– споживаний струм (при 400 В), А	3,6
– напруга живлення, В	380
– частота мережі, Гц	50
14.3 Датчик імпульсний	HOG 10 DN
1024 I	
(в комплекті з двигуном), шт.	2
14.4 Датчик лінійних переміщень	
BTL5-S102-M0500-K-SR32, "BALLUFF" (Німеччина)	
(механізм установки зазору між правильними роликками), шт.	
	4
14.5 Вимикач безконтактний індуктивний	
BES 516-114-G-S4-H, "BALLUFF" (Німеччина), шт.	
	10
14.6 Датчик лінійних переміщень	
BTL5-S102-M0550-K-SR32, "BALLUFF" (Німеччина)	
(механізм управління становищем правильних роликів касети верхньої), шт.	
	6
14.7 Датчик оптичний BLS 18E-XX-1P-E5-X-S 4	
(джерело), шт.	
	4
– BLE 18E-PS-1P-E5-D-S 4, шт.	4
– відстань джерело - приймач, м	16
– напруга живлення, В	10 ... 30
– споживаний струм, мА	200
– робоча температура, °С	-20 ° ... + 75



15. Редуктор планетарний Пз3-238, шт.	2
– крутний момент на тихохідному валу, кНм	54
– частота обертання швидкохідного вала, об/хв	1485
– передавальне число, $U_{ср}$	25,235
16. Кліть шестеренна, шт.	1
– сумарний крутний момент на вихідних валах	
– шестеренної кліті, кНм	100
– частота обертання роликів, об/хв	59,4
– передавальне число $U_{ср}$	1
17. Гідромотор приводу пристрою видалення окалини, шт.	1
– тип гідромотора	GMS350-125-A83-21-AA-A-AA
– максимальний крутний момент, Нм	320
– максимальне вхідний тиск, МПа	21
– максимальна частота обертання, об/хв	600
– робочий момент, що крутить, Нм	200
– робочий тиск, МПа	16
– робоча частота обертання, об/хв	300
– управління двигуном - дроселюванням зливу.	
18. Змащення:	
18.1 Редуктори планетарні - рідка заливна	
– рекомендована марка масла І-460 ПВ ГОСТ 17479.4-87 (ПС-28 ГОСТ 1262-77)	
– обсяг масла, що заливається, л	2x40
18.2 Кліть шестеренна - рідка циркуляційна	
рекомендована марка масла - І-460 ПВ ГОСТ 17479.4-87 (ПС-28 ГОСТ 1262-77)	
18.3 Підшипники робочих роликів, підшипники станини роликів, клини індивідуальної настройки роликів, планки ковзання, що сполучаються з траверсою і касетою верхньої - пластична централізована.	

рекомендований тип мастила Униол-2 ГОСТ23510-79

18.4 Підшипники пристрою видалення окалини, підшипники осей гідроціліндрів врівноваження, установок датчиків перетину траверси, коробка зливного, роликів напрямних, направляючі установок датчиків переміщення траверси, напрямні пристрої фіксації шпинделів - пластикна через тавотниці ТРГ 1/4

рекомендований тип мастила Униол-2 ГОСТ23510-79

18.5 Підшипники опорних роликів - пластикна заставна

рекомендований тип мастила Mobilplex, LGHB-2

18.6 Підшипники ковзаною касети нижньої, осей шпиндельного пристрою - пластикна заставна

рекомендований тип мастила Униол-2 ГОСТ23510-79.

18.7 Планки ковзання, що сполучаються з касетою нижньої, підп'ятники траверси, подушки роликів, ролик пристрою зміни касет, шліци муфт шпинделів - пластикна вручну.

рекомендований тип мастила Униол-2 ГОСТ23510-79.

18.8 Шліци і хрестовини валів карданних - пластикна через тавотниці ТРГК R1 / 4

рекомендований тип мастила К-20 по DIN51825-КР2

18.9 Муфти зубчасті головного приводу - рідка заливна

рекомендована марка масла I-50A ГОСТ20799-88

19. Охолодження:

- |  |        |
|--|--------|
| – правильних роликів і корпусів станини роликів        | водяне |
| – кількість точок, шт.                                 | 11 + 4 |
| – орієнтовний витрата води на ЛПМ, м <sup>3</sup> /год | 10     |

19.2 фотодатчиком наявності металу - повітряне

- |  |       |
|--|-------|
| – кількість точок, шт.                             | 4 + 4 |
| – орієнтовний витрата повітря, м <sup>3</sup> /год | 100   |

## 2.4 Розрахунки механізмів листопрямильної машини

### 2.4.1 Розрахунок зусиль на ролики ЛПМ

Вихідні дані:

1. Параметри оброблюваних листів, мм
  - товщина  $h = 6...50$
  - ширина  $b = 1500-2800$
  - довжина до 26000
2. Характеристика матеріалу оброблюваних листів в холодному стані, МПа
  - межа міцності  $\sigma_b = 1100$
3. Розрахункові параметри матеріалу оброблюваних листів, МПа
  - межа текучості, не більше  $\sigma_T = 500$
  - модуль пружності, не більше  $E = 2,2 \times 10^5$
4. Швидкість правки, м/с  $V = 0,3...0,4$
5. Швидкість транспортування, м/с 1,4
6. Зусилля правки, МН, не більше 32
7. Параметри робочих роликів:
  - діаметр, мм 280
  - довжина бочки, мм 3000
  - кількість, шт. 11 (6+5)
8. Параметри опорних роликів:
  - діаметр, мм 290
  - довжина бочки, мм 135
  - кількість, шт. 154 (84+70)
9. Відстань між вісями робочих роликів (крок), мм  $t = 300$

Процес правки на роликотправильних машинах заснований на пружно-пластичному вигині листа, який поміщається між роликами, розміщеними в шаховому порядку.

Визначимо момент пластичного вигину листа за формулою:

$$M_{\text{ПЛ}} = \sigma_T \frac{bh^2}{4} = 500 \frac{2800 \times 50^2}{4} = 875 \text{кНм}. \quad (1)$$

Визначимо момент пружного вигину смуги за формулою [11]:

$$M_y = \sigma_T \frac{bh^2}{6} = 500 \frac{2800 \times 50^2}{6} = 583,333 \times 10^6 \text{Нмм} \approx 583 \text{кНм}, \quad (2)$$

де  $\sigma_T = 500$  МПа – межа текучості матеріалу листа;  $b = 2800$  мм – максимальна ширина листа для правлення;  $h = 50$  мм – середня товщина листа для правлення.

Визначаємо сумарне зусилля на всі верхні і нижні ролики [11]:

$$P = \frac{5}{3}(n-2) \cdot \sigma_T \cdot \frac{bh^2}{t} = \frac{5}{3}(11-2) \cdot 500 \cdot \frac{2800 \cdot 50^2}{300} = 175 \times 10^6 \text{Н}. \quad (3)$$

Максимальне зусилля правлення буде діяти на третій ролик:

$$P_3 = 2 \cdot \sigma_T \cdot \frac{bh^2}{t} = 2 \cdot 500 \cdot \frac{2800 \cdot 50^2}{300} = 23,33 \times 10^6 \text{Н}. \quad (4)$$

Приймаємо максимальне зусилля на ролик не більше 32 МН (тех. хар-ка).

Потужність пластичного вигину:

$$N_{\text{деф}} = \frac{\sigma_T^2}{2E} \cdot b \cdot h \cdot V \cdot k_{\text{деф}}, \quad (5)$$

$$N_{\text{деф}} = \frac{500}{2 \cdot 2,2 \times 10^5} \cdot 2800 \cdot 50 \cdot 0,4 \cdot 4,377 = 139 \text{кВт}, \quad (6)$$

де  $k_{\text{деф}}$  – результуючий (сумарний) коефіцієнт пластичної деформації при правленні смуги:

$$k_{\text{деф}} = k_2^2 \left[ \frac{1}{(1-k_2)} + k_2(n-3) \right] = 0,7^2 \left[ \frac{1}{(1-0,7)} + 0,7(11-3) \right] = 4,377, \quad (7)$$

де  $k_2 = 0,7$  – коефіцієнт проникнення пластичної деформації під другим роликком.

При визначенні потужності електродвигуна для приводу правильної машини, крім потужності деформації пластичного вигину  $N_{\text{деф}}$ , необхідно враху-

вати втрати потужності на тертя в підшипниках  $N_{\text{подш}}$  і потужність тертя-кочення роликів по смузі  $N_{\text{кач}}$  для всіх  $n$  роликів, при  $\eta$  – к.к.д. редуктора та шестеренної кліті, що встановлені в лінії приводу машини:

$$N_{\text{дв}} = \frac{1}{\eta} (N_{\text{деф}} + N_{\text{подш}} + N_{\text{кач}}) \quad (8)$$

Втрати потужності на тертя в підшипниках всіх робочих роликів:

$$N_{\text{подш}} = P \cdot \mu \cdot \frac{d}{2} w = 175 \cdot 0,005 \cdot \frac{180}{2} \cdot 2,86 = 225 \text{кВт}, \quad (9)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя в підшипникових опорах роликів (для роликів  $\mu = 0,005$ );

$d$  – діаметр тертя в підшипникових опорах,  $d = 180$  мм;

$w$  – кутова швидкість обертання роликів:

$$w = \frac{2V}{D} = \frac{2 \cdot 0,4}{0,28} = 2,86 \text{ с}^{-1}, \quad (10)$$

де  $D = 280$  мм – діаметр бочки робочого ролика.

Потужність тертя-кочення роликів по смузі:

$$N_{\text{кач}} = P \cdot m \cdot w = 175 \cdot 0,5 \cdot 2,86 = 250 \text{кВт}, \quad (11)$$

де  $m$  – коефіцієнт тертя-кочення, котрий з урахуванням можливого ковзання між роликами та смугою для сталюї смуги становить  $m = 0,5-1$  мм.

#### 2.4.2 Вибір електродвигуна і редуктора

Необхідна потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{1}{0,9} (139 + 225 + 250) = 682 \text{кВт}. \quad (12)$$

Для забезпечення потрібної потужності вибираємо і приймаємо два електродвигуни асинхронних трифазних з короткозамкненим ротором K22F355M4 (фірма "VEM" , Німеччина):

– потужність, кВт	355
– частота обертання, $\text{хв}^{-1}$	1493

– споживаний струм, А	633
– $\eta$ , %	96,8
– $\cos \varphi$	0,84
– $I_{\max} / I_{\text{н}}$	8
– $M_{\max} / M_{\text{н}}$	3
– $M_{\text{пуск}} / M_{\text{н}}$	0,9
– $I$ , кг · м <sup>2</sup>	7,9
– виконання	ІМ 1001
– маса, кг	2200

Кутова швидкість двигуна:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1493}{30} = 156 \text{ с}^{-1}, \quad (13)$$

де  $n_{\text{дв}}$  – частота обертання двигуна,  $n_{\text{дв}} = 1493 \text{ хв}^{-1}$ .

Номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{н}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{355}{156} = 2,28 \text{ кНм}. \quad (14)$$

Для узгодження частоти обертання двигуна  $n_{\text{дв}}$  з частотою обертання ролика  $n_{\text{р}}$  необхідно встановити редуктор с передаточним числом, що дорівнює:

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{р}}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{р}}} = \frac{1493}{59,4} = 25,13. \quad (15)$$

Вибираємо для кожного двигуна планетарний редуктор Пз3–238 с передаточним числом  $U = 25,235$ , а для розподілу моменту між усіма приводними роликами листопривальної машини встановлюємо шестеренну кліть ( $U = 1$ ) з максимальним обертовим моментом на вихідному валу 100 кНм.

Максимальний крутний момент, який припадає на один приводний ролик:

$$M_{\max} = \frac{100 \text{ кНм}}{n} = \frac{100 \text{ кНм}}{11} = 9,09 \text{ кНм}. \quad (16)$$

### 2.4.3 Розрахунок робочого ролика на міцність

Робочий ролик спирається на 14 опорних роликів. На рисунку 2.15 зображена схема установки роликів.

Застосуємо теорему о трьох моментах [11, 12]:

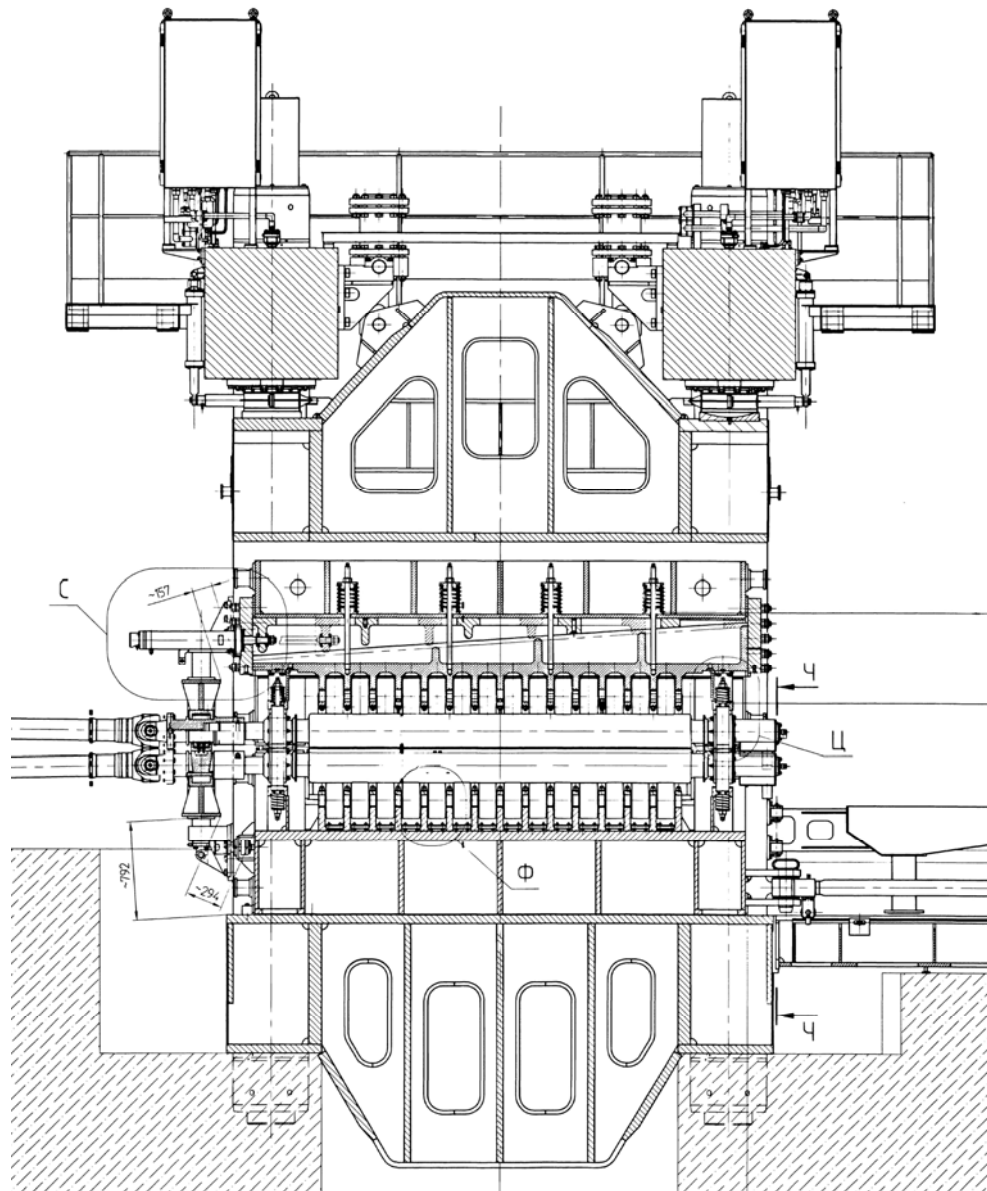


Рисунок 2.15 – Схема установки робочих та опорних роликів

$$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -6 \left[ \frac{F_n a_n}{l_n} + \frac{F_{n+1} a_{n+1}}{l_{n+1}} \right] \quad (17)$$

Для кожної балки, що вільно лежить на двох опорах, епюра згинальних моментів має вигляд параболи з максимумом  $\frac{ql_n^2}{8}$ ; площа параболичного сегменту [12]:

$$F_n = \frac{2}{3} l_n \frac{ql_n^2}{8} = \frac{ql_n^3}{12}. \quad (18)$$

де  $q$  – розподілене навантаження, для визначення якого зробимо де-кілька попередніх обчислень:

$$q_l = \frac{P_{\max}}{L} = \frac{32 \times 10^6}{3500} = 9,143 \times 10^6 \text{ Н/м}, \quad (19)$$

$$q_b = \frac{P_{\max}}{b} = \frac{32 \times 10^6}{2800} = 11,429 \times 10^6 \text{ Н/м}, \quad (20)$$

$$q = \frac{q_l + q_b}{2} = \frac{9,143 + 11,429}{2} = 10,286 \times 10^6 \text{ Н/м}, \quad (21)$$

де  $P_{\max} = 32 \text{ МН}$  – максимальне зусилля на ролик;

$L = 3500 \text{ мм}$  – відстань між опорами робочого ролика (довжини прольотів  $l_n$  між опорами опорних роликів зведемо в таблицю 2.3);

$b = 2800 \text{ мм}$  – максимальна ширина листа для правлення.

Центр мас епюри знаходиться посередині прогину, тому  $a_n = b_n = l_n/2$ . Рівняння трьох моментів необхідно буде записати 15 разів для кожного з прольотів:

– для першого прольоту  $l_1 = 460 \text{ мм}$

$$M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6 \left[ \frac{F_1 a_1}{l_1} + \frac{F_2 a_2}{l_2} \right], \quad (22)$$

– для другого прольоту  $l_2 = 200 \text{ мм}$

$$M_1 l_2 + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3 l_3 = -6 \left[ \frac{F_2 a_2}{l_2} + \frac{F_3 a_3}{l_3} \right] \quad (23)$$

– для третього прольоту  $l_3 = 200 \text{ мм}$  і далі:

$$M_2 l_3 + 2M_3(l_3 + l_4) + M_4 l_4 = -6 \left[ \frac{F_3 a_3}{l_3} + \frac{F_4 a_4}{l_4} \right], \quad (24)$$



Таблиця 2.3 – Довжини прольотів  $l_n$  між опорами опорних роликів

Порядковий номер моменту	Довжина прольоту, мм	Позначення моменту	Значення, кНм
1	460	$M_0$	0
2	200	$M_1$	207,018
3	200	$M_2$	-11,998
4	200	$M_3$	46,687
5	200	$M_4$	30,963
6	200	$M_5$	35,175
7	200	$M_6$	34,052
8	200	$M_7$	34,333
9	200	$M_8$	34,333
10	200	$M_9$	34,052
11	200	$M_{10}$	35,175
12	200	$M_{11}$	30,963
13	200	$M_{12}$	46,687
14	200	$M_{13}$	-11,998
15	200	$M_{14}$	207,018
16	460	$M_{15}$	0

– для п'ятнадцятого прольоту  $l_{15} = 460\text{мм}$

$$M_{14}l_{15} + 2M_{15}(l_{15} + l_{16}) + M_{16}l_{16} = -6 \left[ \frac{F_{15}a_{15}}{l_{15}} + \frac{F_{16}a_{16}}{l_{16}} \right], \quad (25)$$

З огляду на симетрію балки моменти  $M_0 = M_{15} = 0$ .

Представивши центральні моменти через бічні (лівий і правий) і вирішуючи систему лінійних рівнянь отримуємо значення статично невизначених мо-

ментів для кожного прольоту нерозрізної балки. Результати обчислень представлені в таблиці 2.3 і на рисунку 2.16.



Рисунок 2.16 – Розподіл моментів згину по довжині балки

Розглянемо небезпечний перетин бочки ролика, в якому діє максимальний згинальний момент (момент в опорі 1). Напруження згину визначаємо за формулою:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_{\text{изг}}} = \frac{M_1}{0,1 \cdot D^3} = \frac{207 \times 10^6}{0,1 \cdot 360^3} = 94 \text{ МПа} < [\sigma]. \quad (26)$$

Визначаємо напруги в шийці робочого ролика.

Визначаємо реакцію в опорі 0, в самій крайній з опор ролика максимально наближену до приводу:

$$R_0 = \frac{M_1}{l_1} = \frac{270 \times 10^6}{460} = 450 \text{ кН}. \quad (27)$$

Визначаємо згинальний момент в шийці, приймаючи, що розподілене навантаження в шийці дорівнює нулю:

$$M_{\text{изг}} = R_0 \cdot c = 450000 \cdot 250 = 112,5 \text{ кНм}, \quad (28)$$

де  $c = 250$  мм – відстань від опори ролика до небезпечного перетину шийки (рис. 2.17).

Напруження згину в небезпечному перерізі шийки ролика:

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{изг}}} = \frac{M_{\text{изг}}}{0,1 \cdot d^3} = \frac{112,5 \times 10^6}{0,1 \cdot 180^3} = 193 \text{ МПа}, \quad (29)$$

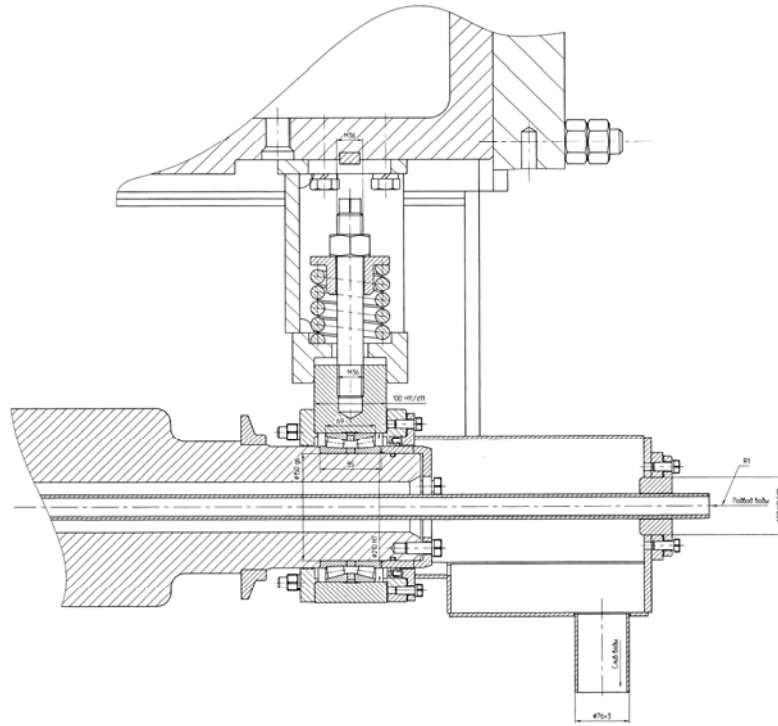


Рисунок 2.17 – Вузол робочого ролика

де  $d = 180$  мм – діаметр шейки в небезпечному перерізі.

Напруження кручення в небезпечному перерізі шийки ролика:

$$\tau_{ш} = \frac{M_{\max}}{W_{кр}} = \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot d^3} = \frac{9,09 \times 10^6}{0,2 \cdot 180^3} = 8 \text{ МПа}, \quad (30)$$

Результуюче напруження [12]:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{193^2 + 3 \cdot 8^2} = 193,37 \text{ МПа}. \quad (31)$$

Матеріал ролика сталь 12ХН2А припустимі напруження для якої складають  $[\sigma] = 195 \dots 198$  МПа. Умову міцності виконано.

Визначимо контактне напруження між роликами по формулі:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{конт}} &= 0,418 \sqrt{\frac{4 \cdot q \cdot E}{D}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 10,286 \times 10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}{0,280}} = \\ &= 1161 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{конт}}] \end{aligned} \quad (32)$$

де  $[\sigma_{\text{конт}}]$  – припустиме контактне напруження,

$$[\sigma_{\text{конт}}] = 2 \sigma_T = 2 \times 690 = 1380 \text{ МПа} \quad (33)$$

Умову міцності виконано.

#### 2.4.4 Визначення довговічності підшипників робочих роликів

Робочі ролики встановлені на дворядних конічних роликотпідшипниках № 2097930 з наступною характеристикою: внутрішній діаметр  $d = 150$  мм, зовнішній діаметр  $D = 210$  мм, середній діаметр (діаметр тертя)  $180$  мм; ширина підшипника  $B = 85$  мм, динамічна вантажопідйомність  $C = 276000$  Н.

Визначаємо еквівалентне навантаження на підшипник робочого ролика [13]:

$$P = X \times V \times F_r \times K_r \times K_t = 1 \cdot 1 \cdot 450 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 520 \text{ кН}, \quad (34)$$

де  $X = 1$  – коефіцієнт радіального навантаження;

$V$  – коефіцієнт, що враховує яке з кілець обертається (за умови обертання внутрішнього кільця  $V=1$ );

$F_r = R_0 = 450$  кН – радіальне навантаження на підшипник;

$K_r = 1,1$  – коефіцієнт безпеки;

$K_t = 1,05$  – температурний коефіцієнт.

Визначаємо номінальну довговічність (ресурс) підшипника в мільйонах обертів:

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^p = \left( \frac{276}{520} \right)^{\frac{10}{3}} = 0,121 \text{ млн.об}, \quad (35)$$

де  $p = 10/3$  – показник ступеню для роликотпідшипників.

#### 2.4.5 Розрахунок вал-шестерні розподільчого редуктору

Вихідні дані:

Міжосьова відстань  $A = 405$  мм.

Максимальний крутний момент на приводному валу  $M_{кр} = 54$  кНм.

Довжина бочки вал-шестерні  $L_B = 440$  мм.

Робоча ширина (ширина зубчастої шестерні)  $L_p = 300$  мм.

Діаметр цапфи підшипника  $d = 330$  мм.

Передаточне відношення	$i = 1.$
Кількість зубів шестерні	$z = 30.$
Модуль нормальний	$m_H = 12.$
Кут нахилу шевронних зубів	$\beta = 27,255^\circ$
Модуль торцевий	$m_s = \frac{m_H}{\cos \beta} = \frac{12}{\cos 27,255^\circ} = 13,499$
Частота обертання, $xv^{-1}$	59,4.

Для перевірки міцності зубчатого зачеплення будемо використовувати розрахункову схему представлену на рис. 2.18.

Визначимо коефіцієнт ширини шестерні  $k_1$  при  $L_p/A = 0,741$ ,  $k_1 = 1,172$ .

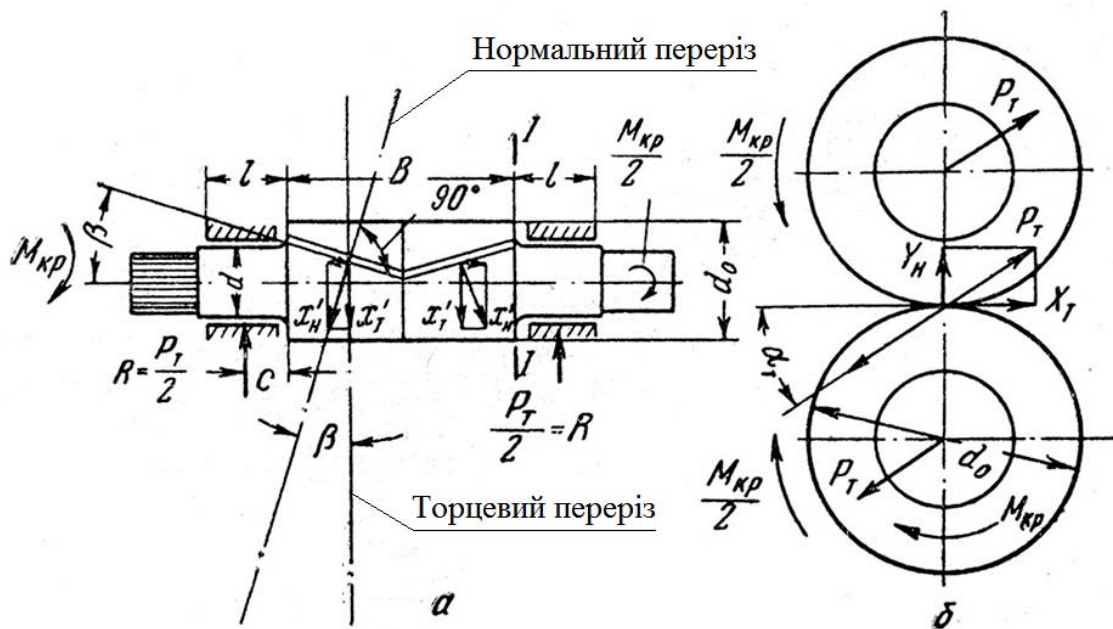


Рисунок 2.18 – Розрахункова схема шестеренного валка: а – сили, що діють в шевронному зубчастому зачепленні; б – сили, що діють в торцевому перерізі

Коефіцієнт концентрації напружень  $k_2$  [2, стр. 210–212]:

$$k_2 = 1 + 0,1 \cdot i = 1 + 0,1 \cdot 1 = 1,1. \quad (36)$$

Коефіцієнт якості виготовлення зубчастого зачеплення  $k_3$ , для 2-го класу точності  $k_3 = 1,1$ .

Визначаємо розрахунковий коригувальний коефіцієнт за формулою

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 1,172 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1,547. \quad (37)$$

Максимальний розрахунковий момент, який передається зубчатим зачепленням:

$$M_{\text{РАСЧ}} = \frac{M_{\text{КР}}}{2} \cdot k = \frac{54}{2} \cdot 1,547 = 41,778 \text{ кНм}. \quad (38)$$

Максимальне напруження здвигу в контактному шарі зубів:

$$\tau = \frac{Z_h}{A} \sqrt{\frac{M_{\text{РАСЧ}}}{L_B} \cdot \frac{(i+1)^3}{i}}, \quad (39)$$

$$\tau = \frac{80}{405} \sqrt{\frac{41,778}{440} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 172 \text{ МПа}, \quad (40)$$

де  $Z_h$  – коефіцієнт, котрий для шевронного зубчатого зачеплення становить 80.

Шестерні виготовлені зі сталі 30ХГВТ і мають поверхневе закалювання до твердості 50HRC.

Допустиме дотичне контактне напруження:

$$[\tau] = 6 \cdot \text{HRC} = 6 \cdot 45 = 270 \text{ МПа}. \quad (41)$$

Визначаємо коефіцієнт  $Y$  форми зубів шестерні; при наведеному числі зубів рівному:

$$Z_{\text{ПРИВ}} = \frac{Z}{\cos(\beta)^3} = \frac{44}{\cos(27,255^\circ)^3} = 42,702, \quad (42)$$

За таких умов коефіцієнт форми зубів шестерні складе  $Y = 0,133$ . Коефіцієнт концентрації напружень біля основи зубів; при нарізці шестерні черв'ячної фрезою становить  $\psi = 1,6$ .

Напруга вигину у ніжки зуба визначаємо за формулою [2]:

$$\sigma = \frac{0,45 \cdot M_{\text{РАСЧ}} \cdot \psi}{Y \cdot m_H^2 \cdot Z \cdot L_B} = \frac{0,45 \cdot 41,778 \cdot 1,6}{0,133 \cdot 12^2 \cdot 30 \cdot 440} = 119 \text{ МПа}. \quad (43)$$

Припустимі напруження ставлять  $[\sigma] = 230 \dots 250 \text{ МПа}$ .

Умову міцності виконано.

Максимальне зусилля в зубчатому зачепленні:

$$P_T = 2,17 \cdot \frac{M_{\text{кр}}}{2 \cdot D_o} = 2,17 \cdot \frac{54}{2 \cdot 0,36} = 163 \text{ кН.} \quad (44)$$

Реакція в опорі приводного валка:

$$R = \frac{P_T}{2} = \frac{163}{2} = 81 \text{ кН.} \quad (45)$$

#### 2.4.6 Розрахунок на міцність шестеренного валка

Напруження згину в галтелі шийки валка

$$\sigma = \frac{R \cdot c}{\pi \frac{(d^4 - d_{\text{отв}}^4)}{32 \cdot d}} = \frac{81 \cdot 120}{3,14 \frac{(280^4 - 0^4)}{32 \cdot 280}} = 5 \text{ МПа,} \quad (46)$$

де  $c$  – відстань від центру опори до небезпечного перетину (галтель),  $c=120$  мм;

$d$  – діаметр валка в небезпечному перетині,  $d=280$  мм;

$d_{\text{отв}}$  – діаметр отвору в шийці валка;  $d_{\text{отв}}=0$  мм.

Напруга крутіння в шийці:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{\pi \frac{(d^4 - d_{\text{отв}}^4)}{16 \cdot d}} = \frac{54}{3,14 \frac{(280^4 - 0^4)}{16 \cdot 280}} = 13 \text{ МПа.} \quad (47)$$

Результуюча напруга в шийці (перетин I-I)

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{5^2 + 3 \cdot 13^2} = 22 \text{ МПа.} \quad (48)$$

## РОЗДІЛ 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

### 3.1 Технологічна послідовність розбирання листоправильної машини

Листоправильна машина, як і будь-яке інше обладнання, потребує ревізії та проведення ремонтів, що супроводжується розбиранням обладнання. При цьому необхідно поділити машину на окремі деталі або вузли.

Розбирання листоправильної машини слід провадити на ремонтному майданчику, попередньо демонтувавши її з фундаменту шляхом відкручування фундаментних болтів та наступним транспортуванням за допомогою підйомного крану на ремонтний майданчик.

Перед розбиранням слід забезпечити стійке положення машини та виключити можливість її перекидання.

При розбиранні листоправильної машини доцільно користуватись вузловим методом.

Порядок розбирання наступний:

- від'єднати кардани приводних валків листоправильної машини;
- відкріпити роликовий блок від станини;
- за допомогою перевалочного пристрою вивести роликовий блок із станини листоправильної машини;
- за допомогою кранового обладнання перенести роликовий блок на ремонтний майданчик;
- виконати по-детальну розборку роликового блоку.

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



## **3.2 Порядок збирання, монтажу та вивірювання листопрямильної машини**

### **3.2.1 Загальні вимоги**

Монтаж обладнання проводиться у відповідність з кресленнями, що входять до складу експлуатаційної документації, керуючись вказівками технічних вимог, викладених в них, а також:

- СНіП 3.05.05-84 «Технологічне обладнання та технологічні трубопроводи»;
- СНіП 2.09.03-86 «Спорудження промислових підприємств»;
- ВСН 361-85 ММСС СРСР «Установка технологічного устаткування на фундаментах».

Монтажні роботи проводити з дотриманням заходів безпеки, розроблених монтажною організацією.

Загальноприйняті методи ведення монтажу відносяться до компетенції монтажних організацій.

### **3.2.2 Монтаж обладнання ЛПМ**

Монтаж обладнання ЛПМ рекомендується провести в такій послідовності.

Встановивши нижню групу гайок з підставками (виготовлення силами монтажною організацією), провести монтаж поперечки нижньої. За допомогою домкратів виставити по висотним позначкам щодо поздовжньої і поперечної осей. Після виставлення відхилення не повинні перевищувати:

- зміщення поздовжньої осі в поперечному напрямку – не більше 0,5 мм. (контролювати геодезичним методом щодо існуючого обладнання);

- перекіс поздовжньої осі щодо основної поздовжньої осі лінії стану 2800 не більше 0,5 мм на погонний метр (контролювати геодезичним методом);
- зміщення поперечної осі щодо проекції осі валка – не більше 0,5 мм (контролювати геодезичним методом);
- перекіс поперечної осі не більше 0,5 мм на погонний метр (контролювати геодезичним методом);
- відхилення висотної позначки (по обробленій поверхні) від розрахункової не більше 0,2 мм;
- різниця висотних відміток по площині підстави, в тому числі за кутовими зонам, не більше 0,2 мм.

Важливо, монтування нижніх поперечок необхідно виробляти до установки останніх, що примикають до ЛПМ секцій рольганга УКО, тому що вони перебивають отвір, необхідний для такелажних робіт з установки поперечки. Після установки поперечки за допомогою кранового обладнання можливо паралельно зі складанням ЛПМ виробляти монтаж секцій рольганга УКО.

Провести попарно компоновку шпильок зі стійками і почергове їх з'єднання з поперечиною за допомогою загвинчування гайок, встановлених на підставках. Встановити шпонки, що забезпечують відповідність положень стійок по кутових координатах. Загвинчування гайок виробляти контролюючи величину вільної частини різьби – 100 мм (контроль – за допомогою лінійки). Допустиме відхилення, не більше  $\pm 5$  мм.

Встановити траверсу у внутрішній отвір станини за допомогою крана.

Провести установку поперечок в зборі. Загорнути верхні гайки до торкання з поперечиною. Затягування зробити за допомогою гідророзпору і насосної станції, що входять в комплект поставки. При затягуванні контролювати зусилля -11,1 МН, що відповідає тиску 31,4 МПа і деформації системи на 2,61 мм. Тиск контролювати по манометру, вбудованому в станцію. Допустиме відхилення  $\pm 5,0$  МПа. Після створення зазначеного тиску довертання гайок виробля-

ти до торкання з поперечиною. Порядок затягування (черговість) значення не має. При роботі з гідророзпором строго дотримуватися експлуатаційних вимог.

Після затягування гайок колон встановити стяжки, уточнивши товщину пакета прокладок. Після закінчення провести перевірку вузла станин і затягування анкерних болтів. Після затяжки анкерних болтів відхилення не повинні перевищувати:

- зміщення поздовжньої осі в поперечному напрямку – не більше 1,0 мм на одну сторону (контролювати геодезичним методом щодо існуючого обладнання);
- відхилення напрямних планок станини від вертикальності не повинно перевищувати 0,1 мм на 1 м (контролювати геодезичним методом);
- перекіс поздовжньої осі щодо основної поздовжньої осі лінії стану 2800 не більше 0,1 мм на погонний метр (контролювати геодезичним методом);
- зміщення поперечної осі станини – не більше 0,5 мм (контролювати геодезичним методом по напрямних планок стійок вузла станин);
- відхилення висотної позначки (по обробленій поверхні) від розрахункової не більше 0,2 мм;
- різниця висотних відміток по площині підстави, в тому числі за кутовими зонам, не більше 0,2 мм.

Провести підливання підстави бетонною сумішшю. Зазначена операція виконується під наглядом фахівців, що виконують монтаж обладнання. Після застигання бетонної суміші підливки (за нормами будівельної організації) перевірити затягування анкерних болтів.

Провести ретельний контроль розмірів станини з урахуванням всіх видів допусків, зазначених в кресленні:

- відстані між відповідними планками, що сполучаються з траверсою  $2420_{+0,050}^{+0,650}$  мм, касетами з боку приводу  $2430_{+0,050}^{+0,650}$  мм, з боку перевалки

2440<sup>+0,650</sup><sub>+0,050</sub> мм (контроль за допомогою лінійок і нутромірів мікрометричних);

- паралельності їх робочих поверхонь. Допуск паралельності – (0,1/1000) мм (контроль - за допомогою нутромера мікрометричного).

Дотримання вищевказаної вимоги обумовлено особливістю конструкції станини (яка виконана попередньо напруженою), тому можливі незначні відхилення від призначених допусків. У разі виявлення відхилень треба дещо уточнити відповідні розміри (виконується шліфуванням планок напрямних, шабровою площин з подальшою перевіркою на «пляму» контакту і т.д.).

Провести підйом траверси за допомогою крана в верхнє положення. При цьому особливу увагу звертати на сполучення напрямних елементів траверси і станини. Переконавшись у відсутності задирок, зробити зчленування траверси з підп'ятниками гідроциліндрів ГЦ1...ГЦ4 і штоками гідроциліндрів ГЦ16...ГЦ19.

При монтажі пристрою шпindelного врахувати, що верхню траверсу кронштейни фіксації траверси, встановлювати після остаточного складання пристрою і установки шпindelів з напівмуфтами. При цьому траверса повинна знаходитися в крайньому верхньому положенні і бути зафіксованою за допомогою пальців.

Монтажно-складальні операції по установці приводу, пристрою зміни касет, проводок, короба, станинних роликів, а також майданчиків обслуговування, плитних настилів і огорожень повністю відносяться до компетенції монтажних організацій.

Звернути увагу, що остаточну установку рами пристрою зміни касет по позначці рівня зробити при завантаженому на неї комплекті касет. При цьому допускається використання вагового еквівалента.

Виконати розводки і підключення труб охолоджувальної води, гідросистеми і змащення, а також розведення електрокабелів згідно з кресленнями розводок по обладнанню ЛПМ.

Змонтувати і випробувати насосно-акумуляторну станцію.

Виконати заземлення змонтованого обладнання. Підключення електроживлення допускається після перевірки заземлення, електрокабельних розводок і встановленого електроустаткування.

### **3.2.3 Збирання робочої кліті**

Робочу кліть необхідно зібрати разом з касетами верхньою і нижньою.

Для розміщення комплекту касет в кліті необхідно перед першою завалкою комплекту касет перевірити розмір  $1505,6 \pm 0,5$ .

За допомогою крана провести установку нижньої касети опущеними катками на напрямні пристрої викочування, рама касети нижньої повинна контактувати з упорами рами пристрою зміни касет.

За допомогою крана встановити верхню касету на нижню.

З'єднати касети між собою за допомогою чотирьох спеціальних скоб, що входять в поставку і зняти на станині з боку викочування шпонку фіксації касети нижньої.

Провести висунення штока гідроциліндра викочування і з'єднання його сережки з вушком касети нижньої за допомогою фіксатора.

Переконатися в тому, що балки шпindelного пристрою надійно фіксують муфти шпindelів і знаходяться в положенні, відповідному положенню хвостовиків робочих валків комплекту завалки касет, а фіксатори муфт в положенні перевалки, тобто «Лискою всередину».

Перемістити комплект касет за допомогою гідроциліндра викочування до зіткнення підстави касети нижньої зі шпонкою фіксації з боку приводу, при цьому контролювати процес сполучення хвостовиків правильних валків з муфтами шпindelного пристрою.

Від'єднати сережку гідроциліндра від вушка касети нижньої, шток відвести в крайнє положення.

Перекласти фіксатори муфт шпindelного пристрої в робоче положення, тобто «Лискою назовні», за допомогою гідроциліндрів ГЦ11...ГЦ14 відвести балки шпindelного пристрою від муфт шпindelів.

За допомогою гідроциліндрів натискного пристрою опустити траверсу, витримавши розмір 1,0...2,0 мм між сполучними поверхнями траверси і касети верхньої (контроль – за допомогою щупа). Провести зчленування касети верхньої з траверсою за допомогою групи відкидних болтів, вибравши зазор між сполучними елементами.

Поршневі порожнини натискних гідроциліндрів (ГЦ1...ГЦ4) з'єднуються зі зливом і під дією зусилля гідроциліндрів врівноваження (ГЦ16...ГЦ19) верхню траверсу разом з верхньою та нижньою касетою підняти на 20 мм (контроль – лінійкою). Ковзанки нижньої касети встановити в робоче положення – підняти вгору.

Подачею рідини в поршневу порожнину натискних гідроциліндрів (ГЦ1...ГЦ4), що живляться через магістраль низького тиску, верхню траверсу разом з верхньою та нижньою касетою опустити; нижню касету підставою встановити на нижню траверсу кліті (контроль – візуально).

Приєднати розводки до касет – клеми датчиків, підводи мастила, гідравліки, охолодження.

Встановити фіксатор касети нижньої.

Верхню касету від'єднати від нижньої.

Поршневі порожнини натискних гідроциліндрів (ГЦ1...ГЦ4) з'єднати зі зливом і під дією зусилля гідроциліндрів врівноваження (ГЦ16...ГЦ19) верхню траверсу разом з верхньою касетою підняти в крайнє верхнє положення (контроль-візуально).

Після закінчення монтажних робіт складається акт встановленої форми з додаванням формуляра, в якому зазначаються фактичні установчі розміри (висотні позначки, відстані до базових осей, фактичні значення перекосу осей, і т.ін.). Після затвердження цих документів допускається проведення пуско-налагоджувальних робіт.

### 3.3 Змащування

Забезпечити максимальну надійність роботи листоправильної машини можливо лише за умови раціонального вибору мастильних матеріалів, способів і режимів змащення, контролю якості мастил в процесі експлуатації.

Вузли тертя листоправильної машини працюють у важких умовах, які викликані великими напруженнями, підвищеними температурами, обводненням і забрудненням абразивними частинками з навколишнього середовища.

Для змащення листоправильної машини переважно використовувати мінеральні та пластичні мастила.

До застосовуваних мастильних матеріалів пред'являються підвищені вимоги.

У таблиці 3.1 наведена досить повна характеристика змащення вузлів і деталей листоправильної машини.

Таблиця 3.1 – Змащення вузлів і деталей листопривальної машини  
11×280×3000

№ п/п	Найменування вузла або деталі машини	Найменування мастильних ма- теріалів і стан- дарту на них	Кількість точок змащення		Спосіб змащен- ня	Режим змащення
			Стац.	Рух.		
1	Підшипники робочих роликів	ІІІ-1л, ІІІ-1с ГОСТ 23510-79	8	6	Густий центра- лізований	Кожні 6 хв.
2	Підшипники направляючих роликів		4			
3	Підшипники опорних роликів	Литол – 24 ГОСТ 21150-75	16		Закладний	При реві- зії та ре- монті
4	Підшипники глобоїдного редуктора	Униол – 2 ТУУ 38 2-01- 219-75	2			При реві- зії та ре- монті
5	Підшипники и зубчасті муфти карданних валів	ІІІ – 1 ГОСТ 23510-79	16		Густий закладний	1 раз на 3 місяці
6	Муфта зубчаста натискного ме- ханізму	ОЗП – 1 ТУ Укр 38 2-01117-76	4		Закладний	1 раз в 4 місяці
7	Гайки натиск- них гвинтів на- тискного меха- нізму	Униол – 2 ТУ Укр-38 2- 01-150-78	2		Від шприца	1 раз в 4 місяці



Продовження таблиці 3.1

8	Черв'ячний вал глобоїдного ре- дуктора натиск- ного механізму	П8Г ТУ 38 101248– 78	8		Заливний	1 раз на рік
9	Редуктор натис- кного механізму	П8Г ТУ 38 101248–78	1		Заливний	1 раз на рік
10	Муфта зубчаста вузол привода	ОЗП – 1 ТУ Укр 38 2–01117–76	2		Закладний	1 раз в 4 місяці
11	Редуктор вузол привода	П8Г ТУ 38 101248–78	2		Заливний	1 раз на рік
12	Кліть шестеренна	П8Г ТУ 38 101248–78	1		Заливний	1 раз на рік
13	Вказівник пере- міщення верх- ньої станіни	Униол – 2 ГОСТ 23510–79	1		Закладний	При реві- зії та ре- монті
14	Вказівник пере- міщення напра- вляючої ролика	Униол – 2 ГОСТ 23510–79	2		Закладний	При реві- зії та ре- монті
15	Підшипники шестеренної кліті	Униол – 2 ГОСТ 23510–79	18		Закладний	При реві- зії та ре- монті

## РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

### 4.1 Організація ремонтної служби на металургійних підприємствах

Виконання виробничого плану металургійним заводом [15, 16] 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, нагля-

ду 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 ремонтваного 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 висококомеханізованих 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 обладнання, 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 затвердженим 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.

#### 4.4 Штат і система оплати праці ремонтного персоналу

Ефективна робота цеху може бути забезпечена за умови наявності достатньої кількості робітників відповідної кваліфікації для обслуговування обладнання протягом робочої зміни. Облікова чисельність робітників визначається штатним розкладом цеху, який складає нормувальник на підставі розрахунків. При розрахунку визначається: штат в одну зміну, добова чисельність, залежна від режиму роботи; штат підміни на вихідні дні, відпустки і хвороби.

Штатний розклад чергових ремонтних робітників по ремонту обладнання станової ділянки товстолистового цеху представлений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Штатний розклад чергових ремонтних робочих по ремонту обладнання станової ділянки товстолистового цеху

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

Система оплати праці ремонтного персоналу – тарифна. Вона включає тарифно-кваліфікаційні довідники, тарифні сітки, тарифні ставки і тарифні коефіцієнти. Тарифно-кваліфікаційні довідники служать для призначення робітнику відповідного його кваліфікації розряду. В кожному параграфі довідника є



три розділи: перший розділ містить опис і характеристику виконуваних робіт; другий указує навички й уміння робочого, який претендує на відповідний розряд; третій – наводить приклади робіт, які повинні виконувати робітники певного розряду.

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

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок виробничої програми стану

На підставі звітних даних за 2019 рік про час роботи стану, складемо баланс часу роботи стану на 2021 рік [16, 17].

Визначимо номінальний час роботи стану за добу:

$$T_H = t_{\text{календ.}} - t_{\text{к.р.}} - t_{\text{ППР}}; \quad (49)$$

де  $t_{\text{календ.}} = 365$  – календарний час роботи стану в 2019 році;

$t_{\text{к.р.}}$  – час на капітальний ремонт;

$t_{\text{ППР}}$  – час на ППР.

Час на капітальний ремонт і ППР складуть:

$t_{\text{к.р.}} = 10$  діб, що проводилися в 2019 р.;

$t_{\text{ППР}} = 16$  діб, приймемо, як і в 2019 р.

$$T_H = 365 - 16 - 10 = 339 \text{ діб.} \quad (50)$$

Номінальний час роботи стану в годинах:

$$T_H = 339 \cdot 24 = 8136 \text{ год.} \quad (51)$$

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

Поточні простої викликані заміною швидкозношуваних деталей і вузлів і простоями по організаційно-технічним причинам.

До таких причин відносяться:

- перевалка валків, зміна ножів, дисків і іншого змінного обладнання й інструмента внаслідок зносу чи поломки;
- закладка змащення в підшипники, збирання окалини, перевірка кріплень, налаштування й ін.;
- поточний ремонт обладнання печей і ножиців.

До організаційних причин відносяться:

- відсутність злитків і заготівель;

– розлади технологічного процесу.

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

Поточні простой складають 15-20% від номінального часу.

Визначимо час поточних простоїв у роботі стану в добі по формулі:

$$T_{T.П.} = \frac{T_H \cdot \%}{100} = \frac{348 \cdot 20}{100} = 69,6 \text{ діб,} \quad (52)$$

у годинах це складе:

$$T_{T.П.} = 69,6 \cdot 24 = 1670,4 \text{ год.} \quad (53)$$

Визначимо фактичний час роботи стану у 2021 році, у годинах:

$$T_{\Phi} = T_H - T_{T.П.} = 8352 - 1670,4 = 6681,6 \text{ год.} \quad (54)$$

Середню годинну продуктивність стану визначимо по формулі (за 2019 р.):

$$П_{cp} = \frac{P_{год}}{T_{\Phi 17}} = \frac{323312}{3992,26} = 80,98 \frac{\text{т}}{\text{год}}; \quad (55)$$

де  $P_{год} = 323312$  т – обсяг виробленої продукції у 2019 за рік;

$T_{\Phi 17} = 3992,26$  год – фактичний час роботи стану у 2019 р.

Номінальний обсяг випуску прокату у 2021 році визначимо по формулі:

$$P_{год} = П_{cp} \cdot T_{\Phi} = 80,98 \cdot 6681,6 = 541075,97 \text{ т.} \quad (56)$$

У порівнянні з 2017 роком резерв часу складе:

$$P = T_{\Phi} - T_{\Phi 17} = 4359,74 - 1670,4 = 2689,34 \text{ год.} \quad (57)$$

Розраховуємо баланс часу роботи стану по відомій годинній продуктивності й обсягу виробництва. Розрахункові дані зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Баланс часу роботи стану

Показник	По звіту 2019 р.	По проекту 2021 р.
Календарний час, діб	365	365
Режим роботи	безупинний	безупинний
Число × тривалість змін, год	3 × 8	3 × 8
Капітальний ремонт, діб	10	10
ППР, діб	16	16
Номінальний час роботи, діб	339	339
Номінальний час роботи, год	8136	8136
Поточні простої, діб	181,66	69,6
Поточні простої, год	4359,74	1670,4
		резерв = 2689,34
Фактичний час роботи, год	3992,26	6681,6
Середня годинна продуктивність, т	80,98	80,98
Випуск прокату	323312	541075,97

### 5.1 Економічна ефективність технічних розробок

У зв'язку з встановленням нової, більш надійної та з покращеними можливостями листопривальної машини насамперед збільшуються міжремонтні періоди, скорочуються простої обладнання та зменшується вірогідність аварійних зупинок стану.

Продуктивність стану складає в середньому 80,98 тони за годину.

Передбачаємо, що скорочення простоїв стану, пов'язаних з проведенням поточних ремонтів у 2021 році складе 16 годин. Прогнозована вартість однієї тони прокату в 2021 році складає 17043,89 грн.

Отже додатковий прибуток від можливого збільшення обсягів виробництва складе:

$$E_p = T_{np} \cdot P_{cm} \cdot (Ц - С) = 16 \cdot 80,98 \cdot (17043,89 - 15987,30) = 1369002,53 \text{ грн,} \quad (58)$$

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

$P_{cm}$ ,  $\frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$  – годинна продуктивність стану;

$Ц$  – очікувана вартість 1 тони листового прокату на ринку у 2021 році.

$С$  – собівартість 1 тони листового прокату.

Орієнтовна вартість листопривальної машини становить 5,6 млн.грн. Таким чином, якщо врахувати тільки додатковий прибуток від збільшення обсягів виробництва за рахунок додаткової роботи стану на 16 годин на рік термін окупності витрат на придбання листопривальної машини складе:

$$T_{ок} = \frac{Ц_{лм}}{E_p} = \frac{5600000}{1369002,53} = 4,09 \text{ року,} \quad (59)$$

де  $Ц_{лм}$ , грн – вартість листопривальної машини.

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Умови праці на становій дільниці товстолистового цеху характеризуються наявністю шкідливих чинників, таких як запиленість, загазованість, тепло-випромінювання і шум.

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

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

Надмірно низька вогкість повітря викликає висихання слизистих 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 становій дільниці повинна складати 40-60% і не перевищувати 80%. В теплу пору року при температурі повітря на становій дільниці 17-25°C оптимальна відносна вогкість повітря повинна складати 40-60%. При більш високій температурі повітря допускається менша відносна вогкість.

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

до зменшення тепловиділень по аерації, по вживанню проточнообдудвної вентиляції і кондиціонування повітря.

На становій дільниці 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 ріжеться.

Розмір частинок пилу на становій дільниці коливається в широких межах. Крупні фракції швидко осідають, а дрібні - тривалий час знаходяться в повітрі. Склад пилу в повітрі може відрізнятись від хімічного складу металу, що ріжеться, 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 становій дільниці 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: 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 токопровідними частинами устаткування. Опік обумовлений електричною дугою, що супроводжує комутаційні процеси в електричних ланцюгах.

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

- від дотику до неізольованих проводів, контактів, устаткування, що знаходиться під напругою;
- випадково, у результаті ушкодження ізоляції;
- від дотику до корпусів машин і апаратів;
- від близькості людини до упалого на землю проводу, що знаходиться під напругою.

## **6.2 Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці**

Для уникнення травматизму даним проектом передбачається обгороджування всіх місць цеху, які є небезпечними відносно травматизму. Обладнання має кожухи, які закривають всі його зовнішні деталі або вузли, які рухаються, надійне пускове управління (кнопки, педалі), що не допускають можливості випадкового вмикання або перемикання його під час роботи [18].

Станини обладнання, пульти і прилади управління заземлені. Органи управління виробничим обладнанням мають форми, розміри і поверхні, безпечні і зручні для роботи. Вони розташовані в робочій зоні так, щоб відстань між ними не заважає виконанню операцій. Органи управління приводяться в дію зусиллями, що не перевищують встановлених відповідними нормами. Управління виробничим обладнанням, яке відноситься до однієї і тієї ж групи, уніфіковано. Тобто проектом передбачене однакове розташування педалей, кнопок, однакові правила управління, типові знаки. Основним засобом для запобігання травматизму при роботі в товстолистовому цеху є механізація, яка виключає необхідність в безпосередньому зіткненні виробничого персоналу з обладнанням під час його роботи, запобігаючи цим проникненню рук робітника в небезпечні зони механізмів при їх роботі.

Механізація полегшує умови праці, що вже саме по собі є умовою, яка сприяє запобіганню травматизму, оскільки утомленість знижує увагу робітника. До обладнання та інших робочих місць передбачені зручні проходи і під'їзди.



Шкідлива дія шуму на організм людини загальновідома. Але в цеху, який проектується, шум пов'язаний з виробничим процесом і тому неминучий. Для зниження шуму проектом передбачені, спеціальні помости з амортизацією.

Через нестачу природного освітлення проектом передбачено штучне загальне освітлення. У всьому цеху забезпечений рівномірний розподіл світлового потоку, незалежно від розміщення обладнання. Передбачене робоче, аварійне і охоронне освітлення.

Робоче освітлення призначене для нормальної роботи в звичайних умовах а аварійне – у разі раптового відключення робочого освітлення, спеціально застосовується охоронне освітлення. Аварійне освітлення забезпечує освітленість робочих поверхонь не менше 5% нормативної величини робочого освітлення. Для освітлення цеху передбачені люмінесцентні лампи. Для запобігання фізичних перевантажень і монотонності праці передбачені перерви в роботі, а також робота виробничого персоналу позмінно.

До роботи на обладнанні стану допускаються особи, що ознайомилися з конструкцією і складом обладнання, призначенням і розташуванням всіх органів управління, які пройшли відповідне навчання і підготовку, а також інструктаж по техніці безпеки.

З метою попередження нещасних випадків і аварій категорично забороняється:

- починати роботу без подачі добре чутого застережливого звукового сигналу;
- починати і вести роботу за наявності будь-яких несправностей в механізмах, системах змащування, гідравліки, охолодження, електроживлення і управління, а також за відсутності або пошкодженні захисних штор, що прикривають місця підведення трубопроводів гідравліки і змащування;
- підійматися на працююче обладнання, входити в зону руху заготовки, проводити роботи в небезпечній близькості від працюючого обладнання;

- торкатися до працюючого обладнання;
- проводити очищення, прибирання або ремонт вузлів під час роботи;
- захарашувати проходи;
- допускати сторонніх осіб до працюючого обладнання.

Обладнання має бути надійно заземлено.

При тривалих перервах в роботі електроустаткування знеструмлюють.

Ремонт обладнання повинен проводитися тільки спеціалізованими службами. При ремонтах, зачалування обладнання проводити тільки в місцях, вказаних в кресленнях з урахуванням розташування центру мас. Частини обладнання, які виступають необхідно оберігати від пошкоджень. Користуватися дозволяється тільки придатними і надійними чалочними засобами відповідної вантажопідйомності.

### **6.3 Заходи щодо пожежної безпеки**

Для виникнення горіння необхідна: горюча речовина, окиснювач і імпульс енергії. В звичайних умовах окиснювач – кисень повітря. Для здійснення більшості технологічних процесів необхідне використання джерел енергії; немає виробництв, в яких би не використовувалася електрична енергія (хоч би тільки для освітлення); в багатьох виробничих процесах використовується паливо або інші горючі речовини; у ряді виробництв горючі речовини утворюються в ході технологічних процесів. Таким чином, створюються потенційні можливості виникнення пожежі [18].

Причини виникнення пожежі різноманітні: недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, пристрої комунікацій; дефекти устаткування; порушення режимів технологічних процесів; неправильне проведення робіт; необережність і недбалість персоналу.

При налагоджуванні роботи підприємств і цехів здійснюють великий комплекс заходів щодо протипожежної безпеки.

Екстремальними випадками є, з одного боку, виробництва, що не вимагають турботи про протипожежну безпеку, а з другого боку, виробництва з високим ступенем небезпеки, в яких необхідний особливий режим.

Наслідки пожежі виявляються особливо важкими, коли вони приводять до вибуху. Разом з тим вибух може бути не тільки слідством виниклої пожежі, але і його причиною. Питання запобігання вибухів безпосередньо пов'язані з пожежною безпекою. Може бути використана наступна класифікація пожеж:

Перший клас. Пожежі звичайних горючих матеріалів (дерева, паперу тощо), при горінні яких утворюється тліюча зола, а також гуми, гумоподібних матеріалів, пластика (в пізній стадії горіння).

Другий клас. Пожежа нафти і нафтопродуктів, інших горючих рідин, мастила, які утворюють горючі пари. До цього класу відносяться і пожежі деяких твердих речовин (наприклад, нафталіну), що при горінні плавляться і поведуться як горючі рідини, не утворюючи при згорянні золи.

Третій клас. Пожежі горючих газів, які можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші. Пожежі скраплених газів, значно сильніші за пожежі звичайних газів.

Четвертий клас. Пожежі електричного обладнання, яке знаходиться під напругою. Для гасіння цих пожеж придатні тільки непровідні речовини.

Пожежі обезструмленого електричного обладнання відносяться до першого класу. Пожежі електричного устаткування, яке містить горючі рідини, пожежі яких відносяться до другого класу, варто характеризувати комбіновано (наприклад, четвертий клас + другий клас).

П'ятий клас. Пожежі металів:

а) з низькою температурою плавлення (наприклад, натрій і калій); вони характеризуються тим, що палаючий в рідкому виді метал має малу густину, внаслідок чого вогнегасні порошки осідають і поверхня палаючого металу виявляється не ізольованою від повітря. Ускладнення виникає ще і тому що ці метали взаємодіють з водою, іноді дуже бурхливо з виділенням водню, що загострює проблему гасіння пожежі;

б) з високою температурою плавлення; у виробничих умовах такі метали можуть бути у вигляді поковок, зливків, стружки, тирси, порошку; вогнегасні речовини, придатні для гасіння пожеж зливків, можуть виявитися невідповідними для гасіння пожеж того ж металу у виді порошку, стружки чи тирси;

в) з температурою плавлення вищою, ніж у легкоплавких металів, але нижчою, ніж у тугоплавких (наприклад магнію); під час горіння такі метали легко плавляться і переходять в рідкий стан.

Вибух – миттєва зміна фізичного або хімічного стану речовини, яка супроводиться швидким виділенням енергії, яке приведе до розігрівання, руху і стиснення продуктів вибуху і навколишнього повітряного (газового) середовища, виникнення інтенсивного стрибка тиску і руйнувань. Вибухи у виробничих умовах можуть стати причиною людських жертв, руйнування устаткування і будівельних конструкцій, зупинки виробництва і великих матеріальних втрат. Потенційна небезпека вибухів в металургійних цехах існує постійно і лише завдяки надійним попереджувальним заходам вибухи тут – рідкісне явище.

Вибухи відбуваються через порушення нормальної експлуатації устаткування, яке працює під тиском;

- займанням газо-, паро- і пилоповітряних сумішей, які утворюються при проведенні технологічних процесів;
- контакту води з розплавленим металом і шлаком.

В різних газових пристроях металургійних цехів через підсос повітря можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші; причини підсосу – недоліки конструкції, порушення режиму експлуатації печей, газопроводів і інших пристроїв, особливо при ремонтах і неполадках. Вибухонебезпечні суміші утворюються при неповному згорянні палива, а також в результаті просочування газу в простір оточуючий газові пристрої. Причиною просочування газу назовні є порушення герметичності агрегатів, яке може статися через механічні, температурні або хімічні дії на метал, з якого виготовлені агрегати.

Розміщення будівель і внутрішнє планування приміщень проводять так, щоб обмежити розповсюдження пожеж у разі їх виникнення і забезпечити успішне гасіння.

Для обмеження розповсюдження вогню в товстолистовому цеху передбачаємо вогнестійкі конструкції, встановлюємо протипожежні перешкоди, покриття, які легко складаються. В конструкції виробничої будівлі передбачені отвори, відкривання і закривання яких регулюється залежно від умов розвитку пожежі, влаштовані протипожежні перекриття і зони. Отвори для кабелів і трубопроводів захищені. Захист проводять шляхом набивання природної вати, при цьому можливо без великих ускладнень прокласти через ці ж самі отвори і інші кабелі. В стінах цеху, який проектується, закладені пісочні коробки з тонкої листової сталі для досягнення більш ефективного захисту від пожеж. Всі склади розміщені на території цеху, відгороджені протипожежними стінами. Протипожежні стіни розташовані по осі будівлі.

Справна вентиляційна система важлива для запобігання пожеж, тому що задимлення будівлі являє небезпеку і ускладнює гасіння пожежі. Проектом передбачений протипожежний водогін, розрахований на подачу необхідної для гасіння пожежі кількості води з відповідним тиском. Протипожежний водогін, який знаходиться усередині виробничого приміщення, живиться від мережі зовнішнього водогону. Внутрішні пожежні крани для подачі води встановлені в нішах із зашклюденими дверцятами на висоті 1,35 м від підлоги. Для отримання сильного струменя води на водогінній мережі встановлені гідранти, також в цеху для гасіння пожеж розміщені пожежні щити з вогнегасниками на іншим штатним інвентарем.

#### **6.4 Заходи щодо виробничої санітарії**

При проектуванні цеху, проектом розроблені заходи, які забезпечують санітарно-гігієнічні умови в робочих приміщеннях і на робочих місцях [18].

Для провітрювання виробничих приміщень встановлена примусова вентиляція, при цьому подача свіжого повітря здійснюється у верхню зону приміщення. Робітники допускаються до роботи тільки в строго встановленому спеціальному одязі і взутті, яке видається безкоштовно на певний термін. Зберігання спецодягу, спецвзуття і домашнього одягу здійснюється у вбиральнях, в закритих шафах. Шафи виготовлені з матеріалів з водостійкою обробкою. Кількість місць у вбиральні дорівнює кількості працюючих у всіх змінах.

Душові за проектом розміщені в приміщеннях, суміжних з вбиральнями. Також, частина умивальників (15% розрахункової кількості) розташована на вільних ділянках виробничих площ поблизу робочих місць.

Для забезпечення питною водою у виробничих будівлях встановлені фонтанчики, які розміщені в проходах виробничих приміщень. Температура води не повинна виходити за межі 8...20°C і бути придатною для вживання безпосередньо. Для поліпшення температурно-питного режиму в цеху облаштовано декілька сатураторних пунктів приготування газованої питної води, а в літній період ємність із квасом. Фонтанчики розміщені так, щоб відстань від робочих місць не перевищувала 75 метрів. Так само в цеху поблизу робочих місць обладнані санітарні пости, укомплектовані аптечками, медикаментами і іншими засобами для надання першої лікарської допомоги. Спостереження за набором медикаментів здійснюється керівництвом цеху і працівником здоров'я пункту. Приймання їжі дозволено тільки в їдальнях, а на робочих місцях строго забороняється.

Убиральні розміщені так, щоб відстань від них до робочих місць не перевищувала 75 метрів. В шлюзах при вбиральнях встановлені умивальники.

Забарвлення приміщень і обладнання не повинне мати виснажливий вплив на зір працівників, тому вибір раціонального забарвлення повинен відповідати таким правилам: верх стін повинен бути забарвлений в світлий тон, а низ – в темний. Для нерухомих частин обладнання проектом встановлений зелено-голубий колір, для рухомих – жовтий. Небезпечні щодо травматизму частини машин забарвлені в червоний колір, а рукоятки і кнопки – в оранжевий. В цеху

створені всі метеорологічні умови повітряного середовища, яке забезпечує гігієнічні показники температури, вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні і на постійних робочих місцях. Для захисту працівників від дії механічних і фізичних чинників передбачений спеціальний одяг, який надійно захищає від шкідливої дії виробничих чинників, не порушує нормальної термоізоляції організму, забезпечує свободу дій, а також; зручність носіння. Спеціальний одяг служить для запобігання шкідливого впливу від дії теплового випромінювання та появи опіків робітників, що працюють в гарячих цехах.

Матеріал для спецодягу повинен бути незаймистим, стійким до дії теплового випромінювання, міцним, м'яким, повітропроникним як в сухому, так і у вологому стані (для поліпшення повітрообміну тіла працюючого з навколишнім середовищем), вологовбиральним.

Костюм для робочих гарячих цехів складається з двобортної широкого крою куртки і штанів. Куртку не слід заправляти в штани, а штани – в чоботи.

Типи спецодягу різні. В одних з них використовується захисна функція повітряного прошарку, для чого куртку виготовляють з двох шарів матерії з повітряним прошарком між ними. В іншому типі костюмів використовується віддзеркалення проміння поверхнею костюма.

Спецодяг робочих гарячих цехів виготовляють з сукна, брезенту або льняних тканин. Застосовують також зміцнені тканини з синтетичного волокна, хімічно оброблені, з металевим покриттям.

За наявності небезпечної дії полум'я і іскри застосовують спецодяг з металізованої або скляної тканини з вогнетривким просоченням.

Для захисту голови від перегріву і опіку застосовують капелюхи з широкими полями з повсті, фетру і грубововняного сукна.

Для захисту ніг застосовують спеціальне взуття, матеріал взуття повинен бути стійким до підвищеної температури, опромінювання, іскри і повітропроникним. Взуття повинне легко зніматися з ноги і мати застібки (але не шнурки). Передню частину взуття роблять глухою; в неї вставляють додаткову прокладку з еластичного поропласту або декількох шарів бавовняної тканини або мате-

ріалу теплоізоляції; в іншій частині взуття підкладка бавовняна. Взуття повинне мати підошву хромового дублення. Для захисту рук застосовують брезентові рукавиці. Для захисту очей від дії енергії випромінювання використовують окуляри з світлофільтрами. Світлофільтр підбирають із спектральною характеристикою, яка відповідає спектральному діапазону потоку випромінювання, для захисту від якого призначені окуляри.

Поширеним способом захисту від опромінювання є екранування. За принципом теплової дії розрізняють екрани: віддзеркалення, поглинання і тепловідведення. Екрани застосовують як для екранування джерел випромінювання, так і для огорожі робочих місць від дії випромінювання. Розміщення екранів на деякій відстані від стінок сприяє природній вентиляції простору між джерелом випромінювання і екраном і, таким чином, охолодженню поверхні екрану. Температура зовнішньої поверхні екрану повинна бути найближчою до температури навколишнього повітря і не більше 30...32°C; при цьому конвекційний нагрів повітря приміщення від поверхні екрану буде як найменшим. Для пристрою екранів віддзеркалення використовують матеріали з невеликим ступенем чорноти: алюміній полірований, алюмінієву фольгу, білу жість, оцинковане залізо.

Шум машин виникає в результаті зіткнення деталей, їх тертя, завихрень повітря, вимушених коливань. Зокрема, в зубчастих передачах шум виникає через удари одного зуба по іншому і тертя, в кривошипних механізмах – в результаті вимушених коливань через зміну швидкості і напряму руху.

Для ослаблення шуму в джерелі заміщають ударні дії безударними, поворотно-поступальні рухи механізмів – обертальними, підшипники кочення – підшипниками ковзання; зменшують масу і величину поверхні частин, що співударяються; підвищують чистоту обробки поверхонь і точність їх виготовлення; застосовують косозубі або шевронні зубчасті передачі (замість прямозубих), клиноремінні або зубчаторемінні передачі (замість зубчастих).



Зменшення шуму від зіткнення металевих частин машин досягають заміною металевих деталей неметалевими; з цією метою використовують штучну технічну шкіру, пластичні маси і інші матеріали з великим внутрішнім тертям.

Відповідний ефект може бути досягнутий застосуванням мало шумливого металу. Для зниження шуму агрегатів використовують звукоізолюючі кожухи, в які укладають або весь агрегат, або його шумні вузли.

Причиною виникнення вібрацій можуть бути умови роботи механізму, близькість частоти власних коливань до частоти динамічного навантаження, недостатня міцність конструкції.

Ослаблення вібрацій досягається конструктивними і технологічними заходами:

- зрівноваженням, балансуванням частин, що обертаються, для забезпечення плавності роботи машини;
- усуненням дефектів і розхитаності окремих частин (наприклад, усуненням асиметрії магнітної системи електромашини);
- зустрічним спаровуванням (ідея якого – зменшення вертикальних і додавання горизонтальних складових відцентрових сил; це можливо здійснити, встановивши, наприклад, два вали машини так, щоб їх рух розходився по фазі на  $180^\circ$ );
- використанням динамічних гасників (динамічний гасник вібрацій є механічною коливальною системою з резонансною частотою, яка співпадає з частотою вібрацій, які слід ослабити; при твердому закріпленні пружного елемента гасника до вібруючої частини конструкції в ньому збуджуються коливання, які знаходяться в протифазі з коливаннями конструкції).

Зменшення амплітуди коливань вібруючих металевих деталей машин досягають покриттям їх поверхні матеріалами, що демпфують, з великим внутрішнім тертям або в'язкістю. Демпфуючий матеріал (антивібраційна мастика, повсть, гума) наклеюють декількома шарами на поверхню, що є джерелом коливання. Тверді покриття (армовані) – пластмаса у вигляді листів, які наклею-

ють на металеві поверхні особливо твердим клеєм, або мастика, яка наноситься на поверхню демпфованих конструкцій і потім висихає. Жорстко з'єднаний з основною металевою конструкцією віброгасний шар бере участь разом з нею в періодичних деформаціях, що викликаються прикладеними силами, або в автоколиваннях.

Обмеження розповсюдженню ультразвукових коливань досягають звукоізоляцією джерела випромінення. Так, ванни для озвучування поміщають у витяжні шафи, влаштовані як звукоізольовані камери. Ефективною є звукоізоляція ванн шляхом покриття їх поверхні звукопоглинальним матеріалом і використання герметичної кришки. Ультразвукові механічні верстати, звукоізоляцію яких виконати складно, можуть бути поміщені в звукоізольовані витяжні шафи з отворами для рук і вікнами для спостереження за їх роботою. Кожух для звукоізоляції виготовляють з листової сталі, дюралю, гуми, руберойду і інших матеріалів. Кожух не повинен містити щілин. При необхідності в середину кожуха поміщають звукопоглиначі. Для захисту від направлених ультразвукових хвиль застосовують непрозорі і прозорі екрани.

При використуванні екранів, а також у ряді інших випадків рекомендується дистанційне керування. Контактний вплив повинний бути зовсім виключений. Для захисту органів слуху застосовують зовнішні і внутрішні протишуми (антифони). Зовнішні протишуми (шумозахисні навушники) які прикривають вушну раковину. Внутрішні протишуми (заглушки, вкладиші) вставляють в зовнішній слуховий прохід, вони суцільні, з каналом і з мембраною, типу повітряних фільтрів. По роду матеріалу внутрішні протишуми м'які і тверді. Перші виготовляють з губки, вати, марлі тощо; другі – з пластмас, ебоніту, гуми.

Ступінь ослаблення шуму залежить від конструкції протишуму і частоти. Заглушки ослабляють шум на 5...7 дБ на частотах до 500 Гц і на 15 дБ на частотах більше 3000 Гц.

Для захисту від низькочастотних шумів застосовуються заглушки-кліпси, якими є гумові пробки з плоскою поверхнею торця, закріплені на ободі, з пружного сталевого дроту діаметром 1,5...2 мм; обід охоплює голову позаду.

Для захисту від вібрацій використовують рукавиці з подвійним шаром (внутрішній – бавовняний, зовнішній – гумовий) з поролону. Руки варто оберігати від холоду. Корисні теплі ванни для рук. Застосовують також антивібраційні пояси, подушки, прокладки тощо.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі розроблені заходи щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності листопрямильної машини в умовах прокатного виробництва товстих листів. Виходячи з багаторічного досвіду експлуатації і виробництва листопрямильних машин, а також на базі аналізу відомих конструктивних, технічних та технологічних рішень можна зазначити:

1. Досвід експлуатації вказує на те, що в умовах прокатного виробництва для правлення товстих листів в гарячому або в холодному стані найбільш ефективними є листопрямильні машини роликового типу.

2. Підвищення вимог до якості готового товстолистового прокату спонукає до створення нових листопрямильних машин, техніко-економічні показники яких були спроможні їх задовольняти та мати певний резерв до ще більшого поліпшення якості готового листа.

3. Рішення про застосування в якості виконавчих механізмів по налаштуванню листопрямильної машини гідравлічних пристроїв обумовлена підвищеною точністю, задовільною відтворюваністю, а також низькою інерційністю.

4. Використання індивідуальної настройки за допомогою клинових пар і групи позиційно регульованих гідроциліндрів для правильних роликів дозволяє розширити варіативність режимів за рахунок можливості активного впливу на характер зміни кривизни оброблюваного матеріалу. При цьому створюються оптимальні передумови для якісної правки високоміцних листів, оскільки більш повно реалізується принцип мінімальної достатності числа правильних роликів, з міркувань раціонального поєднання енергосилових і економічних показників.

5. Пропоновані заходи роботи дозволять зменшити простої стану в цілому та збільшити обсяги виробництва прокату, а зменшити витрати на технічне обслуговування машини за рахунок підвищеної надійності, що дозволить отримати додатковий прибуток в розмірі 1369002,53 грн з прогнозованим терміном окупності матеріальних вкладень 4,09 року.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Листопрокатный цех 3000 [Электронный ресурс]. – Систем. вимоги: Інтернет-браузер. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Листопрокатный\\_цех\\_3000](https://ru.wikipedia.org/wiki/Листопрокатный_цех_3000) (дата звернення: 01.12.2019).
2. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Металлургия, 1987 – . – Т. 3: Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 1988. – 680 с.
3. 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.
4. 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.
5. Новые разработки Уралмаша в технологи и оборудовании для правки толстых листов / И.В. Недорезов, Ю.А. Стрижов, А.М. Попиченко. Фирма “Объединенные машиностроительные заводы – металлургическое оборудование” – В сб. наук. пр. ДДМА. Краматорск 2003р.
6. АС №564038 В21D 1/02 УДК 621.982.04 (088.8) Листопрямительная машина. В.Н. Бродский, В.С. Белобров, И.В. Слынько, В.И. Худобец. Опубликовано 05.07.77. Бюл. №25.
7. АС №856611 В21D 1/02 УДК 621.982.45 (088.8) Листопрямительная машина. В.Н. Бродский, И.В. Слынько, Б.С. Карасев, В.И. Худобец. Опубликовано 23.08.81. Бюл. №31.
8. АС №923667 В21D 1/02 УДК 621.982.47 (088.8) Листопрямительная машина. В.И. Платов, М.Д. Пилясова, А.З. Курцер. Опубликовано 30.04.82. Бюл. №16.
9. АС №1378978 А1 В21D 1/02 УДК 621.982.47 (088.8) Листопрямительная машина. Р.А. Адамович, В.И. Никифорова, С.А. Пшенин. Опубликовано 07.03.88. Бюл. №9.

10. АС №1449173 А1 В21D 1/02 УДК 621.982.47 (088.8) Листоправильная машина. Б.М. Горенштейн, С.Ф. Ключикова, С.С. Данилов. Опубликовано 07.01.89. Бюл. №1.

11. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: Учеб. пособие для ВУЗов. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Metallurgiya, 1985. – 376 с.

12. Справочник по сопротивлению материалов Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наукова думка, 1975. – 703 с.

13. Перель Л.Я. Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник / Л. Я. Перель. – М. : Машиностроение, 1983. – 543 с.

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

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

16. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях черной металлургии / Бельгольский Б. П., Бень Т. Г., Зайцев Е. П. и др. – М. : Metallurgiya, 1982. – 416 с.

17. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для втузов / Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов и др. – М. : Высш. шк., 1991 – 176 с. : ил.

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

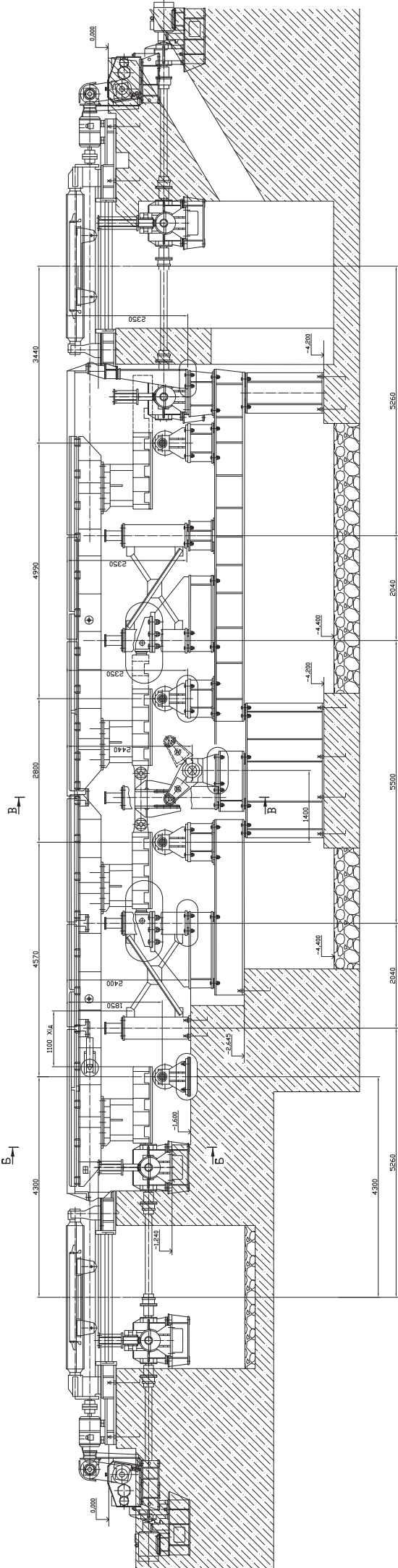
19. Депутат О.П. Цивільна оборона. : Підручник для студентів вузів / за ред.. В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2002. – 333 с.

**ДОДАТОК А**  
**КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ**

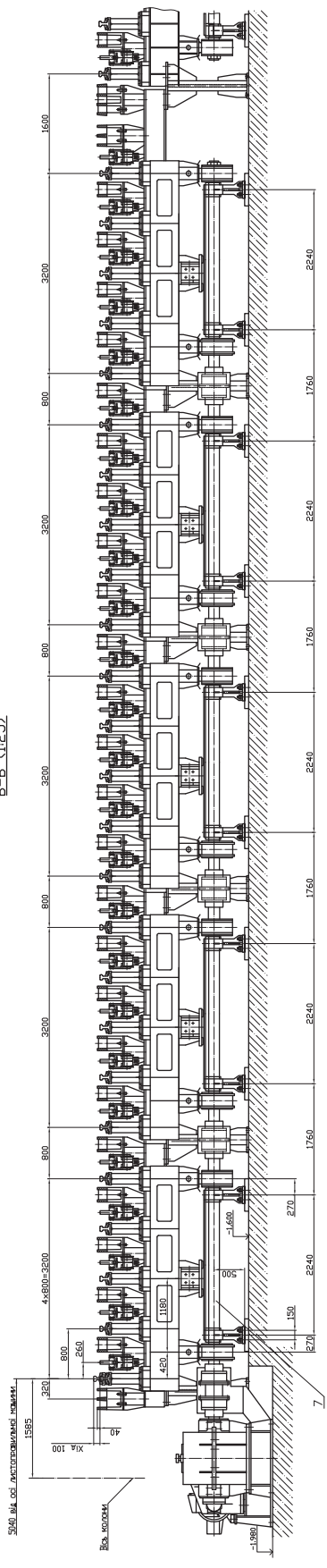




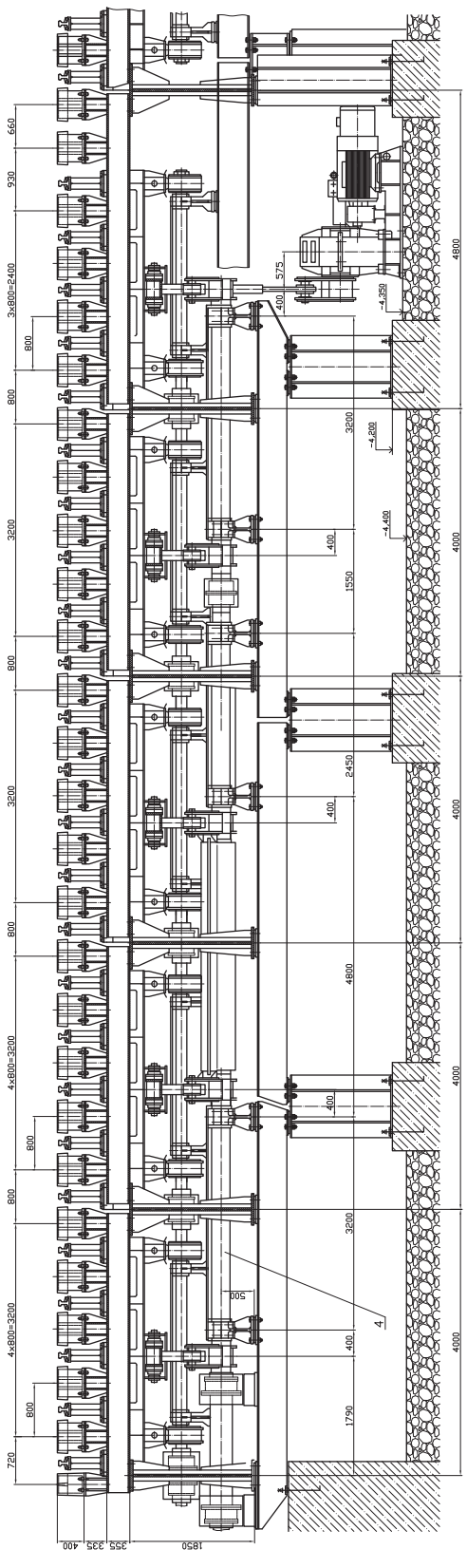
A-A (1:25)



Б-Б (1:25)



Б-Б (1:25)



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кол.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			ПД 133.60.00 СК	Складальне креслення	1	*5хА1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Стелаж	2	
		2		Механізм переміщення	2	*
		3		Рольганг	1	
		4		Вал ексцентриковий	8	
**		5	ПД. 133.60.05.00 СК	Механізм підйому (правий)	2	**2А1
		6		Механізм підйому (лівий)	2	
		7		Вал ексцентриковий	8	
		8				
		9				
		10				
		11				
		12				
		13				
		14				
		15				
		16				

					ПД 13360.00			
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бутенко			Секція №1 стелажа-холодильника №1	Літера	Лист	Листів
Перев.		Боровік					1	1
Н. контр.		Шабрацький				СНУ ім. В.Даля, гр. МО-18дм		
Затв.		Созонтов						

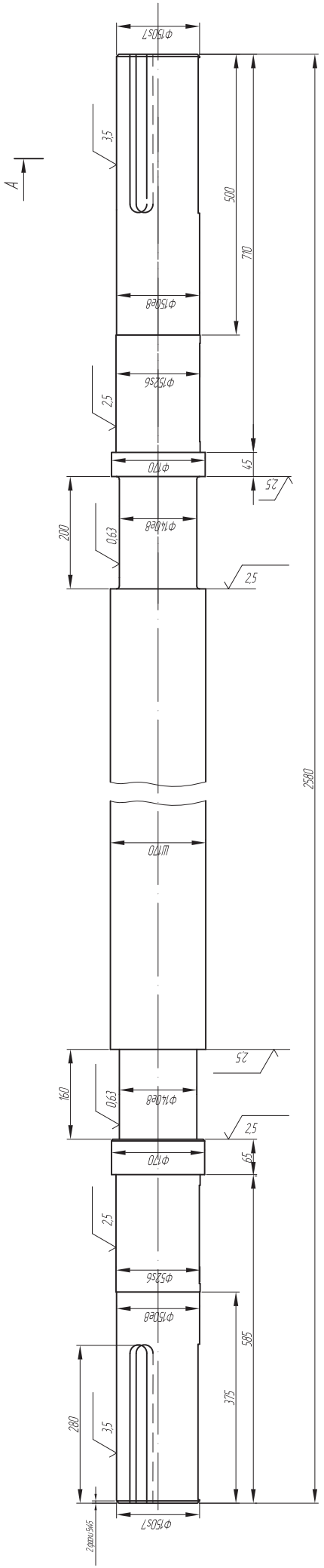


Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кол.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			ПД. 133.60.05.00 СК	Складальне креслення	1	*2A1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Опора підшипникова	10	
		2		Вал ексцентриковий проміжний	4	
		3		Кожух захисний	4	
		4		Муфта	4	
		5		Вал ексцентриковий кінцевий	1	
		6				
		7				
		8				
		9				
		10				
		11				
		12				
		13				
		14				
		15				
		16				

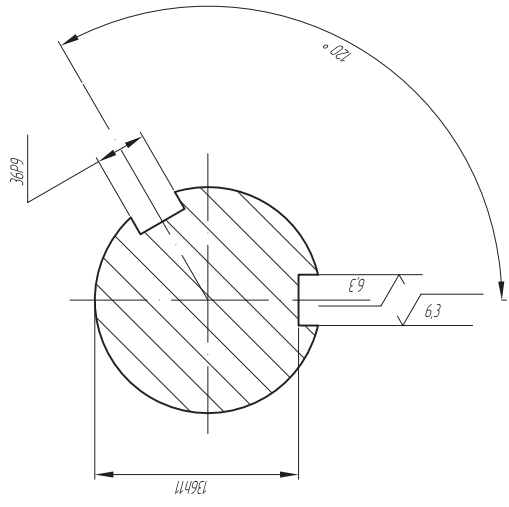
					ПД 13360.05.00		
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бутенко			Літера	Лист	Листів
Перев.		Боровік					
Н. контр.		Шабрацький			Механізм підйому (правий)		
Затв.		Созонтов					

ИД 133.60.05.02.01

√125 1,4



A-A (1:2.5)



1. 197-215 НВ  
 2. 112Н12\_1112/2

ИД 133.60.05.02.01		Итого		Итого	
Вопл		Масса	768	Количество	15
		у		Агрегат	
		Агрегат		СЧУ И. В. Динар-сп. МО-0604	
		Исполн.		Шабанов	
		Зам.		Степанов	
		Н. Динар			
		Султанов			
		Борисов			
		Ткачев			