

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 109 с., 5 табл., 31 рис., 7 дод., 20 джерел.

### ПОПЕРЕДНЄ НАПРУЖЕННЯ, ПРОКАТНА КЛІТЬ, ЖОРСТКІСТЬ, РІЗНОТОВЩИННІСТЬ, СОРТОВИЙ ПРОФІЛЬ

Об'єкт дослідження – обладнання напівбезперервного стану 600.

Мета дослідження – розробка заходів спрямованих на розширення технологічних можливостей та підвищення якості продукції напівбезперервного стану 600.

Методи дослідження – теоретико-емпіричні дослідження техніко-економічних показників роботи обладнання напівбезперервного стану 600.

Робота складається з 6 основних розділів пояснювальної записки.

Приведений огляд станів для виробництва сортового металопрокату загальом та великосортових профілів зокрема, наведена характеристика стану 600 та розглянуті інноваційні рішення і тенденції розвитку. Приведений аналітичний огляд щодо можливостей підвищення якості сортового металопрокату, розроблені заходи проекту, описана попередньо напружена кліть 730 та виконані відповідні розрахунки. Розроблено питання розбирання кліті, особливості монтажу і змащення. Описано організацію ремонтних робіт та робіт по обслуговуванню, технологічної та планової ревізії. Приведено розрахунок виробничої програми стану та економічної ефективності заходів проекту. Зроблено аналіз потенційних небезпек в сортопрокатному цеху, запропоновані заходи щодо безпеки праці, пожежної безпеки та захисту навколо нього середовища.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	6
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Стани для виробництва сортового металопрокату	10
1.2 Великосортні прокатні стани	11
1.2.1 <i>Великосортний стан 500</i>	11
1.2.2 <i>Великосортний стан 950/800</i>	13
1.2.3 <i>Безперервний великосортний стан 450</i>	15
1.3 ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХУ З НАПІВБЕЗПЕРЕРВНИМ СТАНОМ 600	19
1.3.1 <i>Схема стану 600</i>	19
1.3.2 <i>Загальна технічна характеристика</i>	19
1.3.3 <i>Стислий опис технологічного процесу</i>	21
1.3.4 <i>Недоліки в роботі стану</i>	26
1.4 ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ	26
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	31
2.1 Аналітичний огляд	31
2.1.1 <i>Конструкції прокатних клітей</i>	31
2.1.2 <i>Станини робочих клітей</i>	33
2.1.3 <i>Аналіз пружної деформації в процесі прокатування</i>	37
2.1.4 <i>Шляхи зменшення пружної деформації клітей</i>	40
2.1.5 <i>Огляд технічних рішень</i>	41
2.2 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПРОЕКТУ	58
2.3 ТЕХНІЧНИЙ ОПИС КЛІТІ 730 ПН	58
2.3.1 <i>Призначення та пристрій кліті</i>	58
2.3.2 <i>Технічна характеристика</i>	63
2.4 РОЗРАХУНОК КЛІТІ ТА ЇЇ ДЕТАЛЕЙ	64

2.4.1	<i>Розрахунок робочого валка на міцність</i>	64
2.4.2	<i>Визначення прогину валка</i>	67
2.4.3	<i>Розрахунок станини на міцність і визначення її жорсткості</i>	68
РОЗДІЛ 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ		74
3.1	ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗБИРАННЯ МАШИНИ	74
3.2	ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ	75
3.3	ОСОБЛИВОСТІ ЗМАЩЕННЯ КЛІТИ	77
3.3.1	<i>Організація процесів змащення</i>	77
3.3.2	<i>Інтервали для повторного змащення</i>	77
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РЕМОНТІВ		81
4.1	СИСТЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТНИХ РОБІТ В ПРОКАТНОМУ ЦЕХУ	81
4.2	ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПО ОБСЛУГОВУВАННЮ ПРОКАТНОЇ КЛІТИ	83
4.3	ТЕХНОЛОГІЧНА РЕВІЗІЯ.	83
4.4	ПЛАНОВА РЕВІЗІЯ	84
4.4.1	<i>Облік термінів служби підшипників</i>	85
4.4.2	<i>Технічне обслуговування</i>	85
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК		86
5.1	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХУ НА РІК	86
5.2	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	89
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ		90
6.1	АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ	90
6.2	ЗАХОДИ ЩОДО БЕЗПЕКИ ПРАЦІ	92
6.3	ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	101
6.4	ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	104
ВИСНОВКИ		106

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	107
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ТА СПЕЦИФІКАЦІЇ	110

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

СПМ – сортоправильна машина;

РПМ – роликова (косовалкова) правильна машина;

ПН – попереднє напруження;

$f$  – сумарна пружна деформація кліті;

$f_e$  – пружна деформація обох робочих валків;

$f_{cm}$  – пружна деформація станини;

$f_n$  – пружна деформація підшипників;

$f_n'$  – пружна деформація подушок;

$f_c$  – пружна деформація стакана;

$f_{н.г}$  – пружна деформація натискних гвинтів;

$f_{Г}$  – пружна деформація гайок натискних гвинтів;

$P_{пр.н.}$  – номінальне зусилля прокатування;

$E$  і  $G$  – модулі пружності при розтягуванні та згині;

$D$  і  $d$  – діаметри бочки і цапфи робочого валка;

$A$  – відстань між опорами прокатного валка;

$L$  – довжина бочки прокатного валка;

$l$  – довжина підшипника;

$P$  – максимальне зусилля на валки при прокатці;

$M_{кр}$  – максимальний обертаючий момент на приводному кінці валка;

$D_{min}$  – діаметр бочки валка після переточування;

$b, h$  – сторони прямокутника перетину лопаті;

$R$  – радіус кривизни лопаті;

$W_k$  – момент опору перетину крутінню;

$\beta$  – коефіцієнт що залежить від співвідношення сторін;

$\tau_{max}$  – напруга крутіння;

$n_t$  – коефіцієнт запасу міцності щодо межі міцності при крутінні

$\tau_n$  – межа міцності матеріалу при крутінні;

$\xi_t$  – масштабний фактор, що враховує абсолютні розміри деталі при крутінні

$R_B^1, R_B^2$  – реакції опор;

$\sigma$  – напруга вигину;

$x_{ш}$  – плече додавання сили;

$d_{ш}$  – діаметр шийки валка;

$K_\sigma$  – коефіцієнт концентрації нормальних напружень;

$K_\tau$  – коефіцієнт концентрації дотичних напружень;

$\sigma_{рез}$  – результуюча напруга;

$M_{уз}^1, M_{уз}^2$  – згинальні моменти;

$F_1$  – прогин валка від дії згинаючого моменту;

$D$  – діаметр бочки валка;

$d$  – діаметр шийки валка;

$E$  – модуль пружності матеріалу;

$F_2$  – прогин валка від дії поперечних сил;

$G$  – модуль здвигу;

$f_B$  – сумарний прогин валків;

$F$  – площа перетину станини;

$S$  – статичний момент опору перетину;

$y_c$  – ордината центру ваги;

$J$  – момент інерції перетину;

$W_A$  – мінімальний момент опору перетину :

$M_n$  – згинальний момент у поперечці;

$\sigma_a$  – напруга вигину в середині поперечки;

$\sigma_\delta$  – напруга розтягування в стойці;

$n$  – запас міцності;

$n_f$  – запас міцності на втому;

$f_{кл}$  – сумарна деформація кліті;

$k$  коефіцієнт, що враховує деформацію інших деталей кліті;

$C$  – жорсткість робочої кліті;

$T_H$  – 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;

$T_{\phi}$  – фактичний час роботи стану;

$П_{СР}$  – середня продуктивність стану

$P_{год}$  – обсяг виробленої продукції;

$T_{\phi n}$  – фактичний час роботи стану;

$E_p$  – економічний ефект;

$T_{пр}$  – зменшення простоїв устаткування;

$П_{ст}$  – годинна продуктивність стану;

$C$  – собівартість прокату;

$Ц$  – ціна за тонну прокату.

## ВСТУП

В сучасних умовах питання підвищення якості продукції, що випускається нерозривно пов'язане з її точністю. Саме точність геометричних розмірів смуги є одним з істотних критеріїв її якості. Продукція прокатних станів, як відомо, має відхилення від форми в двох напрямках: вздовж осі прокату і поперек прокату.

Підвищення точності розмірів прокатних виробів нерозривно пов'язано як з технологією прокатки, так і з жорсткістю прокатних клітей. Як мала, так і завищена жорсткість клітей призводить до неможливості прокатки профілів у вузькому діапазоні поля допуску.

При проектуванні і виготовленні прокатного стану потрібно прагнути до зменшення пружної деформації робочої кліті і підвищення її жорсткості.

Головним напрямком, подальшого зниження загальної деформації прокатної кліті є зменшенням пружною деформації валкової системи і станини.

Ефективним способом підвищення жорсткості прокатних станів є застосування попередньо напружених клітей з гідравлічними пристроями протизгинувалків. Робочі кліті такого типу характеризуються наявністю гідравлічних циліндрів попереднього навантаження, що встановлюються або між верхніми і нижніми подушками, з'єднаними стяжними болтами, або між нижньою подушкою і поперечною станини, або в комбінації.

Зокрема дана робота спрямована на розробку заходів спрямованих на розширення технологічних можливостей та підвищення якості продукції напівбезперервного стану 600 шляхом розробки конструкції попередньо напруженої чистової прокатної кліті 730.



## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Стани для виробництва сортового металопрокату

Прокатні стани за призначенням можна розділити на дві групи [1,2]:

- загального призначення, що виробляють сортову продукцію широкого сортаменту для всіх галузей машинобудування і будівництва;
- стани спеціалізовані, призначені для виробництва сортового металу порівняно вузького, спеціалізованого сортаменту, використовуваного тільки в окремих галузях промисловості.

Стани загального призначення, в свою чергу, по сортаменту бувають:

- великосортні, що виробляють великі кола діаметром вище 50 мм, рівновеликі за площею поперечного перерізу квадрати, куточки, смуги, швелери та інші профілі, спеціалізовані та загального призначення;
- середньосортні, в сортамент яких входять круглі профілі від 30 до 50 мм, і рівновеликі за площею інші профілі;
- дрібносортні, що виробляють круглий прокат діаметром від 10 до 30 мм, і інші рівновеликі профілі; до цієї ж групи іноді відносять спеціалізовані дотові стани, що виробляють круглий похило (катанку) діаметром 5,0-8,0 мм.

Межі поділу профілів між станами приблизні. Зрозуміло, що при існуючій системі здачі продукції в тоннажі, на кожному стані вигідно прокатувати профілі важчі, ніж дрібні, тому верхня межа розмірів профілю часто переходить на більш дрібні стани. З іншого боку, потреби промисловості якогось конкретного регіону можуть зажадати переглянути також нижні межі типорозмірів стану.

Стани другої групи, призначені для виробництва більш вузької та спеціалізованої продукції, як правило, характеризуються їх назвою:

- рейко-балкові, що випускають крім рейок і балок інші великі сортові прості і складні профілі;
- смугові або штрипсові, що виробляють смугу (штрипс) для трубозварювальних станів;

- дротові, що виробляють катанку, яка служить заготовлю для виробництва дроту волочінням.

Сортові стани досить повно характеризуються діаметром валків. По діаметру можна визначити приблизні габарити стана, потужності приводу його клітей, технологічні можливості і багато іншого. Тому діаметр валків останньої кліті стану (з округленням) визначає його назву. Стани 900...500 відносяться до великосортних, 550...300 – до середньосортних і 330...250 – до дрібносортних станів. Дротові стани мають діаметр валків останніх клітей в межах 150...280 мм.

Прокатні стани класифікують також за типом розташування обладнання. Від цього залежать його технологічні можливості.

## **1.2 Великосортні прокатні стани**

Розглянемо схеми декількох крупносортних прокатних станів, що характерні для металургійної галузі сучасної України [3].

### **1.2.1 Великосортний стан 500**

Стан розрахований на продуктивність 1 млн. т/рік. До складу стану (рис. 1.1) входить наступне обладнання.

Для прийому заготовок встановлені стелажі шлепперного типу. Нагрівання заготовок здійснюють в п'яти двозонних методичних печах, що працюють на газовому паливі, з торцевої завданням і видачею заготовок і з двостороннім підігрівом.

Стан складається з дев'яти клітей, розташованих на трьох паралельних лініях: на першій лінії – п'ять клітей, на другий – три кліті, на третій – одна чистова кліть. Після IV і перед VII, після V і перед VI, після VIII і перед IX клітями встановлені передавальні швепери, відповідно призначені для переміщення, передачі розкату з однієї лінії прокатки на іншу. Перед клітями встановлені кан-

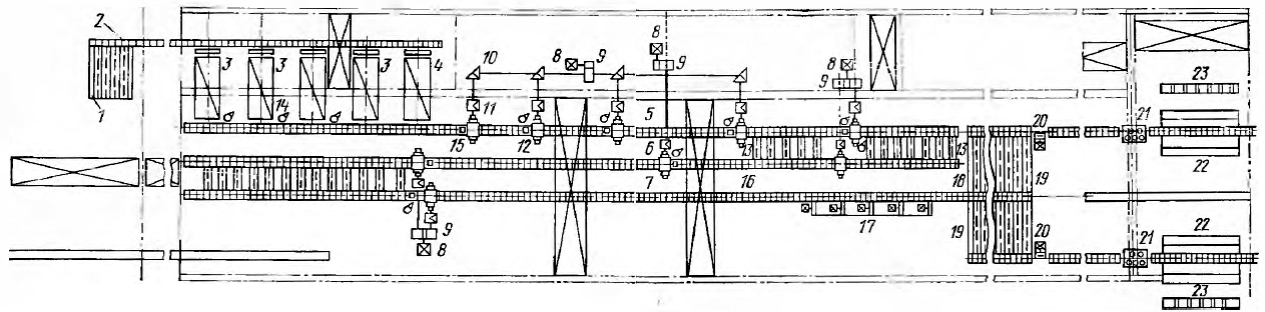
тувачі. На лінії відвідного рольганга є п'ять дискових пил гарячого різання сазлазкового типу. Для охолодження металу за пилами встановлений двосторонній холодильник ланцюгового типу. У секції холодильника розміщені ножиці холодного різання готового металу і роликові правильні машини консольного типу. Для оформлення пачок готової продукції служать кишені і в'язальні машини.

Технологічний процес прокатки профілів здійснюють наступним чином. Підготовлені заготовки після видалення поверхневих дефектів подають за допомогою кранів на стелажі (див. рис. 1.1), з яких шлеперами або партіями заготовки передають на підвідний пічної рольганг. Далі заготовка надходить до нагрівальних печей, проти яких на лінії рольганга встановлені підйомні столи, піднімають партію заготовок на рівень стаціонарних столів. Ці заготовки зіштовхують штовхачами на стаціонарні столи і подають в робочу зону нагрівальної печі.

В міру проштовхування заготовок вздовж печі останні подають на лінію пічного рольганга і транспортують на першу лінію розташування клітей стану.

Залежно від схеми прокатки розкат може бути підданий обтисненню або в чотирьох клітках, або в п'яти. Потім його передають на другу і третю лінії прокатки і, таким чином, з останньої кліті виходить розкат готового профілю певної довжини. Швидкісний режим прокатки залежно від профілю коливається в межах 3,0...7,35 м/с; температура кінця прокатки складає 850...950°C. Після IX кліті розкат збирають в партію (5-7 шт). Якщо розкат даного профілю може бути піддано різанню на мірні довжини за допомогою пил гарячого різання або поштучно, він подається на центральний рольганг холодильника. Дискові пили гарячого різання встановлюють на відстані, відповідно необхідної довжині різання. Потім розкат партіями певної довжини подають на центральний рольганг холодильника і зміщують на праву або ліву секцію холодильника. Тут смуги охолоджують і транспортують до роликових правильних машин. Після правлення смуги скидаються в кишені. Набрані пачки відповідної маси зв'язують за допомогою машини. До кожної пачка прикріплюють спеціальну бирку, на якій

вказана марка сталі, номер плавки, маса пачки, час прокатки і завод-виготовлювач.



1 – стелажі для заготовок; 2 – підвідний пічної рольганг; 3 – стаціонарні столи для заготовок; 4 – методичні нагрівальні печі; 5–7 – перша, друга і третя лінії розташування прокатних клітей; 8 – електродвигуни; 9 – редуктори; 10 – конічні шестерні передачі; 11 – шестеренні кліті; 12–прокатні кліті; 13 – шлепери; 14 – фотореле для автоматичного включення рольгангів, кантувачів розкатів, шлеперів; 15 – кантувачі розкатів; 16 – відвідний рольганг розкатів готового профілю; 17 – дискові пили гарячого різання розкатів готового профілю; 18 – центральний рольганг холодильника; 19 – секції холодильника; 20 – ножиці холодного різання профілів; 21 – роликів правильна машина; 22– кишені для формування пачок готових профілів; 23 – зв’язувальна машина з вагами

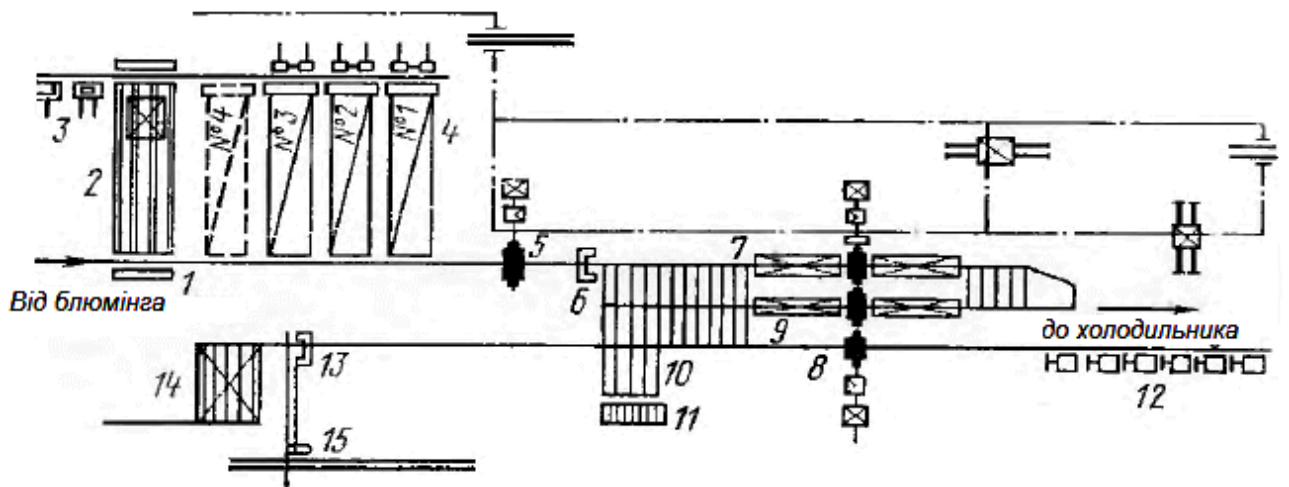
Рисунок 1.1 – Схема великосортного стану 500 [3]

Різанню в гарячому стані піддають профілі круглої і квадратної сталей великого перерізу; в холодному стані їх різання пов'язане з великими зусиллями. Подальші технологічні операції виконують в потоці, як описано раніше.

### 1.2.2 Великосортний стан 950/800

Стан (рис. 1.2) складається з трьох методичних нагрівальних печей, чотирьох прокатних клітей, ножиць для обрізання розкатів після першої кліті, дискових пил гарячого різання, холодильника, роликів правильної машини та іншого обладнання, встановленого для обробки готового профілю. Стан розра-

хований на продуктивність 1,2...1,3 млн. т/рік. Швидкість виходу смуги з останньої чистової кліті дорівнює 5,0...10 м/с.



1 – зіштовхувачі блюмів; 2 – шлеппери для передачі блюмів до нагрівальних печей; 3 – посадочні столи для блюмів зі складу; 4 – нагрівальні печі; 5 – реверсивна двухвалковая кліть (900); 6 – ножиці з зусиллям різання 600 т; 7 – чорнові тривалкові кліті (800); 8 – чистова двухвалковая кліть (650); 9 – підйомно–хитні столи; 10 – шлеппери для передачі браку з лінії прокату; 11 – стелажі для браку; 12 – дискова пила гарячого різання розкатів готового профілю; 13 – ножиці для різання заготовок із зусиллям різання 800 т; 14 – шлеппери; 15 – транспортер для обрізків

Рисунок 1.2 – Схема великосортного стану 950/800 [3]

Перед станом працює блюмінг. Тому в залежності від прокатного профілю блюми можуть подаватися прямим потоком на стан, якщо якість поверхні цілком задовольняє умовам можливої подальшої прокатки і якісними показниками готового профілю.

У разі необхідності здійснюють обробку поверхні блюмів, видаляють дефекти, після чого ці блюми подають до нагрівальних печей.

Використовують тризонні методичні печі з нижнім підігрівом, торцевим завданням і видаванням блюмів, що працюють на природному газі, який характеризується середньою теплотою згоряння 36,1 МДж/м<sup>3</sup>. У печі передбачено

п'ять регульованих зон. При даній калорійності палива і продуктивності печі 110 т/год витрата палива становить 8400 м<sup>3</sup>/год.

Видані з печі блюми транспортують до першої реверсивної двовалкової кліті з діаметром валків 950 мм. У цій кліті, що є по суті малим блюмінгом, блюм прокатується за п'ять-сім проходів в розкат певних розмірів і перерізу. Далі на лінії рольганга встановлені ножиці з зусиллям різання 5 МН, які обрізають передній і задній кінці розкату, а при необхідності ріжуть розкат після першої кліті на мірні довжини. Після першої кліті розкат задають послідовно в першу чорнову тривалкову кліть, де виконують 3-5 проходів; потім у другу чорнову тривалкову кліть, де проводять три проходи, після цього розкат задають в чистову двовалкову нереверсивну кліть з діаметром валків 850 мм. У цій кліті здійснюють тільки один прохід, призначення якого полягає в остаточному оформленні профілю.

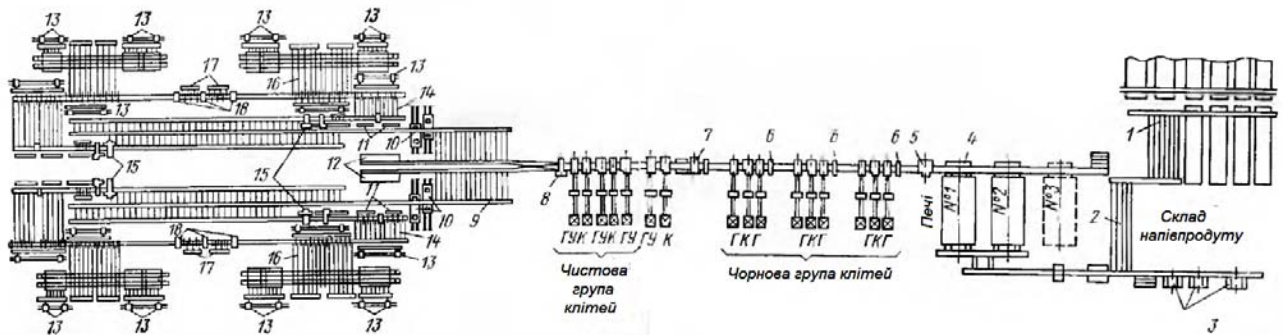
Розкат готового профілю подають до дискових пил гарячого різання, де розрізають на мірні довжини і транспортують далі до холодильників. На цьому стані застосовують односторонні холодильники ланцюгового типу. Після охолодження готового профілю його піддають правленню на правильній машині, у якій замість роликів встановлені валки з двома опорами. Виправлений профіль надходить на спеціальні стелажі, з яких його знімають, укладають в пакети, зважують і складують.

Якщо в потоці потрібно виконати термообробку готового профілю, його подають в спеціальні термічні печі, встановлені в загальному технологічному ланцюзі розташування обладнання.

### **1.2.3 Безперервний великосортний стан 450**

На рис. 1.3 представлена схема стану 450 конструкції ВНДІМЕТМАШ, ЕЗВМ і УЗВМ проектною продуктивністю 1,5 млн. т/рік. На стані використовують вихідну заготовку квадратного і прямокутного перетинів розміром

150×150; 135×200, 150×200; 160×270 мм; довжина заготовки масою 0,7...4,7 т знаходиться в межах 4...12 м.



1 – холодильник; 2 – передавальний шлепер; 3 – завантажувальні решітки; 4 – машина для видавання заготовок з печі; 5 – ножиці гарячої різання заготовки зусиллям 400 т; 6 – кантувач; 7, 8 – летючі ножиці з зусиллям різання відповідно 130 і 63 т; 9 – холодильник; 10 – правильні машини; 11 – кишені для набору пачок; 12 – кишені для набору пачок в гарячому стані; 13 – в'язальна машина; 14 – передавальний транспортер типу шлепер; 15 – ножиці холодного різання; 16 – передавальний транспортер ланцюгового типу; 17 – решітки та кишені для набору пачок готового профілю; 18 – упори, що опускаються

Рисунок 1.3 – Схема великосортного стану 450 [3]

На стані встановлені дві нагрівальні печі. Чорнові кліті утворюють три групи, по три кліті в кожній, з яких крайні з горизонтальним розташуванням валків, а середня (комбінована) може працювати з установкою валків як в горизонтальному, так і у вертикальному положенні. Перед першою безперервною групою з трьох клітей встановлено ножиці для різання заготовки на певну довжину. Зусилля різання ножиць становить 400 т. Перед кожною безперервною чорною групою з трьох клітей передбачені кантувачі.

Чистова безперервна група складається з семи клітей. Кліті тут також різні за своїм конструктивним виконанням і призначенням, а відповідно і розташуванням валків: I, IV і VI – комбіновані (К), інші кліті з горизонтальним розташуванням валків і універсальні (Г, У). У них здійснюють обтиснення полиць двотаврових балок і швелерів із забезпеченням паралельності граней. Перед чи-

стової групою клітей встановлені летючі ножиці з зусиллям різання 1,30 МН після чистової групи – з зусиллям різання 0,63 МН.

Швидкість прокатки на стані дорівнює 4...12 м/с; середня продуктивність в залежності від профілю становить 180...300 т/год.

Для охолодження розкатів готового профілю встановлений двобічний холодильник, при цьому кожна секція (бік) холодильника може працювати самостійно. З кожного боку холодильника знаходяться по дві лінії відвідних рольгангів, на кожній з них встановлено по два однотипних агрегати: дві роликові прувильні машини (одна в роботі, інша в резерві), двоє ножиць холодного різання (одні в роботі, інші в резерві). Для додаткової обробки готового профілю служать ножиці холодного різання, збірні кишень, решітки, машини для ув'язування пакетів та інше допоміжне обладнання.

Розглянемо роботу обладнання крупносортового стану 450 по ходу технологічного процесу прокатки. Заготівля на стан може подаватися в холодному стані або попередньо підігрітою в печах до 300...800°C. Потім вона передається через холодильник шлеперами до методичних нагрівальних печей. Нагрівання металу здійснюють в тризонних методичних печах, що працюють на газовому паливі з торцевим завданням і видаванням заготовок. Подина забезпечена крокуючими балками. Піч може завантажуватися в два ряди (при довжині заготовки від 4 до 6 м) і в один (при довжині заготовки понад 6 м). Садка печі при розташуванні заготовок на поду з кроком 400 мм становить приблизно 68 заготовок масою 320 т. Нагріту заготовку видають з печі за допомогою машини, укладають на підпичний рольганг і транспортують до першої безперервної групи чорнових клітей.

Якщо буде виявлено брак переднього або заднього кінців заготовки, виникає необхідність в розрізанні її на частини, при цьому включаються в роботу ножиці.

У чорнових безперервних групах клітей комбіновані кліті можуть працювати і при горизонтальному розташуванні валків. У чистовій групі універсальні кліті включаються в роботу при прокатуванні фасонних профілів; при прокату-



ванні інших профілів вони можуть працювати як звичайні кліті з горизонтальним розташуванням валків.

Розкат, що виходить з чистової кліті, піддають різанню на мірну довжину відповідно раціональному розкрию ножицями, встановленими за останньою чистовою кліттю.

Розкати надходять на двосторонній холодильник довжиною 120 м з регульованим кроком перекладання охолоджуваних смуг і пристроєм, що забезпечує видавання на будь-який з двох відвідних рольгангів одночасно по дві смуги із заданими відстанями між ними, що дозволяє розділити єдиний до холодильника потік металу на чотири паралельні потоки обробки готового прокату. Після охолодження на холодильнику розкати проходять технологічні операції: правлення, різання на мірні довжини, пакетування, ув'язування пакетів, зважування та складування.

Встановлені вісім правильних машин для правлення фасонних і круглих профілів працюють в режимі запуску: вхідна швидкість 1,4 м/с, швидкість правлення регулюється в межах 2...6 м/с. Четверо ножиць холодного різання із зусиллям різання 6,30 МН при довжині ножа 1000 мм і його ході 240 мм розраховані на 360 рухів за годину при нормальному циклі між ходами 10 с.

В потоці обладнання по обробленню в передбачені два інспекторських стелажа для смуги довжиною до 25 м і два – для смуг малої довжини. Ці стелажі призначені для додаткового оглядання окремих смуг, на яких помітні ознаки браку. Встановлено вісім пакетувальних пристроїв, в числі яких дві секції довжиною по 12 м, розраховані на смуги довжиною 6-12-24 м. Діаметр пакета дорівнює 250...500 мм. Для зв'язування пакетів встановлені 32 пакетувально-зв'язувальні машини; зважування здійснюють на 16 вагах, розрахованих на смуги довжиною 12-24 і 6-12 м. Ціна ділення на вагах 10 кг; цикл зважування 10 с.

Крім того, стан обслуговують установки для поздовжньої правки окремих смуг і для редагування і різання профілів великого перерізу з точністю правки 1 мм/м. Робота обладнання та виконання технологічних операцій максимально

автоматизовані, що виключає застосування ручної праці, стабілізує ритм роботи всього стану.

Нижче більш детально розглянемо сортопрокатний цех з напівбезперервним станом 600.

### **1.3 Характеристика сортопрокатного цеху з напівбезперервним станом 600**

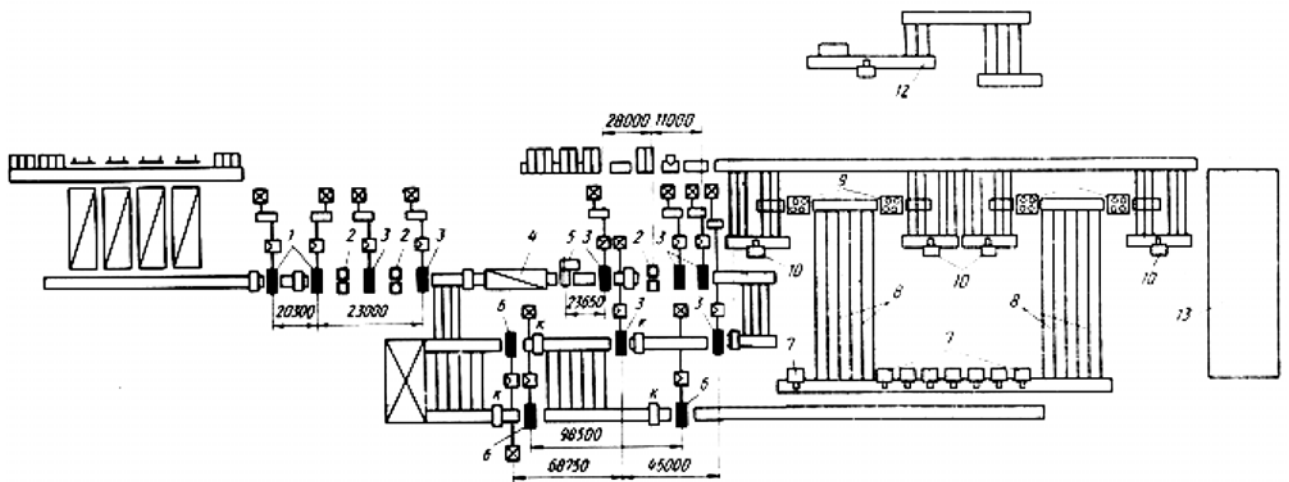
#### **1.3.1 Схема стану 600**

Схема розташування основного технологічного обладнання стану 600 представлена на рис. 1.4.

#### **1.3.2 Загальна технічна характеристика**

1. Розрахункова річна продуктивність стану до 1,6 млн.т.
  2. Сумарна потужність установлених на стані електродвигунів (враховуючи головні) 60000 кВт.
  3. Сумарна потужність головних електродвигунів 36550 кВт.
  4. Кількість робочих клітей 15
    - горизонтальних 850 – 2 (1Г,2Г)
    - горизонтальних 730 – 7 (4Г, 6Г, 7Г, 9Г, 10Г, 11Г, 12Г)
    - вертикальних 730 – 3 (3В, 5В,8В)
    - горизонтальних 580 – 3 (13Г, 16Г, 17Г)
- Замість останньої чистової кліті 17Г передбачене встановлення універсальної кліті 17У. Характеристика клітей приведена у таблиці 1.1.
5. Максимальна швидкість виходу розкату з чистової кліті 10 м/с.
  6. Максимальна довжина розкату після виходу з останньої чистової кліті 97 м.
  7. Довжина готового прокату 6 – 24 м.

8. Кількість холодильників 4.
9. Кількість ліній холодної обробки 4.
10. Дільниці до обробки прокату, взагалі 5.



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

Рисунок 1.4 – Схема розташування основного технологічного обладнання стану 600 [3]

11. Маса механічного обладнання стану (без запчастин, змінних комплектів і електроустаткування) 162300 т.

12. Вага запасних частин, що поставляються з механічним обладнанням стану 5100 т.

13. Вага змінних комплектів, що поставляються з механічним обладнанням стану 11000 т.

### 1.3.3 Стислий опис технологічного процесу

Вихідною заготовлею для стану є блюми перетином 300×300 мм, довжиною від 5,6 до 6,0 м [1-3]. Склади блюмів розташовані в другому і третьому прольотах будівлі блюмінга й у прольоті К – М будинку стану 600.

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

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

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

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

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

Прокатка металу в цій групі клітей здійснюється також як і в першій групі. Отриманий розкат рольгангом транспортується до передатного ланцюгового шлепера, яким передається на другу робочу лінію клітей, що має у своєму скла-

ді дві послідовно розташовані горизонтальні кліті 730 (11Г и 12Г) і одну послідовно розташовану горизонтальну кліть 580 (13Г).

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

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

Схемами прокатки передбачається пропуск ряду клітей на різних лініях стану.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Двотаврові балки і швелери при цьому відразу ж після передачі на несучі ланцюги, транспортерів кантуються кантувачами відповідно на 900 і 1800, а немірні задні штуки прокату круглої і квадратної форми клеймуються в торець маятниковим клеймувачем, встановленим у холодильника № 1.

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

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

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

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

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

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

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

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

З усіх кишень дільниці збирання заготівок здійснюється кранами.

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



правляється до кишені, зупиняється упором і зіштовхувачем зіштовхується в кишеню. З кишені готовий прокат убирається кранами.

### **1.3.4 Недоліки в роботі стану**

Чистова лінія клітей 580 (13Г, 16Г) має недостатню жорсткість. Це на-самперед є наслідком недостатньою жорсткості верхнього натискного при-строю. Крім того, при налаштуванні кліті використовуються регульовальні під-кладки, котрі призводять до погрішності встановлення клинів кріплення криш-ки.

Всі перелічені фактори призводять до різнотовщинності по довжині роз-кату і, відповідно, до невідповідності готових профілів сучасним вимогам якос-ті, а також до підвищення витрат металу на погонний метр виробленої продук-ції.

## **1.4 Інноваційні рішення і тенденції розвитку**

Якщо говорити про прокатне виробництво в цілому, можна виділити на-ступні основні тенденції розвитку обладнання та технології [4]:

- використання заготовки максимально наближеної за формою і розміра-ми до готового прокату (тонкі сляби, «собача кістка» і т.д.);
- використання конструкцій клітей, які забезпечують максимально швид-ку заміну валків (10...20 хв);
- застосування повної автоматизації прокатного стану з контролем всіх параметрів, що впливають на процес (особливо температури), і управ-ління станом на основі комп'ютерних моделей процесу;
- застосування технологій термомеханічної обробки з метою отримання необхідних характеристик міцності властивостей без подальшої термо-обробки;

- використання різних систем, які підвищують точність розмірів і геометричної форми розкату;
- впровадження принципів нескінченної прокатки, перехід на будівництво ливарно-прокатних агрегатів;
- максимальне впровадження енергозберігаючих технологій та скорочення операційних витрат;
- застосування універсальних «єдиних» калібровок, системи калібрів яких дозволяють прокатувати різні профілі по одному калібруванню в чорнових і проміжних групах, з мінімальним переналагодженням клітей.

Великосортні стани призначені для виробництва сортового прокату великого перерізу, серед профілів, які виробляються на стані, може бути досить велика кількість спеціальних видів профілів. Рейкобалочні стани застосовують переважно для виробництва рейок і різноманітних балок великого перерізу, проте на таких станах іноді може вироблятися кругла або квадратна заготовка і великосортний прокат простої форми.

Слід також відзначити тенденцію, що якщо до недавнього часу намагалися робити всі групи клітей безперервними, то останнім часом намітилася тенденція до повернення обтискних реверсивних клітей, що забезпечує компактність стану і його меншу вартість. Компенсувати ж зменшення продуктивності намагаються за рахунок використання заготовки з перетином, близьким до перетину готового профілю.

Після того як стало можливим безперервне лиття балкових тонкостінних заготовок, обтиск і зусилля при прокатці вдалося зменшити. Крім того, балкові заготовки застосовують для виробництва шпунтів Ларсена і рейок. Весь асортимент стандартних балкових профілів може бути прокатаний всього з чотирьох розмірів безперервнолитих балкових заготовок.

Часто на сучасних станах використовуються безстанинні кліті або кліті касетного типу, наприклад кліті CCS (Compact Cartridge Stand) фірми SMSMeer (рис. 1.5). У порівнянні з класичними клітями із закритою станиною, ці кліті

мають компактну конструкцію, пристрої автоматичної зміни валків і напрямних, а також систему точного регулювання валків, і видають кінцевий продукт з дотриманням найжорсткіших допусків. Заміна валків в такий кліті не перевищує 20 хв.



Рисунок 1.5 – Блок клітей CCS

Сучасний великосортний стан для виробництва балок фірми SMS складається з двовалкової обтискної реверсивної кліті, реверсивної групи клітей «тандем», яка складається з універсальної чорновий кліті, кліті з вертикальними валками і універсальної чистової кліті, установки селективного охолодження і машин для правлення рейок (технологія CRS з використанням регулювання за допомогою гідроциліндрів, які забезпечують мінімум залишкових напружень) та іншого оздоблювального обладнання. Прокатка балок в клітях групи «тандем» здійснюється за методом ХН (рис. 1.6).

Для охолодження балок і рейок почали застосовувати водяний туман, який подається на прокат на певній ділянці холодильника. Використання водяного туману дає наступні переваги:

- підвищення ефективності і швидкості охолодження;
- скорочення площі холодильника, капітальних витрат і операційних витрат;
- можливість застосування модульної системи охолодження з вибіркоким включенням-виключенням секцій.

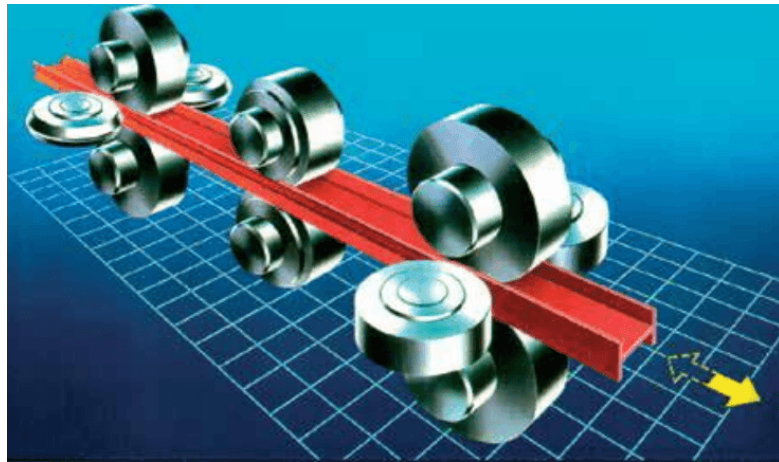


Рисунок 1.6 – Метод прокатки ХН

Також з метою забезпечення рівномірності розподілу температури в прокатаних балках або рейках між вихідною стороною стану і холодильником встановлюють пристрій селективного охолодження, геометрія якого відповідає формі і розмірам профілю. Така система дає можливість охолодження необхідних ділянок поперечного перерізу прокатаного профілю з необхідною інтенсивністю (рис. 1.7).

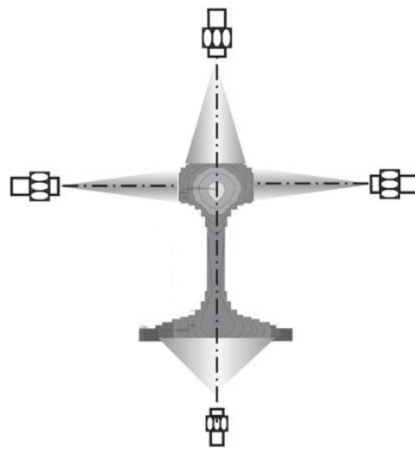


Рисунок 1.7 – Селективне (вибіркове) охолодження рейок і балок

Використання селективного охолодження дозволяє поліпшити прямизну прокатаних профілів на холодильнику, за рахунок зменшення викривлення внаслідок нерівномірного охолодження, а також знижує залишкові напруження в металі внаслідок більш рівномірного протікання структурних перетворень.

Важливим фактором при будь-якому виробництві прокату є контроль розмірів готового профілю. Так, на сучасних станах готові прокатані профілі вимірюють в гарячому стані методом світлоділення з використанням лазера.

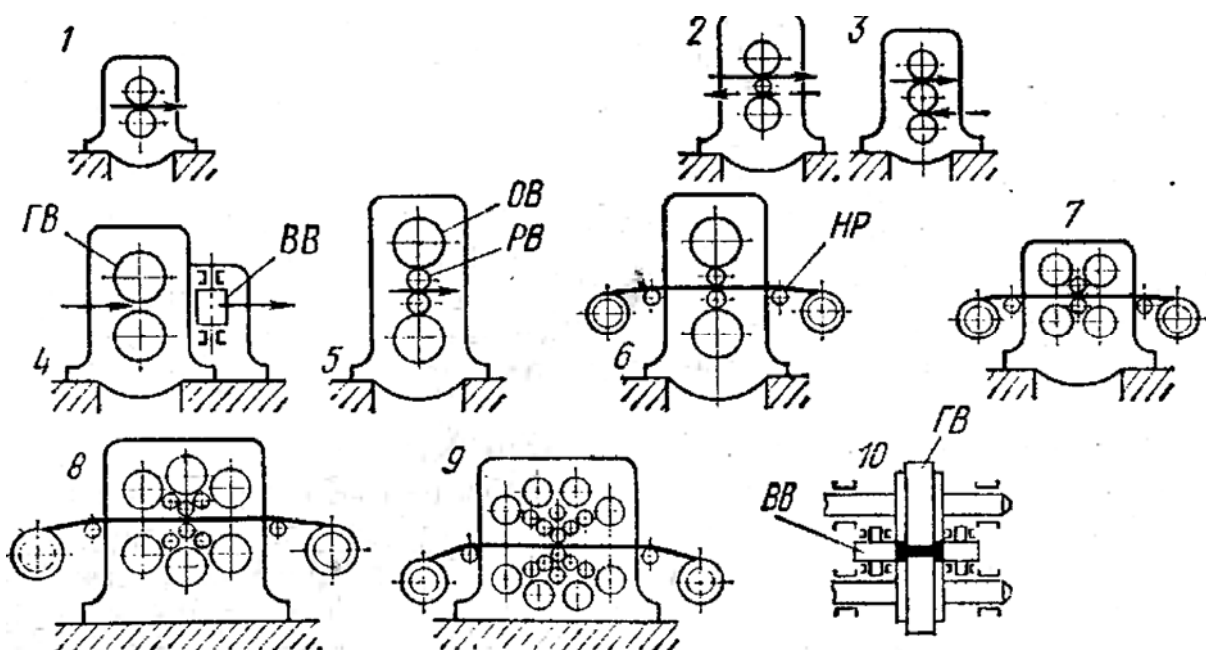
Лазерний промінь, спрямований на поверхню вимірюваного профілю, відбивається і вловлюється швидкодіючим датчиком з високою роздільною здатністю. Відстань до поверхні профілю розраховується залежно від позиції, в якій відбитий промінь вловлюється датчиком. На основі результатів вимірювань може бути окреслений контур вимірюваного профілю та внесені корективи до процесу прокатки.

## РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналітичний огляд

#### 2.1.1 Конструкції прокатних клітей

Робоча кліть [1,2] є основним пристроєм прокатного стану, за допомогою якого здійснюється прокатка (деформація) металу. Розрізняють прокатні кліті по числу валків, їх розташуванню і конструкції (рис. 2.1).



1 – двовалкова кліть; 2 – тривалкова кліть; 3 – тривалкова сортова кліть; 4 – універсальна двовалкова кліть; 5 – кліть чотиривалкова листова нереверсивна; 6 – кліть чотирьох валкова реверсивна; 7 – шестивалкова кліть; 8 – кліть дванадцятивалкова; 9 – кліть двадцятивалкова для прокатки тонкої смуги; 10 – кліть універсальна для прокатки двотаврових балок

Рисунок 1.1 – Робочі кліть з різним розташуванням валків

Двовалкові кліті бувають реверсивні і нереверсивні. Кліті реверсивні мають обидва приводних валка і реверсивне їх обертання, так що метал проходить

через валки кілька разів вперед і назад. Ці кліті застосовуються в основному на потужних обтискних станах (блюмінгах і слябінгах).

Тривалкові кліті широко застосовують при прокатуванні сортових профілів, оскільки на валках можна розташувати більше калібрів. Смуга з підйомно-хитних столів задається між верхнім і середнім, середнім і нижнім валками, при цьому здійснюється зміна напрямку прокатки.

При прокатці товстих і середніх листів на тривалкових станах середній валок роблять меншого діаметру і привод його здійснюється за рахунок тертя по черзі від верхнього або нижнього приводних валків. Внаслідок малої продуктивності і жорсткості валкової системи ці кліті широко не застосовуються.

Чотиривалкові кліті мають два валка малого діаметра (робочі) і два – великого (опорні). Ці кліті застосовуються для листової прокатки в режимі реверсу, для прокатки тільки в одному напрямку і для прокатки в рулонах на безперервних станах, а також для холодної і гарячої прокатки з реверсом на одноклітьових станах з розмотувачами і моталками.

До багатовалкових клітей відносяться шести-, дванадцяти- і двадцятивалкові кліті. Шестивалкові кліті застосовуються для прокатки вузької і тонкої смуги. Через складність конструкції вони не знайшли поширення, оскільки жорсткість у вертикальній площині і максимально допустиме навантаження при прокатці на робочих валках однакового діаметра є, як правило, меншими, ніж у чотиривалкових клітей.

Дванадцяти- і двадцятивалкові кліті в даний час знайшли широке застосування. Ці кліті володіють великою жорсткістю, і завдяки використанню робочих валків малого діаметра (10...50 мм) на цих клітях можна прокатувати тонку і найтоншу рулонну стрічку з високою якістю поверхні і з мінімальними допусками по товщині. Як правило, приводними є чотири проміжних валка, які, в свою чергу, спираються на зовнішній ряд опорних роликів з насадженими на них підшипниками кочення. Опорні ролики розташовуються в напівкруглих виїмках, моноблочної станини. Застосування підшипників кочення на осі замість

опорних валків дозволило практично ліквідувати поздовжнє і поперечне коливання товщини прокатуваної смуги.

Універсальні кліті дозволяють деформувати метал в двох взаємно перпендикулярних площинах. Деформація здійснюється за допомогою валків, розташованих в кліті горизонтально і вертикально.

Універсальні кліті застосовуються для виробництва товстого листа (вертикальні валки обжимають бічні кромки), а також на сортових і дровових станах для усунення необхідності кантування розкату.

### **2.1.2 Станини робочих клітей**

У процесі прокатки розвиваються достатньо значні зусилля – до 10МН. Для їх сприйняття та забезпечення необхідного взаємного положення всіх вузлів і деталей робочої кліті, служать станини.

Станини – це масивні рами, що сприймають всі зусилля, що виникають при прокатці.

Кожна робоча кліть має по дві станини (ліву і праву по ходу технологічної лінії), які з'єднуються між собою траверсами або шпильками. Це зчленування називається «вузол кліті».

Станини бувають закритого і відкритого типів. На рис. 2.2 зображена станина закритого типу.

Вона складається з двох стоек – передньої 1 по ходу технологічної лінії, і задньої 2; двох поперечок: верхньої 3 і нижньої 4. Вікно, утворене стойками і поперечиною, називається отвором станини 5.

Внизу станина має так звані «лапи» – горизонтальні припливи, якими вона встановлюється на плитовинах. В лапах є отвори для болтів, якими вона кріпиться до плитовин.

У поперечках є розточування для встановлення натискних гайок, гідроциліндрів гідронатискних механізмів, месдоз (датчиків зусилля прокатки).



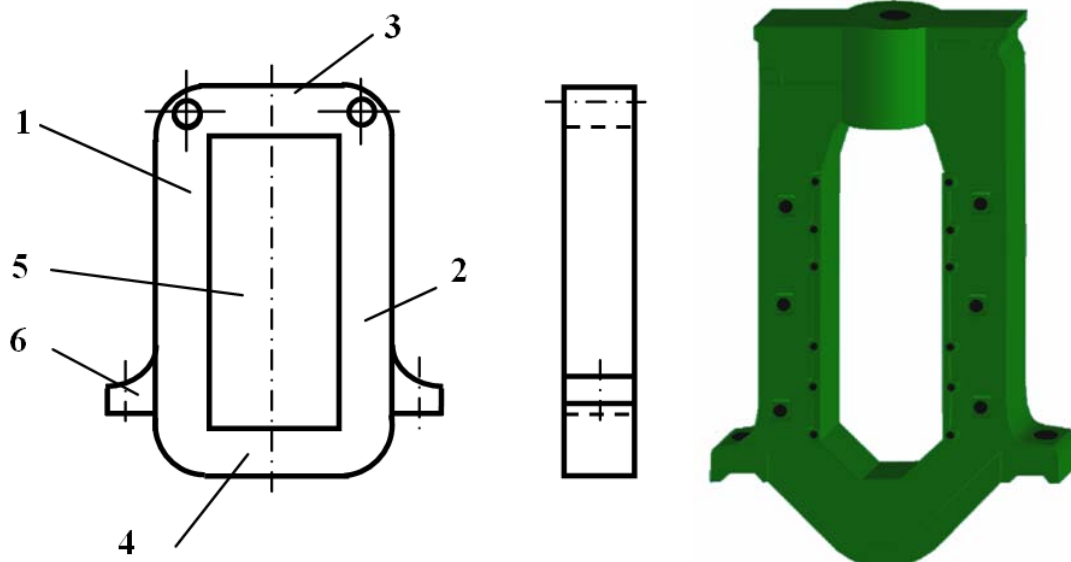


Рисунок 2.2 – Станина закритого типу

Станини закритого типу мають велику міцність і твердість, тому їх застосовують в робочих клітках тих станів, де розвиваються великі зусилля прокатки і потрібна висока точність прокату. Їх недоліком є ускладнення процесу зміни валків – перевалки, оскільки доводиться вводити і виводити валки в горизонтальному напрямку за допомогою спеціальних механізмів або пристроїв.

Станини відкритого типу складаються з двох окремих частин: кришки 1 і власне станини 2 (рис. 2.3).

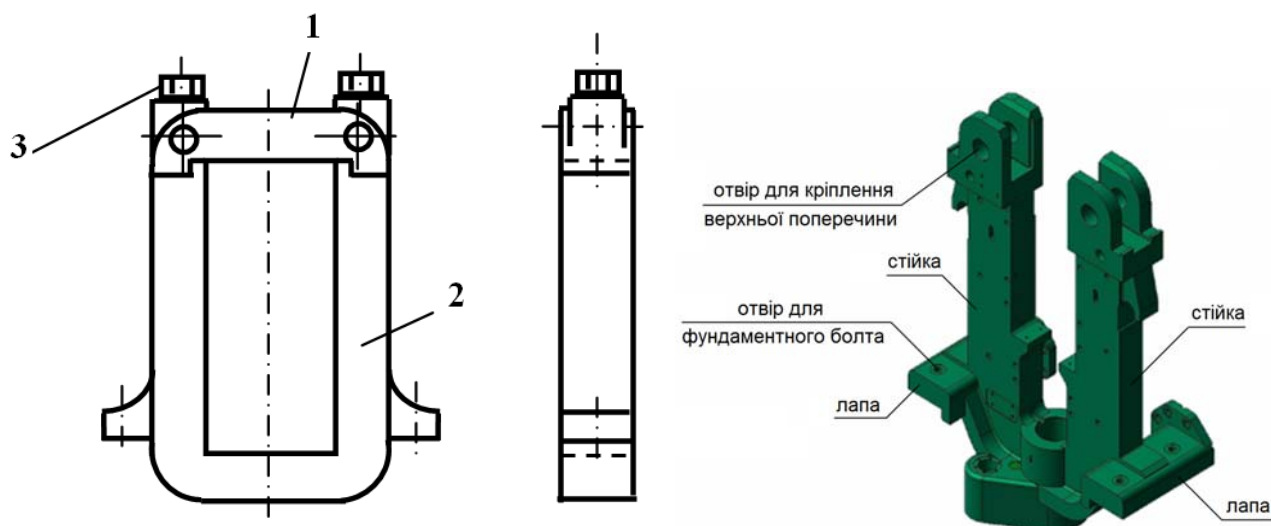


Рисунок 2.3 – Станина відкритого типу

Кришка кріпиться до станини болтами 3, встановлюються з затягуванням.

Цей тип станин має меншу міцність і жорсткість, але він дешевше і дозволяє здійснювати перевалку краном при знятій кришці. Застосовується в клітках сортових і рельсобалочних станів.

Для збільшення жорсткості станин відкритого типу застосовується спосіб клинового з'єднання кришки з корпусом станини (рис. 2.4).

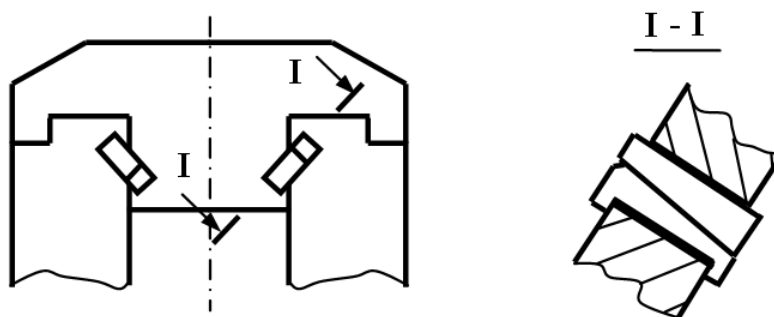


Рисунок 2.4 – Клинове з'єднання

Таке з'єднання забезпечує жорсткість станини відкритого типу, що наближається до жорсткості станин закритого типу.

Виготовляють станини робочих клітей зазвичай литтям зі сталей марок 25Л або 35Л. Буква «Л» вказує на наявність в складі цих конструкційних сталей спеціальних добавок, які знижують в'язкість сталі в рідкому стані і тим самим сприяють литтю. Для станин середньо-, дрібносортових і дротяних станів застосовують високоміцний чавун.

При виборі допустимих напружень виходять з того, що станина є найдорожчою деталлю робочої кліти. Тому вона повинна бути настільки міцною, щоб її поломка виключалася. При поломці валків станини не повинні отримувати пластичних деформацій, які деформують їх форму. Внаслідок цього коефіцієнт запасу міцності для станин приймається рівним 10. Межа міцності сталевих лиття – 500...600 МПа, тому допустимі напруження в станинах – 50...60 МПа. Для станин з кулястим графітом межа міцності дорівнює 400...500 МПа, і тому допустимі напруження – 40...50 МПа.

При визначенні розмірів станин виходять з необхідності забезпечення необхідних міцності і жорсткості, але одночасно враховують, що збільшення перетинів стійок і поперечок понад необхідного невиправдане, тому що це збіль-

шує масу, отже, вартість станин, і не дає істотного підвищення їх жорсткості, оскільки деформація станин становить невелику частку загальної деформації кліті.

Розміри отвору станини визначаються розмірами подушок і необхідною висотою підйому верхнього валка.

Розміри перетинів стоек і поперечок знаходяться розрахунком. При цьому розмір стоек в напрямку осі валка береться дещо меншим, ніж довжина подушок (щоб краї стоек не заважали прокатці).

З внутрішньої сторони стойки облицьовуються планками для запобігання їх зношуванню. Раніше планки виготовляли з бронзи, але їх стійкість була недостатньою. В даний час застосовують композитні матеріали.

Для кріплення планок перетин стоек зручно робити в вигляді двутавру (рис. 2.5,а), тому що по краях тавра можна пропустити наскрізні болти. Переріз у вигляді прямокутника (втягнуте рис. 2.5,б і вузьке рис. 2.5,в) простіше у виготовленні, але зношування різьбових отворів для гвинтів, якими кріпляться планки, приводить в непридатність всю станину.

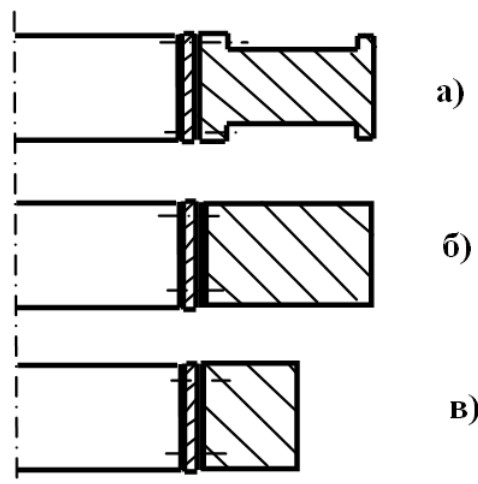


Рисунок 2.5 – Форми поперечних перерізів стоек станин

Перерізи типів «а» і «б» мають велику жорсткість і тому їх застосовують при відносно широких станинах (кліті дуо), особливо при наявності горизонтальних зусиль. Такі перерізи в значній мірі розвантажують поперечки від згинальних моментів. При високих і вузьких станинах (кліті кварто) і незначних го-

ризонтальних зусиллях з точки зору міцності і мінімізації маси краще переріз типу «в». Менший момент інерції такого перерізу обумовлює менший момент вигину в стойках. При цьому виникає економія металу на стойках через їх значну довжину, котра перебиває деяке збільшення площі поперечного перерізу поперечок.

Для дуже великих станів і в тих випадках, коли висока жорсткість кліті не потрібна, станини роблять складеними. В цьому випадку їх вартість зменшується. Полегшуються також умови транспортування станин.

### **2.1.3 Аналіз пружної деформації в процесі прокатування**

Коливання поперечних розмірів профілю прокату викликаються безліччю одночасно діючих причин[1,2]. Умовно їх можна розділити на дві групи:

- причини технологічного характеру.
- причини конструктивні, обумовлені конструкцією стану.

До причин технологічного характеру відносяться: тиск прокатки, натяг, система калібрування.

До причин конструктивного характеру відносяться: тип стану, жорсткість робочих клітей, стійкість валків, стійкість підшипників валків, стійкість арматури.

Жорсткість кліті, характеризується розкриттям калібру («грою» валків) під навантаженням і визначається двома основними факторами:

- сумарною пружною деформацією всіх навантажених деталей кліті;
- контактною деформацією навантажених деталей і вибиранням зазорів між ними.

Розглянемо більш докладно вплив цих факторів на жорсткість кліті.

Пружна деформація прокатної кліті складається з пружних деформацій окремих навантажених деталей кліті. Величина цих пружних деформацій різна. Тиск прокатки в звичайній прокатній кліті дуо сприймається послідовно: робочими валками, підшипниками, подушками, стаканами, натискними гвинтами, гайками і замикається в станині.

Сумарна пружна деформація кліті дорівнює:

$$f = f_e + f_{cm} + f_n + f_n' + f_c + f_{н.г.} + f_{\Gamma}, \quad (1)$$

де  $f_e$  – пружна деформація обох робочих валків;

$f_{cm}$  – пружна деформація станини;

$f_n$  – пружна деформація підшипників;

$f_n'$  – пружна деформація подушок;

$f_c$  – пружна деформація стаканів;

$f_{н.г.}$  – пружна деформація натискних гвинтів;

$f_{\Gamma}$  – пружна деформація гайок натискних гвинтів.

Пружна деформація робочого валка залежить від модуля пружності матеріалу валка, геометричних розмірів бочки і шийок валка і від місця прикладення і величини діючого навантаження.

Валки чистових та передчистових клітей звичайно виготовляються з легированого чавуну з вибіленою поверхнею. Модуль пружності матеріалу валка в цьому випадку коливається в межах  $E = 1 \times 10^6 \div 1.8 \times 10^6$  МПа.

Пружна деформація робочого валка складається з деформації бочки і деформації шийок. Величина деформації визначається по відомих формулах опору матеріалів для східчастого бруса круглого перетину. Деформація кожної шийки залежить від її діаметра і розрахункової довжини, обумовлених конструкцією підшипникового вузла. Сумарна деформація валка при заданих діаметрах бочки валка, розмірах шийки і постійному навантаженню буде залежати тільки від довжини бочки валка. Характеризувати жорсткість валків відношенням довжини бочки  $L$  до її діаметра  $D$  можна тільки для валків однакового діаметра. Для валків різного діаметра відношення  $L/D$  не може служити величиною, що характеризує жорсткість, тому що валки з однаковим співвідношенням, але з різною величиною  $D$  мають різну жорсткість.

Найбільш раціональніше застосовувати валки з відношенням  $L/D=0,8\dots 1,2$ . Для подальшого збільшення жорсткості валка варто збільшувати діаметр шийок, тому що при довжині бочки, менше  $0,8D$ , деформація шийок складає велику частину загальної деформації валка.

Не змінюючи конструкцію кліті і величину міжосьової відстані, можна досягти збільшення її жорсткості на  $20\dots 25\%$  шляхом збільшення діаметра шийок валків. Укорочення бочки валка зменшує вплив місця додавання навантаження по довжині валка й у такий спосіб майже виключає підстроювання кліті при переході із середнього калібру на крайні калібри.

Деформація станини залежить від її типу та конструктивних особливостей.

На чистових клітях сортових станів майже завжди застосовуються станини закритого типу. Деформація станини складається з деформації вигину поперечок і розтягання стоек. Зменшення деформації поперечок досягається збільшенням їхнього поперечного перерізу і зменшенням ширини вікон під подушки. Зменшення деформації розтягання стоек досягається збільшенням їхнього перетину і зменшенням їхньої довжини.

Таким чином, для зменшення деформації станини варто збільшувати її перетин і скорочувати довжину нейтральної лінії станини.

Робочі валки встановлюються на підшипниках ковзання, кочення і підшипниках рідинного тертя. У чистових клітях застосовуються в основному неметалеві (текстолітові та ін.) підшипники ковзання. Пружна деформація текстолітових і їм подібних вкладишів підшипників досить велика, тому для зменшення деформації кліті (але не тільки для цього) рекомендується застосовувати підшипники кочення або рідинного тертя.

Деформація подушки і стакана пропорційна висоті навантаженої частини деталі і обернено пропорційна площі перерізу цієї частини. Для зменшення деформації потрібно в припустимих межах зменшувати висоту стакана і висоту стиснутої частини подушки.

Деформація натискного гвинта складається з деформації різьби і стрижня гвинта. Для зменшення деформації натискного гвинта варто застосовувати різьбу з більш дрібним кроком і гвинти великих діаметрів. Зменшення деформації гайок можна досягти заміною матеріалу (бронзи на сталь) і збільшенням посадкового діаметра гайок, що збільшить їхній поперечний переріз.

#### **2.1.4 Шляхи зменшення пружної деформації клітей**

Доцільним з точки зору підвищення модуля жорсткості і, як наслідок, підвищення точності геометричних розмірів гарячекатаних сортових смугових профілів є створення попередньо напружених конструкцій чистових робочих клітей, що забезпечують досягнення необхідного ефекту без істотного збільшення їх питомої металоємності [5,6].

Використовувані всілякі технологічні і конструктивні схеми по створенню попередньо напружених робочих клітей прокатних станів можна умовно поділити на дві основні групи (рис. 2.6): схеми створення попереднього напруження по подушкам і схеми створення попереднього напруження по буртам бочок робочих валків. З точки зору, більш детального аналізу, конструкції механізмів по створенню попереднього напруження можуть мати найрізноманітніші виконання.

Зокрема, створення попереднього напруження по подушкам робочих валків є можливим за рахунок використання гідроприводів, клинових пар, передач гвинт-гайка і так далі, а основною перевагою в цьому випадку є відсутність додаткових навантажень безпосередньо на робочі валки і їх підшипникові опори.

Можливості створення попереднього напруження по буртам робочих валків конструктивно більш обмежені, крім того, до недоліків даного технічного рішення слід віднести наявність додаткових навантажень на робочі валки, а також наявність додаткових обмежень на сортамент готового металопрокату по його товщині і ширині. Разом з тим, точність, результуючих геометричних характеристик в цьому випадку в силу ряду причин є більш високою.

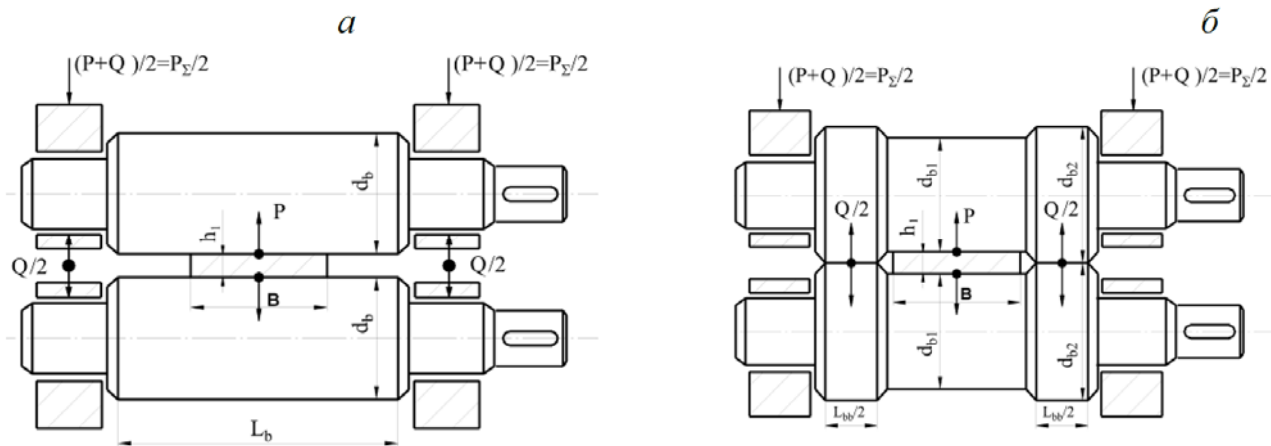


Рисунок 2.6 – Розрахункові схеми чистових робочих клітей станів гарячої прокатки, що є попередньо напруженими по подушкам (а) і по буртам (б) робочих валків

З точки зору практичної реалізації становить інтерес конструктивна схема попередньо напруженої чистої робочої кліті, згідно з якою дана кліть включає в себе робочі валки, подушки яких розміщені у вікнах станин відкритого типу, а також механізм попереднього напруження робочих валків по подушкам і натискний механізм гідравлічного типу.

### 2.1.5 Огляд технічних рішень

Технічні рішення щодо збільшення жорсткості чистових прокатних клітей станів гарячої прокатки можна поділити на два типи:

- втілення можливе на діючих прокатних клітях;
- реалізація можлива тільки при створенні нового обладнання станів для гарячої прокатки сортових смугових профілів.

Стосовно діючого обладнання чистових робочих клітей, оснащених або механічними натискними механізмами з ручним приводом, або малопотужними електромеханічними натискними механізмами, створення попереднього напруження необхідної величини є неможливим. В даному випадку перспективною є система чистої робочої кліті [7] представлена на рис. 2.7, що включає: робочі валки 1, шийки яких за допомогою підшипникових опор 2 розміщені в подуш-



ках 3, що фіксуються у вертикальному положенні натискними гвинтами 4, які, в свою чергу, пов'язані з гайками 5, розміщеними нерухомо в верхніх поперечинах вузла станин 6. Крім того, розглянута конструкція містить клинову пару 7, регульовану по висоті  $h_{пр}$  за допомогою, наприклад, гвинтової передачі 8. Безпосередньо сила попереднього напруження необхідної величини  $Q_n$  створюється в цьому випадку гідровставкою 9, корпус якої розміщений на подушці 3 верхнього робочого валка 1, а плунжера 10 даної гідровставки пов'язані з опорними поверхнями верхньої поперечки вузла станин 6.

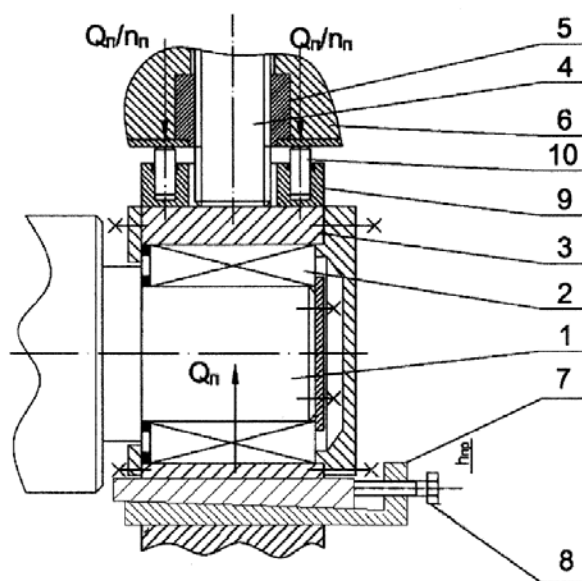


Рисунок 2.7 – Конструкція комбінованого гідромеханічного натискного механізму чистових робочих клітей станів для гарячої прокатки сортових смугових і стрічкових заготовок

З урахуванням даного технічного рішення технологія створення попереднього напруження в чистовій робочій клітці полягає в наступному.

Перед прокаткою нового типорозміру сортових смугових профілів клинова пара 7 за допомогою болтового з'єднання 8 налаштовується на необхідну товщину. Після цього подають тиск робочої рідини в плунжерні порожнини гідровставки 9, створюючи тим самим за допомогою плунжерів 10 кількість  $n$  необхідну пружну деформацію клиновій пари 7 і, як наслідок, необхідну величину сили попереднього напруження. В міру необхідного позиціонування подушок верхнього робочого валка за допомогою гідровставок 9 їх фіксують гвин-

тами механічного натискного механізму, після чого тиск робочої рідини з робочих порожнин плунжерів 10 прибирають і здійснюють безпосередньо процес гарячої прокатки смугових профілів.

Серед технічних рішень реалізація яких можлива тільки при створенні нового обладнання станів можна відзначити наступні.

Відома [8] прокатна кліть, яка має підвищені технологічні параметри з одночасним збільшенням її жорсткості шляхом забезпечення можливості кріплення механізмів кліті поза тілами стійок станин на плиті, також така конструкція кліті забезпечує при реконструкції клітей ДУО перехід їх на універсальні кліті і, за рахунок можливості утворення між брусами - направляючими і торцевими поверхнями стійок станин просвіту для корпусів роликів проводок кліті. Крім того має подовжений термін служби валків і розширений сортамент прокату, що забезпечується переміщенням роликів проводки так, щоб відстанями між роликами проводки можна було охопити будь-яку зону робочої довжини горизонтальних валків.

Прокатна кліть складається зі станини 1 (рис. 2.8) з вікнами, які утворюють стійки 2,3. Горизонтальні валки 4 встановлено у верхніх і нижніх подушках 5,6. До стійок 2,3 станини 1 із зовнішніх сторін їх вікон жорстко закріплено плити 7 болтами 8 (див. рис 2.8). Плити із ввідної і вивідної сторін кліті виступають відносно зовнішніх торцевих поверхонь стійок 2,3 станини. Протилежні відносно станин кліті частини плит 7, що виступають, жорстко зв'язані між собою брусами 9,10 (див. рис 2.8). Болти 32 стягнуто гайкою 34 з шайбою 35 сферичними поверхнями, що контактують між собою. Кріплення фланцевої кришки 14 утворює механізм осьової, фіксації подушки нижнього горизонтального валка. На рівні осі прокатки до плити 7 через важелі 38 (див. рис 2.8, 2.9), вільно встановлені на осях 39, закріплено додаткові механізми 40 розпору подушок горизонтальних валків з можливістю повороту їх і введення (див. рис 2.9) до простору між подушками горизонтальних валків, забезпечуючи можливість прокатки у кліті після демонтажу касет з вертикальними валками. Послідовність складання прокатної кліті така. Збирають плити 7 з брусами 9,10, потім

закріплюють їх на зовнішніх поверхнях стоек 2, 3 станин 1 з привідної і не-привідної сторін кліті, роблячи при цьому попереднє затягування болтів 8 кріплення плит 7. Затягують до упору гайки брусів 9,10. Потім по чергово затягують (верхній, нижній, а потім два середні) болти 8 кріплення плит із внутрішньої сторони стоек 2, 3 станин 1. Так же послідовно затягують болти 8 кріплення плит із зовнішньої сторони стоек станини.

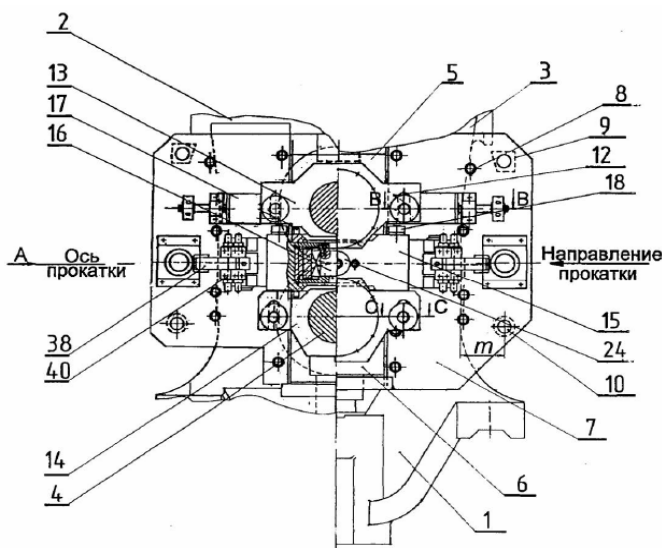


Рисунок 2.8 – Прокатна кліть [8]

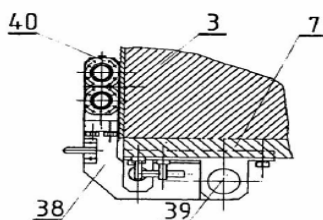


Рисунок 2.9 - Кріплення фланцевої кришки [8]

У прорізах вікна станин встановлюють нижній валок 4 у зборі з подушками 6, виводять його на рівень прокатки за допомогою нижніх натискних гвинтів. Закріплюють подушку нижнього валка за фланці її кришки. Попередньо у пази 12 плити 7 заводять болти з квадратною головкою і на болти насаджують втулки 33 (рис. 2.10) зі сферичними торцевими поверхнями. Після встановлення нижнього валка болти із втулками потрапляють у пази вушок фланцевої кришки нижньої подушки валка 4. Після чого на болт насаджують шайбу 35

сферичною поверхнею зі сторони гайки 34. Гайка також має сферичну поверхню, що контактує з шайбою. Нахильні пази 12 (див. рис 2.8) у плитах 7 в поперечному перетині виконано у Т-подібній формі. Головки болтів 31 (рис.2.11), встановлені у пазах 12, мають внутрішню сферичну поверхню. На рис. 2.10, 2.11 пази показано пунктирними лініями. Пази зроблено під болти кріплення фланцевих кришок 13,14 подушок 5,6 відповідно верхніх і нижніх горизонтальних валків 4 через механізми осьової фіксації (рис.2.10) нижнього валка і осьового регулювання і фіксації (рис.2.11) верхнього валка.

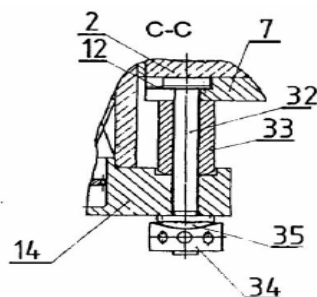


Рисунок 2.10 – Механізми осьової фіксації нижнього валка розріз [8]

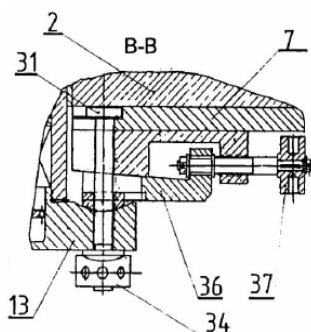


Рисунок 2.11 – Механізми осьової фіксації верхнього валка розріз [8]

Між подушками 5,6 (див. рис 2.8) встановлено касети 15 з вертикальними валками 16 (див. рис 2.8) і в кришці корпусу касети розміщено механізми 17 розпору подушок 5,6 горизонтальних валків. Касету 15 закріплено між внутрішніми поверхнями стійок 2,3 станини 1 і поверхнями плит 7 клиновим пристроєм 18 (рис.2.12, 2.13). У плиті 7 є пази 19 і клиновий пристрій розміщено між пазом 19 і корпусом касети 20. Подушку 21 касети 15 у зборі з кришками 22 з'єднано з корпусом касети і підпружинено із зовнішньої його сторони з рівноважувальним пристроєм. Подушку 21 касети через гвинтом 24, з гайкою 25.

Після встановлення нижнього горизонтального валка згори між стойками 2,3 станини 1 вводять зібрану попередню касету 15 і після того, як штоки механізму розпору 17 - гідроциліндри, встановлені у кришках корпусу касети, ввійдуть у гнізда на торцевій поверхні нижньої подушки 6, кріплять касети 15 до плит 7 клиновим пристроєм (рис. 2.13) Після встановлення нижнього горизонтального валка згори між стойками 2,3 станини 1 вводять зібрану попередню касету 15 і після того, як штоки механізму розпору 17 - гідроциліндри, встановлені у кришках корпусу касети, ввійдуть у гнізда на торцевій поверхні нижньої подушки 6, кріплять касети 15 до плит 7 клиновим пристроєм (рис. 2.13)

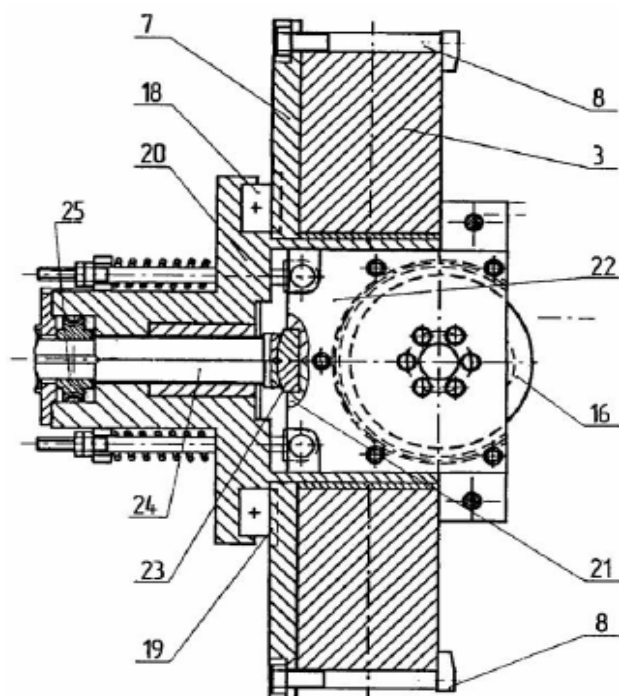


Рисунок 2.12 – Вузол кріплення касети [8]

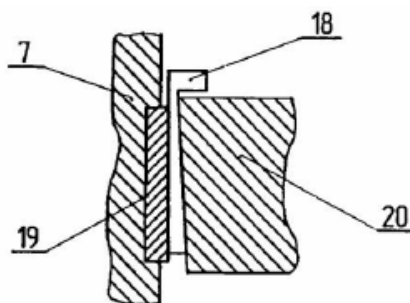


Рисунок 2.13 – Клиновий пристрій [8]

Верхні та нижні бруси 9,10 (рис.2.14) закріплено до частин, що виступають, плит так, що лінії, які проходять між осями верхніх і нижніх брусів 9,10 віддалені від зовнішніх торцевих поверхонь стоек 2,3 станин на величину "m", що дорівнює 1,3-1,7 радіуса ролика 26 (рис. 2.14, 2.15) проводкової роликівної арматури 11 кліті.

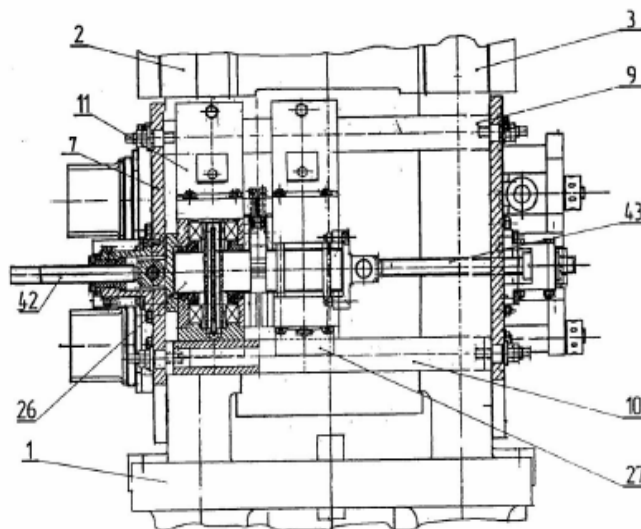


Рисунок 2.14 – Проводкова система [8]

Верхні бруси 9 у поперечному перетині являють собою трапецію, меншою основою повернуту вниз, а нижні бруси 10 являють собою трубу.

Торцева частина нижньої подушки 27 (рис. 2.14, 2.15) ролика арматури має циліндричні пази і опирається ними на поверхню нижнього бруса 10.

Верхні подушки 28 (рис. 12) закріплено до брусів 9 клиновими пристроями 29,30, при цьому клиновий пристрій 29 є механізмом притискання верхньої подушки 28 до бруса 9, а клиновий пристрій 30 - механізмом притискання подушок 27,28 з арматурою до бруса 10.

Фланцеву кришку 14 нижньої подушки 6 горизонтального валка 4 закріплено болтами 32 до плити 7 через втулки 33 зі сферичними торцевими поверхнями, що входять у пази вушок фланцевої кришки 14.

На брусах 9,10 встановлено ввідну і вивідну роликівну арматуру 11 (рис 2.14, 2.15). На плитах 7 із внутрішніх сторін вікна станини з непривідної сторони кліті на рівнях середнього положення осей горизонтальних валків 4 виконано нахильні пази 12. Потім заводять верхній горизонтальний валок до

упору гнізд у верхній подушці зі штоками гідроциліндрів 17 касети 15. Встановлюють верхній валок у потрібне положення аналогічно встановленню нижнього валка. Здійснюють осьове регулювання верхнього валка, попередньо увімкнувши гідроциліндри 17 розпору подушок горизонтальних валків. Вертикальні валки у касетах при цьому займають положення, що відповідає рівню прокатки. Фіксування цього положення здійснюють повним заклинюванням пристроєм 18.

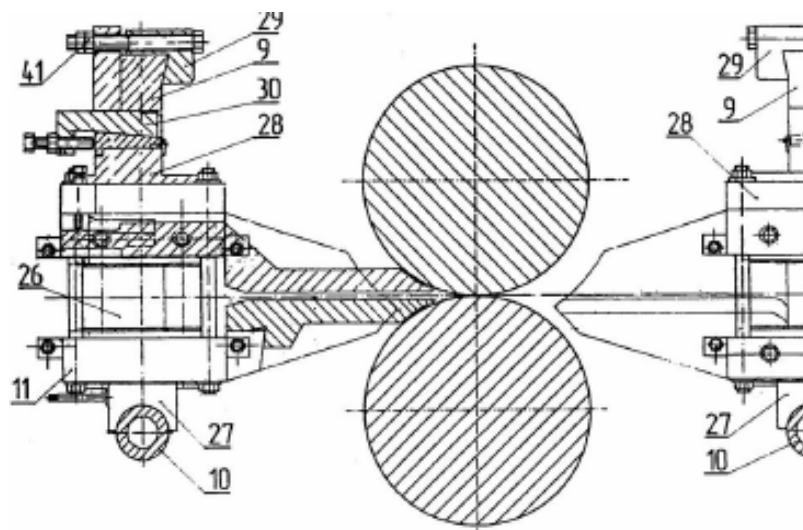


Рисунок 2.15 – Проводкова система розріз [8]

Попередньо зібрані ліві і праві вузли роликів арматури 11 встановлюють по чергові на нижній брус 10. Кріплять верхні частини подушок 28 клиновим пристроєм 29 за допомогою гвинтів 41. Пропускають через отвори у плитах 7 гвинти 42 і 43 і з'єднують їх з механізмами індивідуального переміщення вузлів роликів арматури 11 кліті. Встановлюють ввідну і вивідну роликів проводки по осі прокатки в заданому калібрі валків і затягують гайку гвинта 41 і притискають подушки роликів арматури до нижнього бруса 10 клиновим пристроєм 30. Прокатна кліть працює таким чином. Підкат чистової кліті для виробництва, наприклад, двотаврової балки з паралельними полицями, задають у прокатні валки 4 через ввідну роликів проводку 11. Між горизонтальними валками відбувається деформація, при якій осі горизонтальних валків прогинаються від діючого зусилля прокатки. Система гідроциліндрів 17, що проти-діють згинів валків (розпору подушок 5,6 горизонтальних валків 4) забезпечує

стабілізацію розхилу між горизонтальними валками. Зміна положення осей валків у місцях, де знаходяться підшипникові вузли подушок 5,6 горизонтальних валків, не призводить до заклинювання підшипників, оскільки забезпечується поворот подушок механізмами їх фіксації до плит 7 і розпір гідроциліндрами 17.

Розроблена прокатна кліть має високу жорсткість, забезпечується можливість здійснення прокатки як з вертикальними валками, так і без них, зберігаючи при цьому осьову жорсткість і згладжування процесу осьового прогинання валків. Подовжується термін служби горизонтальних валків і підшипникових вузлів.

Розроблена прокатна кліть може бути використана на металургійних заводах України для виготовлення прокату, наприклад, у рельсо-балкових і великогабаритних станах.

Відома попередньо напружена прокатна кліть [9], що містить станину, жорстко з'єднані стяжками вузол валків з подушками; додаткові подушки, встановлені на цих валків між основними подушками і торцями їх бочок, розпірні пристрої між додатковими подушками, гідроциліндру в поперечках станин, в якій з метою підвищення жорсткості валкового вузла при збільшенні електричного навантаження на кліті, кліть забезпечена рамами, в якій встановлені на стяжках станин з можливістю вертикального переміщення і охоплюють додаткові подушки верхнього і нижнього валків.

Описувана кліть (рис. 2.16) містить вузли верхнього і нижнього валків 1 з подушками 2, які встановлені в станинах 3, жорстко з'єднаних стяжками А, додаткової подушки 5,6, встановлені на шиях валків між основними подушками 2 і торцями бочок валків. Станини 3 кліті монтовані на плиті 7. На стежках 4 станин 3 встановлені рама 8, які мають деякий вільний вертикальне переміщення щодо станини 3 на величину, достатню для само установки подушок 2 і 5. Основні подушки 2 входять в отвори станини 3, а додаткові подушки 5 і 6 - в отвори рам 8. Між нижніми поперечками станини 3 і основними подушками 2, і між нижніми поперечиною рам 8 і додатковими подушками 6 встановлені гід-



роциліндри 9 і 10, а між додатковими подушками 5 і 6 верхнього і нижнього валків 1 встановлені жорсткі розпірні пристрій, виконані наприклад, у вигляді настановних гвинтів 1 (по два на кожній стороні кліті), пропущених через верхні додаткові подушки 5 з можливістю обертання в нерухомих гайках, встановлених в нижній частині подушок 5, Кліть працює наступним чином. Обертанням настановних гвинтів 11 встановлюють необхідний розчин валків, після чого підвищують робоче тиск в гідроциліндрах 9 і 10 до величини и забезпечує стиснення подушок 2, 5 і 6 із зусиллям, перевершуючи максимальний тиск металу, що прокочується на валки, при цьому зусилля, що створюється робочим тиском в гідроциліндрах 9 і 10, не має перевищувати допустиме навантаження на кліть.

У описуваної кліті, в залежності про від необхідної точності прокату, прокатку можна вести при постійному робочому тиску на плунжери гідроциліндрів 9 і 10 і при регульованому робочому тиску на плунжери гідроциліндра і залежно від величини тиску металу на валки. При прокатці з постійним робочим тиску на плунжери гідроциліндрів 9 і 10 кліть працює наступним чином. Якщо величина тиску металу на валки має мінімальне значення, то основна її частина сприймається подушками 2, а на підшипники 12 і 13 передається незначна її частина (10-25Z); розпірні пристрої затиснуті між подушками 5 і 6 гідроциліндрам 10 з силою рівною 25-40% зусилля прокатки. З підвищенням тиску металу на валки від мінімуму до максимуму, через збільшення деформації деталей кліті подушки 5 і 6 відходять від розпірних пристроїв і розвантажують останні. У міру зниження навантаження на розпірні пристрої навантаження на підшипники 12 і 13 зростає. Зі збільшенням навантаження на підшипники 12 і 13 при постійному навантаженні на подушки 2 однаково діючих  $P$  верхніх подушок 2 і 5 і нижніх подушок 2 і 6 зміщуються до бочки валка, зменшав розрахункову довжину валка "а". Якщо тиск металу на валки зменшується, зменшується деформація кліті збільшується навантаження на розпірні пристрої, останні розвантажують підшипники 12 і 13 від гідроциліндрів 10, при цьому зміщуються однаково діючих  $P$  верхніх подушок 2 і 5, нижніх подушок 2 і 6 від бочки ва-

лка, збільшуючи розрахункову довжину валків "а". Зі зміною розрахункової довжини у валків стабілізуються прогини валків і профіль прокату.

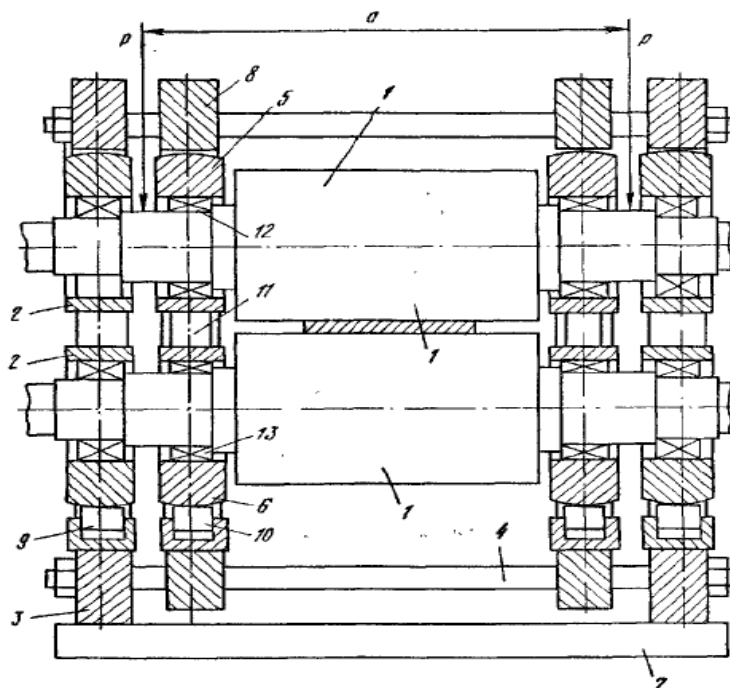


Рисунок 2.16 – Попередньо напружена прокатна кліть (загальний вид)

Навантаження, що допускається на кліті і жорсткість вузла палиці в запропонованій кліті збільшені за рахунок використання додаткових подушок 5 і 6 як опор для сприйняття тиску металу на валки і зміни розрахункової довжини палиця, при цьому зусилля попереднього напруження кліті, що діє на опорні підшипники основних і додаткових подушок, значно знизилася.

Відома [10] попередньо напружена прокатна кліть конструкція якої дозволяє скоротити її поздовжні габарити і розширити технологічні можливості, здійснюючи калібрування як смуг, листів, так сортового прокату і труб.

Це досягається тим, що в попередньо напруженій прокатній кліті, що містить станину з вертикальними стойками і верхніми натискними гвинтами з гайками, верхній і нижній робочі валки з подушками і гідроциліндри попереднього напруження, шарнірно закріплені на вертикальних стойках станини, частини подушок, що виступають за межі вертикальних стоек станини, виконані Т-подібної форми з виступами, які охоплюють вертикальні стойки станини із зовнішнього боку і контактують з гідроциліндрами попереднього напруження, а

станина виконана відкритого типу з кришкою і забезпечена нижніми натискними гвинтами з гайками, при цьому натискні гвинти встановлені в контакт з подушками робочих валків.

Таке конструктивне виконання попередньо напруженої прокатної кліті дозволить скоротити її поздовжній габарит за рахунок того, що виступи Т-подібної форми подушок охоплюють вертикальні стойки станини з зовнішньої сторони і тому ці стойки можливо максимально зблизити до центру подушок і, тим самим, значно скоротити поздовжній габарит робочої кліті, так як в цьому випадку розмір робочих валків ніяк не впливає на поздовжній габарит робочої кліті. Крім того, це дозволить зменшити поздовжній габарит лінії калібрувального стана в цілому на величину, кратну кількості робочих клітей в цій лінії, і відповідно зменшити виробничі площі під калібрувальний стан.

Попередньо напружена прокатна кліть містить (рис. 2.17) станину 1 відкритого типу з вертикальними стойками 2 і кришкою 3. Між вертикальними стойками 2 станини 1 розміщені верхній 4 і нижній 5 робочі валки з подушками 6, 7. Частини подушок, що виступають за межі вертикальних стоек станини, виконані Т-подібної форми з виступами 8, які охоплюють вертикальні стойки станини із зовнішнього боку. На вертикальних стойках 2 станини 1 шарнірно закріплені чотири гідроциліндри 9 попереднього напруження, що контактують з виступами 8. На станині 1 закріплені чотири (два верхніх і два нижніх) натискних гвинта 10 з гайками 11. Подушка кожного робочого валка спирається на два натискних гвинта 10 з гайками 11.

Характерними є такі режими роботи.

Перед прокаткою робочі валки 4, 5 з необхідною точністю виставляються щодо теоретичної осі прокатки шляхом їх переміщення за допомогою натискних гвинтів 10 і натискних гайок 11, після чого гідроциліндри 9 переводять в режим попереднього напруження, останні, впливаючи на виступи 8 Т-подібних частин подушок 6 і 7, послідовно попередньо напружують натискні гвинти 10, гайки 11, станину 1 зі стойками 2 і кришкою 3. При прокатці валки 4, 5 обертаються, виробляючи калібрування передбачених виробів. При заміні валків ски-

дається тиск в гідроциліндрах 9 і їх переводять в положення перевалки "а" із зони розташування виступів 8 Т-образних частин подушок 6 і 7. Потім знімають кришку 3 разом з верхніми натискними гвинтами 10 і гайками 11 і, після чого, за допомогою вантажопідйомного пристрою виймають валки 4, 5 з подушками 6, 7 рухом вгору. На їх місце встановлюється новий комплект робочих валків і всі операції повторюються в зворотній послідовності.

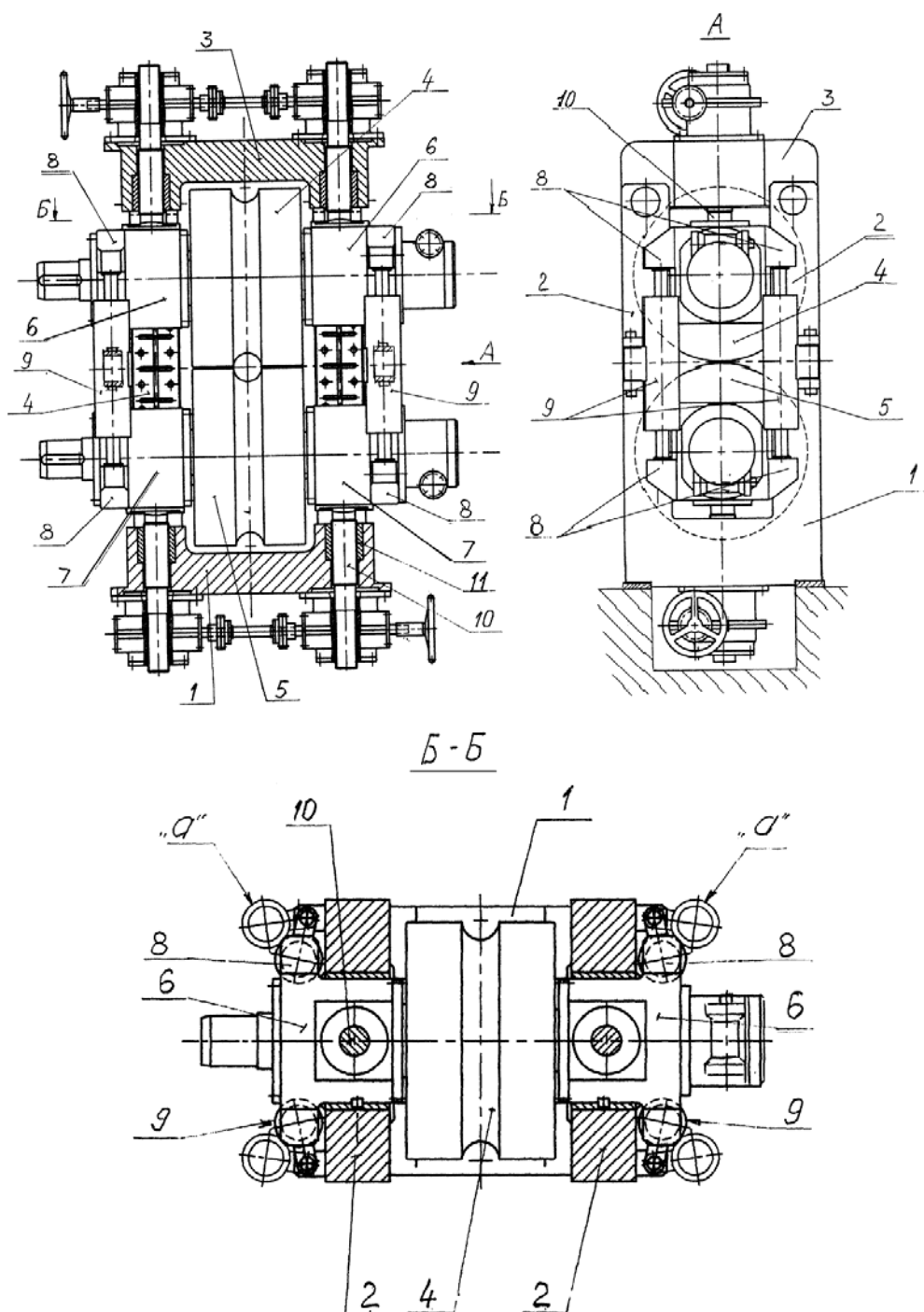


Рисунок 2.17 – Попередньо напружена прокатна кліть [10]

Відома [11] попередньо напружена прокатна кліть, що містить підставу, нижній і верхній робочі валки, подушки нижнього робочого валка з радіальними і наполегливими підшипниками, встановлені нерухомо на підставу, подушки верхнього робочого валка з радіальними і упорними підшипниками, встановлені нерухомо на подушки нижнього робочого валка, верхню траверсу, встановлену нерухомо на подушки верхнього валка, стяжні болти з гайками та заставними шпонками, що з'єднують верхню траверсу з підставою, механізм радіального переміщення верхнього валка, розміщений в подушках верхнього валка, і механізм осевого переміщення нижнього валка, розміщений в подушках нижнього валка. В якій з метою підвищення здатності навантаження прокатної кліті і підвищення довговічності підшипників прокатних валків, вісь радіального підшипника в кожній подушці, котра спрямована від цапфи робочого валка до бочки, повернута відносно осі сполученого валка у напрямку вектору зусилля прокатки на кут:

$$\varphi = \frac{P_{пр.н.}}{\pi} \left[ \frac{8AL - 4L^2}{ED^4} + \frac{4A^2 + 4L^2 - 9,33l^2 + 8(AL + Ll - Al)}{Ed^4} + \frac{2}{GD^2} + \frac{2}{Gd^2} \right] \quad (2)$$

де  $P_{пр.н.}$  – номінальне зусилля прокатування;

$E$  і  $G$  – модулі пружності при розтягуванні та згині;

$D$  і  $d$  – діаметри бочки і цапфи робочого валка;

$A$  – відстань між опорами прокатного валка;

$L$  – довжина бочки прокатного валка;

$l$  – довжина підшипника.

Діаметральний зазор в радіальних підшипниках робочих валків за умови відсутності «паразитного» навантаження в підшипнику на холостому ходу і відсутності радіальних люфтів в сполученні цапфи з підшипником становить:

$$\delta = l \sin(\varphi). \quad (3)$$

Конструкція попередньо напруженої кліті (рис. 2.18) містить підставу 1, нижній робочий валок 2, верхній валок 3. Подушки 4, 5 нижнього робочого валка з радіальними і наполегливими підшипниками 6, 7 встановлені на підставі 1 за допомогою фіксаторів 8 нерухомо. Подушки 9, 10 верхнього робочого валка з радіальними і упорними підшипниками 6, 7 встановлені на подушки нижнього робочого валка за допомогою фіксаторів 11 нерухомо.

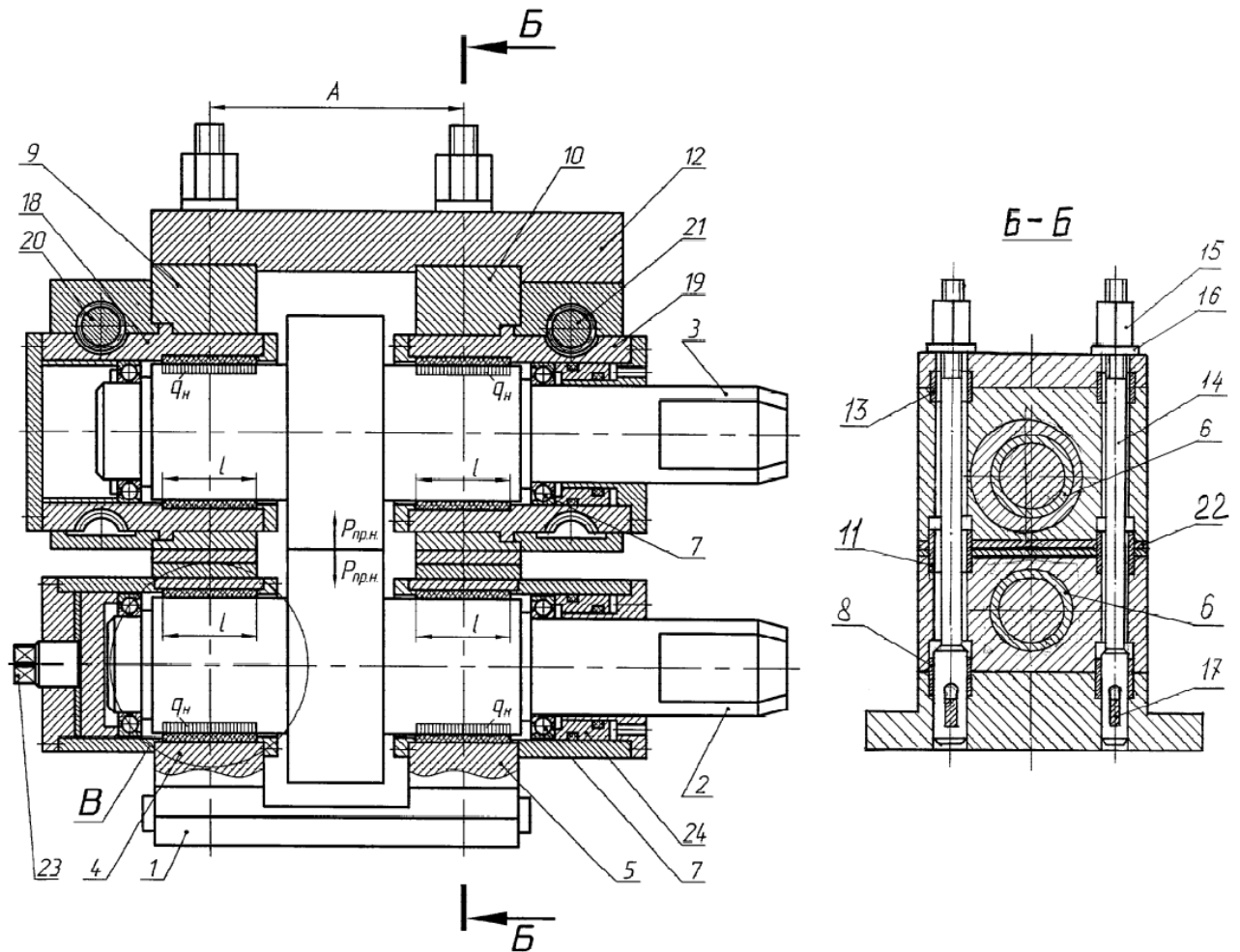


Рисунок 2.18 – Попередньо напружена прокатна кліть [11]

Верхня траверса 12 встановлена на подушки верхнього робочого валка за допомогою фіксаторів 13 нерухомо. Стяжні болти 14 з гайками 15, шайбами 16 і закладними шпонками 17 з'єднують верхню траверсу 12 з підставою 1.

Механізм радіального переміщення верхнього валка, що включає ексцентрикові втулки 18, 19 і черв'ячні передачі 20, 21, розміщений в подушках 9, 10 верхнього валка. При цьому для грубого регулювання, положення верхнього

валка передбачений пакет прокладок 22, встановлений між подушками нижнього валка і подушками верхнього валка.

Механізм осьового переміщення нижнього валка, що включає гвинт 23 і гідроциліндр 24, розміщений в подушках 4, 5 нижнього робочого валка.

Складання кліті виробляється в наступній послідовності: підстава 1 встановлюють стаціонарно в лінії робочої кліті або на проміжному ложементі. Чотири фіксатори 8 встановлюють в гнізда підстави 1.

Нижній валок 2 з подушками 4, 5 і механізмом осьового переміщення нижнього валка 23, 24 збирають на спеціалізованому стенді і встановлюють на підставу 1, поєднуючи при цьому фіксатори 8 з гніздами в подушках 4, 5. Чотири фіксатори 11 встановлюють в гнізда в подушках 4, 5. На подушки 4, 5 встановлюють пакет прокладок 22, при цьому товщину пакета визначають залежно від величини діаметра бочки робочих валків.

Верхній валок з подушками 9, 10 і механізмом радіального переміщення верхнього валка, що включає ексцентриккові втулки 18, 19 і черв'ячні передачі 20, 21, збирають на спеціалізованому стенді і встановлюють на подушки нижнього робочого валка, поєднуючи гнізда на подушках верхнього валка з фіксаторами 11. Чотири фіксатора 13 встановлюють в гнізда в подушках 9, 10 верхнього валка.

Верхню траверсу 12 разом зі стяжними болтами 14, гайками 15 і шайбами 16 встановлюють на подушки 9, 10 верхнього валка, поєднуючи при цьому фіксатори 13 з гніздами в траверсі 12. Ставлять чотири заставні шпонки 13 і затягують гайки 15 до досягнення зусилля стиснення подушок верхнього робочого валка з подушками нижнього робочого валка, що перевищує зусилля прокатки. Розбирання кліті здійснюється в зворотному порядку.

Схема положення підшипників в опорах попередньо напруженої прокатної кліті в різних ситуаціях навантаження представлена на рис. 2.19.

При роботі кліті без навантаження (рис. 2.19,а) вісь 25 підшипника 6, спрямована від цапфи валка до бочки, повернута відносно осі 26 робочого валка 2 у напрямку вектору зусилля прокатування  $P_{пр.н.}$ , на кут, який визначають за

формулою (2) в залежності від геометричних параметрів робочого валка і номінального зусилля прокатки для даної прокатної кліті. При цьому між поверхнями тертя 27, 28 підшипника і цапфи робочого валка має місце перекус, що дорівнює куту  $\varphi$ .

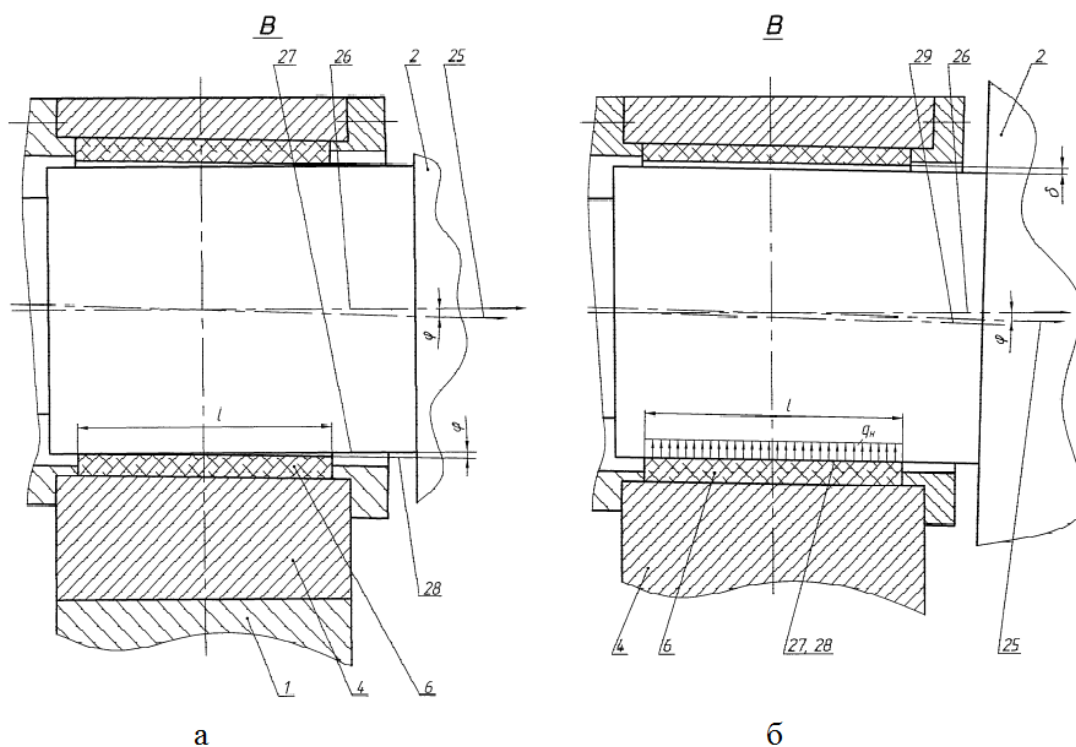


Рисунок 2.19 – Схема положення підшипників в опорах попередньо напруженої прокатної кліті [11] в ситуаціях, коли номінальне зусилля прокатування  $P_{пр.н.}$  відсутнє (а) та прикладається (б)

Після додавання до бочки валка номінального зусилля прокатування  $P_{пр.н.}$  (рис. 2.19,б) на цапфу робочого валка 2 діє рівномірно розподілене навантаження  $q_n$ , під дією якого пружна лінія 29 робочого валка 2, лінеаризоване в місці контакту підшипника з цапфою, буде паралельне осі 25 підшипника 6. При цьому цапфа робочого валка повернеться на згаданий вище кут  $\varphi$ , а поверхні тертя 27, 28 відповідно цапфи і підшипника будуть контактувати без перекосу, забезпечуючи максимальну навантажувальну здатність прокатної кліті.



## 2.2 Розробка заходів проекту

Практика прокатного виробництва вказує на те що, коливання відхилень поперечних розмірів профілю прокату по його довжині викликаються безліччю факторів, що мають одночасний вплив.

Проте, виходячи з проведеного аналітичного огляду, можна стверджувати, головним є сумарна пружна деформація всіх навантажених деталей кліті. Тож напевне зменшивши цей параметр можна досягти досить значного ефекту.

Для цього в існуючій конструкції кліті 580 можна передбачити наступні удосконалення її конструкції:

- запресовувати клини за допомогою гідравліки, а не вручну, що забезпечить велику міцність і точність клинового з'єднання;
- замінити гвинтову пару верхнього натискного механізму гідроциліндром, що підвищить точність налаштування верхнього валка кліті і забезпечить попереднє напруження;
- встановити гідроциліндри осьової фіксації подушок з валками, що збільшить точність налаштування валків в осьовому напрямку.

Ці, і деякі інші, зміни існуючої конструкції чистової кліті 580 сортового стану 600 дозволять дещо поліпшити якість прокату, скороти брак і зменшити ймовірність відмовлення устаткування лінії. Проте, враховуючи термін експлуатації стану з моменту його розробки та введення в експлуатацію (1966 рік), суттєве підвищення якості отримуваних профілів можливе лише за умови створенні нового обладнання. Саме тому, в рамках даної роботи, пропонується проект установки попередньо напруженої кліті 730 ПН, замість існуючої кліті 580.

## 2.3 Технічний опис кліті 730 ПН

### 2.3.1 Призначення та пристрій кліті

Кліть 730 ПН призначена для деформації металу між обертовими валками.

Основні складові кліті 730 ПН наведено в таблиці 2.1.

Кліть 730 ПН (рис. 2.20 – 2.22) містить станину в зборі 1, верхній 2 і нижній 3 робочі валки в зборі з підшипниковими вузлами, механізми встановлення верхнього валка по висоті 4 і траверсу 5 у зборі.

Таблиця 2.1 – Основні складові частини кліті 730 ПН

Найменування	Маса, т	Габарити: довжина×ширина×висота, мм
Кліть 730 ПН у зборі з повідковою арматурою і трубопроводами	74	3519×3140×5480
У тому числі:		
Станина складена	29	3050×2760×3680
Валок верхній з подушками	13,9	3520×1100×785
Валок нижній з подушками	13	3520×1100×785
Траверса складена	10,7	2540×1700×2740

Під підшипниковими вузлами нижнього робочого валка на нижні поперечки станини встановлені роликові опори 6. Між поперечками станини і роликових опор устанавлюються регульовальні прокладки 7. Під одну опору одночасно дозволяється встановлювати не більш двох прокладок.

Ще одна пара роликових опор 8 устанавлюється між підшипниковими вузлами верхнього робочого валка і поршнями гідроциліндрів попереднього напруження 9.

На станині кліті змонтовані трубопроводи гідравліки, змазування й охолодження 10. Трубопровід гідравліки приєднується до мережі з'єднанням з накидною гайкою. Трубопроводи змащування приєднуються автоматично через спеціальні клапани, трубопровід охолодження приєднується до мережі за допомогою швидко роз'ємного з'єднання.

У складі трубопроводу гідравліки на кліті встановлений манометр для візуального контролю тиску в гідроциліндрах попереднього напруження.



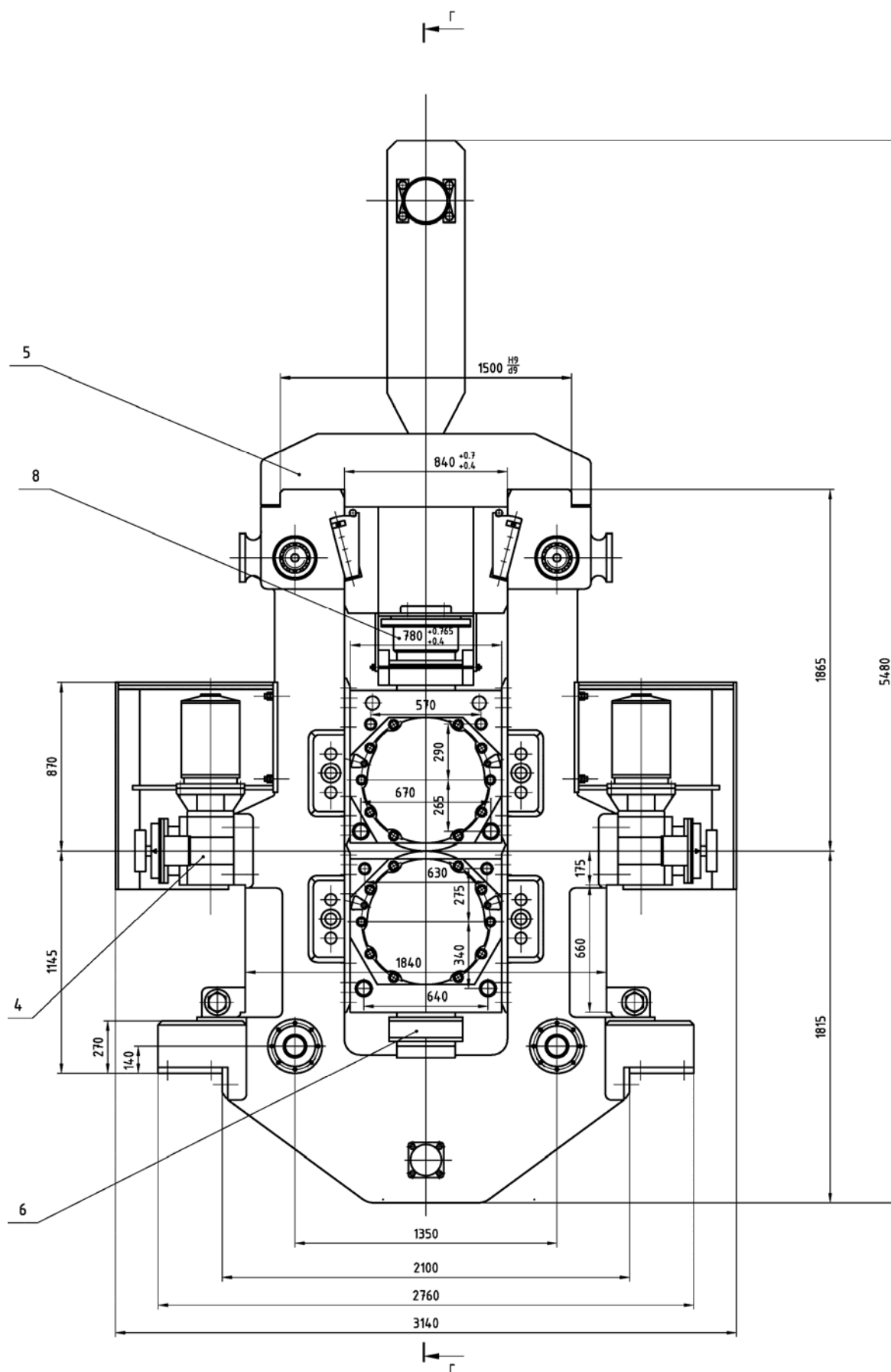


Рисунок 2.21 – Кліть 730 ПН. Загальний вид (вид збоку)

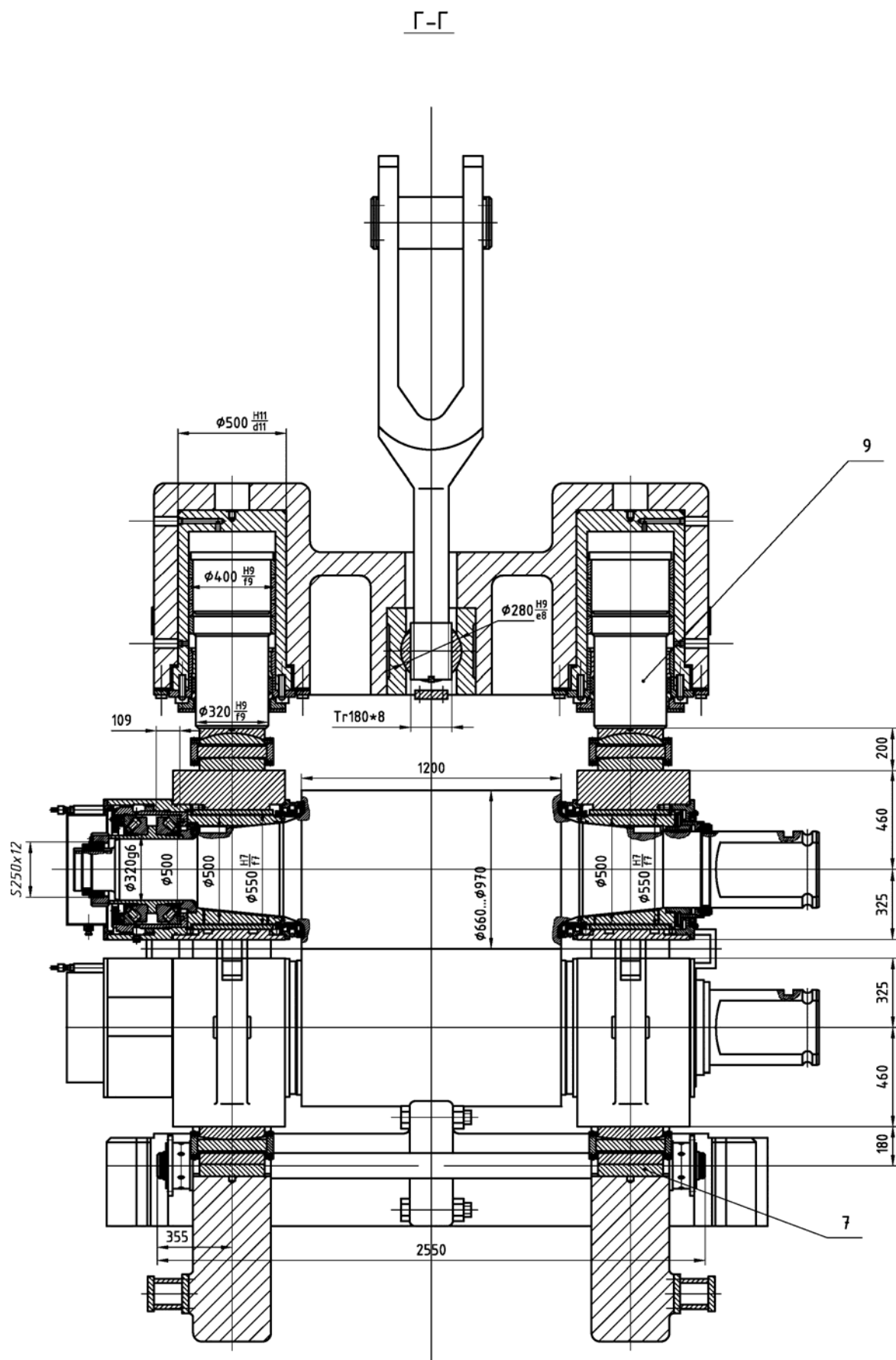


Рисунок 2.22 – Кліть 730 ПН. Розріз Г-Г (див. рис. 2.21)

Кліть, зібрана на стенді, із установленими повідковими брусами, проводками, а також із установленими на валки вилками шпindelного з'єднання, встановлюється на плитовини і фіксується в робочому положенні пружинно-гідравлічними затисками.

### 2.3.2 Технічна характеристика

Зусилля попередньої напруги кліті від гідроциліндрів, МН 8,0

Гідроциліндр попереднього напруження:

діаметр поршня, мм	400
діаметр штока, мм	320
найбільший хід поршня, мм	170
кількість, шт.	2
тиск масла, МПа	32
діаметр отворів підведення	R/c ½
Зусилля осьового фіксування валків, МН	0,6

Гідроциліндр осьової фіксації валків:

Електродвигун привода клинового механізму регулювання верхнього валка

тип	Д 12У2
потужність, кВт	2,5
частота обертання, $\text{хв}^{-1}$	1180
напруга мережі, В	220; струм постійний
виконання -	фланцеве, вертикальне
кількість, шт	4
Датчик автоматизації	
тип	ПДФ - 3
кількість, шт	4

Змащення - див. рисунок 3.5, 3.6 і таблицю змащування 3.1. Основні складові кліті 730 ПН наведено в таблиці 2.1.

## 2.4 Розрахунок кліті та її деталей

### 2.4.1 Розрахунок робочого валка на міцність

Вихідні дані для розрахунку:

- максимальне зусилля на валки при прокатці  $P=4.0$ кН;
- максимальний обертаючий момент на приводному кінці валка  $M_{кр} = 180$  кНм;
- діаметр бочки валка після переточування  $D_{min} = 660$  мм;
- матеріал валка – високоміцний чавун.

Лопать на приводному кінці валка представимо у виді прямокутника  $b, h$  і двох сегментів  $F_c$  [1,2]:

$$F = bh + \frac{R}{2} \cdot (2a - \sin a) = 245 \cdot 250 + \frac{175^2}{2} \cdot \left[ 2 \arcsin \frac{245}{350} - \sin \left( 2 \arcsin \frac{245}{350} \right) \right] = \quad (4)$$

$$= 61250 + 15312,5(2 \cdot 0,775 - 0,999) = 61250 + 8425 = 69675 \text{ мм}$$

$$y_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 \cdot \sin^3}{F_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{b^3}{F_c} = \frac{b^3}{12 \cdot F_c} = \frac{285^3}{12 \cdot 8425} = 145,5 \text{ мм} \quad (5)$$

де  $b, h$  – сторони прямокутника перетину лопаті ;

$R$  – радіус кривизни лопати ( за розрахунковою схемою).

Заміняємо перетин 1-1 прямокутником з висотою :

$$H = 2 \cdot y_c = 2 \cdot 145,5 = 295 \text{ мм} \quad (6)$$

Визначаємо момент опору перетину крутінню:

$$W_k = \beta \cdot b^3 = 0,35 \cdot 245^3 = 5,15 \cdot 10^6 \text{ мм}^3 \quad (7)$$

де  $\beta=0,35$  коефіцієнт що залежить від співвідношення сторін при  $H/b=291/245=1,19$ .

Визначимо напругу крутіння в перетині 1-1:

$$\tau_{\max} = \frac{2}{3} \cdot \frac{M_{кр} \cdot R}{W_{кр}} = \frac{180 \cdot 10^6 \cdot 1,2}{5,15 \cdot 10^6} = 41,94 \text{ МПа}, \quad (8)$$

де  $R=1,2$ -коефіцієнт концентрації в місці сполучення площини (ліски) лопати з валом.

Визначимо коефіцієнт запасу міцності щодо межі міцності при крутінні

$$n_t = \frac{\tau_n}{\tau_{\max}} \cdot \xi_t = \frac{700}{41,94} \cdot 0,8 = 13,3, \quad (9)$$

де  $\tau_n = 700$  МПа – межа міцності матеріалу валка (високоміцний чавун) при крутінні;

$\xi_t = 0,8$  – масштабний фактор що враховує абсолютні розміри деталі при крутінні.

Далі визначимо напруги в перетині 2-2 шийки приводного валка

Визначимо реакції опор при додатку зусилля прокатки в калібрі 1:

$$Wk = \beta \cdot b^3 = 0,35 \cdot 245^3 = 5,15 \cdot 10^6 \text{ мм}^3, \quad (10)$$

$$R_B^1 = P \frac{x_1}{L} = 4,0 \frac{681}{1840} = 1,480 \text{ МПа}, \quad (11)$$

$$R_B^2 = P \frac{L - x_2}{L} = 4,0 \frac{1840 - 1009}{1840} = 1,806 \text{ МН}. \quad (12)$$

Визначимо реакції опор при додатку зусилля прокатки в калібрі 2:

$$R_B^2 = P \frac{x_2}{L} = 4,0 \frac{1009}{1840} = 1,480 \text{ МПа}, \quad (13)$$

$$R_B^2 = P \frac{L - x_2}{L} = 4,0 \frac{1840 - 1009}{1840} = 1,806 \text{ МН}. \quad (14)$$



Визначимо напругу вигину в перетині 2-2 шийки валка :

$$\sigma = \frac{M_{уз ш}}{W_{уз ш}} \cdot K_{\sigma} = \frac{R_A^{\max} \cdot x_{ш}}{0,1 \cdot d_{ш}^3} K_{\sigma} = \frac{2,19 \cdot 320}{0,1 \cdot 490^3} \cdot 1,4 = 83,39 \text{ МПа} \quad (15)$$

де  $R_A^{\max} \cdot x_{ш}$  – максимальна реакція опори А;

$x_{ш} = 320$  мм плече додатка сили ;

$d_{ш} = 490$  мм діаметр шийки валка в перетині 2-2

$K_{\sigma} = 1,4$  коефіцієнт концентрації нормальних напружень від галтелі

Визначимо напругу крутіння в перетині 2-2 шийки валка:

$$\sigma = \frac{M_{кр ш}}{W_{кр ш}} \cdot K_{\sigma} = \frac{M_{кр ш}}{0,1 \cdot d_{ш}^3} \cdot K_{\tau} = \frac{180 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 490^3} \cdot 1,4 = 21,4 \text{ МПа} , \quad (16)$$

де 1,4 коефіцієнт концентрації дотичних напружень від галтелі

Визначимо результуюче напруження для чавунного валка на підставі теорії Мору

$$\begin{aligned} \sigma_{рез} &= 0,375 \cdot \sigma + 0,625 \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \\ &= 0,375 \cdot 83,39 + 0,625 \cdot \sqrt{83,39^2 + 4 \cdot 11^2} = 85,1 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (17)$$

Це значення небагато перевищує напругу, що допускається  $[\sigma] = 70 \dots 80$  МПа , але знаходиться в межах припустимого перевищення , таким чином , умова міцності на межі , але виконується

Визначимо згинальні моменти , що діють при прокатці в різних калібрах :

$$M_{ш}^1 = R_B^1 + x_1 = 2,52 + 681 = 1706 \text{ кН} \cdot \text{м} , \quad (18)$$

$$M_{ш}^2 = R_B^2 + x_2 = 1,806 + 1006 = 1822,2 \text{ кН} \cdot \text{м} . \quad (19)$$

Визначимо напругу вигину бочці валка в перетині з максимальним згинальним моментом :

$$\sigma = \frac{M_{из\ max}}{W_{\sigma}} = \frac{M_{из\ max}}{0,1 \cdot d_{ш}^3} = \frac{1822,2 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 660^3} = 63,38 \text{ МПа} , \quad (20)$$

де  $\sigma_s = 63,38 \text{ МПа} < [\sigma] = 70 \dots 80 \text{ МПа}$  – умова міцності виконання.

Визначимо напругу вигину в бочці валка в перетині 3-3:

$$M_{из}^{3-3} = M_{из}^2 \cdot \frac{x_{3-3}}{x_2} = 1822,2 \cdot \frac{886,75}{1009} = 1601 \text{ кН} \cdot \text{м} . \quad (21)$$

#### 2.4.2 Визначення прогину валка

Визначимо прогин валка при прокатуванні в середньому калібрі і зусиллі на валок 4 МН [1,2].

Прогин валка від дії згинаючого моменту складе :

$$F_1 = \frac{P}{18,8 \cdot E \cdot D} \cdot \left\{ 8 \cdot a^3 - 4 \cdot a \cdot b^2 + b^3 + 64 \cdot c^3 \cdot \left[ \left( \frac{0,74}{0,38} \right)^4 - 1 \right] \right\} , \quad (22)$$

$$F_1 = \frac{4 \cdot 10^6}{18,8 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0,66^4} \times \left\{ 8 \cdot 1,84^3 - 4 \cdot 1,84 \cdot 0,23^2 + 0,23^3 + 64 \cdot 0,32^3 \cdot \left[ \left( \frac{0,74}{0,38} \right)^4 - 1 \right] \right\} = 0,192 \text{ мм} \quad (23)$$

де  $D=740\text{мм}$  – діаметр бочки валка;

$d=380\text{мм}$  – діаметр шийки валка;

$E=1,5 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  – модуль пружності матеріалу валка;

$a=1840 \text{ мм}$  – відстань між точками дії реакцій обох підшипників;

$u=230 \text{ мм}$  – ширина заготівлі;

$c=370$  мм – відстань від точки дії рівнодіючої реакції підшипника до краю бочки.

Прогин валка від дії поперечних сил складе :

$$F_2 = \frac{P}{G \cdot \pi \cdot D} \cdot \left\{ a - \frac{b}{2} + 2 \cdot c \cdot \left[ \left( \frac{D}{d} \right)^4 - 1 \right] \right\}, \quad (24)$$

$$F_2 = \frac{4 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 0,74^2} \cdot \left\{ a - \frac{0,23}{2} + 2 \cdot 0,6 \cdot \left[ \left( \frac{0,74}{0,38} \right)^4 - 1 \right] \right\} = 0,08 \text{ мм}, \quad (25)$$

де  $G = 4,5 \cdot 10^5$  МПа

Сумарний прогин валків складе :

$$f_B = 2 \cdot (f_1 + f_2) = 2 \cdot (0,192 + 0,08) = 0,544 \text{ мм}. \quad (26)$$

Для сортового стану припустимо  $[f]=0.5 \dots 1.0$ мм

### 2.4.3 Розрахунок станини на міцність і визначення її жорсткості

Через складність конструкції станини прокатних станів не піддаються точному розрахунку [1,2]. Однак виконання розрахунків, хоча до деякої міри і наближених, необхідно для того, щоб бути упевненим, що прийняті при конструюванні розміри станини забезпечують її необхідну міцність і жорсткість, виконаємо розрахунок.

Побудуємо нейтральну лінію станини, що проходить через центр ваги основних розрахункових перетину.

Площа перетину

$$F = F_1 - F_2 - F_3 = BH, \quad (27)$$

$$b_1 h_1 - b_2 h_2 = 0,72 \cdot 0,97 - 0,15 \cdot 0,2 - 0,5 \cdot 0,77 = 0,2834 \text{ м}^2. \quad (28)$$

Статичний момент перетину щодо осі х-х:

$$S = F_1 \cdot \frac{H}{2} - F_2 \cdot \frac{h_1}{2} - F_3 \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) =$$

$$= 0,6984 \cdot 0,485 - 0,03 \cdot 0,1 - 0,385(0,2 + 0,385) = 0,11 \text{ м}^3. \quad (29)$$

Ордината центру ваги :

$$y_c = \frac{S}{F} = \frac{0,1105}{0,2834} = 0,39 = 0,390 \text{ мм}. \quad (30)$$

Момент інерції перетину щодо осі  $x_1-x_1$  , що проходить через центр ваги:

$$J = J_1 - J_2 - J_3 = 0,06106 - 0,002623 - 0,03404 = 0,0244 \text{ м}^4, \quad (31)$$

$$J_1 = \frac{B \cdot H^3}{12} + a^2 \cdot F = B \cdot H \cdot \left[ \frac{H}{12} + \left( y_c - \frac{H}{2} \right) \right] =$$

$$= 0,72 \cdot 0,97 \left[ \frac{0,97^2}{12} + (0,39 - 0,485)^2 \right] = 0,06106 \text{ м}^4, \quad (32)$$

$$J_2 = b_1 \cdot h_1 \cdot \left[ \frac{h_1^2}{12} + \left( y_c - \frac{h_1}{2} \right) \right] = 0,15 \cdot 0,2 \left[ \frac{0,2}{12} + (0,39 - 0,1) \right] = 0,00263 \text{ м}, \quad (33)$$

$$J_3 = b_2 \cdot h_2 \cdot \left[ \frac{h_2^2}{12} + \left( y_c - \frac{h_2}{2} \right) \right] = 0,15 \cdot 0,2 \left[ \frac{0,77^2}{12} + \left( 0,39 - \frac{0,385}{2} \right) \right] = 0,03404 \text{ м}. \quad (34)$$

Мінімальний момент опору перетину :

$$W_A = \frac{J_A}{Y_C} = \frac{0,0244}{0,39} = 0,06256 \text{ м}^3. \quad (35)$$

Перетин В-В стойки станини :

$$F = B \cdot H - b \cdot h = 0,32 \cdot 0,37 - 0,15 \cdot 0,143 = 0,3985 \text{ м}^2, \quad (36)$$

$$J_{2=} = J_B \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,32 \cdot 0,37^3}{12} - \frac{0,143 \cdot 0,15^3}{12} = 0,00131 \text{ м}^4, \quad (37)$$

$$W_6 = \frac{J_6}{x_c} = \frac{0,00131}{0,185} = 0,00708 \text{ м}^3. \quad (38)$$

Перетин Б-Б нижньої поперечки :

$$F = B \cdot H = 0,37 \cdot 0,78 = 0,2886 \text{ м}^2, \quad (39)$$

$$J_1 = J_B = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{0,37 \cdot 0,78^3}{12} = 0,01463 \text{ м}^3, \quad (40)$$

$$W_1 = \frac{B \cdot H^3}{6} = \frac{0,37 \cdot 0,78^3}{6} = 0,03752 \text{ м}^3. \quad (41)$$

Знаючи положення центрів ваги перетинів будуюмо нейтральні лінії поперечок і стоек з еднаємо їх заокругленнями в кутах і в таким чином одержуємо тверду раму. навантажену вертикальними силами  $Y$

Визначаємо статично невизначений момент у кутах рами. Для цього знаходимо:

$$k_1 = \frac{J_B}{J_1} = \frac{0,01463}{0,03752} = 11,17. \quad (42)$$

Для одержання найбільшого значення  $M_0$  беремо  $J_1 = J_B$  для нижньої поперечки , тому що  $J_B < J_A$ :

$$k_2 = \frac{J_2}{J_1} = \frac{2,88}{1,15} = 2,50, \quad (43)$$

$$M_1 = \frac{Y \cdot J_1}{4} = \frac{2,52 \cdot 1,15}{4} = 0,7245 \text{ МНм}, \quad (44)$$

$$M_0 = M_1 \cdot \frac{1}{2 \cdot (1 + k_1 + k_2)} = 0,7245 \cdot \frac{1}{2 \cdot (1 + 2,504 \cdot 11,17)} = 23,4 \text{ МНм} . \quad (45)$$

Згинальний момент у поперечці:

$$M_n = M_1 - M_0 = 0,7245 - 0,0234 = 0,7011 \text{ МНм} . \quad (46)$$

Напруга вигину в середині поперечки:

– верхньої (перетин А-А):

$$\sigma_a = \frac{M_{II}}{W_A} = \frac{0,7011 \cdot 10^9}{0,6256 \cdot 10^9} = 11,2 \text{ МПа} . \quad (47)$$

– нижньої (перетин Б-Б)

$$\sigma_b = \frac{M_{II}}{W_B} = \frac{0,7011 \cdot 10^9}{0,3752 \cdot 10^9} = 18,96 \text{ МПа} . \quad (48)$$

Напруга розтягання в стойці – перетин В-В

$$\sigma_\delta = \frac{M_{uz \max}}{2 \cdot F_2} = \frac{M_0}{W_2} = \frac{2,52 \cdot 10^9}{2 \cdot 0,13985 \cdot 10^9} + \frac{23,4 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,13985 \cdot 10^6} = 12,31 \text{ МПа} . \quad (49)$$

Тому що станина виготовлена зі сталі марки 35Л и після відпалу зливка  $\sigma_s = 500 \text{ МПа}$ , то запас міцності складе :

$$n = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\max}} = \frac{500}{18,69} = 26,75 . \quad (50)$$

З урахуванням наявності концентрації напружень у розточеннях під гідроциліндри приймаючи коефіцієнт концентрацій до 2.8 запас втомлю вальної міцності буде:

$$n_f = \frac{1}{2 \cdot k} \cdot \frac{\sigma_h}{\sigma} = \frac{1}{2 \cdot 2,8} \cdot \frac{500}{11,2} = 7,97. \quad (51)$$

Припустимий мінімальний запас для станин по втомлю вальної міцності  $n_f = 1,5$

Таким чином, відповідно до розрахунків станина має необхідний запас міцності.

Деформація станини у вертикальному напрямку, приймаючи  $E = 2,1 \cdot 10^5$

$$f_1 = \frac{Y \cdot I_2}{2 \cdot E \cdot F_2} = \frac{2,52 \cdot 10^6 \cdot 2880}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,13985 \cdot 10^6} = 0,123 \text{ мм}. \quad (52)$$

Прогин двох поперечок від вигину:

$$f_2 = \frac{Y \cdot I_1}{6} = \left( \frac{2,52 \cdot 10^6 \cdot 1150}{6} - 23,4 \cdot 10^6 \right) \cdot \frac{1150^2}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,0244 \cdot 10^{12}} = 0,06 \text{ мм}. \quad (53)$$

Деформація двох поперечок від дії поперечних сил, при  $G = 0,75 \cdot 10^5$  МПа, складе:

$$f_3 = 1,2 \cdot \frac{Y \cdot I_1}{2 \cdot G \cdot F_1} = \frac{2,52 \cdot 1150 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,2886 \cdot 10^6} = 0,08 \text{ мм}. \quad (54)$$

Сумарна деформація станини у вертикальному напрямку в площині гідроциліндрів попередньої напруги складе:

$$f = f_1 + f_2 + f_3 = 0,123 + 0,06 + 0,08 = 0,264 \text{ мм}. \quad (55)$$

Визначимо сумарну деформацію кліті:

$$f_{кл} = k \cdot (f_s + f_{cm} + f_{npm}) = 1,1 \cdot (0,544 + 0,264 + 0,19) = 1,09 \text{ мм}, \quad (56)$$

де  $k=1,1$  коефіцієнт враховуючих деформацію інших деталей кліті,

Визначимо жорсткість робочої кліті 730 ПН по формулі :

$$C = \frac{P}{f_{кл}} = \frac{4 \cdot 10^6}{1,09} = 3,66 \frac{\text{МН}}{\text{мм}} . \quad (57)$$



## **РОЗДІЛ 3 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ**

### **3.1 Технологічна послідовність розбирання машини**

Розбиранням – називається процес поділу машини на окремі деталі або вузли з метою їх огляду, ревізії і ремонту [12-15].

Розбирання кліті 730 ПН слід провадити на ремонтному майданчику, попередньо демонтувавши її з фундаменту шляхом відкручування фундаментних болтів та наступним транспортування кліті за допомогою підйомного крану на ремонтний майданчик.

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

При розбиранні кліті доцільно користуватись вузловим методом.

Порядок розбирання наступний:

- демонтувати електродвигуни головного приводу;
- демонтувати майданчики обслуговування і повітроводи;
- демонтувати пристрій шпинделя;
- здійснити вхід скоби вузла рам в захоплення касети перевалочним пристроєм;
- від'єднати привод підйому касети від скоб вузла рам;
- демонтувати привод підйому касети;
- демонтувати редуктор головного приводу;
- вивести касету по рейках перевалочного пристрою з вузла рам до упору;
- від'єднати від гідравлічної системи гідрозатиск і демонтувати його;
- демонтувати раму;
- демонтувати плитовини.

Під час демонтажу слід користуватись гайковими ключами різьбового і торцевого типу, а також кувалдою та іншими слюсарними інструментами. Крім

того, при піднятті вузлів та елементів слід використовуватись стропами та вантажопідйомним краном розташованим на ділянці.

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

### **3.2 Особливості монтажу**

Перед монтажем зробити зовнішній огляд вузлів кліті. Виявлені ушкодження і несправності усунути.

Реконсервацію виконувати відповідно до інструкції.

Збирання і монтаж кліті робити відповідно до технічних вимог складальних креслень і заводським маркіруванням [12-15].

Нагнітальні і зливальні клапани перевірити на відсутність витоків мастила і надійність роботи.

Монтаж робити на стенді в наступному порядку:

1. Перед монтажем усі тертьові поверхні вузлів змазати густим мастилом.
2. Установити на станину нижні роликові опори, виставивши їх по висоті за допомогою прокладок.

3. Установити в станину нижній валок у зборі. При встановленні забезпечити попадання виступів подушок у пази станини. Попередньо на валок установити проставки (рис 3.1) які необхідні для фіксації подушок відносно валка. Після зупинки валка проставки видалити.

4. Повзуни механізмів виставки верхнього валка перемістити у крайнє положення Нижні клини, мірні прокладки і верхні клини установити в Т-подібних пазах. Комплекти прокладок повинні бути промартільні.

5. Установити в станину верхній валок, попередньо установивши на нього проставки При встановленні забезпечити попадання виступів подушок у пази станин. Після встановлення валка проставки забрати.

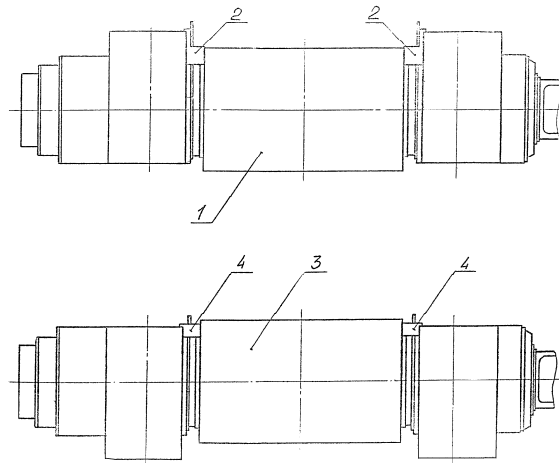


Рисунок 3.1 – Кліть 730 ПН. Комплект проставок

6. Встановити на станину траверсу в зборі, попередньо знявши планки, що фіксують верхню опору. Після встановлення траверси необхідно повернути упори разом із клинами в похилі пази станин і переміщувати клини зусиллям руки до упору.

7. Для виставки циферблата 33 на кожух кінематичного редуктора нанести червоною фарбою риску товщиною 5 мм, прийнявши її за нульову оцінку. Виставлення циферблата на „0” проводити поворотом барабана щодо осі, попередньо відвернувши болт кріплення барабана на один оберт. Після виставлення болт затягти.

8. Зробити виставлення механізму осьового регулювання валків. Валом 17 привода осьового переміщення встановити розмір „Ю”, що дорівнює 70 (69,9-70,1) мм. Відвернувши контргайку 35, обертанням різьбової втулки 33 сполучити її середній виступ з торцем втулки 34. Втулку зафіксувати контргайкою.

9. На робочі валки встановити вилки шпинделів.

10. Встановити проводкові бруси й арматуру.

Основними монтажними базами є:

- 1) вісь лінії робочої кліті;
- 2) базові уступи на станині кліті, що відповідають позначці рівня рольганга (+ 800 мм);
- 3) вісь лінії прокатки.

### **3.3 Особливості змащення кліті**

#### **3.3.1 Організація процесів змащення**

Кількість та заповнення вузлів мастильними матеріалами має відповідати загальним вимогам [12-15] та проводитися відповідно до схеми (рис. 3.2) та таблиці (табл. 3.1) змащування.

Підшипникові опори змащуються наступним чином:

- підшипник цілком обмазується мастилом, щоб всі функціональні поверхні були напевно покриті мастилом;
- простір корпусу підшипника заповнити мастилом настільки, щоб залишилося місце для закладеного мастила, яке виступатиме з підшипника.

#### **3.3.2 Інтервали для повторного змащення**

Термін, при досягненні якого необхідно доповнити або повністю замінити мастило, перш за все залежить від ступеня навантаження на мастильний матеріал через тертя і від частоти обертання або швидкості контактного тертя [12-15].

На величину тертя впливають навантаження і різні кінематичні процеси, що залежать від конструкції вузла. Крім того, необхідно враховувати ефективність ущільнень і навколишні умови, що особливо справедливо для підшипників прокатних станів. З-за високої вологості атмосфери, водяних струменів і окалини, а також в тому випадку, якщо ущільнення недостатньо ефективні, інтервал між змазуванням підшипників повинен бути істотно скорочений. Дотримання рекомендацій (див. табл. 3.1) по часу повторного змащування має сенс лише в тому випадку, якщо після певного часу, найкраще під час заміни валка, буде проведений контроль стану мастила і ущільнень, головним чином на предмет того, чи змогли забруднення потрапити в підшипник.

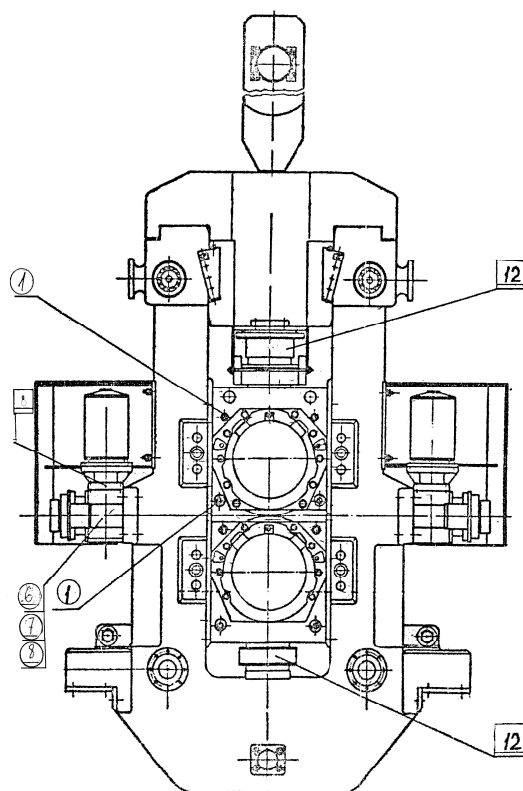
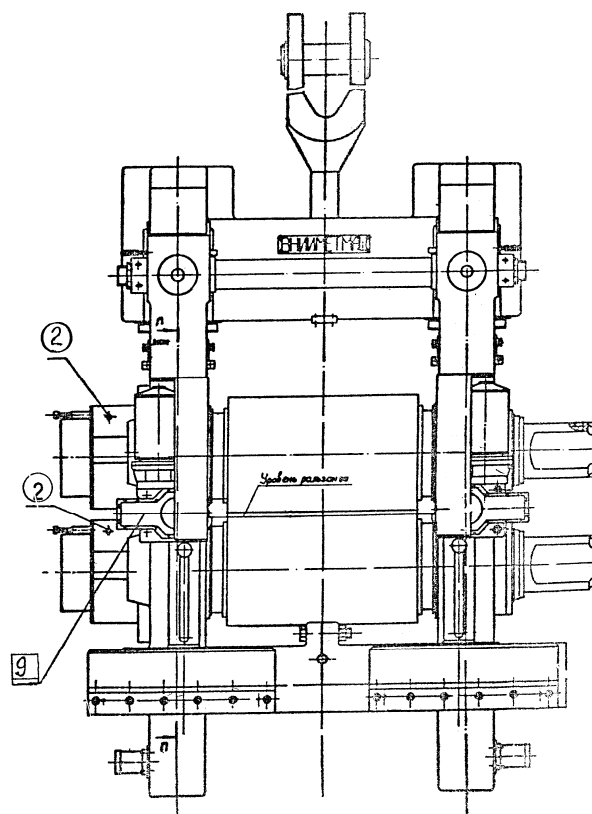


Рисунок 3.2 – Кліть 730 ПН. Схема змащування кліті.

Таблиця 3.1 – Таблиця змащування

Позиція на схемі	Найменування змащувальних частин	Змащувальний матеріал	Кіл. точок змащування	Спосіб подавання змащувального ма- теріалу	Періодичність змащування	Витрата мастильного матеріалу, см <sup>3</sup>		Витрата мастильного матеріалу для початкового заповнення дм <sup>3</sup>	
						На одну точку	На усі точки	На одну точку (резервуар)	На усі точки (резервуар)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Підшипник робочого валка ПРТ 550–75	МС-20 ГОСТ 221743-76	4	*	*	$20 \frac{\text{дм}^3}{\text{хв}}$	$80 \frac{\text{дм}^3}{\text{хв}}$	–	–
2	Підшипник упорного робочого валка	МС-20 ГОСТ 221743-76	2	*	*	$1 \frac{\text{дм}^3}{\text{хв}}$	$2 \frac{\text{дм}^3}{\text{хв}}$	–	–
3	Гвинт механізму встановлення верхнього валка	УНІОЛ-2 ГОСТ 23510-79	4	Ресурсне	1 раз у 3 місяці	200	800	0,3	1,2
4	Повзун клинового механізму	УНІОЛ-2 ГОСТ 23510-79	4	Ресурсне	1 раз у 3 місяці	200	800	0,3	1,2
5	Черв'ячна передача редуктора	Трансол 100 ТУ38 УССР 201.352-84.	4	Заливне	Один раз у 3 го- дини	–	–	2	8

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Підшипник черв'ячного колеса	Трансол 100 ТУ38 УССР 201.352-84.	8	Заливне	1 раз у 3 години	–	–	0.5	4.0
7	Нижній підшипник черв'яка	Трансол 100 ТУ38 УССР 201.352-84.	4	Заливне	1 раз у 3 години	–	–	0.05	0.2
8	Верхній підшипник черв'яка	ЛКС "Металургійна" ТУ 38. 1011107-87	4	Ресурсне	1 раз на рік	10	40	0.01	0.04
9	Кінематичний редуктор	ЛКС "Металургійна" ТУ 38. 1011107-87	4	Ресурсне	1 раз на рік	50	200	0.05	0.2
10	Зубчаста муфта	ЛКС "Металургійна" ТУ 38. 1011107-87	4	Ресурсне	1 раз на рік	20	8	0.02	0.8
11	Опорний вузол подушки	ЛКС "Металургійна" ТУ 38. 1011107-87	8	Ресурсне	1 раз у 3 місяці	50	400	0.05	0.4
12	Опора роликів	УНІОЛ-2 ГОСТ 23510-79	4	Ресурсне	1 раз на рік	100	200	0.1	0.2

## **РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ**

### **4.1 Система організації ремонтних робіт в прокатному цеху**

У прокатних цехах [12-16] механічне обладнання розташоване в основному в зоні дії мостових кранів, вантажопідйомність яких відповідає вазі найбільш важких вузлів і деталей. Це обставина значно спрощує такелаж і такелажні роботи при ремонті прокатного обладнання.

Обсяг ремонтів визначається відомості дефектів, капітальний ремонт виконують спеціалізовані ремонтні трести, а поточний – персонал прокатних і спеціалізованих цехів заводу, щоб зменшити час простою прокатних станів, поточний ремонт поєднують з перевалками, коли зупинки цеху обов'язкові за технологічними міркуваннями. З цією ж метою роботи з модернізації обладнання для впровадження нової техніки ведуть під час капітальних ремонтів. Устаткування прокатних станів ремонтують вузловим або агрегатним методом. Технологічний процес відновлення або підготовки нових вузлів агрегатів в міжремонтні періоди складається з операцій розбирання, очищення, дефекації та збірки. При дефекті нових деталей оцінюють фактичні відхилення геометричної форми і розмірів від проектних значень. Якщо відхилення не перевищують допустимих величин, то деталі передають для збірки.

Основні завдання дефектації зношених вузлів - виявлення що виникли під час експлуатації дефектів (абсолютний знос, тріщини, зміна зазорів, порушення посадок і т.п.) і прийняття рішень про можливість повторної збірки зубчасте колесо. Технічні норми бракування деталей прокатних станів наведені в (табл. 4.1). Якщо в деталі виявлений один з наведених дефектів, то її замінюють.



Таблиця 4.1 – Технічні норми бракування деталей прокатних станів

Деталь	Пошкодження
Зубчасте колесо	Тріщини в основі одного з зубів, на ступці, спицях, обідах, дисках; механічний знос зуба більше 10%-20% проектної товщини; площа основних пошкоджень більше 30% бічної поверхні, а глибина більш 10% товщини зубів; знос шару цементациї
Вал	залишкові деформації (прогин), більш 0,3 мм при $n > 600$ об/хв більше 0,5 при $n < 500$ об/хв; механічний знос шийок більше 0,05-0,10 Діаметра; поперечини: тріщини глибиною понад 0,05 діаметра; наявність залишкових деформацій скручування
Підшипники кочення	Основні пошкодження і ослаблення поверхневих шарів тіл кочення "бігових доріжок; тріщини на внутрішньому або зовнішньому кільці; пошкодження сепаратора скелі на кільцях; збільшення радіального зазору на 0,5-1,0 мм; неукмплектованість тілами кочення
Підшипники ковзання	Тріщини у вкладишах або втулках; порушення зв'язку між корпусом і антифрикційним шаром, механічний знос вище допустимих значень; відколи борта, збільшення діаметрально зазору в 2-3 рази
З'єднувальна муфта	Змішання напівмуфти уздовж осі валу; послаблення посадки; тріщини в напівмуфтах в втулках; механічний знос зубів більше 30%; вироблення отворі під болти або пальці більше 0,03 діаметра
Ланцюга пластинчасті	Тріщини або злами ланок механічний знос отворів під осі і робочих ділянок осі вище допустимих значень. Наявність залишкових деформації
Зірочки для пластинчасті ланцюгів і осі зірочок, гальмо і деталі гальма	Механічний знос зубів більше 20%; тріщини у ніжки зуба, маточини, спиць, дисків; механічний знос робочих поверхонь осей і посадкового діаметра маточини вище допустимих значень; залишкові деформації осей
Гальмо і деталі гальма	Зменшення товщини фрикційного матеріалу гальмівних колодках до 2 мм і на гальмівних стрічках до 4 мм механічний знос робочої поверхні гальмівних шківів більше 50%, осей отворів більш 0,05 діаметра; люфт важеля, наведений до якоря, понад 10% ходу електромагніту; тріщини важелів, тяг, осей

## 4.2 Організація робіт по обслуговуванню прокатної кліті

Ревізію [12-16] прокатної кліті необхідно робити за графіком зупинок на ремонт, але не рідше одного разу в півтора місяця.

Під час ревізії і ремонту необхідно:

- робити повне або часткове розбирання механізмів з розкриттям окремих вузлів;
- очищати і промивати масляні ванни і деталі, що змащуються;
- замінювати і додавати мастильні матеріали в ємкісних системах;
- встановлювати ступінь зносу деталей і терміни їхнього ремонту;
- перевіряти і регулювати величини зазорів і рухливих вузлів;
- ремонтувати і замінювати ушкоджені і гранично зношені вузли і деталі робочих валків;
- після складання відремонтованого обладнання робити його регулювання і випробування;
- усувати можливі дефекти бочок робочих роликів (тріщини, відходи, місцеве зношення);
- персонал, що робить ревізію обладнання, зобов'язаний після ремонту очистити обладнання і робочу площадку від сторонніх предметів, залишків мастильних матеріалів і окалини.

## 4.3 Технологічна ревізія.

Технологічні ревізії [12-16] виконують при всіх перевалках валків. Зовнішнім оглядом визначають можливість подальшої експлуатації валкових опор, або необхідність позапланової повної ревізії.

Технологічну ревізію робить змінна бригада дільниці ревізії і збирання валкових опор.

Порядок проведення ревізії підшипникового вузла:

- а) прогріти подушки дрантям, змоченої в гасі і промити в гарячій воді;

- б) розібрати кріплення подушок на валку і зняти подушки з валка (операція виконується на стенді);
- в) перевіряти стан видимих поверхонь і підшипникового вузла;
- г) перевірити стан ущільнювальної частини гумових ущільнень-ущільнення не повинні мати тріщин, ум'ятин, прорізів і надмірного зносу обтиских кромок;
- д) перевірити стан лабіринтових ущільнень;
- е) перевірити стан подушок - зачистити задирки та забоїни на привалочних і упорних поверхнях;
- ж) перевірити надійність кріплення фланцевих кришок і в разі потреби зробити обтягування болтів;
- з) перевірити стан різьбових кілець, упорних кілець і настановних гайок - зачистити задирки, забоїни.

#### **4.4 Планова ревізія**

Планову ревізію [12-16] виконує бригада по ревізії підшипників дільниці ревізії і збирання валкових опор.

Ревізія і збирання підшипникових опор, а також збирання валків з подушками повинні виконуватися на спеціальних майданчиках у вальцетокарній майстерні ревізії ПРТ, обладнаних верстатами, стендами, столами для укладання підшипників і деталей опор, ваннами для промивання підшипників, стелажми і шафами для інструмента, протипожежними засобами. Крім того, приміщення повинне бути оснащене пристосуваннями і механізмами для транспортування, кантування, контролю і збирання підшипників, комплектом робочого вимірювального інструмента; баками для мастильних і промивних матеріалів, цебрами й іншим підсобним інвентарем.

Весь обсяг робіт пов'язаних із збиранням підшипникових опор повинні виконувати кваліфіковані слюсарі, що мають спеціальну технічну підготовку, дотримуючи правила техніки безпеки, охорони праці і протипожежної безпеки.

Порядок проведення ревізії:

а) протерти подушки дрантям, змоченої в гасі, і в зборі з валком промити гарячою водою;

б) укласти валок на стенд;

в) з неприводної сторони валка зняти захисний кожух, відпустити гайку кріплення подушки на валку, зняти півкільця і потім зняти подушку з упорним вузлом із шийки валка:

г) із приводної сторони валка розібрати кріплення подушки на валку і зняти подушку із шийки валка;

д) подушки з підшипниками перемістити в майстерню ревізії ПРТ і провести повне їхнє розбирання. Розбирання здійснювати в кантувачі.

#### **4.4.1 Облік термінів служби підшипників**

При експлуатації великогабаритних валкових підшипників необхідно організувати облік термінів їхньої служби, що дає можливість на підставі аналізу фактичних даних установити технічно обґрунтовані норми довговічності підшипників щоб отримати ці дані, необхідно точно реєструвати роботу кожного підшипника на кожному валку й у кожній подушці, а також тривалість експлуатації під навантаженням кожного підшипника в кожній кліті стану.

#### **4.4.2 Технічне обслуговування**

Настроювання проводкової арматури виконувати відповідно до інструкції монтажу й експлуатації арматури. Періодично очищати кліть від бруду і пилу.

Постійно усувати течію рідкого мастила.

Періодично перевіряти справність ущільнювальних вузлів трубопроводів і приєднань гідроциліндрів попередньої напруги й осьової фіксації.

Періодично, при підготовці змінної робочої кліті, контролювати ступінь зносу поверхонь тертя вкладишів шарнірів і робити своєчасну їх заміну.

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК

### 5.1 Розрахунок виробничої програми сортопрокатного цеху на рік

На підставі звітних даних за 2019 рік про сортамент і обсяг виробництва стану 600 (табл. 5.1) а також час роботи стану (табл. 5.2) складаємо баланс часу роботи стану на 2021 рік

Таблиця 5.1 – Сортамент і обсяг виробництва стану 600 за 2019 рік

№	Найменування видів прокату	Обсяг випуску прокату, т	Частка окремих видів прокату, %
1	Балки, швелери	134257	8,0
	Крупносортна сталь:	1515653	90,4
2	У т.ч.кадрат	1489243	88,9
3	Кулькова заготівля	13484	0,8
4	Сортова конструкція	11066	0,7
5	Трубна заготівля	15149	0,9
	Разом:	1679125	100,0

Визначимо номінальний час роботи стану у добах:

$$TH = t_{\text{календ.}} - t_{\text{к.р.}} - t_{\text{нпр}}, \quad (58)$$

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

$t_{\text{к.р.}} = 10$  діб час на капітальний ремонт відповідно до звіту за 2019 рік

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

$$TH = 365 - 10 - 19,67 = 335,33 \text{ діб.} \quad (59)$$

Номінальний час роботи стану в годинах:

$$TH = 335,33 \cdot 24 = 8047,92 \text{ год.} \quad (60)$$

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

Поточні простої викликані заміною деталей і вузлів які швидко зношуються та простоями по організаційно-технічним причинам [12-16].

Таблиця 5.2 – Баланс часу роботи стану 600

Показник	По звіту 2019 рік	По проекту 2021 рік
Календарний час,діб.	365	365
Режим роботи	безупинний	безупинний
Число x тривалість змін, год	3x8	3x8
Капітальний ремонт,діб	–	–
ППР, діб	19,67	20
Номінальний час, діб	273,4	274
Номінальний час, год	6561,6	8047,92
Поточні простої %	32,7	10
Поточні простої, год	2144,1	1657,6
Резерв, год	–	1985
Фактичний час, год	4863	6847,92
Середня годинна продуктивність, т	273,4	344,67
Випуск прокату	1630861,68	2360272

До таких простоїв відносяться:

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

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

Поточні простої складають 15...20% від номінального часу.

Визначимо час поточних простоїв у роботі стану за добу по формулі

$$T_{III} = T_H \cdot T_{\%} / 100 = 335,33 \cdot 15 / 100 = 50 \text{ діб.} \quad (61)$$

У годинах це становить:

$$T_{III} = 1200 \text{ год.} \quad (62)$$

Визначимо фактичний час роботи стану 600 у 2021 році у годинах:

$$T_{\phi} = TH - TT_n = 8047,92 - 1200 = 6847,92 \text{ год.} \quad (63)$$

Середню годинну продуктивність стану 600 по сортаменту визначимо по формулі:

$$P_{cp} = \frac{P_{год}}{T_{\phi}} = \frac{1676125}{4863} = 344,67 \frac{\text{т}}{\text{год}}, \quad (64)$$

де  $P_{год} = 1676125 \text{ т}$  – продуктивність стану 600 за 2019 рік;

$T_{\phi} = 4863 \text{ год}$  – фактичний час роботи стану 600 за 2019 рік.

Річну продуктивність стану 600 визначимо по формулі:

$$PG = ПСР \cdot T\Phi = 344,67 \cdot 6847,92 = 2360272 \text{ т.} \quad (65)$$

У зв'язку з тим, що проектом заплановане збільшення виробництва прокату на 5% у порівнянні зі звітом 2019 року що складає 83806,25 тони, надлишковий фактичний час що складає 1985 годин або 82,7 доби в порівнянні з розрахованим необхідно віднести в резерв

Розрахуємо баланс часу роботи стану по відомій годинній продуктивності й обсягу виробництва Розрахункові дані для порівняння з 2019 роком зведені в (табл. 5.2)

## 5.2 Розрахунок економічної ефективності

В даному дипломному проекті прогнозується збільшення обсягу виробництва металопрокату за рахунок зменшення ваги металу на погонний метр через підвищення точності кінцевого виробу та зменшення простоїв обладнання за рахунок підвищення його надійності.

Продуктивність стану за прогнозними показниками на 2021 рік складе в середньому 344,67 тон за годину.

Передбачаємо що скорочення простоїв стану пов'язаних з проведенням поточних ремонтів у 2021 році складе 24 години . Прогнозована вартість однієї тони прокату в 2021 році складає 17896,04 грн

Отже додатковий прибуток від можливого збільшення обсягів виробництва складе [17,18]:

$$\begin{aligned} E_p &= T_{np} \cdot P_{cm} \cdot (Ц - С) = \\ &= 24 \cdot 344,67 \cdot (17896,04 - 15987,30) = 15760704 \text{ грн,} \end{aligned} \quad (66)$$

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

$P_{cm}$  – годинна продуктивність стану.

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

$С$  – собівартість 1 тони листового прокату

Орієнтована вартість кліті 730ПН становить 7770000 грн Таким чином якщо враховувати тільки додатковий прибуток від збільшення обсягів виробництва за рахунок додаткової роботи стану на 24 години на рік термін окупності витрат на обладнання, складе:

$$T_{ок} = \frac{Ц_{лпм}}{E_p} = \frac{7700000}{15760704} = 0,5 \text{ року,} \quad (67)$$

де  $Ц_{лпм} = 7700000$  грн - вартість кліті.



## РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

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

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

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

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

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

Приміщення СПЦ характеризується наявністю наступних умов: струмопровідні підлоги, струмопровідний пил, висока температура в приміщенні цеху,

наявність великої кількості електрообладнання. Таким чином приміщення відноситься до III групи (особливо небезпечних) небезпеки приміщень по ступеню ураженню електричним струмом.

Окремі ділянки прокатного цеху різко відрізняються друг від друга за метеорологічними умовами. На ділянці нагрівання, прокатки і транспортування гарячого металу температури навколишнього середовища перевищує санітарні норми, має місце знижена вологість повітря.

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

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

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

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

Склад газів в атмосфері на ділянці нагрівальних печей характеризується наступними компонентами: сірчаний ангідрид ( $\text{SO}_2$ ); окисли азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ).

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

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

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

## 6.2 Заходи щодо безпеки праці

Безпечні умові праці при виконанні монтажних та інших робіт[19]

Стропування вантажів доручається тільки атестованим стропальникам. Якщо кран обслуговується декількома стропальниками, один з них призначається старшим.

Перед початком роботи стропальнику видаються креслення з графічним зображенням способів стропування вантажів. Керівник об'єкта, ділянки, цеху зобов'язаний вказувати стропувальником місце і порядок укладання вантажів. У робочого місця стропальника повинні бути повішені схема сигналів, що застосовуються при обслуговуванні вантажопідіймальних кранів, і списки вантажів, часто зустрічаються на даному об'єкті

Виробляти стропування і транспортування вантажів дозволяється тільки справними вантажозахоплювальними засобами, що мають клейма, бирки або написи з позначенням номера і дати випробування. Стропи повинні підбиратися такої довжини, щоб кут між гілками при натягу не перевищував  $90^\circ$ .

Стропування великих по довжині вантажів проводиться в двох або декількох місцях. Піднімати вантаж слід в два етапи: спочатку на висоту 200-300 мм, попередньо перевіривши натяг стропів, надійність кріплення петель на вантаж, стійкість крана і дію гальм, а потім на повну висоту.

Безпечне обслуговування клітей прокатних станів, їх допоміжного обладнання та пристроїв досягається при дотриманні певних умов. Всі частини табору і їх обладнання повинні бути розташовані так, щоб був безпечний доступ для огляду і ремонту їх, а під час роботи повністю виключалася б можливість зіткнення робітника з обертовими частинами обладнання. Все знову споруджуються і існуючі на деяких заводах неререверсивні прокатні стани, крім головної сполучної муфти, забезпечені розчіпний муфтою, що дає можливість при нещасних випадках з людьми, при аваріях, а також при необхідності дрібних виправлень швидко відключити стан від двигуна

При експлуатації прокатних станів можливі наступні види травм: загарбання частин одягу і кінцівок робочого валками або обертовими шпинделями і сполучними муфтами, опіки, а також удари відлітають осколками металу, що прокочується і окалини. Травматизм в прокатних цехах відбувається головним чином на станах старого типу, де прокатка металу здійснюється із застосуванням ручної праці. Тому для ліквідації травматизму при прокатці металу необхідно максимально механізувати і автоматизувати процес прокатки і перш за все завдання металу й валки, а також здійснювати заміну старих станів сучасними.

Щоб уникнути травмування робітників обертовими муфтами і шпинделями все сполучні шпинделі, муфти та корінні вали прокатних станів огороджувальні з боків ґрат частими або суцільними щитами або кожухами, а на сортових і дровових станах муфти і корінні вали захищають ще й зверху.

На високошвидкісних станах, де виникає небезпека розриву з'єднувальних муфт, запобіжні кожухи повинні бути дуже міцними, щоб витримувати удари шматків розірвалися муфт. Огорожа сполучних шпинделів є обов'язковим для всіх прокатних станів, крім блюмінгів і слябінгів, у яких відстань між шпинделями забезпечує безпеку їх обслуговування. Шпинделі цих станів зазвичай захищають міцним бар'єром і влаштовують майданчики з поручнями для обслуговування. Іноді в прокатних цехах спостерігаються травми через неправильне кріплення розпірок муфт дротом, коли стирчать кінці дроту захоплюють одяг робітників під час роботи поблизу сполучних шпинделів. Тому кріплення розпірок необхідно проводити не дротом, а спеціальними хомутами

При ручному регулюванні розчину валків натискними гвинтами пристрої для управління (штурвал) розташовують в безпечному місці - на зовнішньої торцевої стороні клітей послідовних і безперервних станів і на передній стороні клітей станів лінійного типу.

Для управління натискними гвинтами застосовують штурвали, так як важелі можуть викликати удари робочих при втраті само-зупинення.

Якщо прокатка металу супроводжується зміною розчину між валками, управління наживними гвинтами має бути електрифіковано.

Осьова настройка валків при розташуванні болтів з торцевої сторони клітей лінійних станів вимагає особливих запобіжних заходів, так як поблизу шпинделів створюються вельми небезпечні умови під час регулювання.

Розрив запобіжних склянок прокатних станів викликає небезпеку травмування робітників осколками, тому склянки захищають захисними сталевими кільцями. Висота кілець повинна бути не менше ніж в 1,5 рази більше висоти запобіжного склянки.

Вільні кінці прокатних валків (трефи) в крайніх клітках ліній стану закривають знімними чохлами або ковпаками, щоб уникнути травмування робітників.

Між прокатними станами і приміщеннями для двигунів повинна бути обладнана надійно діє звукова або світлова сигналізація. Пуск в хід і зупинка двигуна виробляються лише після отримання відповідного сигналу з табору, причому про пуск двигуна подається строго встановлений сигнал, ясно чутний на всіх робочих місцях. Встановлені сигнали у всіх випадках, крім аварійних, повинні подаватися тільки старшими робітниками, які несуть відповідальність за подаються сигнали.

До подачі сигналу про пуск стана майстер або старший вальцювальник зобов'язаний перевірити справність стана і всіх його огорожувальних і запобіжних пристроїв і з'ясувати, чи немає робочого поблизу обертових частин стану. Тільки після перевірки стану і видалення людей з небезпечних місць може бути дано сигнал про пуск двигунів.

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

Для переходу людей через головний сполучний вал кожної лінії прокатних станів влаштовують перехідні містки, захищені від попадання гарячого металу суцільними бар'єрами. На безперервних станах замість окремих містків

через сполучні вали кожної кліті влаштовують один суцільний місток вздовж усіх клітей зі спусками до кожної з них

Перехідні містки влаштовують також перед другою чорновий кліттю, між чорновими клітями, між групами клітей після останньої чистової кліті. Пристрій містків повинно відповідати вимогам Правил безпеки в прокатному виробництві. Якщо виникає небезпека вигину розкатів вгору або в сторону, перехідні містки необхідно постачати з боку розкату міцним запобіжним щитом з листового металу висотою не менше 1,8 м.

Якщо між окремими клітями безперервних сортових станів відсутні столи з направляючими жолобами, то між клітями повинні бути встановлені надійні огороження, що виключають можливість проходу людей.

Для запобігання виходу розкатів у бік прокатне поле на сортових станах лінійного типу захищається міцними суцільними бортами з нахилом в сторону розкату.

Виправлення валкової арматури та інших деталей кліті на ходу небезпечно і неприпустимо. При обертанні валків перевіряти калібри і зазори між валками можна тільки в напрямку, протилежному захоплення, під час перерв в процесі прокатки, обов'язково користуючись спеціальними пристосуваннями з довгими ручками.

Операція по контролю розмірів прокату вручну в процесі прокатки надзвичайно небезпечна, тому необхідно впроваджувати дистанційний контроль.

Для безпечного доступу до механізмів великих і середніх клітей прокатних станів слід влаштовувати площадки з драбинами і поручнями. При обслуговуванні невеликих клітей застосовують тимчасові площадки і сходи.

Регулювання валків безперервних станів зазвичай проводиться з зовнішньої сторони клітей.

Доступ до кліті повинен бути безпечним і зручним.

На станах лінійного типу настил підлоги в місцях прокатки і прибирання металу від стану влаштовують з гладких металевих плит, щоб уникнути застря-

вання кінця розкату і освіти петлі в щілинах на стиках плит, нещільно прилеглих одна до одної.

Підлога на робочих місцях вальцювальників виконують з рифлених плит або з металевих плит, що мають точкову наварку.

Для забезпечення безпечного пересування людей по цеху передбачаються спеціальні проходи, надійно захищені від рухомих розкатів. Для проходів поперек прольотів через рольганги, стелажі і холодильники влаштовують перехідні містки, захищені від ударів розкатом і тепловипромінювання. У великих цехах влаштовують поперечні тунелі з виходами до окремих станів і до санітарно-побутових приміщень цеху.

Підлоги необхідно систематично очищати від пилу, окалини і пролитого масла. Запасну валковий арматуру, валки і інше прокатне обладнання необхідно акуратно складувати на стелажі в відведених місцях цеху

Важливим фактором оздоровлення умов праці в прокатному виробництві є зниження виробничого шуму і вібрації. Збільшення інтенсивності виробництва швидкостей прокатки в значній мірі підсилює виробничий шум в прокатних цехах. Виробничий шум різної інтенсивності і спектру (частоти), які тривалий час впливаючи на працюючих, призводить до зниження гостроти слуху, а іноді і до розвитку професійної глухоти у робітників.

Вібрація сприймається робочими лише при безпосередньому зіткненні з вібруючим обладнанням. Частота вібрації, як і частота звуку, вимірюється в герцах, сила - в кілограмометрах, а амплітуда коливань - в міліметрах. Залежно від того, на які частини тіла людини поширюється струс, розрізняють, місцеву та загальну вібрацію.

Розвиток вібраційної хвороби та інших несприятливих явищ залежить в основному від частоти вібрації і амплітуди коливань: чим вище частота вібрації і чим більше амплітуда коливань, тим більшу небезпеку становить вібрація щодо термінів розвитку і тяжкості вібраційної хвороби.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення необхідно по можливості замінювати ударні взаємодії деталей ненаголошеними, зворотно-поступальні

рухи - обертальними, демпфірувальними вібрацію і окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гуною, пробкою, бітумом, бітумними картонами, повстю, азбестом і ін.

Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів, що мають великі випромінюють шум поверхні (корпусу агрегатів, кожухів, кришок і тд), Слід зменшувати шляхом:

- облицювання цих поверхонь або заповнення спеціально передбачених в них повітряних порожнин;
- пристрою гнучких зв'язків (пружних прокладок, пружин) між цими деталями і вузлами агрегату, що викликають вібрації;
- заміни металевих деталей деталями з пластмас або інших незвучних матеріалів;
- передбачено мінімальних допусків при виготовленні і збірці деталей агрегату для зменшення зазорів в з'єднаннях деталей і тим самим зменшення енергії зіткнень;
- широкого впровадження мастила деталей в'язкими рідинами і приміщення в рідинні масляні та інші ванни вібруючих і видають шум деталей (шестерних редукторів і т. п.);
- заміни підшипників кочення підшипниками ковзання в випадках, коли переважаючим шумом є шум підшипників;
- укладення в ізолюючі кожухи галасливих вузлів агрегату (шестерних редукторів, ланцюгових, ремінних і інших передач

Агрегати, що створюють сильний шум внаслідок вихреброобразования або вихлопу повітря або газу, вентилятори, повітродувки, пневматичні інструменти і машини необхідно забезпечувати спеціальними глушниками.

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. 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. 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), волого вбиральним.

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 матеріалу теплоізоля-

ції; 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.

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 проти шуми (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 проти шуми м'які і тверді. Перші виготовляють з губки, вати, марлі тощо; другі – з пластмас, ебоніту, гуми.

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

Призначення засобів захисту органів дихання полягає в тому, щоб не допускати прямого попадання забрудненого повітря або газу в дихальні шляхи людини. Для захисту органів дихання застосовують прилади, які поділяються на два види: ізолюючі і фільтруючі. Ізолюючі прилади застосовуються при високій концентрації шкідливих домішок в повітрі і в випадках, коли склад забруднюючих повітря домішок невідомий. До ізолюючим приладів відносяться шлангові зважених і нагнітальні протигази і кисневі прилади. Шлангові протигази обох типів застосовуються при виконанні робіт в нагрівальних колодязях прокатних цехів.

До фільтруючим приладів відносяться протипилові респіратори, протигази, з коробками різних типів і марок. Застосовуються ці прилади в тому випадку, якщо в повітрі не менше 16% кисню і фільтр може забезпечити достатню очищення повітря, що поступає в дихальні шляхи. респіратори клапанного типу складаються з лицьової частини і фільтруючого пристрою. Лицьова частина має вигляд напівмаски, щільно прилягає до обличчя. Для збільшення фільтруючого ефекту респіратора і зниження опору диханню фільтр роблять складчастим з великою поверхнею.

Респіратор з ватним фільтром, поміщеним зверху сітки, недостатньо ефективний, так як має великий опір диханню, особливо при великих концентраціях пилу та пилу високої дисперсності.

Респіратор РН-119 з фетровим фільтром при високих концентраціях пилу і при невеликому опорі диханню показав хороші результати. Крім того респіратори з паперовими фільтрами-складчасті Ф-46, ПРБ-1 і плоскі РН-21 - мають також невеликим опором диханню, мають високу ефективність захисту і можуть бути використані при високих концентраціях запиленості.

У всіх типах респіраторів фільтри змінюваність. При скрутному диханні фільтри необхідно замінювати. В умовах дуже запиленого повітря фільтр потрібно часто чистити, відсмоктувати пил і сушити.

Фільтруючі протигazi служать для захисту органів дихання від шкідливих парів і газів. Вони складаються з лицьової частини (маски або напівмаски) і фільтрує коробки, наповненою сорбентами для очищення повітря, що видихається. Як поглиначі застосовуються активізація вугілля, силікагель, хемосорбентом - поглиначі. Залежно від захищає середовища застосовують різні протигazi.

В умовах особливо високої запиленості користуються шоломами з подачею повітря в підшоломний простір

### **6.3 Пожежна безпека**

Охорона праці і пожежна безпека промислових підприємств - важливий комплекс заходів, що забезпечує збереження здоров'я працівників промисловості. Подібні правила розробляються і затверджуються спеціальними комісіями, діяльність яких спрямована на запобігання нещасним випадкам на робочих місцях.

Трудовий кодекс - особливий збірник правил безпеки. Працівник повинен засвоїти їх, щоб точно знати всі вимоги до своєї праці і мінімізувати шанс нещасного випадку, так як більшість аварій відбувається саме через незнання.

Розробка, а також активне впровадження відповідно до затверджених документами системи управління з пожежної безпеки. Перший і основний крок в організації належної пожежної безпеки праці робітників. Начальник підприємства і група обраних осіб розробляють правила, а потім навчають співробітників основним вимогам: по використанню промислового обладнання, опалювальної та вентиляційної системи, за змістом службових приміщень і кімнат, зі зберігання матеріалів та інвентарю, по належному утриманню електромереж і електроприладів, по спільним організованим діям під час загоряння.

Контролювання аварійності обладнання і приміщень на підприємстві. Перевірка обладнання, електромережі, цехів і кабінетів віддається обраним керівником підприємства відповідальним особам, що стежать за всім цим в довіреному їм відділенні. При виникненні небезпеки загоряння вся відповідальність лягає на начальника. Керівник підприємства також зобов'язаний скласти інструкцію відповідальним за пожежну безпеку охорони праці.

Забезпечення і гарантія захисту від нещасних випадків при роботі з технікою, експлуатації механізмів і приміщень. У цю частину комплексу входить обов'язкове дотримання всіх правил нормативних документів по використанню всіх механізмів (немеханізованих і автоматичних), конвеєрів, по правильному користуванню підйомниками і подібними можливо небезпечними механізмами, по використанню електромереж і щитків, з підтримки в порядку приміщень.

Оснащення організації засобами гасіння вогню і попередження загорянь, регулярна їх заміна. Для того, щоб не допустити великих жертв і збитків, на кожному підприємстві відповідно до закону повинні бути особливі пожежні звукові системи оповіщення, що реагують на дим, а також газові вогнегасники. Бажано на кожному поверсі мати один-два щита з протипожежним інвентарем (пожежний рукав, сокиру і відро).

Складання річного плану і збір фінансів для забезпечення безпеки від загорянь. Одне з головних умов успішної пожежної охорони праці - складання плану безпеки на майбутній рік. Виходячи із затвердженого розпорядку адміністрація готує бюджет фінансів, частина коштів якого буде витрачена на пожежну охорону.

Навчання правилам пожежної безпеки співробітників підприємства. Включає в себе проведення кількох інструктажів, різних за рівнем (вступний, початковий, цільовий). Зачитування лекцій про безпечну поведінку під час пожежі. Проведення занять, відпрацювання можливих ситуацій при загорянні.

регулярна перевірка стану електромережі. Підтримка електробезпеки необхідно не тільки для захисту працівників від ураження електричним струмом, а й для запобігання випадкам виникнення пожежі в результаті замикання. За

статистикою, більше половини всіх пожеж в виробничих відвідини відбувається в результаті порушень електробезпеки. Для створення необхідних умов діяльності необхідно провести кілька важливих заходів.

Фахівцями повинні регулярно проводитися вимірювання напруги в установках, перевірка заземлення, у разі аварійності кабелів і проводів - заміни їх на нові. Всі що надходять на роботу проходять інструктаж з пожежної безпеки, а в цеху знайомляться з пожежним інвентарем і його місцезнаходженням. Необхідно пам'ятати про те, що будь-яку пожежу легше попередити, ніж загасити. Захаращувати і закривати пожежні проїзди і проходи до пожежного інвентарю, обладнання та пожежних кранів забороняється. Курити в цехах і на території підприємства категорично забороняється, так як поблизу можуть знаходитися легко займисті матеріали. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, позначених написом «Місце для куріння».

Забороняється кидати на підлогу в цехах паперу, картон, про масляні кінці і ганчірки. Їх слід прибирати в спеціальні металеві ящики для відходів і до кінця робочої зміни видаляти з цеху. Не можна обгортати електролампи папером або матерією, вішати на вимикачі і електропроводи одяг, забивати цвяхи між проводами; замінювати перегорілі запобіжники шматками дроту.

При роботі з вогнебезпечними матеріалами необхідно дотримуватися протипожежні вимоги і мати на робочому місці для гасіння пожежі пісок, воду, вогнегасники і т. П. Засоби вогнегасіння застосовувати відповідно до інструкцій в залежності від характеру палаючого речовини.

Кожен працівник при пожежі або загорянні зобов'язаний негайно повідомити про це в пожежну охорону і приступити до гасіння вогнища пожежі наявними в цеху, на складі або робочому місці засобами пожежогасіння (вогнегасником, піском і т. П.) і викликати до місця пожежі начальника цеху, зміни, ділянки або іншу посадову особу.

При виникненні пожежі треба організувати порятунок людей, використовуючи для цього наявні кошти: при необхідності викликати рятувальну медичну та інші служби; припинити всі роботи, не пов'язані з заходами щодо ліквіда-

ції пожежі: забезпечити захист людей, які беруть участь в гасінні пожежі, від можливих обвалів конструкцій, уражень електричним струмом, отруень, опіків.

Після прибуття підрозділів пожежної охорони представник адміністрації підприємства, який керував гасінням пожежі, зобов'язаний повідомити начальника підрозділу пожежної охорони необхідні відомості про вогнище пожежі; заходи, вжиті за його ліквідації, а також про наявність в приміщеннях людей, зайнятих ліквідацією пожежі.

Велике значення в попередженні пожеж і своєчасному їх гасінні грають добровільні пожежні дружини, які створюються з числа працюючих на підприємстві. Члени пожежних дружин проходять навчання прийомом гасіння пожеж первинними засобами пожежогасіння. Організація добровільних дружин, керівництво їх діяльністю, проведення масово-роз'яснювальної роботи покладаються на керівників цехів, дільниць підприємства.

Особовий склад добровільних пожежних дружин застраховує за рахунок підприємства на випадок каліцтва або втрати працездатності при ліквідації пожежі або аварії.

На підприємствах організуються пожежної технічної комісії, очолювані головним інженером. Ці комісії розробляють заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єктах, проводять профілактичну роботу щодо зниження пожежної небезпеки, залучаючи до неї робітників, службовців і ІТП підприємства

#### **6.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища**

Джерелам викидів в атмосферу від прокатного виробництва стану 600 є нагрівальні печі і прохідна роликова піч для підігрівання розкатів під час прокатування.

Усі печі опалюються коксовим газом за допомогою пальників, що забезпечують повне і якісне згорання всіх пальних складових палива. Печі працюють під розрідженням, що створюється надійною відкритою тягою димарів, установлених на кожну піч чи групу печей.

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

Заходи щодо захисту повітряного і водяного басейну стану 3000 пропонуються наступні [19]:

- зробити очищення повітряних фільтрів вентиляції ділянки нагрівальних печей; скоротити витрату газу на нагрівання металу;
- зробити очищення повітроохолоджувачів агрегатів ділянки печей;
- при ремонтах устаткування робити надійне ущільнення всіх рознімань для попередження витоку змащення із систем;
- при очищенні редукторів масло збирати в спеціальні ємності з наступною задачею на регенерацію;
- поліпшити уловлювання газів;
- тримати в справному стані спорудження побутової і дощової каналізації.



## ВИСНОВКИ

Виходячи з досвіду експлуатації і виробництва сортового металопрокату, а також врахувавши досвід конструювання прокатних клітей і проаналізувавши вплив технічних і технологічних факторів на різнотовщинність готового прокату, можна зазначити наступне:

1. Досвід експлуатації вказує на те, що в умовах напівбезперервного стану 600 в наслідок недостатньою жорсткості верхнього натискного пристрою має місце різнотовщинність по довжині розкату, що призводить до невідповідності готових профілів сучасним вимогам якості, а також до підвищення витрат металу на погонний метр виробленої продукції.

2. Коливання поперечних розмірів профілю прокату викликаються безліччю одночасно діючих причин, котрі умовно можна розділити на причини технологічного характеру та конструктивні, обумовлені конструкцією стану.

3. За результатами аналітичного огляду, можна стверджувати, що на коливання поперечних розмірів профілю впливає сумарна пружна деформація всіх навантажених деталей кліті, при цьому головною є жорсткість станини, збільшення якої сприятиме підвищенню якості прокату.

4. Технічні рішення щодо збільшення жорсткості чистових прокатних клітей станів гарячої прокатки можна поділити на ті, що можливо реалізувати на діючих прокатних клітях та реалізація котрих можлива тільки при створенні нового обладнання станів для гарячої прокатки сортових смугових профілів.

5. Враховуючи термін експлуатації стану, для суттєвого підвищення якості отримуваних профілів доцільно встановити попередньо напружену кліті 730 ПН, замість існуючої кліті 580.

6. Пропоновані заходи проекту дозволять зменшити простої стану в цілому та збільшити обсяги виробництва прокату, та зменшити витрати на технічне обслуговування машини за рахунок підвищеної надійності, що дозволить отримати додатковий прибуток в розмірі 15760704 грн з прогнозованим терміном окупності матеріальних вкладень 0,5 року.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Металлургия, 1988 – . – Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката – 1988 – 678 с.
2. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станков: Учеб. пособие для ВУЗов. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с.
3. Прокатные станы. Справочник в 3-х томах / В. Г. Антипин, С. В. Тимофеев, Д. К. Нестеров, Н. Ф. Грицук и др. – М. : Металлургия, 1992– . – Т. 1. Обжимные, заготовочные и сортопрокатные станы – 1992 – 429 с.
4. Инновационные решения и тенденции развития прокатного производства [Электронный ресурс]. – Систем. вимоги: Інтернет-браузер. URL: <https://metallurgist.pro/innovatsionnye-resheniya-i-tendentsii-razvitiya-prokatnogo-proizvodstva/> (дата звернення: 21.12.2019).
5. Мериин И. М. Точность прокатки в предварительно напряженных клетях / И. М. Мериин. – Ижевск : Удмуртия, 1970. – 120 с.
6. Развитие методов расчета механизмов предварительного напряжения рабочих клетей листовых и сортовых прокатных станков / А. В. Сатонин, М. В. Федоринов, З. А. Александрова, В. В. Смолякова // Захист металургійних машин від поломок : міжвуз. темат. зб. наук. пр. – Маріуполь, 2008. – Вип. № 10. – С. 95–98.
7. Чумаков В. П. Пути повышения жесткости прокатных клетей / В. П. Чумаков, Н. В. Староста // Вісник Криворізького національного університету – Кривий Ріг, 2012. – Вип. № 31. – С. 167–170.
8. UA29556 Україна, МПК В21В13/10. Прокатна кліть / Федосов В. Г., Хацкелян, І. П., Остапенко Г. Л., Алексієнко Г. Я.; заявник і патентовласник дочірнє підприємство «Нексус – Виробничо-комерційна компанія». – №99126933; заявл. 20.12.1999; опубл. 15.11.2000, Бюл. №6.

9. А.с. 942303 СССР, МКИ В21В31/04. Предварительно напряженная прокатная клеть / К.А. Малакуцко (СССР). – №2890216/22-02; заявл. 06.03.80; опубл. 25.04.97.

10. Пат. 2242306 Российская федерация, МПК В21В31/04. Предварительно напряженная прокатная клеть / Б.И. Самохин, В.В. Бедняков., В.И. Барабанов, А.В. Колобков, Е.Н. Фоминых; заявитель Открытое акционерное общество "Электростальский завод тяжелого машиностроения". – заявл. 29.03.2002; опубл. 20.12.2004.

11. Пат. 2319562 Российская федерация, МПК В21В31/04. Предварительно напряженная прокатная клеть / А.Г. Кузьменко, М.А. Поздняков, Н.И. Лежнин, А.П. Тремасов, Н.С. Сухарев; заявитель ООО Научно-производственное предприятие "Инжмет". – 2006114414/02, заявл. 28.04.2006; опубл. 20.03.2008, Бюл. №8.

12. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин /В.Д. Плахтин – М.: Металлургия, 1983. – 414 с.

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

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

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

16. Организация и планирование предприятий черной металлургии / Метс А. Ф., Штец К. А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф. И. – М. : Металлургия, 1986 – 560 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. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях черной металлургии / Бельгольский Б. П., Бень Т. Г., Зайцев Е. П. и др. – М. : Металлургия, 1982. – 416 с. 38

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

20. Иванюков М. И. Основы безопасности жизнедеятельности / М. И. Иванюков, В. С. Алексеев. Учебное пособие. – Дашков и К: Москва, 2007. – 237 с.

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



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			ПД 133.60.00.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ПД 133.60.00.01.00 СК	Станина	1	
		2		Валок верхній	1	
		3		Валок нижній	1	
		4		Механізм встановлення верхнього валка	2	
		5		Траверса	1	
		6		Опора роликова нижня	2	
		7		Комплект прокладок регульовальний	2	
		8		Опора роликова верхня	2	
		9		Гідроциліндр попереднього напруження	2	

					ПД 133.60.00				
Зм. Арк.	№ докцм.	Підп.	Дата						
Розроб.	Андрасе			Кліть 730ПН			Літ.	Аркуш	Аркцилів
Перевір.	Боровік								
Н.контр.	Шабрацький			СНУ ім. В.Даля зр. М0-18зм					
Затв.	Созонтов								









Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			ПД 133.60.00.01.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Гайка М125	4	
		2		Планка	16	
		3		Планка	4	
		4		Планка	4	
		5		Планка	4	
		6		Станина ліва	1	
		7		Станина права	1	
		8		Стрижень	2	
		9		Стрижень	2	
		10		Труба розпірна	2	
		11		Фланець	4	
		12		Цапфа	4	
		13		Шайба	4	
		14		Штифт	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		19		Болт М64х280.36	4	
				ГОСТ 7796-88		
		20		Гайка М64	2	
				ГОСТ 10605-88		

						ПД 133.60.00.01.00				
Зм.	Аркцш	Ш докцм.	Підп.	Датс	Станина складена			Літ.	Аркцш	Аркцшів
Розроб.	Андрасе							У		
Перевір.	Боровік							СНУ ім. В.Даля зр. М0-18зм		
Н.контр.	Шабрацький									
Затв.	Созонтов									

