

## РЕФЕРАТ

Даний дипломний проект присвячений підвищенню експлуатаційної надійності тягнуче-правильної машини МБЛЗ за рахунок конструктивних змін.

В спеціальній частині представлено опис вантажопотоків та склад обладнання конвертерного цеху. Наведено короткий опис ділянки безперервного лиття конвертерного цеху. Описана тягнуче-правильна машина та порядок її роботи. Вказані недоліки в роботі машини та розроблені заходи проекту на базі проведеного літературно-патентного огляду. Виконані енерго-силові, кінематичні розрахунки приводу машини, а також розрахунки на міцність деталей.

В розділі «Монтаж, ремонт і змащення обладнання» розроблено питання розбирання машини та розрахунок засобів її стропування. Також приведено обґрунтування способу кріплення машини до фундаменту, виконано розрахунок і вибір фундаментних болтів, розроблено схему геодезичного обґрунтування монтажу та розроблений порядок збирання та монтажу машини. Приведені вимоги до змащення машини.

В розділі «Організація технічного обслуговування і ремонтів» представлено планування організації ремонтів обладнання, надано штатний розклад ремонтного персоналу.

В розділі «Економічне обґрунтування інженерних розробок» обґрунтовано економічну доцільність пропонованих заходів.

В розділі «Техніка безпеки та охорона праці» наведено аналіз потенційно небезпечних факторів, що негативно впливають на персонал. Представлено заходи щодо поліпшення умов праці робітників, пропоновані заходи протипожежної безпеки.

Дипломний проект складається з графічної частини та пояснювальної записки. Графічна частина містить 3 креслення загальним обсягом 6,5 аркушів формату А1 та разом зі специфікаціями до них представлені в додатках до пояснювальної записки на 8 сторінках формату А4. Основна складова пояснювальної записки містить 84 сторінки формату А4, у тому числі рисунків – 24, таблиць – 3, перелік посилань – 17 найменувань.

Ключові слова: машина безперервного лиття заготовок, тягнуче-правильна машина, ролик приводний, ролик холостий.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ	5
ВСТУП	8
1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 КОНВЕРТОРНИЙ ЦЕХ (СХЕМА ВАНТАЖОПОТОКІВ І СКЛАД ОБЛАДНАННЯ)	9
1.2 КОРОТКИЙ ОПИС ДІЛЯНКИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ	12
1.3 ТЯГНУЧЕ-ПРАВИЛЬНА МАШИНА	15
1.3.1 Призначення тягнуче-правильної машини	15
1.3.2 Технічна характеристика	15
1.3.3 Опис конструкції	17
1.4 ПОРЯДОК РОБОТИ ТЯГНУЧЕ-ПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ	19
1.5 НЕДОЛІКИ В РОБОТІ ТЯГНУЧЕ–ПРАВИЛЬНИХ МАШИН МБЛЗ	23
1.6 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД	23
1.6.1 Класифікація роликів провідок	23
1.6.2 Огляд технічних рішень щодо конструкції роликів	33
1.7 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ, ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТЯГНУЧЕ–ПРАВИЛЬНИХ МАШИН МБЛЗ	38
1.8 РОЗРАХУНКИ МЕХАНІЗМІВ ТЯГНУЧЕ-ПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ	39
1.8.1 Розрахунок потужності електроприводу	39
1.8.2 Розрахунок вихідного хвостовика приводного ролика	41
1.8.3 Перевірка міцності шпонкового з'єднання	42
1.8.4 Розрахунок небезпечних перетинів приводного опорного ролика на витривалість	43
1.8.5 Визначення напруги вигину в бочці ролика	49
2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ	52
2.1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗБИРАННЯ ТЯГНУЧЕ-ПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ	52
2.2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР КАНАТУ ДЛЯ СТРОПІВ	53
2.2.1 Стропування машини та її вузлів	53
2.2.2 Розрахунок стропів для транспортування тягнуче- правильної машини	55

2.3	ВИБІР СПОСОБУ КРІПЛЕННЯ МАШИНИ ТА РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНИХ БОЛТІВ	56
2.4	РОЗРОБКА СХЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ МОНТАЖУ	62
2.5	ПОРЯДОК ЗБИРАННЯ, МОНТАЖУ ТА ВИВІРЯННЯ ТЯГНУЧЕ- ПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ	65
2.6	ЗМАЩУВАННЯ	69
3	ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ	73
3.1	Планування організації ремонтів обладнання	73
3.2	Штат і система оплати праці ремонтного персоналу	74
4	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК	76
4.1	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК	76
5	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	78
5.1	АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ	78
5.2	Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці	79
	ВИСНОВКИ	82
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	83
	ДОДАТКИ	85

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

МБЛЗ – машина безперервного лиття заготовок;

ТПМ – тягнуче-правильна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

$M_B, M_H$  – сумарні моменти від сил опору обертанню верхніх і нижніх роликів;

$\sum P$  – сумарна сила притиснення верхніх роликів, створювана дією гідроциліндрів;

$\sum G_B$  – сумарна вага верхніх роликів;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення зливка по роликах;

$\mu$  – коефіцієнт тертя в опорах роликів;

$d$  – діаметр цапфи ролика;

$G_C$  – вага частини зливка в межах прямолінійної ділянки роликової проводки;

$\sum G_H$  – сумарна вага нижніх роликів;

$M_{PB}$  – момент пластичного вигину за правки зливка на ролику;

$\sigma_\tau$  – межа текучості металу;

$W_{II}$  – пластичний момент опору перетину;

$h$  – ширина і висота заготовки;

$P_{II}$  – зусилля на ролик при пластичному вигині;

$t$  – крок роликів;

$M_{II}$  – додатковий обертальний момент від сил опору обертанню ролика за правки зливка;

$W_1$  – додаткова сила опору від руху вільної частини зливка по роликах рольганга;

$G'_C$  – вага частини зливка, що приходить на рольганг;

$\mu_P$  – коефіцієнт тертя в опорах роликів рольганга;

$d_P$  – діаметр цапфи ролика;

$D_P$  – діаметр бочки ролика;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення зливка по роликах рольганга;

$M_1$  – додатковий обертальний момент від сил опору на приводних роликах, що виникає внаслідок пересування вільної частини зливка по рольгангу;

$D$  – діаметр приводного ролика;

$M_\Sigma$  – сумарний обертальний момент на приводних роликах горизонтальної ділянки проводки;

$N_{cm}$  – статична потужність електродвигуна роликової секції;

$n_p$  – частота обертання роликів;

$\eta$  – ККД планетарно-черв'ячного редуктора;

$m$  – число електроприводів на горизонтальній ділянці роликової проводки;

$T_1$  – обертальний момент на приводному валу редуктора;

$\omega_{об}$  – кутова швидкість;

$T_2$  – обертальний момент на приводному хвостовику ролика:

$u_p$  – передавальне число редуктора;

$d_e$  – діаметр приводного хвостовика ролика;

$[\tau_k]$  – напруга на кручення, що допускається;

$b \times h \times \ell$  – ширина  $\times$  висота  $\times$  довжина шпонки;

$\sigma_{max}$  – напруга зминання та умови міцності;

$d$  – діаметр валу в місці шпонкового паза;

$t_1$  – глибина шпонкового паза;

$[\sigma_{зм}]$  – напруга на зминання, що допускається;

$S$  – коефіцієнт запасу міцності;

$S_\sigma$  і  $S_\tau$  – частинні коефіцієнти запасу міцності по нормальних напруженнях при вигині та дотичних напруженнях при крученні;

$\sigma_{-1}$  і  $\tau_{-1}$  – межі витривалості відповідно при вигині та при крученні з симетричним циклом зміни напружень;

$\sigma_a$  і  $\tau_a$  – амплітуди циклу напруження при вигині та крученні;

$\sigma_m$  і  $\tau_m$  – середня напруга циклу при вигині та крученні;

$\varepsilon_\sigma$  і  $\varepsilon_\tau$  – масштабні чинники при вигині та крученні, що враховують вплив розмірів перетину;

$k_\sigma$  і  $k_\tau$  – ефективні коефіцієнти концентрації напруження при вигині та крученні;

$M_{A-A}$  – згинальний момент від консольного навантаження;

$\ell_k$  – довжина консольної ділянки;

$W_{нетто}$  – момент опору вигину

$M_{B-B}$  – згинальний момент;

$F_B$  – навантаження на вал від приводу;

$\ell$  – довжина ділянки до перетину;

$W$  – момент опору перетину;

$D_{B-B}$  – діаметр валу в місці перетину;

$d$  – діаметр внутрішнього отвору в місці перетину;

$W_p$  – полярний момент опору перетину;

$\sigma_\delta$  – напруження вигину в бочці ролика;

$M_{зг}$  – згинальний момент;

$P$  – максимальне зусилля металу на ролик за правки;

$\ell$  – відстань між підшипниковими опорами;

$b$  – ширина заготовки;

$W_\delta$  – момент опору поперечного перетину бочки ролика на вигин.

## ВСТУП

Процес безперервного лиття заготовок дозволяє не тільки скоротити цикл металургійного виробництва, але й, що головніше, підвищити якість зливків у зв'язку з високим ступенем їх однорідності та техніко-економічні показники процесу їх отримання.

Сучасні МБЛЗ є високопродуктивними агрегатами великої одиничної потужності, з ефективними способами кристалізації завдяки застосуванню електромагнітних полів та являють собою автоматизовані системи у складі конверторних та електродугових виробництв. Максимальний ефект продуктивності машин безперервного лиття забезпечується при застосуванні в умовах киснево-конверторного виробництва способом «плавка на плавку», оскільки цикл конверторної плавки майже тотожний циклові розливання МБЛЗ.

Перспектива підвищення продуктивності МБЛЗ пов'язана із застосуванням машин радіального типу, які забезпечують вихід безперервного зливка в горизонтальному напрямку та створюють можливість продовження зони вторинного охолодження за рахунок горизонтальної ділянки. Проблеми збільшення швидкості розливання сталі, пов'язані зі створенням конструкцій кристалізаторів, які забезпечують рівномірне відведення тепла по периметру та більш ефективно використання довжини кристалізатора, а також із забезпеченням високої точності технологічного каналу МБЛЗ протягом тривалого періоду роботи.

Важливий напрямок при проектуванні нових МБЛЗ сполучення декількох операцій в одному агрегаті. У пропонованій роботі розглянуто один з таких агрегатів «Тягуче-правильна машина», яка виконує свої безпосередні функції, а також функцію введення затравки у кристалізатор.

## 1 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Конверторний цех (схема вантажопотоків і склад обладнання)

У системі вантажопотоків конверторного цеху розрізняють такі основні лінії [1,2]:

- подавання і завантаження брухту в конвертор;
- доставки і заливання рідкого чавуну;
- подавання, дозування і завантаження сипучих шлакоутворюючих матеріалів;
- подавання кисню;
- доставки, дозування, нагрівання і подавання феросплавів у сталерозливальні ківші;
- прийому, транспортування і розливання сталі;
- накопичення і переробки шлаку.

Схема основних вантажопотоків конверторного цеху представлена на рисунку 1.1.

Брухт подають залізничним транспортом у відділення магнітних матеріалів і розвантажують у прийомні бункери. Брухт завантажують у совки магнітно-грейферними кранами. Завантажені совки зважують і встановлюють на скраповоз, що подає їх на робочий майданчик конверторного корпусу *III*. На робочому майданчику встановлено три 160-тонні конвертери *3* і три ливарно-завалювальних крани *4, 10*, за допомогою яких здійснюється завантаження шихтових матеріалів у конвертер.

Рідкий чавун доставляють у чавуновозних ківшах *13* з доменного цеху в міксерне відділення *IV*, що складається з двох 1300 тонних міксерів *12* і трьох міксерних кранів, що здійснюють заливання чавуну в один з міксерів. У міру потреби чавун видають з міксера в ківші чавуновозів *11*, подаваних по робочій площадці в головний корпус, до конверторів. У конвертори чавун заливають ливарно-завалочним краном *10*.

Сипучі матеріали доставляють у шихтове відділення немагнітних матеріалів *II* залізничним транспортом і розвантажують у прийомні бункери. У видаткові бункери *9* конверторного корпусу *III* матеріали подають по похилому конвеєрному тракті *7* і реверсивним пересувним конвеєром *8*. Система дозування і



подавання б, що має у своєму складі віброживильники, терези-дозатори, конвеєри, проміжні бункери, забезпечує завантаження в конвертор певних порцій шлакоутворюючих матеріалів у процесі плавки, та при зливанні готової сталі.

Технічно чистий кисень подають у конвертор двома кисневими фурмами. Постачання здійснюється по магістралі з кисневого цеху.

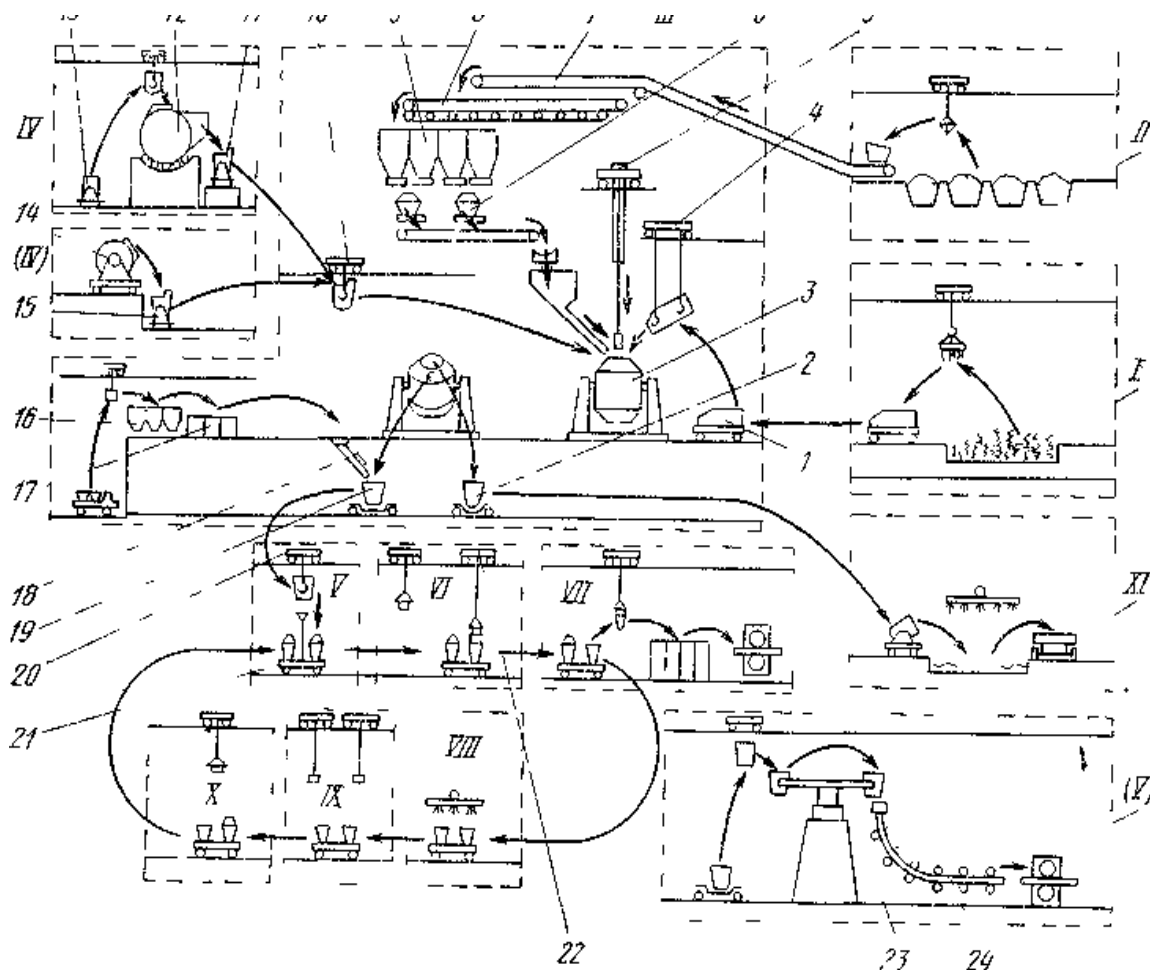


Рисунок 1.1 – Схема вантажопотоків сучасного киснево-конверторного цеху [1]

Феросплави доставляють у головний корпус у контейнерах залізничним транспортом і розвантажують краном у прийомні бункери 16. Потім у малих контейнерах тельфером доставляють до видаткових бункерів, відкіля через терези-дозатори по конвеєру 18 подають, під час зливання сталі з конвертора, у сталерозливальний ківш установлений на сталевозі 19.

Застосовують два основних способи розливання сталі: у виливниці, встановлені на візках, і на машині безперервного литва заготовок. В будь-якому разі, сталь зливають з конвертора в сталерозливальний ківш.

По першому способі ківш зі сталлю передають сталевозом в один з розливальних прогонів *V*. Виливниці заповнюють рідким металом з ківшу, переміщеного розливальним краном *20* над виливницями *21* розташованими на візках на залізничній колії, що утворюють склад керований локомотивом. Після затвердіння і повної кристалізації зливків склади з виливницями подають у відділення роздягання зливків *VI* для зняття прибуткових надставок і підриву зливків з розширенням до верху. Виливниці з розширенням до низу знімають з візків і направляють на підготовку. Всі операції виконують спеціальним краном *22*. Потім склад подають у нагрівальне відділення *VII* обтискного цеху, у якому зливки встановлюють у нагрівальні колодязі, а склад з порожніми виливницями спрямовують на установку охолодження *VIII*. Після чого вони надходять у відділення очищення та змашування *IX*, а потім у Цех підготовки складів з виливницями *X*, де на візки встановлюють піддони, центрові, прибуткові надставки тощо. Підготовлені склади знову подають у розливальне відділення. Виливниці експлуатуються по замкненому циклу роботи і підготовки.

По другому способі сталерозливальний ківш подають сталевозом на установку ківш-піч, де сталь проходить обробку на електро-дуговій установці, тут відбувається додаткове розкислення і рафінування сталі, що дозволяє домагатися практично 100% її відповідності стандартам за хімічним складом. Далі ківш розливальним краном встановлюють на розливальний стенд *23*, машини безперервного литва заготовок радіального типу *24*. Литі заготовки знімають зі столу пакетувальника одним із двох пратцен-кранів і відвантажують у прокатні цехи.

Шлак з конвертора зливають та накопичують у ківші шлаковозу *2*, що пересувається під конвертором за допомогою сталевозу, по заповненні ківшів шлаковози видаляються з-під конверторів і вивозяться на шлакові відвали локомотивами, після вистигання шлак переробляється в цеху шлакопереробки і відвантажуються споживачеві.

Річне виробництво сталі, складає біля 2 млн. тонн. Виплавляються низьколеговані, конструкційні й вуглецеві марки сталі.

Парк чавуновозних ківшів складає 7 шт.

Сталерозливальних ківшів 21 шт.

Скраповозів із совками 45 шт.

Шлаковозів з ківшами 39 шт.

## 1.2 Короткий опис ділянки безперервного лиття конверторного цеху

На рисунку 1.2 представлено розташування технологічних блоків на ділянці безперервного лиття конверторного цеху, що розроблено приватним акціонерним товариством «Новоукраїнський машинобудівний завод» (ПрАТ «НKMЗ») [3].

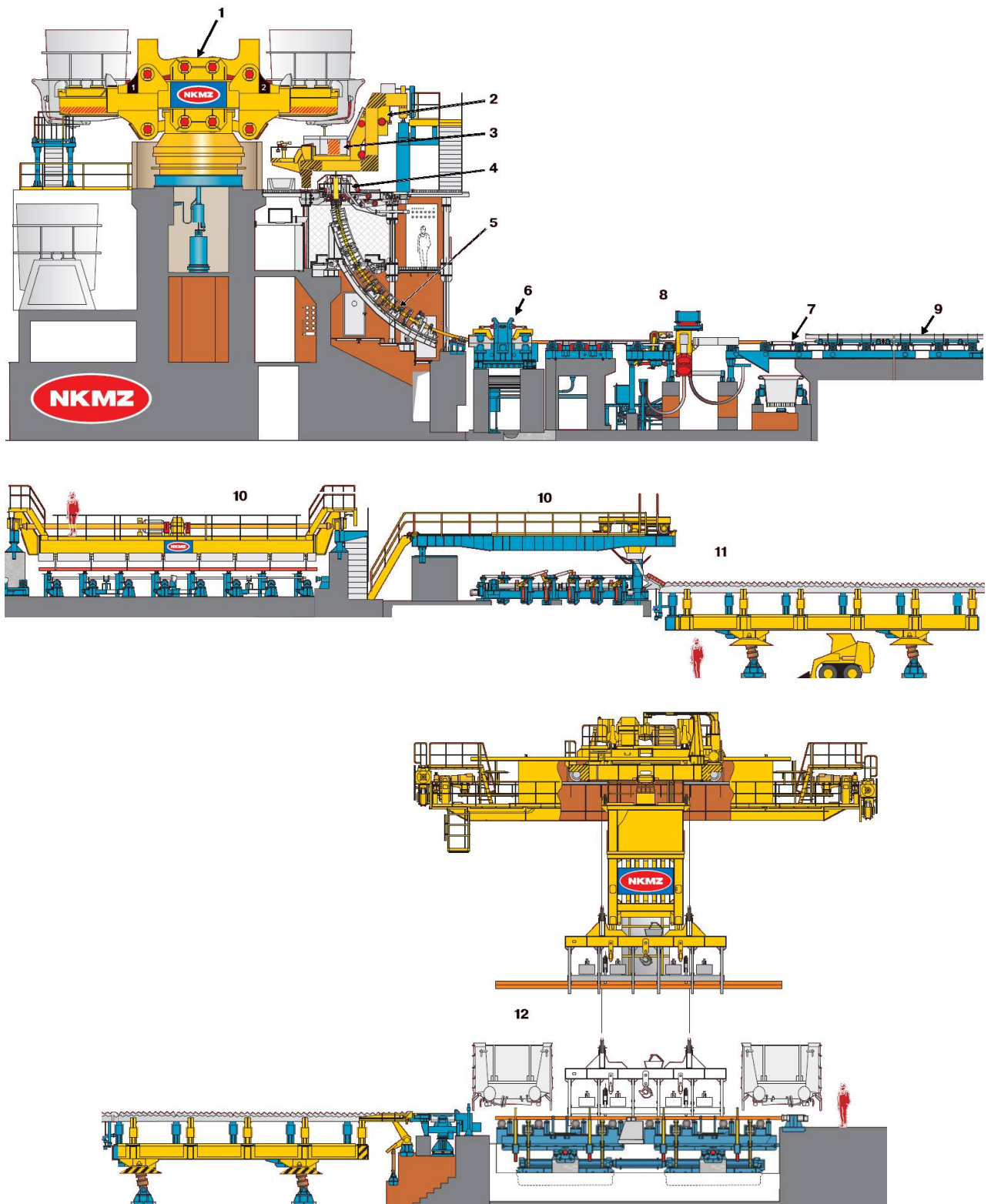
Кожен із зазначених на рис. 1.2 технологічних блоків має наступне призначення та конструктивні особливості:

1) сталерозливний стенд – стаціонарно встановлений пристрій підйомно-повертального типу. Стенд призначений для: розміщення на ньому сталерозливальних ківшів, повороту ківшів з резервного положення у положення розливання і назад, підйому й опускання ківшів при розливанні, безперервного зважування ківшів з металом. Стенд може повертатися в обох напрямках;

2) візок промківша. На ливарній площадці розташовані два візки напівпортального типу для проміжних ківшів. Візки призначені для переміщення проміжного ківша з резервної позиції в робочу і назад, утримання проміжного ківша при розливанні. Візок являє собою раму, на якій змонтовані механізм пересування, механізми підйому і центрування проміжного ківша відносно кристалізаторів;

3) промківш. Ківш проміжний призначений для прийому рідкого металу із сталерозливного ківша, розподілу його по кристалізаторам і забезпечення безперервності струмка при розливанні способом «плавка на плавку» під час заміни сталевих ківшів. Конструктивно ківш виконаний у вигляді сталевих кожухів, внутрішня порожнина якого футерована вогнетривким матеріалом. Для дозування подачі металу в кристалізатори в промківші встановлюються склянки-дозатори або стопорні механізми з можливістю ручного й автоматичного позиціонування. На випадок переповнення промківша передбачений аварійний переливний жолоб;

4) кристалізатор з механізмом качання. Кристалізатор призначений для формування злитка потрібного перерізу і його первинного охолодження. Кристалізатор встановлюється на раму механізму хитання по осі рівчака МБЛЗ. Механізм хитання кристалізатора призначений для передавання кристалізатору зворотно-поступального руху по ділянці кругової траєкторії, з радіусом кривизни гільзи кристалізатора. Метою хитання кристалізатора є запобігання застигання скоринки злитка на стінках гільзи й обриву безперервнолитої заготовки



1 – сталерозливний стенд; 2 – візок промківша; 3 – промківш; 4 – кристалізатор з механізмом качання; 5 – розливна дуга; 6 – тягнуче-правильна машина; 7 – транспортні рольганги; 8 – ріжучий пристрій; 9 – напівжорстка затравка; 10 – розвантажувальний стелаж; 11 – кантувальний холодильник; 12 – стелаж видавання

Рисунок 1.2 – Схема технологічних блоків на ділянці МБЛЗ [2]

(БЛЗ) на виході з кристалізатора. Механізм хитання складається з чотириланкового підйомного механізму з електричним приводом і який складається зі станини, важелів, вузла ексцентрика, приводу і рами. Зворотно-хитальний рух кристалізатора забезпечується вузлом ексцентрика, що обертається приводом;

5) розливна дуга. Містить установку підтримуючих роликів, котра призначена для спрямування заготовки і затравки на криволінійній ділянці між кристалізатором і тягнуче-правильною машиною, а також для встановлення колекторів з форсунками для подачі на заготовку охолоджувальної води. В зонах вторинного охолодження, здійснюється інтенсивне охолодження БЛЗ після виходу її з кристалізатора;

6) тягнуче-правильна машина (ТПМ) – призначена для витягування литої заготовки з кристалізатора з одночасним випрямленням дугоподібної заготовки, яка має кривизну базового радіуса, у прямолінійну і подаванні безперервної заготовки до ділильних ножиць;

7) транспортні рольганги. Рольганг розташований між ТПМ і гідравлічними ножицями, призначений для прийому заготовки на виході з ТПМ і передачі до ножиць, а також прийому і передачі затравки з рольганга після ножиць у ТПМ і радіальну частину МБЛЗ і назад. Рольганг розташований за гідравлічними ножицями, призначений для переміщення заготовок після розрізання на гідравлічних ножицях і передачі їх на рольганг перед холодильником, а також переміщення і зберігання затравок. Рольганги розділені на секції, ролики кожної секції виконані суцільними для трьох рівчаків;

8) ріжучий пристрій – містить ножиці гідравлічні призначені для розрізання на мірні довжини, обрізки головної і донної частин БЛЗ під час її руху. Передбачено роботу у автоматичному і ручному режимах. Ножиці складаються зі звареної станини, у верхній частині якої кріпиться верхній ніж, а у нижній – корпус гідроциліндра, на штоку якого кріпиться нижній рухливий ніж. Верхня частина станини за допомогою полози спирається на бігову доріжку верхньої опорної балки, нижня з'єднана з гідроциліндром ножиць, шток якого є направляючою для переміщення ножиць і закріплений за допомогою стоек на нижній опорній балці. Ножиці містять рухливе ковзало для спрямування заднього кінця відрізаної заготовки на рольганг за ножицями і жолобами для спрямування головної і хвостової обрізи у короб прибирання обрізків з-під ножиць;

9) напівжорстка затравка – призначена для утворення тимчасового дна в кристалізаторі перед початком розливання і подальшого витягування заготовки ТПМ;

10) розвантажувальний стелаж –призначений для передавання порізаної заготовки на кантувальний холодильник для охолодження;

11) кантувальний холодильник – призначений для прийому пакету заготовок з розвантажувального стелажа, поштучної видачі їх у зону переміщення й охолодження і формування пакету заготовок на стаціонарних балках штовхача. У процесі транспортування заготовка кантується на кут  $90^\circ$  при кожному циклі руху, що забезпечує рівномірне охолодження і максимальну прямолінійність заготовок. До складу охолоджувача, що кантує входять: пристрій який розпаковує, комплект нерухомих зубчатих рейок, з переміщенням від гідроциліндрів, комплект повзунів і направляючих;

12) стелаж видавання – призначений для формування та обв'язування пакету заготовок.

### 1.3 Тягнуче-правильна машина

#### 1.3.1 Призначення тягнуче-правильної машини

Установка «Тягнуче-правильних машин», розташована наприкінці зони вторинного охолодження радіальної сортової МБЛЗ [3]. Вона призначена для витягування литої заготовки з кристалізатора з одночасним випрямленням дугоподібної заготовки, яка має кривизну базового радіуса, у прямолінійну і подаванні безперервної заготовки до ділильних ножиць.

Загалом ТПМ виконує наступні операції:

- подавання затравки в кристалізатор;
- утримання затравки в кристалізаторі на час ущільнення зазорів;
- витягування затравки з литою заготовкою з кристалізатора;
- відділення голівки затравки від заготовки.

#### 1.3.2 Технічна характеристика

1. Тип МБЛЗ радіальний з напівжорсткою затравкою	
2. Базовий радіус, мм.	7000
3. Кількість рівчаків, шт.	6
4. Відстань між рівчачами, мм	1100

5. Випрямлення заготовки – дводонне, через проміжний опорний ролик.	
6. Радіус попереднього розгину, мм	14000
7. Перетин заготівель, мм	
не більш	150×150
не менш	100×100
8. Температура заготовки при виправленні, °С	850...1050
9. Матеріал заготовки – сталі різних марок по сортаменту МБЛЗ.	
10. Швидкість витягування заготовки, середня, м/хв.	
для перетину 100×100	5,5
для перетину 125×125	3,2
для перетину 150×150	2,5
базова по механізмах	0,5-6
11. Швидкість подавання затравки, м/хв	
до кристалізатора	5
при введенні в кристалізатор	0,5
12. Кількість клітей установок ТПМ, шт.	6
13. Кількість роликів у кліті, шт.	5
14. Кількість приводних роликів у кліті	3
15. Діаметр бочки ролика, мм	350
16. Довжина бочки ролика, мм	200
17. Крок правильних роликів, мм	1000
18. Привод роликів – індивідуальний електромеханічний на кожен ролик.	
19. Редуктор приводу – двоступінчастий планетарно-черв'ячний редуктор із загальним передавальним числом	317,7
20. Електродвигун приводу – 1РНЧ 103-4AF56 номінальною потужністю 7,5 кВт при номінальній частоті обертання 1500 хв <sup>-1</sup> , водоохолоджуваний, ПВ=100%	
21. Притиснення верхніх роликів – гідравлічне через важільний механізм.	
22. Гідроциліндр притиску ролика, що тягне:	
діаметр пуансона, мм	140/70
хід, мм	300
23. Гідроциліндр механізму відділення затравки:	

діаметр пуансона/штока, мм	80/40
хід, мм	100
24. Тиск у гідросистемі, МПа	10
25. Тиск води в системі охолодження, МПа	0,4...0,6

### 1.3.3 Опис конструкції

Установка тягнуче-правильних машин складається із шести однакових клітей (по одній кліті на кожен рівчак шестирівчачкової МБЛЗ), установлених на загальному базисі, що, у свою чергу, встановлюється на фундамент. Прорізи у фундаментах навколо базису закриваються знімними настилами.

Кліті взаємозамінні, встановлюються на базисі на спеціальних напрямних стрижнях (жорстко встановлених на базис), що забезпечують фіксацію положення кліті щодо осі рівчака. Кожна кліть кріпиться до базису чотирма болтами. На базисі розташовано також голівки спеціальних рухомих з'єднань, які з'єднують трубопроводи холодної води з розведеннями системи охолодження на кожную кліть. На кожную кліть передбачено сім з'єднань (одне для підведення води і шість для зливу). Замикання і розмикання цих з'єднань відбувається при установці або знятті кліті автоматично, без додаткового кріплення. Розведення трубопроводів гідравліки і змащування по клітях з підведеннями на базисі з'єднуються швидко рознімними з'єднаннями, підведення живлення до електрокабельної мережі та розведень по клітям виконано на спеціальних розніманнях. Місця підведення електроживлення, гідравліки і змащення розташовані на вихідній стороні клітей (з боку транспортного рольганга) і закриваються від теплового випромінювання заготовок, що рухаються, спеціальними знімними шторами з гнучкого вогнетривкого матеріалу.

Кожна кліть складається з п'яти роликів, з яких три нижніх – встановлені на опорній рамі, причому, перший по ходу руху заготовки (з боку дуги) ролик, виконаний приводним від електродвигуна через двоступінчастий планетарно-черв'ячний редуктор. Інші два нижніх ролики – холості. На середньому (опорному) ролику встановлений круговий імпульсний датчик. Два верхні ролики встановлені на хитних важелях верхньої стойки, закріпленої на опорній рамі, над першим і останнім роликами кліті та утворюють дві пари, що тягнуть. Верхні ролики виконані з індивідуальним приводом від електродвигунів через двоступінчасті планетарно-черв'ячні редуктори. Хитання важелів і притиснення верхніх роликів до заготовки, що рухається, здійснюється гідроциліндрами у



які вмонтовані шляхові датчики. Розташування роликів обране таким чином, що перша (по ходу руху заготовки) пара роликів контактує з заготівлею, що має кривизну базового радіуса (7 м), а друга – із прямолінійною галузкою заготівлі. Під час руху заготовки від першої пари роликів до другої, відбувається безперервне її випрямлення.

В опорній рамі кліті, з боку транспортного рольганга, установлений механізм відділення затравки від заготовки, конструктивно це холостий ролик на важелі, що має можливість повороту на шарнірах в опорній рамі таким чином, щоб твірна ролика в крайніх положеннях була вище і нижче твірної останнього нижнього ролика кліті (вище і нижче рівня руху заготовки). Поворот важеля здійснюється гідроциліндром, крайні положення ролика контролюються кінцевими вимикачами.

В усіх трьох гідроциліндрах, змонтованих на кліті (двох гідроциліндрах хитання важелів верхніх роликів і гідроциліндрі механізму відділення затравки), передбачена можливість дистанційного регулювання тиску. Крім того, для гідроциліндра механізму відділення затравки, передбачений режим роботи на низькому тиску (біля 0,4 МПа), подаваному в обидві порожнини циліндра водночас. Також, для установки оптимальної величини підйому ролика механізму відділення затравки над рівнем руху заготовки, передбачене регулювання ходу циліндра за допомогою обмеження повороту важеля механізмом регулювальним болтом, який розташовано на опорній рамі.

Усередині кліті між стінками рами і верхньої стойки розташований водоохолоджуваний кожух, що закриває заготовку з чотирьох боків за винятком прорізів, у яких розташовані ролики. Кожух виконаний рознімним із трьох секцій. Кожна секція являє собою зварену трубчасту конструкцію з прямокутних труб, по яких циркулює вода. Кожух служить для захисту конструкцій кліті від нагрівання тепловим випромінюванням заготовки.

На виході з кліті встановлені бічні лінійки для спрямування заготовки по осі ривчака та запобігання контакту бічних стінок кожуха з заготовкою, що рухається. Бічні поверхні лінійок, що можуть контактувати з заготівлею, наплавлені зносостойким термотривким сплавом.

Ролики і корпуси підшипників роликів мають внутрішнє проточне водяне охолодження. Також передбачене проточне водяне охолодження електродвигунів і масляних ванн редукторів. Бочки роликів наплавлені зносостойким термотривким сплавом.



Таблиця 1.1 – Специфікація кінематичної схеми (див. рис. 1.3)

Позначення	Назва	Призначення	Тип, характеристика	Кількість	
				на кліть	на ТПМ
1	2	3	4	5	6
1, 2, 3	Ролик приводний	Витягування і виправлення заготовки	Ø350 мм, довжина бочки 200 мм	3	18
4	Ролик опорний	Виправлення заготовки	Ø350 мм, довжина бочки 200 мм	1	6
5	Ролик холостий	Обмеження вигину заготовки при виправленні	Ø350 мм, довжина бочки 200 мм	1	6
6	Ролик механізму відділення затравки	Відділення голівки затравки від заготовки	Ø160 мм, довжина бочки 120 мм	1	6
Г1	Гідроциліндр	Притиснення до заготовки, ролика що тягне створення зусилля	Ø140 мм, хід 120 мм	1	6
Г2	Гідроциліндр	Притиснення правильного ролика до заготовки, створення зусилля виправлення	Ø140 мм, хід 300 мм	1	6
Г3	Гідроциліндр	Привод механізму відділення затравки, створення зусилля відділення затравки	Ø80 мм, хід 100 мм	1	6
ДИ1	Датчик круговий імпульсний	Вимір довжини заготовки	XH 860 (4096 імп./про.)	1	6
Д1, Д2, Д3	Електродвигуни	Привод обертання роликів 1, 2, 3	1PH4 103-4AF56 N =7,5 Вт, n=1500хв-1	3	18
ДП1	Датчик шляховий	Вимір розчину роликів, що тягнуть	LA-66-SSI з кутовим підведенням, вимірювана довжина-150 мм,	1	6
ДП2	Датчик шляховий	Вимір розчину правильних роликів	LA-66-SSI з кутовим підведенням, вимірювана довжина-350 мм	1	6
ВК1	Вимикач кінцевий	Контроль нижнього положення ролика механізму відділення затравки	ML441-11yt	1	6
ВК2	Вимикач кінцевий	Контроль верхнього положення ролика механізму відділення затравки, контроль відділення затравки	ML441-11yt	1	6

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
P1	Редуктор	Привод обертання ролика 1	Планетарно-черв'ячний, виконання "черв'як під колесом", загальне передавальне число 317,7	1	6
P2,P3	Редуктори	Привод обертання роликів 2, 3	Планетарно-черв'ячний, виконання "черв'як над колесом", загальне передавальне число 317,7	2	12

При вході в кліть ТПМ голівка затравки натискає на ролик механізму відділення затравки, втоплює його до рівня роликів рольганга. При цьому спрацьовує (звільняється) кінцевий вимикач, який фіксує верхнє положення ролика (ВК2 за кінематичною схемою).

По сигналу від ВК2, з витримкою часу, достатнього для проходження голівки затравки під правильним роликом 3 (орієнтовно 6-10 секунд), на затравку опускається правильний ролик 3 (подається тиск 5,5 МПа в поршневу порожнину гідроциліндра Г2) і, з витримкою часу, достатнього для проходження голівки запалу між роликами, що тягнуть, 1 і 2 (орієнтовно 30-35 секунд), на запал опускається верхній ролик, що тягне, 2 (подається тиск 5,5 МПа в поршневу порожнину гідроциліндра Г1). Після опускання роликів на запал, датчики, вбудовані в гідроциліндри (ДП1 і ДП2 за кінематичною схемою), повинні фіксувати розчин між роликами, рівний 130 мм (величину, що тотожна висоті ланок затравки) з відображенням відповідного значення на моніторі ЕОМ, що керує процесом. Поршневі порожнини гідроциліндрів Г1 і Г2 залишаються під тиском 5,5 МПа, забезпечуючи притиснення верхніх роликів до затравки з незмінним зусиллям.

Після опускання правильного ролика 3 на затравку по команді датчика ДП2, вбудованого в гідроциліндр (датчик ДП2 зафіксував розчин між роликами 130 мм), ролик механізму відділення затравки повинний опуститися в крайнє нижнє положення (фіксує ВК1).

Датчик імпульсів ДІ, установлений на опорному ролику 4, при проходженні затравки по ролику (останній повинний обертатися силою тертя затравки об ролик) відраховує пройдений затравкою шлях. Після просування затравки на відстань приблизно 10200 мм або здійснення правильним роликом 3 біля 10 обертів після опускання на затравку, приводи роликів ТПМ повинні зупинитися

і подавання затравки припиняється. Після зупинки затравки її передній кінець повинний знаходитися на відстані 600-800 мм від нижнього краю кристалізатора. Ця відстань уточнюється при пусконаладжувальних роботах, після чого відповідно корегуються показання датчика імпульсів ДІ, за яких припиняється подавання затравки (відключаються приводи роликів ТПМ).

Подальший просування затравки в кристалізатор відбувається на швидкості 0,5 м/хв по команді з майданчика керування, розташованого під кристалізатором. При надходженні цієї команди вмикається подача малого тиску (майже 0,35-0,4 МПа) водночас в обі порожнини гідроциліндра механізму відділення затравки і ролик піднімається, доки не упреться в затравку. Одночасно вмикаються приводи роликів ТПМ. Вмикання приводів роликів ТПМ при перебуванні ролика механізму відділення затравки в нижнім положенні (натиснутий ВК1) не допускається.

Подавання затравки в кристалізатор на швидкості 0,5 м/хв продовжується при постійному контакті ролика механізму відділення затравки з запалом. Ролик обкочується по останній ланці затравки та піднімається в крайнє верхнє положення до спрацьовування ВК2 при сході з його останньої ланки. При спрацьовуванні ВК2 подавання затравки припиняється, при цьому голівка затравки повинна бути введена в кристалізатор приблизно на 100 мм. Після спрацьовування ВК2 подавання затравки убік кристалізатора забороняється як у ручному, так і в автоматичному режимах керування.

Верхні ролики установки ТПМ залишаються притиснутими до затравки, тиск у поршневих порожнинах гідроциліндрів Г1 і Г2 залишається не менш 5,5 МПа.

У цьому положенні затравка введена у кристалізатор утримується нерухомою певний час для ущільнення зазорів між голівкою затравки і стінками гільзи кристалізатора, а також заповнення кристалізатора рідким металом. Затравка призначена для утворення тимчасового дна в кристалізаторі при його заповненні металом на робочу висоту і подальшого протягання зливка по не приводній і приводній роликівих провідках на початковій стадії литва.

## 1.5 Недоліки в роботі тягнуче–правильних машин МБЛЗ

Враховуючи досвід експлуатації тягнуче–правильних машин МБЛЗ в умовах металургійних підприємств України [4-6] слід відмітити наступні недоліки в їх роботі:

- підвищений знос поверхонь роликів, що призводить до дефектів на поверхні зливка, що витягується;
- заклинювання опорних підшипників роликів, що призводить до додаткового навантаження на привод.

Причиною вказаних недоліків в роботі тягнуче–правильної машини, безумовно є проблеми охолодження роликів під час роботи.

## 1.6 Літературно-патентний огляд

### 1.6.1 Класифікація роликівих проводок

#### НЕПРИВОДНІ РОЛИКОВІ ПРОВОДКИ [1]

Міцність скориночки тверднучого зливка, що виходить з кристалізатора замала, тому для попередження її розтріскування і розриву за кристалізатором встановлюють неприводну роликіву проводку, забезпечену подовжніми і поперечними роликами, розташованими напроти чотирьох граней зливка. До неприводної роликівої проводки, часто званою першою неприводною роликівою секцією, пред'являються певні вимоги, обумовлені частими проривами рідкого металу і необхідності точного розташування роликів по відношенню до технологічної осі машини: простота конструкції, висока точність установки і можливість її регулювання ( $\pm 0,3$  мм), можливість швидкої заміни (не більше 90 хв).

Висловленим вимогам в основному задовольняє неприводна роликіву проводка радіальної МБЛЗ фірми "Демаг" (рисунок 1.4).

Корпус 1 проводки виконаний роз'ємним з чотирьох фігурних стінок зварної конструкції і опирається лапами 14 і 18 на раму. Регулювання положення корпусу по осі машини проводять болтами 16 і пружинно-гвинтовим пристроєм 5 з конічною пружиною 6 і регулювальним гвинтом 7. Після вивіряння корпус закріплюють на рамі клинами 15 і 17. Крім такого способу кріплення, часто використовують шарнірне з'єднання корпусу з двома опорами, які для регулювання мають можливість роздільного переміщення в горизонтальному напрямі.

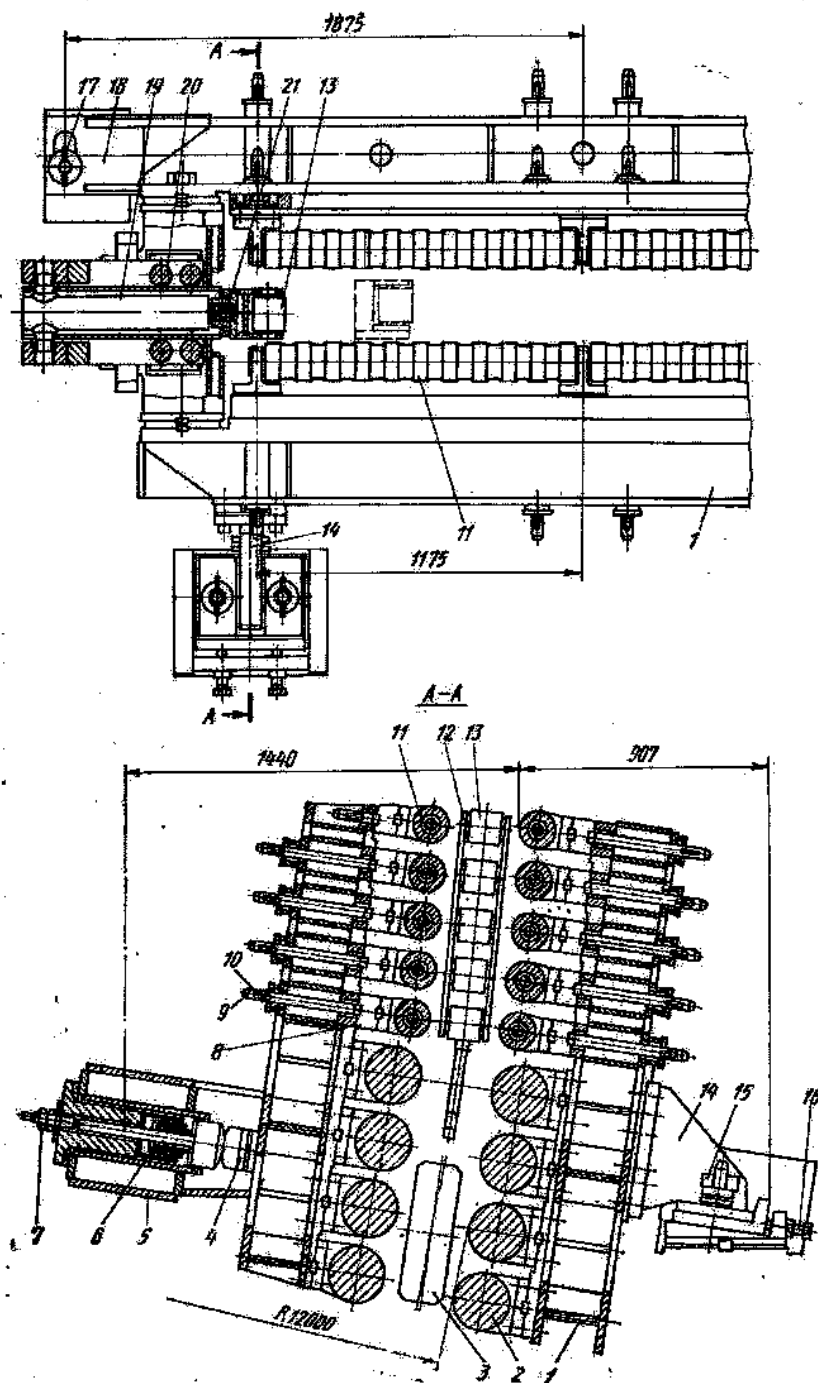


Рисунок 1.4 – Неприводна роликів проводка

У верхній частині корпусу по кожній широкій грані зливка встановлено в два ряди десять подовжніх роликів 11 малого діаметра і в нижній частині чотири ролики 2 більшого діаметру. Ролики малого діаметра, як правило, виконують ребристими. Опори осей роликів сполучають болтами з планками §, які пов'язують з подовжніми стінками корпусу за допомогою штанг 9 з клиновими замками 10. Така конструкція забезпечує швидку вузлову заміну комплекту

двох роликів. Опори осей роликів більшого діаметра прикріплюють до стінок на заставних шпонках болтами.

Поперечні ролики 13 встановлені проти вузьких граней зливка у верхній частині корпусу в двох касетах 12 по п'ять роликів в кожній. В нижній частині корпусу замість роликів застосовано два черевики 3. Касети роликів і черевики сполучені з штангами прямокутного перетину, що входять в роликові напрямні 20. Переміщення штанг, а разом з ними роликів і черевиків проводять при переході з однієї ширини відливаного сляба на іншу гідроциліндрами 19, шарнірно сполученими з корпусом. Зв'язок штока гідроциліндра з касетою здійснений через сферичну опору 21.

При переході з однієї товщини литої заготовки на іншу в діапазоні 200 – 300 мм проводять заміну проміжних пластин, встановлюваних між подовжніми і поперечними стінками. Крім цього, змінюють довжину наконечника пружинно-гвинтового пристрою.

Розміри і конструкція проводки вибрані з умов можливості її заміни мостовим краном через отвір в рамі кристалізатора. Застосування клинових з'єднань у вузлах кріплення проводки забезпечує її швидкий монтаж і демонтаж. При значному прориві металу передбачена можливість подовження блоку, що включає кристалізатор з рамою, що коливається, і неприводну роликову проводку.

З метою прискорення монтажних і демонтажних робіт в конструкції МБЛЗ комбінату "Азовсталь", як і у ряді зарубіжних машин, кристалізатор і неприводна роликова проводка об'єднані в один загальний вузол.

Недолік розглянутої роликової проводки полягає в розташуванні гідроциліндрів переміщення поперечних роликів усередині корпусу, що ускладнює її конструкцію та потребує застосування швидко роз'ємних з'єднань для високо напірних маслопроводів.

Роликова проводка, розроблена Південним Уралмашзаводом і ВНШметмашем, не має відзначених недоліків. Гідроциліндри переміщення поперечних роликів винесені за межі корпусу проводки. Враховуючи, що рідким металом при аварії заливаються в основному верхні ролики, проводка виконана з двох секцій, що дозволяє замінювати тільки одну верхню секцію.



## Приводні роликові проводки [1]

Призначені для попередження розтріскування скориночки зливка нижче неприводної проводки, переміщення зливка уздовж технологічної осі машини і його правки. Приводна роликова проводка може складатися з двох – трьох типорозмірів роликових секцій чи і з одних секцій трьох – чотирьох видів.

До приводної проводки пред'являються певні вимоги, які впливають за наявності рідкої фази в зливку і умов роботи машини, – витягання зливка повинне здійснюватися з можливо як найменшими зусиллями з боку роликів на кірку, перевантаження роликів при витяганні і розгинанні захоложеного зливка та пропуску напливів на його поверхні повинні бути зведені до мінімуму; конструкція проводки має забезпечувати прибирання зливка, що захолов, шматками не менше три метри у разі виникнення аварії і заміну секції в найкоротший час, який на кращих МБЛЗ не перевищує 35 хв.

Залежно від типу механізму переміщення і притиснення верхніх роликів розрізняють секції з гідравлічними і пружинно-гвинтовими механізмами. На рис. 1.5 показана десятироликова секція з гідравлічними механізмами переміщення верхніх роликів. Секція складається з фігурної зварної станини 3, в якій встановлено п'ять неприводних роликів 4, рухомої рами 8 з чотирма неприводними роликами 6, чотирьох гідроциліндрів 5 переміщення рами, приводного ролика 7 і двох гідроциліндрів 10 його переміщення. Приводний ролик одержує обертання від електродвигуна через планетарний редуктор і шпindel.

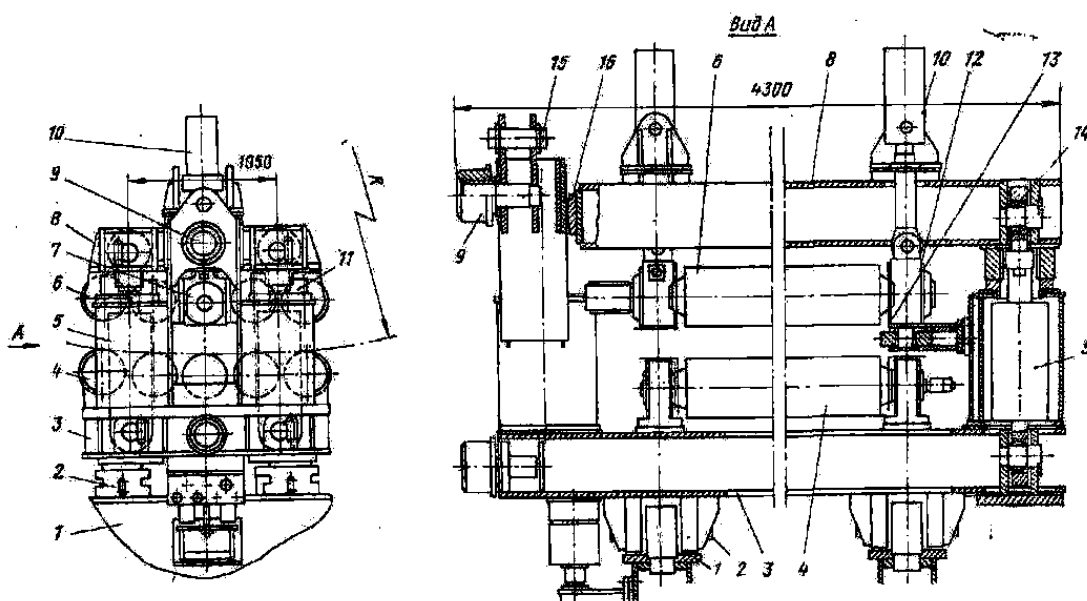


Рисунок 1.5 – Десятироликова секція

Станину встановлюють на опорні балки 1 і закріплюють клиновими з'єднаннями 2. Рухома рама змонтована в напрямних 16 станини і зв'язана сферичними шарнірами 14 з гідроциліндрами переміщення. Останні у свою чергу шарнірно закріплені в станині. На рамі встановлені гідроциліндри переміщення приводного ролика, сполучені штоками з подушками 12 підшипників. Така конструкція забезпечує переміщення рами разом зі всіма верхніми роликами і окреме переміщення приводного ролика.

Гідроциліндри переміщення рами виконують декілька функцій: в робочому положенні притискають рухому раму до стоек станини, внаслідок чого ролики сприймають навантаження тільки від феростатичного тиску усередині зливка; при аварійній ситуації та регулюванні машини проводять швидкий підйом роликів в крайнє верхнє положення; обмежують навантаження на ролики при витяганні охололого зливка. Приводний ролик переміщується вниз при введенні в машину затравки, яка має меншу висоту, ніж зливко. Регулювання секції при переході з однієї товщини заготовки на іншу здійснюють заміною фігурних прокладок 11.

Опорні вузли роликів мають дворядні конічні роликопідшипники. Для попередження попадання окалини і води всередину підшипників застосовані сальникові ущільнення і встановлені відбійні щитки 13. На станині закріплені з двох сторін по два ходові ролики 9, які входять у фігурні напрямні над радіальною частиною приводної роликової проводки і служать для підйому і опускання секції при заміні. Для захоплення мостовим краном станини секції передбачена проушина із заставними пальцями 15.

Тягнуче-правильна машина, що входить до складу приводної роликової проводки МБЛЗ, приведена на рис. 1.6.

Машина складається з трьох окремих роликових секцій, що примикають один до одного і встановлених на фундаментні балки 8. Перша секція по ходу зливка призначена для його правки, друга і третя секції – для створення зусилля, що тягне, і видавання зливка на приймальний рольганг. В кожній секції встановлено два ряди роликів – верхніх 5 і нижніх 6. Ролики верхнього ряду, за винятком трьох в першій секції, неприводні. В першій і другій секціях нижні приводні ролики чергують через один – три з неприводними (на рис. 1.5 приводні ролики позначені кульками). В третій секції всі нижні ролики приводні, що обумовлено необхідністю отримання значного зусилля, що тягне, для переміщення і видачі затверділого зливка на рольганг.

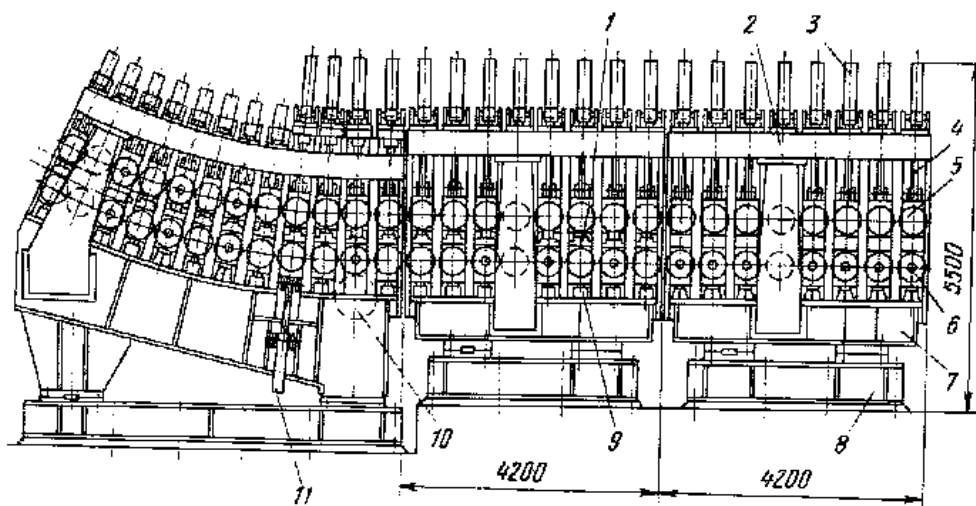


Рисунок 1.6 – Тягнуче-правильна машина фірми "Демаг"

Оскільки нижній ролик, розташований в місці переходу радіальної частини в горизонтальну при правці зливка він сприймає дію максимального навантаження, передбачена установка опорного ролика 10 великого діаметра, притиснутого двома гідроциліндрами до робочого ролика. З метою запобігання поломки нижніх роликів першої і другої секції при можливих перевантаженнях в їх опорних вузлах встановлені короткоходові гідроциліндри 9.

Для кращого маніпулювання при видачі порізаних шматків зливка в аварійній ситуації один з нижніх роликів на перехідній ділянці виконаний рухомим. Його вертикальне переміщення здійснюється двома гідроциліндрами 11. Подушки підшипників верхніх і нижніх роликів розміщені між стойками станини 7. Кожний верхній ролик переміщується по нормалі до технологічної осі і притискається до зливка двома гідроциліндрами 3, шток 4 яких шарнірно сполучений з подушками підшипників. Відстань між роликами в перших двох секціях регулюють змінними прокладками 1. Стойки станини у верхній частині зв'язані подовжніми балками 2, розташованими з обох боків. Конструкція станини забезпечує швидку заміну робочих роликів повузловим методом.

Поперечний перетин тягнуче-правильної машини приведений на рисунку 1.7. Приводи секцій роликової проводки і тягнуче-правильної машини уніфіковані і складаються з електродвигуна постійного струму потужністю 5,5 кВт, планетарного редуктора з циліндровими колесами і шпинделя з універсальними шарнірами Гука. Застосування останніх обумовлено необхідністю швидкого з'єднання і роз'єднання ролика з приводом. Максимальний крутний момент на вихідному валу редуктора 25 кН·м. Швидкість витягання зливка регулюється в

діапазоні 0 – 3 м/хв зміною частоти обертання електродвигуна. Введення затравки в машину здійснюється на швидкості 4,5 м/хв.

Застосування гідравлічних механізмів переміщення і притиску в приводній роликівій проводці дозволило значно зменшити перевантаження і кількість поломок роликів при пропуску перехолодженого зливка і напливах на його поверхні; значно прискорити операції при переналагодженню МБЛЗ на литво заготовки різної товщини; забезпечити прискорену видачу з машини зливка, що захолов, заздалегідь порізаного на частини, розмиканням роликів; застосувати просту у виготовленні і надійну в роботі затравку ланцюгового типу.

Недоліки проводки:

- велика кількість гідроциліндрів, що досягає на дворівчачові машині 250;
- знижується надійність через застосування для підведення масла до гідроциліндрів високонатискних шлангів;
- недостатня уніфікація вузлів проводки, оскільки застосовані роликіві секції і тягнуче-правильна машина;
- при видачі охололого зливка перевантаження роликів досягає 2-кратного значення.

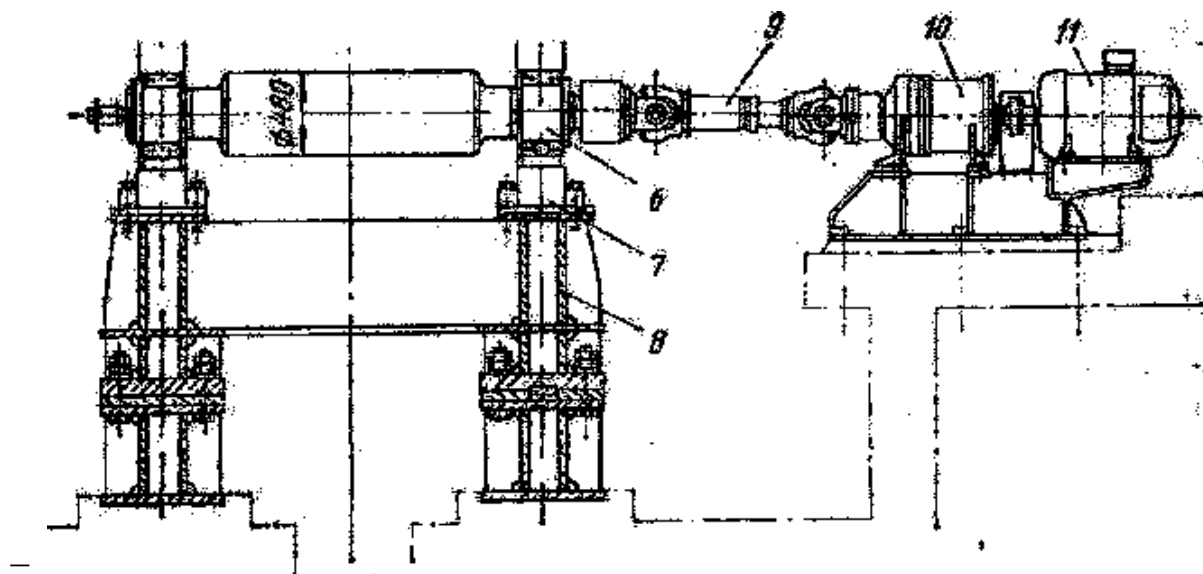


Рисунок 1.7 – Поперечний перетин ТПМ

ВНШметмашем створена конструкція приводної роликівій проводки, що має значні переваги перед розглянутою. З метою уніфікації вузлів, підвищення технологічності і зниження вартості виготовлення, поліпшення умов монтажу, ремонту і обслуговування привідна роликівіа проводка виконана з окремих чо-

тирироликів секцій одностипної конструкції і відмінних діаметрами роликів і зусиллями гідроциліндрів.

На рисунку 1.8 представлена конструкція чотирироlikової секції з гідравлічним механізмом переміщення і притиснення верхніх роликів. Секція складається з рами 8 з опорною плитою 7, двох неприводних верхніх роликів 2, нижніх роликів – приводного 6 і неприводного 5, траверси 1, двох балансирів 4 і двох гідроциліндрів 9, закріплених в гніздах рами.

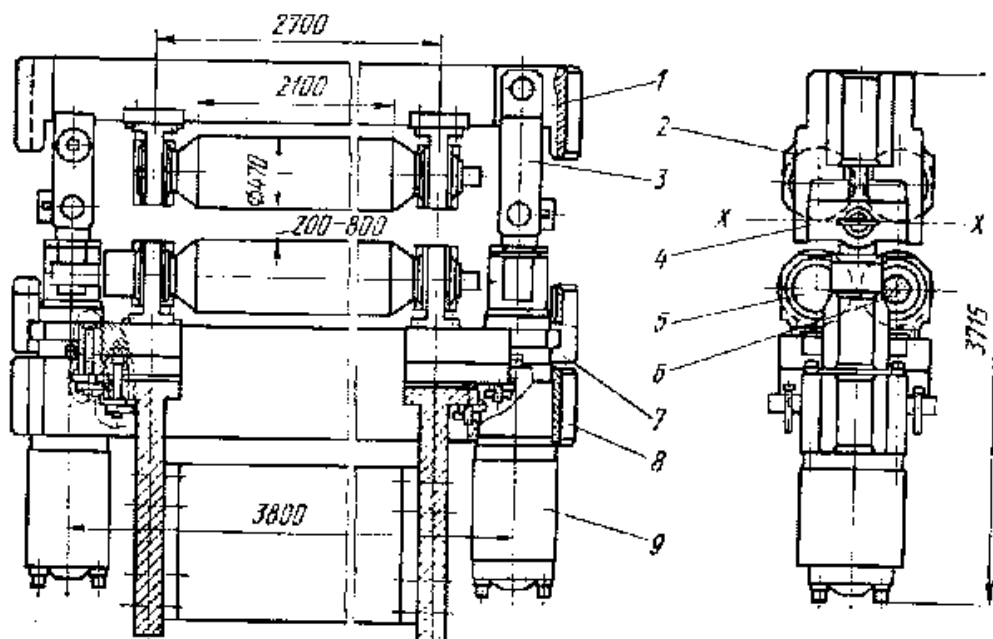


Рисунок 1.8 – Чотирироlikова секція

Підшипникові опори нижніх роликів встановлені на плиті 7, опори верхніх роликів прикріплені до рухомої траверси. Остання сполучена балансирами з штоками гідравлічних циліндрів. Застосування балансирів з двома взаємно перпендикулярними циліндровими шарнірами, розташованими в площині нижніх твірних роликів (площина X – X рис. 1.8), забезпечує рівномірний розподіл зусиль гідроциліндрів між двома верхніми роликами. З одного боку з'єднання траверси з балансиrom виконано сережкою 3 для виключення додаткових навантажень при перекосах рухомої системи, що виникають у разі нерівномірного ходу штоків гідроциліндрів, завдяки цьому відпала необхідність в гідравлічній системі синхронізації їх роботи. Спеціальні пристрої, введені в гідроциліндри, забезпечують положення верхніх роликів і необхідну силу притиснення, що задається. При необхідності верхні ролики можуть бути підняті в крайнє положення для пропуску шматків зливка, що захолов. Горизонтальні навантаження сприймають плунжери гідроциліндрів, поміщені в посилені кільцеві напрямні.

Така конструкція дозволила виключити стойки і дещо зменшити металоємність, поліпшити умови проведення ремонту і ліквідації аварій при прориві металу і полегшити розрізання зливка, що захолов. Привод секції складається з електро-двигуна, планетарного редуктора і шпинделя.

Переваги роликової проводки конструкції ВНШметмаша порівняно з розглянутою конструкцією "Демаг" полягають в наступному:

- значно зменшена кількість гідроциліндрів;
- стаціонарне розташування гідроциліндрів дозволило виключити високо-натискні шланги і тим підвищити надійність роботи гідросистеми;
- застосування балансірної опори верхніх роликів дало можливість побудувати системи синхронізації роботи гідроциліндрів і зменшити навантаження на ролик при видачі охолодженого зливка шматками, яка в чотирироликовій секції не перевищує сили дії одного гідроциліндра;
- з'явилася можливість більш широкої уніфікації приводних проводок, оскільки чотирироликові секції можна використовувати в МБЛЗ з різними радіусами технологічної осі.

Приводні роликові проводки радіальних і криволінійних МБЛЗ комбінату "Азовсталь" забезпечені роликовими секціями з пружинно-гвинтовими механізмами переміщення і притиску верхніх роликів.

На рисунку 1.9 показана шести роликова секція конструкції УЗТМ, встановлювана на радіальних і криволінійних ділянках приводних проводок.

Секція складається з литої рами 10 зі встановленими на ній трьома нижніми роликами 11, рухомої траверси 8 з трьома верхніми роликами 12, механізму вертикального переміщення верхніх роликів з двома гвинтами рухомими поступально, пружинних пристроїв з пакетами великих 6 і малих 7 тарілчастих пружин і два приводи нижніх роликів. Рама встановлена на литі фундаментні балки 1. Ролики верхнього ряду неприводні; в нижньому ряді крайні ролики приводяться від індивідуальних приводів. Середні ролики верхнього і нижнього рядів виконані меншого діаметра, ніж крайні. Траверса вільно опирається на хвостовики 5 двоходових гвинтів черв'ячно-гвинтових редукторів. Між траверсою і гайками на хвостовиках встановлені пакети великих тарілчастих пружин, укладених в обойми. Зусилля попереднього стиснення пружин регулюється болтами, розташованими по колу обойми. Траверса зміщується по хвостовикам для запобігання поломки роликів, коли зусилля на крайні ролики перевищить

силу попереднього стиснення пружин. Аналогічним чином настроюють тарілчасті пружини середнього верхнього ролика.

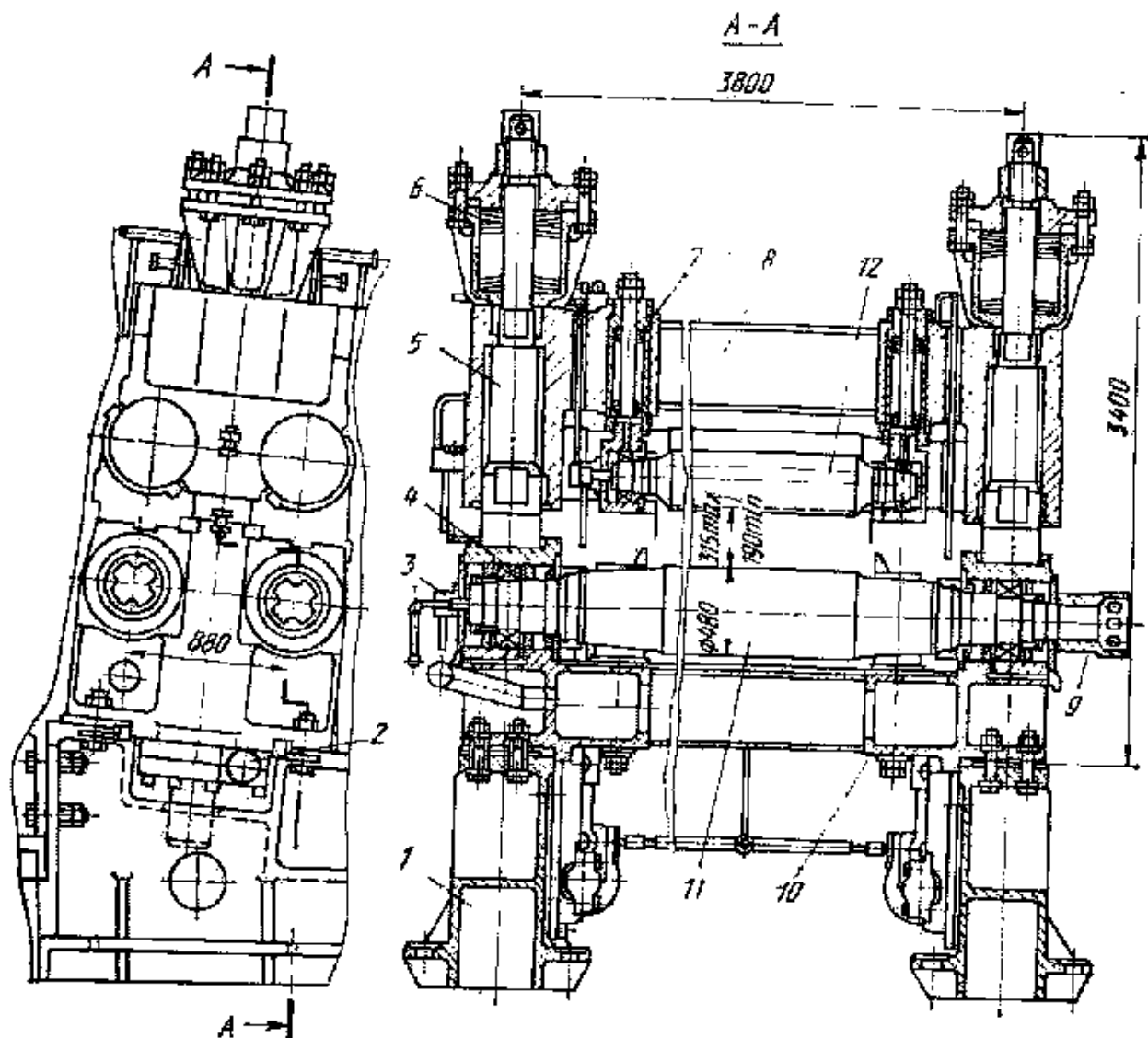


Рисунок 1.9 – Шестироликів секція конструкції УЗТМ

Механізм підйому верхніх роликів складається з електродвигуна, планетарного редуктора, проміжного валу із зубчастими муфтами і двох черв'ячно-гвинтових редукторів 2, вмонтованих в опорну раму. Швидкохідні вали редукторів зв'язані між собою проміжним валом, який забезпечує синхронний рух ходових гвинтів. Величина їх ходу забезпечує необхідне розведення роликів при пропуску шматків зливка, що захолює. Горизонтальні зусилля сприймають хвостовики гвинтів, поміщені в напрямні втулки опорної рами.

Опори роликів містять дворядні сферичні роликотітшипники 4. Всі ролики секції водоохолоджувані. В тілі ролика з неприводної сторони виконаний центральний глухий отвір, в який введена трубка. По центральному і кільцево-

му каналу здійснюється підведення і відведення води через водорозподільник 3 з сальниковим ущільненням. Останній сполучений з напірним і зливним водогонами.

Кожний з двох приводних роликів приводиться від електродвигуна постійного струму через планетарний редуктор і проміжний вал із зубчастою і роликко-сферичною 9 муфтами. Така конструкція приводу є загальноприйнятою на вітчизняних і зарубіжних МБЛЗ. Це рішення обумовлене тим, що електродвигуни постійного струму відносно просто дозволяють регулювати швидкість і одержувати широкий діапазон розмірів злиwkів. Планетарні редуктори з циліндровими колесами забезпечують основні вимоги до трансмісії механізму роликкової секції – велике передавальне число і крутний момент на вихідному валу при мінімальних габаритах. Шпинделі з універсальними шарнірами і проміжні вали з компенсуючими муфтами забезпечують нормальну роботу приводу при перекосах і неспіввісному розташуванню валів і, крім того, дозволяють винести електродвигун і редуктор із зони безпосередньої теплової дії та уникнути їх заливання рідким металом при аварії.

Технічна характеристика приводу шістироликової секції

Максимальний крутний момент, на вихідному валу редуктора, кН·м	75
Передавальне число редуктора	594
Електродвигун:	
потужність, кВт	32
частота обертання, об/хв	1000
Маса, т	3,9

#### 1.6.2 Огляд технічних рішень щодо конструкції роликів

Однією з головних задач при конструюванні ТПМ є ефективне охолодження роликів, що безпосередньо контактують з гарячим металом, та їх підшипникових опор, котрі знаходяться в зоні дії високих температур. Розглянемо деякі ефективні рішення, щодо зменшення впливу цих негативних факторів.

Відомий валок [7] у якого, з метою підвищення ефективності охолодження валка і збільшення терміну його служби, на зовнішній поверхні циліндрового сепаратора, що встановлений у внутрішній порожнині валка, виконані ребра, які утворюють канали з внутрішніми стінками валка, причому ребра сепаратора можуть бути розташовані паралельно осі валка або по спіралі.



На рис. 1.10 представлений подовжній розріз даного валка і його перетин А-А.

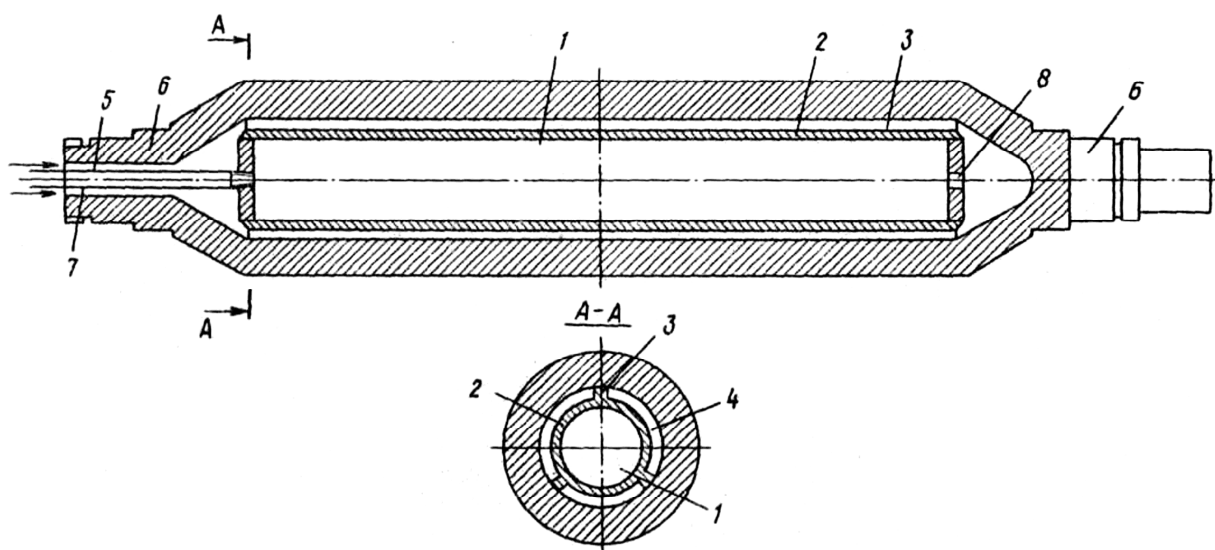


Рисунок 1.10

Водоохолоджуваний валок має внутрішню порожнину 1, в якій встановлений циліндровий сепаратор 2, що має ребра 3, виконані паралельно осі валка і які утворюють канали 4 з внутрішніми стінками валка. Ребра можуть, бути виконані по спіралі. Сепаратор являє собою тонкостінну трубу, заглушену з обох боків.

Вода підводиться через отвір 5, виконаний в одній з цапф 6 і зливається по трубі 7.

Цапфи 6 валка утворені шляхом опресовування його кінців, причому сепаратор 2 встановлюють в порожнині валка перед опресовуванням цапф 6.

Охолодження валка здійснюють таким чином.

Воду, для охолодження валка подають через порожнисту цапфу 6 в зазор між зливною трубою і стінкою отвору цапфи 6. Потім вода йде уздовж каналів 4 і через отвір 8 поступає у внутрішню порожнину сепаратора 2. Зливають воду через трубу 7, розміщену в порожнистій цапфі 6.

Описаний валок дозволяє підвищити ефективність його охолодження і збільшити термін служби. Це забезпечується за рахунок високої швидкості руху охолоджувача у вузьких каналах, утворених ребрами сепаратора. Причому величина швидкості достатня для запобігання утворенню пари, що погіршує відбір тепла в місці контакту при відносно невеликій витраті води.

Особливо ефективний відбір тепла при спіральному розташуванні каналів, оскільки при цьому охолоджуюча вода одержує обертальний рух і омиває то гарячу, то холодну внутрішню поверхню валка, що забезпечує більш рівномірне відведення тепла.

Стійкість валка пропонованої конструкції підвищується приблизно удвічі, а норма витрати таких валків складає 0,2 валки в тиждень на одному ривчаку.

Відомий валок [8] у якого, з метою підвищення надійності і терміну служби, труба для подачі охолоджувача по довжині валка забезпечена кожухом, виконаним у вигляді двох конусів, сполучених основами в середній частині валка. При цьому, в процесі роботи має місце більш рівномірний розподіл температури уздовж бочки валка, що сприяє зниженню виникаючих при цьому температурних напружень і деформацій, що порушують нормальний режим роботи.

На рис. 1.11 показаний валок, подовжній розріз, і його поперечний перетин.

Валок містить бочку 1 з внутрішнім каналом 2, трубу 3 для подачі охолоджуючої рідини, кожух 4, виконаний у вигляді двох конусів, сполучених основами в середній частині ролика, і кільцевий канал 5 для проходу охолоджуючої рідини.

Форма кожуха 4 знайдена з аналізу критеріального рівняння конвективного теплообміну в кільцевому каналі.

Пристрій працює таким чином.

По трубі 3 у внутрішній канал 2 валка подається охолоджуюча рідина. Оскільки труба 3 забезпечена кожухом змінного діаметра, то при постійній витраті охолоджуючої рідини уздовж осі ролика має місце різний розподіл швидкостей, що визначаються площею кільцевого каналу 5. В результаті збільшується тепловіддача в тій частині валка, де має місце контакт із злитком (середня частина валка), і зменшується до кінців бочки валка, тобто пропонований пристрій дозволяє вирівнювати розподіл температури уздовж бочки валка.

Відома підшипникова опора роликів МБЛЗ, що самовстановлюється [9], яка дозволяє підвищити термін служби підшипника шляхом поліпшення умов змащування і видалення продуктів зносу поверхонь, що труться.

Це досягається тим, що зовнішня і внутрішня обойми виконані відповідно з опуклою і увігнутою тороїдальними поверхнями, при цьому внутрішня обойма складається з двох сполучених між собою кілець з роз'ємом в площині, перпендикулярній осі підшипника і яка проходить через вершину поверхонь ков-

зання. Крім того, в одному з кілець внутрішньої обойми виконані паралельно осі підшипників отвори, сполучені радіальними отворами з кільцевою змащувальною канавкою, при співвідношенні діаметрів отворів відповідно рівним 2–3.

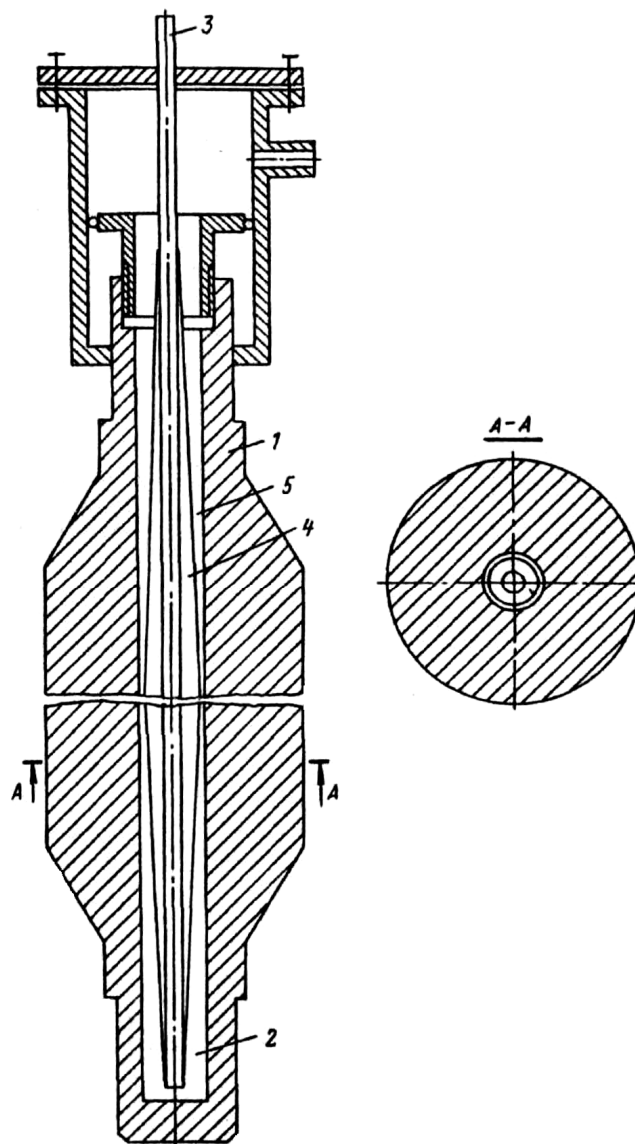


Рисунок 1.11

Величина переміщення поверхонь ковзання один щодо одного при наявних вигинах ролика незначна і цілком може бути забезпечений за рахунок зазору між обоймами, що дозволить збільшити площу контакту поверхонь ковзання.

На рис. 1.12 показаний підшипник, який містить зовнішню обойму 1 і внутрішню обойму, що складається з двох кілець 2 і 3 що сполучаються між собою болтами 4. В кільці 2 внутрішньої обойми виконано паралельно осі підшипника отвір 5, що з'єднується радіальним отвором 6 з кільцевою змащувальною по-

рожниною 7. Внутрішня обойма насаджена на цапфу ролика 8 і утримується від осьового переміщення упорною шайбою 9. Співвідношення діаметрів отворів 5 і 6 дорівнює 2–3.

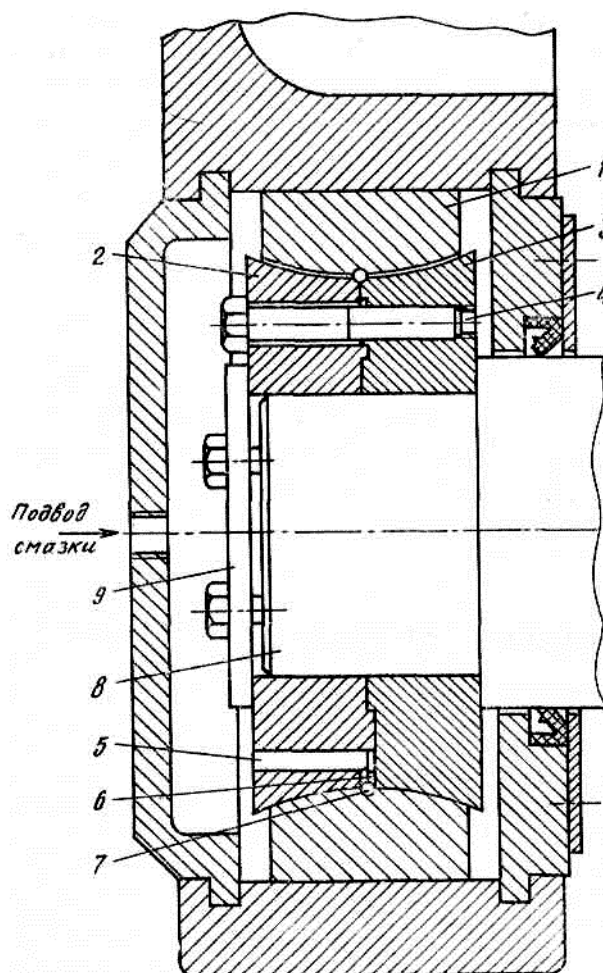


Рисунок 1.12

Пристрій працює таким чином. Кільця 2 і 3 підшипника заводяться з двох сторін в зовнішню обойму 1 і з'єднуються між собою болтами 4. Внутрішня обойма насаджується на цапфу ролика 8 і утримується від зсуву в осьовому напрямі упорною шайбою 9, а зовнішня обойма 1 поміщається в порожнину підшипникового вузла по змінній посадці. Підведення масла здійснюється централизованно – через отвір в кришці вузла. Вузол заповнений маслом вище отвору 5 в кільці 2 внутрішньої обойми, і масло постійно заповнює через отвір 5 і отвір 6 кільцеву змащувальну порожнину 7.

На поверхнях ковзання зовнішньої обойми 1 можуть бути виконані додаткові змащувальні канавки, що не виходять за межі зони контакту і сполучені з

кільцевою змащувальною порожниною 7. Ці канавки сприяють видаленню продуктів зносу з поверхонь ковзання.

Економічний ефект від застосування пропонованих підшипників ковзання досягається у зв'язку із збільшенням у декілька разів (3–5) їх стійкості.

### 1.7 Розробка заходів, щодо підвищення експлуатаційної надійності тягнуче–правильних машин МБЛЗ

Як акцентувалося раніше (див. підрозділ 1.5) причиною недоліків в роботі тягнуче–правильної машини, безумовно є нестача охолодження роликів під час роботи. Оскільки ролики мають достатньо великий зовнішній діаметр і відносно невеликий внутрішній отвір через який відбувається їхнє охолодження. Співвідношення діаметрів складає відповідно 200/45.

Таким чином, вочевидь, необхідно збільшити внутрішній отвір, що призведе до збільшення охолоджуваної поверхні і, відповідно, сприятиме більш ефективному відбору тепла від поверхні ролика. В наслідок чого можна досягти необхідної температури ролика и тим самим уникнути вказаних недоліків.

Враховуючі аналітичний огляд і досвід експлуатації тягнуче–правильних машин пропонується, з метою підвищення відбору тепла від поверхні ролика, виконувати його складеним з двох частин, при цьому у внутрішню порожнину вкладати сепаратор для збільшення ефективності охолодження (рис. 1.13).

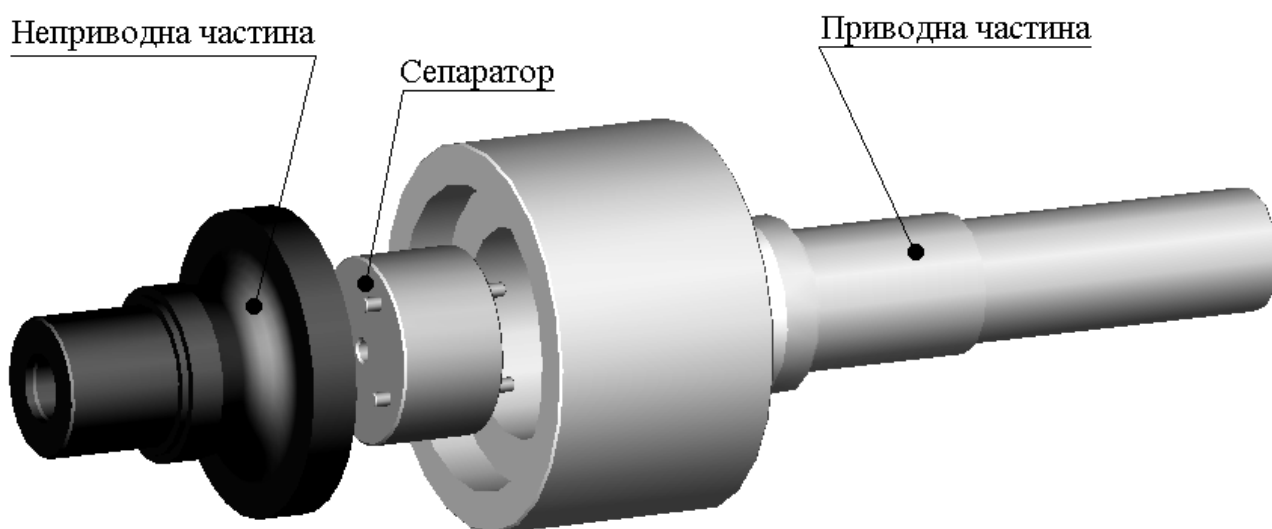


Рисунок 1.13

## 1.8 Розрахунки механізмів тягнуче-правильної машини

### 1.8.1 Розрахунок потужності електроприводу

Для розрахунку потужності приводу кліті ТПМ використовуємо розрахунок потужності електроприводів роликів секцій прямолінійної ділянки приводної проводки [1].

Електроприводи повинні забезпечити переміщення частини зливка в межах секцій, правку зливка на ролик першої секції і рух вільного кінця зливка по приймальному рольгангу. Сумарні моменти від сил опору обертанню верхніх і нижніх роликів можуть бути визначені по формулах

$$M_B = (\sum P + \sum G_B)(f + \mu d / 2);$$

$$M_H = (\sum P + \sum G_B + G_C)f + (\sum P + \sum G_B + G_C + \sum G_H)\mu d / 2,$$

де  $\sum P$  – сумарна сила притиснення верхніх роликів, створювана дією гідроциліндрів,  $\sum P = 2P = 2 \times 210 \cdot 10^3 = 420$  кН;

$\sum G_B$  – сумарна вага верхніх роликів, ;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення зливка по роликах,  $f = 0,003$  ;

$\mu$  – коефіцієнт тертя в опорах роликів,  $\mu = 0,08$  ;

$d$  – діаметр цапфи ролика,  $d = 120$  мм ;

$G_C$  – вага частини зливка в межах прямолінійної ділянки роликів проводки,  $G_C = 4067$  Н ;

$\sum G_H$  – сумарна вага нижніх роликів  $\sum G_H = 3G_H = 3 \times 2068 = 6204$  Н .

$$M_B = (420000 + 4136) \cdot (0,003 + 0,08 \times 0,12 / 2) = 3308 \text{ Нм};$$

$$M_H = (420000 + 4136 + 4067) \times 0,003 + \\ + (420000 + 4136 + 4067 + 6204) \times 0,08 \times 0,12 / 2 = 3370 \text{ Нм}$$

Момент пластичного вигину за правки зливка на ролик

$$M_{ПВ} = \sigma_{\tau} W_{П},$$

де  $\sigma_{\tau}$  – межа текучості металу, залежна від температури, для Ст.3 при температурі  $900^{\circ}\text{C}$   $\sigma_{\tau} = 20$  МПа ;

$W_{П}$  – пластичний момент опору перетину.

Для зливка квадратного перетину

$$W_{II} = \frac{h^3}{6}$$

де  $h$  – ширина і висота заготовки,  $h = 150$  мм

$$W_{II} = \frac{0,15^3}{6} = 5,625 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

$$M_{II} = 20 \cdot 10^6 \times 5,625 \cdot 10^{-4} = 11250 \text{ Нм}.$$

Зусилля на ролик при пластичному вигині

$$P_{II} = \frac{M_{II}}{t},$$

де  $t$  – крок роликів,  $t = 1$  м

$$P_{II} = \frac{11250}{1} = 11250 \text{ Н}$$

Додатковий обертальний момент від сил опору обертанню ролика за правки зливка

$$M_{II} = P_{II} \left( f + \frac{\mu d}{2} \right)$$

$$M_{II} = 11250 \left( 0,003 + \frac{0,08 \times 0,12}{2} \right) = 87,75 \text{ Нм}.$$

При виході з останньої секції зливок силами тертя обертає ролики рольганга. Додаткова сила опору від руху вільної частини зливка по роликах рольганга

$$W_1 = G'_c \frac{\mu_p d_p + 2f}{D_p},$$

де  $G'_c$  – вага частини зливка, що доводиться на рольганг,  $G'_c = 14308$  Н;

$\mu_p$  – коефіцієнт тертя в опорах роликів рольганга,  $\mu_p = 0,075$ ;

$d_p$  – діаметр цапфи ролика,  $d_p = 150$  мм;

$D_p$  – діаметр бочки ролика,  $D_p = 400$  мм;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення зливка по роликах рольганга,  $f = 0,0025$ .

$$W_1 = 14308 \frac{0,075 \times 0,15 + 2 \times 0,0025}{0,4} = 617,3 \text{ Н}.$$

Додатковий обертальний момент від сил опору на приводних роликах, що виникає внаслідок пересування вільної частини зливка по рольгангу:

$$M_1 = \frac{W_1 \times D}{2},$$

де  $D$  – діаметр приводного ролика,  $D = 350$  мм

$$M_1 = \frac{617,3 \times 0,350}{2} = 108 \text{ Нм}.$$

Сумарний обертальний момент на приводних роликах горизонтальної ділянки проводки

$$M_{\Sigma} = M_B + M_H + M_{II} + M_1;$$

$$M_{\Sigma} = 3308 + 3370 + 87,75 + 108 = 6874 \text{ Нм}$$

Статична потужність електродвигуна роликової секції

$$N_{cm} = \frac{M_{\Sigma} n_p}{975 \eta t},$$

де  $n_p$  – частота обертання роликів,  $n_p = 2,3 \text{ хв}^{-1}$ ;

$\eta$  – ККД планетарно-черв'ячного редуктора,  $\eta = 0,88$ ;

$t$  – число електроприводів на горизонтальній ділянці роликової проводки,  $t = 3$ .

$$N_{cm} = \frac{6874 \times 2,3}{975 \times 0,88 \times 3} = 6,14 \text{ кВт}$$

Прийнятий електродвигун згідно технічної характеристики 1РНЧ 103-4AF56, паспортною потужністю 7,5 кВт, з номінальною частотою обертання  $1500 \text{ мін}^{-1}$ , кутовою швидкістю  $157,1 \text{ с}^{-1}$ , водоохолоджуваний, ПВ=100% підходить по потужності.

### 1.8.2 Розрахунок вихідного хвостовика приводного ролика

Розрахунок проведемо по напруженнях на кручення [10].

Обертальні моменти:

– на приводному валу редуктора

$$T_1 = \frac{N_{cm}}{\omega_{об}},$$



де  $\omega_{\partial\partial}$  – кутова швидкість,  $\omega_{\partial\partial} = 157,1 \text{ c}^{-1}$ ;

$$T_1 = \frac{7500}{157,1} = 47,7 \text{ Нм}.$$

Оскільки приводний хвостовик ролика є ведомим валом редуктора, обертальний момент знаходимо по формулі

$$T_2 = T_1 \times u_p,$$

де  $u_p$  – передавальне число редуктора,  $u_p = 317,7$

$$T_2 = 47,7 \times 317,7 = 15154,3 \text{ Нм}$$

Діаметр приводного хвостовика ролика

$$d_{\partial} = \sqrt[3]{\frac{16T_2}{\pi[\tau_k]}},$$

де  $[\tau_k]$  – напруга на кручення, що допускається для сталі 45  
 $[\tau_k] = 40 \text{ МПа}$ .

$$d_{\partial} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 15154,3 \cdot 10^3}{3,14 \times 40}} = 104,7$$

Приймаємо найближче більше значення із стандартного ряду:  
 $d_{\partial} = 105 \text{ мм}$ . Діаметр валу під підшипник приймаємо  $d_{\partial} = 120 \text{ мм}$ .

Відповідно навантаженням, попередньо призначимо підшипник роликовий сферичний № 3524 як самий відповідний.

### 1.8.3 Перевірка міцності шпонкового з'єднання

Перевірку міцності шпонкового з'єднання проведемо по напруженням зминання та умову міцності по [10].

Шпонка призматична з округленими торцями.

Розміри шпонки:

$$b = 28 \text{ мм}; h = 16 \text{ мм}; \ell = 250 \text{ мм}.$$

Матеріал шпонки – сталь 45 нормалізована ГОСТ 1050–94.

Напруга зминання та умови міцності

$$\sigma_{\max} = \frac{2T}{d(h-t_1)(\ell-b)} \leq [\sigma_{зм}]$$

де  $d$  – діаметр валу в місці шпонкового паза  $d = 105$  мм;

$t_1$  – глибина шпонкового паза  $t_1 = 10$  мм.

Напруга на зминання, що допускається  $[\sigma_{зм}] = 120$  МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \times 15154,3 \cdot 10^3}{105 \times (16 - 10) \times (250 - 28)} = 118,1 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}].$$

Умову міцності виконано  $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$ .

#### 1.8.4 Розрахунок небезпечних перетинів приводного опорного ролика на витривалість

Розрахунок полягає у визначенні коефіцієнтів запасу міцності  $S$  для небезпечних перетинів і порівнянні їх з необхідними значеннями, що допускаються  $[S]$  [9]. Міцність дотримана коли  $S \geq [S]$ , де  $[S] = 2,3$ .

За сумісної дії вигину і кручення загальний запас міцності визначаємо по формулі

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \quad (1.1)$$

де  $S_\sigma$  і  $S_\tau$  – частинні коефіцієнти запасу міцності по нормальних напруженнях при вигині та дотичних напруженнях при крученні.

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} \quad (1.2)$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_a + \psi_\tau \tau_m} \quad (1.3)$$

де  $\sigma_{-1}$  і  $\tau_{-1}$  – межі витривалості відповідно при вигині та при крученні з симетричним циклом зміни напружень, величини  $\sigma_{-1}$  і  $\tau_{-1}$  визначаються із співвідношень

$$\sigma_{-1} \approx 0,43 \cdot \sigma_B \quad (2.4)$$

$$\tau_{-1} \approx 0,58 \times \sigma_{-1} \quad (2.5)$$

$\sigma_a$  і  $\tau_a$  – амплітуди циклу напруження при вигині та крученні;



$$M_{A-A} = \frac{\ell_k \times 2,5 \sqrt{T_2}}{2},$$

де  $\ell_k$  – довжина консольної ділянки,  $\ell_k = 400$  мм ;

$$M_{A-A} = \frac{400 \times 2,5 \sqrt{15154,3 \cdot 10^3}}{2} = 1600 \text{ Нм}$$

$W_{\text{нетто}}$  – момент опору вигину

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi d_u^3}{32} - \frac{b_u t_1 (d_u - t_1)^2}{2 d_u}$$

$$W_{\text{нетто}} = \frac{3,14 \times 105^3}{32} - \frac{28 \times 10 (105 - 10)^2}{2 \times 105} = 101,6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_a = \frac{1,6 \cdot 10^6}{101,6 \cdot 10^3} \approx 15,7 \text{ МПа}.$$

Середня напруга  $\sigma_m = 0$ , оскільки осьове навантаження відсутнє.

Амплітуда  $\tau_a$  і середня напруга  $\tau_m$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\text{max}}}{2} = \frac{T_2}{2 W_{\text{к.нетто}}},$$

де  $W_{\text{к.нетто}}$  – момент опору на кручення.

$$W_{\text{к.нетто}} = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{b t_1 (d - t_1)^2}{2 d};$$

$$W_{\text{к.нетто}} = \frac{3,14 \times 105^3}{16} - \frac{28 \times 10 \times (105 - 10)}{2 \times 105} = 2,48 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{15154,3 \cdot 10^3}{2 \times 2,48 \cdot 10^5} = 24,2 \text{ МПа};$$

Частинний коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях при вигині (1.2)

$$S_\sigma = \frac{328,5}{2,4 \frac{1,93}{0,69} \times 15,7} \approx 18$$

Частинний коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях при крученні (1.3)

$$S_{\tau} = \frac{190,53}{2,4 \frac{1,76}{0,59} \times 24,2 + 0,1 \times 24,2} = 5,9$$

Повний коефіцієнт запасу міцності для перетину А–А.

$$S = \frac{18 \times 5,9}{\sqrt{18^2 + 5,9^2}} = 5,6$$

Умова  $S \geq [S]$  виконується.

Перетин Б–Б. Концентрація напружень цього перетину обумовлена посадкою підшипника з гарантованим натягом та внутрішнім отвором;

$$\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} = 3,03 \text{ і } \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \approx 1 + 0,6 \left( \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} - 1 \right) \text{ (табл.71 [11]);}$$

$$\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} = 1 + 0,6(3,03 - 1) \approx 2,22; \psi_{\sigma} = 0,2 \text{ і } \psi_{\tau} = 0,1$$

Амплітуда напруги  $\sigma_a$

$$\sigma_a = \frac{M_{B-B}}{W},$$

де  $M_{B-B}$  – згинальний момент;

$$M_{B-B} = F_B \times \ell,$$

де  $F_B$  – навантаження на вал від приводу,  $F_B = 4871$  Н

$\ell$  – довжина ділянки до перетину Б–Б,  $\ell = 400$  мм

$$M_{B-B} = 4871 \times 400 \approx 1948 \text{ Нм};$$

$W$  – момент опору перетину

$$W = \frac{\pi (D_{B-B}^4 - d^4)}{32 D_{B-B}}.$$

де  $D_{B-B}$  – діаметр вала в місці перетину,  $D_{B-B} = 120$  мм;

$d$  – діаметр внутрішнього отвору в місці перетину,  $d = 45$  мм;

$$W = \frac{3,14 \times (120^4 - 45^4)}{32 \times 120} = 1,66 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_a = \frac{1948 \cdot 10^3}{1,66 \cdot 10^5} = 11,72 \text{ МПа}$$

Амплітуда  $\tau_a$  та середня напруга  $\tau_m$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{T_2}{2W_p},$$

де  $W_p$  – полярний момент опору перетину

$$W_p = 2 \cdot W = 2 \times 1,66 \cdot 10^5 = 3,324 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{15154,3 \cdot 10^3}{2 \times 3,324 \cdot 10^5} = 18 \text{ МПа}.$$

Частинний коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях при вигині (1.2)

$$S_\sigma = \frac{328,5}{2,4 \times 3,03 \times 11,72} = 3,9$$

Частинний коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях при крученні (1.3)

$$S_\tau = \frac{190,53}{2,4 \times 2,22 \times 18 + 0,1 \times 18} = 2,4$$

Повний коефіцієнт запасу міцності для перетину  $B - B$ .

$$S = \frac{3,8 \times 2,4}{\sqrt{3,8^2 + 2,4^2}} = 2,3$$

Умова  $S \geq [S]$  виконується.

Перетин  $B-B$ . Концентрація напруги обумовлена східчастим переходом з галтеллю та внутрішнім отвором  $k_\sigma = 2,5$  і  $k_\tau = 2,0$  (табл.65 [11]);  $\varepsilon_\sigma = 0,68$  і  $\varepsilon_\tau = 0,58$  (табл.64 [11]); коефіцієнти  $\psi_\sigma = 0,2$  і  $\psi_\tau = 0,1$  (стор.424 [11]);  $\beta = 2,4$  (табл.72 [11]).

Коефіцієнт запасу міцності по нормальних напруженнях при вигині (стор. 166 [12]).

$$S_{\sigma} = \frac{\beta \varepsilon_{\sigma} \sigma_{-1}}{k_{\sigma} \sigma_{\max}},$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{B-B}}{W},$$

де  $M_{B-B}$  – максимальний згинальний момент в перетині

$$M_{B-B} = \frac{P_{II} ab}{\ell},$$

де  $a = 76$  мм;  $b = 306$  мм;  $\ell = 400$  мм;

$$M_{B-B} = \frac{11250 \times 76 \times 306}{400} = 654 \text{ Нм}$$

$W$  – момент опору розглядуваного перетину

$$W = \frac{\pi(D_{B-B}^4 - d^4)}{32D_{B-B}},$$

де  $D_{B-B}$  – діаметр в місці перетину,  $D_{B-B} = 140$  мм;

$d$  – діаметр внутрішнього отвору в місці перетину,  $d = 45$  мм

$$W = \frac{3,14 \times (140^4 - 45^4)}{32 \times 140} = 2,664 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{654 \cdot 10^3}{2,664 \cdot 10^5} = 2,5 \text{ МПа}$$

$$S_{\sigma} = \frac{2,4 \times 0,68 \times 328,5}{2,5 \times 2,5} = 85.$$

Коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях при крученні ([12], стор. 166)

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\left( \beta \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \psi_{\tau} \right) \frac{\tau_{\max}}{2}},$$

$$\tau_{\max} = \frac{T_2}{2W_p},$$

де  $W_p$  – полярний момент опору

$$W_p = 2W = 2 \times 2,66 \cdot 10^5 = 5,328 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_{\max} = \frac{15154,3 \cdot 10^3}{5,328 \cdot 10^5} = 22,5;$$

$$S_\tau = \frac{190,53}{\left(2,4 \frac{2}{0,58} + 0,1\right) \frac{22,5}{2}} = 2,5.$$

Повний коефіцієнт запасу міцності для перетину  $B-B$ .

$$S = \frac{85 \times 2,5}{\sqrt{85^2 + 2,5^2}} = 2,3$$

Умова  $S \geq [S]$  виконується.

### 1.8.5 Визначення напруги вигину в бочці ролика

Заходами проекту пропонується збільшити діаметр внутрішнього отвору в бочці ролика з 45 мм до 180 мм, що дозволить збільшити площу відбору тепла не менше ніж у 3 рази.

Оскільки діаметр внутрішнього отвору в бочці ролика було збільшено по відношенню, щодо проектного, то необхідно перевірити напруження вигину ролика нової конструкції. Розрахункова схема визначення вигину в бочці ролика наведено на рисунку 1.15.

Напруження вигину в бочці ролика визначається по формулі [1]

$$\sigma_\delta = \frac{M_{32}}{W_\delta},$$

де  $M_{32}$  – згинальний момент

$$M_{32} = \frac{P}{2} \times \frac{\ell}{2} - \frac{P}{2} \times \frac{b}{4} = \frac{P}{4} \left( \ell - \frac{b}{2} \right),$$

де  $P$  – максимальне зусилля металу на ролик за правки,  $P = 11250$  Н;

$\ell$  – відстань між підшипниковими опорами,  $\ell = 400$  мм;

$b$  – ширина заготовки,  $b = 150$  мм;

$$M_{32} = \frac{11250}{4} \left( 400 - \frac{150}{2} \right) = 8694 \text{ Нм}$$

$W_\delta$  – момент опору поперечного перетину бочки ролика на вигин



$$W_{\sigma} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D};$$

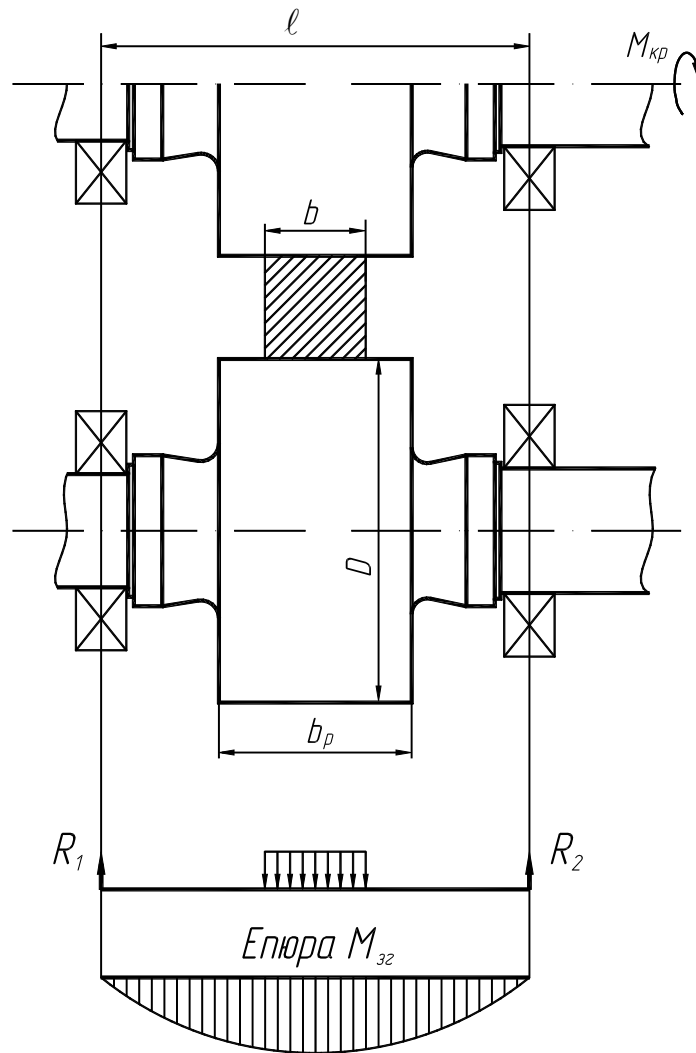


Рисунок 1.15 – Схема до розрахунку напруження вигину в бочці ролика

$$W_{\sigma} = \frac{3,14 \times (350^4 - 180^4)}{32 \times 350} = 3,9 \cdot 10^6 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{\sigma} = \frac{8694 \cdot 10^3}{3,9 \cdot 10^6} = 2,23 \text{ МПа}..$$

Як видно з розрахунку напруження вигину має досить мале значення порівняно з граничним значенням для сталі 45 ( $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ ).

Для порівняння проектна конструкція мала наступні значення:

$$W_{\sigma} = \frac{3,14 \times (350^4 - 45^4)}{32 \times 350} = 4,2 \cdot 10^6 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{\sigma} = \frac{8694 \cdot 10^3}{4,2 \cdot 10^6} = 2,07 \text{ МПа}.$$

Таким чином видно, що значної зміни напруження не відбулося міцність ролика практично не змінилась.

## 2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

### 2.1 Технологічна послідовність розбирання тягнуче-правильної машини

Тягнуче-правильна машина відноситься до устаткування, при ремонтах якого використовується агрегатний метод. Насамперед це передбачає, що машина складається з окремих елементів, які називаються в техніці блоками, вузлами і деталями. Первинним елементом є деталь, характерна ознака якої відсутність будь-яких з'єднань. Роз'ємне або нероз'ємне з'єднання двох або більше деталей, яке може бути розібрано або зібрано незалежно від інших елементів обладнання, називається вузлом. Великі вузли прийнято називати в монтажній техніці блоками.

Для розробки технології розбирання та складання машини розділимо її умовно на групи і підгрупи. Кожна група, безпосередньо входить в обладнання, може складатися з двох і більше підгруп.

Використання принципу укрупненого розчленування при розбиранні значно розширить фронт робіт, зменшить їх трудомісткість, скоротить час, що витрачається на ремонтні роботи, а також знизить загальні витрати праці.

Розбирання тягнуче-правильної машини, слід здійснювати укрупненими вузлами у наступній послідовності:

- роз'єднати муфти, що з'єднують електродвигуни з приводними роликками;
- від'єднати машину від гідравлічної системи;
- від'єднати машину від фундаменту та перемістити її на ремонтний майданчик;
- від'єднати верхню траверсу від корпусу машини та перемістити на стенд для подальшого розбирання;
- від'єднати вузли верхніх роликів від важелів;
- від'єднати гідроциліндри від важелів;
- від'єднати гідроциліндри та важелі від верхньої траверси;
- від'єднати корпуси опор роликів від корпусу машини;
- виконати розбирання роликів.

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

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

## 2.2 Розрахунок та вибір канату для стропів

Під час монтажу, демонтажу та ремонту машини, з метою підйому вузлів машини і транспортування їх до місця установки виконують такелажні роботи по ув'язці вузлів гнучкими підвісками (стропуванню). Такелажні роботи виконують за допомогою різних вантажопідйомних засобів і механізмів, пристосовань і машин.

### 2.2.1 Стропування машини та її вузлів

На рисунку 2.1 показані рекомендовані способи закріплення канатів на вантажних підвісках [13]. При стропуванні важливо правильно визначити центр ваги вантажу.

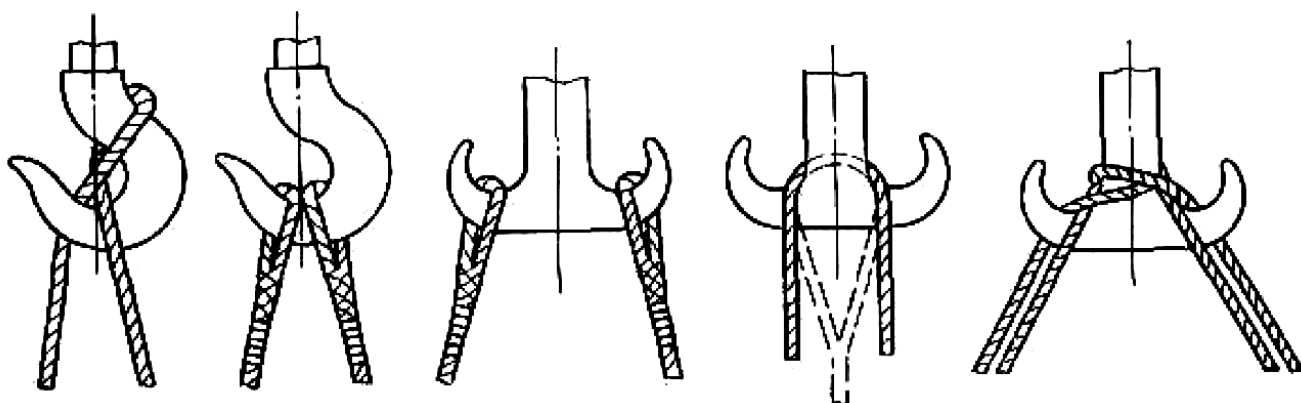


Рисунок 2.1 – Рекомендовані способи закріплення канатів на вантажних підвісках під час монтажу, демонтажу та ремонту ТПМ

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

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

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

При проведенні робіт користуватися стропами що представлені на рисунку 2.2.

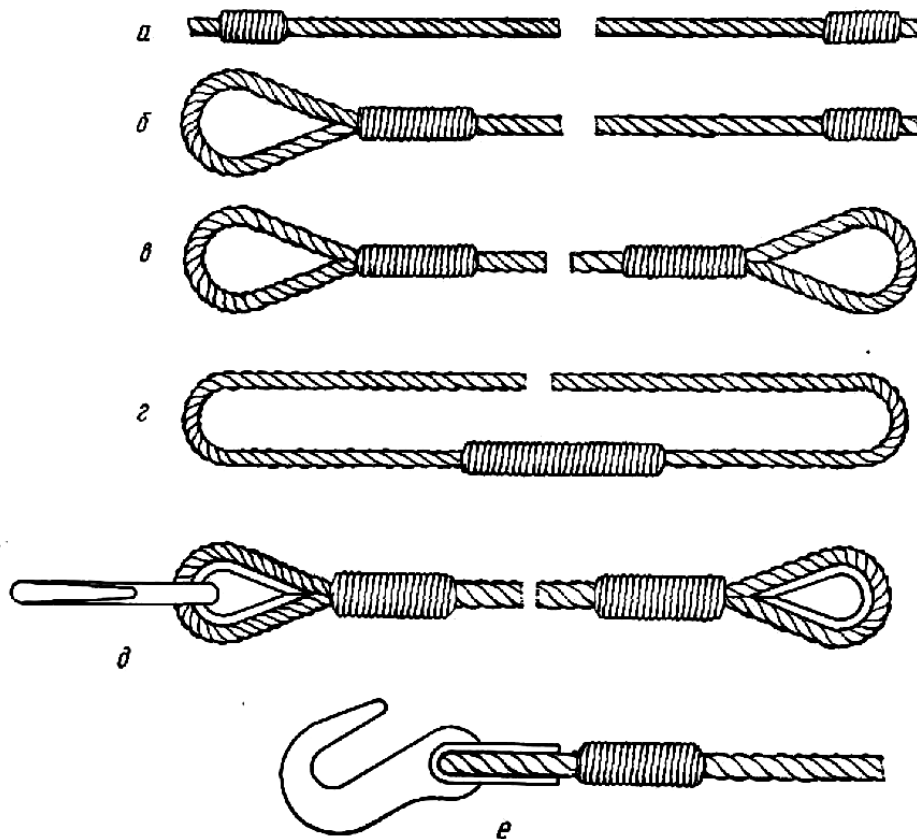


Рисунок 2.2 – Стропи: простий (а), з одною петлею (б), з двома петлями (в), універсальний (г), полегшений з петлею (д), полегшений з гаком (е) [13]

При виготовленні стропів дотримуватись вимог Держнаглядохоронпраці, зокрема:

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

### 2.2.2 Розрахунок стропів для транспортування тягнуче-правильної машини

Для підйому та транспортування тягнуче-правильної машини під час її заміни в її конструкції передбачені спеціальні крюки у верхній частині рами (верхня траверса). Точки встановлення стропів на цих крюках розташовані на відстані  $850 \times 480$  мм.

Для монтажу машини необхідний комплект стропів (4 шт.) довжиною  $L$ , котрі закріплюються діагонально (рисунок 2.3).

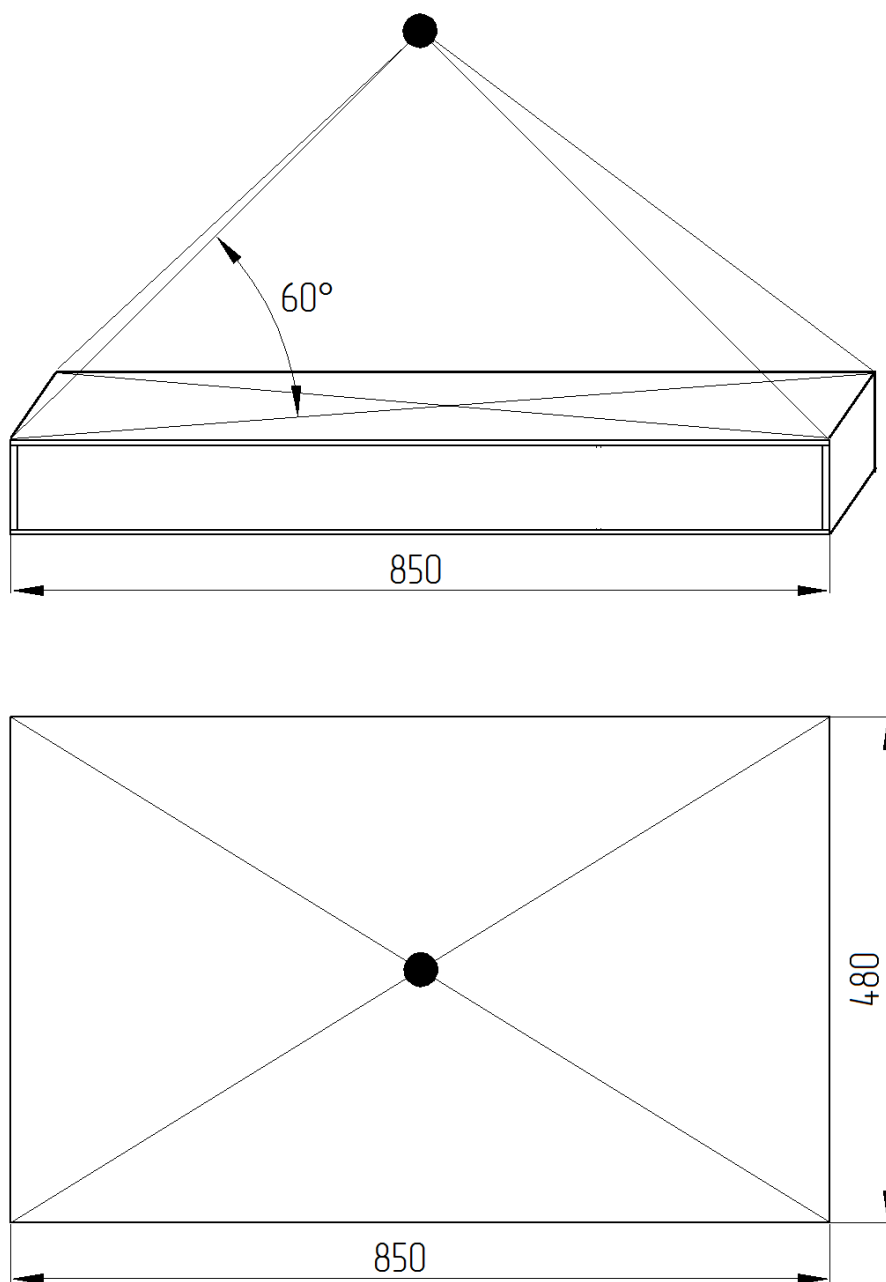


Рисунок 2.3 - Схема закріплення стропів

Необхідну довжину стропів розраховуємо виходячи з кута нахилу гілок до горизонталі  $\alpha = 60^\circ$ , таким чином:

$$L = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{850^2 + 480^2}}{2 \cos 60^\circ} = 976 \text{ (мм)}$$

де  $a = 850$  (мм) – довжина між точками кріплення стропів за раму;

$b = 480$  (мм) – ширина між точками кріплення стропів за раму.

Натяг в кожній гілці каната:

$$S = \frac{G_m}{m \cdot \sin \alpha_1} \cdot k_n = \frac{65,413}{4 \cdot \sin 60^\circ} \cdot 1,3 = 24,548 \text{ кН}$$

где  $m = 4$  - кількість строп;

$G_m$  – вага машини:

$$G_m = M \cdot g = 6,668 \cdot 9,81 = 65,413 \text{ кН},$$

де  $M = 6,668$  т - маса машини;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$k_n$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження гілок стропів ( $k_n = 1,3 \dots 1,4$  при кількості гілок стропів більше 2).

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

$$P_{\max} = S \cdot k = 24,548 \cdot 8 = 196,385 \text{ кН},$$

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

Приймаємо канат ТЛК-О 6х37 (1+6+15+15)+1о.с. ГОСТ 3079-80 (діаметр канату  $d_k = 19,5$  мм; маркувальна група  $\sigma_b = 1770$  МПа, розривне зусилля канату  $P = 197$  кН).

### 2.3 Вибір способу кріплення машини та розрахунок фундаментних болтів

Для кріплення тягнуче-правильної машини до фундаменту будемо застосовувати фундаментні (анкерні) болти.

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

Стосовно монтажу тягнуче-правильної машини доцільно обрати глухі фундаментні болти, що встановлюються в готові фундаменти, а саме конічні з зачekanенням цементним розчином (рисунок 2.4).

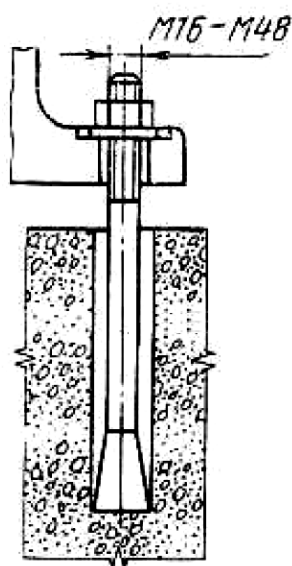


Рисунок 2.4 – Глухий конічний фундаментний болт, що встановлюється в готові фундаменти з зачekanенням цементним розчином [13]

Приймаємо матеріал болта сталь 20 (ГОСТ 1050-88).

Схема кріплення машини до фундаменту представлена на рисунку 2.5.

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

Розрахунковий перекидний момент	$M = 15 \text{ кН}\cdot\text{м}$
Вага машини	$G = 65,41 \text{ кН}$
Розрахункове вертикальне відривне навантаження	$P_o = 50 \text{ кН}$
Горизонтальне зсувне навантаження	$Q = 35 \text{ кН}$
Кількість фундаментних болтів	$n = 4$



Відстань від осі повороту машини до найбільш віддаленого болта в розтягнутій зоні стику	$Y_1 = 1,3 \text{ м}$
Відстань від осі повороту машини до інших і-тих болтів у тій же зоні	$Y_i = 1,3 \text{ м}$
Матеріал болтів	сталь 20
Спосіб встановлення машини	на підкладках
Кількість циклів	$N = 1,25 \cdot 10^6$
Навантаження	комбіноване

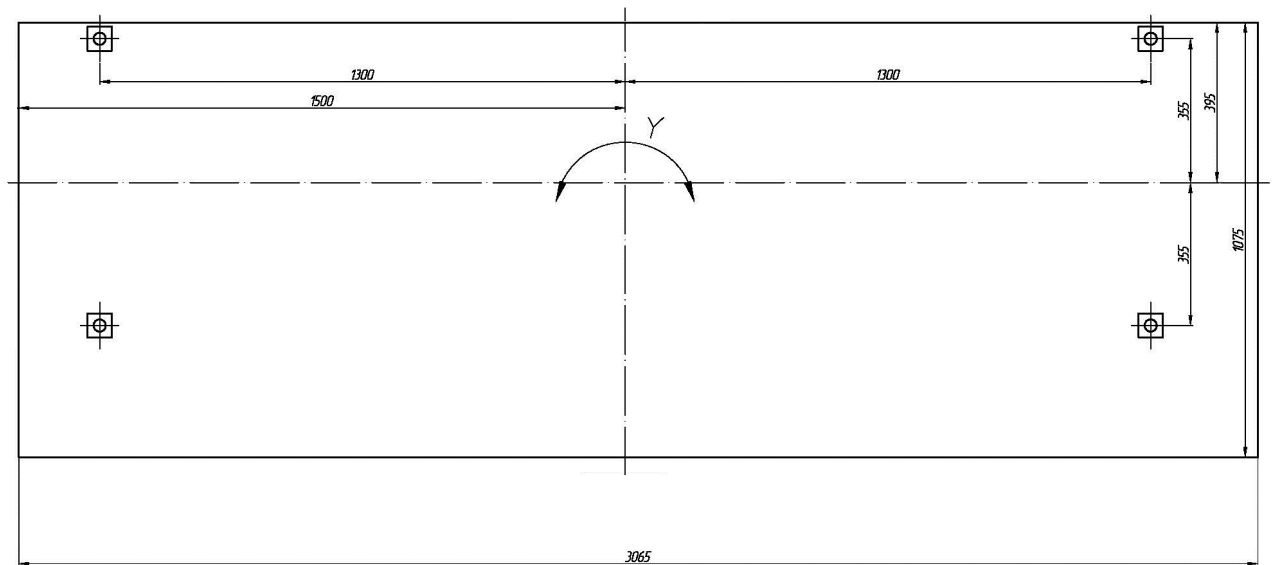


Рисунок 2.5 – Схема кріплення тягнуче-правильної машини до фундаменту

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

Площа перерізу болта по різьбі:

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

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

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

$P_B$  – розрахункове вертикальне навантаження, Н;

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

Розрахункове вертикальне навантаження:

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

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

$G$  – вага машини, Н;

$n$  – кількість фундаментних болтів;

$M$  – розрахунковий перекидний момент, Н·м;

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

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

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

Знайдемо розрахункове вертикальне навантаження, яке приходить на один болт:

$$P_B = \frac{50000 - 65410}{12} + \frac{15000 \cdot 1,3}{1,3^2} = 7686 \text{ Н}$$

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

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

де  $Q_{O.B.}$  – зусилля попереднього затягування болтів під впливом тільки вертикального навантаження, Н;

$Q_{O.G.}$  – зусилля попереднього затягування болтів під впливом тільки горизонтального зсувного навантаження, Н.

Зусилля попереднього затягування болтів під впливом вертикального навантаження:

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

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

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

Тоді

$$Q_{OB} = 1,8 \cdot (1 - 0,5) \cdot 7686 = 6917 \text{ Н.}$$

Зусилля попереднього затягування болтів під впливом горизонтального зсувного навантаження:

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

де  $Q$  – горизонтальне зсувне навантаження, Н;

$G$  – вага машини, Н;

$f$  – коефіцієнт тертя.

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

Тоді

$$Q_{OG} = 1,8 \cdot \frac{35000 - 0,2 \cdot 65410}{4 \cdot 0,2} = 49315 \text{ Н}$$

$$Q_{0\text{сум}} = 7686 + 49315 = 56233 \text{ Н.}$$

Необхідна площа перерізу болта по різьбі:

$$F = \frac{56233 + 0,5 \cdot 7686}{100 \cdot 140} = 4,291 \text{ см}^2.$$

Вибираємо фундаментний болт із найближчим більшим перерізом М30×3,5 ( $F = 5,19 \text{ см}^2$ ).

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

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

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

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

де  $\alpha$  – коефіцієнт, який ураховує кількість циклів навантаження;

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

У даному випадку при  $N = 1,25 \times 10^6$  маємо  $\alpha = 1,45$ , а для фундаментного болта  $M = 30$  мм відповідно  $\mu = 1,4$ .

$$\text{Тоді } [\sigma_P]_g = 0,278 \cdot \frac{1,45}{1,4} \cdot 140 = 40,31 \text{ МПа},$$

$$F_B = \frac{0,5 \cdot 7686}{200 \cdot 40,31} = 0,477 \text{ см}^2.$$

Таким чином маємо:

$$F_B = 0,477 \text{ см}^2 < F_B = 5,19 \text{ см}^2.$$

Отже, оскільки  $F_B < F$ , вибраний стандартний фундаментний болт М30 відповідає вимогам необхідної витривалості.

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

$$H = 25 \cdot 30 = 750 \text{ мм.}$$

Кут повороту гайки для забезпечення необхідного зусилля попереднього затягування болтів:

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

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

$F$  – площа перерізу вибраного стандартного болта,  $\text{см}^2$ ;

$d$  – діаметр різьби,  $\text{см}$ ;

$S$  – крок різьби,  $\text{см}$ .

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

$$\varphi_{n.з.} = 360^\circ \frac{14 \cdot 56233 \cdot 3,0}{100 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,19 \cdot 0,35} = 22,289^\circ.$$

#### 2.4 Розробка схеми геодезичного обґрунтування монтажу

Під час монтажу тягнуче-правильної машини необхідно забезпечити точності установки на фундаменті. Для цього будемо використовувати спеціальні геодезичні знаки, а саме репер та плашки (рис. 2.6).

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

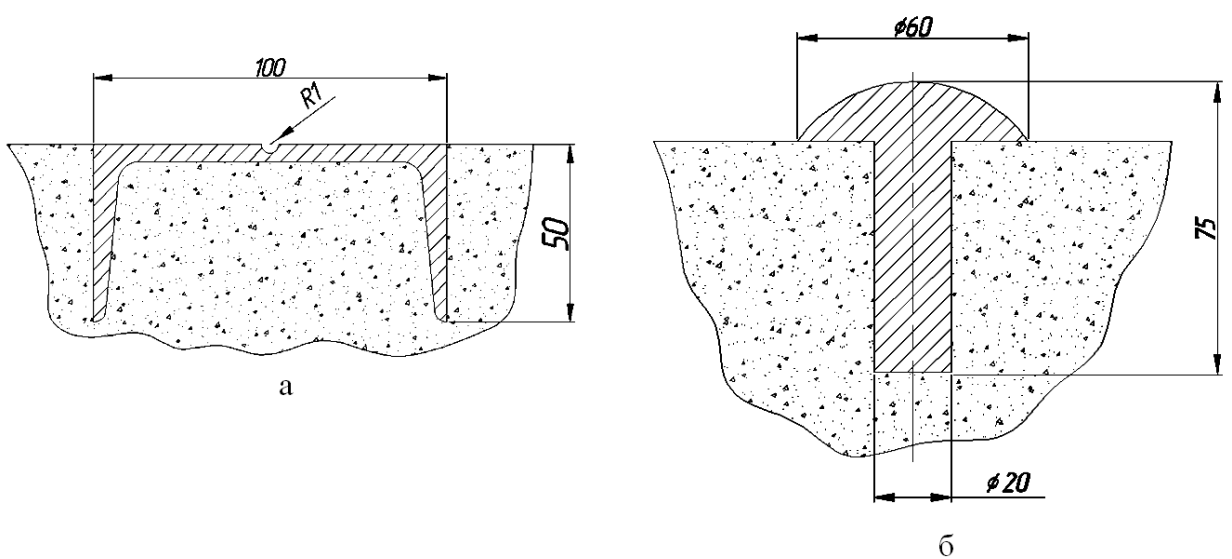


Рисунок 2.6 – Геодезичні знаки використовувані для монтажу тягнуче-правильної машини: плашка (а); репер (б)

Геодезичне обґрунтуванням монтажу тягнуче-правильної машини містить систему двох осей – поздовжню та поперечну по відношенню до технологічної осі машини безперервного розливання сталі, котрі виконані в натурі та зафіксовані в фундаменті за допомогою чотирьох плашок (по дві на кожну ось) в прольоті цеху на дільниці монтажу машини, а також одну висотну відмітку – репер.

Схема геодезичного обґрунтування монтажу показана на рисунку 2.7.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

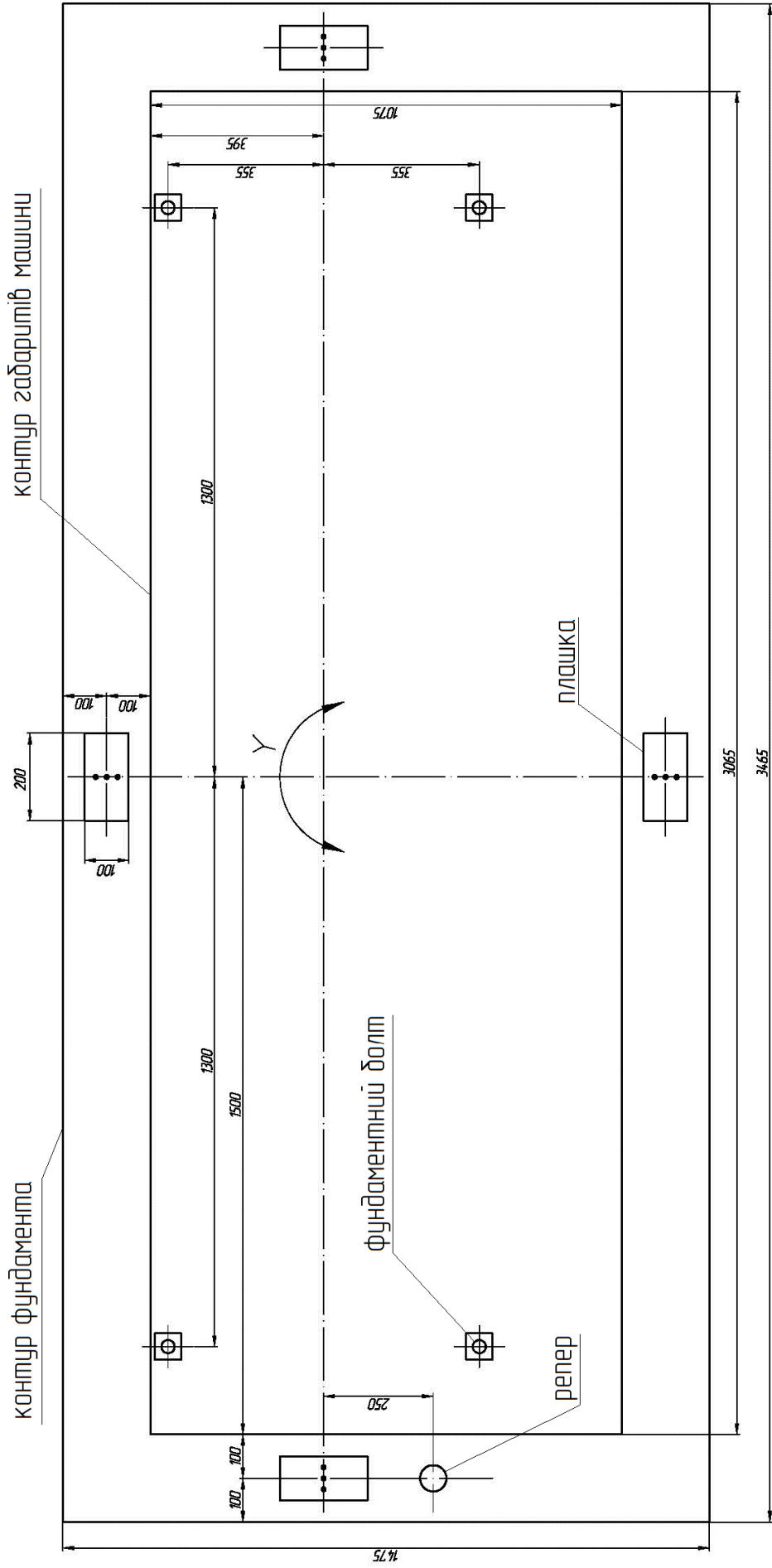


Рисунок 2.7 – Схема геодезичного обґрунтування монтажу

## 2.5 Порядок збирання, монтажу та вивірювання тягнуче-правильної машини

Перед монтажем кліті тягнуче-правильної машини ретельно перевірити правильність зведеного фундаменту, тобто положення фундаменту в плані і по висоті, діаметр і розташування фундаментних болтів з прив'язкою їх до подовжніх і поперечних осей, а також їх висотні відмітки, при цьому відхилення не повинні перевищувати:

– основні розміри фундаменту в плані, мм	±30
– висотні відмітки верху бетону (без підливки), мм	–30
– осі фундаментних болтів в плані, мм	±2
– відмітки верху фундаментних болтів, мм	+10
– відхилення забетонованого фундаментного болта по вертикалі (по висоті виступаючої частини), мм, не більш	1,5

При монтажі установки тягнуче-правильної машини за основні осі прийняти:

- подовжню – прийняту для всього обладнання МБЛЗ, співпадаючу або паралельну з віссю одного із рівчаків;
- поперечну – вісь, що проходить через умовний центр кривизни базового радіусу перпендикулярно напрямку рівчаків.

Допоміжні подовжні осі повинні бути осями рівчаків.

Розмітити на фундаменті і зачистити майданчики розміром 300×300 мм під опорні планки віджимних регулювальних гвинтів, розташованих на основі установки тягнуче-правильної машини.

Монтаж обладнання установки тягнуче-правильної машини рекомендується вести в такій послідовності:

а) встановити на фундамент основу установки тягнуче-правильної машини, виставити по висотних відмітках щодо подовжніх і поперечної осі, затягнути анкерні болти. Після затягування анкерних болтів відхилення не повинні перевищувати:

- зсув подовжньої осі в поперечному напрямі не більш 0,5 мм. Контролювати перевіркою лінійкою, прикладеною до настановних штирів на верхніх майданчиках основи;



- перекіс подовжньої осі щодо основної подовжньої осі МБЛЗ не більш 0,1 мм на погонний метр, контролювати перевіркою лінійкою, прикладеною до настановних штирів;
- зсув поперечної осі щодо осі, яка проходить через центр кривизни базового радіусу не більш 0,5 мм. Контролювати геодезичним методом по перевірочній лінійці, прикладеній до настановних штирів, розташованих на верхніх майданчиках основи з боку рольганга;
- перекіс поперечної осі не більш 0,1 мм на погонний метр;
- відхилення висотної відмітки (по оброблених площинах) від розрахункової не більш 0,2 мм. Різниця висотних відміток на двох будь-яких оброблених майданчиках, у тому числі розташованим по кутах основи, не більш 0,2 мм;

б) підлити основу бетоною сумішшю. Підливка виконується під наглядом фахівців, що виконують монтаж обладнання. Після затвердіння підливки (по нормах будівельної організації) перевірити затягування анкерних болтів і провести повторну перевірку установки основи;

в) встановити і закріпити навколо основи знімні перекриття;

г) виконати в районі основи трубні розводки охолоджуючої води, гідравліки і мастила згідно кресленням трубних розводок по МБЛЗ;

д.) ретельно очистити верхні оброблені майданчики основи і штирі від пилу і бруду, переконатися, що штуцери для підведення і відведення охолоджуючої води вільно переміщаються в своїх гніздах, після чого встановити на основу кліті, дотримуючи, щоб номер кліті співпадав з номером рівчака МБЛЗ. Установку клітей доцільно проводити, починаючи з першої або шостої, по черзі встановлюючи їх в порядку нумерації;

е) після монтажу і промивки трубних розводок гідравліки і мастила по МБЛЗ з'єднати швидкороз'ємні з'єднання на підводах до клітей трубопроводів гідравліки і мастила;

ж) встановити між клітями в місцях підключення трубопроводів гідравліки і мастила знімні захисні штори;

з) виконати заземлення змонтованого обладнання. Підключення електроживлення до обладнання допускається тільки після перевірки заземлення, електрокабельних розводок і встановлення електроустаткування.

Основу установки тягуче-правильної машини встановити на пакетах плоских підкладок, котрі підкладають з одного боку фундаментного болта.

Підкладки встановлюють пакетами з 6–8 штук, в яких 3–4 установчі, а решта – регульовальні. Загальна висота підкладок має становити 40...80 мм.

Застосований монтажною організацією спосіб вивірки обладнання при встановленні на фундамент (струнний чи оптико-геодезичний) повинний забезпечити необхідну точність встановлення даного обладнання.

При використанні струнного методу вивірки (рис. 2.8), після установки на фундамент обладнання вивірити по осях в плані, а потім по висоті, залишаючи припуск 1...2 мм вище проектної позначки на усадку пакета підкладок.

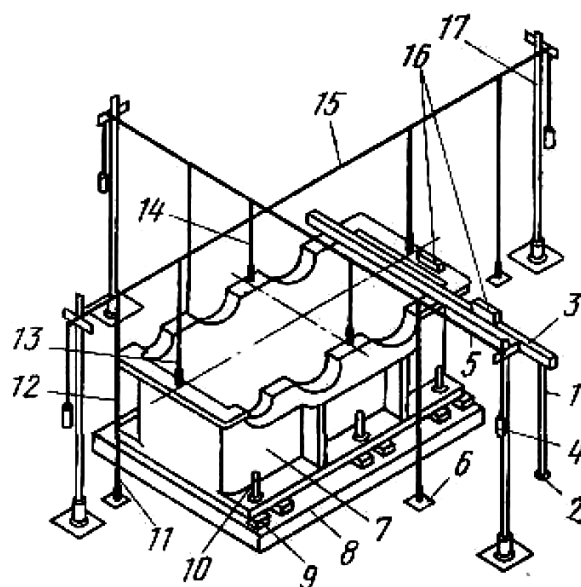


Рисунок 2.8 – Вивірка корпусу машини струнним методом: 1 – штіх-масс; 2 – репер; 3 – повірочна лінійка; 4 – вантаж; 5 і 15 – струни; 6 – плашка; 7 – рама рольганга; 8 – фундамент; 9 – пакет підкладок; 10 – фундаментний болт; 11, 13 – схили; 12, 14 – нитки схилу; 16 – рівень; 17 – стойки [13]

Для вивірки корпусу машини навколо фундаменту встановити стойки, на яких закріпити осьові струни з вантажами та зафіксувати проектні осі. Виски поєднати з осями на плашках. Осі машини з осями фундаменту поєднати за допомогою схилів, що підвісити на струнах.

Після суміщення осей попередньо затягнути анкерні болти, після чого повторно перевірити правильність установки корпусу машини по осях і висотній

позначці (репер) і остаточно затягнути болти. Якість затягування перевірити щупом товщиною 0,05 мм, який не повинен проходити на глибину більше 5 мм в стиках між гайкою і шайбою і базовою поверхнею корпусу машини.

Затяжку фундаментних болтів варто проводити відповідно до вимог монтажних креслень і інструкції з монтажу й експлуатації обладнання. Перевірку якості затягування робити обстукуванням молотком пакетів підкладок, що при цьому не повинні зрушуватися і повинні видавати дзвінкий звук без деренчання, а також виміром зазорів за допомогою щупа товщиною 0,05мм, що не повинний проходити на глибину більш 5мм у стики між гайкою і шайбою і між шайбою і базовою деталлю.

Після остаточного затягування болтів і перевірки правильності положення машини щодо проектних осей і висотних відміток скласти формуляр на встановлення машини і здати під підливку. У формулярі відобразити фактичні і проектні розміри й відмітки, а також дату і час здачі обладнання під підливку.

Машину, встановлену на фундамент, підлити протягом 48 годин з моменту пред'явлення його до підливки. Підливку здійснювати без перерв. Шар підливки повинний бути щільним, без порожнеч. Подальші монтажні роботи робити тільки після досягнення бетоном підливки необхідної міцності.

Зборку обладнання робити згідно схеми монтажно-складального маркірування із забезпеченням технічних вимог складальних і монтажних креслень і інструкцій по монтажу тягнуче-правильної машини.

Для прискорення і підвищення якості зборки, її необхідно здійснювати в послідовності, передбаченій технологічними схемами.

Збирання тягнуче-правильної машини, слід здійснювати укрупненими вузлами у наступній послідовності:

- виконати збирання роликів разом з підшипниковими опорами;
- закріпити корпуси опор нижніх роликів на корпус машини;
- закріпити гідроциліндри та важелі на верхній траверсі;
- з'єднати гідроциліндри з важелями;
- закріпити вузли верхніх роликів на важелях;
- встановити верхню траверсу на корпус машини та закріпити її;
- під'єднати машину до гідравлічної системи;
- встановити електродвигуни приводу роликів;
- з'єднати муфти, що з'єднують електродвигуни з приводними роликами.

Під час складання усі болтові з'єднання повинні бути надійно затягнуті за допомогою ручних ключів і, у необхідних випадках, із застосуванням механізованого інструмента.

Посадку призматичних шпонок у паз валу робити ударами мідного молотка чи запресуванням. Перевірку якості прилягання робочих граней шпонки до паза вала робити щупом. Після зборки шпонкового з'єднання перевірити наявність зазору по неробочій грані шпонки.

При зборці муфт повинна бути забезпечена необхідна співвісність напівмуфт.

При зборці опор на підшипниках кочення перевірити по фарбі і щупом якість сполучення кілець підшипників з валом і корпусом, а також контактуючих з підшипником деталей. У випадку порушення геометричної форми посадкових місць підшипників необхідно зробити їхнє виправлення шліфувальною машинкою чи шабером з перевіркою прилягання зовнішнього кільця підшипника по фарбі.

Розведення по обладнанню трубопроводів мастильних і гідравлічних систем і трубопроводів системи охолодження робити, керуючись кресленнями й інструкціями з монтажу.

Встановлення на машині електродвигунів, електроапаратури і датчиків автоматики і їхнє підключення робити відповідно до вимог складальних креслень і електричних схем, з урахуванням інструкцій підприємства-виготовлювача електрообладнання із дотриманням правил пристрою електричних установок, правил техніки безпеки (ТБ) при експлуатації електроустановок, а також вимог місцевих інструкцій з ТБ.

## 2.6 Змащування

Через 300 годин роботи нового редуктора провести першу заміну заливного мастила. Надалі заміна заливного мастила проводиться через 6 місяців.

Для одночасної заміни мастила в механізмах установки ТПМ через кожні 6 місяців необхідне:

масло Mobil SHC-639	– 360 літрів
пластичне мастило ГРАФІТОЛ (ТУ 38 УРСР 201172-77) або АЕРОЛ (ТУ 38 УССР201171-79)	– 4500см <sup>3</sup>

Витрата масла ПС-28 для змащування підшипників роликів, періодичність його заміни і поповнення – по технічній характеристиці централізованої системи рідкого мастила МБЛЗ "масло-повітря".

Схема розташування точок змащування показана на рисунку 2.9.

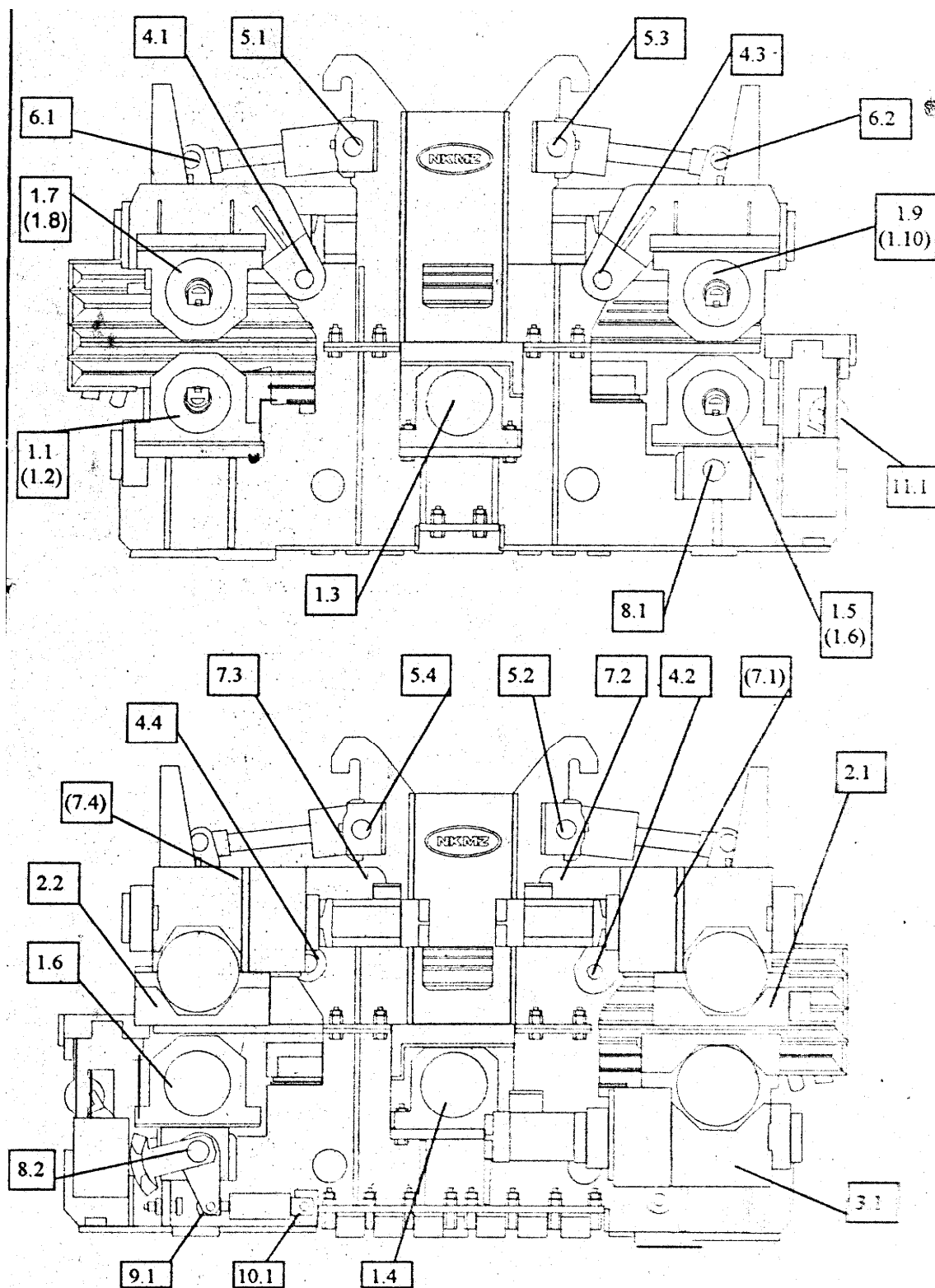


Рисунок 2.9 – Схема розташування точок змащування на кліті ТПМ

Таблиця 2.1 – Карта змащування

Назва точок змащування	Характеристика точок змащування	Кількість точок змащування		Вид системи	Сорт мастила, що рекомендується	Одноразові витрати мастила		Періодичність заміни
		на одну кліть	на ТПМ			на одну кліть	на ТПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Підшипники тягучих правильних і опорного роликів	Підшипник роликів сферичний №3524	10 (1.1-1.6 стаціонарні 1.7-1.10 рухомі)	60	Рідка централізована "маслоповітря"	Масло ПС-28 ГОСТ 12672-77	По характеристиці централізованої системи	По характеристиці централізованої системи	Постійна подача в процесі роботи
2. Редуктори приводів верхніх роликів	Планетарна передача (сталь-сталь), черв'ячна передача (сталь-бронза). Підшипники: №3617. №1606. №27317. №2007132	2 (2.1-2.2)	12	Рідка заливна	Mobil SHC-639	22x2=44 літра	264 літрів	Перша заміна через 300 годин роботи, далі – кожні 6 місяців
3. Редуктор приводу нижнього ролика, що тягне	Планетарна передача (сталь-сталь), черв'ячна передача (сталь-бронза). Підшипники: №3617. №1606. №27317. №2007132	1 (3.1)	6	Рідка заливна	Mobil SHC-639	16 літрів	96 літрів	Перша заміна через 300 годин роботи, далі – кожні 6 місяців
4. Шарніри важелів підйому верхніх (що тягне і правильного) роликів	Ось-втулка Ш80x60 мм (сталь-бронза)	4 (4.1-4.4)	24	Пластична закладна (ТРГ Rj)	Графітол ТУ38 УРСР 201172-77, або Аерол ТУ 38 УРСР 201171-79	30см <sup>3</sup>	720см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
5. Цапфи гідроциліндрів підйому верхніх роликів	Вісь-втулка Ш70x80 мм (сталь-бронза)	4 (5.1-5.4)	24	Пластична закладна (ТРГ Rj)	Див. п.4	20см <sup>3</sup>	480 см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Серезки гідроциліндрів підйому верхніх роликів	Підшипник сферичний ШСЛ-60 ТУ 37. 006. 068-82	2 (6.1-6.2)	12	Пластична закладна	Див.п.4	200см <sup>3</sup>	2400 см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
7. Шарніри тяги урівноваження редукторів приводів верхніх роликів	Вісь-втулка Ш40х40 мм (сталь-бронза)	4 (7.1-7.4)	24	Пластична закладна	Див.п.4	5см <sup>3</sup>	120 см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
8. Цапфи повороту важеля механізму відділення затравки	Вал-Втулка Ш100х90 мм (сталь-бронза)	2 (8 1-8.2)	12	Пластична закладна (ТРГ Rj)	Див.п.4	30см <sup>3</sup>	360 см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
9. Серезка гідроциліндра механізму відділення затравки	Підшипник сферичний ШС-30 ГОСТ 3635-78	1 (9.1)	6	Пластична закладна	Див.п.4	25см <sup>3</sup>	150 см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
10.Цапфа гідроциліндра механізму відділення затравки	Вісь-втулка Ш40х30 мм (сталь-бронза)	1 (10.1)	6	Пластична закладна	Див.п.4	1см <sup>3</sup>	6см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців
11. Вісь ролика механізму відділення затравки	Ось-полий ролик Ш100х120 мм (бронза-сталь)	1 (11.1)	6	Пластична закладна	Див.п.4	9см <sup>3</sup>	54см <sup>3</sup>	Кожні 6 місяців

### 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

#### 3.1 Планування організації ремонтів обладнання

Планування організації ремонтів обладнання включає в себе наступні елементи [14,15]:

1. План організації ремонтів (ПОР) і оперативний (лінійний або мережевий) графік складають з метою раціональної організації і виконання ремонту в цілому і доцільної послідовності проведення робіт на окремих ділянках.

2. ПОР на ремонт основних технологічних агрегатів складає виконавець ремонту разом із замовником у терміни:

2.1. По капітальних ремонтах відповідно до Положення про капітальний ремонт основних промислово-виробничих фондів підприємств системи чорної металургії України.

2.2. По поточних ремонтах за 5-7 днів до початку ремонту.

3. ПОР на поточний ремонт об'єкта повинний бути погоджений з відділом техніки безпеки підприємства і затверджений:

- по механічному устаткуванню – головним механіком підприємства (його заступником по відповідному виді виробництва);
- по металургійних агрегатах – відповідним головним фахівцем або головним інженером підприємства.

Допускається внесення в них, при необхідності, змін або доповнень, що повинні бути погоджені з тими ж особами й у ті ж терміни.

4. При складанні оперативного графіка і ПОР:

- встановлюється послідовність виконання ремонтних робіт, передбачених ремонтною відомістю;
- визначаються ремонтні роботи й операції, які виконуються паралельно (одночасно);
- встановлюється тривалість кожної роботи й операції;
- визначається необхідне число робітників (по спеціальностях) для виконання кожного з передбачених видів робіт;
- встановлюється організація робіт підготовчого, розбірного і відбудовного періодів;



- визначаються засоби механізації, необхідні для виконання робіт;
- передбачається розміщення переносних і стаціонарних механізмів, необхідних для проведення ремонтних робіт;
- устанавлюється розташування складських приміщень для ремонтних виробів;
- розробляється графік вантажопотоків;
- передбачаються необхідні запобіжні заходи по техніці безпеки (установка лісів, підмостків, перекриттів, закріплення окремих вузлів і елементів устаткування);
- передбачаються зони відпочинку, при проведенні робіт в умовах підвищених температур, термозахисні засоби, аерація повітря й ін.

5. Загальна тривалість ремонту за графіком не повинна перевищувати планової зупинки устаткування на ремонт, передбаченого місячним графіком ПР.

6. При заповненні оперативного графіка:

- у графах відзначається тривалість виконання окремих робіт у годинах, змінах або добах в залежності від загальної тривалості ремонту;
- оперативний графік складається шляхом проведення кольорових горизонтальних ліній, довжина яких масштабно відповідає часу між початком кожної роботи і її закінченням.

7. Оцінка про фактичне виконання робіт здійснюється нанесенням на графік умовних позначок іншого кольору.

8. При ремонтах основних металургійних агрегатів необхідно скласти мережний оперативний графік організації і проведення ремонтних робіт.

При кожному ремонті виконуються ті з зазначених у переліку робіт, необхідність у які викликана станом устаткування, що ремонтується. Відповідно до цього конкретний обсяг робіт при поточному ремонті будь-якого виду може бути як більше, так і менше обсягу типового ремонту.

### 3.2 Штат і система оплати праці ремонтного персоналу

Необхідна і достатня кількість робітників відповідної кваліфікації для обслуговування обладнання протягом робочої зміни визначається штатним розкладом цеху, який складає нормувальник на підставі розрахунків облікової чисельності. При розрахунку визначається: розміщувальний штат – штат в одну

зміну, добова чисельність, залежна від режиму роботи; штат підміни на вихідні дні, відпустки і хвороби.

Штатний розклад ремонтних робітників по ремонту обладнання конвертерного цеху представлений в таблиці 3.1.

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

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

Таблиця 3.1 – Штатний розклад ремонтних робочих по ремонту обладнання розливающего відділення конвертерного цеху

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

## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК

### 4.1 Економічне обґрунтування інженерних розробок

Враховуючи викладені вище недоліки в роботі тягнуче–правильних машин та запропоновані заходи щодо їх усунення розрахуємо техніко-економічні показники заходів проекту[16].

Техніко-економічна ефективність від використання ролика, запропонованої конструкції (див. підрозділ 1.7), полягає в тім, що підвищується охолодження поверхні ролика, що сприяє зменшенню зношення поверхні ролика; зменшується температурне подовження ролика, що призводить до зменшення осьового навантаження на підшипники і тим самим виключає можливість їхнього заклинювання.

Використання ролика запропонованої конструкції, з економічної точки зору, дозволить:

1. Скоротити витрати на заміну та ремонт роликів і тим самими, підвищити термін служби ролика у 1,5 рази.
2. Скоротити витрати на заміну підшипників, виключивши їх заклинювання і тим самими, підвищити термін їх служби у 2 рази.

Визначимо економічну ефективність від зниження витрат на заміну і ремонт роликів.

Вартість одного ролика старої конструкції складає  $C_p = 66210$  грн., а термін служби, у даних умовах експлуатації, нараховує  $B_1 = 2$  роки. Тоді як очікуване підвищення вартості ролика запропонованої конструкції складає  $\Pi = 20\%$ , а термін служби складе  $B_2 = 3$  роки. При цьому кількість тягнуче правильних машин нараховує  $M = 6$ , а кількість роликів в одній машині  $n = 5$ .

Економічна ефективність від зниження витрат на заміну і ремонт роликів, складе:

$$\mathcal{E}_1 = C_p \cdot \left[ \frac{1}{B_1} - \frac{1 + \frac{\Pi}{100\%}}{B_2} \right] \cdot n \cdot M = 66210 \cdot \left[ \frac{1}{2} - \frac{1 + \frac{20}{100}}{3} \right] \cdot 5 \cdot 6 = 198630 \text{ грн/рік}.$$

Визначимо економічну ефективність від підвищення терміну служби підшипників у 2 рази.

Вартість одного підшипника складає  $C_{\text{п}} = 1160$  грн., кількість підшипників, що встановлюється на один ролик  $k_{\text{р}} = 2$  шт, термін служби, у даних умовах експлуатації, нараховує  $B_{\text{п}} = 0,5$  року.

Економічна ефективність від підвищення терміну служби підшипників у 2 рази, складе:

$$\mathcal{E}_1 = C_{\text{п}} \cdot \left[ \frac{1}{B_{\text{п}}} - \frac{1}{2 \cdot B_{\text{п}}} \right] \cdot k_{\text{р}} \cdot n \cdot M = 1160 \cdot \left[ \frac{1}{0,5} - \frac{1}{2 \cdot 0,5} \right] \cdot 2 \cdot 5 \cdot 6 = 69600 \text{ грн/рік}.$$

Загальна економічна ефективність від впровадження еластичної муфти складе:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 198630 + 69600 = 268230 \text{ грн/рік}.$$

## 5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Конкретні заходи техніки безпеки і пристосування для забезпечення безпечних умов праці повинні розроблятися ще в проекті виконання монтажних робіт [17]:

- строповку і транспортування обладнання і конструкцій краном необхідно здійснювати відповідно до вказівок на кресленнях, схемах навантаження і упаковки, а також застосовувати штатні вантажозахватні пристосування ;
- при випробуваннях тягнуче-правильної машини на ній не повинні знаходитися люди і сторонні предмети;
- забороняється знаходитися усередині машини і на рамі при її випробуваннях;
- до обслуговування ТПМ допускаються працівники, які ознайомилися з інструкціями і правилами безпеки;
- забороняються випробування ТПМ при несправності звукової і світлової сигналізації. Негайно припинити монтажні роботи і випробування у разі виникнення небезпеки для життя і здоров'я працюючих, а також у разі, коли стан обладнання загрожує аварією.

Причинами ураження електричним струмом є дія електричного струму через дугу; зіткнення з відкритими частинами і дротами; дотик до токопровідних частин, ізоляція яких пошкоджена; торкання токопровідних частин через предмети з низьким опором ізоляції; дотик до металевих частин обладнання, що випадково виявилися під напругою; зіткнення з деталями будівельних конструкцій, що випадково виявилися під напругою. Небезпеку електричного ураження створює різноманітне обладнання: електричний привод, електрообладнання підйомно-транспортних пристроїв, зварювальні апарати, електричний ручний інструмент.

Для характеристик умов праці важливе значення має виробничий мікроклімат – комплекс значень фізичних характеристик метеорологічних чинників в обмеженому просторі виробничого приміщення. До метеорологічних чинників відносяться температура повітря, вологість, швидкість руху, атмосферний тиск.

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, які відповідають вимогам санітарних норм проектування промислових підприємств.

Вентиляція здійснюється переміщенням повітря: забрудненого – з приміщення і свіжого – в приміщення. За способами переміщення повітря розрізняють природну і примусову вентиляцію. При змішаній вентиляції поєднується природна і примусова вентиляція в різних варіантах. Природна вентиляція здійснюється завдяки різниці температур повітря в приміщенні і зовні нього і дії вітру. Примусова вентиляція здійснює обмін повітря за допомогою спеціальних механізмів і пристосувань.

Тепловий ефект дії опромінювання залежить від довжини хвиль і інтенсивності потоку випромінювання, площі ділянки організму, що опромінюється, тривалості опромінювання, кута падіння проміння, одягу.

Самою високу проникаючу здатність має червоне проміння видимого спектру і коротке інфрачервоне проміння (з довжиною хвилі до 1,5 мкм), яке глибоко проникає в тканини шкіри. Проміння з довжиною хвилі біля 3 мкм викликає нагрівання поверхні шкіри. Внаслідок цього, необхідно забезпечити захист не тільки від високотемпературних, але і від низькотемпературних випромінювачів. У виробничих умовах опромінювання відкритих ділянок шкіри переноситься більш легко унаслідок короткочасності дії опромінювання і деякого звикання до нього. Проте нерідко інтенсивність опромінювання в гарячих цехах набагато перевищує граничну величину, що витримує організм.

## 5.2 Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці

Для уникнення травматизму даним проектом передбачається обгороджування всіх місць цеху, які є небезпечними відносно травматизму. Обладнання має кожухи, які закривають всі його зовнішні деталі або вузли, які рухаються, надійне пускове управління (кнопки, педалі), що не допускають можливості випадкового вмикання або перемикання його під час роботи [17].

Станини обладнання, пульти і прилади управління заземлені. Органи управління виробничим обладнанням мають форми, розміри і поверхні, безпечні і зручні для роботи. Вони розташовані в робочій зоні так, щоб відстань між ними не заважає виконанню операцій. Органи управління приводяться в дію зусиллями, що не перевищують встановлених відповідними нормами. Управління

виробничим обладнанням, яке відноситься до однієї і тієї ж групи, уніфіковано. Тобто проектом передбачене однакове розташування педалей, кнопок, однакові правила управління, типові знаки. Основним засобом для запобігання травматизму при роботі в конверторному цеху є механізація, яка виключає необхідність в безпосередньому зіткненні виробничого персоналу з обладнанням під час його роботи, запобігаючи цим проникненню рук робітника в небезпечні зони механізмів при їх роботі.

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

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

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

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

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

З метою попередження нещасних випадків і аварій категорично забороняється:

- починати роботу без подачі добре чутного застережливого звукового сигналу;
- починати і вести роботу за наявності будь-яких несправностей в механізмах, системах змащування, гідравліки, охолодження, електроживлення і управління, а також за відсутності або пошкодженні захисних

штор, що прикривають місця підведення трубопроводів гідравліки і змащування;

- підійматися на працююче обладнання, входити в зону руху заготовки, проводити роботи в небезпечній близькості від працюючого обладнання;
- торкатися до працюючого обладнання;
- проводити очищення, прибирання або ремонт вузлів під час роботи;
- захарашувати проходи;
- допускати сторонніх осіб до працюючого обладнання.

Обладнання має бути надійно заземлено.

При тривалих перервах в роботі електроустаткування знеструмлюють.

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



## ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблені заходи щодо удосконалення конструкції тягнуче-правильної машини сортової машини безперервного лиття заготовок, а також заходи по монтажу, ремонту, змащенню та організації технічного обслуговування обладнання, висвітлені питання техніки безпеки та охорони праці.

1. Враховуючи досвід експлуатації відзначається підвищений знос поверхонь роликів, що призводить до дефектів на поверхні зливка, що витягується заклинювання опорних підшипників роликів, що призводить до додаткового навантаження на привод.
2. Для підвищення експлуатаційної надійності машини пропонується нова конструкція ролика, що дозволить збільшити внутрішню охолоджувану поверхню і, відповідно, сприятиме більш ефективному відбору тепла від поверхні ролика. Пропонована конструкція виконується складеною, що дозволяє збільшити внутрішній отвір і тим самим підвищити ефективність охолодження.
3. Під час проведення монтажних робіт тягнуче-правильної машини доцільно використовувати 4 стропа виготовлені з канату ТЛК-О 6х37 (1+6+15+15)+1о.с. ГОСТ 3079-80 (діаметр канату  $d_k = 19,5$  мм; маркувальна група  $\sigma_b = 1770$  МПа), а для кріплення машини глухі конічні з зачekanенням цементним розчином фундаментні болти, що встановлюються в готові фундаменти (діаметр болта М30×3,5).
4. Пропоновані заходи дозволять скоротити витрати на заміну та ремонт роликів і тим самими, підвищити термін служби ролика у 1,5 рази, а також скоротити витрати на заміну підшипників, виключивши їх заклинювання і тим самими, підвищити термін їх служби у 2 рази. Очікуваний економічний ефект складає  $\mathcal{E}_o = 268230$  грн/рік.

## 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, 1987 – . – Т. 2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. – 1988 – 432 с.
2. Лукашин Н. Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: учебник для вузов / Н. Д. Лукашин, Л. С. Кохан, А. М. Якушев – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 456 с.
3. Сортные машины непрерывного литья [Электронный ресурс] / НКМЗ. – Систем. требования: Adobe Reader. URL: [http://nkmz.com/fileadmin/data/prospekts/Billet\\_continuous\\_casting\\_machines.pdf](http://nkmz.com/fileadmin/data/prospekts/Billet_continuous_casting_machines.pdf) (дата обращения: 01.06.2018).
4. Касьян В.В. Опыт освоения и совершенствования технологии производства сортовых заготовок круглого сечения на МНЛЗ ЭСПЦ ЗАО «ММЗ “ИСТИЛ (Украина)”» / В.В. Касьян, С.Н. Писарский, В.И. Сирченко // Металл и литье Украины. – 2009. – № 3. – С. 6-9.
5. Дюдкин Д.А. Регулирование разлива стали на МНЛЗ / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко // Металл и литье Украины. – 2009. – № 3. – С. 3-6.
6. Состояние непрерывной разлива стали на сортовых МНЛЗ в Украине и Молдове / А. Л. Сотников, В. Н. Киреев, А. Ю. Оробцев и др. // Сталь. – 2013. – № 12. – С. 8-13.
7. АС 571347 СССР. МКИ В22D11/128. Валок зоны вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок / В.Б. Розанов, И.Е. Кожевников, В.Е. Рудоман и А.И. Целиков – №2152617/02; заявлено 10.06.75; опубл. 05.09.77, Бюлл. №33
8. АС 700278 СССР. МКИ В22D11/128. Валок машины непрерывного литья заготовок / А.Н. Щичков, И.А. Игнашов, В.А. Быстроумов и В.Н. Вопилов – №2633145/22-02; заявлено 19.06.78; опубл. 30.11.79, Бюлл. №44
9. АС 776742 СССР. МКИ В22D11/128. Подшипник скольжения ролика МНЛЗ / И.Ф. Иванченко, А.В. Матюхин, В.Г. Шиян и др. – №2457234/25-02; заявлено 23.02.77; опубл. 17.11.80, Бюлл. №41
10. Курсовое проектирование деталей машин. Учебное пособие для учащихся машиностроительных техникумов/ Чернавский С.А., Боков К.Н.,

- Чернин И.М. и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с., ил.
- 11.Цехнович Л.И., Петриченко И.П. Атлас конструкций редукторов.: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк. 1990. – 151 с.: ил.
  - 12.Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. : Учебн. пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1991. – 432 с.
  - 13.Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин – М.: Металлургия, 1983. – 415 с.
  - 14.Организация и планирование предприятий черной металлургии / Метс А. Ф., Штец К. А., Бельгольский Б. П., Щепилов Ф. И. – М. : Металлургия, 1986 – 560 с.
  - 15.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.
  - 16.Технико-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.
  - 17.Бринза В. Н. Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зиньковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.

## ДОДАТКИ