

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект є випускною кваліфікаційною роботою на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра за спеціальністю «Галузеве машинобудування». Робота складається з п'яти розділів і технічних креслень.

В спеціальному розділі наведено опис роботи машини безперервного розливання сталі та аналіз її роботи, виконано аналітичний огляд і наведено опис підйомно-поворотного стану та запропоновані заходи щодо спрощення проведення ремонту та зменшення його кошторису, виконані необхідні енергосилові розрахунки та розрахунки на міцність.

В розділі «Монтаж, ремонт та змащення обладнання» містить опис дозволу на проведення та порядок технічного обслуговування, а також порядок монтажу, демонтажу та змащення підйомно-поворотного стану.

В розділі «Організація технічного обслуговування і ремонтів» подано стислу характеристику ремонтного господарства металургійного комбінату, представлені основні техніко-економічні показники спеціалізованих ремонтних цехів, описані принципи планування організації ремонтів обладнання, а також приведений штат і система оплати праці ремонтного персоналу розливального відділення киснево–конвертерного цеху.

В четвертому розділі проведено розрахунок економічної ефективності заходів проекту.

В розділі «Техніка безпеки та охорона праці» приведено характеристику потенційних небезпек та шкідливих виробничих факторів цеху. Запропоновані заходи щодо техніки безпеки та пожежної безпеки.

Текстову частину дипломного проекту викладено на 74 сторінках формату А4 та 5 листах креслень формату А1. Текстова частина містить 16 рисунків та 5 таблиць, перелік джерел посилання складається з 20 найменувань. До основного тексту дипломного проекту додаються технічні креслення та специфікації до них у вигляді додатків, що розташовуються на 8 сторінках формату А4

Ключові слова: підйомно-поворотний стан, ківш, машина безперервного розливання сталі.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ .....	5
ВСТУП.....	8
<b>1 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Опис МБРС .....	9
1.2 АНАЛІЗ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ МБРС .....	13
1.3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	14
1.3.1 Сталерозливні стенди.....	14
1.3.2 Огляд технічних рішень щодо конструкцій поворотних стендів .....	19
1.4 ОПИС ПІДЙОМНО–ПОВОРОТНОГО СТЕНДУ МБРС.....	25
1.4.1 Призначення, принцип дії, та характеристика.....	25
1.4.2 Основні компоненти.....	27
1.4.3 Основні характеристики.....	28
1.4.4 Переваги конструкції .....	29
1.4.5 Загальні дані .....	29
1.4.6 Опис компонентів.....	30
1.4.7 Технічні характеристики.....	34
1.5 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПРОЕКТУ .....	35
1.6 РОЗРАХУНКИ ПІДЙОМНО–ПОВОРОТНОГО СТЕНДУ МБРС .....	37
1.6.1 Розрахунок механізму підйому ковша .....	37
1.6.2 Вибір гідроциліндра підйому.....	38
1.6.3 Перевірка стенду на перекидання.....	39
1.6.4 Розрахунок моменту і потужності двигуна механізму повороту стенду .....	40
1.6.5 Вибір двигуна і редуктора .....	40
1.6.6 Перевірка зубчатого зачеплення.....	41
<b>2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>46</b>
2.1 ДОЗВІЛ НА ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	46
2.1.1 Дозвіл на отримання доступу .....	47
2.1.2 Засоби індивідуального захисту .....	48
2.2 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ .....	48
2.2.1 Застереження .....	49

	4
2.2.2 Випробовування .....	51
2.2.3 Транспортування вантажів.....	52
2.2.4 Періодичні/загальні перевірки.....	53
2.3 ПОРЯДОК МОНТАЖУ ТА ДЕМОНТАЖ ПОВОРОТНОГО СТЕНДУ.....	54
2.3.1 Загальний демонтаж .....	55
2.3.2 Загальний монтаж.....	55
2.3.3 Особливі інструкції по монтажу.....	56
2.4 ЗМАЩЕННЯ .....	56
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ.....	58
3.1 Стисла характеристика ремонтного господарства МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ .....	58
3.2 Основні техніко-економічні показники спеціалізованих РЕМОНТНИХ ЦЕХІВ .....	58
3.3 Планування організації ремонтів обладнання .....	60
3.4 ШТАТ І СИСТЕМА ОПЛАТИ ПРАЦІ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛУ.....	62
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК.....	64
4.1 Розрахунок економічної ефективності .....	64
5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66
5.1 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих чинників .....	66
5.2 Заходи щодо техніки безпеки.....	69
5.3 Пожежна безпека.....	70
ВИСНОВКИ .....	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	73
ДОДАТКИ.....	75

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

- МБРС – машина безперервного розливання сталі;  
 МБЛЗ – машини безперервного лиття заготовок;  
 ЗВО – зона вторинного охолодження;  
 $T$  – зусилля на плунжері гідроциліндра;  
 $a, b$  – довжини;  
 $Q$  – вага ковша з металом і з кришкою;  
 $q$  – тиск масла в гідросистемі;  
 $\sigma_r$  – напруга в тілі гідроциліндра радіальна;  
 $\sigma_t$  – напруга в тілі гідроциліндра тангенціальна;  
 $r_i$  – поточне значення радіусу по товщині стінки гідроциліндра;  
 $r_1$  – радіус зовнішньої стінки гідроциліндра;  
 $\sigma_{r \max}$  – максимальна напруга в тілі гідроциліндра радіальна;  
 $\sigma_{t \max}$  – максимальна напруга в тілі гідроциліндра тангенціальна;  
 $N$  – навантаження на ходову частину від ваги ковшів і поворотної частини стану;  
 $S$  – зусилля попереднього затягування упорного вузла, для виключення перекидання стану;  
 $G$  – вага поворотної платформи;  
 $l$  – положення рівнодіючої  $N_1$ ;  
 $R$  – радіус опорного круга;  
 $N_2$  – навантаження на ходову частину від ваги ковшів і поворотної частини стану;  
 $Q_M$  – вага металу;  
 $Q_K$  – вага порожнього ковша разом з кришкою;  
 $G$  – вага поворотної платформи;  
 $M_{CT}$  – статичний момент сил тертя;  
 $D$  – діаметр опорного кільця;  
 $D_K$  – середній діаметр опорного катка;  
 $k$  – коефіцієнт тертя кочення;  
 $w$  – кутова швидкість обертання стану;  
 $n$  – частота обертання стану;

- $P$  – потужність двигуна;  
 $\eta$  – ккд приводу механізму повороту стенду;  
 $U_3$  – передавальне відношення відкритої зубчатої передачі;  
 $Z_1$  – число зубів шестерні;  
 $Z_2$  – число зубів колеса;  
 $m$  – модуль зачеплення;  
 $\alpha$  – кут зачеплення;  
 $T_2$  – момент, що передається зубчатим зачепленням;  
 $\beta$  – кут нахилу зубів;  
 $d_1$  – ділильний діаметр шестерні;  
 $d_2$  – ділильний діаметр колеса;  
 $b_1$  – ширина зубчатого вінця шестерні;  
 $b_2$  – ширина зубчатого вінця колеса;  
 $w_2$  – кутова швидкість колеса;  
 $a_w$  – міжосьова відстань;  
 $[\sigma]_H$  – контактна напруга, що допускається;  
 $\sigma_{H\lim b}$  – межа контактної витривалості при базовому числі циклів.  
 $K_{HL}$  – коефіцієнт довговічності;  
 $[n]_H$  – коефіцієнт безпеки;  
 $Z_H$  – коефіцієнт, що враховує форму зв'язаних поверхонь;  
 $E_1, E_2$  – модуль пружності матеріалу зубчатих коліс;  
 $\nu$  – коефіцієнт Пуассона;  
 $Z_M$  – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу зубчатих коліс;  
 $\varepsilon_\alpha$  – коефіцієнт торцевого перекриття;  
 $Z_\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;  
 $\psi_{bd}$  – коефіцієнт ширини шестерні по діаметру;  
 $v$  – окружна швидкість колеса;  
 $K_{H\alpha}$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами;  
 $K_{H\beta}$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині вінця;

$K_{Hv}$  – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, що виникає в зачепленні;

$K_H$  – коефіцієнт навантаження при розрахунку на контактну витривалість;

$\sigma_H$  – контактна витривалість зубів;

$K_F$  – коефіцієнт навантаження при розрахунку на згин;

$\sigma_F$  – витривалість зубів при згині;

$[\sigma]_F$  – напруга згину зубів, що допускається;

$\sigma_{F\limb}^\circ$  – межа витривалості при віднулевому циклі;

$[n]_F$  – коефіцієнт запасу міцності.

## ВСТУП

У сучасних умовах однією з найголовніших задач чорної металургії є зниження собівартості прокату чорних металів, при значному підвищенні якості металопродукції. Ця задача вирішується головним чином шляхом широкого технічного переозброєння підприємств чорної металургії. До числа важливих заходів у рішенні цієї задачі відноситься реконструкція вже існуючих виробництв, з метою підвищення якості, надійності, економічності і продуктивності машин і устаткування.

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

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

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

Особливу увагу слід приділити питанням підвищення надійності устаткування сталеплавильних і конверторних цехів та цехів неперервного розливання сталі, виробництво сталі в яких характеризується підвищеною інтенсивністю процесу, складністю конструкції та дією високих температур.

## 1 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Безперервне розливання сталі – сучасний прогресивний спосіб, при використанні якого не потрібні виливниці, досягається висока продуктивність праці і якість виливків, зменшуються затрати енергії і кількість відходів металу [1-3].

Процес безперервного розливання здійснюється на машинах безперервного розливання сталі (МБРС), котрі також мають назву машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ).

### 1.1 Опис МБРС

В рамках даного проекту розглядається слябова МБРС, основні технічні характеристики якої представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики слябової МБРС

Параметр	Значення
Тип машини	криволінійна
Кількість струмків, шт	2
Базовий радіус, мм	10000
Відстань між центрами струмків, мм	6000
Перетин заготовки, що відливається, мм	200 – 275 × 1000 – 1800
Довжина гільзи кристалізатора, мм	900
Металургійна довжина МБРС, м	32,462
Місткість промковша, т	60
Метод розливки	серійний
Кількість плавов в серії, шт	5 – 12
Вторинне охолодження	водоповітряне
Тип ріжучого пристрою	машина газового різання
Маса рідкого металу в стальковше, т	300
Система затравки	система введення зверху



До основного устаткування МБРС входять:

1. Сталерозливний підйомно–поворотний стенд – призначений для розміщення на ньому сталерозливних ковшів, передачу їх з резервного положення в положення розливання і назад, підйому і опускання ковшів при розливанні, а також для безперервного зважування ковшів з металом.
2. Проміжний ківш – призначений для прийому рідкого металу із сталерозливного ковша, розподілу його по кристалізаторам організованим струменем з мінімальними втратами тепла. Конструктивно ківш виконаний у вигляді сталевого кожуха, внутрішня порожнина, якого зафутерована вогнетривкими матеріалами.
3. Кришка проміжного ковша – перешкоджає тепловому випромінюванню під час розігрівання і розливання, і служить для захисту від випліскувань при заповненні проміжного ковша. Тип конструкції – цільна зварна рама з вогнетривкою футеровкою.
4. Візок проміжного ковша – служить для утримання проміжного ковша при розливанні і його переміщення з резервної позиції в робочу. В резервній позиції візка здійснюється центрування, розігрівання футеровки проміжного ковша і розігрівання каналів дозаторів.
5. Механізм підйому–опускання стопора промковша – призначений для управління подачею металу з промковша в кристалізатори.
6. Установа розігрівання проміжного ковша.
7. Пристрої розігрівання дозаторів промковша – призначені для розігрівання дозаторів промковша перед початком розливання, з метою запобігання термічного удару, що приводить до розтріскування вогнетривкого матеріалу.
8. Установа розігрівання розливних стаканів занурення – призначена для розігрівання стаканів занурення, що встановлюються між промковшом і кристалізатором для захисту струменів металу від вторинного окислення.
9. Маніпулятор стаканів занурення – служить для установки стаканів занурення між проміжним ковшом і кристалізатором на кожному струмку МБРС.

10. Маніпулятор захисної труби – призначений для установки, фіксації і зняття захисної вогнетривкої труби, що стикується з колектором сталювша.
11. Опорна конструкція машини складається, головним чином, з розливного майданчика, сходів, проходів, і необхідних майданчиків, які потрібні функціонально для розливної машини. Основні опорні колони розливного майданчика і проміжного майданчика встановлені безпосередньо на бетоном фундаменті. Розливний майданчик служить як робочий майданчик для експлуатаційного матеріалу під час процесу розливання. Приміщення подачі енергоносіїв розташовуються під основним розливним майданчиком на проміжному рівні ближче до компонентів розливної машини.
12. Кристалізатор забезпечує необхідну геометрію неперервнолитого злитка і первинне відведення тепла під час початкового утворення скоринки. Первинна охолоджуюча вода, що проходить уздовж внутрішньої поверхні мідних плит, забезпечує ефективний конвективний обмін.
13. Механізм хитання – призначений для надання кристалізатору поворотно–хитаючого руху. В машині використана – вдосконалена система хитання кристалізатора із застосуванням гідравлічного приводу і пластинчатих пружин для напряму руху кристалізатора і оперативним управлінням інвертованим хитанням.
14. Зона вигину – призначена для направлення, утримання і згинання гарячого злитка з вертикального положення в постійний радіус.
15. Розливна дуга – це зварна металева балка, встановлена на радіальній ділянці між кристалізатором і машиною, що тягне та править.
16. Балка – організація руху затравки і заготівки, а також розміщення секцій зон вторинного охолодження (ЗВО).
17. Зона правки. Сегменти правильної ділянки призначені для направлення, спірання і правки злитка з постійного радіусу в горизонтальне положення.
18. Перша секція вторинного охолодження НЛЗ призначена для інтенсивного охолодження заготівки після виходу її з кристалізатора.

19. Секції вторинного охолодження № 2, 3, 4, 5, 6, 7 служать для забезпечення монотонного зниження температури заготовок, що відливаються до необхідного рівня.
20. Камера охолодження – передбачена для збору і видалення води і пари, що виділяється при розливанні, а також екранування устаткування від теплового випромінювання. Потім пара відсмоктується системою витяжки пари. Пара, одержувана при охолодженні форсунки, уловлюється в камері вторинного охолодження і викидається в атмосферу через повітропроводи і витяжну трубу.
21. Затравка – ланцюгова, напівжорсткого типу, призначена для утворення тимчасового «дна» в кристалізаторі перед початком розливання і подальшого витягання із зчепленою заготовкою машиною, що тягне та править.
22. Система введення затравки зверху – служить для знімання затравки з рольгангу, передачі її на транспортний візок на розливному майданчику, транспортування її до кристалізатору і введення в направляючу струмка до моменту притиску приводним роликом.
23. Машина газокисневого різання – служить для розрізання злитка на остаточні задані довжини слябів. Після вимірювання заданої довжини сляба, що здійснюється кодовим датчиком і вимірювальним роликом, машина захоплює гарячий злиток і починається процес різання.
24. Рольганг газового різання – служить для подачі затравки і гарячого злитка на ділянку газового різання. Коли різак поступає на ділянку роликів, рольганг переміщається і одночасно відключається підведення ріжучого кисню на газовий різак.
25. Рольганг, що відводить – служить для транспортування гарячого злитка на ділянку розвантаження.
26. Рухомий упор – служить для укладання затравки на ділянці зберігання і слябів на ділянці розвантаження.
27. Нерухомий упор – розташований в кінці рольганга і зупиняє сляб.
28. Маркувальна машина – служить для маркування слябів з метою ідентифікації. Маркувальна машина наближається до сляба, який утримується в необхідній позиції, і на сляб наноситься номер / буквенний код, заданий оператором.

29. Штовхач слябів – служить для зштовхування слябів з рольгангу на штабелюючий стіл. Направляючі для напрямку рухи каретки штовхача змонтовані на рольганзі. Каретки зіштовхувача з'єднуються штоком штовхача. Циліндри штовхача мають гідравлічну синхронізацію.
30. Штабелюючий стіл служить для укладання штабелю гарячих слябів, що були зіштовхнуті з рольгангу. Після зштовхування одного сляба на штабелюючий стіл, стіл опускається на товщину сляба. Після закінчення укладання штабелі підіймається у верхнє положення, і забирається мостовим краном.

## 1.2 Аналіз роботи обладнання МБРС

Слід зазначити, що конструкція машини, проект якої розробляла компанія VAI, є найсучаснішою. Окремі компоненти машини мають жорстку конструкцію і легко замінюються.

Всі рухомі компоненти і устаткування будуть засобами оптичної і акустичної попереджувальної сигналізації, і мають відповідне попереджувальне забарвлення. Надане повний комплект технічної документації, необхідний для належної експлуатації і технічного обслуговування машини неперервного лиття.

Одним з істотних недоліків є дія на устаткування високих температур, через яку з ладу виходять не тільки вузли основного технологічного устаткування (наприклад, стінки кристалізатора), але і маса контрольно-вимірювальних приладів що беруть участь в процесі розливання, а з урахуванням того, що устаткування імпортного виробництва його ремонт утруднений, а закупівля нових комплектуючих пов'язана з додатковими фінансовими витратами.

Зокрема, одним з основних елементів машини є секції роликової проводки зони вторинного охолодження (ЗВО), від їх стану (якість збірки, настройки, ревізії і ремонту) залежить хід процесу безперервного лиття.

Стенд має ряд недоліків пов'язаних з конструкцією приводу механізму обертання стенду, через використання імпортних компонентів здорожується вартість конструкції та собівартість проведення ремонтів.

## 1.3 Аналітичний огляд

### 1.3.1 Сталерозливні стенди

На машинах безперервного лиття заготівель (МБЛЗ) перших конструкцій розливання сталі проводили з використанням розливного крана, що забезпечує переміщення ковша і його утримання в період заповнення металом проміжного ковша [1-3]. Такий спосіб набув малого застосування для відділень безперервного литва з декількома машинами через тривале затримання розливних кранів і необхідності збільшення їх числа, труднощі організації вантажопотоків сталеплавильного цеху.

На сучасних МБЛЗ для розливання застосовують сталерозливні стенди, які не тільки забезпечують виконання всіх необхідних операцій, але і створюють велику автономність машин, дозволяють здійснити передачу ковшів з одного прольоту будівлі в іншій, забезпечують більш оперативне управління при виникненні неполадок в роботі і краще спостереження за процесом заповнення проміжних ковшів і кристалізаторів.

Стенд призначений для установки на ньому двох сталерозливних ковшів, перекладу їх з резервного положення в робоче і назад, зважування ковша з металом, утримання ковша в період розливання, вертикальних переміщень ковшів для виконання допоміжних технологічних операцій.

По конструкції і принципу роботи сталерозливні стенди розділяють на два типи – мостові і поворотні. Залежно від зв'язку між рухами ковшів розрізняють стенди з одночасним і роздільним вертикальними переміщеннями. Стендам, забезпеченим індивідуальними механізмами вертикального переміщення ковшів, слід віддати перевагу як тим що забезпечують велику гнучкість і безпеку в роботі.

На рисунку 1.1 показаний сталерозливний стенд мостового типу [1-3] для ковшів місткістю 350 т, застосований на радіальній МБЛЗ Новоліпецкого металургійного комбінату.

Стенд складається з моста 1, приводної ходової частини 2 з балансирними візками 3, механізму 4 пересування моста з індивідуальними приводами, колон з направляючими обоймами 9, механізму вертикального переміщення моста 7 і струмознімального пристрою 5. Стенд пересувається по двох двохрейкових шляхах, укладених на робочому майданчику. Міст зварної конструкції викона-

ний з подовжніх і поперечних балок, що створюють отвори для розташування сталерозливних ковшів 8 і для заміни проміжного ковша в резервному положенні.

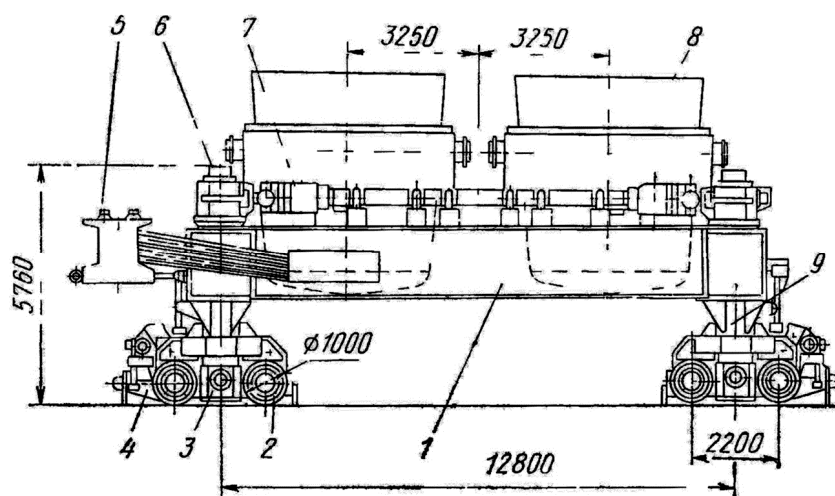


Рисунок 1.1 – Сталерозливний стенд мостового типу

Ходова частина стенду забезпечена чотирма двоскатними балансирними візками, розташованими попарно з кожної сторони стенду і що спираються на двохрейкові шляхи. В кожному візку один з двох скатів приводний. Ходові колеса одноресорбні. Механізм пересування візка складається з електродвигуна, гальма і триступінчатого циліндричного редуктора, посадженого на хвостовик приводного ската. Корпуси підшипникових вузлів скатів сполучені з рамою балансира шарнірами, внаслідок чого забезпечуються рівномірний розподіл тиску і самовстановлення скатів по двохрейковому шляху в площині, перпендикулярній руху стенду. Кожний балансирний візок з приводної сторони забезпечений роликом, що переставляється по висоті, який в опущеному положенні служить опорою при викочуванні приводного ската.

Міст переміщається у вертикальному напрямі по чотирьох порожнистих колонах, розташованих на балансирних візках. Колони сполучені з візками шарнірами і поміщені в подовжені направляючі обойми 9, прикріплені знизу до моста. Переміщення моста здійснюється чотирма механізмами 6, встановленими зверху ходових балок моста. Кожний механізм складається з електродвигуна, гальма, черв'ячного редуктора з глобоїдним зачепленням і гвинтової пари. Електродвигуни двох механізмів, розташованих на кожній ходовій балці моста,

сполучені між собою швидкохідними трансмісійними валами, що забезпечують їх синхронне обертання. Перекіс моста контролюється системою стеження з сельсинами, яка дає команду на зупинку приводів випереджаючої сторони моста до повного усунення перекоосу.

Недоліки стану полягають в наступному: великі габарити; складність і недостатня надійність механізму вертикального переміщення моста з черв'ячними і гвинтовими передачами і системою синхронізуючих валів, відсутність роздільного підйому і опускання сталерозливних ковшів.

Поворотні стени залежно від числа несучих балок під ковші підрозділяються на стени з однією або двома несучими рамами. Стени першого типу виконують з центральною поворотною опорою і з розташуванням ковшів на консолях несучої рами. Стени другого типу, вживані на ряді зарубіжних МБЛЗ, забезпечені двома незалежними несучими рамами, що повертаються навкруги центральної підшипникової опори на балансірних візках по круговій рейці. Кожна рама забезпечена механізмом підйому і опускання ковша, ваговимірвальним пристроєм і індивідуальним механізмом пересування балансірного візка. Перевагою стану слід рахувати відсутність в опорно-поворотній частині унікальних підшипників великого діаметра, недоліком – необхідність блокування механізмів повороту несучих рам.

На рисунку 1.2 показаний сталерозливний стенд конструкції УЗТМ [1-3] з однією несучою рамою. Стенд складається з підстави 2, поворотної платформи 6, опорно-поворотної частини 12, механізму повороту 1, несучої рами 14 з підвісками 15 для сталерозливних ковшів, механізму 10 підйому і опускання ковшів і ваговимірвальної системи.

Платформа повертається на роликах 4, встановлених в кільцеву обойму і розташованих між опорним кільцем 5 на платформі і круговою рейкою 3 на підставі. Поворот платформи здійснюється двома електродвигунами постійного струму через циліндричний редуктор, конічну і циліндричну передачі. Зубчатий вінець 16 останньої передачі прикріплений знизу до платформи. По осі стану платформа центрується віссю і з підшипниковими вузлами, що забезпечують її самовстановлення по роликовому кругу.

Зверху на платформі встановлено дві стійки, між якими на осі посаджена несуча рама. Вертикальні переміщення ковша створюються гойдаючим рухом рами. Коли один ківш підіймається, другий опускається, і навпаки. Механізм вертикального переміщення ковшів складається з двох гідроциліндрів 7 одно-

торонньої дії, повзуна 8 з трапецієвидною западиною і важеля, прикріпленого до несучої рами і забезпеченого зубом 9 евольвентного профілю. Плунжерні гідроциліндри, переміщаючи повзун, повертають важіль із зубом, а разом з ним і несучу раму. Підвіски сполучені тягою 13 з важелями на рамі. Паралелограмні механізми  $OABC$  і  $OA'B'C$ , що утворюються, забезпечують плоскопаралельний рух підвісок і ковшів.

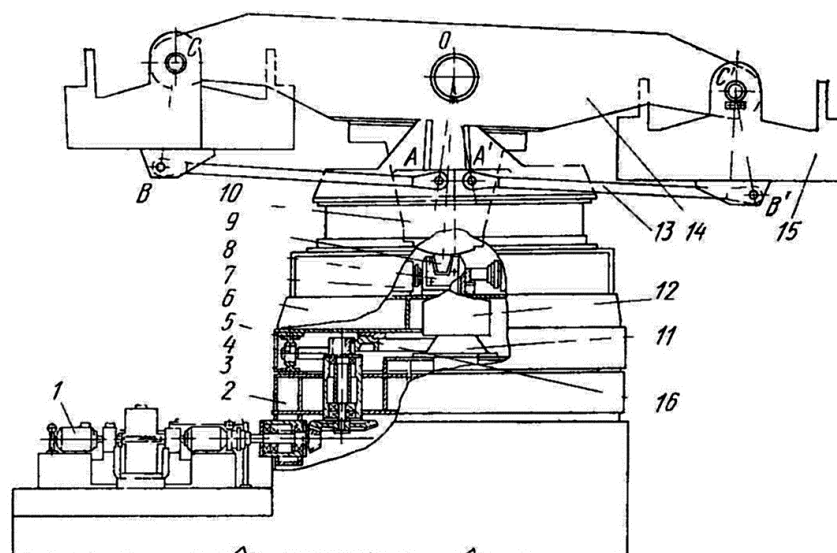


Рисунок 1.2 – Поворотний сталерозливний стенд конструкції УЗТМ

Переваги стенду полягають в надійній конструкції опорно–поворотної частини і приводу механізму повороту, недоліки – у відсутності незалежного вертикального переміщення ковшів і схильності ваговимірювальної системи до ударів при установці ковша в підвіску.

Сталерозливний стенд з однією несучою рамою конструкції фірми «Де-маг» (рис. 1.3) складається з циліндричної зварної підстави 4, поворотної платформи 5, несучої рами 11 з двома ваговими рамами 8 під ковші 7, механізму повороту 1, стопорних механізмів 6, двох гідравлічних механізмів 10 вертикального переміщення ковшів і двох ваговимірювальних пристроїв 9. Стенд дозволяє проводити незалежний підйом і опускання кожного ковша.

Опорою платформи служить спеціальний радіально–упорний роликотітний шипник великого діаметра. Механізм повороту забезпечений двома однотипними приводами, кожний з яких складається з електродвигуна, гальма, конічно–циліндричного редуктора і цевочної передачі 3, вінець якої прикріплений до



платформи. На випадок знеструмлення або виходу з ладу електродвигунів передбачений аварійний пневматичний привод, встановлений паралельно з одним з електроприводів. Пневмодвигун 2 з вбудованим редуктором з'єднується з другим провідним валом конічно–циліндричного редуктора розчіпною муфтою, керованою пневматичним циліндром. При зупинених приводах поворотна частина стану фіксується двома фрикційними стопорними механізмами, що приводяться в дію пневматичними циліндрами.

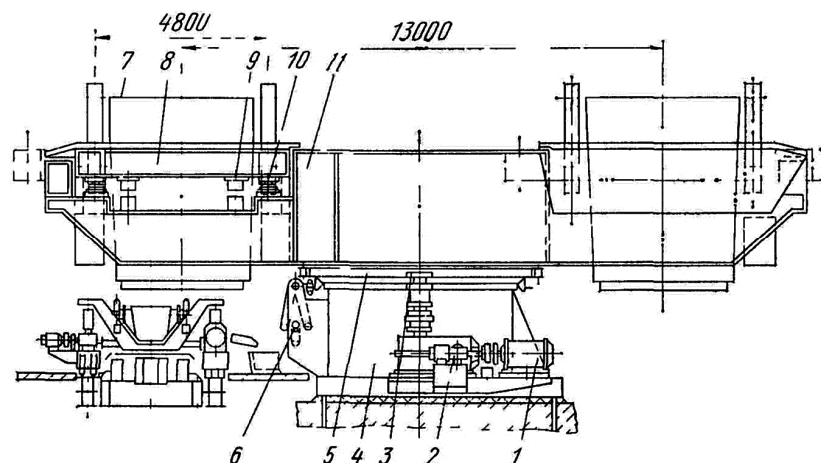


Рисунок 1.3 – Поворотний сталерозливний стенд конструкції «Демаг»

Стенд оснащений двома механізмами вертикального переміщення ковшів і двома електронними пристроями для зважування ковшів з металом, розташованими на консолях несучої рами. Механізми і пристрої забезпечені гідроциліндрами. До недоліків стану слід віднести складність гідравлічних систем вертикальних переміщень і зважування ковшів, застосування унікального радіально–упорного підшипника, виготовлення якого можливо тільки в умовах спеціалізованого виробництва.

Характерною особливістю сталерозливних стендів зарубіжних МБЛЗ є використання в опорно–поворотній частині спеціальних роликотіпідшипників. На рисунку 1.4 показана конструкція радіально–упорного роликотіпідшипника, встановленого на стенді МБЛЗ фірми «Конкаст». Двосторонні осьові навантаження сприймаються двома рядами горизонтальних роликів 2 і 5; радіальні зусилля – вертикальними роликами 4. Зовнішнє кільце виконано складовим з двох частин 3 і 6, сполучених болтами. Внутрішнє кільце 1 підшипника є одно-

часно зубчатим вінцем з внутрішніми зубами. Для з'єднання з поворотною платформою в ньому передбачені отвори.

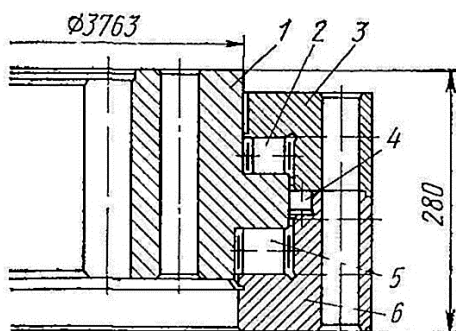


Рисунок 1.4 – Радіально–упорний підшипник поворотного станду

### 1.3.2 Огляд технічних рішень щодо конструкцій поворотних стендів

Відома [4] конструкція розливного стану установки безперервного розливання, в якому для спрощення конструкції і підвищення компактності стану, міститься колона, несуча траверса для розливних ковшів, верхня і нижня опори колони, направляючий елемент і механізми повороту і підйому колони, верхня опора виконана у вигляді відомої шестерні механізму повороту, а направляючий елемент встановлений в розточуванні шестерні. При цьому направляючий елемент може бути виконаний у вигляді втулки, закріпленої на колоні за допомогою шпонки, що має нагоду ковзання, або у вигляді сегментів, розміщених в тріфоподібному розточуванні шестерні, що самовстановлюється.

На рисунку 1.5 представлений пропонований стенд. Траверсу 1, що несе розливні ковші встановлено на колоні 2 за допомогою нижньої опори 3 і верхньої опори 4, розміщених на рамі 5. Верхня опора 4 виконана у вигляді відомої шестерні 6 тихохідного ступеня редуктора 7 приводу механізму повороту колони. В розточуванні шестерні 6 встановлена направляюча втулка 8, закріплена на шпонці 9, має нагоду ковзання. Направляючий елемент може бути виконаний також у вигляді сегментів, що самовстановлюються, встановлених в тріфоподібному розточуванні 11 шестерні 6. Механізм підйому містить гідроциліндр 12 з плунжером 13, палець 14 і упорний сферичний підшипник 15.

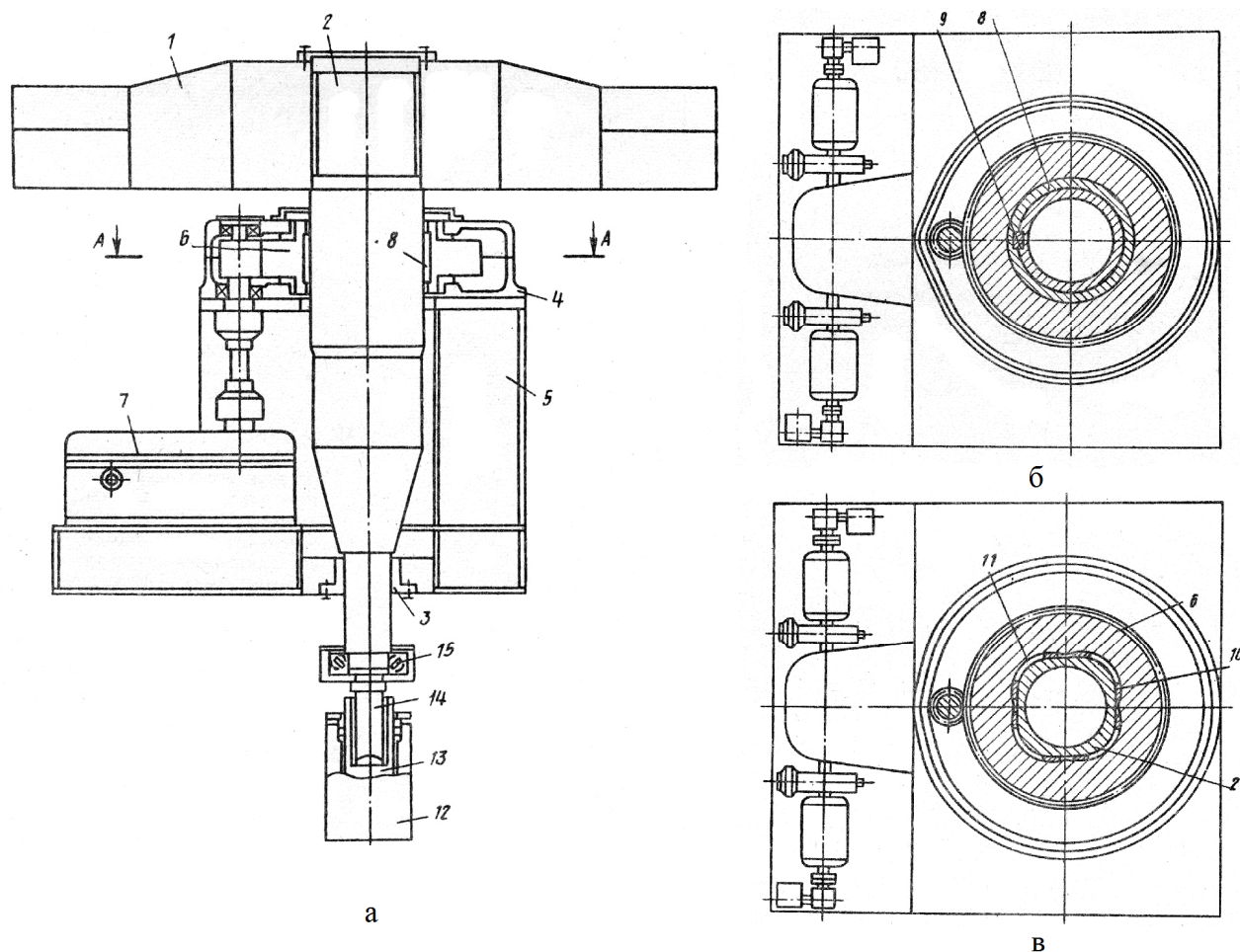


Рисунок 1.5 – Розливний стенд: а – загальний вид; б – направляюча колони, виконана у вигляді втулки (розріз А-А); в – направляюча колони, виконана у вигляді сегментів (розріз А-А)

Під впливом реакції від моменту, що крутить, або від невірноваженої траверси 1 сегменти 10 приймають положення, при якому питомий тиск рівномірно розподіляється по всій їх поверхні.

Інтерес представляє наступна конструкція [5] підйомно–поворотного стенду для сталерозливних ковшів машини безперервного лиття, що має підвищену надійність роботи.

На рисунку 1.6 зображені підйомно–поворотний стенд та його кінематична схема. Підйомно–поворотний стенд містить колону 1, встановлену в двох радіальних підшипниках 2 і 3 і упорному підшипнику 4 в опорному корпусі 5, яким стенд закріплений на металоконструкції 6 машини безперервного литва. На стенді знаходиться сталерозливний ківш 7, під яким встановлений проміж-

ний ківш 8 і кристалізатор 9 машини безперервного литва металу. За допомогою електродвигуна 28 через редуктор 27 і зубчату пару стелд переводять з резервного положення в робоче. Після підготовки затвора сталерозливного ковша до роботи плунжером 18 сталерозливний ківш переводять в необхідне положення по висоті. Після цього рідкий метал подають в проміжний ківш 8, з якого рідкий метал потрапляє в кристалізатор 9.

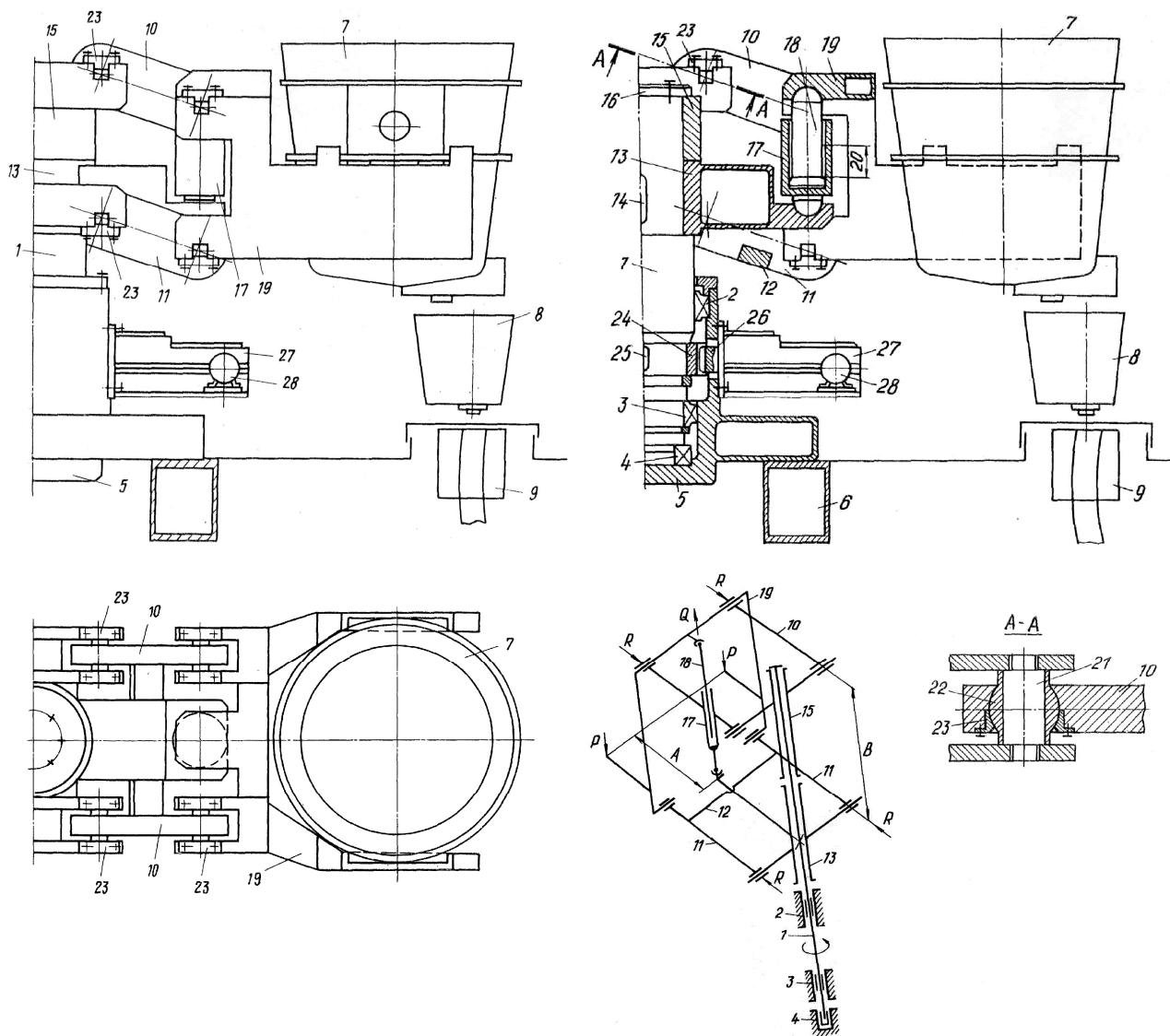


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд та кінематична схема підйомно-поворотного стелд

Підйом і опускання сталерозливного ковша відбуваються при плоскому вертикальному переміщенні траверси 19, поворотах верхніх 10 і нижніх 11 ланок, а також при повороті в горизонтальній площині верхньої частини 15 корпусу щодо колони 1.

Конструкція має схему з рівною кількістю шарнірів верхніх і нижніх ланок і рівномірним навантаженням всіх його шарнірів незалежно від точності виготовлення, а також просторового чотириланковика з верхніми ланками 10 і нижніми ланками 11, паралельними між собою, при цьому верхні ланки 10 не мають фіксації одна щодо іншої. Нижні ланки 11 мають жорсткий зв'язок 12.

Поворотний корпус встановлений на колоні 1 і виконаний з двох частин. Нижня частина 13 закріплена шпонкою 14, а верхня частина 15 встановлена з можливістю повороту. Кришка 16 служить для осьової фіксації.

Корпус гідроциліндра 17 встановлений на кронштейні нижньої частини 13 поворотного корпусу. Плунжер 18 пов'язаний з траверсою 19, на якій встановлений сталерозливний ківш 7. Величина ходу 20 плунжера відповідає висоті підйому траверси 19 разом зі встановленим на ній сталерозливний ковшем 7.

Ланки 10 і 11 пов'язані з частинами 13, 15 поворотного корпусу і з траверсою 19 сферичними шарнірами, що складаються з осей 21, сферичних втулок 22 і фіксаторів 23. Осі 21 своїми квадратними цапфами закріплені в частинах 13 і 15 поворотного корпусу і в траверсі 19 фіксаторами 23.

В середній частині на колону 1 надіто зубчасте колесо 24, зафіксоване на колоні 1 шпонкою 25 і що знаходиться в зачепленні з шестернею 26, що входить до складу зубчатого редуктора 27.

Відомий підйомно-поворотний стенд для ковшів [6], що має підвищену надійність роботи представлено на рисунку 1.7.

Ковші 1 з рідким металом встановлені на рамі 2. Остання має жорстко пов'язану з нею поперечину 3, в яку вставлена вертикальна вісь 4, що підтримує за допомогою бортів і упорного підшипника поперечину 3, а з нею раму 2 і встановлені на ній ковші 1. Через вкладиш і проміжну деталь з взаємно перпендикулярними круговими циліндричними поверхнями 5 забезпечується спірання ковшів 1, рами 2 з поперечиною 3 і осі 4 на компенсуючий товкач 6, який, у свою чергу, через таку ж проміжну деталь і вкладиш по взаємно перпендикулярних кругових циліндричних поверхнях, як і поверхня 5, спирається на плунжер 7. Останній входить в циліндр 8, вставлений в нерухому колону 9, виконану у контакті з опорною плитою 13, через важелі 10 і осі 11, що оперті з одного боку на рамі 2, а з другого боку на кронштейні, що становить одне ціле з поворотним корпусом 12, що обертається на підшипниках щодо нерухомої колони 9. Рідина для підйому ковшів 1 подається в нерухомий циліндр 8 по трубі 16.

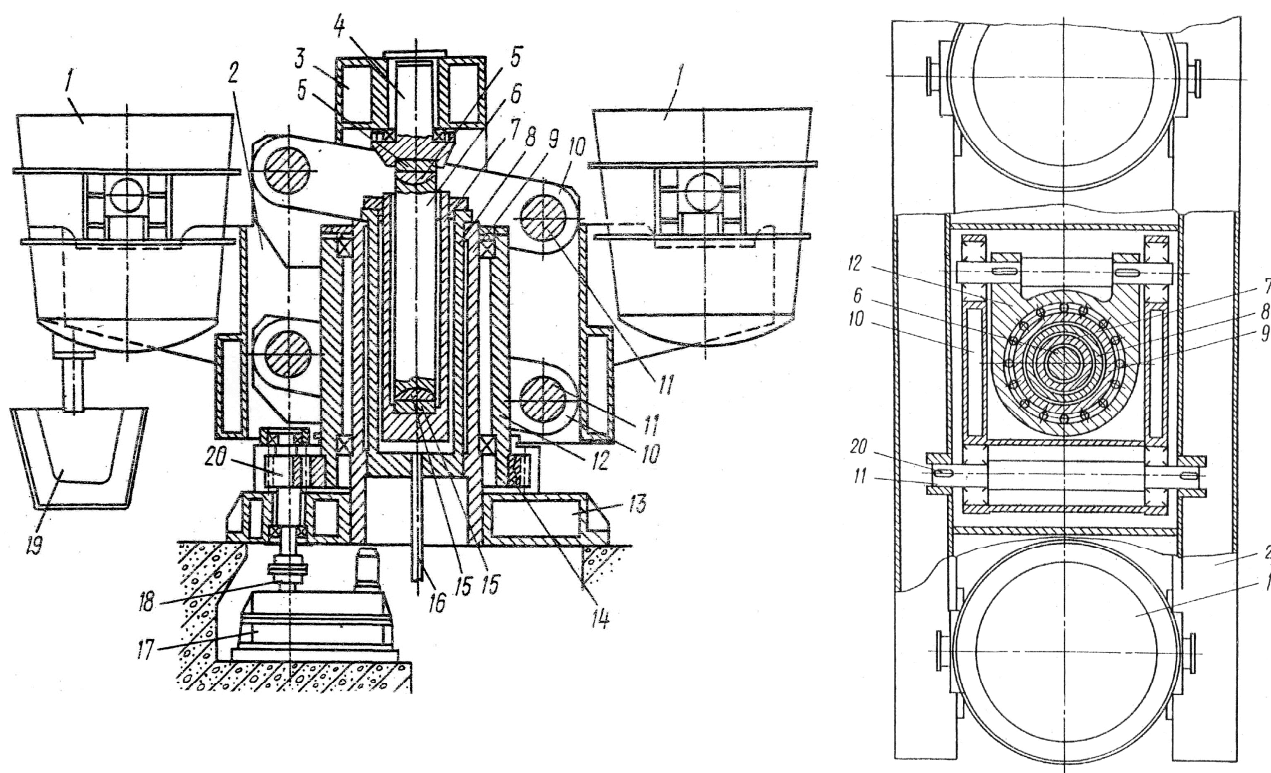


Рисунок 1.7 – Стенд поворотний, поперечний перетин (ліворуч) і фрагмент засобу запобігання повороту (праворуч)

Поворот стенду здійснюється за допомогою електродвигуна, редуктора 17, муфти 18 і шестерні 20, що приводить в обертання відносно вертикальної осі 20 зубчатий вінець 14, виконаний у контакті з поворотним корпусом 12, захоплюючим за собою при обертанні через систему важелів 10 і осей 11 раму 2 з ковшами 1.

При збереженні в пропонованому стенді гідроциліндра, встановленого на нерухомих частинах стенду, забезпечується зручність підведення рідини без застосування гідрошарнірів.

Застосування в тому, що спирається компенсуючого товкача проміжних деталей з взаємно перпендикулярними циліндричними поверхнями з горизонтальними осями забезпечує компенсаційні можливості товкача 6 без обертання його і осі 4 щодо власних осей, тоді як поперечина 3 у контакті з рамою 2 скоює обертання щодо вертикальної осі.

Наявність підйомного гідроциліндра, встановленого на нерухомій частині стенду, і важелів, що охоплюють нерухому колону, спрощує конструкцію, забезпечує компактність стенду і покращує умови обслуговування.

При цьому для забезпечення надійності опорних вузлів гідроциліндра останні виконані у вигляді елементів, що запобігають обертанню гідроциліндра щодо його подовжньої осі, а зусилля гідроциліндра на поворотну раму передається через упорний підшипник.

Відомий пересувний стенд [7] для сталерозливних ковшів, що включає несучу раму на катках з механізмом переміщення в якому з метою зменшення габаритів несуча рама виконана Г-подібної форми, один кінець якої розташований над робочим майданчиком на роликах, змонтованих на стаціонарних стійках (рис. 1.8).

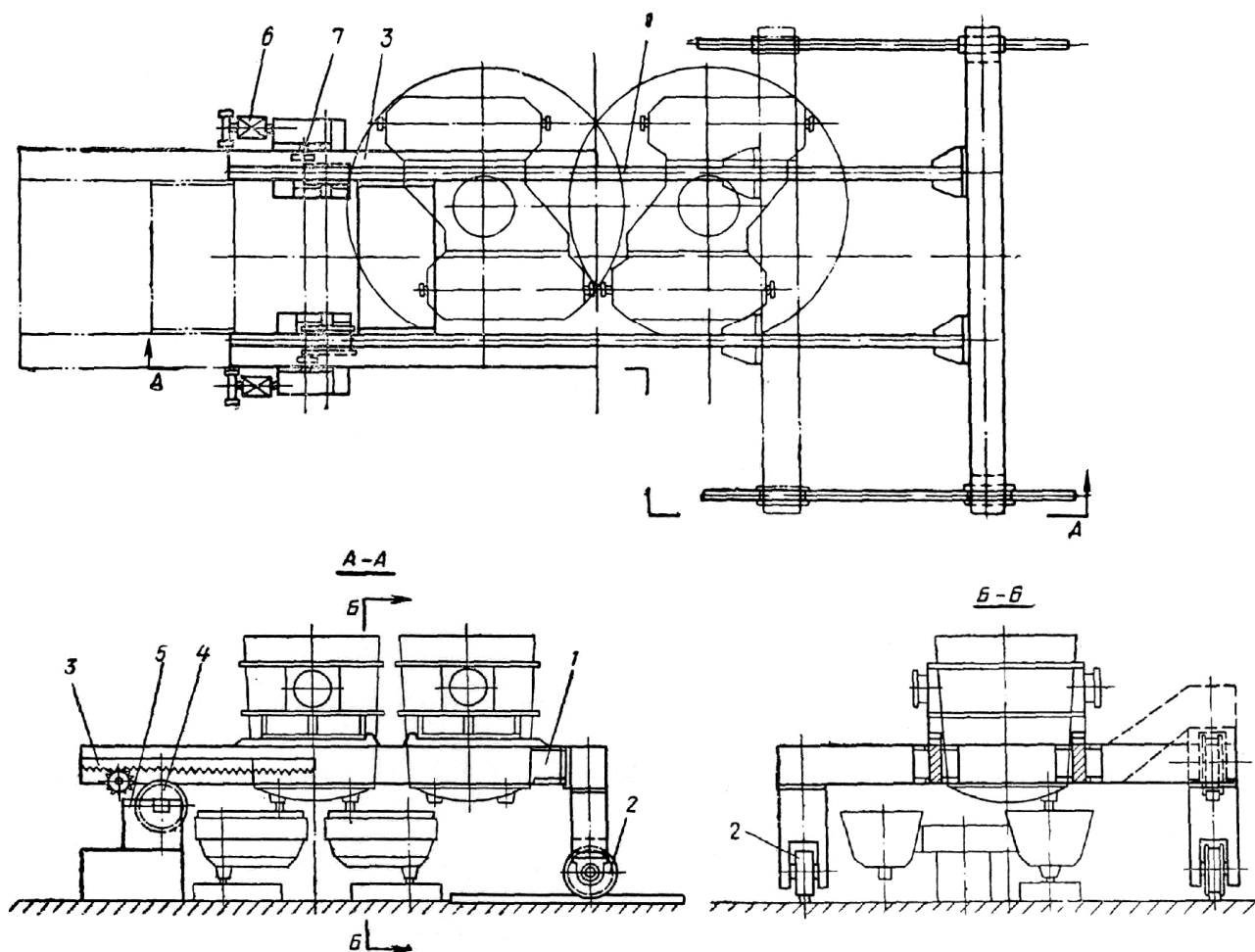


Рисунок 1.8 – Пересувний стенд, загальний вигляд

Несуча рама 1, забезпечена катками 2 і жорстко закріпленими рейками 3, спирається одним кінцем на опорні ролики 4, закріплені в стаціонарних стійках 5.

На стаціонарних стійках 5 закріплені приводи 6, консольні шестерні 7, що мають зачеплення з рейками 3 несучої рами 1.

З метою збільшення огляду при розливанні металу і поліпшення обслуговування стенду конструкція несучої рами 1 може бути виконано так, що одна рейка горизонтального шляху під каток 2 може бути розташований над пультом управління.

На несучу раму 1 встановлюють один сталерозливний ківш, наповнений рідким металом, який розливають одночасно в два проміжні ковші.

При роботі одним стопором на два проміжні ковші несучу раму 1 зі встановленим на ній сталерозливним ковшем переміщують за допомогою рейкового приводу на той або інший проміжний ківш, проводячи почергове заповнення. При цьому один кінець несучої рами 1 з катками 2 переміщається по горизонтальному шляху, а інший – по опорних роликах 4.

Для ведення безперервного розливання з накладенням плавки на плавку і скорочення перерви між подачами рідкого металу в проміжні ковші довжина несучої рами може бути збільшений для установки другого сталерозливного ковша.

## **1.4 Опис підйомно–поворотного стенду МБРС**

### **1.4.1 Призначення, принцип дії, та характеристика**

Сталерозливний стенд (рисунок 1.9, 1.10) служить для подачі сталерозливних ковшів з неробочого положення в положення розливання і навпаки.

Сталерозливний ківш встановлюється на стенд, і після повороту в розливне положення, захисна трубка сталерозливного ковша встановлюється на днищі ковша. Після приєднування захисної трубки до сталерозливного ковша ківш опускається ближче до проміжного ковша і готовий до розливання.

Поворот консолей для ковшів здійснюється гідравлічним двигуном з редуктором. Для виключення пошкодження редуктора і гідравлічного двигуна під час установки ковшів передбачена муфта перевантаження. У разі відключення електроенергії робоча рідина подається з аварійного акумулятора для забезпечення повороту сталерозливного стенду.

Подача ковшів до сталерозливного стенду і від нього здійснюється за допомогою крана.





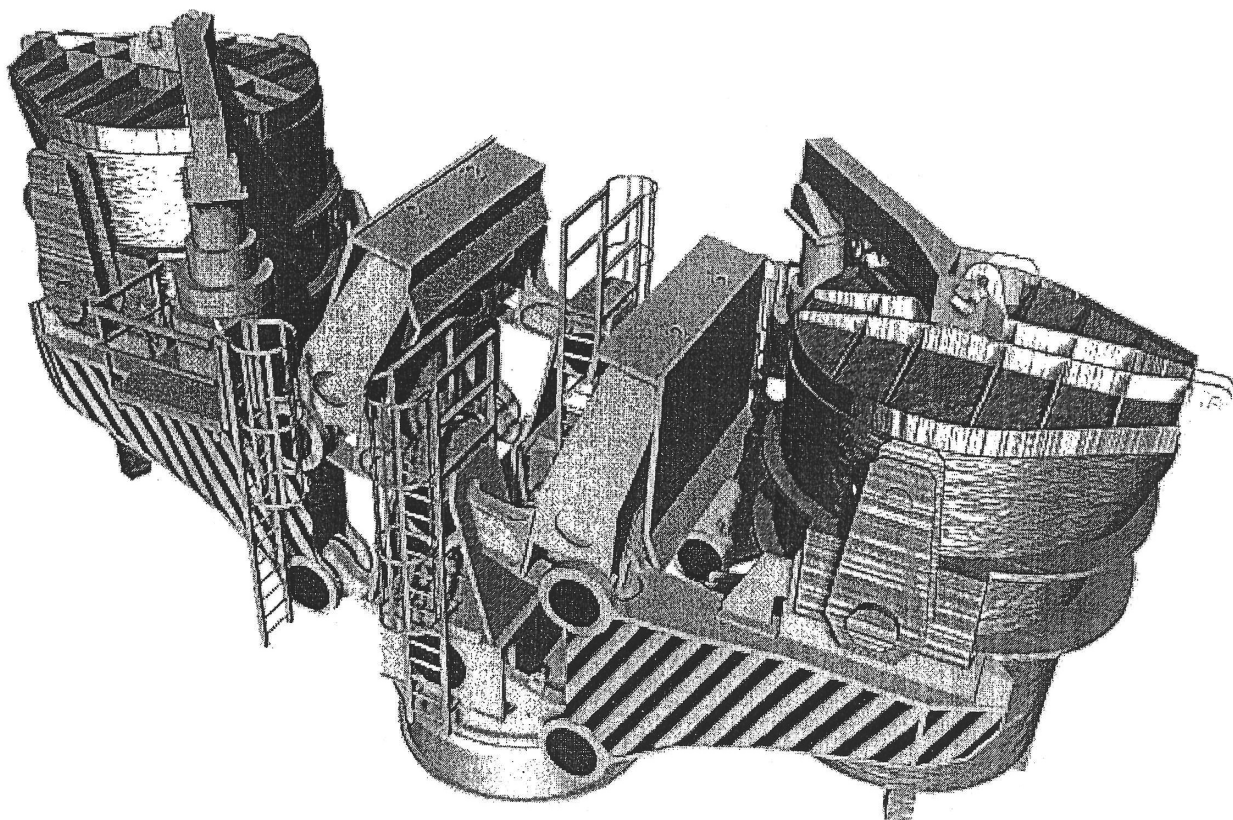


Рисунок 1.10 – Підйомно–поворотний стенд стальковша

Характеристика підйомно-поворотного стенду представлена в таблиці 1.2.

#### 1.4.2 Основні компоненти

1. Фундаментна рама з фундаментними анкерами.
2. Пристрої повороту з гідравлічним двигуном і муфтою перевантаження.
3. Підшипник повороту.
4. Поворотна рама і рама важеля.
5. Підйомні пристрої з гідравлічними плунжерами і осьовими підшипниками.
6. Консолі (лаги) для ковшів з верхнім і нижнім важелем, радіальними підшипниками і опорою для ковшів.
7. Зважувальний пристрій.
8. Шарнірне з'єднання і контактне кільце.
9. Захист від теплових випромінювань і випліскувань.
10. Тимчасові з'єднання.

11. Трубопровідне обв'язування.
12. Кабелі для устаткування.
13. Маніпулятор кришки ковша.

Таблиця 1.2 –Характеристика підйомно-поворотного стенду

Найменування	Значення
Тип конструкції	Підйомно–поворотного типу з 2 опорами для ковшів, що піднімаються і опускаються індивідуально, і загальним пристроєм повороту
Маса плавки, максимум	300т
Маса заповненого ковша	450т
Несуча здатність (включаючи настіль ковшу, шлак, шиберний затвор, кришку ковша, маніпулятор кришки ковша)	480т/ 0т завантаження на одній стороні 480т/ 480т завантаження на обох сторонах
Коефіцієнт ударів (при установці ковша)	динамічний 1,2 статичний 1,3
Стандарт конструювання	DIN 15018/1
Група навантаження відповідає	250,000 – повні ковші збірне навантаження S3 – важке
Швидкість повороту	максимальне – 1 об/хв., в аварійному режимі – 0,5 об/хв.
Кут повороту	вільний поворот в обох напрямках
Радіус повороту, приблизно	6,25 м
Висота підйому	800 мм
Швидкість підйому	20 мм/с

### 1.4.3 Основні характеристики

1. Опори для сталерозливних ковшів, що піднімаються і опускаються індивідуально.

2. Підйом опор сталерозливних ковшів здійснюється за допомогою гідравлічного плунжера з системою важелів.

3. Аварійне живлення відбувається за допомогою гідравлічного акумулятора через ручний клапан.

4. Фіксація поворотних частин відбувається в положенні розливання за допомогою гальма двигуна через муфту перевантаження.

5. Змащування підшипників повороту проводиться за допомогою пристрою централізованого густого змащення.

#### **1.4.4 Переваги конструкції**

1) відпрацьована концепція компоновки стану; маси, що піднімаються, зведені до мінімуму, установка ковшів здійснюється без перешкод для розливання; 2) жорстка конструкція з малим об'ємом обслуговування; 3) високий рівень якості завдяки високим вимогам до матеріалів, виготовлення і перевірки; 4) простота демонтажу плунжеру підйому, осьових підшипників і радіальних підшипників.

#### **1.4.5 Загальні дані**

Поворотний стан розроблений відповідно до принципів сталевих конструкцій, що використовуються для транспортування рідкої сталі.

Для завантаження та розвантаження ковша краном передбачено дві консолі ковша, що незалежно піднімаються. Консолі, якщо подивитися на них зверху, мають «Н» – подібну конфігурацію. Ковші стоять у кишенях, діаметрально протилежних одна одній.

Проводкові (направляючі) плити і упори, розташовані на консолях на ділянці розміщення ковша, полегшують горизонтальне розташування розливного ковша перед його установкою, скорочуючи можливі ударні навантаження на консолі.

Консолі ковша сполучені з верхнім і нижнім важелем, які, у свою чергу, приєднані до поворотної рами. В з'єднаннях використовуються радіальні сферичні підшипники. Підйом і опускання консолей здійснюється за допомогою гідравлічних плунжерів. Усі плунжери приводяться в рух незалежно один від одного.

Для повороту консолей ковша між базовою рамою і поворотною рамою поміщається поворотний підшипник. Зовнішнє кільце головного підшипника виконано у вигляді зубчастих коліс, в які входить ведуча шестерня.

Головний привод складається з гідравлічного мотора з муфтою від перевантаження і планетарною передачею з ведучою шестернею. Аварійний привод приводиться в дію гідравлічним мотором через акумулятор.

Верхня поворотна частина з консолями і важелями спирається на раму основи з поворотним пристосуванням, закріпленим до фундаменту болтами.

Покриття плит захищають від пошкоджень, забруднень і теплового випромінювання поворотній пристрій з гідравлічним двигуном з муфтою проти перевантаження, передавальний механізм з провідною шестернею, підйомний пристрій, систему консистентного мастила і всі інші важливі деталі. При необхідності, на покриття наноситься вогнетривкий захисний шар.

#### **1.4.6 Опис компонентів**

Поворотний стенд має наступні компоненти (рисунок 1.11, 1.12):

- рама основи;
- поворотний підшипник;
- поворотний корпус;
- верхній важіль;
- кронштейн важеля;
- нижній важіль 1 і 2;
- підйомне пристосування;
- консоль ковша ліва та права;
- зважувальне пристосування;
- поворотне пристосування;
- покриття;
- платформи;
- сходи;
- шарнірне пристосування;
- пристрій кінцевого вимикача;
- контактні (токозбираючі) кільця.

##### **1.4.6.1 Рама основи/поворотна рама/кронштейн важеля/поворотний підшипник**

Поворотний підшипник, розташований на рамі основи, несе поворотну раму. Кронштейн важеля, приварений до поворотної рами, служить для повороту верхніх важелів. Рама основи кріпиться болтом до закладної сталевих деталі. Всі рами мають сталеву зварну конструкцію.

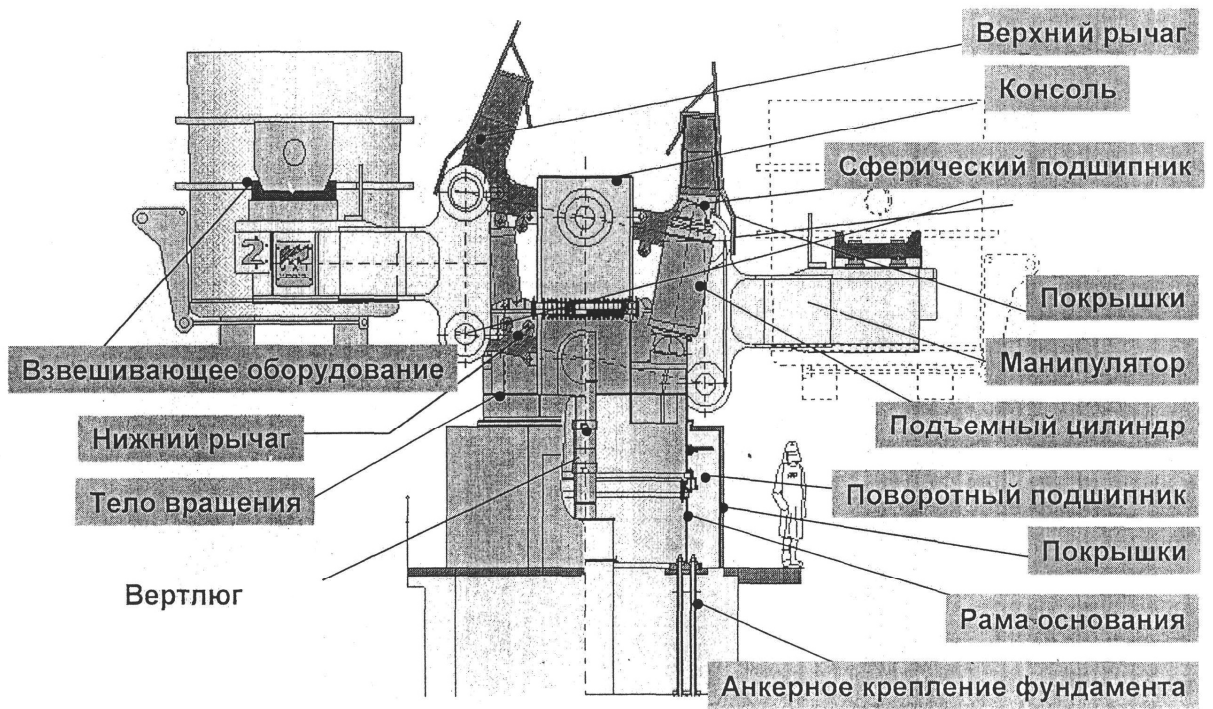


Рисунок 1.11 – Підйомно–обертальний стенд

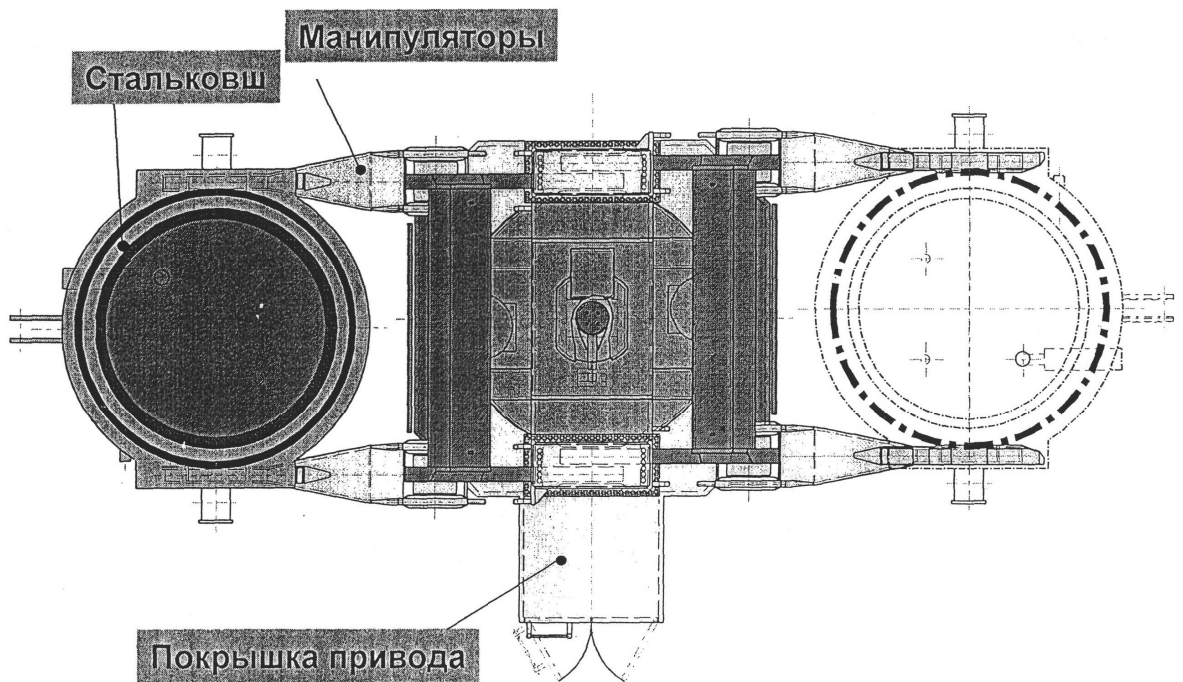


Рисунок 1.12 – Підйомно–обертальний стенд (вид зверху)

#### **1.4.6.2 Верхні важелі**

Верхні важелі обертаються за допомогою радіальних сферичних підшипників на кронштейні важеля на одній стороні і консолях ковша, на іншій. Окремі поворотні рухи верхніх важелів, виконувані підйомними пристосуваннями, служать для підйому і опускання консолей ковша. Верхні важелі мають сталеву зварну конструкцію.

#### **1.4.6.3 Нижні важелі 1 і 2**

Нижні важелі 1 і 2 обертаються за допомогою радіальних сферичних підшипників на поворотній рамі з одного боку і консолях ковша, з іншого. Вони служать направляючими для консолей ковша.

#### **1.4.6.4 Підйомне пристосування (плунжер)**

Кожний верхній важіль повертається гідравлічним плунжером, що направляє в аксіальних сферичних підшипниках. Плунжери розташовані між верхнім і нижнім важелем і поворотною рамою, і працюють незалежно один від одного.

#### **1.4.6.5 Права і ліва консолі ковша**

Права і ліва консолі ковша кріпляться до верхнього і нижнього важеля за допомогою радіальних сферичних підшипників. Консолі ковша підтримують ковші.

#### **1.4.6.6 Зважувальний пристрій**

Кожна консоль ковша обладнана зважувальним пристроєм. Два зважувальних пристосування розташовані нагорі кожної консолі ковша і складаються з двох балок, що зважують, з одним балансиrom над кожною балкою.

#### **1.4.6.7 Поворотне пристосування**

Поворотне пристосування (рисунок 1.13) кріпиться фланцем на базовій рамі і складається з гідравлічного мотора з муфтою проти перевантаження і ведучої шестерні. Шестерня передачі знаходиться в постійному зчепленні з поворотним підшипником. Удари при установці ковша компенсуються стопорними гальмами. Гідравлічний мотор, муфта (зчеплення) і гальмо служать як аварійний привод.

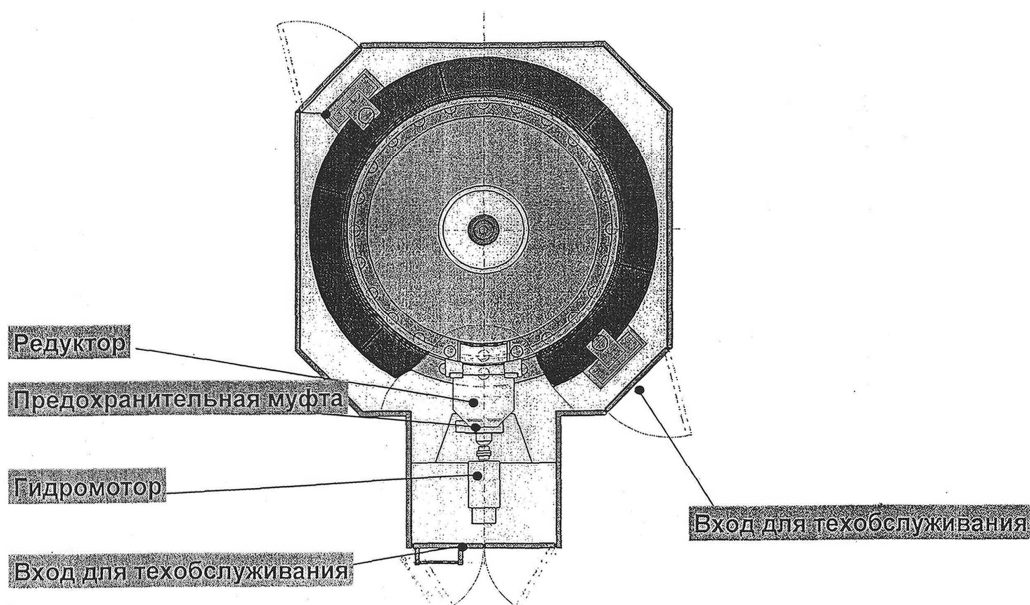


Рисунок 1.13 – Привод станда

#### 1.4.6.8 Покриття і платформи

Основні пристрої поворотного станду (рама основи, поворотний підшипник, підйомне пристосування, консолі ковша, поворотна рама) захищені від пошкоджень і теплового випромінювання покриттями плит. При необхідності, покриття обладнані вогнетривким захисним шаром. Для виконання робіт по технічному обслуговуванню передбачені майданчики і сходи, там, де це необхідне.

#### 1.4.6.9 Шарнірне пристосування

Шарнірне з'єднання служить для передачі газоподібних і рідких середовищ і мастила від стаціонарної частини до поворотної частини у внутрішньому просторі базової рами і поворотної рами. Статор кріпиться болтами до основи шарнірного з'єднання, яке закріплене на закладній сталевій деталі. Два ротори сполучено з поворотною рамою за допомогою консолі і крутого згинання.

#### 1.4.6.10 Токкозбираючі кільця

Токкозбираючі кільця служать для передачі електроенергії від стаціонарної частини до поворотної частини поворотного станду. Вони кріпляться наверху шарнірного з'єднання.



### 1.4.7 Технічні характеристики

#### 1. Розливний ківш

Максимальний об'єм ковша	300 т
Вага порожнього ковша (включаючи кришку)	180 т
Загальна вага ковша з металом (включаючи кришку)	490 т

#### 2. Поворотний стенд

##### Основні розміри:

Довжина, приблизно 15960 мм

Ширина, приблизно 8640 мм

Висота (в опущеному положенні без маніпулятора кришки), приблизно 9781 мм

Вага приблизно 330 т

Несуча здатність 490 т

Два повних ковша з кришкою приблизно 980 т

##### Динамічний коефіцієнт при опусканні ковша:

– статичний 1,3

– динамічний 1,2

База для розрахунку згідно DIN15018

Загальне навантаження S3 важке

#### 3. Поворот:

3.1 Вид поворотного приводу: гідравлічний мотор, муфта проти перевантаження і приводна шестерня.

Поворотний радіус центру ковша 6250 мм

Кут повороту: 360° безперервно на всіх напрямках

Швидкість обертання, приблизно 1 об/хв.

3.2 Аварійний поворотний гідравлічний мотор, муфта проти перевантаження і ведуча шестерня.

Аварійна швидкість обертання приблизно 0,5 об/хв.

#### 3.3 Поворотний підшипник:

– діаметр внутрішньої колони 4460 мм

– діаметр зовнішньої колони 5208 мм

– загальна висота 240 мм

#### 4. Підйом:

Вид підйомного пристрою ковша:	1 гідравлічний плунжер
на консоль ковша	
Висота підйому (ковша)	800 мм
Швидкість підйому приблизно	25 мм/с
Швидкість опускання приблизно	25 мм/с
Діаметр/хід плунжера	850/690 мм
Гідравлічний тиск	170 – 200 бар
5. Зважувальна балка:	
Номінальна потужність (однієї зважувальної балки)	200 т

### 1.5 Розробка заходів проекту

Якщо оцінювати надійність вузлів і механізмів даної установки, то, перш за все, слід звернути увагу на простоту конструкції механізму підйому і повороту, що позитивно позначається на надійності (безвідмовності) роботи як окремих деталей і вузлів так і механізму в цілому.

Виконання приводу механізму підйому ковшів від гідроприводу дозволяє значно зменшити габарити механізму порівняно з механічною трансмісією і забезпечити переміщення ковшів на необхідну висоту. Роздільний привод кожного з ковшів так само є незаперечною перевагою даної конструкції.

По механізму повороту з погляду надійності слід зазначити наступне: 1) простота конструкції, що реалізовано за рахунок застосування спеціальних редукторів (мотор-редукторів); 2) використання в якості двигуна – гідродвигуна, дозволяє істотно скоротити габарити при створенні необхідної для повороту стенду потужності; 3) реалізовано підведення централізованого змащення до відповідальних поверхонь тертя (роликів опора, підшипники важелів і ін.).

Все вищесказане, спільно з результатами літературно-патентного огляду стендів сталюковшів, свідчить, що прийнята конструкції стенду сучасна, і основними шляхами модернізації слід рахувати напрями, пов'язані із здешевленням ремонтів і можливістю самостійного виготовлення комплектуючих (або їх закупівлі у національного виробника).

Через відносно невеликий термін роботи відділення неперервного розливання сталі і через дію гарантійної умови фірми–постачальника обладнання деякі частини та елементи конструкції ще не замінювались. Але більша частина

змінного обладнання (запасних частин) особливо датчиків та контакторів через вихід зі строю постійно оновлюється.

Заміна імпортного устаткування вимагає додаткових коштів, витрат на купівлю, сплату митної пошлини, та транспортні витрати. Коли це стосується негабаритного (дрібного) устаткування порядок цифр один, але коли це торкнеться коштовного, високотехнологічного обладнання або його частин, як наприклад привод обертання стенду, то витрати на ремонт різко збільшаться. Крім того ремонт, обслуговування та придбання запасних частин обладнання вітчизняного виробника коштує набагато менше.

Пропонується для приводу механізму повороту стенду замість гідродвигунів австрійського виробництва використати гідромотори типу 310.3.112.00 (табл. 1.3 і рис. 1.14), що є на вітчизняному ринку, крім того коштують набагато дешевше.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика гідромоторів типу 303, 310, 313

Типорозмір			12	28	45	56	80	<b>112</b>	160	250
Робочий об'єм	V	см <sup>3</sup>	11,6	28	45	56	80	112	160	250
Максимальна частота обертання	n	хв <sup>-1</sup>	6000	4750	3750	3750	3350	3000	2650	2100
Витрата	qv	л/хв	70	133	169	210	268	336	424	525
Крутний момент при $\Delta p=450$ бар при $\Delta p=400$ бар при $\Delta p=350$ бар при $\Delta p=250$ бар	T max	Нм	74	179	287	358	511	<b>715</b>	1022	1597
			66	159	256	318	454	636	909	1420
			58	139	224	278	397	556	795	1242
			41	99	160	199	284	397	568	887
Маса	m	кг	4	9	17	17	19,2	29	45	65

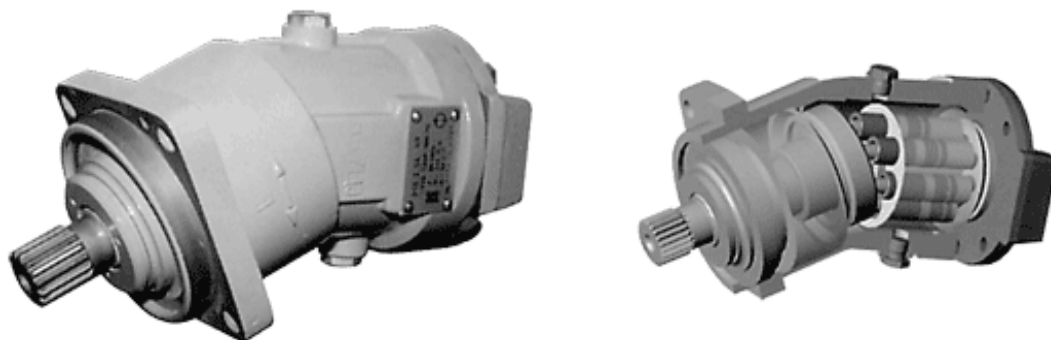


Рисунок 1.14 – Гідравлічні мотори виробництва ПАТ "Пневмостроймашина"

Робочий об'єм 12, 28, 56, 80, 112, 160, 250 см<sup>3</sup> Максимальний робочий тиск: 1) безперервно - від 280 (310.3) до 400 (310.4) бар; 2) пікове - від 350 (310.3) до 450 (310.4) бар.

Призначення: силові стаціонарні і мобільні гідроприводи з тиском до 450 бар. Особливості виконання: аксіально-поршневі гідромашини з похилим блоком; посилений підшипниковий вузол; посилений розподільний вузол; біметалічний сталевий блок; підвищений ресурс при роботі на високому тиску; можливість пристиковки гідроапаратури.

## 1.6 Розрахунки підйомно-поворотного стенду МБРС

### 1.6.1 Розрахунок механізму підйому ковша

Механізм підйому ковша складається з двох гідроциліндрів, по одному гідроциліндру на кожний ківш (рисунок 1.15); платформ, на які встановлюються ковші; лаг, і тяги, які утворюють паралелограмний механізм.

Визначаємо зусилля на плунжері гідроциліндра при довжинах ланок  $b = 6250\text{мм}$ ,  $a = 1915\text{мм}$ ,

$$T = Q \cdot b / a = 4900 \cdot 6250 / 1915 = 15992 \text{ кН} = 16 \text{ МН},$$

де  $Q$  – вага ковша з металом і з кришкою  $Q = 4900 \text{ кН}$ .

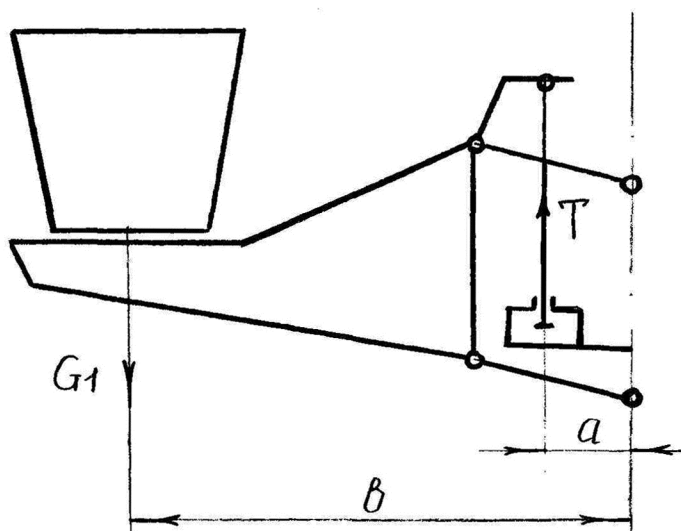


Рисунок 1.15 – До розрахунку зусилля  $T$

### 1.6.2 Вибір гідроциліндра підйому

Встановлюємо гідроциліндр плунжерного типу, який повинен забезпечити переміщення ковша на висоту 800 мм і має наступні основні дані: діаметр плунжера  $d = 850$  мм; зовнішній діаметр циліндра  $D = 1050$  мм.

Визначаємо необхідний тиск масла в гідросистемі:

$$q = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 16000 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 850^2} = 28 \text{ МПа.}$$

Приймаємо тиск масла в гідросистемі  $q = 30$  МПа.

Напруги в тілі гідроциліндра визначаємо при максимальному внутрішньому тиску  $q = 30$  МПа [8, стр. 164].

а) радіальні:

$$\sigma_r = -q \frac{r_1^2 - r_i^2}{r_1^2 - r_2^2};$$

б) тангенціальні:

$$\sigma_t = q \frac{r_1^2 + r_i^2}{r_1^2 - r_2^2};$$

де  $r_i$  – поточне значення радіусу по товщині стінки гідроциліндра;  $r_1$  – радіус зовнішньої стінки гідроциліндра  $r_1 = \frac{D}{2} = \frac{1050}{2} = 525$  мм. Очевидно, що максимальні напруги виникатимуть на внутрішньому волокні при  $r_i = r_2 = \frac{d}{2} = \frac{850}{2} = 425$  мм.

Максимальні напруги в тілі гідроциліндра

а) радіальні:

$$\sigma_{r \max} = -q = -30 \text{ МПа.}$$

б) тангенціальні:

$$\sigma_{t \max} = 30 \cdot \frac{525^2 + 425^2}{525^2 - 425^2} = 144 \text{ МПа}$$

Матеріал корпусу гідроциліндра – Ст. 40, напруги, що допускаються для якої, складають 150...160 МПа [8, стр. 164].

Умова міцності виконується.

### 1.6.3 Перевірка стенду на перекидання

Для розрахунку стенду на перекидання слід визначити навантаження на ходову частину від ваги ковшів і поворотної частини стенду [9, стр. 167]:

$$N = Q + S + G = 4900 + 0 + 3300 = 8200 \text{ кН},$$

де  $S$  – зусилля попереднього затягування упорного вузла, для виключення перекидання стенду, приймаємо  $S = 0$ ;  $G$  – вага поворотної платформи,  $G = 3300$  кН.

З умови рівноваги сил, визначаємо положення рівнодіючої  $N_1$  (рис. 1.16)

$$l = \frac{Q \cdot b}{N_1} = \frac{4900 \cdot 6,250}{8200} = 3,73 \text{ м}.$$

Отримане значення плеча додатку рівнодіючої  $N_1$  більш ніж радіус опорного круга  $R = 2,36$  м, що свідчить про необхідність створення додаткового зусилля притиснення  $S$ .

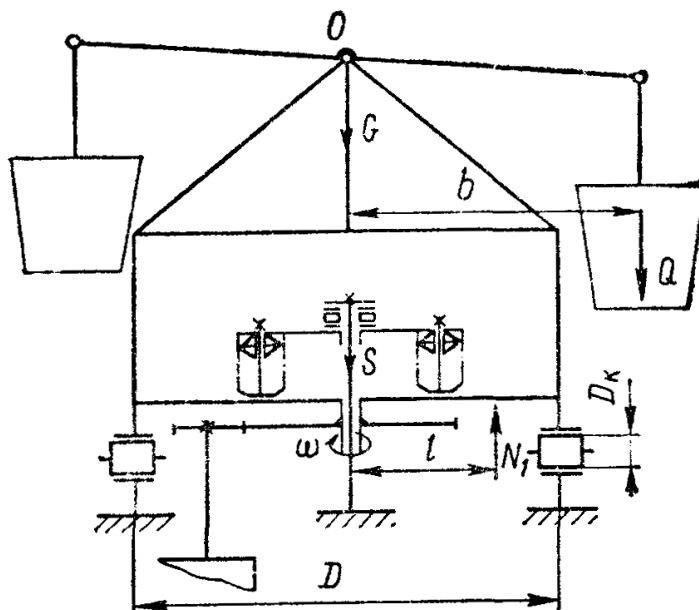


Рисунок 1.16 – Розрахункова схема поворотного стенду

Проте, в даній конструкції, захист від перекидання стенду реалізований безпосередньо в роликовій опорі поворотного круга, де встановлено два ряди роликів, що дозволяють утримувати стенд від перекидання.

#### 1.6.4 Розрахунок моменту і потужності двигуна механізму повороту стенду

Для розрахунку моменту повороту стенду слід визначити навантаження на ходову частину від ваги ковшів і поворотної частини стенду [9, стр. 168]:

$$N_2 = 1,3Q_M + 2Q_K + G = 1,3 \cdot 3000 + 2 \cdot 1800 + 3300 = 10800 \text{ кН},$$

де  $Q_M$  – вага металу,  $Q_M = 3000$  кН;  $Q_K$  – вага порожнього ковша разом з кришкою,  $Q_K = 1800$  кН;  $G$  – вага поворотної платформи,  $G = 3300$  кН.

Статичний момент сил тертя:

$$M_{CT} = N_2 \cdot k \cdot \frac{D}{D_K} = 10800 \cdot 0,0005 \cdot \frac{4,72}{0,063} = 405 \text{ кНм},$$

де  $D$  – діаметр опорного кільця,  $D = 4720$  мм;  $D_K$  – середній діаметр опорного катка,  $D_K = 63$  мм;  $k$  – коефіцієнт тертя кочення,  $k = 0,5 \div 0,8$  мм, приймаємо  $k = 0,5$  мм.

Кутова швидкість обертання стенду:

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,0}{30} = 0,105 \text{ с}^{-1},$$

де  $n = 1,0 \text{ хв}^{-1}$  – частота обертання стенду.

Визначаємо необхідну потужність двигуна:

$$P = \frac{M_{CT} \cdot w}{\eta} = \frac{405 \cdot 0,105}{0,9} = 47 \text{ кВт},$$

де  $\eta$  – ккд приводу механізму повороту стенду: циліндричного редуктора і відкритої зубчатої передачі; приймаємо  $\eta = 0,9$ .

#### 1.6.5 Вибір двигуна і редуктора

Орієнтуючись на отриману потужність, встановлюємо гідродвигун 310.3.112.00 потужністю 56 кВт. Частота обертання  $752,2 \text{ хв}^{-1}$ . Частота обер-

тання вихідного валу редуктора  $8,92 \text{ хв}^{-1}$ . Передавальне відношення редуктора 84,36. Загальне передавальне відношення 752,2. Номінальний момент двигуна 715 Н·м (див. табл. 2.2) що декілька вище ніж у встановленого зараз австрійського аналогу – 711,2 Н·м. Момент, що крутить, на тихохідному валу 60 кНм. Момент максимальний в редукторі 190 кНм.

Як редуктор використовуємо редуктор планетарний і відкрито зубчату передачу з наступними параметрами:

– передавальне відношення відкритої зубчатої передачі	$U_3 = 8,92$ .
– число зубів шестерні	$Z_1 = 24$
– число зубів колеса	$Z_2 = 24 \cdot 8,92 = 214$
– модуль зачеплення	$m = 24 \text{ мм}$
– кут зачеплення	$\alpha = 20^\circ$ .

### 1.6.6 Перевірка зубчатого зачеплення

Вихідні дані:

Момент, що передається зубчатим зачепленням	$T_2 = 190 \text{ кНм}$ .
Передавальне відношення відкритої зубчатої передачі	$U_3 = 8,92$ .
Число зубів шестерні	$Z_1 = 24$ .
Число зубів колеса	$Z_2 = 24 \cdot 8,92 = 214$ .
Модуль зачеплення	$m = 24 \text{ мм}$ .
Кут зачеплення	$\alpha = 20^\circ$ .
Кут нахилу зубів	$\beta = 7,3^\circ$ .

$$\text{Ділильний діаметр шестерні} \quad d_1 = \frac{Z_1 \cdot m}{\cos \beta} = \frac{24 \cdot 24}{\cos 7,3^\circ} = 581 \text{ мм}$$

$$\text{Ділильний діаметр колеса} \quad d_2 = \frac{Z_2 \cdot m}{\cos \beta} = \frac{214 \cdot 24}{\cos 7,3^\circ} = 5178 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина зубчатого вінця шестерні} \quad b_1 = 195 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина зубчатого вінця колеса} \quad b_2 = 190 \text{ мм}$$

Кутова швидкість колеса:

$$w_2 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,0}{30} = 0,105 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо міжосьову відстань  $a_w$



$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{581 + 5178}{2} = 2879,3 \text{ мм.}$$

Контактні напруги, що допускаються

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{H \lim b} \cdot K_{HL}}{[n]_H};$$

де:  $\sigma_{H \lim b}$  – межа контактної витривалості при базовому числі циклів.

Для колеса із сталі 40Х, термообробка ТВЧ (HRC 48–52)  $\sigma_B = 980 \text{ МПа}$ .

$$\begin{aligned} \sigma_{H \lim b} &= 1,8 \cdot HB + 67; \\ \sigma_{H \lim b} &= 1,8 \cdot 450 + 67 = 877 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

$K_{HL} = 1$  – коефіцієнт довговічності при тривалій експлуатації;

$[n]_H = 1,2$  – коефіцієнт безпеки.

$$[\sigma]_H = \frac{877 \cdot 1}{1,2} = 730 \text{ МПа};$$

Визначаємо коефіцієнти, що входять у формулу контактної витривалості [11, стр. 61]:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2K_H \cdot T_4 \cdot (U+1)}{d_2^2 \cdot b_2}}$$

Коефіцієнт, що враховує форму зв'язаних поверхонь:

$$Z_H = \sqrt{\frac{2 \cos \beta}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \cos 7^\circ 3'}{\sin 2 \cdot 20^\circ}} = 1,757.$$

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу зубчатих коліс, для сталевих зубчатих коліс  $E_1 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ,  $E_2 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

Коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0,3$ .

$$\begin{aligned} Z_M &= \sqrt{\frac{2E_1E_2}{\pi(1-\nu^2)(E_1+E_2)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{3,14 \cdot (1-0,3^2)(2,1 \cdot 10^5 + 2,1 \cdot 10^5)}}; \\ Z_M &= 2,71 \cdot 10^5 \frac{1}{c} \sqrt{\frac{\text{кг}}{\text{м}}}. \end{aligned}$$

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{Z_1} \pm \frac{1}{Z_2} \right) \right] \cos \beta;$$

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{24} + \frac{1}{214} \right) \right] \cdot \cos 7^{\circ}3' = 1,718.$$

Коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

$$Z_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{U - \varepsilon_{\alpha}}{3}} = \sqrt{\frac{(8,92 - 1,718)}{3}} = 1,549.$$

Визначаємо коефіцієнт ширини шестерні по діаметру:

$$\psi_{bd} = \frac{b_1}{d_1} = \frac{195}{581} = 0,336.$$

Окружна швидкість колеса:

$$v = \frac{w_2 \cdot d_2}{2} = \frac{0,105 \cdot 5178}{2} = 0,272 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт  $K_{H\alpha}$ , що враховує розподіл навантаження між зубами; при окружній швидкості  $v = 0,272 \text{ м/с.}$  і при 7 ступені точності виготовлення передачі. Для косозубих передач при розрахунку на контактну витривалість  $K_{H\alpha} = 1,00$ .

Коефіцієнт  $K_{H\beta}$ , що враховує нерівномірність розподіл навантаження по ширині вінця; при  $\psi_{bd} = 0,336$  і консольному розташуванні шестерні щодо опор

- при розрахунку на контактну витривалість  $K_{H\beta} = 1,1$ ;
- при розрахунку на згин  $K_{F\beta} = 1,15$ .

Коефіцієнт  $K_{Hv}$ , що враховує динамічне навантаження, що виникає в зачепленні залежно від ступеня точності, окружної швидкості і твердості зубів колеса

- для косозубих передач при 7 ступені точності, і твердості  $HV > 350$   $K_{Hv} = 1,00$ ;

- для косозубих передач при розрахунку на згин  $K_{Fv} = 1,01$ .

Коефіцієнт навантаження при розрахунку на контактну витривалість:

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 1,1.$$

Контактна витривалість зубів визначається по формулі

$$\sigma_H = \frac{310}{2879,3} \cdot \sqrt{\frac{190 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot (8,917 + 1)^3}{190 \cdot 8,917^2}} = 665 \text{ МПа} < [\sigma]_H = 730 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_H = 1,757 \cdot 2,71 \cdot 10^5 \cdot 1,549 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 190 \cdot 10^6 \cdot (8,917 + 1)}{5178^2 \cdot 190}} = 665 \text{ МПа}.$$

Середня напруга, що допускається  $[\sigma_H] = 730 \text{ МПа}$ . Отже, умова міцності по контактних напругах виконується.

Коефіцієнт навантаження при розрахунку на згин:

$$K_F = K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,01 = 1,15.$$

По значеннях приведенного числа зубів:

$$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos \beta^3} = \frac{24}{(\cos 7^\circ 3')^3} = 24,59.$$

$$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos \beta^3} = \frac{214}{(\cos 7^\circ 3')^3} = 219,29.$$

Визначаємо коефіцієнти  $Y_F$ :

$$Y_{F1} = 3,97 \quad Y_{F2} = 3,52,$$

$$\frac{\sigma_{FP1}}{Y_{F1}} = \frac{230}{3,97} = 57,93 \text{ МПа}.$$

$$\frac{\sigma_{FP2}}{Y_{F2}} = \frac{130}{3,52} = 36,92 \text{ МПа}.$$

Оскільки отримане відношення у колеса менше, то перевірку витривалості зубів при згині ведемо по зубах колеса  $Y_F = 3,97$ .

Визначаємо коефіцієнт  $Y_\beta$ :

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta \cdot 180}{140 \cdot \pi} = 1 - \frac{7^\circ 3' \cdot 180^\circ}{140 \cdot \pi} = 0,948.$$

Витривалість зубів при згині визначають по формулі [10]:

$$\sigma_F = \frac{2Y_F Y_\beta K_F T_2}{b_2 d_2 m} = \frac{2 \cdot 3,97 \cdot 0,948 \cdot 1,15 \cdot 190 \cdot 10^6}{190 \cdot 5178 \cdot 24} = 62 \text{ МПа}.$$

Напруга згину зубів, що допускається  $[\sigma]_F$ :

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{F \text{ lim } b}^\circ}{[n]_F};$$

де:  $\sigma_{F \text{ lim } b}^\circ$  – межа витривалості при віднулевому циклі:

$$\begin{aligned} \sigma_{F \text{ lim } b}^\circ &= 1,8 \cdot HB; \\ \sigma_{F \text{ lim } b}^\circ &= 1,8 \cdot 450 = 810 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

$[n]_F = 1,75$  – коефіцієнт запасу міцності.

Допустима напруга згину:  $[\sigma]_F = \frac{810}{1,75} = 463 \text{ МПа}.$

Умова міцності виконана.

## 2 МОНТАЖ, РЕМОНТ І ЗМАЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

### 2.1 Дозвіл на проведення технічного обслуговування

Устаткування поворотного стенду ковша та його компоненти повинні збиратися, настраюватися, ремонтуватися і демонтуватися фізично придатними, уповноваженими, проінструктованими і технічно кваліфікованими особами, навченими спеціальним правилам техніки безпеки. Персонал, що не пройшов необхідне навчання, до роботи з устаткуванням поворотного стенду ковша не допускається.

Персонал, що виконує техобслуговування, повинен дотримувати вказівки осіб, відповідальних за техобслуговування, діяти відповідно до цих інструкцій і вживати вказаних захисних заходів.

Всі особи, що мають відношення до техобслуговування поворотного стенду ковша зобов'язані:

1. Бути ознайомленими і знати свою роботу.
2. Бути відповідно навченими правилам промислової техніки безпеки мати дозвіл на виконання відповідної діяльності.
3. Знати свої обов'язки і повноваження.
4. Бути ознайомленими з інструкціями по експлуатації поворотного стенду ковша, включаючи все відповідне керівництво по експлуатації окремих компонентів.
5. Бути проінструктованими про дії у разі небезпеки і необхідні захисні заходи, і бути ознайомленими з положеннями і інструкціями, вживаними особами, відповідальними за техобслуговування, на підставі даних інструкцій по техніці безпеки.
6. Утримуватися від дій, пов'язаних з ризиком для життя, і які представляють небезпеку для здоров'я.

Персонал, що виконує техобслуговування, повинен бути ознайомлений з технікою безпеки при роботі з поворотним стендом ковша:

1. Бути проінформованим про можливі небезпеки при роботі з поворотним стендом ковша.
2. Бути проінформованим про особливі небезпеки при роботі з поворотним стендом ковша.
3. Бути проінформованим про дію у разі аварії і небезпеки.

4. Бути проінструктованим про маркування безпеки небезпечних ділянок.
5. Бути проінформованим про небезпечні робочі матеріали (таких як газ, мастило).
6. Бути проінформованим про особливі ризики при роботі з поворотним стендом ковша.

Положення і правила інструкцій з експлуатації повинні бути видані на державній мові.

Інструкції з експлуатації поворотного стенду ковша, включаючи правила безпеки, повинні зберігатися в легко доступному місці, у хорошому стані, і у будь-який момент надаватися фахівцям по технічному обслуговуванню і ремонту.

Весь персонал, що має відношення до ремонту і техобслуговування, повинен періодично, не менше одного разу на рік, проходити інструктаж по техніці безпеки, який повинні проводити особи, відповідальні за техобслуговування.

Фахівці по технічному обслуговуванню і ремонту повинні бути проінструктовані відповідальними органами про основні правила промислової техніки безпеки, порядок техобслуговування, законні положення по захисту трудящих і правила по запобіганню нещасних випадків. Фахівці по технічному обслуговуванню і ремонту повинні бути ознайомлені з цими правилами і положеннями, і дотримувати їх.

### **2.1.1 Дозвіл на отримання доступу**

На ділянку поворотного стенду ковша можуть заходити тільки особи, що мають на цей дозвіл.

Доступ до небезпечних ділянок можуть мати тільки спеціально навчені особи, знайомі з пристроєм поворотного стенду ковша.

Небезпечні ділянки повинні бути позначені чітко видимими пізнавальними знаками.

Знаки безпеки, попереджувальні знаки і пристрої повинні бути видні для всього персоналу.

### 2.1.2 Засоби індивідуального захисту

При виконанні ремонту і техобслуговування поворотного стенду ковша фахівці по технічному обслуговуванню і ремонту повинні мати відповідні засоби індивідуального захисту.

Вигляд/конструкція, стан і об'єм засобів індивідуального захисту повинні визначатися особами, відповідальними за техобслуговування.

## 2.2 Технічне обслуговування

Роботи по техобслуговуванню і перевірці поворотного стенду ковша повинні виконуватися відповідно до положень керівництва по ремонту і обслуговуванню поворотного стенду.

Для підготовки, координації і нагляду за технічним обслуговуванням і ремонтом повинні бути призначені одна або декілька відповідальних осіб особами, відповідальними за ремонт. Роботи по технічному обслуговуванню і ремонту поворотного стенду повинні виконуватися тільки під наглядом особи, відповідальної за проведення цих робіт. Роботи по технічному обслуговуванню і перевірці поворотного стенду повинні бути підготовлені, скоординовані і виконуватися так, щоб працівники не піддавали один одного небезпеки.

Перед виконанням робіт по технічному обслуговуванню поворотного стенду повинно бути забезпечено наступне:

- фахівці по ремонту і техобслуговуванню повинні бути проінформовані про об'єм і вид робіт;
- особа, відповідальна за проведення техобслуговування, і співробітники, що виконують техобслуговування і ремонт, повинні підтримувати зв'язок;
- повинні бути визначені всі можливі джерела небезпеки;
- повинні бути відключені або закриті всі джерела енергії (електричні, гідравлічні, середовищ і ін.), що можуть представляти небезпеку або заподіяти шкоду персоналу;
- при установці устаткування організовані і передбачені необхідні захисні заходи;
- передбачені спеціальні захисні засоби для захисту відповідних компонентів устаткування;
- для осіб, що виконують техобслуговування, передбачені спеціальні засоби індивідуального захисту персоналу;

– роботи по контролю і техобслуговуванню повинні проводитися на спеціально передбачених робочих ділянках або за допомогою технічно придатних пристосувань (таких як майданчики, сходи), ділянки, де є небезпека падіння при проведенні робіт по контролю і техобслуговуванню, повинні бути ретельно закриті або захищені (поручнями, пересувними решітками);

– забороняється ходити і підійматися по деталях машини, трубопроводах і іншому подібному устаткуванню;

– при проведенні робіт по техобслуговуванню на висоті повинні використовуватися ремені безпеки або стропи;

– рухомі деталі повинні бути статично закріплені проти зміни положення і рухів, що представляють небезпеку (наприклад, підйому, опускання, повороту, перекидання, обертання, пружинячих зусиль);

– небезпечні ділянки повинні бути позначені відповідними попереджувальними знаками;

– поручні, сходи, перекриття, майданчики, переходи, містки, захисні огорожі повинні бути у хорошому стані і перевірені на безпеку;

– необхідна робоча територія повинна бути чистою і вільною.

Перед і під час виконання робіт на поворотному стенді ковша, пов'язаних з джерелами енергії і середовищ, відповідальний за проведення техобслуговування повинен переконатися в наступному:

– рухомі компоненти зафіксовані і закріплені в їх кінцевому положенні;

– закриті відповідні клапани;

– компоненти середовищ/рідкі компоненти, трубопроводи, з'єднання трубопроводи і муфти завантажені і не під тиском;

– гідроаккумулятори дреновані (сторона рідини повинна бути без тиску);

– трубопроводи для рідких середовищ і їх деталі перевірені на предмет відсутності тиску за допомогою вимірювального манометра (наприклад, Minimeß для перевірки циліндрів, блоків циліндрів і клапанів).

### 2.2.1 Застереження

Після подачі системи подачі тиску лінії рідких і інших середовищ, компоненти можуть залишатися під залишковим тиском. В цьому випадку лінії рідких і ін. середовищ, що знаходяться під тиском, повинні бути чітко позначені до їх демонтажу і техобслуговування. Отвори і гнучкі ущільнення ліній рідких і ін. середовищ повинні бути покриті з метою захисту від попадання бруду і аг-



ресивних середовищ. Лінії і компоненти рідких і ін. середовищ повинні наповнюватися тільки через відповідні системи фільтру. У разі пошкодження або видимого зносу, деталі ліній рідких і ін. середовищ (наприклад, кабелі, шланги, труби, муфти, ущільнення) повинні бути негайно ж замінені. Роботи по техобслуговуванню ліній і компонентів рідких і ін. середовищ забороняється виконувати руками, забрудненими маслом або мастилом. Лінії і компоненти рідких середовищ слід прокладати і вмонтовувати при знятій внутрішній напрузі.

Для ремонту гідравлічних ліній забороняється використовувати кругле ріжуче устаткування (ризик відскоку).

Перед зачисткою, вогняною зачисткою або зваркою на пожежонебезпечних і вибухонебезпечних ділянках, персонал, що виконує техобслуговування і ремонт, повинен одержати дозвіл осіб, відповідальних за проведення відповідних робіт.

При виконанні зварювальних робіт на лініях або баках, необхідно дотримувати встановлені законом правила по запобіганню нещасних випадків. Перед виконанням зварювальних робіт або робіт, пов'язаних з іскрами, що летять, ремонтних робіт на запалюваних або потенційно вибухонебезпечних лініях, ці лінії слід промити рідиною до повного усунення газів або демонтувати.

При проведенні робіт по ремонту і техобслуговуванню ліній середовищ, слід переконатися, що не змінився напрям потоку середовища.

Перед установкою ліній і компонентів середовищ після ремонту і техобслуговування, ці лінії і компоненти повинні бути обчищені від бруду і інших забруднень. Особливо важливо протравлювати або промивати зварні труби. Після ремонту і техобслуговування ліній і систем середовищ, ці лінії і середовища слід провентилювати

Після ремонту і техобслуговування всі гідравлічні лінії, лінії живлення і мастила повинні бути випробувані на витік. У разі витіку, неправильного міжкомпонентного з'єднання або неправильної прокладки, ці джерела повинні бути негайно усунені.

При роботі з маслами, мастилами і іншими хімічними речовинами, слід дотримувати правила техніки безпеки, вживані для відповідного продукту.

Перед очищенням струменем води або пари (наприклад, очищувач під високим тиском) або іншими засобами для очищення, слід герметично закрити всі отвори, в які не повинна потрапляти вода, пара, реактиви для очищення, з

причин, пов'язаних з безпекою та/або функціонуванням. Після очищення, слід повністю зняти захисні ущільнення.

При роботі з пристроєм для очищення, слід дотримувати правила техніки безпеки виготовника.

Для очищення електричних деталей забороняється використовувати струмінь води або пари.

### **2.2.2 Випробовування**

Належне виконання робіт по техобслуговуванню поворотного стану повинне бути перевірено особою, відповідальною за проведення робіт по техобслуговуванню після завершення цих робіт. Виконання робіт по техобслуговуванню і модифікаціям поворотного стану повинне підтверджуватися документально.

Перед кожним випробуванням поворотного стану ковша або його складових компонентів, персонал, що виконує техобслуговування і ремонт, повинен перевірити і переконатися, що:

- при випробуванні поворотного стану і / або його складових частин нікому з персоналу не загрожуватиме небезпека;
- виконуються умови, необхідні для проведення випробування поворотного стану, як вказано в Керівництві по технічному обслуговуванню і експлуатації;
- були проведені інспекції/випробування, вказані в Керівництві по технічному обслуговуванню і експлуатації поворотного стану;
- встановлені і перевірені на правильність функціонування захисні пристосування поворотного стану;
- не демонтувалися або виведені з роботи такі захисні пристрої, як запобіжні пристрої, обшивка, кришки і т.д.
- механічно закріплювані (болтами, штифтами і т. д.) запобіжні пристрої повинні бути встановлені відповідно до їх первинного стану;
- весь персонал, що працює з поворотним станом, повинен мати відповідні засоби індивідуального захисту;
- під час випробування ніхто з персоналу не повинен знаходитися на ділянках, позначених заборонними знаками і обмежених ділянках поворотного стану.

Перед випробуванням поворотного станду всі гідролінії, лінії живлення і мастила повинні бути перевірені на правильність з'єднання і випробувані на витік. У разі витіку, неправильного підключення міжкомпонентного з'єднання або прокладки, ці джерела небезпеки слід негайно усунути.

Випробування поворотного станду і/або його складових частин забороняється у разі дефектного або неповного устаткування, компонентів і/або елементів управління.

Якщо при випробуванні поворотного станду відбуваються зміни або збої, пов'язані з порушенням безпеки, випробування слідує негайно зупинити і повідомити про це особу, відповідальну за проведення техобслуговування і ремонт.

### **2.2.3 Транспортування вантажів**

При підйомі, транспортуванні і опусканні вантажів за допомогою крана, слід переконатися, що на небезпечній ділянці підвішеного вантажу немає людей. Перед транспортуванням вантажів над ремонтними ділянками, працівники повинні покинути небезпечну зону підвішеного вантажу. При переміщенні підмета ремонту устаткування всі особи повинні знаходитися в безпечному місці.

Вантажопідйомні стропи повинні закріплюватися на вантажах у відповідних місцях, спеціально передбачених для цієї мети.

Для транспортування вантажів повинні використовуватися відповідні безпечні і непошкоджені пристрої для підвішування вантажів, придатні для переміщення даних вантажів.

Деталі, для яких передбачений окремий підвісний пристрій, повинні переміщатися за допомогою цього пристрою. Забороняється використовувати пошкоджені пристрої для підвішування вантажів або вантажопідйомні стропи.

Пристрої для підвішування вантажів і вантажопідйомні стропи повинні маркіруватися відповідно до їх допустимої вантажопідйомності, а також не повинні навантажуватися понад допустиму вантажопідйомність. Перед використанням всі пристрої для підвішування повинні бути візуально перевірені. Перевірятися вони повинні відповідно до встановленого закону і внутрішніх заводських правил техніки безпеки для транспортного устаткування крана.

З'єднання між вантажем, вантажопідйомними стропами і транспортно-вантажним пристроєм винне бути надійним і безпечним для транспортування, і повинно бути перевірено перед підняттям вантажів.

Особи, що виконують роботи по транспортуванню вантажів за допомогою систем кранів, повинні бути навчені правилам кріплення вантажопідйомних стропів. При закріпленні і підвішуванні вантажу необхідно використовувати відповідні безпечні засоби кріплення і доступу до вантажу, захищені від перекидання і зісковзування. На ділянках, де немає безпечного доступу до місця підвішування, роботи по кріпленню вантажу повинні виконуватися з використанням відповідних засобів захисту (наприклад, прив'язних ременів безпеки).

При закріпленні або відкріпленні вантажопідйомних стропів забороняється будь-який рух крана. Після закріплення або відкріплення стропів від вантажу, слід негайно покинути небезпечну ділянку.

#### **2.2.4 Періодичні/загальні перевірки**

Загальна інспекція поворотного стану повинна виконуватися як мінімум кожні 10 років.

Попередні умови:

Поворотний стелд повинен бути повністю демонтований.

Необхідно замінити всі заздалегідь напружені болти і гвинти. Виконати візуальний контроль, ультразвуковий контроль і механічне випробування основних зварних деталей – консолей ковша, верхніх важелів, поворотного корпусу і рами основи. Також виконати ультразвуковий контроль і механічне випробування всіх гвинтів і болтів підшипників. Перевірка/інспектування всіх підшипників і поворотного підшипника.

Перевірити поворотне пристосування і шестерню на знос, точкову корозію і зазор підшипника.

Перевірити/інспектувати плунжер, що повністю демонтується, і поворотне пристосування.

Інспектувати та повністю демонтувати підйомний плунжер, виконати механічне випробування внутрішньої горловини плунжеру.

Провести заміну всіх ущільнень (плунжеру і підшипників).

Замінити всі підшипники.

Демонтувати шарнірне з'єднання і замінити ущільнення.

Перевірити всі електричні і гідравлічні деталі.

### 2.3 Порядок монтажу та демонтаж поворотного стенду

Роботи по техобслуговуванню і ремонту слід виконувати акуратно, дотримуючи чистоту. Робочі ділянки повинні бути чистими, щоб уникнути забруднення компонентів устаткування.

Слід повторно калібрувати різні відлікові і контрольно–вимірювальні прилади і пристрої. Слід дотримувати обертаючі моменти затягування, вказані в складальних кресленнях.

Перевірити стан деталей, схильних загальному зносу, таких як обшивка, еластичні вставки, гумові ущільнення муфт, гнучкі деталі муфт, прокладки, ущільнення, кільця ущільнювачів, фільтри і компенсатори. Деталі (клини, муфти, зубчаті передачі (редуктори), гальма, підшипники, кінцеві вимикачі) встановлюються на задані допуски і вимірювання згідно кресленням і керівництву по техобслуговуванню і ремонту.

Перевірити герметичність болтів і гайок, особливо фундаментних болтів і монтажних стиків.

Перевірити підшипники на аномальні шуми, температуру і вібрації.

Очистити всі різьбові отвори стислим повітрям. Стислим повітрям очищаються також всі отвори і труби гідравлічної системи і системи мастила. А також необхідно переконатися, що видалений весь бруд і металева стружка (при необхідності, промити гідравлічним маслом).

Перевіряються на витік гідравлічні лінії, плунжери, коробки передач, гідравлічні лінії подачі мастила і всі з'єднання.

Необхідно перевірити, чи правильно наповнені маслом і мастилом передавальні механізми, насоси, гальма, підшипники і т.д., відповідно до керівництва по експлуатації виготівника і переліку мастил. Якщо при перевірці знайдені окремі частини устаткування, зношені або вимагають ремонту, їх слід зразу ж відремонтувати або замінити.

Навіть у разі строгого дотримання правил перевірки устаткування, персонал, що виконує інспекцію, також як і робочий персонал і персонал по техобслуговуванню, зобов'язаний про будь–які видимі і/або можливі пошкодження (початку деформації і зносу) або вжити відповідних заходів по ремонту.

Ділянка, на якій виконуються роботи по монтажу або техобслуговуванню, повинна бути додатково закріплений канатами. До і під час монтажу слід від'єднати гідравлічні лінії, лінії подачі мастила, води і середовищ.

Перед монтажем слід оглянути, очистити і перевірити на правильне функціонування всі підключення до електрики, гідравліки, мастила, води і середовищ.

Перед будь-якими роботами по демонтажу слід вимкнути або відключити від мережі всі відповідні електричні контури.

Перед збіркою слід очистити всі механічні стики та, при необхідності, змазати. Перевірити правильність розташує приводу.

Перевірити правильність проводки і тепловий захист електричних ліній.

Всі деталі з різьбленням повинні бути захищені від пошкодження та іржі.

Очистити всі точки додатку навантаження і сполучні елементи і захистити їх від іржі (використовуючи Molycote «ALTEM PQNP 50» або аналогічний засіб).

### **2.3.1 Загальний демонтаж**

Попередні умови при демонтажі: не встановлений ківш; всі гідравлічні лінії не під тиском; відключені всі електричні лінії.

Демонтаж відбувається в такій послідовності:

1. Демонтувати покриття, платформи, сходи.
2. Демонтувати токозбираючі кільця.
3. Демонтувати шарнірне з'єднання.
4. Демонтувати поворотне пристосування.
5. Демонтувати консолі ковша, включаючи зважувальний пристрій.
6. Демонтувати верхній важіль.
7. Демонтувати нижні важелі.
8. Демонтувати підйомне пристосування.
9. Демонтувати сферичні підшипники.
10. Послабити фундаментні гвинти за допомогою заздалегідь напруженого пристрою.
11. Демонтувати раму основи.

### **2.3.2 Загальний монтаж**

Процедура монтажу відбувається в наступній послідовності:

1. Встановити на фундаменті раму підстави.
2. Вмонтовувати фундаментні гвинти і створити попередню напругу, затягнувши їх нахрест за два заходи.

3. Вмонтовувати поворотний підшипник.
4. Вмонтовувати поворотний корпус і раму важеля.
5. Вмонтовувати сферичні підшипники.
6. Вмонтовувати підйомне пристосування.
7. Вмонтовувати нижні важелі.
8. Вмонтовувати верхній важіль.
9. Вмонтовувати консолі ковша, включаючи зважувальне пристосування.
10. Вмонтовувати поворотне пристосування.
11. Вмонтовувати шарнірне пристосування та токозбираючі кільця.
13. Вмонтовувати покриття, платформи і сходи.

### **2.3.3 Особливі інструкції по монтажу**

У випадку, якщо необхідно виконати зварку, слід враховувати наступне: 1) проводити зварку тільки на нерухомому стенді; 2) розмістити заземлення безпосередньо на ділянці зварки або на деталі, до якої буде приварена інша деталь; 3) зварювальний струм до місця зварки не повинен проходити через підшипники, поверхні ковзання, складальні вузли і субблоки, передавальні механізми, муфти, мотори і т.д.; 4) якщо зварка і/або роботи по газовому різанню виконуються біля спалахуючих об'єктів, ці деталі повинні бути надійно захищені; перед монтажем і збіркою наступних деталей устаткування необхідно вивчити відповідні каталоги і технічні описи.

## **2.4 Змащення**

Надійність металургійного устаткування багато в чому залежить від раціонального вибору матеріалів, що змащують, способів та режимів змащування, контролю якості мастила під час експлуатації. В залежності від потужності кожен металургійний завод для змащування устаткування щороку витрачає 1000 – 1100 тон мінеральних мастил 18 – 30 найменувань. Число защування вузлів тертя на крупних металургійних заводах досягає декілька сот тисяч.

Основною функцією мастил є зменшення опору тертю та підвищення зносостійкості поверхонь деталей, що труться. Крім того, вони відводять тепло від вузлів тертя та захищають змащуванні поверхні від корозії та іржі. Для змащування металургійного устаткування використовують наступні види мастил: рідкі (мінеральні мастила); пластичні; тверді мастила та змащуванні покриття; самозмащуванні матеріали; металоплакуючі мастила.

Вузли тертя металургійного устаткування працюють у важких умовах, які викликані великими навантаженнями, підвищеними температурами, заводнюванням та забрудненням абразивними частками з навколишнього середовища. Тому до вживаних мастил пред'являються підвищені вимоги, які постають у наступному.

Для мінеральних мастил: 1) забезпечення мінімального зношування та мінімальних утрат на тертя при роботі вузлів тертя; 2) ефективне відведення тепла від вузлів тертя; 3) добра рідинотекучість у інтервалі температур  $+40\div-35^{\circ}\text{C}$  для забезпечення вільного прокачування по трубопроводам та вільного зливу мастила самопливом від вузлів тертя у резервуари змішуваних систем; 4) високий опір термоскисленню, який забезпечує термін служби мастила без заміни у циркуляційних системах не менш двох років; 5) здатність легко від'єднуватися від води без утворення з водою стійких нерозшаруваних емульсій в умовах можливого заводнювання вузла тертя; охороняти від корозії поверхні, що труться, а також не спінюватися при зберіганні, заливанні та під час експлуатації.

Для пластичних мастил: 1) забезпечення мінімального зношування та мінімальних втрат на тертя змащуваних вузлів; 2) добра прокачуваність по трубопроводам довжиною до 150 метрів при температурі навколишнього середовища  $-10\div+180^{\circ}\text{C}$ ; 3) здатність не підлягати розкладанню при нагнітанні під тиском 20МПа; незначно змінювати свої властивості під час зберіганні та експлуатації, не підлягати термозміцненню, не розчинятися в воді та мати мінімальне випаровування.

Машина безперервного розливання сталі обладнана централізованою автоматичною системою густого змащення, яка забезпечує належне змащування компонентів машини. Мастило, тиск якого підтримується центральною насосною станцією, нагнітається через декілька блоків дозуючих клапанів, розташованих на устаткуванні або біля нього. За допомогою цих блоків розподільних/дозуючих клапанів регулюється кількість мастила, що подається протягом одного циклу часу.

Для змащування машини безперервного розливання сталі застосовується мастило Металургійне 137 ГОСТ 23510 – 79, температурний ліміт якого складає  $-15\div+110^{\circ}\text{C}$ .



### 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

#### 3.1 Стисла характеристика ремонтного господарства металургійного комбінату

До складу ремонтного господарства металургійного комбінату входять як спеціалізовані ремонтні цехи, так і цехові ремонтні майстерні. Задача ремонтного господарства комбінату зводиться до забезпечення безперебійної роботи обладнання за мінімальних матеріальних і трудових витрат.

До складу ремонтного господарства входять:

1. Спеціалізовані ремонтні цехи, а саме:
  - механічний цех;
  - цех металоконструкцій;
  - фасоноливарний цех;
  - цех ремонту прокатного обладнання;
  - цех ремонту металургійного обладнання;
  - цех ремонту металургійних печей і обладнання;
  - цех ремонту металургійних печей;
  - цех ремонту кранового обладнання.
2. Цехові ремонтні ділянки: агломераційного, доменного, конвертерного, обтискного, листопрокатного, сортопрокатного цеху, цехів водопостачання ремонту металургійних печей, енергосилового, газового, кисневого.
3. Бюро капітальних ремонтів, лабораторія планово-попереджувальних ремонтів.

#### 3.2 Основні техніко-економічні показники спеціалізованих ремонтних цехів

Механічний цех в своєму складі має наступне устаткування:

Металорізальні верстати	127
Підйомний – транспортні машини	16
Преси	2
Молоти	2

Проектна потужність механічного цеху 317300 верстатод-годин.

В цеху металоконструкцій встановлене обладнання:

Підйомний – транспортні машини	15
Транспортні машини	6
Металорізальні верстати	2
Ножиці	5
Преси	4
Згинальні машини	2
Машини і агрегати газопразменої обробки	9

Проектна потужність цеху металоконструкцій складає 10000 т конструкцій в рік.

До складу фасноливарного цеху входять два цехи: чавуноливарний і сталеливарний. Проектна потужність чавуноливарного цеху – 9800 т лиття, а сталеливарного цеху – 9640 т на рік.

В цеху ремонту прокатного обладнання є наступне устаткування;

Металорізальні верстати	69
Молоти	1
Пили	2
Підйомний – транспортні машини	6

Проектна потужність цеху ремонту прокатного обладнання 185500 верстато–годин.

Проектна потужність цеху ремонту металургійного обладнання складає 177500 верстато – годин, а склад обладнання цеху налічує:

Металорізальні верстати	53
Заточні верстати	6
Ковальсько – пресове обладнання	12
Молоти	9
Метизні верстати	6
Шліфувальні верстати	1
Підйомний – транспортні машини	12
Компресори	1
Консольні крани	3

Цех ремонту металургійних печей і обладнання в своєму складі має обладнання:

Металорізальні верстати	6
Заточні верстати	3

Настільний – свердлувальний верстат	1
Підйомний – транспортні машини	1
Електротельфери	2
Цех ремонту металургійних печей в своєму складі має таке устаткування:	
Металорізальні верстати	2
Заточні верстати	2
ПТМ	12
Цех ремонту кранового обладнання в своєму складі має устаткування:	
Металорізальні верстати	2
Автокрани	4
Лебідки	15
Домкрати	4

### 3.3 Планування організації ремонтів обладнання

1. План організації ремонтів (ПОР) і оперативний (лінійний або мережний) 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:

- установлюється 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;
- встановлюється 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.

### 3.4 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.

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

Професія	Тарифікація			Оплата праці		Кількість бригад	Штат				Тарифна ставка, год
	Розряд	Шифр	Підрунтя	Система оплати	Премія		На одну зміну	Всього	Резерв	Списковий	Одного робітника
Слюсар–ремонтник	6	ЧМ-1	2В-563	ПП	30	3	1	3	1	4	46,22
Слюсар–ремонтник	5	ЧМ-1	2В-562	ПП	30	3	4	12		12	43,92
Бензорізник	5	ЧМ-1	2В-124	ПП	30	3	1	3	1	4	43,92
Електрозварювальник	5	ЧМ-1	2В-143	ПП	30	3	1	3	1	4	43,92

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 роз-

ряд; 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 здобутку його тарифної ставки на відпрацьований час і суми преміальних. Робітники можуть преміюватися із засобів фонду оплати праці, утворюваного за рахунок отриманого підприємством прибутку.

## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРОБОК

### 4.1 Розрахунок економічної ефективності

У зв'язку з модернізацією обертального стану МБРС киснево-конверторного цеху зменшаться матеріальні витрати на проведення технічного обслуговування та ремонту приводу повороту стану.

Недоліком, або краще сказати особливістю, діючої конструкції стану є використання лише імпортного обладнання, яке не дивлячись на якісне виконання через вплив високих температур та агресивність середовища в якому експлуатується основне механічне устаткування машини передчасно зношується та виходить з ладу. Через відносно невеликий термін роботи відділення неперервного лиття заготівель і через дію гарантійної умови фірми-постачальника обладнання деякі частини та елементи конструкції ще не замінялись. Але більша частина змінного обладнання (запасних частин) особливо датчиків та контакторів через вихід зі строю постійно оновлюється.

Заміна імпортного устаткування вимагає додаткових коштів, витрат на купівлю, сплату мита, та транспортні витрати. Коли це стосується негабаритного (дрібного) устаткування порядок цифр один, але коли це торкнеться коштовного, високотехнологічного обладнання або його частин, як наприклад привод обертання стану, то витрати на ремонт різко збільшаться. Крім того ремонт, обслуговування та придбання запасних частин обладнання вітчизняного виробника коштує набагато менше.

Визначимо економічну ефективність від зниження витрат на заміну і ремонт приводу обертання стану.

Вартість австрійського гідромотору складає  $C_{Авст} = 1700$  євро, а гарантований термін служби аксіального насосу, що входить до складу гідромотора у даних умовах експлуатації, складає  $V_1 = 1,5$  роки. Вартість вітчизняного гідромотору типу 310.3.112.00 складає  $C_{Укр} = 5980$  грн., а термін служби становить  $V_2 = 2$  роки через більшу потужність та як наслідок надійність елементів гідроприводу. При цьому загальна кількість станів у відділенні МБРС нараховує  $m = 2$ , а кількість основних приводів на один стан  $n = 1$ .

Витрати на придбання та перевезення імпортного гідромотору:

$$B_{Aвст} = C_{Aвст} \cdot K_{\text{євро}} \cdot M \cdot Tr \cdot ПДВ = 1700 \cdot 30 \cdot 1,05 \cdot 1,10 \cdot 1,20 = 70686 \text{ грн.},$$

де  $K_{\text{євро}}$  – курс євро за даними Нацбанку України – 1 : 30;  $M$  – митні пошлини,  $M = 5\%$ ;  $Tr$  – транспортні витрати, приймаємо на рівні 10%;  $ПДВ$  – податок на додану вартість – 20%.

Витрати на придбання та перевезення гідромотору вітчизняного виробництва, що реалізує СКІФ - мир запчастей (вулиця Белякова, 236, офіс 2, Мелітополь, Запорожская область, 72300, <https://skiff.org.ua>):

$$B_{Укр} = C_{Укр} \cdot M \cdot Tr \cdot ПДВ = 5980 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,20 = 7893,6 \text{ грн.},$$

Економічна ефективність від зниження витрат на заміну і ремонт приводів обертання стенду, складе:

$$E_1 = (B_{Aвст} - B_{Укр}) \cdot m \cdot n = (70686,0 - 7893,6) \cdot 2 \cdot 1 \approx 125584,8 \text{ тис. грн/рік.}$$



## 5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих чинників

При розливанні сталі на дільниці безперервного розливання сталі ККЦ, виникають шкідливі виробничі чинники, які впливають на організм працюючого персоналу. До числа таких чинників відносяться теплові і світлові випромінювання, виділення пилу і газу у виробниче приміщення, а також шум і вібрація. Склад шкідливих викидів представлений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Склад шкідливих викидів МБРС

Найменування шкідливої речовини	Кількість шкідливих речовин, що відходять від джерела виділення, т/рік	Кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, максимальне, г/с
Пил	8527	8,679
Двоокис марганцю	–	0,125
Пятиокис фосфору	–	0,010
Двоокис азоту	224	7,8
Сірчистий ангідрид	40	1,092
Окисел вуглецю	4039	140,4

При повільній дії на організм працюючого виробничий пил може бути причиною професійних захворювань. Вплив пилу на організм людини визначається її хімічним і мінералогічним складом, ступенем дисперсності. Чим більш дисперсна речовина, тим легше, швидше і глибше проникає вона в організм. Найбільшу небезпеку для органів дихання становлять дрібні частинки пилу, що знаходяться в повітрі, в зваженому стані, розміром 0,05–0,1 мкм і менш. По діючих санітарних нормах гранично допустимі концентрації пилу в повітрі робочої зони розроблені для конкретних умов виробництва.

Окис вуглецю (чадний газ) зустрічається скрізь, де існують умови для неповного згоряння речовин, що містять вуглець. Окис вуглецю, витісняючи кисень з гемоглобіну крові, знижує вміст кисню в організмі з 18–20 до 8% (аноксемія). Окис вуглецю має безпосередню токсичну дію на клітини, порушуючи

тканинне дихання і зменшуючи споживання тканинами кисню. Гранично допустима концентрація 20 мг/м<sup>3</sup>.

Сірчистий ангідрид (двоокис сірки) дратує дихальні шляхи, викликаючи спазми бронхів і збільшення опору дихальних шляхів. Загальна дія сірчистого ангідриду на організм: порушує вуглеводний і білковий обміни; пригноблює окислювальні процеси в головному мозку, печінці, селезінці, в м'язах; сприяє утворенню метгемоглобіну. При дії двоокису сірки у вигляді аерозолі дратівливий ефект збільшується. Гранично допустима концентрація 10 мг/м<sup>3</sup>.

Марганець застосовується в металургії для знесірчування і розкислювання сталі. Оксиди марганцю і солі є сильними отрутами, діючими на центральну нервову систему, викликаючи в ній важкі органічні зміни. Вдихання пилу оксидів марганцю у людини викликає особливу форму пневмоконіоза – марганоконіоз. Отруєння марганцем розвивається в результаті тривалої дії. Гранично допустима концентрація 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Контроль за станом повітряного середовища на робочих місцях необхідно здійснювати у відповідності з ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони", ГОСТ 12.1.016-79 "Повітря робочої зони. Вимоги до методів вимірювання концентрацій шкідливих речовин", "Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень" N 4088-96. Згідно яких слід у початку, всередині і в кінці холодного і теплого періодів року не менше 3 разів в зміну (на початку, всередині і в кінці) здійснювати контроль інтенсивності інфрачервоного випромінювання.

В сталеплавильних цехах температура повітря на майданчиках сталеварів нерівномірна. В зоні, безпосередньо примикаючої до печей, вона нерідко перевищує зовнішню на 6–12°, а на відстані 5–10 м від печей – лише на 3–5°. В розливних прольотах температура повітря змінюється більш різко. В період розливання сталі остання перевищує зовнішню на 5–8°, а після вивезення гарячих виливниць з цеху знижується майже до рівня зовнішньої.

На установках безперервного розливання сталі лише на відкритому розливному майданчику температура повітря схильна до різких коливань. На робочих місцях, розташованих в закритих приміщеннях, вона більш постійна і перевищує зовнішню в теплий період року на 3–6°, а в зимовий знаходиться на рівні 15–20°.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання в сталеплавильних цехах схильна до різких коливань. Безпосередньо у печей під час ручного заванта-

ження добавок або заправки передньої стінки мартенівської печі сталевари піддаються інфрачервоному випромінюванню до  $3000\text{--}4800 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ . В середині майданчика сталеварів і у льоток печей інтенсивність опромінювання значно нижче.

На розливних майданчиках інтенсивність випромінювання під час розливання досягає  $1800\text{--}2400 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{г}$ . На установках безперервного розливання сталі випромінювання на основних робочих місцях не перевищує  $600 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{г}$ .

Підвищена теплова дія на організм приводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму приводить до втрати кров'ю хлористого натрію, який є основним елементом, що утримує в крові воду. Вимивання з'єднань хлора з організму приводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково–кишкових захворювань. Різке коливання температури приводить до різних простудних захворювань.

В цеху безперервного розливання сталі використовується високопродуктивне устаткування, експлуатація якого супроводжується інтенсивним шумом. Шум є безладним поєднанням різних по частоті і силі звуків, має негативний вплив на людину; викликає стомлення, перешкоджає зосередженню уваги, може викликати негативну реакцію і відчуття роздратування. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, іноді до глухоти. Шум надає негативну дію на серцево–судинну і центральну нервову систему. Нормативні вимоги до виробничих шумів висловлені в СН 245–71 і ГОСТ 12.1.003–83.

Джерелами світлового випромінювання є факел полум'я, нагріта до високої температури вогнетривка футеровка внутрішнього простору ковшу і поверхня розплавленого металу, дія яких виявляється при розливанні сталі. Всі джерела випромінювання мають температуру, яка перевищує  $500^\circ\text{C}$ , тому спектр випромінювання містить світлове та інфрачервоне випромінювання. Інтенсивність опромінювання на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання і відстаней від них, знаходиться в широких межах: від  $0,01$  до  $10,5 \text{ кДж/м}^2$ .

В цеху є різні види устаткування, що піддають оточуючих дії вібрації. Вібрація, діючи на організм людини, приводить до виникнення вогнищ застійного збудження в головному і спинному мозку. Збудження може розповсюдитися з вібраційних центрів на сусідні. Особливо виражена судинна реакція і психічний

розлад з боку кінцівок, опорно–рухового апарату, порушуються функції травної і центральної нервової системи, і перш за все кровообіг в пальцях і кистях рук. Допустимі величини параметрів вібрації на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях при безперервній дії протягом робочого дня (8 годин) приведені в СН 245–71.

## 5.2 Заходи щодо техніки безпеки

В киснево-конвертерному цеху на дільниці безперервного розливання сталі утворюється і виділяється у виробниче приміщення велика кількість пилу. Висока температура в робочому просторі ковшів приводить до випаровування металу і подальшої конденсації з утворенням пилу дрібної фракції. Багато операцій процесу супроводжуються виділенням пилу і забрудненням повітря виробничого приміщення: розливання сталі та ін. Утворенням пилу супроводжують деякі допоміжні операції, наприклад чистка сталерозливних ковшів, прибирання пилу з зводу. Кількість пилу, що виділяється, її хімічний і гранулометричний склад залежать від складу і властивостей , палива, кисню і вживаних для футеровки вогнетривів. Тому, вживання засобів індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіраторів ШБ–1 «Лепесток», усуває дію пилу на організм працюючого.

Основним джерелом забруднення повітряного середовища цеху газовими виділеннями є сталерозливні ковші. Одним з основних заходів по попередженню можливого отруєння газами є своєчасне виявлення місць їх виділення або скупчення. Ці місця є газонебезпечними. Перелік таких місць і ділянок складається наперед і затверджується головним інженером заводу. Працівники санітарно–технічних лабораторій і газорятівні служби щодоби по встановленому графіку контролюють склад повітряного середовища у всіх газонебезпечних місцях. При виявленні виділень або скупчень газу негайно вживають заходів по припиненню допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерел виділення газу.

Для захисту від теплових і світлових випромінювань, і створення необхідних умов праці на МБРС застосовують: теплову ізоляцію поверхонь, випромінюючих тепло; прискорене проведення операцій, пов'язаних з розливанням сталі; теплову ізоляцію і охолодження робочих місць (кабін машиністів, пультів управління); природну і механічну вентиляцію, водорозпиленість на

робочих місцях; спецодяг і інші засоби індивідуального захисту. Велике значення для нормалізації роботи персоналу в умовах високих температур і високих теплових виділень має раціональний режим праці і відпочинку, що включає регламентований відпочинок, пристрій кімнат відпочинку з подачею конденсованого повітря, а також водні процедури – напівдуші, обмивання. Для захисту від шуму і вібрації слід застосовувати:

- технічні засоби боротьби з шумом і вібрацією (зменшенням шуму машин в джерелі; вживання технологічних процесів, при яких рівні звукового тиску на робочих місцях не перевищують допустимих рівнів);
- вживання дистанційного керування шумними машинами;
- вживанням засобів індивідуального захисту по ГОСТ 15762–70.

### **5.3 Пожежна безпека**

Будівля цеху має категорію пожежонебезпечності «Г». Категорія «Г» – це виробництва які використовують речовини неспалимі матеріали в гарячому розпеченому або розплавленому стані, процес переробки яких супроводжується виділенням променистої теплоти, іскор і полум'я; тверді речовини, рідини і гази, які спалюються або які утилізують як паливо.

Площа відділення розливки складає  $80000\text{м}^2$ . На дану площу передбачено 120 пінних вогнегасників ОХП–10, 40 вуглекислотних вогнегасників ОУ–5 і ОУ–8, 40 шухляд з піском місткістю  $0,5\text{м}^3$  з лопатами.

Відділення МБРС оснащено різним механічним устаткуванням, що має гідравлічний привод, який змащується густим і рідким мастилом від централізованих систем, має розгалужену мережу трубопроводів для подачі рідкого і газоподібного палива, кисню. В цеху є багато джерел запалювання горючих речовин: інтенсивне випромінювання тепла від рідкого металу; відкрите полум'я пальників; викиди металу з ковшів; іскри, бризки металу від широко вживаному при ремонтно–монтажних роботах, електрозварюванні, газорізки.

Це призводить до того, що на окремих ділянках цеху в місцях витоків масла з гідросистем, в місцях витоків і скупчень газу, на забруднених маслом машинах, в місцях знаходження горючих речовин створюється небезпека виникнення пожежі.

Можливість пожеж на МБРС не велика, оскільки у зв'язку з вживаними високотемпературними технологічними процесами всі елементи будівель виконані з матеріалів, що не згорають.

Головну пожежну небезпеку в відділенні прориви і викиди металу з сталерозливних ковшів, що приводять до спалаху змащувальних матеріалів, масла і інших легкозаймистих речовин. При цьому пожежі виникають раптово, протікають інтенсивно і представляють велику небезпеку для життя обслуговуючого персоналу.

Для запобігання виникнення пожежі необхідно: 1) запобігати викидам металу; 2) не зберігати горючі і змащувальні матеріали в спільних складах; 3) усувати витоки масла з гідроциліндрів і з'єднань маслопроводів, шлангів; 4) очищати вузли машин від густого мастила, що скоплюється; 5) стежити за відсутністю пошкоджень ізоляцій електропроводів, кабелів; 6) застосовувати в гідросистемах негорючі робочі рідини; 7) не допускати перегріву киснепроводів; потрапляння масла на з'єднання і вентилі.

На території будівель Ша, Шб, IV, IVa, V ступенів вогнестійкості (ККЦ відноситься до класу Шб) слід обладнати пожежні пости з набором наступних первинних засобів пожежогасіння: вогнегасники пінні місткістю 10л або порошкові місткістю 5л, відра, сокири, лопати, багри, сходи приставні, ящики з піском місткістю по 0,25м<sup>3</sup>.

При виникненні пожежі необхідно негайно викликати пожежну охорону і одночасно вжити всіх можливих заходів по ліквідації вогню, а також попередити його розповсюдження, для чого: електроустаткуванню, що загорілося, знеструмити. Вода електропровідна, тому нею не можна гасити пожежу на електроустаткуванні, що знаходиться під напругою; маслопродукти, що горять, лінії електропроводок гасити піском, або матерією просоченою азбестом; дерев'яні предмети, що горять, спецодяг, обтиральні матеріали гасити водою або за допомогою вогнегасників.

## ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблені заходи щодо удосконалення поворотного стенду машини безперевного лиття слябових заготівель з метою підвищення експлуатаційної надійності, а також заходи по монтажу, ремонту, змащенню, організації технічного обслуговування обладнання, техніки безпеки та охорони праці.

1. Враховуючи досвід експлуатації відзначається що виконання приводу механізму підйому ковшів від гідроприводу дозволяє значно зменшити габарити механізму порівняно з механічною трансмісією і забезпечити переміщення ковшів на необхідну висоту. Роздільний привод кожного з ковшів так само є незаперечною перевагою даної конструкції.

2. Виявлені недоліки притаманні конструкції приводу обертання стенду, що зменшують надійність роботи машини і вимагають додаткових матеріальних витрат. Заміна імпортного устаткування вимагає додаткових коштів, витрат на купівлю, сплату митної пошлини, та транспортні витрати. Це вказує на доцільність придбання запасних частин обладнання вітчизняного виробника, що сприятиме зменшенню накладних витрат.

3. Пропоновані заходи підтверджено розрахунками на міцність та енергосиловими розрахунками.

4. Економічний ефект від запропонованих заходів проекту планується в розмірі – 125584,8 грн/рік.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Машины і агрегати металургійних заводів. В 3-х томах. Т.2. Машины і агрегати сталеплавильних цехів. Підручник для вузів/ Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. і ін. – 2-е изд., перераб. і доп. – М.: Металургія, 1988. – 680 з., мул.
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 2000. – . – Т. IV-5: Машины и агрегаты металлургического производства / Н. В. Пасечник, В. М. Синицкий, В. Г. Дрозд и др.; Под. общ. ред. В. М. Синицкого, Н. В. Пасечника. – 2000. – 912 с.
3. Лукашин Н. Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: учебник для вузов / Н. Д. Лукашин, Л. С. Кохан, А. М. Якушев – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 456 с.
4. А.с. 787138 СССР, МКИ В22 D11/12. Разливочный стенд установки непрерывной разливки металла / М.М. Банний, В.Н. Бобров, Т.Ю. Овчинникова и Б.К. Лисовых (СССР). – №2665616/22-02; заявл. 21.09.78; опубл. 15.12.80, Бюл. №46.
5. А.с. 1404165 СССР, МКИ В22 D11/10. Подъемно-поворотный стенд для сталеразливочных ковшей машины непрерывного литья / О. А. Тимохин, А. А. Целиков, А.Е. Матвеев, В.Г. Макаров, А. И. Чалюканов и В. К. Худанов (СССР). – №4091794/23-02; заявл. 10.07.86; опубл. 23.06.88. Бюл. №23.
6. А.с. 1692727 СССР, МКИ В22 D11/10. Подъемно-поворотный стенд для ковшей / Ю.Е. Рубинштейн, А.Г. Берло, А.С. Морозов, Н.А. Дудин, В.П. Хрушков, А.В. Дремин и В.М. Бари (СССР). – №4641100/02; заявл. 25.01.89; опубл. 23.11.91. Бюл. №43.
7. А.с. 311700 СССР, МКИ В22 D11/10. Передвижной стенд для разливочных ковшей / Л. А. Быков, В. А. Быков, В. П. Ворошилов, В. М. Нисковских, В. И. Куликов и М. Л. Садлуцкий (СССР). – №1337892/22-2; заявл. 03.06.69; опубл. 05.10.71. Бюл. №25.
8. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А.А. Королев. – М.: Металлургия, 1969. – 464с.
9. Механическое оборудование конвертерных и мартеновских цехов: Учебник / В.М. Гребенник, Ф.К. Иванченко, Б.А. Павленко и др. – К.: Вища шк., 1990. – 288с.



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. Шейнблит А.Е. Курсове проектування деталей машин: Навчальний посібник для технікумів. – М.: Вища школа. 1991. – 432 с.: мул.
12. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие для техникумов. – М.: Высшая школа. 1991. – 432 с.: ил.
13. Справочник по сопротивлению материалов. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наукова думка, 1975– 703с.
14. Подшипники качения: Справочник–каталог / Под редакцией Нарышкина В.Н. и Коросташевского Р.В. – М.: Машиностроение, 1984. –280с., ил.
15. Допуски и посадки: Справочник в 2–х ч. Ч.1/Под ред. В.Д. Мягкова. – 5–е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отд–ние, 1978 – 544с.
16. Зиньковский М.М. Техника безопасности и производственная санитария (краткий справочник металлурга). – М.: Металлургия, 1984 – 232с.
17. Зиньковский М.М. Охрана труда в конвертерном производстве. – М.: Металлургия, 1973 – 150с.
18. Положення про технічне обслуговування устаткування підприємств гірничо-металургійного комплексу (Друга редакція Положення про ТО) / Мин-пром України Положение от 24-11-2003 .
19. Зайцев Х.П., Фоменко М.А., Гайдаренко А.М. Экономика ремонтного хозяйства металлургических заводов. – Киев: Техніка, 1974 – 251с.
20. Ефанов П.Д., Карнаух Н.Н. Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии: Справ очник. – М.: Металлургия, 1980 – 406с.

**ДОДАТКИ**