Міністерство освіти та науки України
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)
Кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення машини закриття чавунної льотки доменної печі

Виконав: бакалавр групи 6.1331
Каштанова В.О.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)
спеціалізація
-
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)
Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 рік

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація -

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О Власов

_____

“____”_____2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Каштанова Варвара Олегівна

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення машини закриття чавунної льотки доменної печі

   керівник роботи доцент, канд. техн. наук Таратута К.В.

   затверджені наказом вищого навчального закладу від “27.12. 2024 року № 2031 – с.
2. Термін подання студентом роботи 30.05.2025 року.
3. Вихідні дані роботи: техніко-економічні показники роботи доменного цеху.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Загальна частина. 2. Спеціальна частина. 3. Експлуатаційна частина. 4. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1шт ; 2. Складальні креслення -2 шт; 3. Креслення експлуатаційної частини– 1 шт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата Завдання прийняв
1	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
2	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
3	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
4	Таратута К.В., к.т.н., доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.01.2025 – 20.01.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдання	20.01.2025 – 01.02.2025	
3	Виконання теоретичної частини роботи	01.02.2025 – 01.04.2025	
4	Виконання графічної частини	01.04.2025 – 01.05.2025	
5	Оформлення роботи	01.05.2025 – 20.05.2025	
6	Перевірка роботи консультантами	20.02.2025 – 30.05.2025	
7	Попередній захист роботи	30.05.2025	
8	Переплітання роботи	05.06.2025	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ В.О. Каштанова
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ К.В. Таратута
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Каштанова В.О. Удосконалення машини закриття чавунної льотки доменної печі.

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025р.

В роботі проведено огляд обладнання обслуговування доменних печей та аналіз заходів для підвищення експлуатаційних властивостей обладнання. Детально описані вузли машини закриття чавунної льотки. Проведено розрахунки навантажень на вузли машини закриття чавунної льотки. Запропонована удосконалена конструкція вузлів машини закриття чавунної льотки для підвищення експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: ДОМЕННА ПІЧ, ОБСЛУГОВУЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ

ABSTRACT

Kashtanova V.O. Improvement of the Closing Machine of Cast Iron Gate in Blast Furnace.

Graduation qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor K.V. Taratuta. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The work reviews blast furnace maintenance equipment and analyzes measures to improve the operational properties of the equipment. The components of the cast iron chute closing machine are described in detail. Load calculations on the components of the cast iron chute closing machine are performed. An improved design of the components of the cast iron chute closing machine is proposed to improve operational properties.

Keywords: BLAST FURNACE, SERVICE EQUIPMENT, IMPROVEMENT

ЗМІСТ

Вступ 6

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8

1.1 Опис доменного виробництва 8

1.2 Опис технології отримання чавуну 9

1.3 Опис механічного устаткування доменного цеху 12

1.4 Недоліки роботи обладнання доменного цеху та напрямки їх усунення 20

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 22

2.1 Огляд конструкції машини закриття чавунної льотки 22

2.2 Опис проекту модернізації 26

2.3 Розрахунок механізму пресування машини закриття чавунної льотки 27

2.4 Розрахунок механізму повороту 34

2.5 Розрахунок елементів на міцність 40

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 44

3.1 Заходи по технічному обслуговуванню 44

3.2 Технологія ремонту механізму пресування 46

3.3 Оцінка системи змащування 49

3.4 Розрахунок системи строповки 51

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 58

4.1 Характеристика факторів безпеки процесу експлуатації обладнання ливарного двору доменного цеху 58

4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів доменного процесу 59

4.3 Розробка заходів щодо запобігання дії шкідливих факторів на ливарному дворі 62

4.4 Гігієна праці та виробнича санітарія 63

4.5 Заходи щодо безпеки праці 71

Висновки 74

Література 75

Додатки 78

ВСТУП

До одних з основних машин ливарного двору доменного цеху відноситься машина закриття чавунної льотки. Машина призначення для закриття вогнетривкою масою чавунної льотки під час роботи доменної печі. Вона складається з наступних механізмів: механізм повороту, механізм притиску, механізм витискання льоточної маси. Для закриття льотки використовується від 0,5т. до 1 т. вогнетривкої маси.

До машина закриття чавунної льотки виставляються наступні вимоги:

- об'єм робочого циліндра має бути достатнім для необхідної кількості льоточної маси;
- тиск поршня має бути достатнім, щоб подолати опір руху льочної маси та її розповсюдженню по внутрішніх стінках горна;
- можливість регулювання кута нахилу машини;
- підвищена надійність роботи обладнання;
- дистанційне управління машиною.

Аналіз конструкцій машин закриття чавунної льотки показав наявність недоліків у їх роботі. Наявний підвищений знос ходового механізму та механізму притиску.

Технічна задача, що вирішується в проекті модернізації, полягає у підвищенні терміну служби елементів приводу та покращення його ремонтопридатності.

Для вирішення поставленої задачі у конструкції механізму переміщення машини необхідно внести зміни. З метою поліпшення ремонтопридатності й одержання можливості швидкого доступу до підшипників пропонується змінити конструкцію нижнього вушка тяги.

У відповідності до завдання в роботі проведено:

- огляд основних елементів ливарного двору доменного цеху;
- розрахунок навантажень, на елементи приводу машини;
- обґрунтування запропонованого удосконалення.

Структура та обсяг роботи. Випускна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг роботи становить 78 сторінок, 10 таблиць, 14 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис доменного виробництва

Сирі матеріали - руда, концентрати, флюси й інші надходять на механізовані склади для усереднення й зберігання. Кокс, агломерат й окатиші подають у вагонах безпосередньо до доменних печей.

Запас матеріалів для забезпечення безперервної роботи доменної печі розташовується на складах, які мають назву рудний двір. Вони використовуються також і для усереднення матеріалів за фізико-хімічним складом, розташовані паралельно фронту доменних печей.

Шихтові матеріали прибувають на рудний двір, що звичайно розташовується паралельно лінії доменних печей. На заводах, де є агломераційні фабрики, рудний двір стає складом цієї фабрики й зв'язується з нею територіально.

Основне призначення рудного двору - забезпечити безперебійне постачання шихтою доменні печі й агломераційну фабрику. З огляду на те, що руди, прибуваючі у цех, мають значні коливання хімічного складу й крупності, вантажно - розвантажувальні роботи виконуються так, щоб забезпечити усереднення руд [5].

Залежно від типу транспортного устаткування розрізняють рудні двори, обладнані кранами, і рудні двори, обладнані конвеєрами.

Залізничні поїзди (рис.1.1) подаються на шлях 3 і розвантажуються в розвантажувальну траншею 4. Розвантаження здійснюється вагоноперекидачем 2, що переміщається уздовж фронту розвантаження. З розвантажувальної траншеї матеріали перевантажуються рудним краном 6 у штабелі 5, розташовані на території рудного двору, а потім у вагони й по шляху 1 транспортуються на агломераційну фабрику. Частину матеріалів рудний кран вантажить у рудні перевантажувальні вагони 7, якими роблять завантаження бункерів доменних печей.

Часткове усереднення руд досягається при укладанні штабелів за рахунок розвантаження грейфера по ходу руху візка.

Такі системи механізації дуже поширені, Вони мають достатню пропускну здатність і надійне устаткування, але при цьому утруднюється усереднення руд.

1.2 Опис технології отримання чавуну

Для металургійного виробництва ключовою сировиною є: залізна руда, яку видобувають із шахт, попередньо обробивши та збагативши; кам'яне вугілля, флюси, отримані з кар'єрів та підготовлені.

Виробництво чавуну поділяється на 2 важливі етапи: підготовка шихтових матеріалів до доменної плавки та, безпосередньо, виплавка у доменній печі.

Шихтові матеріали для доменної плавки включають залізовмісні матеріали (агломерат, руда, окатиші, металодомішки), кокс, флюси.

Параметри якості залізовмісних матеріалів: вміст заліза, склад і властивості порожньої породи, наявність шкідливих домішок, хімічний склад, здатність до відновлення, кусковатість, міцність, пористість та вологість.

Руди, як правило, збагачують, отримуючи подрібнений залізорудний концентрат, який, разом з малокусковими й пилоподібними рудами, піддають усередненню, а потім окускуванню, формуючи агломерат або окатиші. У доменній плавці використовують агломерат фракції 5 – 50 мм, а окатиші 10 – 15 мм, об'ємна маса агломерату та окатишів становить відповідно 1,6 – 1,7 та 2,1 – 2,2 т/м3. Окускування покращує газопроникність стовпа шихти в доменній печі, поліпшує відновлювальну здатність газового потоку, забезпечує рівномірний хід печі, знижує витрату палива, тиск сірки. Окускування значно збільшує продуктивність доменної печі, зменшує витрати коксу, одночасно покращуючи показники якості чавуну [5].

Для проведення доменної плавки застосовують кокс, який є паливом та відновником. Якість коксу визначається його хімічним складом та фізико-механічними властивостями і залежить від характеристик вихідного вугілля та

технології коксування. Кокс має мати шматки розміром не менше 20 – 40 мм. Об'ємна маса коксу 0,43 – 0,48 т/м3, кут природного відкосу 35 – 40о.

Флюси, що використовуються в доменній плавці, слугують для ошлаковування золи коксу та отримання рідкорухомих шлаків з високою сіркопоглинальною здатністю. Як флюси, зазвичай, застосовують вапняки. Флюси містяться в офлюсованому агломераті та окатишах. Флюси також можуть вводити безпосередньо в доменну піч. Вимоги до міцності й кусковатості флюсів змінюються в залежності від способу їх введення в плавку. Наприклад, для агломерації потрібен дрібний флюс, а для доменної плавки – кусковий та високоміцний.

У доменній печі шихтові матеріали, переміщаючись шахтою, під впливом гарячих відновлювальних газів зазнають змін. З матеріалів повністю видаляються леткі речовини: волога, гідратна вода, вуглекислота та інші речовини. Відновлюються оксиди металів: заліза, марганцю, фосфору, кремнію, сірки.

Відновлені матеріали далі науглероджуються.

До повного відновлення заліза та до значного відновлення інших елементів починається шлакоутворення – утворення сполук оксидів деяких елементів у складні комплекси, які при взаємному розчиненні утворюють шлаки, що стікають вниз та змінюють свій склад. Зміна складу шлаків відбувається в результаті розчинення в ньому твердих компонентів і відновлення деяких елементів з оксидів, що містяться у первинному шлаку. Остаточний склад шлаків визначається нижче фурм, після приєднання до нього золи пального, відновленого заліза, марганцю, кремнію, фосфору з оксидів та переходу значної частини сірки в шлаки [5].

На рівні фурм відбувається окислення різних елементів киснем дуття. Найпершим згоряє вуглець коксу до вуглекислого газу й окису вуглецю.

Фізико-хімічні процеси є основою перетворень, що відбуваються в доменній печі, та підкоряються законам хімії.

Основною продукцією доменної плавки є чавун, що випускається в доменному цеху. Чавун поділяється на передільний та ливарний. Передільний чавун переробляють на сталь, а ливарний використовують для виготовлення литих деталей. Іншими продуктами доменної плавки є шлаки, які виходять після випуску чавуну, та доменний (колошниковий) газ. Шлаки після обробки використовуються як будівельні матеріали. Колошниковий газ після очищення служить паливом у цехах металургійних підприємств.

Основними показниками, що характеризують роботу доменної печі, є продуктивність за одиницю часу та витрати коксу на тонну виплавленого чавуну.

Для судження про продуктивність при роботі доменної печі застосовують відносний показник: коефіцієнт використання корисного обсягу доменної печі (К.В.К.О.), що представляє собою відношення корисного обсягу доменної печі до її середньодобової продуктивності:

$$К.\ И.\ П.\ О. = V/P;\ (т/добу) \qquad (1.1)$$

Найпоширенішим показником інтенсивності плавки є відношення кількості палива, що витрачається за добу, до корисного обсягу печі:

$$J_e = C_k K + Cq\ Qq / 100\ V;\ кг/м^3\ добу \qquad (1.2)$$

де C_k й Cq – вміст вуглецю відповідно в коксі й добавках, що містять вуглець %;

K й Qq - добова витрата відповідно коксу й добавок, що містять вуглець, т;

V – корисний обсяг печі, $м^3$

Відносна витрата коксу:

$$ДО^1 = До\ доб/P;\ тому\ що/т.ч. \qquad (1.3)$$

Відновлення заліза з оксиду відбувається непрямим і прямим відновленням

$3Fe_2O_3 + 3\ CO = 2\ Fe_3O_4 + 3\ CO_2$

$Fe_3O_4 + CO = 3\ Fe + CO_2$

$Fe + C = Fe + CO$

Непряме відновлення відбувається на рівні шахти, а пряме на рівні фурмених приладів [5].

1.3 Опис механічного устаткування доменного цеху

Сучасний доменний цех (рис.1.1) містить у собі кілька доменних печей 10, відділення прийомних бункерів 5 і коксовий силос 4, систему подачі шихти до завантажувального пристрою печі: скіпову яму 7, підйомник 8 з машинним будинком 9, ливарний двір 13, повітронагрівачі 17, повітряводну станцію 19, систему газоочистки 16, склад холодного чавуну, системи доменної грануляції шлаків, а також відділення готування вогнетривких мас і ремонту чавуновозних ковшів [5].

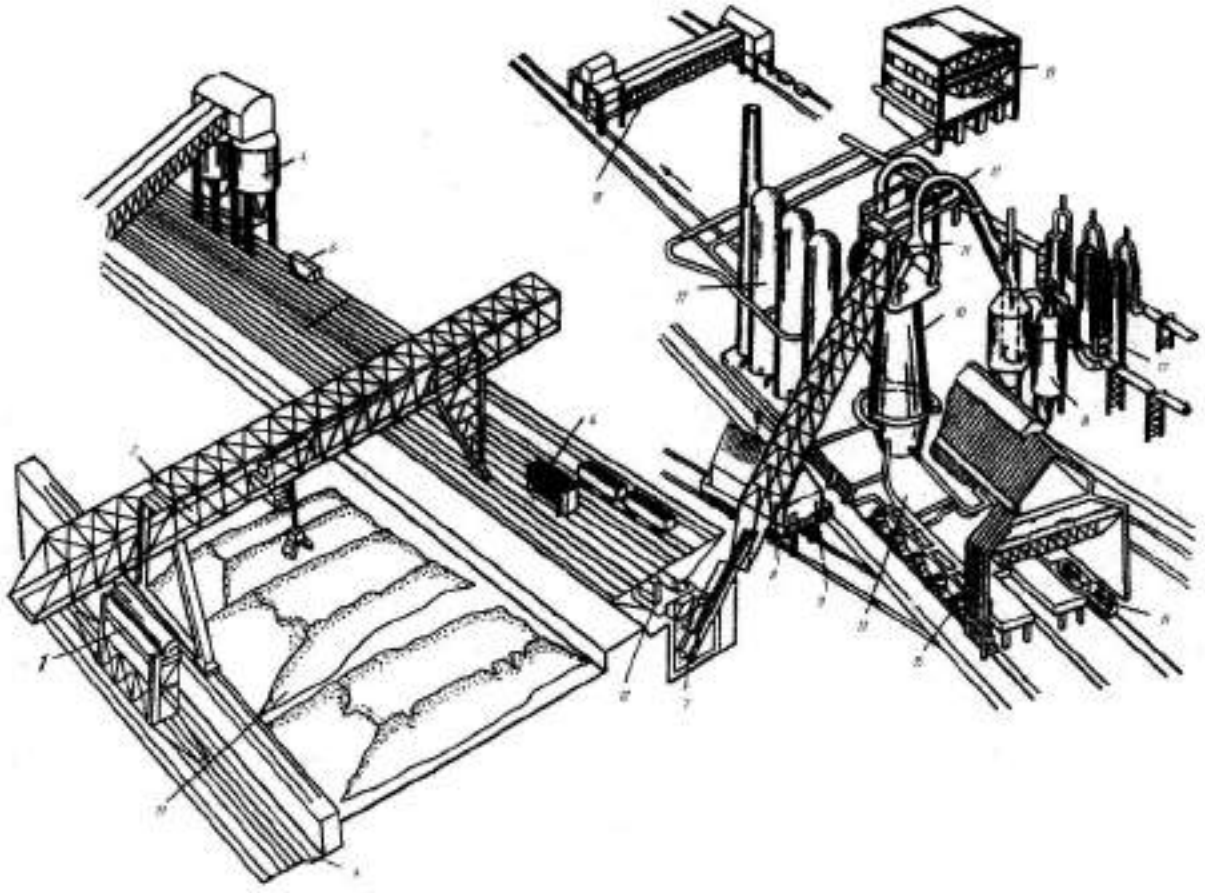


Рисунок 1.1. Доменний цех

Доменний цех оснащений складом сировинних матеріалів із вагоноперекидачем 1 та перевантажувальними кранами 2, які формують штабелі

3. Також є бункерна естакада з машинами циклічної дії - перевантажувальними вагонами 6 та вагонами-вагами, і скіпова система для завантаження сировини в доменну піч 8 [11].

Ливарний двір 13 обладнаний стаціонарними лійками для збору чавуну і шлаків. Чавун переливають у чавуновозні ковші 14, а шлаки - у шлаковози 15. Розплавлений чавун потрапляє на розливочну машину 18, а шлаки відправляються на установку грануляції.Доменна піч (рис.1.2) шахтного типу призначена для виплавки чавуну. Основними частинами її є: колошник 1, шахта 2, распар - найбільш широка циліндрична частина печі 3, заплічка 4, горно 5, лещадь 6 і фундамент 7 [5].

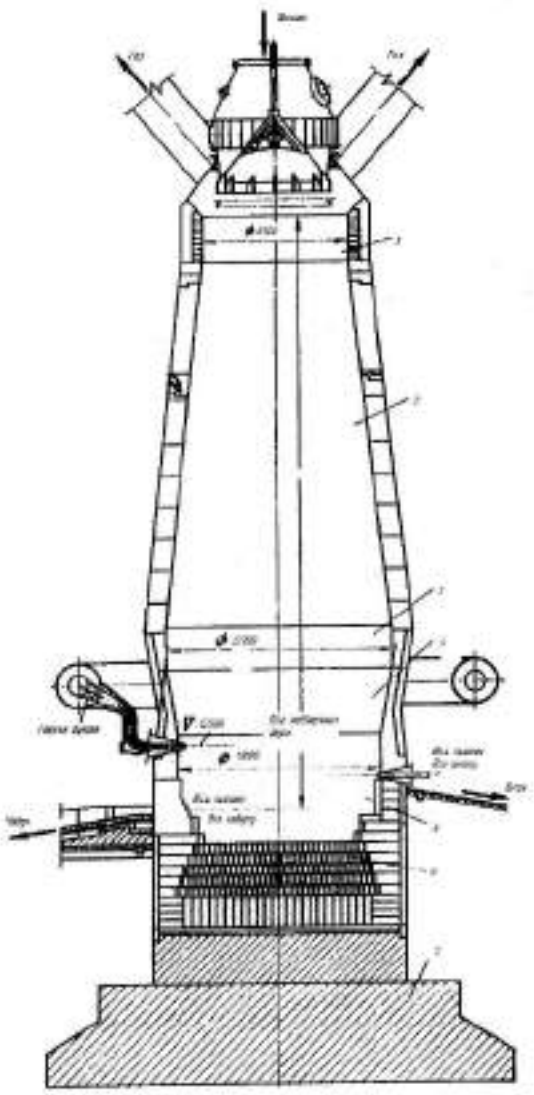


Рисунок 1.2. Доменна піч (переріз)

Крізь верхню циліндричну частину - колошник - завантажують шихтові матеріали в піч і відводять гази, що утворяться в ній. Нижче колошника розташована шахта конічної форми, у якій матеріали, нагріваючись і розширюючись в обсязі, безперешкодно опускаються вниз під впливом власної ваги. Распар - найбільш широка циліндрична частина печі, з'єднує шахту із заплічками, ліквідує кут, у якому могли б затриматися шматки матеріалу. У заплічках печі відбувається утворення рідких продуктів плавки.

Нижня частина печі, що зветься горном, ділиться на дві зони: верхню - фурмену, у якій розташовані фурми для вдмухування повітря й палива, і нижню - металоприймач, у якому накопичуються рідкий чавун і шлаки. Підставою або дном горна є лещадь.

Піч має цільнозварний кожух з листової сталі, зсередини футерований вогнетривкою кладкою, що переходить унизу в кладку лещаді, що опирається на фундамент. Для запобігання від руйнування значна частина кладки прохолоджується металевими холодильниками, у яких циркулює вода. Кладка колошника, що піддається впливу падаючих шматків матеріалу, захищена металевими плитами.

Над колошником печі завантажувальний пристрій для завантаження шихти й установлені газовідводи для доменного газу. Нижче рівня чавунних льоток розташована площадка ливарного двору з машинами для відкривання й забивання чавунних і жужільних льоток [5].

Устаткування, що обслуговує доменну піч, ділять на: устаткування подачі шихтових матеріалів, устаткування ливарного двору, устаткування для подачі дуття в доменну піч й устаткування для газоочистки доменної печі.

Для забезпечення безперебійної роботи доменних печей поблизу їх розташовують бункера із запасом шихтових матеріалів і коксу. Більша потужність вантажних потоків і необхідність дозування, відсівання дріб'язку, транспортування гарячого агломерату вимагають особливої уваги до транспорту.

Агломерат (рис.1.3) залізничними вагонами 1 або рудними перевантажувальними вагонами доставляється на бункерну естакаду доменних

печей.

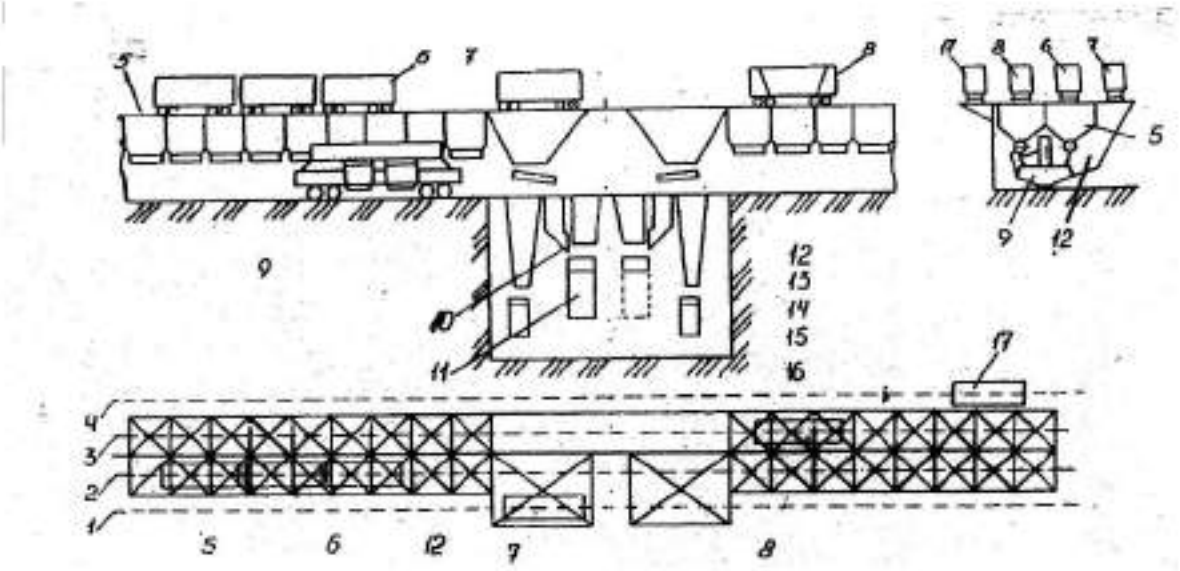


Рисунок 1.3. Схема подачі шихтових матеріалів

Добавки перевантажуються краном з рудного двору в рудний перевантажувальний вагон 2, що розподіляє ці матеріали по бункерах. Під бункерами по рейкових шляхах переміщаються вагон-ваги 4, які набирають, зважують і транспортують шихту до підйомника й завантажують скіпи 8. Кокс від коксового силосу транспортується коксовим перевантажувальним вагоном 3 у коксові бункери, розташовані в осі підйомника. Під бункерами встановлені гуркіти 7 для відсівання дріб'язку й зважувальні воронки 6 для дозування коксу. Кокс, пройшовши їх, направляється в скіп. Коксовий дріб'язок просипається в бункер дріб'язку 5. Збирання дріб'язку виробляється підйомником.

Основні недоліки цієї схеми:

1) мала продуктивність вагон-ваг;

2) неможливість відсівання дріб'язку агломерату;

3) складність впровадження комплексної механізації;

4) несприятливі умови праці в підбункерному приміщенні, особливо при роботі на гарячому агломераті.

Комплекс гідрофікованого устаткування складається з маніпулятора підйому кришок воронок, машина розкриття чавунної льотки розташованих по

обох сторони головних воронок.

Пневмогідравлічна машина розкриття льотки - буравлення льотки перфоратором ударно-обертальної дії із застосуванням коронки дозволяє розкрити льотки з високоміцної льоточною масою й одержати калібрований канал льотки. При такому каналі не відбувається розбризкування струменя, що зменшує перемішування чавуну й шлаків у головній воронці й знизить втрати чавуну зі шлаками.

Гідравлічні машини закриття льотки мають габарити, що дозволяють розмістити машини розкриття й закриття по одну сторону головної воронки. Машина не має механізму притиску (притиск здійснюється механізмом повороту), чим звільняється простором у районі льотки, не потрібна водоохолоджуєма балка із зачепом для гачка механізму притиску, для електромеханічних машин закриття.

Витрати на експлуатацію машин з гідроприводом становлять 10...15 % від витрат на експлуатацію машин з електромеханічним приводом.

Основними елементами комплексу повітронагрівальних споруджень (рис.1.4) є: блок повітронагрівачів, що складається з 4-х апаратів (1-1V) для нагрівання повітря, система газо-і повітропроводів з устаткуванням для керування роботою повітронагрівачів і подачі гарячого дуття в доменну піч.

Ця система складається із трьох різних по своєму призначенню й пристрою частин: нагрівального тракту V, V111 і X, тракту холодного дуття X1 й 1X і тракту гарячого дуття V11 й V1. Цими трактами повітронагрівачі з'єднані між собою, а також з газовою мережею, атмосферою, повітродувними машинами й доменною піччю X11.

До складу нагрівального тракту для подачі газу й повітря в камеру горіння повітронагрівача й виходу з нього продуктів згоряння, крім газопроводу чистого газу V входять наступні пристрої й механізми: дросельні клапана для газу 3, іноді видільні клапани 4, газові пальники 6, відсічні клапани 5, димові клапани 10, які можуть мати глушитель 17, пропускні клапани 9 для зниження тиску повітря в

повітронагрівачі, атмосферні клапани 1 і листові засувки 2. Цей тракт зв'язує повітронагрівачі з газовою мережею заводу.

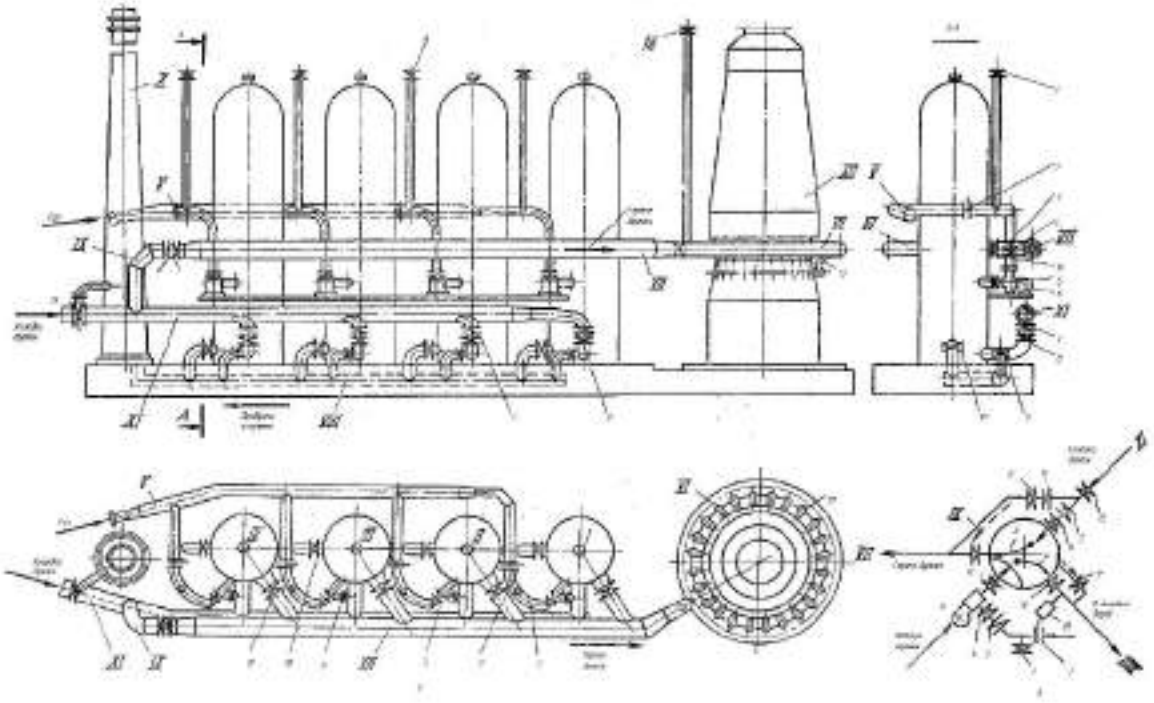


Рисунок 1.4. Схема розташування газовідводів та повітрянагрівачів

На нагрівання повітронагрівача доменної печі витрачається до 200000м^3 газу за 1г й приблизно така ж кількість повітря. Температура подаваного газу звичайно не перевищує 60^{0}С. Іноді для підвищення ефективності роботи повітронагрівача застосовують попереднє нагрівання газу й повітря. Температура продуктів згоряння в повітронагрівачі досягає 150-1550^{0}С, а димових газів, що відходять, 400^{0}С.

Тракт холодного дуття, що складається із системи повітропроводів із клапанами, зв'язує повітродувні машини з повітронагрівачами й трактом гарячого дуття; при необхідності тракт холодного дуття в процесі роботи повітронагрівачів може сполучатися з атмосферою.

До складу тракту холодного дуття входять основний повітропровід Х1 з повітряно-розвантажувальним 13, дросельними 7 і відсічними 8 клапанами холодного дуття й змішувальний повітропровід 1Х зі змішувальним 14 і видільними 15клапанами. По основному повітропроводі Х1 холодне повітря для

нагрівання надходить від повітродувної машини до повітронагрівачів, а по змішувальному повітропроводі 1Х частина холодного повітря направляється в магістральний повітропровід V11 для стабілізації температури гарячого дуття.

Тракт гарячого дуття являє собою систему повітропроводів, футерованих вогнетривами, з устаткуванням (клапанами гарячого дуття 11, атмосферним клапаном 16 і фурменими приладами 12), що зв'язує доменну піч із повітронагрівачами. У кожного повітронагрівача встановлений клапан гарячого дуття, призначений для відділення його від доменної печі. Короткі повітропроводи, що йдуть від повітронагрівачів, з'єднані загальним (магістральним) повітропроводом V11, по якому гаряче дуття подається до колектора, що оперізує піч, - кільцевому повітропроводу V1, і далі через фурмені прилади, рівномірно розташовані по окружності горна печі, воно надходить у робочий простір доменної печі Х11.

Поряд з гарячим повітряним дуттям через фурмені прилади в горно печі подається газоподібне, рідке або тверде паливо (наприклад, природний газ, мазут, вугільний пил).

Механізми й устаткування тракту працюють у винятково тяжких умовах, отримуючи дію великих теплових навантажень. Це обумовлено високою температурою гарячого дуття й великою його витратою. Швидкість дуття в клапані 90-110 й у фурмі 160-200 м/с; надлишковий тиск до 0,4-0,4МПа. Загальна кількість тепла, внесеного в піч гарячим дуттям, досягає 700-900млн кДж/ч. Деталі механізмів тракту, що випробовують більші теплові навантаження, виконують водооходжуємими. Сумарна витрата води на охолодження деталей одного клапана гарячого дуття становить 45-110, а деталей фурменого приладу 20-40 $м^3$/ч. Перепад температур води на вході в деталь і виході з її коливається в межах від 1 до 20 ^{0}С.

Механізми й пристрої для нагрівання дуття й подачі його в доменну піч повинні забезпечувати:

1.Високу щільність перекриття клапанами, що відтинають, прохідних перетинів повітропроводів і газопроводів. Внутрішні витоки опалювального газу

можуть привести до утворення вибухонебезпечної газо-повітряної суміші в тракті, а зовнішні - до отруєння навколишнього середовища. Продув гарячого повітря, що почався, через нещільності зчленувань викликає місцевий їхній перегрів, жолоблення, інтенсивне окислювання металу (особливо при дутті, збагаченому киснем), руйнування ущільнювальних елементів;

2.Гарне змішання опалювального газу, рідкого палива з повітрям, запалення суміші й згоряння її в межах камери горіння повітронагрівача без пульсацій і шуму;

3.Високу стійкість й експлуатаційну надійність, безпеку, зручність і простоту обслуговування;

4.Можливість автоматизованого керування роботою.

Для транспортування газу і його очищення в доменній печі 1 споруджують систему газовідводів й очисних пристроїв (рис.1.5).

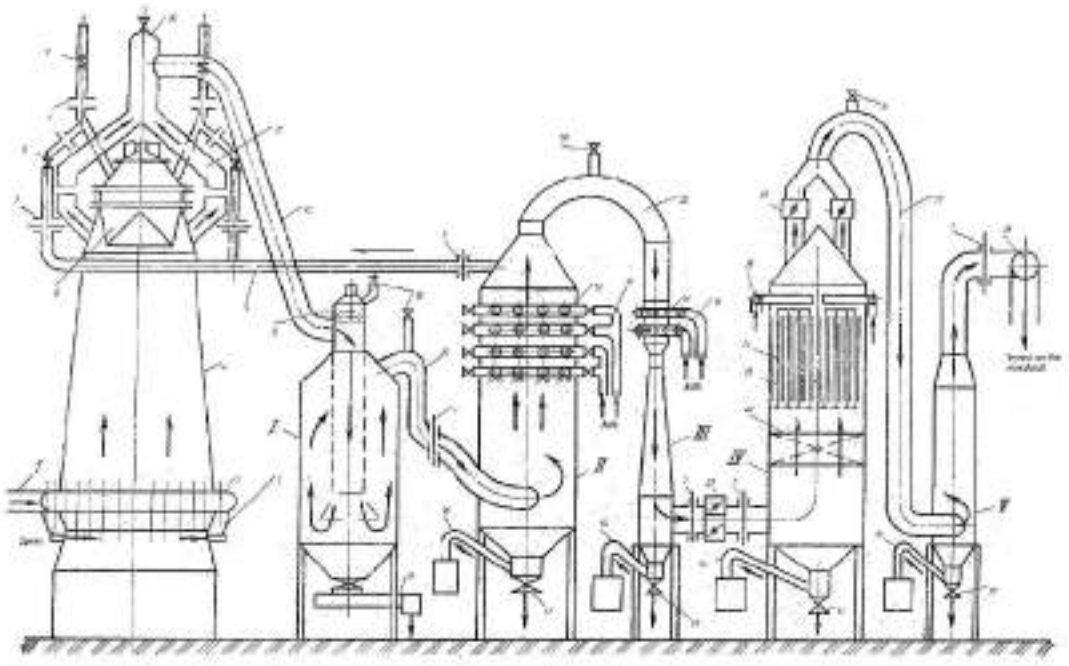


Рисунок 1.4. Схема розташування газоочисних споруд доменної печі

Газ піддають послідовно грубому, напівтонкому й тонкому очищенню. Гаряче дуття по повітропроводу 1 подається в кільцевий повітропровід 2 і через фурми 3 у доменну піч 4. З межконусного простору 6 завантажувального

пристрою брудний доменний газ через зрівняльний клапан малого конуса 9 випускають в атмосферу. Для вирівнювання тиску у межконусному просторі з тиском у доменній печі по газопроводу 5 подається напівчистий газ через зрівняльний клапан великого конуса 8 зі скрубера високого тиску 11.

З доменної печі 4 по газопроводах печі11 і газопроводу 12 брудний газ подається в пиловловлювач 1. Після грубого очищення по газопроводу 15 газ подається в скрубер11, потім по газопроводу 20 у трубу - розпилювач 111 і через дросельну групу 21 в електрофільтр 1V, що має газорозподільні грати 22, коронируючи електроди 23, осаджувальні електроди 24, сопла 25 для подачі води й дроселі 26. По трубопроводу 27 газ надходить у водовідделитель V для видалення краплинної вологи, з якого чистий газ надходить у колектор 28 і потім у газову мережу заводу (до споживачів).

У системі газоочистки встановлені засувки (відсічні пристрої) 7 й атмосферні клапани 10. Для збирання мокрого пилу й шламу, що осідають у газоочистних пристроях, передбачені затвори 17, а для відводу брудної води водовідводи 16.

1.4 Недоліки роботи обладнання доменного цеху та напрямки їх усунення

Одним з конструктивним недоліком обладнання доменного цеху є завантажувальний пристрій доменної печі. Монтаж конусів завантажувального пристрою дуже кропітка робота. Конуси дуже складно відбалансувати і забезпечити прилягання конуса до його чаші.

Радикальним рішенням проблеми істотного підвищення стійкості й розширення технологічних можливостей агрегатів завантаження печей є облаштування печей безконусними завантажувальними пристроями. При цьому газо-ущільнювальні елементи можуть виконувати у вигляді тарілчастих клапанів порівняно невеликого діаметра більш простих і зручних у виготовленні, монтажі й ремонті, ніж конусні затвори; повністю виключається контактування з потоком шихти шляхом встановлення над ними шихтових затворів.

У сполученні з більш сприятливими температурними умовами все це сприяє підвищенню герметичності й стійкості клапанів. Завдяки невеликим поперечним розмірам клапанів і затворів, шлюзування шихти можна здійснювати в декількох паралельно розташованих герметичних бункерах, що підвищує пропускну здатність пристрою й створює резервування клапанів - саме тих механізмів, стійкість яких, у першу чергу, могла б лімітувати їхній міжремонтний термін служби.

Можливість вибіркового завантаження дозволяє роздільно подавати в піч компоненти шихти. Завдяки цьому, обсяг бункерів шихтових трактів може бути істотно менше, ніж обсяг міжконусного простору в традиційному пристрої, що зокрема, скорочує кількість доменного газу, що викидається в атмосферу.

Також «вузьким місцем» у розливанні чавуну є наявність поворотних воронок. Недоліком цієї конструкції є розбризкування чавуну при перетинанні струменя стінкою воронки, що повертається. Даний недолік усувається установкою хитних воронок.

Оцінка будь-якого виробництва здійснюється з обліку витрат на виробництво й втрат. Зменшення втрат чавуну при випуску з доменної печі можна досягти застосуванням гідрофікованого устаткування.

Застосування головних воронок за рахунок поліпшення поділу чавуну й шлаків у ньому дозволяє знизити втрати чавуну зі шлаками до 0,1 - 0,2 %.

Укриття головних і транспортних воронок кришками забезпечить у першу чергу зниження втрати температури чавуну перед зливом у міксер на 10...20оС, що дозволяє при виробництві стали знизити витрату природного газу на 2 м3/т і питому витрату чавуну на 5 кг. Безпека роботи горнових виключає вплив світлового випромінювання.

Удосконаленню конструкції також підлягає машина для закриття чавунної льотки. Наявні в конструкції великої кількості шарнірних механізмів призводять до складності у позиціонуванні машини.

Для усунення вищеозначених недоліків у наступних розділах проведені відповідні розрахунки та запропоновано шляхи їх усунення..

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Огляд конструкції машини закриття чавунної льотки

При звичайному компонуванні ливарного двору доменної печі всі механізми, що обслуговують піч являють собою окремі агрегати й механізми спроектовані під виконання певного завдання. При проектуванні й реконструкції доменної печі № 3 ПАТ «Запоріжсталь» було ухвалене рішення щодо установки гідрокомплексу. У результаті комбінат уперше в Україні встановив і запустив в експлуатацію комплекс гідрофікованого устаткування ливарного двору.

До одних з основних машин ливарного двору є машина закриття чавунної льотки (рис. 2.1) , що складається з наступних механізмів: механізм повороту, механізм прижиму, механізм пресування.

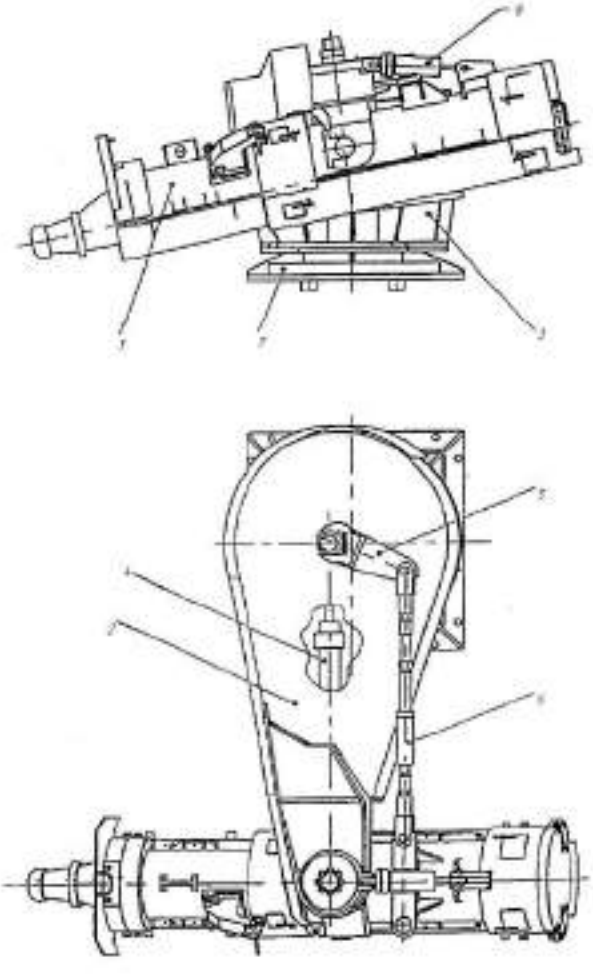


Рисунок 2.1. Схема машини закриття чавунної льотки

Механізм повороту (рис.2.2) має нерухому колону 2, встановлену на фундаменті 1, на яку через підшипники спирається поворотна колона 3 з консоллю для підвіски лафета. Колона 3 повертається на 180^0 електродвигуном 5 через черв'ячно-циліндричний редуктор з вбудованою муфтою граничного моменту. Від черв'яка 6 обертання передається до черв'ячного вінця 7, на якому укріплені провідні диски фрикційної муфти .Ведені диски закріплені на спупиці черв'ячного колеса, закріпленому на одному валу з шестернею 8. Диски притискаються пружиною 4. Шестерня 8 обкатує нерухоме колесо 9, закріплене на колоні 2. І повертається редуктор разом з колоною і лафетом на кут, обмежений кінцевим вимикачем 10.

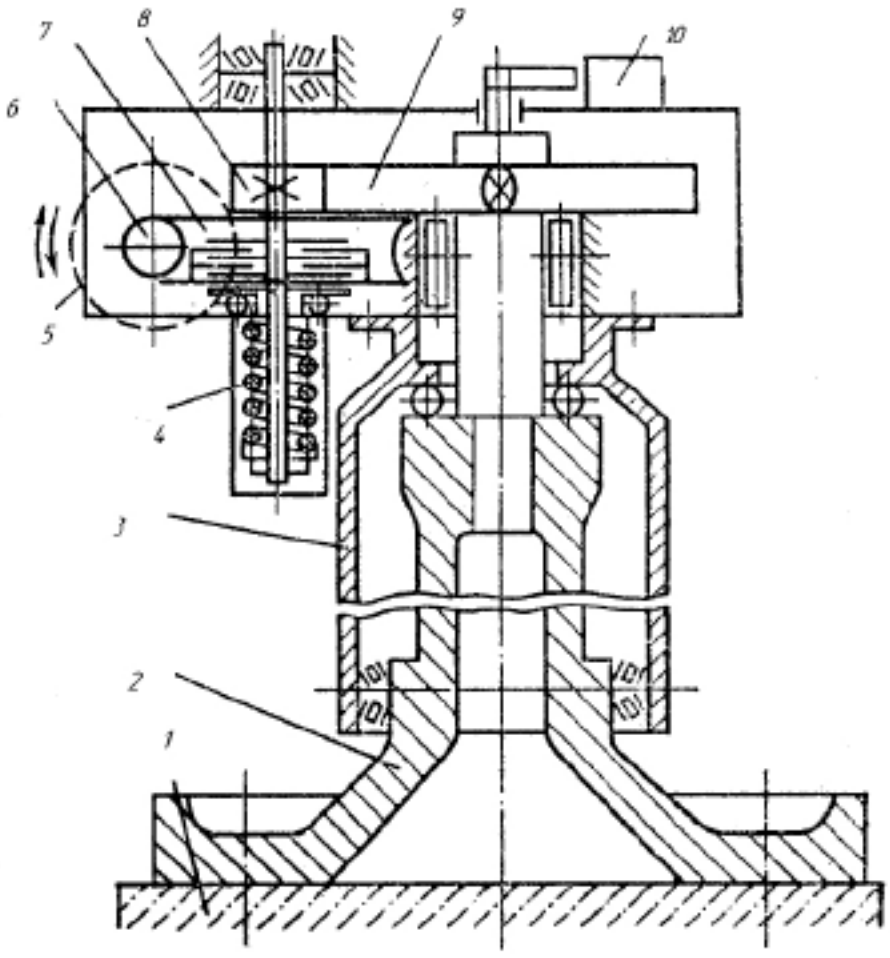


Рисунок 2.2. Схема механізму повороту

Механізм притиску гармати (рис.2.3) встановлюють на лафеті 28, який жорстко прикріплений болтом 23 до консолі поворотної колони. На щіковинах

лафета з кожного боку є два фігурних пази 19, по яких переміщаються ролики 18 візки 15.До візку за допомогою шарніра 17 і гвинтової стяжки 16 підвішений механізм видавлювання льоточної маси. Фігурні пази забезпечують зменшення кута нахилу циліндра механізму видавлювання маси при відведенні візка у крайнє ліве положення, що потрібно для виведення гармати з жолоба і зручності заповнення циліндра льоточною масою. При переміщенні візка у крайнє праве положення механізм видавлювання маси нахиляється приблизно на кут 17^{o}, вводиться в головний жолоб і притискує носок циліндра до льотки.

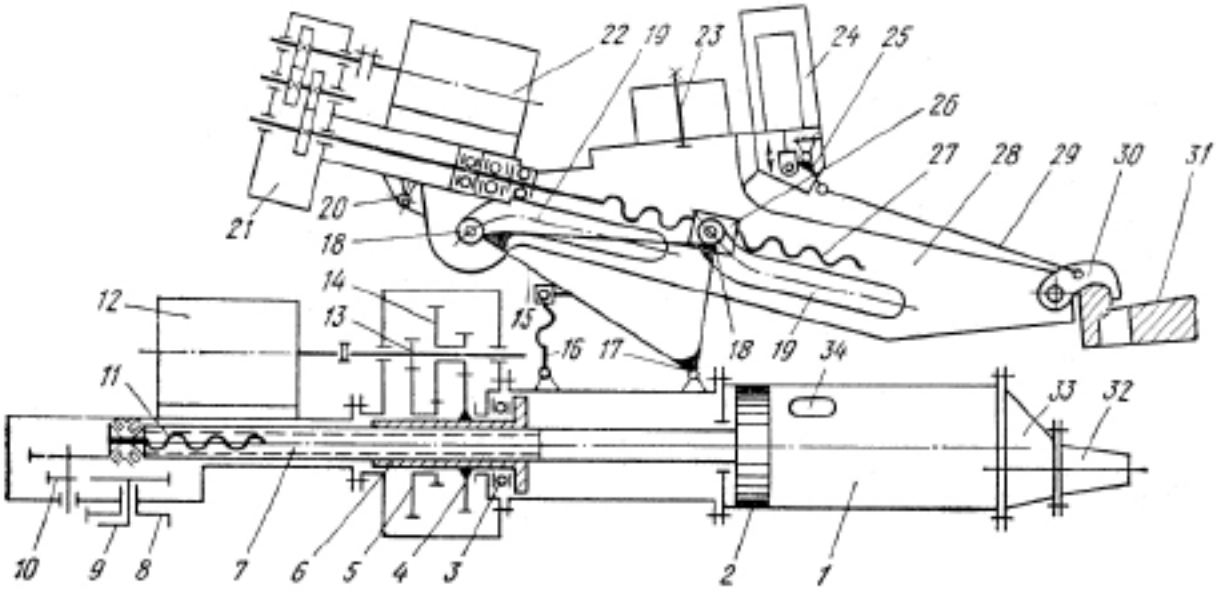


Рисунок 2.3. Схема механізму притиску та пресування

Візок переміщається електродвигуном 22 через двоступінчастий циліндричний вертикальний редуктор 21 і гвинтову пару 26 і 27, гайка якої 26 з'єднана з правою віссю роликів візка 15.Корпус механізму, на якому змонтовані двигун, редуктор і гвинт, шарнірно спирається через підшипник 20 на лафет і через гайку 26 - на візок 15. Електродвигун з'єднаний з редуктором за допомогою муфти граничного моменту.

Механізм виштовхування льоточної маси (рис.2.3) забезпечує поступальне переміщення гвинта 7 і пов'язаного з ним поршня 2 від електродвигуна 12 через триступеневий редуктор і гвинтову пару 6 і 7. Поршень виштовхує масу з

циліндра 1 через перехідний патрубок 33 і носок 32 в льотковий канал. Привідна вал-шестерня 13 входить в зачеплення із зубчастим колесом 5, встановленим за допомогою підшипника на валу-гайці 6. Зубчасте колесо 5 входить у зачеплення з шестернею 14, також вільно встановленої на підшипнику на валу .Шестірня 14 перебуває в зачепленні з колесом 4, жорстко укріпленому на валу-гайці 6. Вал-гайка спирається через два підшипники на корпус редуктора. Упорний підшипник 3 сприймає осьове зусилля гвинта. При обертанні гайки гвинту і пов'язаному з ним поршню 2 повідомляється поступальний рух. Поворот гвинта і поршня виключають установкою шпонок, які встановлюють всередині захисного кожуха гвинта. Для оберігання нарізки гвинта від забруднення при виштовхуванні льоткової маси є телескопічний захисний пристрій.

Зарядку робочого циліндра 1 масою здійснюють, як правило, вручну з торця при відведеному у бік перехідному патрубку 33 із носком 32.Після заповнення циліндра масою до нього прикріплюють клинами перехідний патрубок. Включенням механізму виштовхування ущільнюють льоткову масу і заповнюють повністю перехідний патрубок і носок гармати. Після цього поршень відводять у вихідне положення й у звільнений в циліндрі простір додають льоткову масу через люки 34.

Для спостереження за становищем поршня передбачений спеціальний циферблат 8, покажчик-стрілка 9 якого через двоступінчастий редуктор 10 і багатоходову гвинтову передачу 11 пов'язана з гвинтом 7.

При виштовхуванні маси в типових гарматах реактивне зусилля за допомогою захоплення 30, що заходить за скобу 31, передається на кожух печі або спеціальну балку, на якій укріплена скоба. Це розвантажує механізми повороту і притиску гармати від реактивного зусилля. Перед відведенням гармати електромагніт 24 за допомогою двоплечого важеля 25 і тяги 29 піднімає захоплення.

2.2. Опис проекту модернізації

Для закриття льотки заповнений льотковою масою циліндр механізмом повороту встановлюють над головним жолобом, а засувка лафета захоплює скобу, після чого механізм притиску пересуває візок, нахиляє механізм виштовхування маси і притискує носок циліндра до футляра льотки, а потім цим механізмом маса виштовхується у льотку.

Застосування гідравлічного механізму пресування має ряд переваг:

малі габарити машини дозволяють розмістити машини розкриття й закриття по одну сторону воронки;

після 2-х років експлуатації на доменній печі № 3 ПАТ «Запоріжсталь», зношування внутрішньої поверхні циліндра для льоточної маси не спостерігається, за даними фірми «Мі-Фі-Бу» стійкість циліндра 8 років;

зусилля на штоку гідроциліндра 2400 кн й 125кн в електромеханічних машин. Це особливо важливо при застосуванні високоміцних льоточних мас; при необхідності ці параметри в гідравлічної машини можуть бути збільшені;

машина не має механізму притиску (притиск й утримання здійснюється механізмом повороту) чим звільняється простір у районі льотки, стає непотрібної водоохолоджуєма балка із зачепом для гака механізму притиску.

Проблемні місця гідрофікованого механізму для подачі глини.

Трирічна експлуатація гідрогармати на доменній печі № 3 металургійного комбінату ПАТ «Запоріжсталь» виявив ряд недоліків.

Спочатку вийшли з ладу манжети щабля пресування, це відбулося з тієї причини, що гумовотехнічні вироби були встановлені без полівінілових кілець. Під час усунення даного дефекту виявилося, що механізм стрілок має недостатню твердість стяжної шпильки й погану ремонтопридатність. З метою усунення даного недоліку була змінена конструкція механізму шляхом заміни стяжної шпильки на сполучну тягу. Це дозволило показувати положення поршня незалежно від витрати. Після першого капітального ремонту (весна 2003 р)., при розбиранні гармати виявилося, що підтримуючий диск деформувалося. Це

привело до появи подряпин на щаблі пресування зношування робочого циліндра 4мм.

В процесі експлуатації виявлено недоліки в роботі механізму пресування, а саме вийшли з ладу манжети щабля пресування. Це відбулося з тієї причини, що гумовотехнічні вироби були встановлені без полівінілових кілець. Під час усунення даного дефекту виявилося, що механізм має недостатню жорсткість стяжної шпильки й погану ремонтопридатність. З метою усунення цього недоліку пропонується змінена конструкції механізму шляхом заміни стяжної шпильки на сполучну тягу. Наступним недоліком в роботі вихід з ладу підшипників механізму повороту консолі. Для зміни підшипників необхідно демонтувати тягу, вагою 850кг. Складна та технічно недосконала конструкція важеля не дозволяє швидко зробити заміну підшипника. З метою поліпшення ремонтопридатності й одержання можливості швидкого доступу до підшипників пропонується змінити конструкцію нижнього вушка тяги.

2.3 Розрахунок механізму пресування машини закриття чавунної льотки

Вихідні дані.

$F = 3800$ кН – зусилля на поршні, робоче;

$P = 16$ МПа– тиск глини на поршень;

$t = 90$ с – час руху поршня, при подачі глини;

$P_p = 19$ МПа – тиск робочої рідини;

$v = 0{,}16$ м/з – швидкість виходу глини з носка;

$d = 0{,}15$ м – діаметр носка;

$V = 0{,}3$ м^3 – корисний обсяг.

Величина тиску залежить від стану льотки після випуску й властивостей льоточної маси. По мірі просування маси у льотці зростає q_0.

Дослідження свідчать, що за низької вологості льоточної маси цей тиск на початку буває 0,3-0,5 Мн/м^2, а до закінчення забивки зростає до 1,2-1,5 Мн/м^2.

Швидкість виходу льоточної маси з носка у добре працюючих гармат складає 0,35-0,5 м/сек. При великих швидкостях збільшується расход льоточної маси, тоді як вона може потрапляти до горну. На малих швидкостях значно зростає опір та може вийти коротка льотка.

Розглянемо рух льоточної маси на конічній ділянці. Схема сил, діючих на елемент dx (рис.2.4).

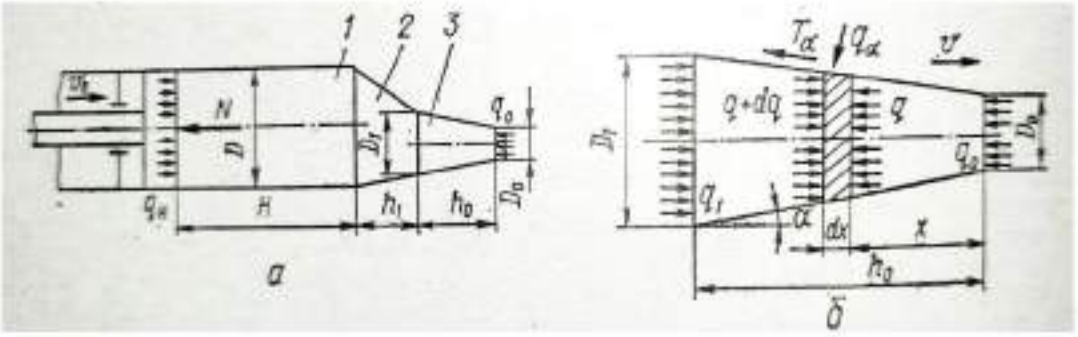


Рисунок 2.4. Розрахункова схема

Де q_α . T_α – тиск та сила тертя між стінками гармати й льоточної маси у перетині х.

Потужність рухомих сил (q+ dq) витрачається на подолання корисних (q) і шкідливих (T_α) опорів, тобто:

$$(q+dq)\cdot(F+dF)\cdot(v-dv)-qFv-T_\alpha\frac{dF}{\sin\alpha}\cdot\frac{v}{\cos\alpha}=0$$

У цьому рівнянні: F – площа конусу у перетині х; F+dF – площа конусу у перетині х+dx; v – швидкість льоточної маси у перетині х; v-dv – швидкість у перетині х+dx; $\frac{v}{\cos\alpha}$ - швидкість ковзання маси по стінці конусу.

$$T_\alpha=\mu\cdot q_\alpha,$$

де μ - коефіцієнт тертя льоточної маси по стінці.

$$q_\alpha=q\left(k\cdot\cos^2\alpha+\sin^2\alpha\right),$$

де k – коефіцієнт стороннього тиску; α – кут нахилу утворюючей конусу.

Зневажаючи величинами другого порядку малості, з рівняння потужності отримаємо:

$$F \cdot d \cdot q + q \cdot d \cdot F - q \cdot F \frac{d \cdot v}{v} - \frac{2\mu\left(\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\right)}{\sin 2\alpha} \cdot q \cdot d \cdot F = 0$$

З умови нерозривності маси

$$\frac{d \cdot F}{F} = \frac{d \cdot v}{v}.$$

При цьому

$$\int_{q_0}^{q_1} \frac{d \cdot q}{q} = \frac{2\mu\left(k \cdot \cos^2\alpha + \sin^2\alpha\right)}{\sin 2\alpha} \int_{F_0}^{F_1} \frac{d \cdot F}{F},$$

Звідки

$$q_1 = q_0 \left(\frac{D_1}{D_0}\right)^A.$$

У цій формулі

$$A = \frac{4 \cdot f\left(k \cdot \cos^2\alpha + \sin^2\alpha\right)}{\sin 2\alpha}.$$

Якщо врахувати потужність, що витрачається на внутрішнє тертя, завдання значно ускладнюється. З низкою припущень остаточне вираз для q_1 буде таким же, але

$$A = \frac{2\mu\left(tg^2\alpha + k\right)}{tg\alpha} \cdot a_1 + 4 \cdot \Psi \cdot a_2,$$

де Ψ - коефіцієнт опору льоткової маси зрушенню; a_1, a_2 – коефіцієнти, що залежать від α,k,μ,ψ.

Схема сил, діючих на елемент dx при русі льоткових мас в циліндрі. У цьому випадку елемент dx у процесі руху практично не деформується та рівняння його рівноваги може бути записано наступнич чином:

$$(q + d \cdot q)F - q \cdot F - T \cdot L \cdot dx = 0,$$

де L – периметр циліндру.

В данному випадку $T = k \cdot q \cdot \mu$. Отже

$$\int_{q_0}^{q_1} \frac{dq}{q} = \frac{4 \cdot \mu \cdot k}{D} \int_0^H dx.$$

Після інтегрування

$$q_1 = q_0 \cdot e^{\frac{4\mu \cdot k \cdot H}{D}}.$$

Розрахунки та дослідження показують, що втрати потужності при русі льоткових мас в гарматі дуже великі, особливо в перехідному патрубку, що має великий кут нахилу утворюючої. Втрати зменшуються, якщо кути нахилу утворюючих перехідного патрубка і носка зробити однаковими. При цьому

$$q_n = q_0 \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^A \cdot e^{\frac{4 \cdot \mu \cdot k \cdot H}{D}}.$$

У формулах для визначення тиску поршня на льоткову масу (q_n) фігурують величини, що характеризують властивості цієї маси (k,f ,ψ). Досліди, проведені на лабораторній установці, дозволили отримати значення цих величин в залежності від складу льоткової маси і представити отримані результати у вигляді емпіричних формул:

$$k = 10^{-2} \cdot 1.65 \cdot 2.72^{x_1} \cdot 7.39^{x_2} \cdot 148^{(x_3 + x_4)},$$

$$f = 10^{-4} \cdot 3.2 \cdot 8120^{x_1} 1480^{x_2} \cdot 134^{x_2} \cdot 0.027^{x_4},$$

$$\Psi = 2.01^{x_1} \cdot 1.28^{x_2} \cdot 0.09^{x_3} \cdot 0.004^{x_4}.$$

У цих формулах x_1, x_2, x_3 - вміст у льотковій масі відповідно коксу, піску та глини, в долях одиниці; x_4 - вміст вологи на одиницю сухої шихти.

До складу лоткової маси входить:

Кокс – 50-75% (приймаємо 0,6)

Глина – 20-32% (приймаємо 0,25)

Пісок – 10-20% (приймаємо 0,15).

Розраховуємо тиск поршню на льоткову масу наступним чином:

$$q_n = q_0\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^A \cdot e^{\frac{4\cdot\mu\cdot k\cdot H}{D}}.$$

Вираховуємо величини k,f

$$k = 10^{-2}\cdot 1.65\cdot 2.72^{0,6}\cdot 7.39^{0,15}\cdot 148^{(0,2+0,25)} = 0,38$$

$$f = 10^{-4}\cdot 3.2\cdot 8120^{0.6}\cdot 1480^{0.15}\cdot 134^{0.25}\cdot 0.027^{0.2} = 0.35$$

Визначаємо величину параметру А

$$A = \frac{4\cdot f\left(k\cdot\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\right)}{\sin 2\alpha} = \frac{4\cdot 0,35\left(0,38\cdot\cos^2 13^0 + \sin^2 13^0\right)}{\sin 2\cdot 13^0} = 0,89.$$

Розраховуємо тиск поршню на льоткову масу на початку й у кінці забиття льотки наступним чином

$$q_{n(0,5)} = q_0\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^A \cdot e^{\frac{4\cdot f\cdot k\cdot H}{D}} = 0,5\left(\frac{0,2}{0,05}\right)^{0,89} \cdot e^{\frac{4\cdot 0.35\cdot 0.38\cdot 1.26}{0.2}} = 5,21 \text{ МПа}$$

$$q_{n(1,5)} = q_0\left(\frac{D_1}{D_0}\right)^A \cdot e^{\frac{4\cdot f\cdot k\cdot H}{D}} = 1,5\left(\frac{0,2}{0,05}\right)^{0,89} \cdot e^{\frac{4\cdot 0.35\cdot 0.38\cdot 1.26}{0.2}} = 15,63 \text{ МПа}.$$

Приймаємо тиск поршню 16 МПа.

Визначаємо діаметр поршня. Методика [2].

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P_p\cdot\eta}}, \qquad (2.1)$$

де $F = 3,8\cdot 10^6$ МН – зусилля на штоку;

$P_p = 16$ МПа – тиск;

$\eta = 0,95$ – ККД циліндра.

Підставивши числові значення в (2.1), одержимо

$$D = \sqrt{\frac{4\cdot 3,8\cdot 106}{3,14\cdot 16\cdot 10^6\cdot 0,95}} = 0,546 \text{ м}.$$

Приймаємо для подальших розрахунків $D = 0{,}55$ м

Хід поршня

$$L = \frac{4V}{\pi D^2}, \tag{2.2}$$

де $V = 0{,}3$ м^3 – корисний обсяг.

Підставивши числові значення в (2.2) одержимо

$$L = \frac{4 \cdot 0{,}3}{3{,}14 \cdot 0{,}55^2} = 1{,}260 \text{ м}.$$

Діаметр гідроциліндра [2, с. 47 (2.14)]

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P_p \cdot \eta}}, \tag{2.3}$$

де $\eta = 0{,}95$ – КПД [2,с. 47];

$P_p = 22$ МПа – тиск робочої рідини.

Підставивши числові значення в (2.3), одержимо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3{,}8 \cdot 10^6}{3{,}14 \cdot 22 \cdot 10^6 \cdot 0{,}9}} \approx 0{,}44 \text{ м}.$$

Приймаємо $D = 445$ мм

Витрата масла Q для забезпечення заданої швидкості штока л/хв [2, с. 17 (1.16)]

$$Q = S \cdot v, \tag{2.4}$$

де $v = 0{,}84$ – швидкість пересування циліндра;

$$v = \frac{L}{t} = \frac{1{,}26}{1{,}5} = 0{,}84 \text{ м/хв}$$

S – корисна площа плунжера;

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}44^2}{4} = 0{,}152 \text{ м}^2$$

Підставивши числові значення у формулу (2.4), одержимо

$$Q = 0{,}152 \cdot 0{,}84 = 0{,}128 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Діаметр отвору, що підводить, [2, с. 17 (1.16)]

$$d_0 = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi v_0}} \qquad (2.5)$$

де $v_0 = 6$ м/с – швидкість руху масла [2, с. 18];

$$d_0 = 2\sqrt{\frac{0{,}128}{3{,}14 \cdot 6}} = 0{,}016 \text{ м} = 16 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр штока [2, с. 46 (2.13)]

$$d = k \cdot D = 0{,}71 \cdot 450 = 319{,}5 \text{ мм} \qquad (2.6)$$

Приймаємо $d = 320$ мм

Міцність на граничний вигин

$$\sigma = \frac{F_\phi \cdot 1{,}25}{S \cdot 10^3} \le [\sigma] \qquad (2.7)$$

де $S = 0{,}08$ м^2 – площа небезпечного переріза штока;

$F_\phi = 3{,}8$ МН – робоче зусилля на штоку;

$[\sigma]=120$МПа - границя міцності для сталі У8А.

Підставивши числові значення одержимо

$$\sigma=\frac{3,8\cdot10^3\cdot1,25}{0,08\cdot10^3}=61,7<120\ \text{МПа}$$

Міцність достатня.

2.4 Розрахунок механізму повороту

Механізм повороту являє собою важільний механізм із гідравлічним приводом (рис 2.5). Механізм повороту повинен розгорнути консоль із гідрогарматою з гаражного положення в робоче, тобто на 130°, і забезпечити втримання гармати при забиванні чавунної льотки.

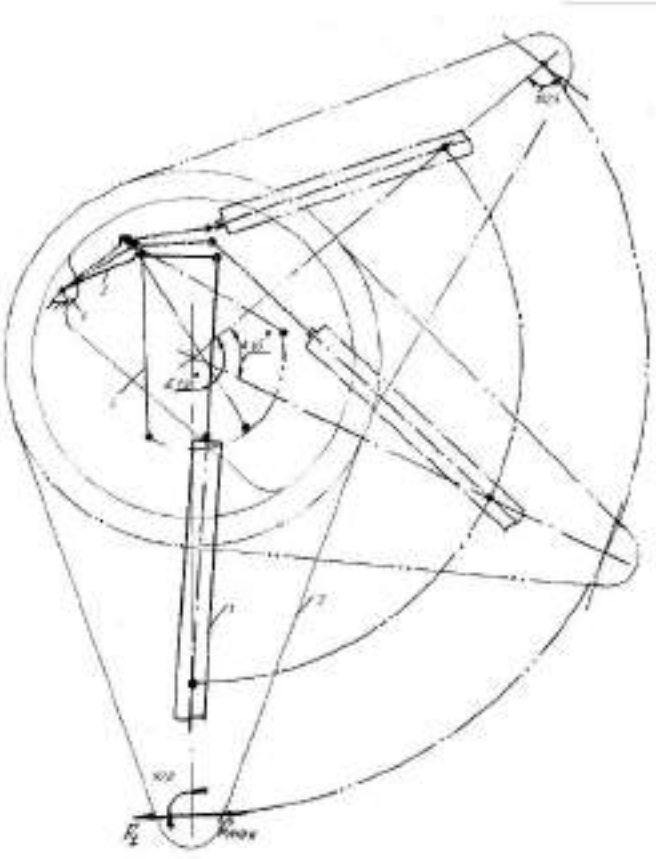


Рисунок 2.5. Розрахункова схема механізму повороту

Перевірочний розрахунок гідроциліндра й важільного механізму необхідно зробити для робочого положення моменту забивання льотки.

Зусилля створюване при виході льоточної маси, з умови нерозривності потоку

$$\frac{F_1}{S_1}=\frac{F_2}{S_2}\Rightarrow F_2=\frac{F_1\cdot d^2}{D^2} \qquad (2.8)$$

де F_1 – зусилля яке створює поршень [2, с. 47 (2.16)]

F_2 – зусилля на виході

$$F_1=P_p\cdot S_1\cdot\eta$$

де S_1 – корисна площа поршня, м²

S_2 – загальна площа поршня,м².

$$S=\frac{\pi\cdot D^2}{4}$$

$\eta=0{,}9$ – КПД [с. 47]

підставивши значення у формулу (2.8), одержимо:

$$F_{\max}=\frac{P\cdot\eta\cdot\pi\cdot D^2\cdot d^2}{4\cdot D^2}=\frac{P\cdot\eta\cdot\pi\cdot d^2}{4}=\frac{16\cdot 0{,}9\cdot 3{,}14\cdot 0{,}15^2\cdot 10^6}{4}=190{,}7\ \text{кН}$$

Сумарний поворотний момент:

$$\sum M_{\text{пов}}=F_2\cdot l\cdot\cos a, \qquad (2.9)$$

де l – плече; відстань від осі колони до осі кріплення пушки

$l=3{,}15$ м;

$\cos a=0{,}9986$ – кут відхилення від перпендикуляра (рис. 2.9)

Підставивши дані у формулу (2.9), одержимо:

$$M_{\text{пов}}=190{,}7\cdot 3{,}15\cdot 0{,}9986\approx 600\,\text{кН}\cdot\text{м}$$

На рисунку 2.6 показана розрахункова схема важільного механізму для робочого положення. Для розрахунку необхідно розірвати зв'язку (рис. 2.7)

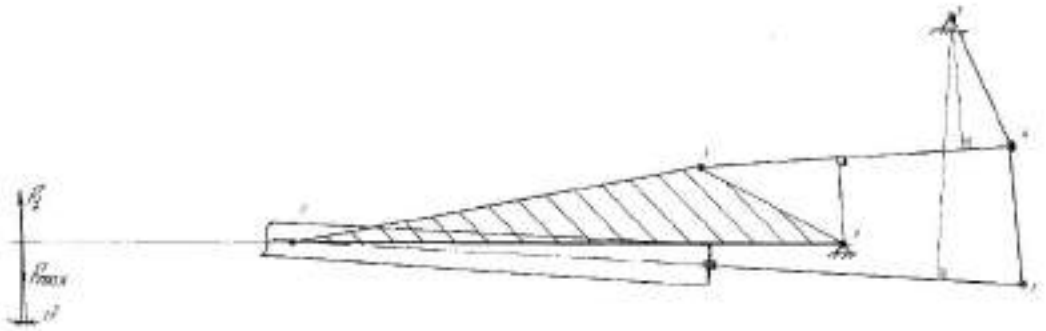


Рисунок 2.6. План швидкостей важільного механізму

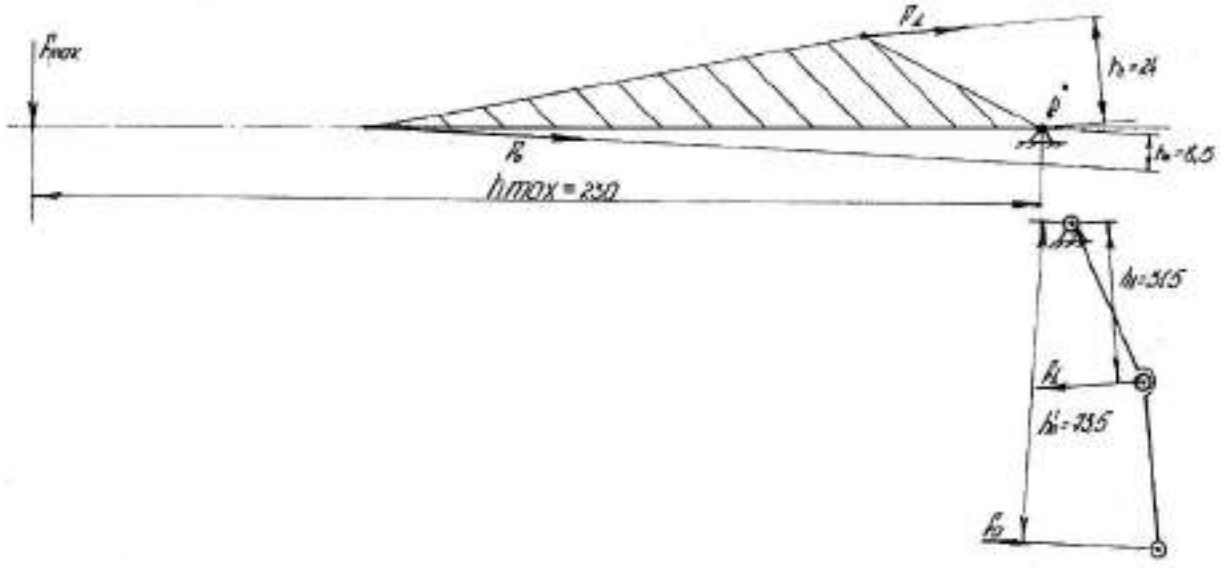


Рисунок 2.7. Схема до розрахунку важільного механізму

Визначаємо сумарний при виході льоточної маси $\sum M_0$

$$\sum M_0 \Rightarrow F_{max} \cdot h_{max} + F_0 \cdot h_0 - F_1 \cdot h_1 = 0$$

де – F_{max} – максимальне зусилля на виході льоточної маси,

h_{max} – максимальна довжина важіля,

F_0 – номінальне зусилля важіля,

h_0 – номінальна довжина важіля,

F_1 – зусилля, яке створює поршень,

h_1 – довжина дії важіля на поршень.

$$F_1 = F_0 \frac{h_0'}{h_1'}$$

$$F_{\max} \cdot h_{\max} + F_0 \cdot h_0 - F_0 \frac{h_0'}{h_1'} \cdot h_1 = 0 \qquad (2.10)$$

$$F_0 = F_{\max} \frac{h_{\max}}{\frac{h_0}{h_1'} \cdot h_1 - h_0} = F_{\max} \frac{230}{\frac{73,5}{36,5} \cdot 24 - 8,5} = 5,774 F_{\max}$$

Визначаємо діаметр поршня гідроприводу механізму повороту консолі [2, с. 472, 14]

$$D_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi P_p \cdot \eta}} \qquad (2.11)$$

де F – зусилля на штоку, МН;

$F = 5,744 F_{\max}$ з формули (2.10);

$\eta = 0,95$ – КПД циліндра [2, с. 47];

$P_p = 22$ мПа – робочий тиск.

Підставивши числові значення у формулу (2.11), одержимо

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,774 \cdot 190,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 22 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 0,25 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр поршня $D = 250$ мм

Витрата масла для забезпечення заданої швидкості штока [2, с. 47 (2.18)]

$$Q_1 = S_1 \cdot v_1 \qquad (2.12)$$

де S_1 – корисна площа поршня, м^2;

$$S_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}25^2}{4} = 0{,}049 \text{ м}^3/\text{хв};$$

v_1 – швидкість пересування м/хв;

$$v_1 = \frac{L_1}{t_1} = \frac{0{,}85}{0{,}366} = 2{,}318 \text{ м/хв};$$

Підставивши числові значення у формулу (2.12), одержимо:

$$Q_1 = 0{,}049 \cdot 2{,}318 = 0{,}113 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Діаметр отвору, що підводить, [2, с. 17 (1.16)]

$$d_{0_1} = 2\sqrt{\frac{Q_1}{\pi v_0}} \qquad (2.13)$$

Підставивши дані в (2.13), одержимо:

$$d_{0_1} = 2\sqrt{\frac{0{,}113}{3{,}14 \cdot 6}} = 0{,}015 \text{ м} = 15 \text{ мм}$$

Приймаючи для подальших розрахунків $d_{0_1} = 25$ мм.

Зовнішній діаметр штока:

$$d_1 = k \cdot D_1 = 0{,}7 \cdot 250 = 175 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_1 = 180$ мм

Перевірочний розрахунок штока на граничний вигин

$$\sigma_1 = \frac{F_0 \cdot 1{,}25}{S \cdot 10^3} \le [\sigma], \qquad (2.14)$$

де $[\sigma] = 120$МПа - границя міцності для сталі У8А.

Підставивши числові значення в (2.14), одержимо:

$$\sigma_1 = \frac{5{,}774 \cdot 190{,}7 \cdot 1{,}25 \cdot 10^3 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}18^2}{4 \cdot 10^3} = 35 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}.$$

Вибір насоса

Виходячи з розрахунків витрата $Q = 0{,}128$ м³/хв $= 128$ л/хв вибираємо насос 50HPP125M

Параметри силових гідроциліндрів наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Параметри силових гідроциліндрів

Тип циліндра	Внутрішній діаметр, D_0 мм	Діаметр штока, d_0 мм	Витрата масла, Q л/хв	Діаметр отвору, що підводить, d_0 мм	Фактичне зусилля, F_ϕ кН
Силовий	450	320	180	25	3800
Силовий поворотний	250	180	71	25	1106

2.5 Розрахунок елементів на міцність

Для розрахунку пальців на міцність беремо момент заклинювання підшипника на колоні, а гідропривід продовжує працювати на поворот у робоче положення.

Палець у точці B ø 140 мм (рис. 2.8). Сталь 40Х $\sigma_b = 570$ МПа.

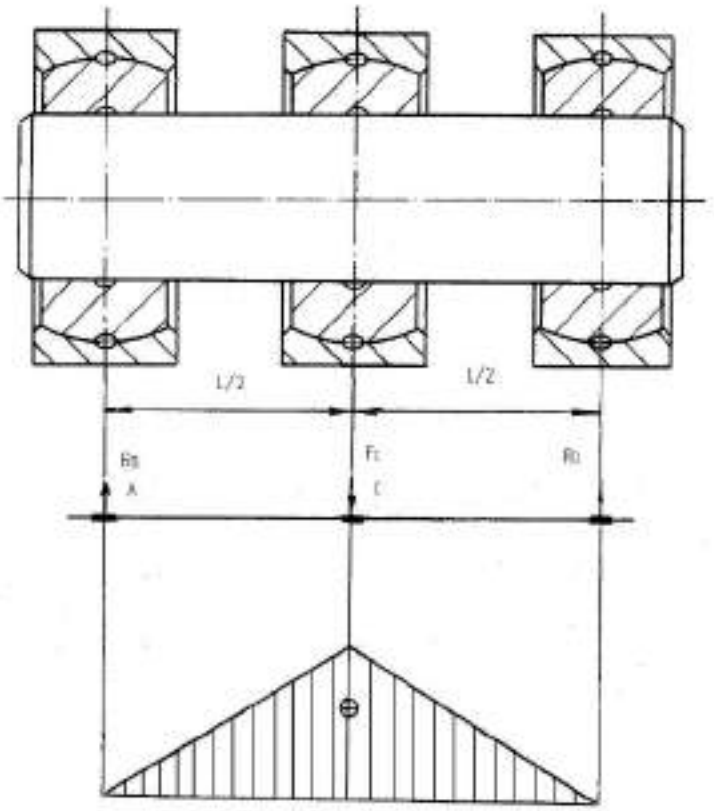


Рисунок 2.8. Розрахункова схема

Допустимий запас міцності $[\sigma_b] \geq \sigma_b \geq 1{,}1$

$$X_A = X_B = \frac{F_B}{2} = \frac{4436{,}2}{2} = 2218{,}1 \text{ кН}. \qquad (2.15)$$

Будуємо епюру згинальних моментів:

$$M_{ux} = X_A \cdot l = 2218{,}1 \cdot 0{,}183 = 405{,}9 \text{ кНм}. \qquad (2.16)$$

Визначаємо напруги вигину:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \le [\sigma_u], \qquad (2,17)$$

де $M_u = 405,9$ кНм – згинальний момент;

W_x – момент опору перетину;

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3.$$

Підставивши числові значення в (2.17), одержимо:

$$\sigma_u = \frac{405,9}{0,1d^3} = \frac{405,9 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 0,14^3 \cdot 10^6} = 479\,\text{МПа} \le 570\,\text{МПа}.$$

Запас міцності в небезпечному перерізі:

$$n = \frac{570}{479} = 1,19 \qquad (2.18)$$

Палець у крапці C ø 200 мм малюнок 2.5

$$X_A = X_B = \frac{F_c}{2} = \frac{8651}{2} = 4325,5 \text{ кН} \qquad (2.19)$$

Будуємо епору згинальних моментів

$$M_u = X_A \cdot l = 4325,5 \cdot 0,183 = 719,5 \text{ кНм}$$

Визначаємо напругу вигину

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \le [\sigma_u] \qquad (2.20)$$

Підставивши числові значення в (2.20), одержимо

$$\sigma_u = \frac{791500}{0{,}1 \cdot 0{,}2^3 \cdot 10^6} = 507{,}3 \text{ МПа} \le 570 \text{ МПа}$$

Запас міцності

$$n = \frac{570}{507{,}3} = 1{,}12 \text{ МПа} \qquad (2{,}21)$$

Палець у крапці D ø 120 мм (рис.2.8)

$$X_A = X_B = \frac{F_0}{2} = \frac{4436{,}2}{2} = 2218{,}1 \text{ кН} \qquad (2.22)$$

Будуємо епюру згинальних моментів

$$M_{ux} = X_A \cdot l = 2218{,}1 \cdot 0{,}16 = 354{,}9 \text{ кНм} \qquad (2.23)$$

Визначаємо напругу вигину

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \qquad (2.24)$$

Підставивши числові значення в (2.24), одержимо:

$$\sigma_u = \frac{354900}{0{,}1 \cdot 0{,}12^2 \cdot 10^6} = 205{,}14 \text{ МПа} \le 570 \text{ МПа}.$$

Запас міцності:

$$m = \frac{570}{205{,}14} = 2{,}78 \qquad (2.25)$$

Палець у крапці K ø 140 мм, 160 мм (рис.2.8):

$$X_A = X_B = \frac{F_k}{2} = \frac{8651}{2} = 4325{,}5 \text{ кН} \qquad (2.26)$$

Будуємо епюру згинальних моментів (рис.2.8):

$$M_{ux} = X_A \cdot l = 4325{,}5 \cdot 0{,}183 = 719{,}5 \text{ кНм.} \qquad (2.27)$$

Визначаємо напругу вигину:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \qquad (2.28)$$

Підставивши числові значення в (2.28), одержимо:

$$\sigma_u = \frac{791\,500}{0{,}1 \cdot 0{,}14^2 \cdot 10^6} = 403 \text{ МПа} > 570 \text{ МПа}$$

Міцність недостатня, у випадку аварійної ситуації може вийти з ладу палець і підшипник у шарнірі K.

Пропонується збільшити діаметр пальця до наступного ремонтного розміру.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Заходи по технічному обслуговуванню

Сучасний металургійний завод у загальному виді можна представити як сукупність двох виробництв: основного й ремонтного. Основне виробництво характеризується безперервними технологічними процесами, високопродуктивними агрегатами великої одиничної потужності й високим рівнем завантаженості встаткування. При експлуатації техніко-економічні параметри машин і механізмів погіршуються, а отже, зменшується кількість і знижується якість готової продукції. По цьому для збереження високої ефективності металургійних процесів необхідна наявність достатнього розвитку добре організованого ремонтного виробництва.

Однією з найважливіших умов рішення цього завдання є впровадження системи планово-попереджувальних ремонтів, під якими розуміють комплекс організаційних і технічних заходів щодо змісту встаткування в працездатному стані. До таких заходів відносять: розробка прогресивних методів обслуговування, засобів механізації, технології виготовлення й відновлення деталей, методики розрахунку трудомісткості ремонтних операцій й організації технічного обслуговування, креслярського, мастильного й складського господарства.

Технічне обслуговування - це виробничий процес відновлення заданого рівня експлуатаційної надійності устаткування. Підрозділяється на внутрізмінне обслуговування, профілактичний огляд і ремонт

Ціль внутрізмінного обслуговування - попередити аварійні простої агрегатів через неправильну експлуатацію, зношування деталей.

Профілактичний огляд виконують інженерно-технічні працівники: помічник начальника цеху з устаткування не менш одного разу на місяць, механік цеху- два рази на місяць, майстер-механік- не рідше одного разу в тиждень. Ціль оглядів - виявити дефекти й визначити величину зношування.

Ремонт - це процес відновлення визначальних параметрів машини, по яких оцінюють працездатність устаткування. Головною причиною погіршення визначальних параметрів є зношування деталей.

Монтаж устаткування

Гідрофікований комплекс по обслуговуванню ливарного двору доменної печі № 3, експлуатується більше трьох років. При проектуванні ливарного двору й основних його механізмів були враховані недоліки електромеханічних гармат. Це було досягнуто шляхом застосування електромостового крану з консольним візком. Це дозволяє робити демонтаж і монтаж механізму пресування, машини для розкриття льотки й маніпулятора. Використання ринв, що закриваються, дозволило зробити підлогу ливарного двору практично рівною та вертикальною. Це дозволило механізувати процес очищення ринв.

Технологічний процес монтажу являє собою сукупність підготовчих, монтажних і заключних операцій.

Підготовчі роботи необхідно робити перед навантаженням механізму на платформу. У першу чергу необхідно закріпити захисні екрани. Встановити заглушки на вхідні отвори колектора, тому що після ремонту виробляється випробування під тиском, це не дасть мимовільно витікати гідрорідині. Необхідно щільно закрити завантажувальний лючок й отвір носка, щоб уникнути влучення сторонніх предметів у порожнину пресування.

Після випробування й виконання підготовчих робіт заповнюється АКТ прийому здачі встаткування з ремонту.

При навантаженні механізму на залізничну платформу або піввагон необхідно правильно розмістити механізм пресування, таким чином, щоб при проведенні такелажних робіт не довелося розвертати або перекантовувати пушку.

Із цією метою застосовуються підкладки, бажано з дерев'яного бруса перетином 150 мм. Так само необхідно зробити вв'язування механізму розтяжками, для виключення перекидання при транспортуванні.

При знятті механізму пресування необхідне виконання вимог нормативних актів й інструкцій із проведення вантажно-розвантажувальних робіт.

Підготовчі роботи на самому ливарному дворі полягають у звільненні місця провадження робіт, підготовці місця установки. Зробити звірення габаритних розмірів і проміряти посадку під пальці, це повинне полегшити процес монтажу й зменшити час його проведення.

Безпосередньо перед монтажем необхідно погодити трубопроводи, що підводять, при цьому попередньо встановивши заглушки й відключивши подачу масла.

3.2 Технологія ремонту механізму пресування

Перед розбиранням пушки (рис.3.1) необхідно демонтувати захисні екрани 11, після чого необхідно встановити механізм на стенд.

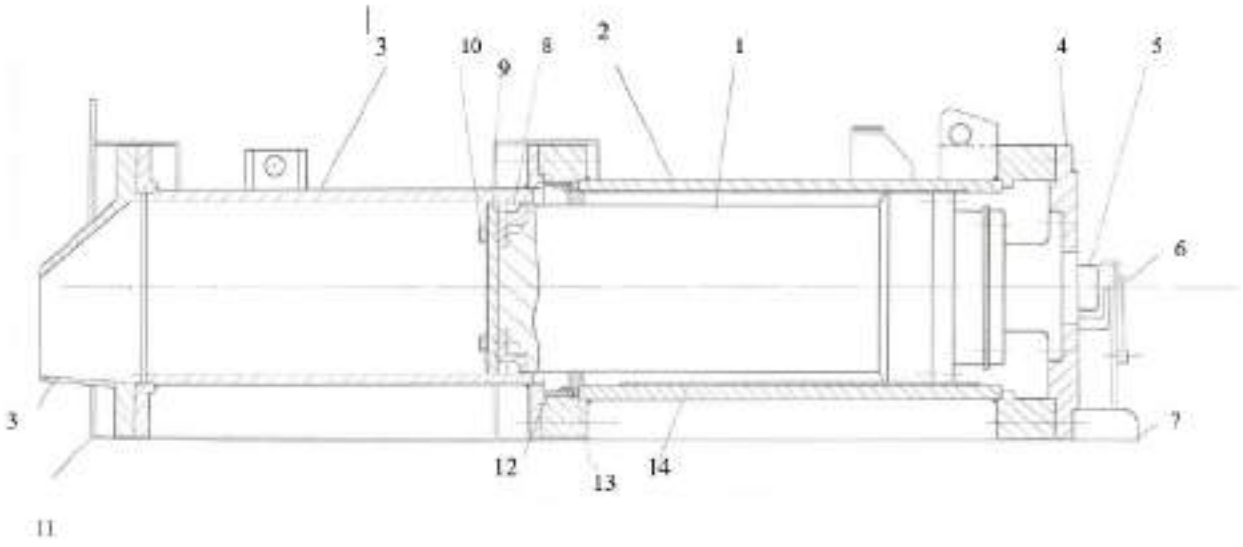


Рисунок 3.1 - Схема механізму подачі глини

Використовуючи ключі S= 55 демонтуємо болти М 48 по розніманню між робочим циліндром 3 і проміжним циліндром 2.

Використовуючи ключі S= 41 демонтуємо болти М 30 10 для зняття п'ятника 9 з метою ослаблення кілець 8.

Після розбирання п'ятника зняття кілець, демонтуємо робочий циліндр 3. Для подальших вимірів необхідно встановити робочий циліндр строго вертикально, і демонтувати патрубок 15.

Перед демонтажем гідроциліндру 1 із проміжного циліндра 2 необхідно розкрутити шість болтів М 12 з лінійки 14, потім необхідно демонтувати упорний фланець 12 й опорне кільце 13. Для цього необхідно в крутити в отвір циліндра 1 ремонтний болт на М 30 і підняти циліндр, це дозволить вирівняти зазор по периметру кільця.

Далі демонтуємо болт 48, від'єднуючи фланець 4 від проміжного циліндра 2.

Перед демонтажем гідроциліндру необхідно перевірити або встановити при відсутності заглушки на вхідному колекторі, з метою запобігання витіку рідини й зсуву циліндру. Для демонтажу гідроциліндра необхідно перекантувати й встановити строго вертикально пром-циліндр 2. При цьому гідроциліндр 1 повинен запресуватися. Застраплюємо фланець 4 за отвори стропом L= 2м і вантажопідйомністю 7 тонн, попередньо демонтувавши механізми стрілок.

Демонтований шабель пресування укладаємо на дерев'яні бруси, довжиною

L < 700 мм, у стійке положення.

Всі деталі повинні бути очищені від льоточної маси й витерті змоченим в гасі дрантям.

Наступним етапом ремонту є розбирання гідроциліндру із заміною сальників на поршні й ущільнень на фланці. При цьому необхідно врахувати, що гумовотехнічні вироби при температурі понад 120^{0}С повинні встановлюватися в парі з полівініловими кільцями.

Для визначення зношування робочого циліндра необхідно зробити заміни в п'ятьох місцях циліндра у взаємно перпендикулярних площинах. Це дозволяє визначити два види зношування поверхні:

- Конусність робочого циліндру;
- Елібсність робочої поверхні.

Усунення цих дефектів можливо тільки механічною обробкою. Межа обробки не більше 10 мм від первісного діаметра циліндра. При цьому потрібно встановити на гідроциліндр 1 кільця 8 відповідного типу розміру. Обмеження по механообробці пов'язане з конструктивними особливостями виготовлення металоконструкції робочого циліндра 3. Необхідно перевірити внутрішній діаметр підтримуючого кільця 13; при величині зношування більше 1 мм необхідно виготовити нове кільце. Особливу увагу необхідно приділити опорним цапфам й отвору для кріплення демфера проміжного циліндра 2.

Перед монтажем гідроциліндра 1 у порожнину проміжного циліндра 2 необхідно змонтувати фланець 4.

Збирання механізму подачі глини (рис.3.1). Спочатку необхідно вертикально встановити гідроциліндр 1 на спеціально підготовлений стенд. Усередині проміжного циліндра 2 закріпити направляючу лінійку 14. Необхідно за отвори в сполучному фланці застропить стропом l= 2 м Q= 4 т проміжний циліндр 2 і змонтувати на гідроциліндр 1. Потім одягається кільце 13 і защіпається розпірним кільцем 12. Після чого монтується робочий циліндр 3. Наживляємо й підтягуємо по чотири болти на двох фланцях. Після чого щабель пресування кантується в горизонтальне положення й встановлюється на стенд для подальшого збирання. На стенді виставляються болти М 48 і виробляється повна обтягування рознімань.

Потім в середину робочого циліндра 3 заводяться кільця 8 і п'ятак 9. Кільця встановлюються прорізами убік оглядового лючка, для подальшого регулювання. Потім п'ятак 9 підтягується болтами 10 (М 30).

Потім монтується й обтягуються перехідники на патрубок 15.

Також монтується механізм стрілок 6. Після зборки виробляється випробування механізму подачі глини під тиском з одночасною підтяжкою п'ятака 9 і регулюванням механізму стрілок 6. Після закінчення випробувань на вихідний колектор монтуються заглушки. Також необхідно скласти АКТ приймання й здачі встаткування з ремонту. Остаточний етап зборки - це

навішення захисних екранів 11 і підготовка до транспортування до місця монтажу.

3.3 Оцінка системи змащування

З огляду на умови роботи, малі кути повороту й короткочасний режим роботи, приймають густе мастило. Густе мастило зменшує коефіцієнт тертя й частково охороняючи тертьові поверхні від корозії. Її використовують для вузлів, тепло яких повністю виділяється в навколишній простір, і для важко занурених підшипників ковзання (ШС).

У Додатку наведена схема змащення машини закриття чавунної льотки. Для цапфи 1 корпуса циліндра механізму пресування вибираю індивідуальну подачу густого мастила з періодичністю один раз на тиждень. Обираємо консистентне змащення [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87. При відсутності такої можна уніфікувати [7 с. 119] ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80.

Для змащення шарнірів демфера позиції 2,3 вибираємо [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87 з періодичністю один раз у тиждень, таблиця 1. Дублюючої може бути [7 с. 119] ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80.

Для змащення підшипника важеля консолі позиція 4,5,12 приймаємо індивідуальну систему змащення. Як мастильний матеріал [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87, що дублює [7 с. 119] ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80. Періодичність змащення один раз у тиждень.

Для змащення підшипника позиція 6 опорно-поворотного пристрою консолі обираємо централізовану ручну систему змащення з подачею змащення через кит лий у чотири крапки змащення. Як мастильний матеріал [7 с. 119] ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80 у якості дублюючого [7 с. 119] УНІОЛ - 2 ДЕРЖСТАНДАРТ 23510 - 91 з періодичністю змащення один раз у добу. Для підшипника ШСЛ - 120 гідроциліндра механізму повороту позиція 7 приймаємо індивідуальну систему змащення. Як мастильний матеріал обираємо [7 с. 121]

Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87 у якості дублюючого [7 с. 119] ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80. Періодичність змащення один раз у тиждень.

Для змащення підшипника ШСЛ - 80 тяги позиція 8,10 приймаю індивідуальну систему змащення з періодичністю один раз у тиждень. Як мастильний матеріал вибираю [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87, що дублює ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80 [7 с. 119].

Для цапф гідроциліндра позиція 9 приймаємо індивідуальну систему змащення з періодичністю один раз у тиждень. Як мастильний матеріал приймаємо [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87, що дублює ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80 [7 с. 119]. Для змащення підшипника вмлки консолі вибираємо індивідуальну систему змащення з періодичністю один раз у тиждень. Як мастильний матеріал приймаємо [7 с. 121] Літол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 - 87, що дублює ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80 [7 с. 119].

Для змащення розведення трубопроводів позиція 13 приймаємо індивідуальну систему змащення з періодичністю один раз у тиждень. Як мастильний матеріал приймаємо масло індустріальне І - 20 А ДЕРЖСТАНДАРТ 20799 - 88, що дублює масло індустріальне І - 30 А ДЕРЖСТАНДАРТ 207999 - 88 [7 с. 197].

Вибір як мастильний матеріал Литол 24 ДЕРЖСТАНДАРТ 21150 – 87 на литневых милах 12 – оксистеариновой кислоти. У першу чергу температурою застосування – 40 – 130° С и протизадирними властивостями [7 таблиця 1].

$$P_к = 630 \div 800\,Н,$$

$$P_с = 1600 \div 2240\,Н$$

В'язкість змащення при температурі $20^{\circ} C$:

$$\nu = 80 \div 120\,Па \cdot с.$$

Санний мастильний матеріал є в достатній кількості на комбінаті. При відсутності можна використати ІП - 1 ТУ 33 - 10 - 18 - 20 - 80 гідротироване кільцеве змащення.

Має температуру застосування від -10 до +70° С, в'язкість при 20^0 С:

$$\nu = 80 \div 90 Па \cdot с,$$

Противозадирні властивості:

$$P_K = 550 \div 650 \text{ Н},$$

$$P_C = 1600 \div 2000 \text{ Н}.$$

Важливим аспектом є втроє менша ціна в порівнянні з Літолом 24. Для змащення колектора вибір індустріального І - 20 А (веретенки) кислотно-лужний, з в'язкістю:

$$\nu = 17 - 23 \, мм^2/с,$$

температурою спалаху 180°С та температурою застигання -15°С, робочою температурою $t_P = 0 \div 90^\circ C$.

Як робочу рідину в гідросистемі пропоную використати [11].

Масло індустріальне І 30 А ДЕРЖСТАНДАРТ 20799 - 91, кінетична в'язкість:

$$\nu = 27 \div 33 \, мм^2/с,$$

Щільність:

$$\rho = 886 \div 916 \, кг/м^3.$$

Робоча температура + 10…+50°С, температура спалаху 180°С.

3.4 Розрахунок системи строповки

При розрахунку стропа для монтажу й демонтажу механізму пресування необхідно врахувати, що завдяки принципово новій конструкції мостового крана ливарного двору, всі роботи виробляються мостовим краном.

Зусилля в стропах:

$$S = \frac{G \cdot g}{n \cdot \sin\alpha} \cdot K_H \qquad (3.1)$$

де G = 1200 кг - вага колони;

n = 2 – кількість гілок;

$\alpha = 45^0$ - кут між стропом й обрієм;

sin α - 0,7071;

$K_в = 1,4$ - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження

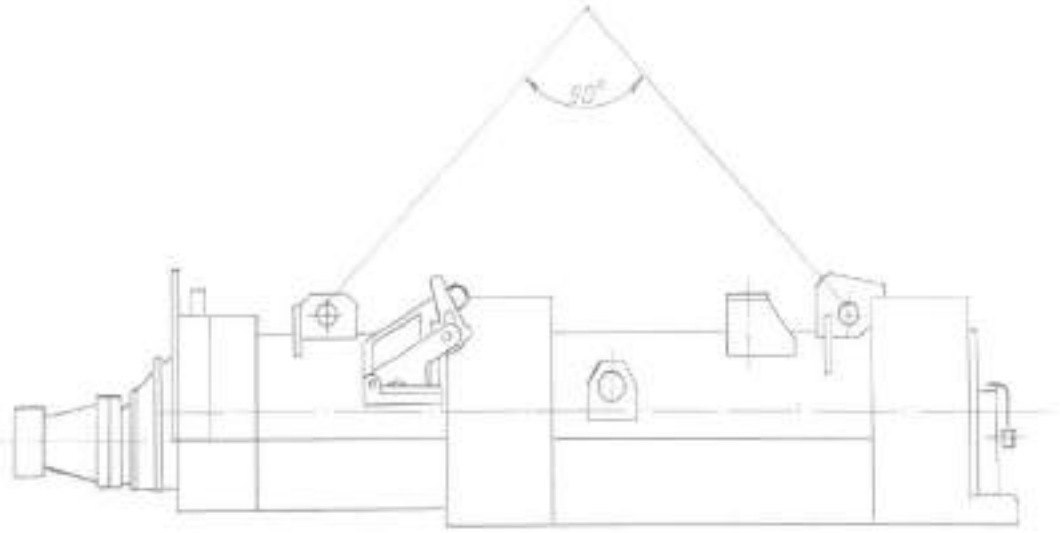


Рисунок 3.2 - Схема стропування механізму пресування

Підставивши числові значення в (3.1), одержимо:

$$S = \frac{1200 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7071} \cdot 1,4 = 8324,14H = 8,32кН$$

Мінімальна довжина стропа

$$l_{\min} = \frac{ab}{2 \cdot \cos\alpha}, \qquad (3.2)$$

де ab = 2100 мм - відстань між технологічними вушками для стропування.

Підставивши числові значення в (3.2), одержимо:

$$l_{\min} = \frac{2100}{2 \cdot 0,7071} = 1484,9мм.$$

Для подальшого розрахунку приймаємо $L_{стр}$ = 2м.

Висота стропування:

$$h_{строп} = \frac{ab}{2 \cdot tg\alpha}, \quad (3.3)$$

Підставивши числові значення в (3.3), одержимо:

$$h_{строп} = \frac{2100}{2 \cdot 1} = 1050мм = 1{,}05м.$$

Розрахункове розривне зусилля в стропі

$$F_{роз.} = S \cdot к, \quad (3.4)$$

де S - зусилля в стропах

k = 6 - коефіцієнт запасу міцності [4 с. 110].

Підставивши числові значення в (3.4), одержимо:

$$F_{разр} = 8{,}32 \cdot 6 = 49{,}92кН.$$

Обираємо ЛК - Р 6 х 19 (1+6+6/6)+1 о.с. ДЕРЖСТАНДАРТ 2688 - 80 [5 с. 277] :

$$d_к = 24мм$$

Визначення довжини заготівлі:

$$l_{загот} = l_{\min} + 2l_1 + 2[l_2 \cdot (n-1)] + 2l_3, \quad (3.5)$$

де l_1 = 400 мм – відстань від центру до початку сплетіння;

l_3 = 50 мм – кінці пасом;

l_2 = 32 мм – довжина одного проколу.

Підставивши дані в (3.5), одержимо:

$$l_{загот} = 2000 + 2 \cdot 400 + 2[32 \cdot (2-1)] + 2 \cdot 50 = 2964мм.$$

Для виготовлення пари стропів потрібна заготівля довжиною 5928 мм.

3.5 Розрахунок фундаменту для колони машини закриття чавунної льотки

Вихідні дані: а=1200мм; в=2000мм; G=1,2т=12кН; $P_{тех}$=140кН; $M_{гох}$=168кНм; $N_р$=3.

Знаходимо розміри власне фундаменту:

$$a' = a + 2\delta ,$$

де δ=100мм – зазор між обладнанням а власне фундаментом, власне фундаментом та подошвою.

Підставивши значення, отримуємо:

$$a' = 1200 + 2 \cdot 100 = 1400\,мм ,$$

$$в' = в + 2\delta = 2000 + 2 \cdot 100 = 2200\,мм ,$$

$$a'' = a' + 2\delta = 1400 + 2 \cdot 100 = 1600\,мм ,$$

$$в'' = в' + 2\delta = 2200 + 2 \cdot 100 = 2400\,мм .$$

Знаходимо об'єм фундаменту:

$$V_ф = (3\ldots5) \cdot G_м .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$V_ф = (3\ldots5) \cdot G_м = (3\ldots5) \cdot 1{,}2 = 3{,}6\ldots6м^3 .$$

Приймаємо об'єм фундаменту $V_ф$=5м^3.

Висота фундаменту:

$$h_ф = \frac{V_ф}{a' \cdot в'} .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$h_ф = \frac{V_ф}{a' \cdot в'} = \frac{5}{1{,}4 \cdot 2{,}2} = 1{,}62м .$$

Висота подошви фундаменту:

$$h_п = (0{,}2\ldots0{,}25) \cdot h_ф .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$. h_{п} = (0{,}2 \ldots 0{,}25) \cdot h_{ф} = (0{,}2 \ldots 0{,}25) \cdot 1{,}62 = 0{,}324 \ldots 0{,}405 м .$$

Приймаємо висоту подошви фундаменту $h_п$=0,36м.

Знаходимо висоту власне фундаменту:

$$h_{вф} = h_{ф} - h_{п} .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$h_{вф} = h_{ф} - h_{п} = 1{,}62 - 0{,}36 = 1{,}26 м .$$

Визначаємо вагу фундаменту:

$$G_{ф} = V_{ф} \cdot Y ,$$

де Y=2,1т/м^3 – щільність бетону.

Підставивши значення, отримуємо:

$$G_{ф} = V_{ф} \cdot Y = 5 \cdot 2{,}1 = 10{,}5 т .$$

Момент опору підошви вигину у площині хоу:

$$W_{хоу} = \frac{(a'')^2 \cdot (в'')^2}{6} .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$W_{хоу} = \frac{(a'')^2 \cdot (в'')}{6} = \frac{160^2 \cdot 240}{6} = 1024000 см^3 .$$

Тиск, що передається фундаментом на грунт:

$$\text{Р} = \frac{\text{G}_\text{М} + \text{G}_\text{ф} + \text{P}_\text{тех}}{\text{a}'' \cdot \text{в}''} + \frac{\text{М}}{\text{W}_\text{хоу}} \le [\text{Р}] = 0.85 \text{кг} / \text{см}^2 .$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$\text{Р} = \frac{\text{G}_\text{М} + \text{G}_\text{ф} + \text{P}_\text{тех}}{\text{a}'' \cdot \text{в}''} + \frac{\text{М}}{\text{W}_\text{хоу}} = \frac{1200 + 10500 + 14000}{160 \cdot 240} + \frac{168000}{1024000} = 0,231 \le 0,85 \text{кг} / \text{см}^2$$

Попереднє затягування болтів:

$$Q_{б} = \frac{M_{восст} - G_{М} \cdot 0{,}5a - P_{тех} \cdot 0{,}5a}{a \cdot n_{р}} ,$$

де $M_{восст} = K_{у} \cdot M_{откр}$,

$K_y = 1{,}4$ - коефіцієнт стійкості.

$$M_{восст} = K_y \cdot M_{опр} = 1{,}4 \cdot 168000 = 235200 Нм.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$Q_б = \frac{M_{Восст} - G_м \cdot 0{,}5a - P_{тех} \cdot 0{,}5a}{a \cdot n_р} =$$

$$= \frac{235200 - 12000 \cdot 0{,}5 \cdot 2 - 140000 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}2}{1{,}2 \cdot 3} = 40000 Н$$

Діаметр болтів:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_б}{\Pi \cdot [G_y]}}.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_б}{\Pi \cdot [G_y]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40000}{3.14 \cdot 180}} = 16{,}8 мм.$$

Приймаємо болт М20 з внутрішнім діаметром $d_{вн}$=18,27мм.

Зусилля затягування болтів:

$$Q_б = \frac{\Pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot [G],$$

де $[G]$=120МПа для Ст20.

Підставивши значення, отримуємо:

$$Q_б = \frac{\Pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot [G] = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}27^2}{4} \cdot 120 = 31443{,}29 Н.$$

Площа підкладки:

$$A = \frac{Q_б + \frac{G_м + P_{тех}}{n_б} + \frac{2M_{zox}}{a \cdot n_р}}{[G] \cdot K}.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$A = \frac{Q_б + \frac{G_м + P_{тех}}{n_б} + \frac{2M_{zox}}{a \cdot n_р}}{[G] \cdot K} = \frac{31443{,}29 + \frac{12000 + 14000}{4} + \frac{2 \cdot 168000}{1{,}2 \cdot 3}}{20 \cdot 10^6 \cdot 0{,}5} =$$

$= 0{,}01312 м^2 = 131 см^2$

Розмір сторони підкладки:

$$c = \sqrt{A}.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$c = \sqrt{A} = \sqrt{131} = 11{,}5 см = 115 мм.$$

Площа прорізу підкладки:

$$A' = \frac{\Pi \cdot d^2}{4} \cdot 2 + \frac{c}{2} \cdot d.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$A' = \frac{\Pi \cdot d^2}{4} \cdot 2 + \frac{c}{2} \cdot d = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}27^2}{4} \cdot 2 + \frac{115}{2} \cdot 18{,}27 = 1574 мм.$$

Фактична площа підкладки:

$$A_ф = c \cdot f - A',$$

де $f = c + 2w$ - інша сторона підкладки.

$$w = \frac{A'}{a \cdot c} = \frac{1574}{1.2 \cdot 115} = 11.4 мм.$$

Приймаємо $w = 12$мм

$$f = c + 2w = 115 + 2 \cdot 12 = 139 мм.$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$A_ф = c \cdot f - A' = 115 \cdot 139 - 1574 = 14411 мм^2.$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика факторів безпеки процесу експлуатації обладнання ливарного двору доменного цеху

Доменне виробництво характеризується складністю процесу й різноманітністю механічного устаткування. Технологічний процес можна віднести до 111-ї групи, у зв'язку з наявністю шкідливих факторів 1-го й 2-го класів небезпек. Фізичні фактори, пов'язані з рушійними машинами й механізмами: гідрогармата, пневмобур, мостові крани, скимери й ін., проявляються в основному при випуску шлаків і чавуну ,заправленню льоток .На ливарному дворі використовується різноманітна праця : від ручної до механізованої.

Досить повне подання про рівень механізації можна одержати шляхом визначення витрат механічної й ручної праці.

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

де В - рівень механізації праці, %;М - сума людино-годин механізованої праці; R - сума людино-годин ручної праці.

Для слюсаря-ремонтника:

$$B = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

Результати розрахунків для різних професій представлені в таблиці 4.1.

З цієї таблиці можна дати висновок, що:

- електрогазозварник має 87,5% механізованої праці,12,5% ручної праці;

- слюсар ремонтник - 25% механізованої праці, 75% ручної праці;

- горновий - 50% механізованої праці, 50% ручної праці.

У такий спосіб до професій ручної праці можна віднести електрогазозварника й слюсаря, а горнового до змішаного

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робо-чих	Кількість відпрацьованих людино-годин на добу			% механізованої праці	% ручної праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо-зварник	1	7	1	8	12,5	87,5
2	Слюсар ремонтник	4	28	8	36	25	75
3	Горновий	1	4	4	8	50	50

4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів доменного процесу

З санітарно-гігієнічного погляду умови праці на робочому майданчику доменної печі у ливарному дворі характеризуються:

- виділенням значної кількості тепла, пилу та газів під час операцій обробки отворів чавунної та шлакової льоток (особливо їх пропалювання киснем), випуску шлаків і чавуну з доменної печі;

- забрудненням повітряного середовища чадним газом, сірчистим газом, різними вуглеводнями та ціаністими сполуками; джерелами виділень газів також можуть бути тріщини у кладці та кожусі доменної печі, негерметичність з'єднань окремих конструкційних елементів, при згорянні коксу, що потрапляє у воронки та ковші з чавуном; у районі чавунної воронки та загалом на чавунному боці ливарного двору під час випуску чавуну спостерігається підвищення концентрації чадного газу;

- запиленістю повітряного середовища під час прибирання ливарного двору, підготовки чавунних і шлакових воронок, а також внаслідок конденсації з поверхні розплавлених продуктів плавки летких часток металу та графіту; найбільше пилу виділяється у підбункерному приміщенні, де відбувається вивантаження сировини у вагон-ваги; розповсюдження пилу під час випуску чавуну обмежене чавунним боком ливарного двору і майже не впливає на шлаковий бік; у свою чергу, випуск шлаків призводить до збільшення концентрації пилу на шлаковому боці двору. Значним джерелом запилення є вузол завантаження шихти у скіпи [21].

Теплове опромінення, якому піддається персонал доменних печей, коливається в широких межах (від 698 до 6990 Вт/м^2). Джерелом випромінювання є розплавлені маси чавуну й шлаків, гарячий агломерат, нагріті елементи конструкцій і т.п. Чим більше величина опромінювання поверхні людини, і чим ближче важливі життєві органи, тим небезпечніше ефект впливу. При інтенсивності опромінення більше 63Мдж/м^2 х год) може виникнути катаракта очей.

Шум на ливарному дворі є наслідком проходження великих повітряних і газових потоків по шахті доменної печі, фурмам, газопроводам і повітропроводам. Джерелами постійних шумових навантажень є вибропитателі, пластинчасті конвеєри, коксові гуркіти, вентиляційні установки, мотор-генератори машинних залів, витоки повітря. Рівні забруднень ливарного двору представлені в таблиці 4.2.

Як видно з таблиці, на робочому місці діє 8 шкідливих факторів, з них 4 першого ступеня, 3 другого й 1 третього. Умови праці можна віднести до особливо важких і шкідливих.

Пільги й компенсації:

Пенсія за списком № 1, доплата до 24 %, додаткова відпустка-18 днів, молоко [21].

Таблиця 4.2 - Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу. Робоче місце (професія) - ливарний двір (горновий).

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. Знач.	Факт. Знач.	III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактору %, за зміну
				Іст.	Пст.	IIIст.	
1	Шкідливі хім. речовини, мг/м³ I клас небезпеки марганцю оксид II клас небезпеки азоту діоксид ангідрид сірчистий монооксид вуглецю III клас небезпеки	 0,3 2,0 10,0 20,0	 1,28 2,6 16,8 23,5	 1,3р. 1,68р. 1,18р.		 4,26р.	 80
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м3	4,0	18,5		4,63 р.		80
3	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4	Шум, дБА	80	86	6			80
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7							
8	Мікроклімат у приміщенні, т.п.: - температура, 0С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість, % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м2	 15-26 0,2-0,6 55 140	 31 0,45 41 1435	 - - 	 5 1295		 80
9	Температура навкол. повітря, 0С улітку узимку						
10	Вага й напруженість праці	Середньої ваги 2б, помірна напруженість					

4.3 Розробка заходів щодо запобігання дії шкідливих факторів на ливарному дворі

Відповідно до карти умов праці на ливарному дворі (для професії горновий) існують такі шкідливі чинники: пил, шум, підвищена температура повітря та інфрачервоне випромінювання. З метою убезпечення від небезпечних і шкідливих факторів на ливарному дворі доменного цеху впроваджуються такі заходи.

Для захисту від пилоутворень поблизу льотки влаштовано відсмоктувач, за допомогою якого віддаляються запилені гази. Для запобігання виділенню запилених газів у простір ливарного двору, головна воронка від льотки до скимера на період випуску чавуну закривається знімними кришками. Наприкінці головної воронки на скимері відбувається розділення чавуну та шлаків. Гази, які утворилися при цьому, відводяться відсмоктувачем у районі скимера. Хитні жолоби для чавуну та шлаків накриті рухливими кришками. Відсмоктування від хитних жолобів відбувається через два забірні отвори, що виконані в стінках прорізу [21].

При заправлянні льотки гідрогарматою вмикається світлова та звукова сигналізація, вивішуються попереджувальні знаки про небезпеку робіт, запускається місцева витяжна вентиляція. Захист від інфрачервоного випромінювання досягається шляхом використання часу, відстані, теплоізоляції гарячих поверхонь, екранування джерел випромінювання та робочих місць, застосування повітряного душування. Для захисту горнового від випромінювання пропонується екранування рухомим тепловідбивним екраном, що не тільки захищає від теплових випромінювань, а й охороняє від іскор та виплесків розплавленого металу та шлаків.

Захист від шуму забезпечується вже на стадії проектування технологічних процесів та машин. Передбачається зменшення шуму в джерелі виникнення; зниження шуму на шляхах його поширення; вдосконалення технологічних процесів та машин; акустична обробка приміщень. Для зменшення впливу шуму

на горнового пропонується звукоізоляція пульта керування гідрогарматою.

Для створення належних умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, важливе значення має загальна організація підприємства.

Відповідно до санітарних вимог, доменні цехи розміщуються з підвітряного боку щодо цехів з меншою кількістю шкідливих виділень, а також щодо населених пунктів. Крім того, між цехом і житловим районом встановлюється санітарно-захисна зона, ширина якої повинна бути не менше 1000 м, тому "Запоріжсталь" належить до I класу.

Згідно з нормативами, обсяг виробничого приміщення на одного працівника становить не менше 15 $м^3$, а площа - не менше 4,5 $м^2$; фактично в цеху наявні 15,6 м3 та 4,8 м2. [21].

Розміри виробничих приміщень відповідають санітарним вимогам: висота будівель не менше 3,2 м; висота галерей та естакад - не менше 2 м при регулярному проході працюючих і не менше 1,9 м при нерегулярному проході їх, ширина - не менше 1,5 м зі збільшенням на 0,5 м на кожні 200 осіб понад 400. Усі майданчики на висоті 0,6 м і більше від підлоги, сходи, перехідні містки, прорізи, люки, канави тощо огороджені поруччям висотою не менше 1,0 м з суцільним обшиванням знизу на висоту 0,14 м. Сходи мають нахил не більше 40°.

4.4 Гігієна праці та виробнича санітарія

Опалення й вентиляція

У доменному цеху опалення необхідно не тільки для створення необхідної температури в приміщенні, але й для збереження будинку від руйнування.

Виходячи з категорій виконуваних робіт з ваги, характеристики виробничих приміщень по надлишкам явного тепла, з урахуванням періодів року (теплий, холодний), встановлюються параметри повітряного середовища для

робочої зони ливарного двору. Дані зводимо в таблицю 4.3.

Більша швидкість руху повітря в теплий період року відповідає максимальній температурі повітря, менша - мінімальній температурі повітря.

Розрахунок витяжної вентиляції.

Кількість повітря, що видаляє, м^3/с:

$$L_{пр} = \frac{Q_л - C_в(t_{рз} - t_{пр})}{C_в(t_{ух} - t_{пр})} + L_{мо}, \quad (4.2)$$

де Qл - надлишкі явної теплоти в приміщенні цеху, кВт;

Lмо - кількість повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсосами, м3/з;

Св - теплоємність повітря (С у = 1,005 кДж/(м^{3}ДО));

tрз - температура робочої зони, °С ;

tпр - температура припливного повітря, °С (для теплого періоду дорівнює температурі зовнішнього повітря);

tух- температура повітря, що видаляє з верхньої зони приміщення, °С.

Температуру повітря, що видаляє, tух визначаємо по формулі, с:

$$t_{ух} = \frac{t_{рз} - (1-m)t_{пр}}{m}, \quad (4.3)$$

де m - коефіцієнт, обумовлений залежно від відношення площі, займаної тепловиділяючим устаткуванням до площі приміщення цеху (приймаємо рівним 0,6).

Підставивши значення в (4.3), одержимо

$$t_{ух} = \frac{t_{рз} - (1-m)t_{пр}}{m} = \frac{32 - (1-0,6)\cdot 20}{0,6} = 40\ с.$$

Надлишки явної теплоти в приміщенні цеху складаються з тепловиділень від печей і від матеріалу, що остигає [21].

Таблиця 4.3 - Значення припустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні ливарного двору

Період року	Категорія робіт	Період року (теплий, холодний)			Температура повітря поза постійних робітників місць, °С
		На постійних робочих місцях			
		Температура віз повітря	Відносна воло-гість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Порівн. тяж. 2б	15-21	Не більше 75	Не більше 0,4	13-23
Теплий		16 – 27	Не більше 70 При 25°С	0,2-0,5	15-29

Тепловиділення від печей, кВт:

$$Q_1 = Ny \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 , \quad (4.5)$$

де Ny - настановна або номінальна потужність устаткування, кВт;

k1 ,k2, k3, k4 – коефіцієнти використання настановної потужності (0,7 – 0,9); завантаження устаткування; одночасності роботи устаткування; переходу тепла в приміщення (0,1-0,7).

Підставивши значення в (4.5), одержимо

$$Q_1 = 2500 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 900 \text{ кВт};$$

Тепловиділення від матеріалу, що остигає, кВт:

$$Q_2 = \frac{G_м}{3600} \cdot C_м \cdot (t_н - t_к), \quad (4.6)$$

де Gм – годинна продуктивність цеху, кг/год;Cм – теплоємність металу при середній температурі, кдж/кг· С; tн й tк – відповідно початкова й кінцева температура металу, що остигає, С.

Підставивши значення в (4.6), одержимо:

$$Q_2 = 3500/3600 \cdot 0{,}425(1450\text{-}1200) = 103{,}3 \text{ кВт}.$$

Кількість теплоти вступник у приміщення від сонячної радіації, кВт:

$$Q_3 = g_{ост} \cdot F_{ост} \cdot A_{ост} \cdot 10\text{-}3, \qquad (4.7)$$

де gост – величина радіації через 1м2 заскленої поверхні (приймаємо рівної 83 Вт/м2);Fост – площа поверхні остеклення, м2; Аост – коефіцієнт, що залежить від характеристики остеклення (приймаємо рівним 0,8).

Підставивши значення в (4.7), одержимо:

Q3 = 83·100· 0,8· 10-3 = 7 кВт.

Загальна кількість теплоти Q, кВт:

$$Q\sum = 900 + 103{,}3 + 7 = 1010 \text{ кВт}. \qquad (4.8)$$

Підставивши значення в (4.2), одержимо:

$$L_{пр} = \frac{1010 - 1{,}005(32 - 22)}{1{,}005(40 - 22)} + 1{,}2 = 50{,}8 \ м^3 / с.$$

Для видалення такого великого об,єму забрудненого повітря крім витяжної вентиляції використовується також і природна вентиляція(аерація) [21].

Освітлення

З огляду на високу біологічну й гігієнічну цінність природного світла, у проекті передбачається природне освітлення виробничих приміщень, для чого конструктивні рішення будинку цеху виконується з урахуванням вимог БніП - 4 - 79.

Основний показник - коефіцієнт природної освітленості (кео). Це-відношення природної освітленості, створюваної в деякій точці заданої площини усередині приміщення світлом неба безпосередньо або після відбиттів (Ев), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості створюваної світлом повністю відкритого небозводу (Ен):

$$e = \frac{E_в}{E_н} \cdot 100. \qquad (4.9)$$

Значення е визначаємо по довідкових таблицях - е=2,7%, розряд зорової роботи VII.

Нормоване значення к.е.о. (ен) з урахуванням характеру зорової роботи й світлового клімату в районі розташування будинку

$$e_н = e \cdot m \cdot z \tag{4.10}$$

де е - значення к.е.о.

Приймаємо для Запоріжжя m = 0,9 - коефіцієнт світлового клімату;

с =0,8- коефіцієнт сонячності клімату.

Підставивши значення в (4.10), одержимо:

$$e_н = 0.027 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 0.019$$

Для створення сприятливих умов праці важливо мати раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й захворюванню очей, а також може виявитися причиною нещасних випадків.

Штучне освітлення необхідне для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. Обираємо ділянку заправлення льоток ливарного двору [21].

Довжина приміщення - 14м; ширина - 8м; висота - 7м.

Норма освітленості 75 лк - для ламп розжарювання.

Рівень горизонтальної площини на якій найменша освітленість становить 75 лк : висота робочої поверхні h о=0,8 м.

Коефіцієнт запасу ДО = 1,3.

Розрахункова висота h = 7-0,8 = 6,2 м.

Площа: S = 14 *8 = 112 м?.

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{14 \cdot 8}{6,2(14 + 8)} = 0,82 \qquad (4.11)$$

Коефіцієнт відбиття стель і стін, рл = 50 %; ре = 30 %.

Використаємо лампи накалювання ДРЛ -100 (напруга 220 У, потужність 100Вт, світловий потік 1560 лм, світильник "Універсаль" . УПМ: питома потужність 16 Вт/м2. Коефіцієнт використання, тобто відносна частка потоку лампи, що падає на поверхню S, дорівнює 0,386.

Необхідний світловий потік лампи кожного світильника:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot z}{N}, \qquad (4.12)$$

де z - коефіцієнт переходу від найменшої освітленості до середнього (1,1..1,2).

Підставивши значення в (4.12), одержимо:

$$F = \frac{75 \cdot 1.3 \cdot 112 \cdot 1.1}{0.386} = 31119 \text{ лм}.$$

Необхідне число ламп N =31119/ 1560= 20 шт.

Відстань між центрами світильників

$$L = h \cdot m = 6,2 \cdot 0,5 = 3,1 \text{м} \qquad (4.13)$$

Відстань від стіни по першому ряді світильників при відсутності робочих місць у стіни:

$$b' = 0.5 \cdot L = 0,5 \cdot 3,1 = 1,55 \text{ м} \qquad (4.14)$$

Відстань між крайніми рядами світильників, розташованих у протилежних стін:

$$zl = b - 2b' = 8 - 2 \cdot 1,55 = 4,9 \text{ м} \qquad (4.15)$$

Кількість рядів по ширині:

$$n = \frac{cl}{L - 1} + 2 = 3 \qquad (4.16)$$

Відстань між крайніми рядами світильників, розташованих у протилежних стін:

$$З_2 = a - 2b' = 14 - 2 \cdot 1,55 = 10,9 м.$$

Кількість рядів по довжині:

$$m=(c2/L -1)+2= (10,9/3,1-1)+2=5,7.$$

Побутові й допоміжні приміщення

Згідно з вимогами, побутові та допоміжні приміщення включають: душові, гардеробні, умивальники, пункти харчування, санвузли. Нормативи забезпечення цехів санітарно-побутовими приміщеннями та пристроями наведені в таблиці 4.5. Умивальні та душові зазвичай розташовують в окремих приміщеннях, що мають зв'язок з гардеробними. Для виробництв зі значним виділенням тепла передбачаються додаткові умивальники з душовими сітками. Кількість умивальників визначається з розрахунку 1 кран на 10 працівників. У гардеробних, де одяг зберігається у закритому вигляді, кількість місць має відповідати загальній кількості робітників у всіх змінах (табл. 4.5) [21].

Таблиця 4.5 - Норми забезпечення цеху санітарно-побутовими приміщеннями й пристроями

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Вимога по нормах	Фактичне
1	Душові	шт.	20	21
2	Умивальники	шт.	17	16
3	Санвузли	шт.	24	22
4	Кімната особистої гігієни жінок	шт.	8	8
5	Штучна вентиляція для робочих місць	шт.	23	23
6	Медпункт	шт.	1	1
7	Їдальня	шт.	1	1
8	Буфет	шт.	2	2

Виробничий шум і вібрація

По походженню шум буває: механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ході; аерогідродинамічний, що виникає при великих швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин; імпульсний, виникаючий у результаті зіткнення твердих тіл; термічний, генеруємий при згорянні газоподібного палива в горілках і форсуночних пристроях.

Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум призводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини. Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей безударними, зворотно-поступальні рухи - обертальними. Демпфують коливання співударних деталей й окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, азбестом й ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь (ДСТУ 12.1.029-80 ССБП).

Для послаблення вібрацій всі агрегати, що створюють вібрації (виробничі машини, двигуни, вентилятори й т.п.), встановлюють на самостійних фундаментах, віброизольованих від підлоги й інших конструкцій будинків, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітроводах і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виробляється за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини або гумового патрубка.

Виробничі випромінювання

Робітники цеху постійно або періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання, інтенсивність опромінення на робочих місцях

залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані від нього змінюється в широких межах.

Для поліпшення умов праці на ливарному дворі й захисту працюючих від теплового впливу застосовують наступні способи: теплоізоляцію гарячих поверхонь, що випромінюють тепло; використовують водоохолоджувані екрани, щити, завіси й ін.; теплоізоляцію й охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів й ін.); природну й механічну вентиляцію; повітряне охолодження замкнутих просторів колодязів, що знаходяться в ремонті. Застосовують водорозпил на робочих місцях й у припливних віконних прорізах; спецодяг й індивідуальні захисні пристосування - щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональну організацію режиму праці й відпочинку.

Ефективним засобом зниження шкідливого впливу теплових виділень є максимальне скорочення години знаходження нагрітого агломерату у виробничому приміщенні.

4.5 Заходи щодо безпеки праці

З метою попередження нещасних випадків забороняється:

- починати й вести роботи при наявності будь яких несправностей у механізмах;

- самовільно, поза встановленим порядком, надавати рух машині;

- допускати сторонніх осіб до працюючих машин: транспортерів, конвеєрів, передаточних засобів та інше.

Ремонт і регулювання гідрогармати виконувати тільки при зупиненому двигуні й знятій напрузі. Кабелі, що підводять струм, повинні бути добре ізольовані й захищені від ушкоджень. Машини, електродвигуни й електроапаратура повинні бути надійно заземлені. Всі проходи навколо машини повинні бути вільні від сторонніх предметів. Підлога повинна представляти рівну неслизьку поверхню. Робоче місце добре освітлено.

При монтажі необхідно керуватися вимогами безпеки, розробленими

монтажними організаціями. При консервації устаткування керуються вимогами безпеки згідно ДСТУ 12.003-74.

Заходи пожежної безпеки

Ділянка ливарного двору по пожежонебезпеці має категорію Г (негорючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини, що спалюються або утилізуються як паливо). Будівля цеху ставитися до II ступеня вогнестійкості (будівля з несучими конструкціями, що огороджені, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитових негорючих матеріалів) згідно ДБН 1.1. -7.2002.

Межі вогнестійкості конструкцій

- несучі й сходові клітки – 2роки;
- саме несучі - 1рік;
- зовнішні несучі - 0,25 року;
- внутрішнє несучі - 0,25 року;
- колони - 2 роки;
- сходові площадки, щаблі, балки, марші сходових кліток - 1рік;
- плити, настили й ін. несучі конструкційні перекриття - 0,75 року.

До первинних засобів для ліквідації загорянь у цеху відносяться: вогнегасники ВП-10 (15 одиниць), ВВ-2 (24 одиниці), ВВП-1Д (28 одиниць), протипожежний інвентар (теплоізоляційне покривало з негорючої тканини, ємності з піском, бочки з водою, відра для пожежогасіння, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири тощо). Цех обладнано внутрішнім протипожежним водопроводом із пожежними кранами та рукавами.

На території цеху забороняється:

- закривати й захаращувати проїзди, під'їзди й підходи до будинків, водопровідним і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, що не пройшли інструктаж пожежного

техмінімуму;

- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;

- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування й комунікацій.

Рішення з поліпшення екологічних показників цеху

Створення максимально комфортних метеорологічних та екологічних умов на виробництві — справа не з легких, але вирішується комплексно/

Розміщення джерел тепла, наприклад, від гарячих виробів, у спеціально відведених приміщеннях з потужною вентиляцією, що відводить шкідливі речовини.

Механізація й автоматизація робочих процесів, зокрема, шляхом впровадження механізованого розвантаження.

Впровадження транспортних трубопровідних систем, застосування сучасних технологій і устаткування з меншим впливом на навколишнє середовище.

ВИСНОВКИ

У випускній роботі описано технологічний цикл та обладнанням доменного цеху заводу «Запоріжсталь». Описано технологію роботи машини закриття чавунної льотки. Проведено розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів основних механізмів машини.

В процесі експлуатації виявлено недоліки в роботі механізму пресування, а саме вийшли з ладу манжети щабля пресування. Це відбулося з тієї причини, що гумовотехнічні вироби були встановлені без полівінілових кілець. Під час усунення даного дефекту виявилося, що механізм має недостатню жорсткість стяжної шпильки й погану ремонтопридатність. З метою усунення цього недоліку пропонується змінена конструкція механізму шляхом заміни стяжної шпильки на сполучну тягу. Наступним недоліком в роботі вихід з ладу підшипників механізму повороту консолі. Для зміни підшипників необхідно демонтувати тягу, вагою 850кг. Складна та технічно недосконала конструкція важеля не дозволяє швидко зробити заміну підшипника. З метою поліпшення ремонтопридатності й одержання можливості швидкого доступу до підшипників пропонується змінити конструкцію нижнього вушка тяги.

В експлуатаційні частині випускної роботи описано технологія ремонту швидкозношуваних вузлів і деталей. Розроблені рекомендації по монтажу та ремонту машини закриття чавунної льотки. Розроблено схему строповки основних вузлів.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища та запропоновано технічні заходу захисту від шкідливих факторів виробничого середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 1. Теоретичні дослідження : навч. посіб. Київ : Кондор, 2012. 184 с.

2. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 2. Експериментальні дослідження : навч. посіб. Київ: Кондор, 2012. 221 с.

3. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : видавництво ЗДІА, 1996. 145 с.

4. Гребінник В. М., Іванченко Ф. К., Ширяєв В. І. Розрахунок металургійних машин та механізмів. Київ: Вища школа, 1988. - 383 с.

5. Споруди та обладнання доменних цехів. Конспект лекцій з дисципліни для студентів денної форми навчання напряму 6.050401 – Металургія / Укл.: Крячко Г.Ю., Сафіна-Валуєва Л.О. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. – 87 с.

6. Рабер Л. М., Єрмократьєв В. О., Мазур І. А. Несучі конструкції металургійних агрегатів: навч. посіб. для студентів спец. 133 «Галузеве машинобудування». Павлоград : АРТ Синтез-Т, 2023. 254 с.

7. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.

8. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.

9. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. І. Тіхонов, С. О. Лузан та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.

10. Машини і агрегати сталеплавильних цехів. ІІ частина. Електронне видання. URL:

https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/pidruchnuku13122023/Mahunu_i_agregatu_ztaleplavelnuh_cehiv/2_2/2_2.htm (дата звернення: 01.05.2025)

11. Машини і агрегати доменних цехів. Електронне видання. URL: https://sites.google.com/view/kravchenko— anna/ (дата звернення: 01.05.2025).

12. Заблонский К.І. Деталі машин: Підручник. – Одеса: Астропринт, 1999. 404с.

13. Кирилюк Ю.Є. Допуски та посадки. Довідник. Київ: Вища школа, 1999. 135с.

14. Технічне обслуговування металургійного обладнання/ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.

15. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. / П. І Літовченко, Л. П. Іванова. – Харків : НА НГУ, 2016. 306 с.

16. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 1. Навчальний посіб. / Жук А.Я., Желябіна Н.К., Таратута К.В., Коваль М.В. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2012.- 574с

17. Геврик Є. О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

18. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 2: Навчальний посіб. / Жук А.Я., Бойко О.В., Таратута К.В., Коваль М.В. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2012.-542с.

19. Таратута К. В., Востоцький С. М. Оцінка надійності зубчастих муфт при неспіввісному з’єднанні валів. Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 25-26 травня 2023 р.). Одеса: Олді+, 2023. С. 617-618.

20. Обгрунтування економічної доцільності технічних рішень : навч.-метод. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута, М. В. Коваль. – Запоріжжя : ЗДІА, 2011. – 364 с.

21. Taratuta K., Protsenko V., Vostotskyi S. Stability assessment of hydraulic

cylinders of equipment using CAD and CAE software. Information technologies: science, engineering, technology. Kharkiv: National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 2024. С. 225-225. URL: https:/ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf.

22. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 30 с.

ДОДАТКИ

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Креслення загального виду	1	А1
2	Складальні креслення	2	А1
3	Креслення експлуатаційної частини	1	А1
4	Деталювання	1	А3
5	Специфікації	1	А4