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 МАГІСТРА

На тему: Аналіз підвищення ефективності роботи ливарної машини феросплавів конвеєрного (стрічкового) типу

Виконав: магістрант групи 8.1334

Джумар А.І.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
133.00.12 Металургійне обладнання
(шифр і назва)

Керівник Власов А.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерний навчально-науковий інститут.

Кафедра металургійного обладнання.

Рівень вищої освіти магістр.
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування.
(шифр і назва)

Спеціалізація.
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Металургійне обладнання
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____”_____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Джумар Артуру Ігоревичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Аналіз підвищення ефективності роботи ливарної машини феросплавів конвеєрного (стрічкового) типу
керівник магістерської роботи к.т.н., доцент Власов А.О.,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ лютого 2025 року № 319-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 10 грудня 2024 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи показники роботи збагачення червоних шламів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд і аналіз науково-технічних рішень підвищення ефективності збагачення червоних шламів та обґрунтування обраного напрямку роботи; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідно-експериментальна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека в галузі. Загальні висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Ливарна машина феросплавів – 1А1; 2. Кантувальний пристрій – 1А1; 3. Дослідження крутного моменту – 2А1; 4. Логічна модель ливарної машини – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Власов А.О., к.т.н, доцент		
2	Власов А.О., к.т.н, доцент		
3	Власов А.О., к.т.н, доцент		
4	Власов А.О., к.т.н, доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	01.05.25 – 27.05.25	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	01.09.25 – 15.09.25	
3	Виконання теоретичної частини проекту	16.09.25 – 16.10.25	
4	Виконання графічної частини проекту	17.10.25 – 17.11.25	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	18.11.25 – 30.11.25	
6	Перевірка проекту консультантами	01.12.25 – 08.12.25	
7	Попередній захист проекту	08.12.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ А.І. Джумар
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____ А.О. Власов
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Джумар А.І. Аналіз підвищення ефективності роботи ливарної машини феросплавів конвеєрного (стрічкового) типу.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник А.О. Власов. Запорізький національний університет, інженерний навчально-науковий інститут, кафедра металургійного обладнання, 2025.

Отримано дійсні навантаження, які сприймаються ланками механізму, і навіть обчислення діапазон частот коливань системи, що дозволяє проявити спеціальні режими роботи досліджуваного механізму, тобто. режими типу резонанс, биття механізмів ливарного конвеєра.

Ключові слова: ФЕРОСПЛАВ, ФЕРОСИЛІЦИЙ, ЛИВАРНИЙ КОНВЕЄР, ПРИВОД, ВИЛИВНИЦЯ, ЗЛИВОК.

ABSTRACT

Dzhumar A.I. Analysis of increasing the efficiency of the casting machine of ferroalloys of the conveyor (belt) type.

Qualification final work for obtaining the degree of higher education master in the specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor A.O. Vlasov. Zaporizhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The actual loads perceived by the links of the mechanism were obtained, as well as the calculation of the range of oscillation frequencies of the system, which allows to demonstrate special modes of operation of the studied mechanism, i.e. modes such as resonance, beating of the mechanisms of the casting conveyor.

Keywords: FERROALLOY, FERROSILICON, FOUNDRY CONVEYOR, DRIVE, CASTING, CASTING.

Зміст

Вступ 7

1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ 9

1.1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій та вузлів машини для розливання феросплавів 9

1.1.1. Конвеєрні ливарні машини 9

1.1.2. Технічна характеристика розливної машини. 12

1.1.3. Послідовність роботи вузлів та механізмів машини. 13

1.1.4. Короткий опис конструкції та принцип роботи механізмів та вузлів машини. 14

1.1.5. Машини конвеєрно-візкового типу 27

1.2. Пропозиції щодо реконструкції вузлів розливальної машини та обґрунтування прийнятих конструкцій 30

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА 37

2.1. Визначення тягового зусилля та потужності електродвигуна після реконструкції конвеєра розливальної машини 37

2.2. Розрахунок перекидаючого моменту в кантувачі, визначення розрахункового зусилля на гідроциліндри кантувального пристрою 42

2.3. Розрахунок силового гідроциліндра 47

2.4. Розрахунок на міцність силового гідроциліндра 50

2.5. Визначення потужності, яка споживається двигуном насоса 52

2.6. Вибір насосу 52

2.7. Оптимізація параметрів гідроциліндра 53

2.8. Розрахунок гідроциліндра обприскувача 56

2.9. Монтаж та ремонт вузлів ливарної машини 58

2.10. Догляд за машиною під час роботи. 60

2.11. Централізована система мащення 62

3. ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 64

3.1. Обґрунтування обраного напряму роботи 64
3.2. Теоретична частина 65
3.2.1. Складання логічної та математичної моделей 65
3.2.2. 3.3.2 Комп'ютерне дослідження машини для розливання феросплавів 72
3.2.3. 3.3.3 Аналіз та оцінка результатів динамічних досліджень 77
3.3. Експериментальна частина 78
3.3.1. Методика проведення експерименту 78
3.3.2. Розташування датчиків та вимірювальної апаратури 79
4. 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ 84
4.1. Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників в шихтовому відділенні цеху №4 84
4.1.1. Рівень механізації праці робітників 84
4.1.2. Основні шкідливості й небезпеки в шихтовім відділенні 85
4.1.3. Заходи щодо усунення шкідливостей і небезпек 86
4.2. Технічні розв'язки по виробничій санітарії 87
4.2.1. Об'ємно-планувальні розв'язки будинків і споруджень цеху 87
4.2.2. Опалення й вентиляція 88
4.2.3. Освітлення виробничих приміщень 88
4.3. Техніка безпеки 89
4.4. Протипожежна безпека виробництва 91
4.5. Ймовірність аварій і план їх ліквідації 92
4.6. Розрахунки місцевої вентиляційної установки вагового транспортера 92
4.7. Розрахунки циклону 95
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 100
СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ 104
ДОДАТКИ 105

Вступ

Актуальність роботи. Ливальний конвеєр для розливання рідких феросплавів у металеві форми – виливниці. Розплавлений метал із ковша через жолоб рівномірно заповнює рухомі виливниці, які закріплені на безкінечному ланцюзі. Під час руху стрічки метал охолоджується і поступово кристалізується. На розвантажувальній зірочці конвеєра готові злитки (чушки) випадають із форм під власною вагою.

Експлуатація ливарного конвеєра пов’язана з:

1. Термічна втома мульд: Через постійні і різкі перепади температур (від заливання гарячого металу до охолодження водою) чавунні форми швидко розтріскуються та потребують заміни.
2. Приварювання металу: Феросплав може намертво прилипати до стінок виливниці. Щоб цього уникнути, на мульди необхідно постійно наносити роздільне покриття (наприклад, вапняне молоко).
3. Швидкий знос механізмів: Рухомі частини (ланцюги, котки, зірочки) працюють в умовах високих температур та сильного забруднення абразивним пилом і шлаком, що призводить до їхнього інтенсивного стирання.
4. Якість злитків: Неправильний режим охолодження може спричинити внутрішні напруження в металі, що призводить до надмірного розкришування феросплаву при транспортуванні.

Мета і задачі дослідження. Можливість покращення експлуатаційних показників ливарного конвеєра в умовах феросплавного виробництва.

Предмет дослідження – Структурні, конструктивні та технологічні параметри ливарного конвеєра в умовах феросплавного виробництва.

Об'єкт дослідження – ливарний конвеєр для розливки феросплавів.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 105 сторінок, у тому числі 96 сторінок основного тексту,

17 рисунків, 9 таблиць, 35 найменувань використаних джерел на 4 сторінках, 1 додаток.

Робота виконана на кафедрі металургійного обладнання, інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету.

1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

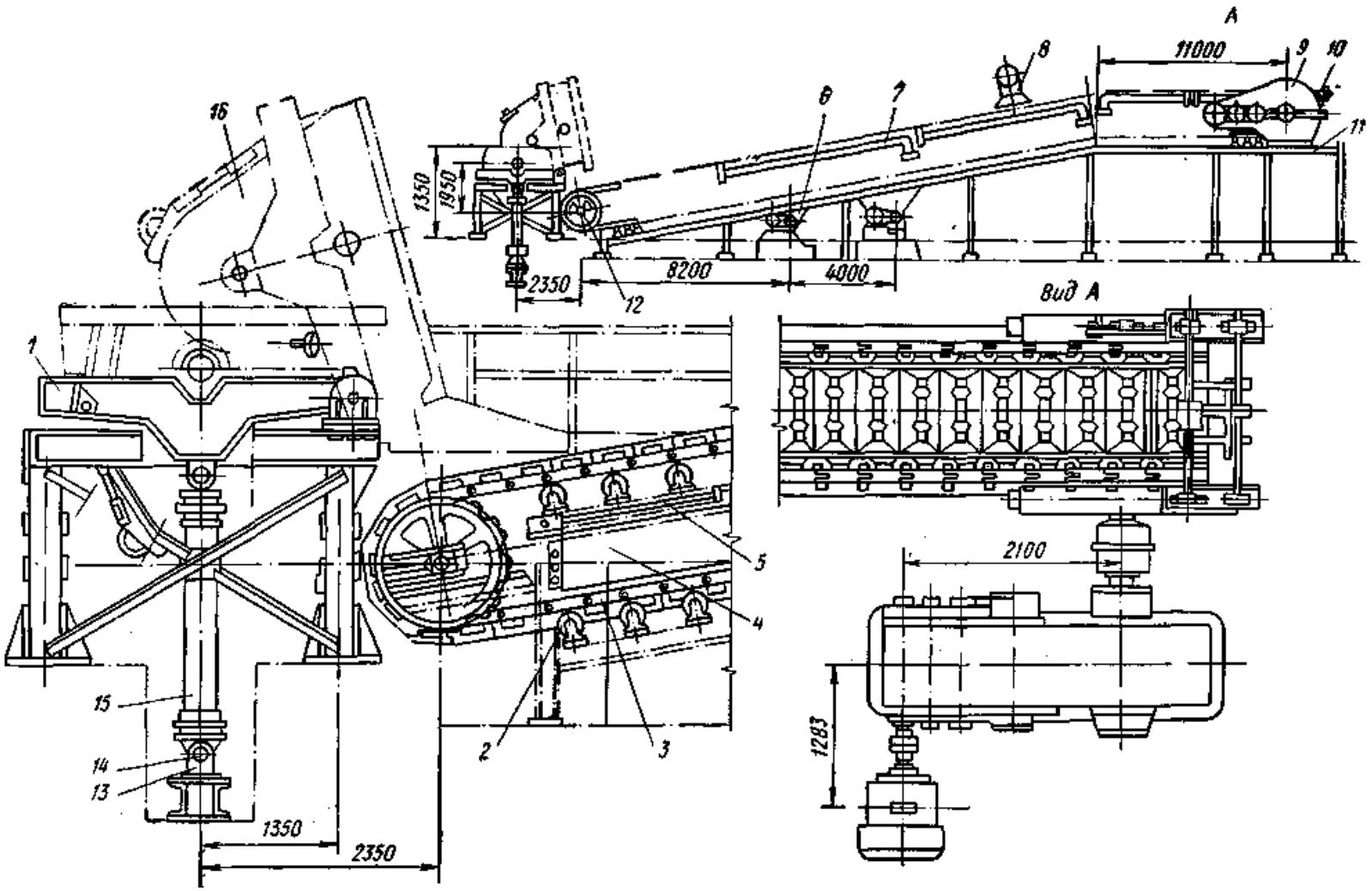
1.1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій та вузлів машини для розливання феросплавів

1.1.1. Конвеєрні ливарні машини

Конвеєрні розливні машини застосовуються для розливання феромарганцю, силікомарганцю, феросиліцію та, іноді, вуглецевого ферохрому. Із застосуванням конвеєрних ливарних машин значно підвищилися механізація ручної праці, продуктивність праці при розливі, покращилися умови праці в розливному прольоті, оскільки розлив сплавів проводиться не за допомогою кранів, а спеціальними гідравлічними кантувачами, які поміщені в герметизовані камери. Гази з камер відсмоктуються.

Загальний вид ливарної машини для розливання крем'янистих і марганцевих сплавів показано на рис. 1.1. Конструктивно машина є однострічковим замкнутим ланцюговим конвеєром, до ланок якого прикріплені виливниці. Конвеєр рухається за допомогою електромеханічного приводу. Основними частинами машини є ланцюг конвеєра 3 з роликоопорами 2, приводна станція 9, натяжна станція 12, кантувальний пристрій, обприскувач 7, що покриває внутрішній поверхню виливниць вапняним розчином, пристрій для охолодження 6, ударний механізм 10 для вибивання злитків з звареній рамі 4, 5. Кантувальний пристрій машини знаходиться в плавильному відділенні. Охолоджені зливки ланцюгом конвеєра передаються у відділення готової продукції. Вибиті з виливниць зливки за спеціальним жолобом 11 скочуються в бункер, встановлений під жолобом.

Перед розливом ківш 16, заповнений рідким сплавом, подають краном на майданчик кантувального пристрою. Цапфи ківша розташовують у гніздах двох траверс 1. Траверси з'єднані зі штоками поршнів, що переміщаються в гідравлічних циліндрах 15. Циліндри своєю основою закріплені шарнірно (шарнір 14) на стійці 13. У кантувальному пристрої застосовують два циліндри. При розливанні в міру перекидання ківша сплав заповнює виливниці.



1 – траверса; 2 – роликоопори; 3 – ланцюг конвеєра ; шарнір, 15 - гідравлічний циліндр, 16 - ківш

Рисунок 1.1 - Машина для розливання феросплавів

Вапно, що покриває внутрішню поверхню виливниць, оберігає зливки від пристування до стінок виливниць. Конвеєрний ланцюг складається з похилої та горизонтальної ділянок.

Максимальна швидкість руху конвеєра становить 5 м/хв. Розлив можна вести також зі швидкістю 2,5; 1,87 та 1,2 м/хв. Для зміни швидкості руху стрічки в приводній станції встановлено чотиришвидкісний двигун, зміною підключення обмоток якого змінюють швидкість обертання.

Потужність двигуна приводної станції становить 8,5; 11; 14; 18 кВт при частоті обертання 480; 725; 960 та 1460 об/хв; потужність двигуна обприскувача 10; 12,5; 14 кВт за 720; 970 та 1450 об/хв.

Істотним недоліком конструкції машини конвеєрного типу є змінна висота падіння сплаву при розливанні. При цьому метал сильно розбризкується. Втрати металу під час розливання на конвеєрній машині досягають 3%.

Крім 40 м однострічкових в останні роки стали застосовуватися машини 40 м двострічкові та 70 м дво- та однострічкові. Коротка технічна характеристика цих машин зазначена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1-Технічні характеристики розливних машин конвеєрного типу

Показники	Ливарна машина довжиною, м	
	70	40
Продуктивність, т/год, при розливанні:		
феросиліцію 18%-ного.	-/31	78/-
феросиліцію 45%-ного.	-/23	32,6/-
феросиліцію 75%-ного.	-/14	49,2/
феромарганцю вуглецевого	60/-	68/-
силікомарганця	48/-	-
Швидкість руху конвеєрної стрічки, м/с	0,054; 0,083; 0,18	0,083; 0,041; 0,031; 0,02
Маса зливка однієї виливниці, кг, при розливанні:		
феромарганцю	80/80	45
силікомарганця	64/-	-
феросиліцію 18%-ного.	-	55
феросиліцію 45%-ного.	-	45

феросиліцію 75%-ного.	-	35
Витрата води на охолодження виливниць, м ^{3}	162/-	130
Маса машини без металоконструкцій, з виливницями:		
чавунними	504	207,8
сталевими	-	-
Число виливниць у ланцюзі	726	2Х210
Потужність двигунів, кВт	18,9; 26,6; 32,4; 39,1	85/12; 11/8; 14/6; 18/4

Примітка. Чисельник – для двострічкової машини, знаменник – для однострічкової.

1.1.2. Технічна характеристика розливної машини.

1. Сплав, що розливається — FeSi , SiMn
2. Основні параметри машини:
   - а) кількість конвеєрів — 1
   - б) кількість виливниць — 250
   - в) максимальна продуктивність при безперервному розливанні _30т./год.
   - г) максимальна швидкість руху конвеєра — 5 м/хв
3. Швидкість руху ланцюга конвеєра:
   - перша — 1,2 м/хв.;
   - друга — 1,87 м/хв.
   - третя — 2,5 м/хв.
   - четверта — 5 м/хв.
4. Привод конвеєра:
   - а) тип електродвигуна — А083-12/8/6/4
   - б) потужність — 8,5/11/14/18 кВт
   - в) число оборотів — 480/725/960/1460 хв$^{-1}$
5. Привод обприскувачів:
   - а) тип електродвигуна — А082-8/6/4
   - б) потужність — 10/12,5/14 кВт
   - в) число оборотів — 720/970/1450 хв$^{-1}$
6. Привод кантувального пристрою
   - а) тип приводу — гідроциліндри
   - б) кількість — 2
   - в) хід — 2800 мм
7. Привод димососу:
   - а) тип електродвигуна — А103-8

б) потужність	12,5 кВт
в) число оборотів	730 $хв^{-1}$
8. Насосна установка:	
а) тип електродвигуна	А051-4
б) потужність	4,5 кВт
в) число оборотів	720 $хв^{-1}$
9. Маса зливка ФС 45 при максимальному рівні заливки	45 кг.
10. Маса машини з чавунними виливницями	103750 кг

1.1.3. Послідовність роботи вузлів та механізмів машини.

Від електропечі рідкий сплав у спеціальному ківші подається до кантувального пристрою, розташованого біля заливного ківша конвеєра машини.

Ківш встановлюється на спеціальній траверсі, що шарнірно пов'язана з рамою кантувального пристрою та його гідроциліндрами. Перекидання кіовша здійснюється двома гідроциліндрами через траверсу та штоки циліндрів. При повільному переміщенні штоків гідроциліндрів вгору траверса з ківшем повертається і метал поступово зливається рівномірним струменем у заливальний жолоб, футерований вогнетривкою цеглою. З нього надходить у виливниці (мульди), які рухаються разом із ланцюгом конвеєра машини. Конструкція виливниць та ухил конвеєра такі, що метал не переповнює мульди. Заповнені мульди рухаються спочатку похило, потім горизонтально до похилого скидного жолоба машини. Від початку конвеєра до його середини виливниці охолоджуються водою (система трубопроводів верхнього та нижнього охолодження). Крім того, по всій горизонтальній частині конвеєра виливниці охолоджуються повітрям з атмосфери.

При подальшому рухах ланцюг конвеєра огинає зірочку приводної станції, охолоджені чушки металу випадають з виливниць і по скидному жолобу попадають у металевий короб. Порожні виливниці разом із ланцюгом конвеєра рухаються назад у перекинутому положенні. На цьому шляху їхня внутрішня поверхня покривається тонким шаром вапняного молока, що

оберігає її від роз'їдання і не допускає приварювання рідкого металу. Для цього під конвеєром встановлений обприскувач.

Постійне мастило всіх поверхонь, що труться, і частин конвеєра здійснюється централізованою системою густого мастила.

Всі машини розливу розташовані таким чином, що метал надходить на склад готової продукції, де він у спеціальних коробах зважується, остигає протягом 8 годин і потім вантажиться в залізничні вагони для відправки споживачам.

1.1.4. Короткий опис конструкції та принцип роботи механізмів та вузлів машини.

Привід конвеєра

Привід конвеєра складається з редуктора, зубчастої муфти, електродвигуна та еластичної муфти. Редуктор чотириступінчастий, із циліндричними колесами. Загальне передатне число 598,6. Усі вали редуктора розвантажені від осьових зусиль, вони змонтовані на роликових підшипниках. Нижня частина корпусу редуктора лита зі сталі із приварною ванною, виготовленою з листової сталі. У ванні є отвір для спуску олії, що закривається пробкою. Кришка редуктора зварена із листової сталі. Редуктор герметично захищений від попадання пилу та бруду та забезпечений покажчиком масла у ванній, контрольними люками та запобіжним клапаном, що вирівнює тиск усередині редуктора із зовнішнім тиском. Для зручності монтажу та демонтажу редуктор забезпечений захватами та литими гаками.

Зубчаста муфта, що з'єднує редуктор приводу з валом приводної станції конвеєра, складається з напівмуфт, з'єднаних між собою болтами, втулок, кришок, прикріплених до болтами напівмуфт. Втулки насаджені на сполучні вали редуктора та приводної станції та мають зубці, якими зчіплюються із зубами напівмуфт. Така конструкція муфти дозволяє компенсувати деякі неточності установки. Ущільнення оберігають внутрішню порожнину муфти від забруднення та перешкоджають витоку олії. Через отвори, що закриваються

пробками, в муфту не рідше одного разу на три місяці необхідно вводити мастило.

Слід щодня оглядати муфту, підтягувати болти та перевіряти роботу ущільнення. Якщо виявиться, що ущільнення пропускають олію, їх необхідно замінити на нові.

Кантувальний пристрій

Кантувальний пристрій (рис. 1.2) складається з рами 1, траверси 2, гідроциліндрів 3, захватних пристроїв, опори траверси 4, опори гідроциліндрів 5 і виделки 6.

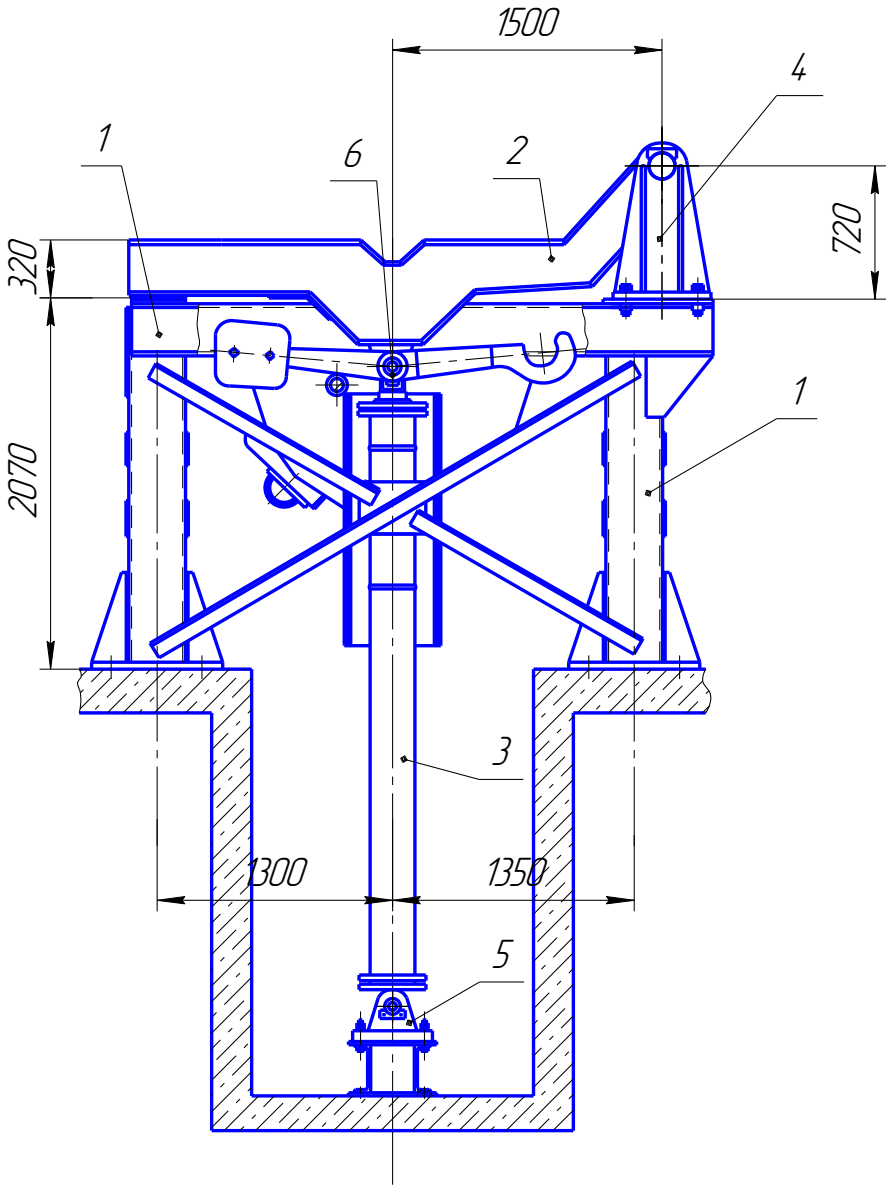


Рисунок 1.2 - Кантувальний пристрій

Рама є металоконструкцією, яка встановлюється на фундаменті біля заливальної частини машини. На рамі встановлюється траверса, яка є безпосередньою опорою ковша. З рамою траверса через опору з'єднана шарнірно і може повертатися разом із встановленим на ній ковшем навколо осі опори на кут 90º, що відповідає максимальному ходу поршня циліндрів. Практика показала, що кут нахилу ковшів у кантувальному пристрої машини не дає повної можливості зливу металу, кут нахилу рівний 90º є недостатнім для цього. У цій магістерській роботі для усунення цього недоліку пропонується захід, який дозволить скоротити втрати металу під час розливання.

Конвеєр

Конвеєр машини складається з натяжної станції, приводної станції, роликів та ланцюга з виливницями. В даний час конвеєр ливарної машини виконаний з двома ухилами, протилежними один одному. Недоліком даної конструкції є те, що існує ухил конвеєра у бік приводної станції. Внаслідок чого в цьому вузлі конвеєра під вагою виливниць ланцюг нижньої гілки збирається в гармошку з великим прогином, що призводить до утворення горбів, поломки виливниць, опорних роликів. Також не дає можливості зворотного ходу конвеєра, що так необхідно для технології розливання металу.

Приводна станція

Приводна станція (рис. 1.3) складається з двох ланцюгових зірочок 1, валу 2, осітримачів 3,підшипників 4, 5 і стійок 6 і упору 7.

Зірочки відлиті зі сталі, поверхні западин зубів стикаються з втулками ланцюга конвеєра, піддаються гартуванню. Зірочки на валу жорстко закріплені за допомогою тангенціальних шпонок. Стійка є звареною конструкцією.

Натяжна станція

Натяжна станція (рис. 1.4) складається з двох ланцюгових зірочок 1, валу 2, підшипників ковзання 3 з втулками 4, що направляють 5, тяг 6 та пружин 7.

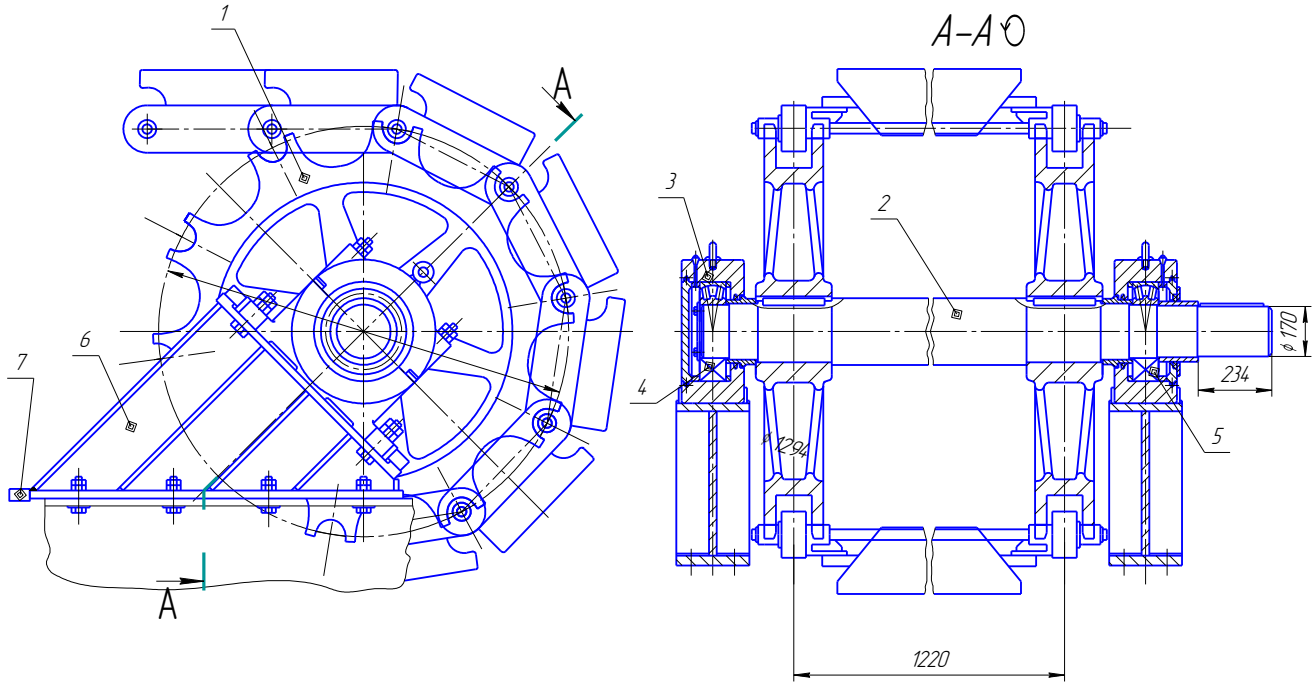


Рисунок 1.3 - Приводна станція

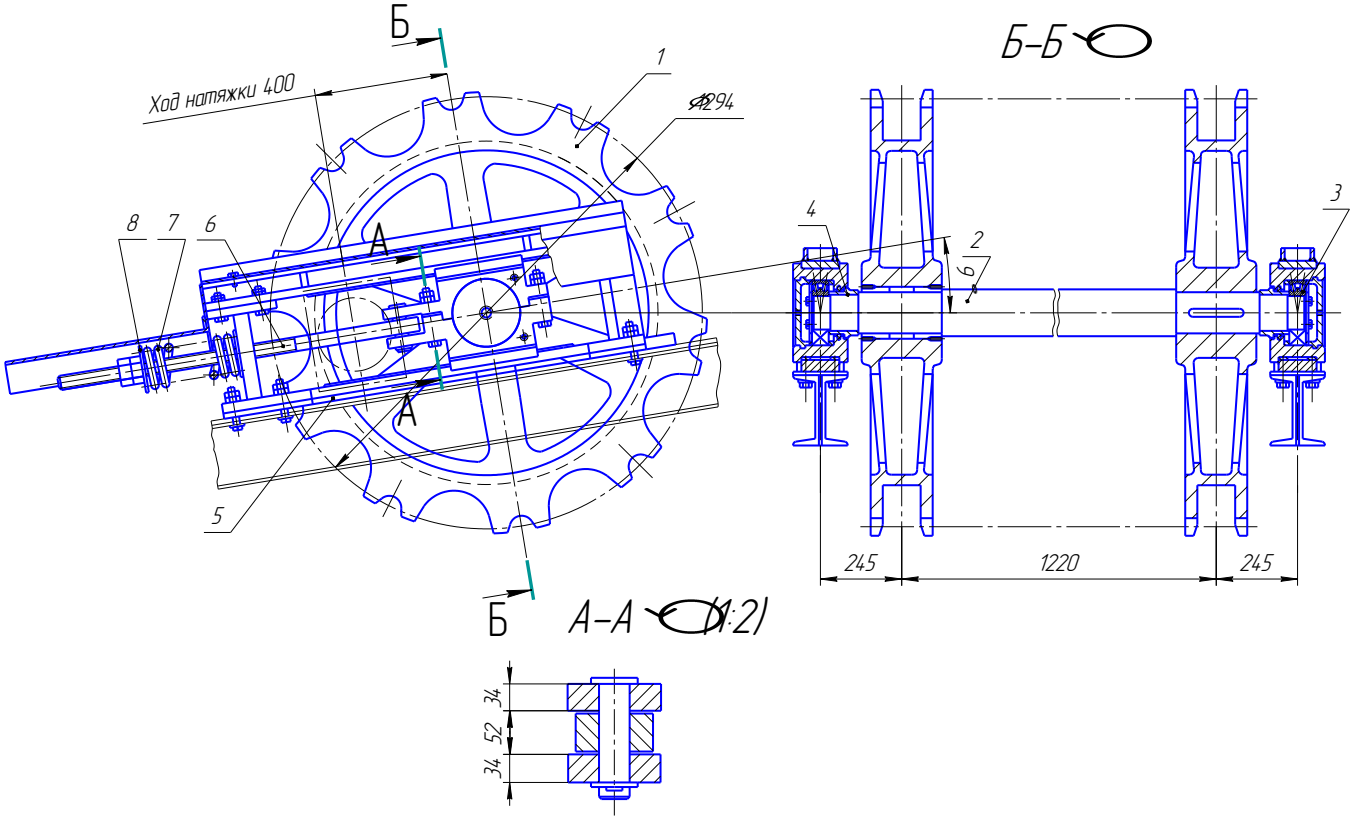


Рисунок 1.4 - Станція натяжна

Зірочки відлиті зі сталі. Одна зірочка жорстко з'єднана з валом шпонкою, інша на втулках і вільно повертається на валу. Така конструкція пом'якшує

вплив різниці зношування ланцюга конвеєра. Пружина пом'якшує вплив поштовхів, що виникають під час руху ланцюга конвеєра.

Ланцюг конвеєра

Ланцюг конвеєра підтримується і направляється роликами. Ролики розташовані в місці розливання металу. Ці ролики передбачені з консольними осями, їх опори винесені в сторони і захищені від бризок сплаву спеціальними зварними кожухами. Осі роликів обертаються на сферичних підшипниках.

Ланцюг конвеєра (рис. 1.5) складається з ланок 1, з'єднаних між собою в два паралельні ряди валиками 2, що проходять всередині втулок 3, шарнірно з'єднаних один з одним ланками кожного ряду.

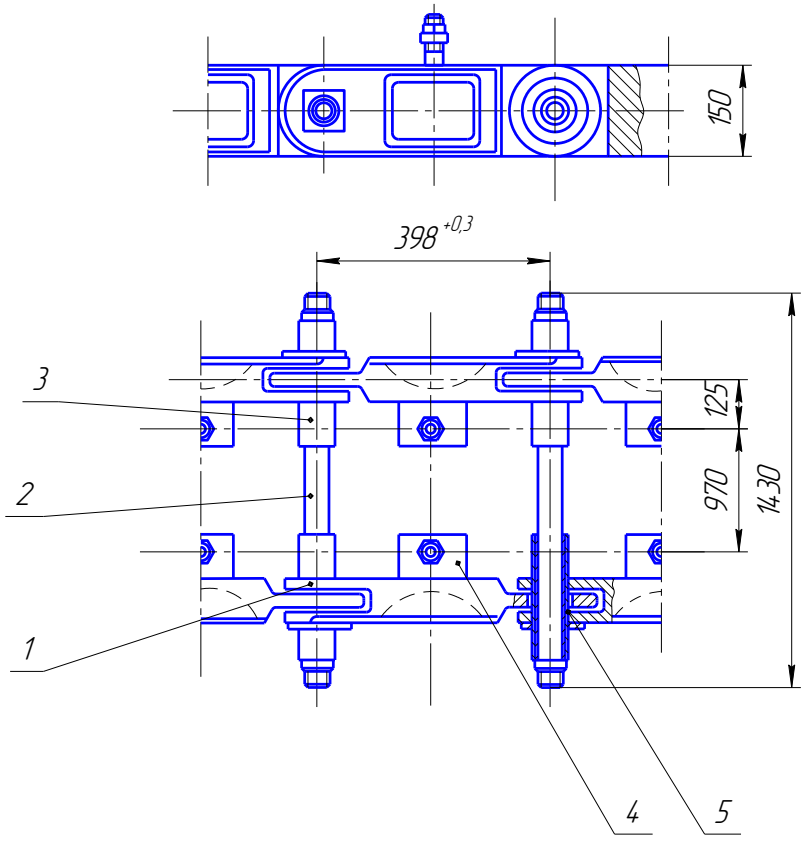


Рисунок 1.5 - Ланцюг конвеєра

Поверхня ланки, якою вона стикається з роликом, а також поверхні сполучних отворів схильні до загартування. Ланки забезпечені полицями 4 для кріплення до них виливниць. Втулки 3 відливаються із сталі, із зовнішнього боку вони мають квадратний фланець, який упирається у виступ на ланці ланцюга, не дозволяючи втулці повертатися при обгинанні ланцюгом зірочок

приводної та натяжної станції. У гнізді іншої зв'язаної ланки вставлено, виготовлене з марганцовистої сталі, кільце 5 з розрізом для шпонки, яка не дозволяє кільцю повертатися всередині гнізда. Таким чином, тертя в шарнірі ланцюга відбувається між поверхнями, що мають підвищену зносостійкість.

Виливниці

Виливниці (рис. 1.6) відлиті зі сталі або чавуну і кріпляться до ланцюга конвеєра болтами. Догляд за виливницями під час експлуатації полягає у достатньому покритті їх робочих поверхонь вапняним розчином.

В даний час більшість підприємств галузі виробляє розлив кольорових металів у виливниці, виготовлені з сірого чавуну марок СЧ15 і СЧ20, який в сучасних умовах експлуатації перестає відповідати вимогам надійності і довговічності. Заміна цих деталей сталевими економічно недоцільна, а деяких випадках не дає збільшення експлуатаційної стійкості. Витрата виливниць у своїй коливається не більше 0,3…5,5 кг/т і від багатьох чинників. Аналіз виробництва та умов роботи показав, що виливниці виходять з ладу в результаті утворення поздовжніх і поперечних тріщин, розпалу та ерозії внутрішньої поверхні.

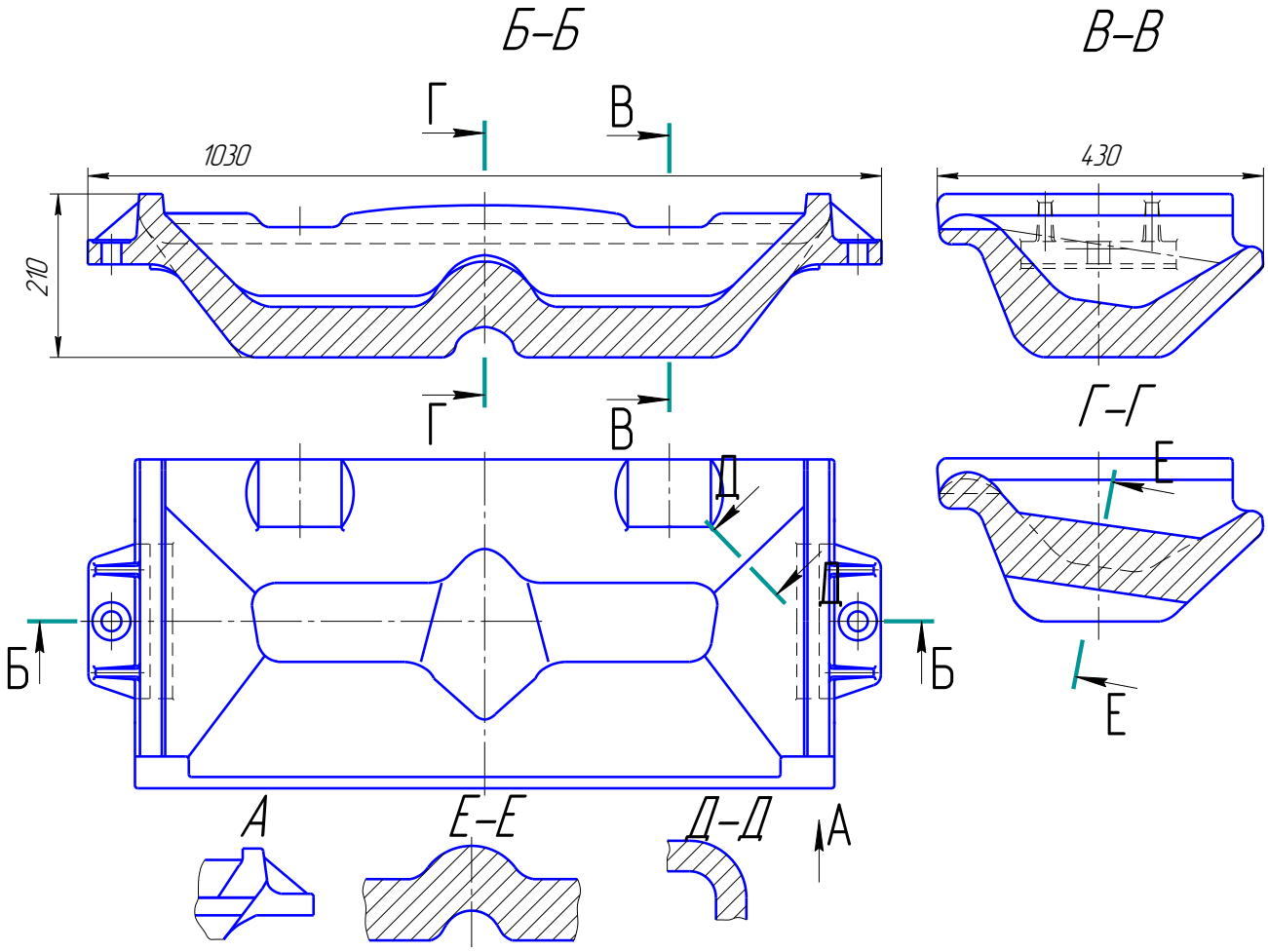


Рисунок 3.6 - Конструкція виливниці

Найбільш прийнятним матеріалом для заміни сірого чавуну з метою підвищення експлуатаційних характеристик виливниць є чавун з кулястим графітом (ЧШГ), що займає проміжне положення по механічних властивостях між сталями і сірими чавунами і по собівартості мало відрізняється від останніх. Найбільш перспективним способом підвищення службових та технологічних властивостей сірого чавуну, що застосовується для виготовлення виливниць, є модифікування. Високі показники механічних властивостей металу та експлуатаційної стійкості виливниць були отримані при обробці металу комплексними модифікаторами: поліметалевим порошком ЗТМК-6, залізо-кремній-магній-кальцієвою лігатурою ЖКМК-5, і лігатурою силіцидів редкоз . Присадки цих модифікаторів сприяли значному зниженню вмісту сірки

в металі, отриманню компактної форми графіту, подрібненню макро- та мікроструктури чавуну.

Випробування дослідно-промислової партії виливниць із сірого чавуну, модифікованого комплексними модифікаторами, показали збільшення стійкості виливниць у 1,4-2,2 рази.

Цей чавун за рахунок сфероїдизації графітових включень і за інших рівних умов має міцність на розрив у 2,6—3,3, ударну в'язкість у 2,3—3,3, термоциклічну стійкість у 1,8—4, гідроабразивну стійкість у 1,5—2,5, корозійну стійкість (1,5-2, жаростійкість в 3-4 рази вище, ніж у сірого чавуну.

Дослідження, проведені Галузевою лабораторією при Запорізькому машинобудівному інституті, показали, що при вмісті сірки в чавуні 0,08—0,1% можна отримувати ЧШГ шляхом модифікування чавуну лігатурою ЖКМ-2.

Лігатура має комплекс властивостей, що роблять її найбільш зручною при ваграночному процесі: температура плавлення 950-1150°С, температура процесу модифікування 1280-1400°С, перепад температур при модифікуванні не перевищує 50°С, транспортування, зберігання і дроблення лігатури не вимагають. Властивості ВЧ у виливницях та стійкість у порівнянні з СЧ представлені в табл. 1.2

Встановлено, що присадки лігатури в кількості 25-30 кг (2,5-3,0%) і 30-40 кг (3,0-4,0%) на 1 т електропічного (0,02-0,05% S) і ваграночного (0,06-0,10% S) 000,5 т є оптимальними (різниця в оптимальній присадці пояснюється підвищеним з одержанням сірки у вагранковому чавуні) і надають найбільший вплив на структуру та рівень механічних властивостей чавуну (рис. 1.7). Зі збільшенням присадки лігатури понад цю кількість залишковий вміст Mg, а також схильність чавуну до відбілу, утворення усадкових раковин, міжкристалітних пор і появі чорних плям у виливках зростали.

Таблиця 3.2 - Властивості матеріла виливниць із ВЧ

Виливниці для розливання	Матриця [1]	Діаметр включень - графіту, мкм	Механічні властивості					Стійкість наливів	Збільшення стійкості, раз [2]
			σ_b, кгс/мм^2	σ_i, кгс/мм^2	δ, %	f, мм	$a_н$, кгм/см^2		
Al	60-70% П, 40-30% Ф	40-60	60-65	100-110	8-10	8-11	0,8-1,0	40-50	2
Cu								68-75	2,5
Ni	50-60% Ф 50-40% П	60-100	50-55	80-95	6-8	5-7	0,6-0,8	75-85	4

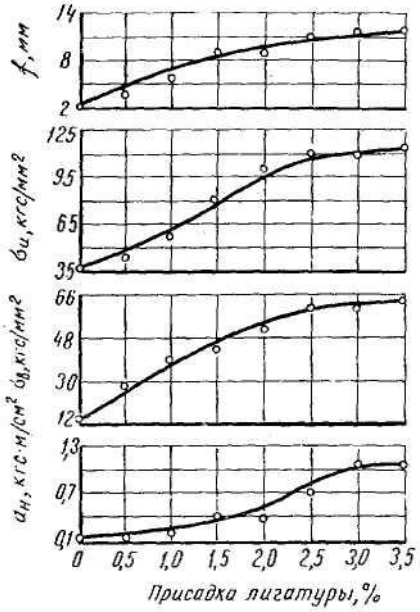


Рисунок 1.7. Зміна структури та рівня механічних властивостей чавуну в залежності від присадок .

Встановлено, що оптимальні присадки лігатури ЖКМ-2 сприяють суттєвому підвищенню корозійної стійкості у всьому досліджуваному діапазоні. Істотно зросла термічна стійкість досліджених зразків. Введення лігатури понад оптимальні значення не призвело до подальшого поліпшення властивостей чавуну. Твердість виливків із модифікованого чавуну (214-221 НВ) більш рівномірна і вище, ніж із серійного (130-160 НВ).

1) П - перліт, Ф - ферит
2) Порівняно зі стійкістю виливниць із сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85

Обробка чавуну лігатурою призводить до деякого зниження вмісту вуглецю (0,3-0,6%), дуже помітного зниження вмісту сірки, вміст кремнію зростає на 1,0-1,8% за рахунок переходу частини його з лігатури в метал, вміст марганцю і фосфору залишається практично незмінним.

Розроблена технологія отримання високопрочного чавуну з кулястим графітом (ЧШГ) дозволяє отримувати його в будь-яких умовах і на будь-якому типі плавильних агрегатів. Проведені роботи із заміни виливниць із сірого чавуну та виливницями із високоміцного чавуну дали позитивні результати. Широке впровадження високоміцного чавуну з кулястим графітом на підприємствах дозволить у 1,5—2 рази збільшити ресурс роботи деталей обладнання та дати значний економічний ефект.

Водоохолодження виливниць

Водопровід охолодження виливниць є водопровід технічної води. Складається із чотирьох секцій зрошення. Кожна секція складається з труби із привареними до неї поперечними трубками з отворами для поливу виливниць. Призначається для охолодження злитків сплаву у виливницях. Вода до виливниць подається знизу. Безпосередня подача води на рідкий метал не допускається. Відпрацьована вода зливається у загальнозаводський колектор для подальшого використання у виробничих цілях.

Встановлення димососу

У розливу для повітряного охолодження металу у виливницях застосовують установку димососа. Установка складається з димососа правого обертання, який рухається від електродвигуна через еластичну муфту.

Усі деталі димососа змонтовані на рамі, яка разом із димососом встановлюється на фундамент. Кожух, встановлений над конвеєром, з'єднаний із димососом трубопроводом. Регулювання потоку повітря здійснюється автоматично.

Похилі плити

Призначаються для видалення охолоджуваних за допомогою води бризок сплаву, що потрапляють під час розливання під виливниці. Плити

виготовляються литими із чавуну, із сталевих листів та куточків. Плити встановлені на швелерах між верхньою та нижньою гілками конвеєра. Водопровід охолодження плит складається з труби, що підводить, з муфтовим краном, горизонтального коліна і похилої труби з отворами для поливу плит.

При встановленні плит не допускати приварювання або іншого кріплення до плит будь-яких накладок, підкосів, металоконструкції, що несе, тощо. Поверхня плит має бути гладкою, щоб скрап на них не затримувався. Проміжок між верхньою гілкою конвеєра та похилими плитами не повинен перекриватися будь-якими елементами, що можуть перегородити скрапу прохід до похилих плит.

Щоб уникнути короблення плит і накипання на них скрапу, необхідно своє тимчасово починати зрошення плит водою.

Обприскувач

На ливарній машині є два однакові обприскувачі, один з яких працює на вапняному розчині, а інший резервний. Обприскувач (рис. 1.8) складається з зварного корпусу 6, валу 5 з насадженими на нього дисками 4, підшипників 2, електродвигуна 1 та захисної решітки 7.

Нижня частина корпусу є ванною, яка наповнюється вапняним розчином. Регулювання рівня розчину здійснюється за допомогою труби, що утворює зливний поріг, через який надлишок розчину з обприскувача надходить назад в поживний бак. Оптимальний рівень розчину в обприскувачі визначається в процесі експлуатації та підтримується відповідною продуктивністю насосів, що подають розчин в обприскувач. Регулювання рівня здійснюється регулятором рівня. Для постійного змучування розчину в обприскувачі передбачено повітряну трубу, місце підведення якої визначається при монтажі машини.

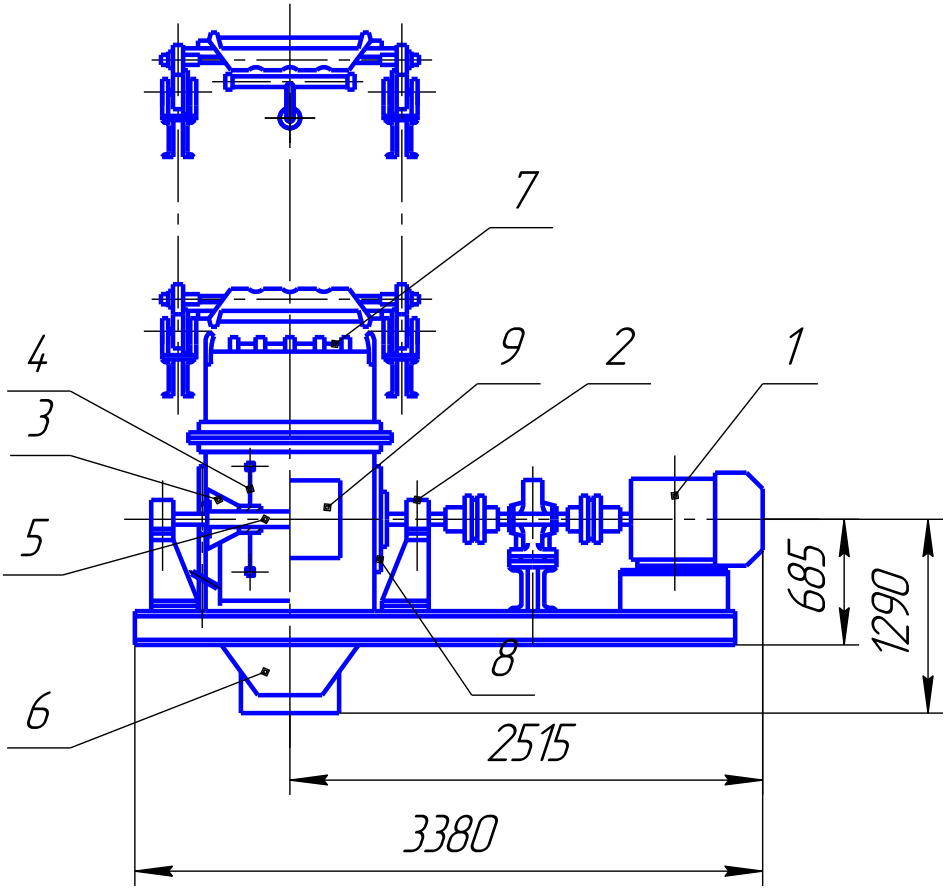


Рисунок 1.8 Обприскувач

Очищення обприскувача проводиться через люк 8 а визначення рівня осаду за допомогою кранів. Для забезпечення доступу до дисків 4 є відкидні дверцята 9. При необхідності вал з дисками може бути виведений з обприскувача через отвір, що закривається фланцевою кришкою. Для забезпечення монтажу та демонтажу валу стійка зроблена знімною. У місці виходу кінців валу з камери встановлені конусоподібні скидачі розчину 3. Решітка 7, виготовлена з ряду з'єднаних один з одним сталевих смуг, оберігає обприскувач від влучення в нього чушок. До підшипників валу обприскувача підводиться трубопровід від централізованої системи густого мастила. Диски обприскувача нижньою частиною постійно перебувають у вапняному розчині. При обертанні валу під дією відцентрової сили відбувається розбризкування розчину, що рівномірно покриває при цьому внутрішні поверхні виливниць. Для інтенсивнішого захоплення розчину диски забезпечені болтами.

Як показала практика, очищення обприскувачів на машині розливу є трудомістким і небезпечним процесом для робітників. Температура розчину досягає 100 ºС, а роботи виробляються вручну і займають тривалий час. Це зрештою знижує продуктивність машин, тягне додатково до втрат металу в ківшах. У цій роботі пропонується реконструкція обприскувача.

Ударний механізм

Наприкінці конвеєра машини розливу знаходиться ударний механізм. Він складається із стійок, зірочки, відбивача, прикріпленого до валу, що повертається в підшипниках, молотка та важеля, розташованого на валу, що спирається на підшипники.

Зірочка насаджена на вал приводної станції конвеєра і служить для приводу молотків коливальний рух через важіль, жорстко закріплений на валу. Молоток насаджений на той же вал і під час роботи піднімається вгору і опускається на чушку своїм бойком, спонукаючи її до випадіння і в тому випадку, якщо вона прилипла до виливниці. Чушки, що випали з виливниць, направляються відбивачем 6 навантажувальний пристрій.

Відбивач

Призначений для підтримування і направлення злитків, що випали з виливниць. Є сталевою литою плитою, що вільно висить на двох опорах.

Гідропривод

У машинах для розливання феросплавів кантування ковша з металом здійснюється гідравлічним приводом, виконаним згідно з гідравлічною схемою (рис. 1.9). Масло з бака 1 подається лопатевим насосом БГ12-21, що приводиться в обертання двигуном 2, через напірний дросель 6 в розподільний золотник 7 типу БГ 73-22 з електромагнітним управлінням. Запобіжний клапан 4 типу БГ 52-13 підтримує в системі тиск 9,5 МПа, яке контролюють за манометром 5. Для захисту системи від перевантажень на нагнітальній магістралі встановлений запобіжний клапан.

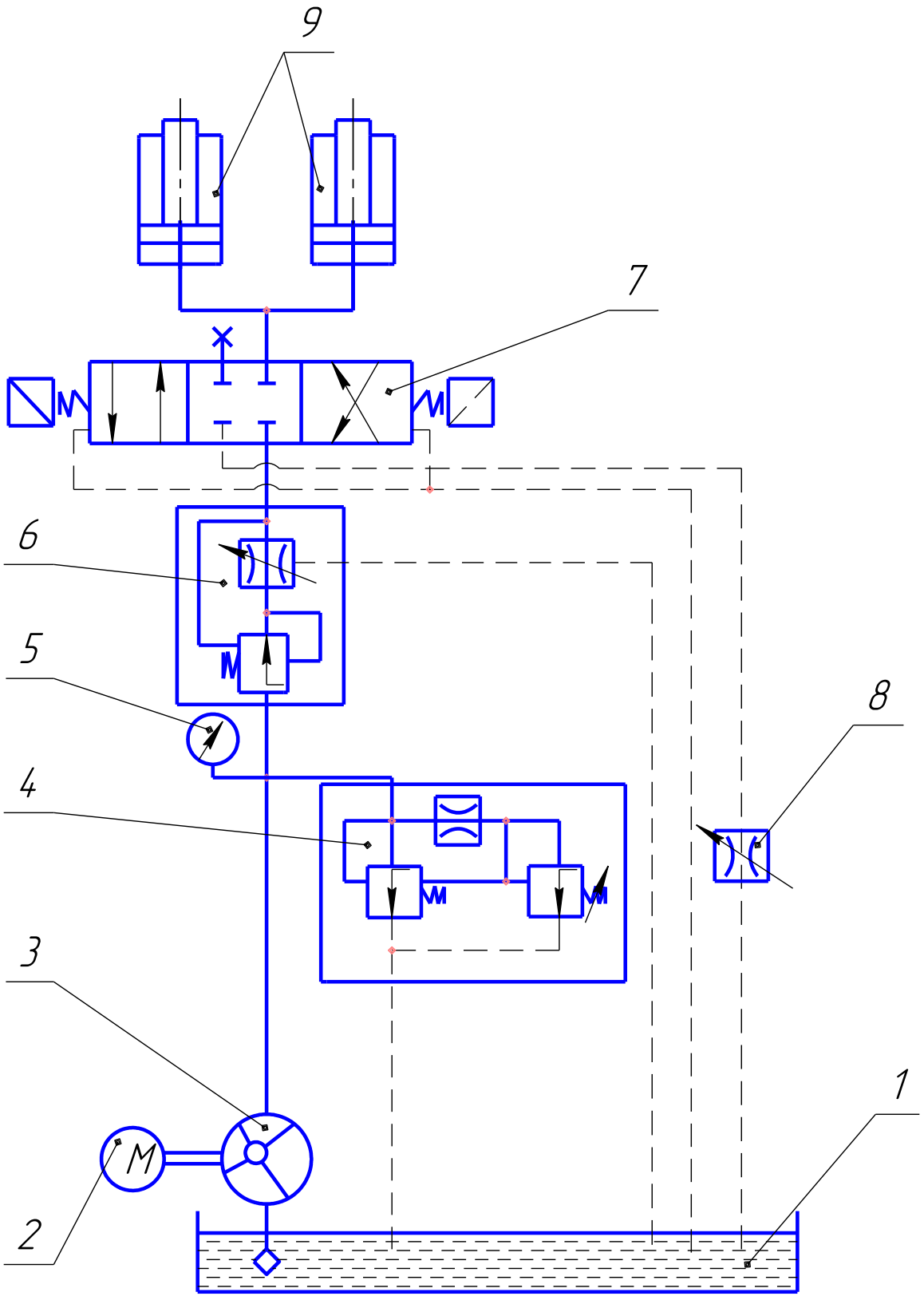
Управління підйомом та опусканням ковша здійснюється електромагнітним гідрозолотником 7, за допомогою якого по черзі

підключається до робочої порожнини гідроциліндрів 9 система напірних чи зливних маслопроводів. Швидкість підйому та опускання ковша регулюється дроселями 6 та 8, встановленими відповідно у напірній та зливній магістралях.

1.1.5. Машини конвеєрно-візкового типу

Крім конвеєрних ливарних машин, набувають поширення ма шини конвеєрно-візкового типу для розливання висококремнистих сплавів, модифікаторів і лігатур, а також сплавів, що містять елементи, що легко піддаються окисленню.

За пропозицією працівників Кузнецького заводу феросплавів (Г. В. Сє - рова, В. Г. Мізіна, А. Є. Молчанова, В. С. Гребенєва) створено візково - конвеєрну машину з використанням вузлів машини для розливання міді. Експлуатація цієї машини на Кузнецькому заводі феросплавів показала її переваги перед конвеєрною за рахунок зменшення втрат металу при розливанні, покращення якості та товарного виду злитків.



1 - бак, 2 - двигун синхронний, 3 - лопатевий насос, 4 - запобіжний клапан, 5 - манометр, 6 - напірний дросель, 7 - розподільний золотник з електромагнітним управлінням, 8 - регульований дросель (зливний), 9 – гідроциліндр

Рисунок 1.9 - Гідравлічна схема механізму кантування

Машина є безперервним еліптичним конвеєром із установлених на рейкові колії візків з піддонами-виливницями для металу овальної трапецеїдальної форми. У конвеєрі може бути сорок і більше візків залежно від швидкості пересування візків, місця розташування та кількості сплаву.

На одній гілки конвеєрної машини, розташованої в цеху паралельно до зовнішньої стіни розливного прольоту, розміщується обладнання для заливання сплаву, підсипання виливниць відсіваннями феросплавів і кантування виливниць. Інша гілка розливного конвеєра розміщується за стіною розливного прольоту і служить для охолодження злитків.

Виливниці - литі, чавунні. Глибина виливниць 150 мм, ширина 1000, довжина 1200-1500 мм. Сплав можна розливати пошарово. При цьому глибина виливниці та маса зливка можуть бути суттєво збільшені. Виливниці перевертаються електромеханічним кантувачем навколо горизонтальної осі для скидання злитків із виливниці. Кантувач ковша гідравлічний.

Місце розливання обладнане аспіраційною установкою. Місце вивантаження сплаву також обладнується відсмоктуванням газів та пилу з влаштуванням сухих газоочисних апаратів. Пил повертається у переплав.

За кордоном також набувають поширення конвеєрно-візкові машини. У США в новому цеху, де встановлені потужні (60 і 75 МВА) печі для виплавки 50- та 75%-ного феросиліцію, в розливному прольоті встановлена конвеєрна візкова розливна машина для розливання висококремнистого феросиліцію та феросиліцію з магнієм.

Розливка виготовляється з ковша, підвішеного на кран. Глибина - викладень 80 мм. Злиток тонкий. Виливниці не перевертаються для звільнення від металу, а виштовхуються спеціальним штовхачем, розташованим у центрі обертання конвеєра.

Виштовхування зливка відбувається у радіальному напрямку. Зливки падають у короб, встановлений під цією виливницею. Виливниці перед - розливом обприскують графітовою емульсією.

1.2. Пропозиції щодо реконструкції вузлів ливарної машини та обґрунтування прийнятих конструкцій

Метою даної є вдосконалення конструкцій вузлів машини для розливання феросплавів і механізації трудомістких робіт, що виникають при експлуатації машини.

В даний час конвеєр розливальної машини виконаний з двома протилежними ухилами один одному. Недоліком даної конструкції є ухил конвеєра у бік приводної станції. Під вагою виливниць у цьому вузлі конвеєра ланцюг нижньої гілки збирається в гармошку з великим прогином, що призводить до утворення горбів, поломки виливниць, опорних роликів. Також не дає можливості зворотного ходу конвеєра, що так необхідно для заднього дотримання розливу.

У цій роботі пропонується вкоротити конвеєр на довжину ухилу у бік приводної станції, виконавши його прямим (рис. 1.10).

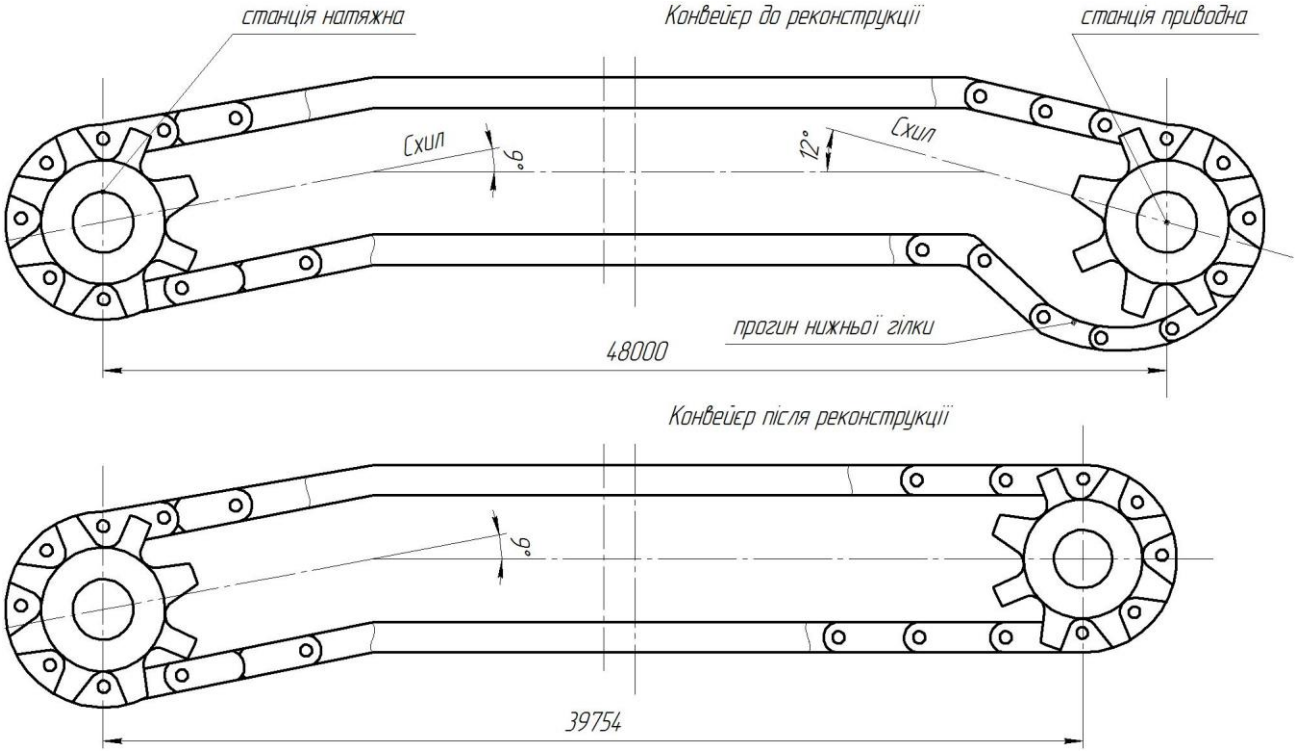


Рисунок 1.10 - Реконструкція конвеєра для розливання феросплавів.

В даний час довжина конвеєра становить 48 м, після впровадження цього заходу вона становитиме 39,754 м. Запропонований захід дозволить виключити вище зазначені недоліки, покращить робочу атмосферу машиністів розливальної машини та кранових машиністів. Збільшиться продуктивність розливу за рахунок різкого зниження простоїв з приводу ухилу виливниць і роликів. Також скоротиться постачання (кількість) роликів і виливниць.

Нині потреба опорних роликів становить 280 од., а виливниць 250 од. чи 52,5 т (заводські дані). Після запровадження пропозиції потреба у роликах скоротиться до 238 од. або 11,9 т, а виливниць до 210 шт. чи 44,1 т (заводські дані).

Пропозиція дасть велику економію грошових витрат на придбання цих деталей, скоротяться втрати металу, що позначиться на собівартості феросплавів.

Великі втрати металу при розливі можна скоротити рахунок збільшення кута нахилу ківша в кантувальному пристрої розливальної машини.

Існуючий кут нахилу рівний 90° недостатнім для повного зливу металу з ківша. Кут нахилу можна збільшити до 110°. Для цього необхідно змістити центр опори (рис. 1.11) циліндрів гідропідйомників ближче до опори шарніра рами 220 мм і збільшити робочий тиск від 75 до 95 атм.

Запропонований захід дозволить скоротити втрати металу під час розливання. Для виготовлення та монтажу нижньої та верхньої скоб гідропідйомників знадобиться одна робоча зміна. Це захід економічно вигідно, оскільки вихід готової продукції збільшиться рахунок скорочення втрат металу.

Зростання випуску кольорових металів вимагає збільшення рудовидобування та призводить до інтенсифікації роботи рудовидобувного, збагачувального та металургійного обладнання. В даний час більшість підприємств галузі виробляє розлив кольорових металів у виливниці, виготовлені з сірого чавуну марок СЧ1 5 і СЧ20, який в сучасних умовах експлуатації перестає відповідати вимогам надійності і довговічності. Заміна цих деталей сталевими економічно недоцільна, а деяких випадках не дає

збільшення експлуатаційної стійкості. Витрата виливниць при розливанні феросплавів становить 5,5 кг/т . Аналіз виробництва та умов роботи показав , що виливниці виходять з ладу в результаті утворення поздовжніх і поперечних тріщин, розпалу та ерозії внутрішньої поверхні.

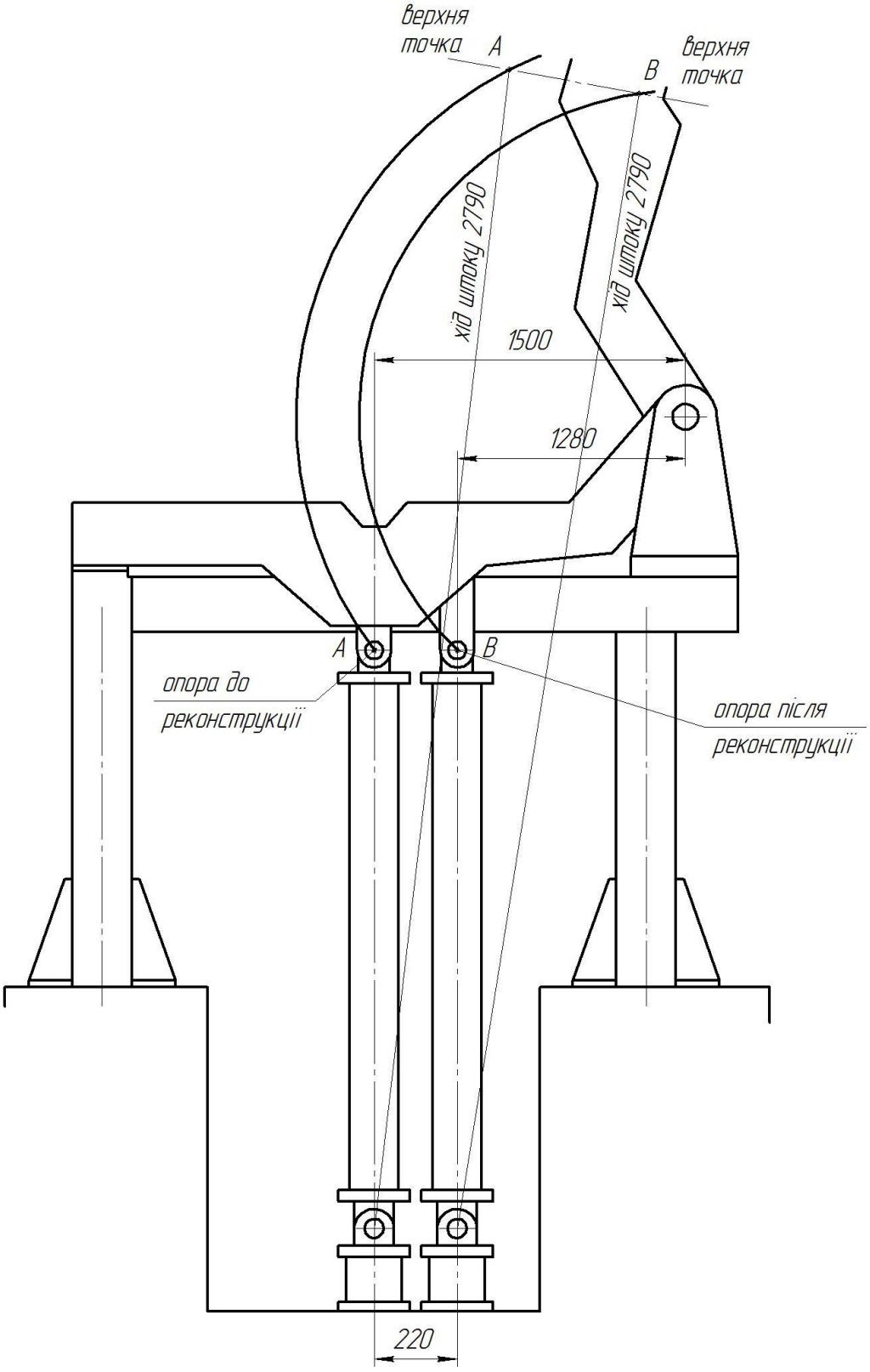


Рисунок 1.11 - Реконструкція кантувального пристрою для розливання феросплавів

Найбільш прийнятним матеріалом для заміни сірого чавуну з метою підвищення експлуатаційних характеристик виливниць є чавун з кулястим графітом (ЧКГ), що займає проміжне положення по механічних властивостях між сталями і сірими чавунами і по собівартості мало відрізняється від останніх. Найбільш перспективним способом підвищення службових та технологічних властивостей сірого чавуну, що застосовується для виготовлення виливниць, є модифікування.

На підставі аналізу результатів досліджень, наведених у технічній літературі, в даній роботі пропонується заміна матеріалу виливниць найбільш перспективним матеріалом, а саме застосувати чавун з кулястим графітом, відповідний марці ВЧ45-5.

Виливниці, виготовлені з цього матеріалу, мають удвічі більшу стійкість, ніж виливниці із сірого чавуну СЧ 20, який традиційно використовують для їх виготовлення. Проведені лабораторні дослідження термоциклічної стійкості ВЧ 45-5 показали, що є можливість подальшого збільшення цього показника за рахунок обробки рідкого чавуну барієм, церієм окремо або спільно. При цьому відсоток наявності Се повинен коливатися в межах 0,01…0,03%, 0,005…0,012%.

Широке впровадження високоміцного чавуну з кулястим графітом на підприємствах дозволить у 1,5…2 рази збільшити ресурс роботи деталей обладнання та дати значний економічний ефект.

Трудомістким та небезпечним процесом при експлуатації розливальної машини є очищення обприскувачів. Роботи на цій ділянці виробляються робітниками вручну і займають тривалий час, а також при високих температурах, коли температура досягає 100˚С. Внаслідок цього знижується продуктивність машини, а отже, тягне за собою додаткові втрати металу.

У даній магістерській роботі пропонується нова конструкція обприскувача з механічним очищенням за допомогою поршневого циліндра та рухомою щелепою нижньої частини ємності обприскувача.

Нова конструкція обприскувача складається з корпусу обприскувача, який кріпиться на балці, відкидного ківша, який повертається на шарнірній підвісці при русі поршневого циліндра, він же повертається на пальці підвіски, магістральної труби, фіксатора, шарніра, диска обприскувача, труби для скидання вапняного розчину у бак-мішалку.

Управління поршневим циліндром обприскувача відбувається за допомогою гідросистеми, що раніше працює тільки на кантувальному пристрої для управління гідропідйомниками. У зв'язку з новою конструкцією обприскувача зміниться і гідравлічна схема управління циліндрами, вона буде тепер загальною для управління гідропідйомниками кантувального пристрою та поршневого обприскувача.

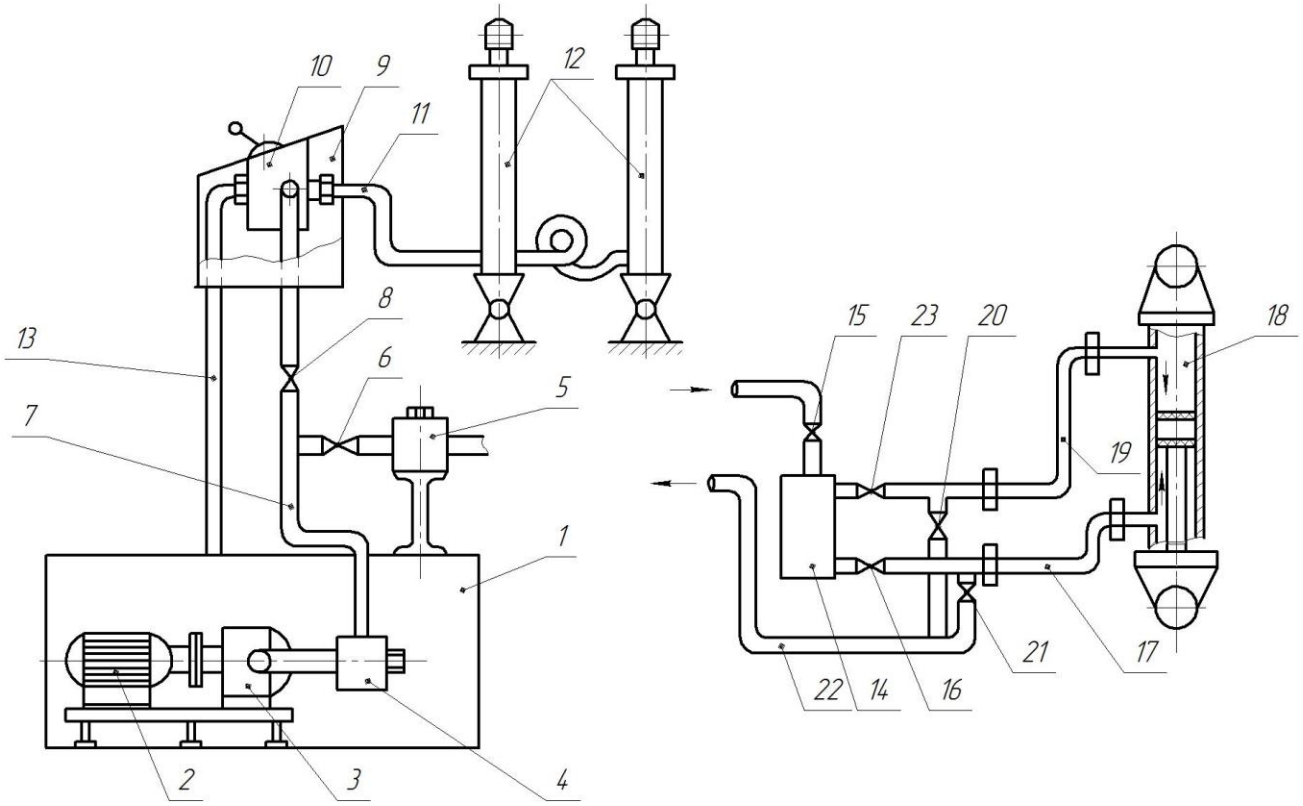


Рисунок 1.12 - Схема керування гідропідйомником та обприскувачем ливарної машини:

Нова гідросистема представлена рисунку 1.12. Вона складається: бака гідропідйомників 1, електродвигуна 2, насоса 3 типу БГ-12-2, зворотного клапана 4, який пропускає масло в одному напрямку, редукційного клапана 5 типу Г51-23 зниження тиску і підтримання його на заданому рівні в окремих ділянках системи. Після редукційного клапана встановлюється вентиль 6 типу НК13БК діаметром 10мм для подачі масла в систему обприскувача. Коли вентиль 6 закритий, олія потрапляє в трубу 7 подачі олії на гідропідйомники. Вентиль 8 типу НК13БК діаметром 10мм перекриває або дає доступ до системи кантального пристрою. На пульті управління 9 встановлений дросель типу 10 Г55-24 з регулятором, який регулює швидкість повороту ківша. Далі по трубі 11 масло подається в гідропідйомники 12 (тип плунжерний). По трубі 13 відпрацьована олія скидається в бак.

Для керування гідроциліндром, встановленим на обприскувачі, необхідно перекрити вентиль 8 і дати доступ маслу, відкривши вентиль 6 редукційний клапан. Так як гідроциліндр обприскувача працює на меншому тиску, ніж гідропідйомники кантувального пристрою, редукційний клапан необхідний. Так як він знижує тиск у системі та підтримує його на заданому рівні. З редукційного клапана масло під меншим тиском потрапляє у вентиль 15 типу НК13БК діаметром 10мм, який забезпечує подачу масла колектор 14. Вентиль 16 дає доступ масла в циліндр. Через шланг високого тиску відкриття 17 масло потрапляє в порожнину циліндра 18. Поршень рухається вгору і відкриття відкидного ківша обприскувача, відбувається очищення обприскувача від вапняного розчину.

При опусканні поршня вниз, відкидний ківш закривається і тоді олія виходить із шлангу високого тиску закриття 19. Проходячи вентиль 20, 21 масло прямує трубою 22 для скидання в гідробак. Вентиль 23 призначений для подачі масла колектор при закритті.

Запропонована механізована нова конструкція обприскувача дозволить зняти другий резервний обприскувач, оскільки різко скоротиться час очищення, що підвищує продуктивність машини. Скоротяться втрати металу, покращяться

умови праці, оскільки не буде ручної праці. Реконструкція обприскувача дає економію матеріалів та не знадобиться додаткова кількість робочих для очищення обприскувачів.

За заводськими даними витрати часу двома робітниками на чистку обприскувача становить 1 годину 30 хвилин. За добу проводиться очищення на 2-х машинах одночасно (у цеху 6 машин). Періодичність очищення 13 разів на місяць (за заводськими даними). Таким чином, робочий час на одну машину становитиме 26 діб на місяць.

Після впровадження нової конструкції обприскувача витрати робочого часу на одну машину одним робітником мають становити 60 хв (заводські дані). Робочий час однієї машини збільшиться, що згодом позначиться на кількості продукції, що випускається.

Матеріали, такі як циліндр, запірна арматура, шланги високого тиску можуть бути використані як залишок від реконструкції бункерів складу готової продукції.

Проведена реконструкція розливної машини крем'янистих феросплавів дасть великий економічний ефект.

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1. Визначення тягового зусилля та потужності електродвигуна після реконструкції конвеєра розливальної машини

Дані для розрахунку

- Швидкість стрічки, V =0,08м/с
- Довжина конвеєра, L = 39,754м
- Крок ланцюга, t = 0,4м
- Кут нахилу, α=9º
- Число зубів зірочки, Z = 10
- Вага всіх деталей ланки (двох мульд, двох пластин, валика, двох втулок, двох кілець та ін.) = 2,8 кН
- Вага отриманої виливниці g= 0,45Н.

Як тяговий орган попередньо приймаємо дві пластинчасті каткові з ребордами на катках розбірні ланцюги з суцільними валиками і руйнівним навантаженням $F_{РАЗР}$ = 112кН . Номер ланцюга – М112. Позначення ланцюга:

Ланцюг тяговий М112-4-400-2 ГОСТ 588-81.

Визначаємо опір руху на ділянці стрічки, починаючи від точки 2 (рис. 2.1). У цій точці буде найменший натяг S_2 ланцюга стрічки, що створюється натяжним пристроєм.

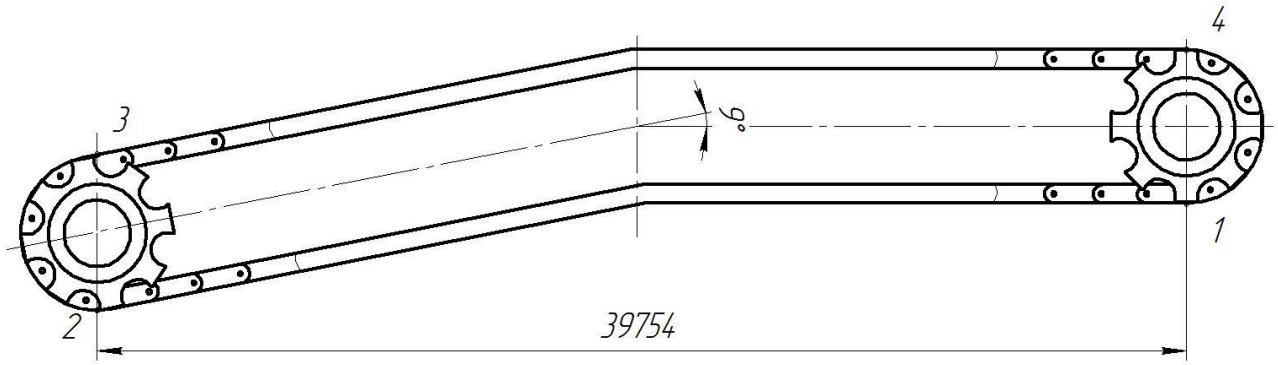


Рисунок 2.1 - До розрахунку тягового зусилля та потужності приводу конвеєра розливальної машини

Приймемо S2 = 5кН .

Визначимо опір руху дільниці 2-1.

$$W_{2-1} = q_0 \cdot L \cdot \sin\alpha - q_0 \cdot L \cdot \omega \cdot \cos\alpha$$

де $q_0 \cdot L \cdot \sin\alpha$ - складова ваги стрічки,

$q_0 \cdot L \cdot \omega \cdot \cos\alpha$ - Складова сили тертя.

Опір складовою силою тертя $q_0 \cdot L \cdot \omega \cdot \cos\alpha$ взято зі знаком «-» з огляду на те, що воно діє на ділянці 2-1 у бік приводу.

Власну вагу стрічки на один погонний метр q_0 визначаємо в такий спосіб.

а) кількість ланок на 1 пог. м стрічки

$$n = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

б) вага одного погонного метра

$$q_0 = 2,8 \cdot 2,5 = 7кН.$$

Визначаємо тяговий коефіцієнт

$$\omega = c \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D}$$

де с - коефіцієнт, яким враховуємо тертя зубів про реборди роликів, з урахуванням перекосів. Приймаємо с=4;

f - коефіцієнт тертя для роликових підшипників, враховуючи знос і несприятливі умови роботи. Приймаємо $f = 0,04$;

μ - коефіцієнт тертя кочення на обід роликів. Приймаємо $\mu = 0,08$;

d - середній діаметр роликопідшипника, $d = 6,5$ мм;

D - діаметр ролика, $D = 25$ мм

$$\omega = 4 \cdot \frac{0,04 \cdot 6,5 + 2 \cdot 0,08}{25} = 0,067$$

Знаходимо значення $\sin 9^0 = 0,156; \cos 9^0 = 0,987$

Тоді

$$W_{2-1} = 7 \cdot 39,754 \cdot 0,156 - 7 \cdot 39,754 \cdot 0,987 \cdot 0,067 = 25,01кН$$

Натяг ланцюгів на ділянці 1

$$S_1 = S_2 + W_{2-1} = 5,0 + 25,01 = 30,01кН$$

Наслідуючи від точки 2 у напрямку руху ланцюгів і приймаючи підвищений їх натяг через опір на зірочках рівним 10% від натягу гілок, що набігає, отримаємо

$$S_3 = 1{,}1 \cdot S_2 = 1{,}1 \cdot 5{,}0 = 5{,}5кН$$

Визначаємо зусилля на натяжному барабані

$$Q = S_2 + S_3 = 5{,}0 + 5{,}5 = 10{,}5кН$$

Опір руху на ділянці 3-4 буде рівним

$$W_{3-4} = (q_0 + q) \cdot L \cdot \sin\alpha + (q_0 + q) \cdot L \cdot \omega \cdot \cos\alpha$$

де q – вага феросплаву в мульдах на один погонний метр.

$$q = 0{,}45 \cdot 2 \cdot 2{,}5 = 2{,}25кН/м;$$

$$W_{3-4} = (7 + 2{,}25) \cdot 39{,}754 \cdot 0{,}156 + (7 + 2{,}25) \cdot 39{,}754 \cdot 0{,}987 \cdot 0{,}067 = 81{,}68кН$$

Визначаємо натяг ланцюгів у точці 4

$$S_4 = S_3 + W_{4-3} = 5{,}5 + 81{,}68 = 87{,}18кН$$

Втрату на наведеній зірочці з урахуванням зносу приймаємо 15%, так що розрахункова величина натягу ланцюгів стрічки дорівнюватиме

$$S_4' = 1{,}15 \cdot S_4 = 1{,}15 \cdot 87{,}18 = 100{,}26кН$$

Окружне зусилля на двох приводних зірочках

$$T = S_4' + S_1 = 100{,}26 - 30{,}01 = 70{,}25кН$$

Визначаємо додаткове динамічне зусилля у ланцюгах у період прискорення

$$S_D = \frac{(q + 2 \cdot q_0) \cdot L}{g} \cdot 3 \cdot a$$

де a – прискорення, що розраховується за формулою

$$a = 2\pi^2 \cdot \left(\frac{V}{Z^2 \cdot t}\right) = 2 \cdot 3{,}14^2 \cdot \left(\frac{0{,}08}{10^2 \cdot 0{,}4}\right) = 0{,}039м/с^2;$$

V - швидкість стрічки, $V = 0{,}08м/с$;

Z - число зубів зірочки, $Z = 10$;

t - крок ланцюга, $t = 0{,}4м$

$$S_D = \frac{(2{,}25 + 2 \cdot 7) \cdot 39{,}754}{9{,}81} \cdot 3 \cdot 0{,}039 = 7{,}7кН$$

Сумарний максимальний натяг обох ланцюгів

$$S_D + S_4' = 7{,}7 + 100{,}26 = 107{,}96кН$$

Визначимо тягове зусилля на приводній зірочці

$$W = S_D + T = 7,7 + 70,25 = 77,95кН$$

Необхідну потужність на приводному валу конвеєра визначимо за формулою

$$P_0 = \frac{W \cdot V}{1000} = \frac{77,95 \cdot 0,08}{1000} = 6,24кВт$$

Необхідну потужність двигуна визначимо як

$$P = \frac{k \cdot P_0}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 6,24}{0,885} = 8,5кВт$$

де k - коефіцієнт запасу, $k = 1,2$;

η - ККД передачі, $\eta = 0,97^4 = 0,885$ прийнятий у реченні, що у приводі буде використаний чотириступінчастий циліндричний редуктор.

Таким чином, виходячи з розрахунку потужності приводу, за каталогом вибираємо асинхронний електродвигун типу АО83-12/8/6/4 номінальною потужністю $P_{ДВ}$=8,5/11/14/18 кВт за частоти обертання $n_{ДВ} = 480/725/960/1460хв^{-1}$. Момент інерції ротора $I_p = 0,137кг \cdot м^2$. Кратність максимального моменту $\psi_{\max} = 2,2$

Перевірка правильності вибору електродвигуна

Перевіряємо електродвигун на перевантаження по відношенню до максимального моменту

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{ном}} \le [\lambda]$$

де $[\lambda]$– допустимий коефіцієнт навантаження.

$$M_{ном} = 9550\frac{P_{ДВ}}{n_{ДВ}} = 9550\frac{18}{1460} = 111,7Н \cdot м$$

$$M_{\max} = 190Н \cdot м$$

$$\lambda = \frac{190}{111,7} = 1,7 < [\lambda] = 2,2$$

Отже, двигун вибрано правильно.

Визначимо частоту обертання приводного валу за формулою

$$n_{П.В.} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V}{\pi \cdot D_0} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0{,}08}{3{,}14 \cdot 1294} = 1{,}22 мин^{-1}$$

де D_0 - діаметр приводної зірочки, $D_0 = 1{,}294 м$

Необхідне передаточне число приводу ($V = 0{,}08$ при $n_{ДВ} = 725$)

$$u = \frac{n}{n_{П.В.}} = \frac{725}{1{,}22} = 594{,}26$$

За формулою визначимо розрахункову потужність редуктора

$$P_{РЕД} = \frac{P_0}{k} = \frac{6{,}24}{0{,}65} = 9{,}6 кВт$$

де k - коефіцієнт, що враховує умови роботи приводу. При безперервній роботі приводу протягом 24 годин $k = 0{,}65$.

За каталогом редукторів вибираємо редуктор типорозміру А2100 з передатним ставленням $u_{РЕД} = 598{,}6$, при частоті обертання швидкохідного валу $n_{РЕД} = 1500 мин^{-1}$, потужність при тяжкому режимі роботи $P_{РЕД} = 19{,}7 кВт$; ККД редуктора $\eta = 0{,}97^4 = 0{,}885.$

Для вибору сполучної муфти між двигуном і редуктором визначаємо номінальний крутний момент двигуна

$$T_{НОМ} = 9550 \cdot \frac{P_{ДВ}}{n} = 9550 \cdot \frac{18}{1460} = 117{,}7 Н \cdot м$$

З урахуванням коефіцієнта кратності максимального моменту двигуна приймемо розрахунковий момент муфти

$$T_M^P = \psi_{\max} \cdot T_{НОМ} = 2{,}2 \cdot 117{,}7 = 259{,}02 \approx 260 Н \cdot м$$

Припускаючи, що для запобігання зворотному руху завантаженого конвеєра необхідне гальмо, передбачаємо пружну втулково-пальцеву муфту з шлунком гальмівним. За каталогом вибираємо муфту №1 з найбільшим моментом, що передається (крутить $T_M = 500 Н \cdot м$, великий $T_M^P = 260 Н \cdot м$, з діаметром гальмівного шківа $D = 200 мм.$ Момент інерції муфти $I_M = 0{,}125 кг \cdot м^2$.

Визначимо розрахункове зусилля в ланцюзі

$$S_P = 1{,}15 \cdot \frac{(T + S_D)}{2} = 1{,}15 \cdot \frac{(70{,}25 + 7{,}7)}{2} = 38{,}98 кН$$

Визначаємо середній пусковий момент двигуна

$$T_{СР.П} = 0{,}85^2 \cdot \frac{\psi_П + \psi_{\max}}{2} \cdot T_{НОМ}$$

де $\psi_П$ - кратність пускового моменту двигуна $\psi_П = 1{,}7$;

$T_{НОМ}$ - номінальний момент двигуна.

$$T_{СР.П} = 0{,}7225 \cdot \frac{1{,}7 + 2{,}2}{2} \cdot 117{,}7 = 165{,}8 Н \cdot м$$

Гальмо встановлюємо на швидкохідному валу редуктора для визначення потрібного гальма, визначимо розрахунковий гальмівний момент.

$$M_T = k_T \cdot M_{СТ.Т} = 2{,}0 \cdot 0{,}465 = 9{,}3 Н \cdot м$$

де k_T - коефіцієнт запасу гальмування, за правилами ДержГірТехНагляду для важкого режиму роботи $k_T = 2{,}0$

$M_{СТ.Т}$ - статичний момент на валу двигуна при гальмуванні

$$M_{СТ.Т} = \frac{Q \cdot D \cdot \eta_М}{2 \cdot u_М} = \frac{10{,}5 \cdot 1{,}294 \cdot 0{,}94}{2 \cdot 13{,}7} = 0{,}466 Н \cdot м$$

Таким чином, для запобігання мимовільному зворотному руху каталогу вибираємо гальмо ТКТ-200/100 з найбільшим гальмівним моментом 40Нм, який слід регулювати на потрібний гальмівний момент. Вибір цього типорозміру гальма обумовлений вибором муфти даного діаметра.

2.2. Розрахунок перекидаючого моменту в кантувачі, визначення розрахункового зусилля на гідроциліндри кантувального пристрою

При повороті ківша з металом привід повинен подолати статичний момент, який можна уявити сумою таких складових:

$$M_{ОПР} = M_к + M_м + M_{тр}, Н \cdot м$$

де $M_к$ - момент необхідний повороту порожнього ківша, Н·м;

$M_м$ - момент від ваги рідкого металу, Нм;

$M_{тр}$ - момент від ваги траверси, Нм.

Визначення цих моментів зводиться до пошуку центрів ваги корпусу та футерування [6].

Координати центру ваги корпусу щодо осей X_1 і $У_1$ (рис. 2.2) знаходимо як фігуру усіченого конуса

$$У_{кж} = \frac{h}{4} \cdot \left(\frac{r^2 + 2 \cdot R \cdot r + 3 \cdot R^2}{r^2 + R \cdot r + R^2} \right), м$$

де h - висота усіченого конуса, м;

R, r - радіуси основ конуса великого та малого.

$$У_{кж} = \frac{2{,}175}{4} \cdot \left(\frac{0{,}8^2 + 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 1{,}1^2}{0{,}8^2 + 1{,}1 \cdot 0{,}8 + 1{,}1^2} \right) = 1{,}201 м$$

$$X_{кж} = 0 м$$

Координати центру тяжіння футерування ківша щодо осей X_1 і Y_1 (рис. 2.3)

$$У_{ф} = \frac{2{,}015}{4} \cdot \left(\frac{0{,}817^2 + 2 \cdot 1{,}084 \cdot 0{,}817 + 3 \cdot 1{,}084^2}{0{,}817^2 + 1{,}084 \cdot 0{,}817 + 1{,}084^2} \right) = 1{,}101 м$$

$$X_{ф} = 0 м$$

Загальні координати центру ваги порожнього ківша визначаємо за формулами:

$$X_0 = \frac{G_{кж} \cdot X_{кж} + G_{ф} \cdot X_{ф}}{G_{кж} + G_{ф}}; \qquad У_0 = \frac{G_{кж} \cdot У_{кж} + G_{ф} \cdot У_{ф}}{G_{кж} + G_{ф}}.$$

де $G_{кж}$ – вага металевого кожуха, кН;

$G_{ф}$ - вага футерування, кН.

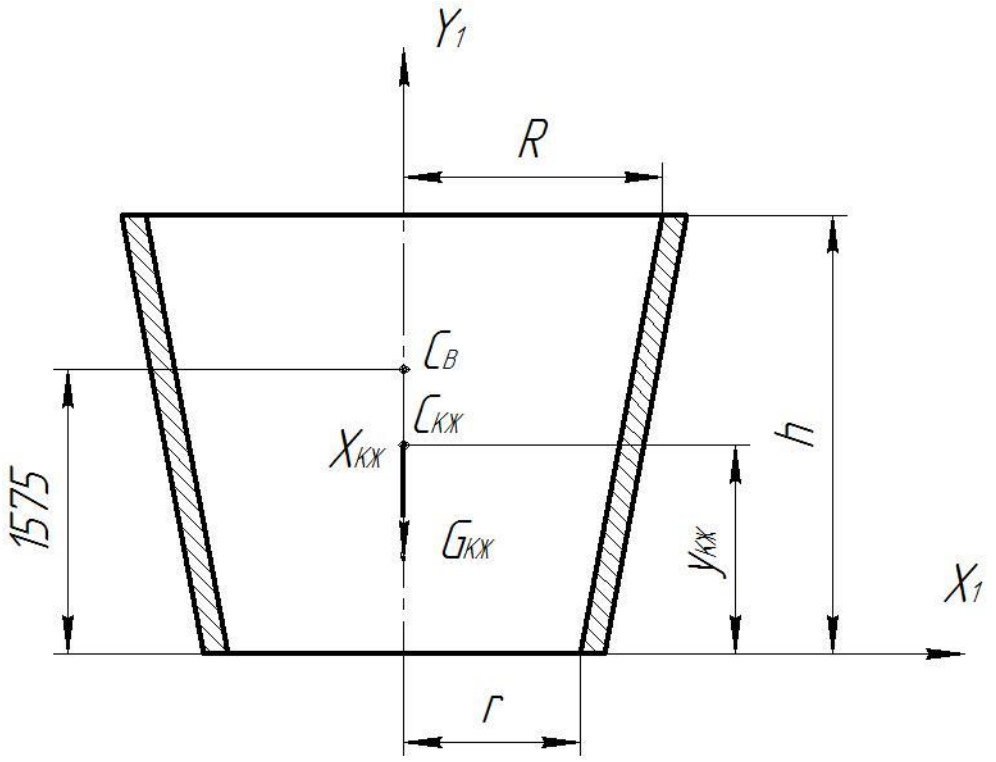


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема знаходження координат центру ваги порожнього ківша

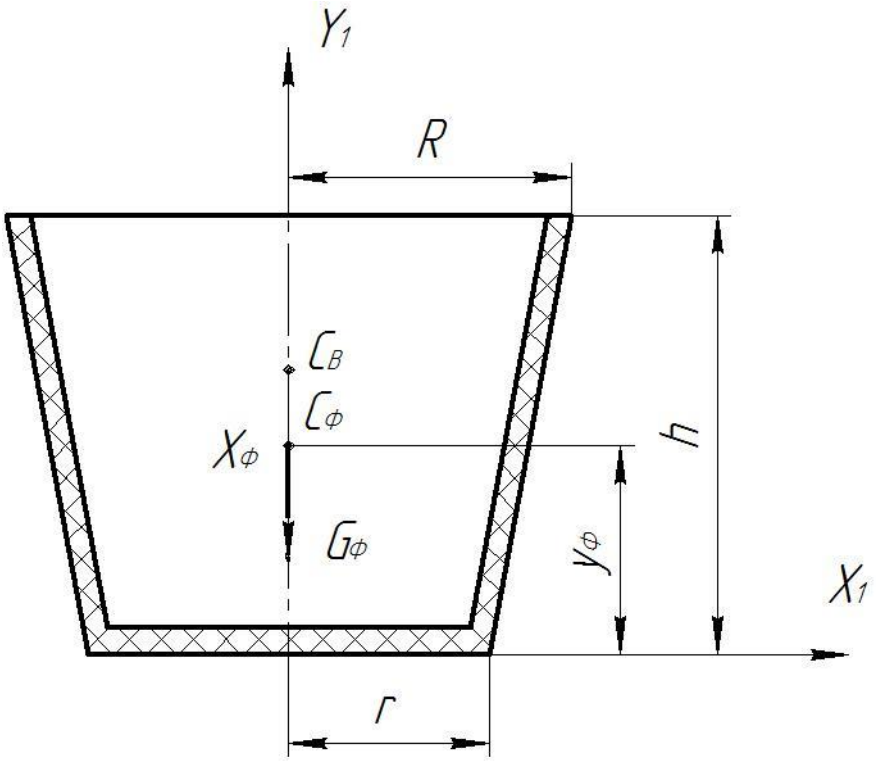


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема знаходження координат центру ваги футерування ківша

$$X_0 = \frac{14{,}6 \cdot 0 + 89{,}74 \cdot 0}{14{,}6 + 89{,}74} = 0;$$

$$У_0 = \frac{14{,}6 \cdot 1{,}201 + 89{,}74 \cdot 1{,}101}{14{,}6 + 89{,}74} = 1{,}115 м.$$

Відстань від центру тяжкості порожнього ківша до осі обертання визначається графічно

$$r_0 = X_{C_B} - У_0 = 1{,}575 - 1{,}115 = 0{,}46 м.$$

Для визначення моменту від ваги рідкого металу в ківші необхідно знати обсяг металу в ківші та його центр ваги.

Кут нахилу ківша $\varphi = 0.$

Обсяг садка ківша в цьому випадку дорівнює

$$V_м = G_м \diagup \gamma = 3 м^2$$

де $G_м$ - вага садка, кН;

γ - питома вага рідкого металу, $\gamma = 70 кН / м^3.$

Повна висота металу в ковші

$$H_0 = h_k - h_H = 1{,}875 - 0{,}25 = 1{,}625 м,$$

де h_k - висота усіченого конуса, м

h_H - висота носка зливу, м.

Координати тяжкості рідкого металу в ковші щодо осей X_1 та $У_1$ (рис.2.4)

$$У_м = \frac{h}{4} \cdot \left(\frac{r^2 + 2 \cdot R \cdot r + 3 \cdot R^2}{r^2 + R \cdot r + R^2} \right) = \frac{1{,}625}{4} \cdot \left(\frac{0{,}735^2 + 2 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}735 + 3 \cdot 0{,}97^2}{0{,}735^2 + 0{,}97 \cdot 0{,}735 + 0{,}97^2} \right) = 0{,}89 м;$$

$$X_м = 0.$$

Координати загального центру тяжіння ківша з рідиною

$$X_c = \frac{G_м \cdot X_м + G_к \cdot X_0}{G_м + G_к} = \frac{210 \cdot 0 + 104{,}34 \cdot 0}{210 + 104{,}34} = 0;$$

$$У_c = \frac{G_м \cdot У_м + G_к \cdot У_0}{G_м + G_к} = \frac{210 \cdot 0{,}89 + 104{,}34 \cdot 1{,}115}{210 + 104{,}34} = 0{,}96 м$$

Визначаємо перекидаючий момент ківша з рідиною

$$M_{опр} = G_к \cdot l_к + G_м \cdot l_м + G_{Тр} \cdot l_{Тр} = 103{,}34 \cdot 1{,}5 + 210 \cdot 1{,}5 + 17 \cdot 1{,}6 = 498{,}71 кН \cdot м$$

де $G_м$ - сила від ваги рідкого металу у ківші

$$G_м = V_м \cdot \gamma = 70 \cdot 3 = 210 кН$$

$G_к$ - сила від ваги порожнього ківша

$$G_к = G_{кж} + G_Ф = 14{,}6 + 89{,}74 = 104{,}34 кН$$

$G_Т$ - сила від ваги траверси, $G_Т = 17 кН$.

$l_м, l_к, l_{Тр}$ - плечі сил, що діють, м.

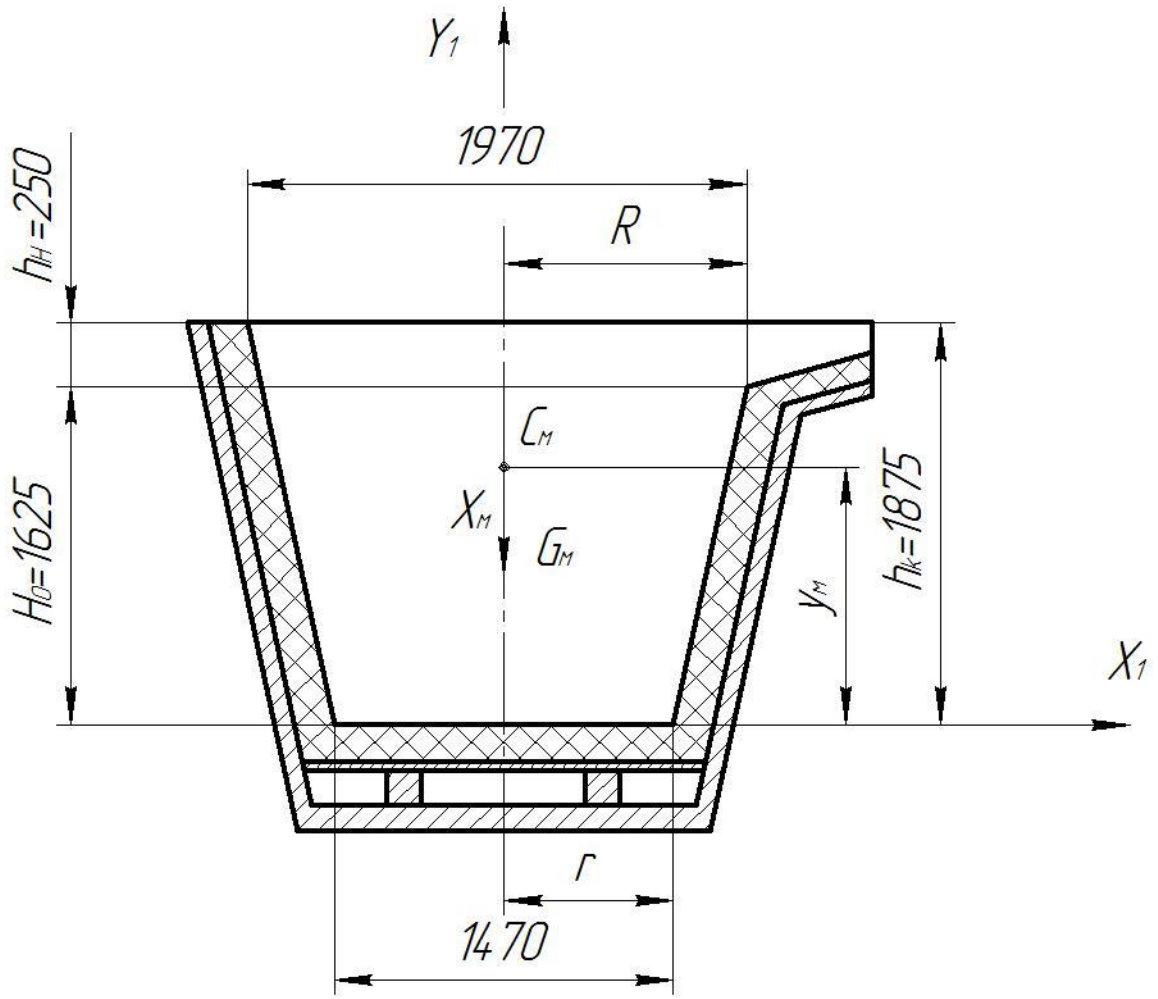


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема знаходження координат центру тяжкості металу

Визначаємо силу, що діє на гідроциліндр, для цього складаємо рівняння рівноваги (рис.2.5)

$$\sum M = G_м \cdot l_м + G_к \cdot l_к + G_Т \cdot l_Т - R_ц \cdot l_ц = 0.$$

де $R_ц$ - сила реакції гідроциліндрів, кН,

$l_ц$ - плече сили реакції гідроциліндрів, м

$$\sum M_0 = 210 \cdot 1{,}5 + 104{,}34 \cdot 1{,}5 + 17 \cdot 1{,}6 - R_ц \cdot 1{,}28 = 0.$$

$$R_ц = \frac{210 \cdot 1{,}5 + 104{,}34 \cdot 1{,}5 + 17 \cdot 1{,}6}{1{,}28} = 330 кН.$$

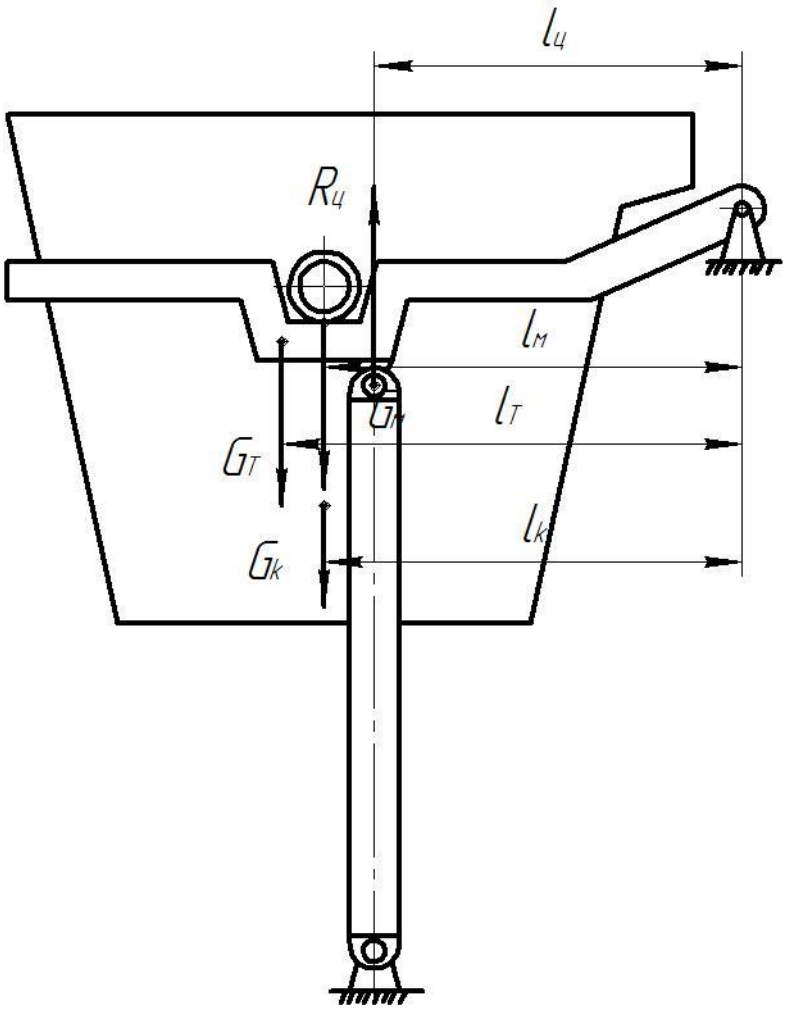


Рисунок 2.5 - До розрахунку зусилля, що діє гідроциліндр.

Зусилля на двох гідроциліндрах дорівнює 330 кН, значить зусилля на одному гідроциліндрі дорівнює 165 кН, по ньому далі ведемо розрахунок силового гідроциліндру.

2.3. Розрахунок силового гідроциліндра

Розрахунки, пов'язані з міцністю окремих деталей та вузлів, гідродвигунів, гідроапаратури, трубопроводів тощо. виробляємо за умовним тиском P_y [7].

Це найбільший тиск, у якому можуть працювати пристрої гідроприводу за відсутності гідравлічних ударів, поштовхів, сполучень. Запобіжні клапани налаштовуються на тиск вище робітника на 10-20% і не вище умовного тиску [7].

Умовний тиск P_y у середньому приймається на 25% більше за робочий тиск P.

$$P_y = 1{,}25 \cdot P = 1{,}25 \cdot 9500 = 11875\,кПа.$$

У зв'язку з цим збільшуються в 1,25% сили і моменти, що крутять, у формулах, за якими розраховуються на міцність деталі і елементи гідроциліндрів.

Вихідними даними для розрахунку силових гідроциліндрів є:

- зусилля на плунжері, $F = 165кН$;

- хід плунжера, рівний 2,8 м;

- прийнятий тиск, $P = 9500кПа.$

Здійснюється розрахунок заданого зусилля F в наступному порядку [8].

Внутрішній діаметр D гільзи при штоковій робочій поверхні, м

$$D = 1130\sqrt{\frac{F + \sum F_{ПР}}{P \cdot \left(1 - k^2\right) \cdot \eta_M}}$$

де F – зусилля на штоку, кН;

P - робочий тиск у силовому гідроциліндрі, кПа;

k - відхилення діаметра штока d до внутрішнього діаметра гільзи D силового гідроциліндра. Це ставлення приймається за додатком 2 [8]

$k = \frac{d}{D} = 0{,}7$;

$\sum F_{ПР}$ - сума сил протидії, що діють у силовому гідроциліндрі в напрямку протилежному напрямку руху плунжера, кПа.

При розрахунку внутрішнього діаметра гільзи силового гідроциліндра двосторонньої дії, сили протитиску приймають малі значення, ними можна знехтувати. Приймаємо $\sum F_{ПР} = 0$;

η_M - механічний ККД силового гідроциліндра, що враховує втрати енергії на тертя рухомих парах гідроциліндрів при ущільненні шкіряними манжетами, $\eta_M = 0{,}95$ [8].

$$D = 1130\sqrt{\frac{195}{9500\cdot\left(1-0{,}7^2\right)\cdot 0{,}95}} = 212{,}8мм.$$

Приймаємо $D = 213мм.$

Зовнішній діаметр штока силового гідроциліндра

$$d = k\cdot D = 0{,}7\cdot 213 = 159{,}1мм.$$

Приймаємо $d = 160мм.$

де k - відхилення прийняте раніше;

D - прийнятий внутрішній діаметр гільзи силового гідроциліндра, мм.

Фактично максимальне зусилля на штоку гідроциліндра при робочому ході плунжера при штоковій основній порожнині

$$F_Ф = 0{,}785\cdot 10^{-6}\cdot\left(D^2-d^2\right)\cdot P\cdot\eta_M = 0{,}785\cdot 10^{-6}\cdot\left(213^2-160^2\right)\cdot 9500\cdot 0{,}95 = 140{,}06кН.$$

Визначаємо необхідну для забезпечення заданої швидкості V та переміщення штока витрата олії Q силовим гідроциліндром

$$Q = \frac{0{,}047\cdot\left(D^2-d^2\right)\cdot V}{\eta_{ОБ}}$$

де V - швидкість переміщення штока, м / с;

$\eta_{ОБ}$ - об'ємний ККД силового гідроциліндра.

При ущільненні шкіряними кільцями через надмірно малі витікання олії приймаємо $\eta_{ОБ} = 1$ [8]

$$Q = \frac{0{,}047\cdot\left(D^2-d^2\right)\cdot V}{\eta_{ОБ}} = \frac{0{,}047\cdot\left(213^2-160^2\right)\cdot 0{,}0033}{1} = 3{,}066л/мин$$

Діаметр отвору, що підводить d_0, через яке масло направляється в основну порожнину силового гідроциліндра

$$d_0 = 4{,}6\cdot\sqrt{\frac{Q}{V_0}} = 4{,}6\sqrt{\frac{3{,}066}{5}} = 3{,}6мм.$$

де V_0 - середня швидкість олії через підвідний отвір, приймається $V_0 = 5м/с$ [8].

2.4. Розрахунок на міцність силового гідроциліндра

Мінімальну товщину стінки гільзи визначаємо за формулою

$$\delta_{\min} = \frac{P_y \cdot D}{\left(2{,}3 \cdot [\sigma] - P_y\right) \cdot \varphi} + a + c, \, мм$$

(для $D/\delta \geq 3{,}2$ тобто $213/30 = 7{,}1 > 3{,}2$ для товстостінних циліндрів)

де P_y - умовний тиск, МПа;

D - внутрішній діаметр гільзи, мм;

$[\sigma]$ - допустима напруга матеріалу гільзи на розтяг.

Для гільз, виготовлених із сталевих безшовних труб, приймемо $[\sigma] = 130 МПа$ [8];

φ - коефіцієнт міцності, що враховує технологію виготовлення гільзи, $\varphi = 1$ [8];

a - добавка на розбіжність труби, наявність окалини та іржі, приймаємо $a = 1 мм$ [8];

c - втрати на розточування гільзи, при ремонтах $c = 4 мм$ [8].

$$\delta_{\min} = \frac{11{,}875 \cdot 213}{(2{,}3 \cdot 130 - 11{,}875) \cdot 1} + 1 + 4 = 13 мм$$

Мінімальну товщину $\delta_{дн}$ днища головки силового гідроциліндра

$$\delta_{дн} = 0{,}433 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]}}; \qquad \delta_{дн} > 2 \cdot \delta_{\min.}$$

де $[\sigma]$ - допустима напруга на розтяг матеріалу голівки, для сталевих головок, $[\sigma] = 140 МПа$ [7]

$$\delta_{дн} = 0{,}433 \cdot 213 \cdot \sqrt{\frac{11{,}875}{140}} = 26{,}9 > 2\delta_{\min} = 26 мм$$

Міцність з'єднання головки з гільзою на зварюванні розраховуємо на розрив, кН

$$F_{кр.1} = \pi \cdot D \cdot \delta \cdot [\sigma_C] \cdot 10^{-3} > 1{,}25 \cdot F_{Ф}$$

де $D-$ діаметр гільзи зовнішній, мм;

δ - товщина стінки гільзи, мм;

$[\sigma_C]$- допустиме напруження шва на розрив виду зварювання, МПа.

Для ручного зварювання електродом Е42А можна прийняти $[\sigma_C]=0{,}9\cdot[\sigma_{РАЗ}]$ [7] $[\sigma_{РАЗ}]=130МПа$ [7].

$$F_{кр.1}=3{,}14\cdot 273\cdot 30\cdot[0{,}9\cdot 130]\cdot 10^{-3}=3010\,кН>1{,}25\cdot 140{,}06=175{,}08кН$$

Міцність шарнірного кінця головки з отвором у пружині перевіряється на розрив, МПа

$$\sigma=\frac{1{,}25\cdot F_{Ф}}{S}<[\sigma]$$

де $F_{Ф}$ - фактично діюче зусилля на штоку;

S - Площа небезпечного перерізу, м^2;

$[\sigma]$- допустима напруга на зминання (розрив), $[\sigma]=130МПа.$

$$\sigma=\frac{1{,}25\cdot 140{,}06}{0{,}0014\cdot 10^{3}}=125МПа<[\sigma]=130МПа.$$

Гідравлічні вузли системи об'ємного гідроприводу з'єднуються між собою трубопроводами. Ці трубопроводи разом із з'єднаними гідровузлами утворюють гідромережу, яка може бути розбита на окремі ділянки. До кожного гідравлічного вузла (ділянки) визначається внутрішній діаметр труби чи шлангу.

Внутрішній діаметр труби або шлангу $d_{тр}$, що з'єднують суміжні гідравлічні вузли, визначається за формулою

$$d_{тр}=4{,}6\cdot\sqrt{\frac{Q_{тр}}{V_{ср}}},мм$$

де $Q_{тр}$ - максимальна витрата олії, л/хв;

$V_{ср}$ - середня швидкість перебігу олії у трубопроводі, м/с.

Для всмоктувальних магістралей $V_{ср}=1м/с$ [7].

$$d_{тр}=4{,}6\cdot\sqrt{\frac{3{,}066}{1}}=8мм.$$

2.5. Визначення потужності, яка споживається двигуном насоса

Максимальна потужність двигуна на привід насоса, кВт

$$N = \frac{Q \cdot (P + \Delta P)}{60 \cdot \eta_H \cdot \eta_П}$$

де Q - максимальна витрата олії в даній об'ємній системі об'ємного гідроприводу, л/хв;

P - робочий тиск у гідросистемі, МПа;

ΔP - падіння тиску, пораховане для трубопроводу, що з'єднує насос із гідродвигуном;

η_H - загальний ККД насоса, що приймається $\eta_H = 0{,}75$ [8];

$\eta_П$ - ККД передачі, за допомогою якої обертання від двигуна передається приводному валу насоса $\eta_П = 1$ [8].

$$N = \frac{3{,}066 \cdot (9500 + 0{,}2)}{60 \cdot 0{,}75 \cdot 1} = 6 кВт.$$

2.6. Вибір насосу

Насос вибирається для загальної системи об'ємного гідроприводу по робочому тиску P і максимальній витраті Q , причому зазначена в паспортній характеристиці продуктивність насоса повинна відповідати максимальній витраті масла в даній системі або перевищувати його не більше ніж на 25%, і максимальний тиск, що розвивається насосом, повинен рівнятися або бути більшим за розрахунковий.

Вибираємо насос пластинчастий тип БГ12-21

Характеристика насосу

- номінальний тиск 10 МПа;
- тиск на виході 0,125кПа;
- тиск на вході $\pm$ 0,2кПа;
- робочий об'єм 8см ^{3};
- частота обертання 1450 хв $^{-1}$

- номінальна подача олії 8л/хв;
- об'ємний ККД не менше 0,75;
- потужність 6кВт.

2.7. Оптимізація параметрів гідроциліндра

При використання штоковий порожнини в якості робочої оптимальні параметри циліндра визначають з обліком величини до з використанням залежностей (1, 2-4). Розрахунки виконують у такому порядку [15] :

- обираємо робочий тиск рідини і значення величини k;
- визначаємо величину m (4) та допустиме напруження для матеріалу циліндра (2);
- визначаємо зовнішній діаметр циліндра (3);
- визначаємо внутрішній діаметр циліндра (1).

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0{,}785}\left(\frac{1}{p} - \frac{1}{k \cdot \sigma}\right)} \quad (1)$$

$$p_0 = m \cdot \sigma \quad (2)$$

$$D_{HM} = \sqrt{\frac{Q}{0{,}785}\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{k}\right) \cdot \frac{1 - 0{,}5m}{1 - 1{,}625m}} \quad (3)$$

$$m = \frac{\sqrt{3{,}6k^2 + 2{,}225k} - 1{,}625k}{0{,}975k + 2{,}225} \quad (4)$$

Для виявлення найбільш раціонального варіанти необхідно виконати розрахунки при різних поєднаннях величини p і k. У цьому випадку дуже доцільно скористатися суміщеним графіком залежності $p_0 = f(\sigma)$ і $D_{НМ} = f(\sigma)$, отриманих з обліком конкретного зусилля , що розвивається циліндром .

Головним умовою побудови графіка має бути забезпечення перетину залежності $p_0 = f(\sigma)$ і $D_{НМ} = f(\sigma)$, що дасть можливість спільного рішення рівнянь.

Після побудови графіка приступають до його аналізу та оцінки конкретного варіанти. Для цього приймають робоче тиск p_p і згідно з ним на графіку проводять горизонтальну лінію до перетину її із залежністю $p_0 = f(\sigma)$

Для визначення координат точок поєднаного графіка необхідно виконати значний обсяг обчислень для побудови 8-12 залежності . Тому доцільно в цьому випадку користуватися ЕОМ . У таблиці 2.1 наведено ідентифікатори вихідних даних.

На підставі блок - схеми складено програма "Cilindr" для ПЕОМ на мові Турбо Паскаль 6.0. Початкова інформація для її готується в відповідно з таблицею 2.1.

Після трансляції програми користувач запускає її на розрахунок.

Таблиця 2.1 – Ідентифікатори

Фізична величина	Найменування параметрів	Одиниця	Ідентифікатор	Числове значення
1. Вхідні величини				
Q	Зусилля, що розвивається циліндром	до Н	Q	165
$\sigma_{н}$	Мінімальне значення напруги, що допускається	кН/ м ^{2}	GH	0,1
$\sigma_{до}$	Максимальне значення напруги, що допускається	кН/мм ^{2}	GK	0,2
До	Мінімальне значення коефіцієнта пропорційності	-	КО	0,5
Кк	Максимальне значення коефіцієнта пропорційності	-	КК	1,5
Δσ	Крок зміни напруги	кН/мм ^{2}	Н	0,025
Δ до	Крок зміни коефіцієнта пропорційності	-	КН	0,25
2. Проміжні розрахункові та вихідні величини				
до	Коефіцієнт пропорційності	-	до	-
м	Кутовий коефіцієнт прямий	-	М	-
σ	Допустима напруга	кН/ м ^{2}	G(J)	-
$D_{нм}$	Зовнішній мінімальний діаметр циліндра	мм	DH(J)	-

На запит "Введіть прізвище" вводиться прізвище користувача і група: Джумар А.І., 8.1334

На запит " Введіть Q , Gh , Gk , H , Ko , Kk , Kh " вводиться через пробіл їх відповідні значення.

Роздрук після рахунку на ЕОМ має приблизно такий вигляд:

Джумар А.І., 8.1334

Вихідні дані

Q=165; Gh=0,1000; Gk=0,200; H=0,025; Ko=0,500; Kk=1500; Kh=0,250

Результати розрахунку

K=0,500	M=0,223	Dh[j]=212,712	190,255	173,678	160,795
K=0,750	M=0,238	Dh[j]=203,805	182,289	166,406	154,062
K=1,000	M=0,246	Dh[j]=198,946	177,942	162,438	150,389
K=1,250	M=0,252	Dh[j]=195,867	175,188	159,924	148,061
K=1,500	M=0,256	Dh[j]=193,735	173,281	158,184	146,45
G(I)=		0,100	0,125	0,150	0,175

На підставі результатів обчислень побудовані суміщені графіки сімейства кривих (рис. 2.6).

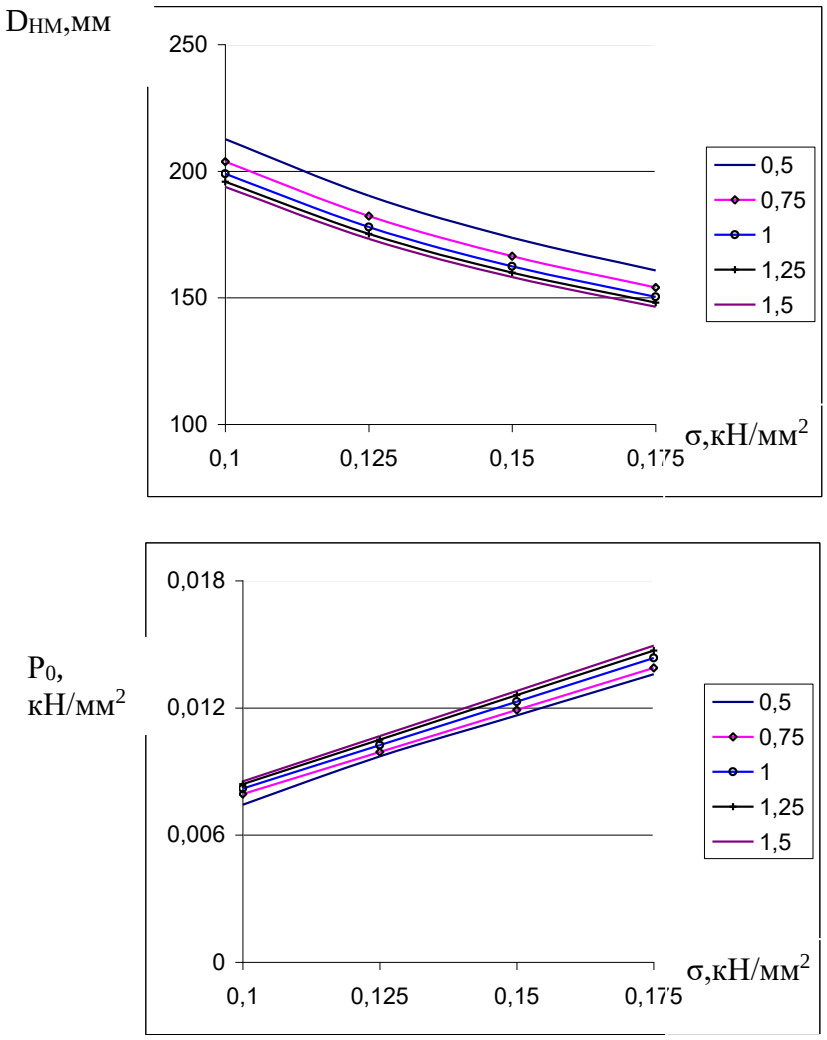


Рисунок 2.6. Поєднані графік та залежності $p_0=f(\sigma)$ та $D_{НМ}=f(\sigma)$ для гідроциліндра кантувального пристрою

На графіку в якості початкового діаметра прийнятий $D_{нм}$=100 мм, що забезпечило надійне перетин залежностей і дозволило вийти на нормальну (з круглими числами) шкалу тиску P_0. Графіки побудовані із застосуванням програмного продукту Microsoft Excel.

За робочий прийнято тиск P_0 = 0,0095 кН/мм^2 в відповідно до якого σ=0,127 кН/мм^2 і оптимальний зовнішній діаметр $D_{НМ}$ =180 мм. Ці дані є базою для подальших розрахунків.

2.8. Розрахунок гідроциліндра обприскувача

Розрахунок гідроциліндра обприскувача аналогічний до розрахунку силового гідроциліндра кантувального пристрою. Тому розрахунок оптимальних параметрів гідроциліндра ведемо аналогічно до оптимізації параметрів гідроциліндра кантувального пристрою з використанням ПЕОМ.

У таблиці 2.2 наведено ідентифікатори вихідних даних.

Таблиця 2.2 – Ідентифікатори

Фізична величина	Найменування параметрів	Одиниця	Ідентифікатор	Числове значення
1. Вхідні величини				
Q	Зусилля, що розвивається циліндром	до Н	Q	1 1 5
$\sigma_н$	Мінімальне значення напруги, що допускається	кН/м^2	GH	0,14
$\sigma_к$	Максимальне значення напруги, що допускається	кН/мм^2	GK	0,17
Ко	Мінімальне значення коефіцієнта пропорційності	-	КО	0,5
Кк	Максимальне значення коефіцієнта - пропорційності	-	КК	1,5
Δσ	Крок зміни напруги	кН/мм^2	Н	0,01
Δк	Крок зміни коефіцієнта пропорційності	-	КН	0,25
2. Проміжні розрахункові та вихідні величини				
К	Коефіцієнт пропорційності	-	К	-
м	Кутовий коефіцієнт прямий	-	М	-
σ	Допустиме напруження	кН/м^2	G(J)	-
$D_{нм}$	Зовнішній мінімальний діаметр циліндра	мм	DH(J)	-

На підставі блок - схеми складено програма " Cilindr " для ПЕОМ на мовою Турбо Паскаль 6.0. Початкова інформація для її готується в відповідно з таблицею 2.2.

Після трансляції програми користувач запускає її на рахунок .

на запит " Введіть прізвище " вводиться прізвище користувача ; група , Джумар А.І., 8.1334

на запит " Введіть Q , Gh , Gk , H , Ko , Kk , Kh " вводиться через пробіл їх відповідні значення.

Роздрук після рахунку на ЕОМ має приблизно такий вигляд:

Джумар А.І., 8.1334

Вихідні дані

Q=115; Gh=0,140; Gk=0,170; H=0,010; Ko=0,500; Kk=1500; Kh=0,250

Результати розрахунку

K=0,500	M=0,223	Dh[j]=150,084	144,995	0,000	0,000
K=0,750	M=0,238	Dh[j]=143,800	138,924	0,000	0,000
K=1,000	M=0,246	Dh[j]=140,371	135,611	0,000	0,000
K=1,250	M=0,252	Dh[j]=138,198	133,512	0,000	0,000
K=1,500	M=0,256	Dh[j]=136,694	132,059	0,000	0,000
G(I)=		0,140	0,150	0,000	0,000

На підставі результатів обчислень побудовані суміщені графіки сімейства кривих (рис. 2.7).

На графіку в якості початкового діаметра прийнятий $D_{нм}$=100 мм, що забезпечило надійне перетин залежностей і дозволило вийти на нормальну (з круглими числами) шкалу тиску P_0. Графіки побудовані із застосуванням програмного продукту Microsoft Excel.

За робоче прийнято тиск P_0=0,0095 кН/мм^2 в відповідно до якого σ=0,141 кН/мм^2 і оптимальний зовнішній діаметр $D_{НМ}$=140 мм. Ці дані є базою для подальших розрахунків .

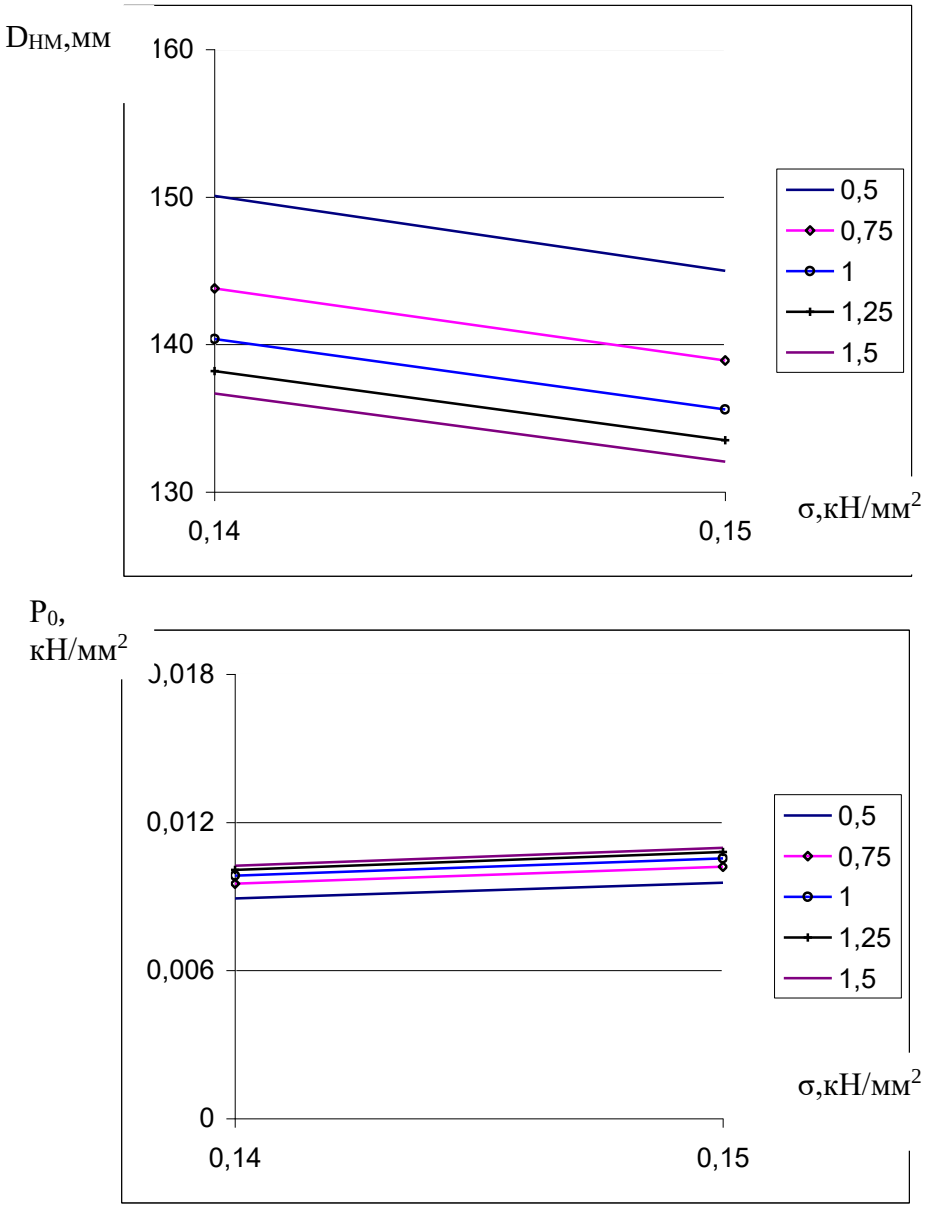


Рисунок 2.7. Поєднані графік та залежностей $p_0=f(\sigma)$ та $D_{НМ}=f(\sigma)$ для гідроциліндра обприскувача

2.9. Монтаж та ремонт вузлів ливарної машини

Монтаж – це комплекс робіт, пов'язаних із остаточним складанням, налагодженням та пуском в експлуатацію.

За сучасних умов об'єктом монтажу є цех металургійного підприємства. Високими темпами монтажу обладнання сприяють два основних фактори:

а) організація такої взаємодії суміжних організацій, при якому монтаж починається у можливі короткі терміни;

б) завчасна установка проектних мостових кранів та спеціальних вантажопідйомних пристроїв.

При ремонті та монтажі обладнання у цеху використовуються крани, що працюють у цеху, пересувні конвеєри, автокари. Схеми розміщення монтажного обладнання розробляються підрядною організацією [9].

При монтажі машини розливу треба приділити особливу увагу монтажу натяжної і приводної станції. Зірочки приводної станції відлиті зі сталі, поверхні западин зубів, що стикаються з втулками ланцюга конвеєра, повинні бути обов'язково піддані гартуванню. Зірочки на валу при монтажі треба кріпити жорстко за допомогою тангенціальних шпонок.

При монтажі корпусу підшипників та стійки до металоконструкції машини кріпляться болтами. Після остаточної установки шпонок для попередження їхнього зсуву до металоконструкції приварюється упор. До підшипників валу підводиться трубопровід централізованої системи мастила. Регулювання системи на періодичність подачі олії повинно проводитись залежно від місцевих умов [10].

Також при монтажі треба звернути увагу на похилі плити. Похилі плити виготовляються із сталевих листів та куточків та встановлюються на швелерах між верхньою та нижньою гілками конвеєра. Вони призначені для видалення охолоджуваних за допомогою води бризок металу, що потрапляють при розливанні під виливниці. При монтажі не допускається приварювання або іншого кріплення до плит будь-яких накладок, підкосів металоконструкції і т.п.

Для правильної експлуатації розливна машина через певні проміжки часу, незалежно від її стану, повинна бути оглянута та ремонтована. Під час оглядів проводиться очищення всіх механізмів від забруднень, визначається ступінь зношування деталей та їх придатності до подальшої роботи. Планово-попереджувальні ремонти є профілактичним заходом для забезпечення безперебійної роботи та довговічності машини і повинні проводитися не рідше одного разу на шість місяців.

Всі вузли машини перевіряються перед кожною зміною за 2-3 години і тільки коли все гаразд приступати до розливання.

Під час огляду необхідно:

- перевірити стан корпусу, чи не залитий він металом чи шлаком;

- перевірити дію стопорних механізмів та їх кріплення, мастило шарнірів та інших вузлів тертя;

- оглянути кантувальні скоби, вуха – чи немає тріщин чи вигину тощо.

2.10. Догляд за машиною під час роботи.

Перед пуском в експлуатацію, а також після тривалих простоїв, розливна машина повинна бути піддана загальному огляду з метою виявлення можливих дефектів складання та налагодження [9].

При огляді необхідно перевірити затягування болтів, гвинтів, гайок тощо. Недостатньо затягнуті кріпильні частини потрібно підтягнути.

Внутрішні порожнини закритих частин механізмів під час огляду повинні бути ретельно очищені від забруднень, промиті гасом та покриті шаром мастила.

Слід перевірити наявність ущільнень та прокладок у місцях, передбачених кресленнями. Необхідно перевірити наявність і надходження масла до всіх місць, що змащуються.

Перед початком розливу нові виливниці необхідно прокрутити на холостому ходу конвеєр при включеному обприскувачі, щоб покрити робочі поверхні виливниць рівномірним шаром вапняного розчину. Товщина нанесеного шару має бути 1,5÷2мм.

Надалі, після розливання кожного ківша шар вапна на виливницях повинен відновлюватися при холостому прокручуванні конвеєра.

При незадовільному покритті розчином заливка виливниць рідким сплавом категорично забороняється. Не дотримання цієї вимоги веде до появи тріщин і короблення виливниць, а у важких випадках до міцного приварювання злитків і необхідності заміни виливниць, що заварилися.

До обслуговування машини допускаються особи, яким виповнилося 18 років, які пройшли спеціальну підготовку, ознайомлені з влаштуванням машини та вивчили цю інструкцію.

Безпосереднє спостереження за роботою машини покладається на машиніста, який перед початком кожної зміни повинен оглянути машину та переконатися у повній її справності шляхом пробного запуску та зупинки всіх механізмів машини.

Під час роботи машини машиніст зобов'язаний:

а) стежити за наявністю мастила у всіх змащувальних точках і місцях, що труться;

б) стежити за рівнем олії в редукторах, не допускаючи зниження його нижче за позначку маслопоказника;

в) не допускати перегріву електродвигунів, редукторів та підшипників;

г) стежити за правильною роботою ущільнень;

д) оглядати опори та осі механізмів, поява тріщин які не допускається;

е) стежити за правильною роботою втулок та кілець ланцюга конвеєра. Провертання втулок щодо ланок не допускається, тому що при провертанні сильно розробляються сполучні отвори у ланках, стаючи овальними, що викликає перекіс ланцюга.

У міру нерівномірного зношування втулок періодично слід їх повертати на кут 90° для усунення перекосів ланок ланцюга, а також збільшення їх працездатності;

ж/ не допускати роботи машини з виливницями, що мають тріщини на внутрішніх поверхнях; не допускати переповнення виливниць при заливанні;

з/ стежити за правильною роботою обприскувача, що забезпечує рівномірне та достатнє покриття внутрішніх поверхонь виливниць вапняним розчином.

У міру накопичення у ванні обприскувача твердого осаду необхідно періодично видаляти його через очисні люки. Щоб уникнути сильного зносу

дисків і підвищення витрати потужності, категорично забороняється накопичення твердого осаду у ванні до рівня нижніх кромок дисків.

Необхідно підтримувати рівень вапняного розчину у ванній на висоті, при якій забезпечується оптимальне обприскування. Змучувати розчин, пропускаючи через нього по трубах, що підводять пар або повітря. Очищати проміжки між смугами верхньої решітки 4, від налиплого вапна;

та/ стежити за правильним регулюванням системи охолодження. Охолодження феросплаву у виливницях має бути достатнім для затвердіння зливка;

до/ стежити за чистотою проміжків у стійках роликів конвеєра. Ролики при неакуратному змісті можуть перестати обертатися, що викликає підвищене зношування роликів ланцюга конвеєра;

л/ після тривалої зупинки машини необхідно проводити сушіння і розігрів виливниць, щоб уникнути їх жолоблення і розтріскування;

м/ слідкувати за чистотою машини, періодично очищаючи її від окалини, бруду, набризків сплаву, не допускати забруднення майданчика обприскувача залишками вапна, що видаляються при очищенні з обприскувача;

н/ стежити за справністю каналізації, що відводить стічні води від машини.

2.11. Централізована система мащення

Ролики конвеєрів, опори обприскувачів та опори натяжних та приводних станцій змащуються густим мастилом від автоматичної станції кінцевого типу.

Дана система мастила складається з автоматичної станції кінцевого типу 060-П-II(СК-1000), перекачного насоса НПШГ-200 для заправки автоматичної станції, живильників, магістрального трубопроводу і відвідних трубок до точок мастила.

У централізованих системах застосовуються такі сорти мастил:

- густе мастило ІП- І -Л ГОСТ 3257-73 застосовується при температурі навколишнього середовища не нижче-1ºС;

- густе мастило ІП- І -3 ГОСТ 3257-73 при температурі від +1ºС до -30ºС. Крім цих мастил можна рекомендувати мастило "Ціатим201" та "Ціатим203". Застосування цих мастил визначається умовами експлуатації [10].

Режим змащування – один раз на день. Один раз на місяць проводиться огляд системи, і замінюються живильники і трубки, що вийшли з ладу. Причини неспрацювання живильників може бути дві:

- закоксувалася трубка, по якій подається мастило від живильника до точки мастила;

- відбулося заїдання золотника чи плунжера живильника. Для усунення несправностей необхідно від'єднати трубку від живильника та прокачати через неї мастило від пересувної установки НРГ-М. Від'єднати живильник магістрального мазепроводу та випробувати його роботу так само від пересувної установки НРГ-М.

Якщо при тиску 0,015-0,020 кПа живильник не спрацьовує, його необхідно замінити.

Автоматична станція для роботи вмикається оператором. Після того, як спрацюють усі живильники, тиск у магістральних трубопроводах починає підвищуватися. При досягненні заданого тиску контролюється двома клапанами тиску ГДГ, встановленими в кінці кожного магістрального трубопроводу. Відбувається включення електродвигуна станції, спрацьовування електромагнітів розподільника та перемикання подачі мастила на іншу магістраль. Продуктивність станції – 0,6 л/хв, максимальний тиск – 0,2 МПа, ємність резервуару – 100л.

Своєчасний догляд та ремонт системи забезпечує надійну та тривалу роботу системи.

3. ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування обраного напряму роботи

Працездатність машин для розливання феросплавів загалом та його основні показники (продуктивність, витрата електроенергії та якість феросплавів) значною мірою залежать від того, наскільки досконала конструкція машини для розливання феросплавів та наскільки ефективно працюють її механізми та вузли.

Наведений вище аналіз показав, що в даний момент застосовуються різноманітні конструкції машин для розливання феросплавів (конвеєрні та конвеєрно-візкового типу) та її вузлів: кантувальні пристрої (гідравлічні та електромеханічні), конвеєри (40 м і 70 м, однострічкові та двострічкові), обприскувачі, обприскувачі, обприскувачі. Практика їх експлуатації показала, що найбільш ефективними є конвеєрні машини для розливання феросплавів із гідравлічними кантувальними пристроями та модифікованими виливницями. Але й вони ще далекі від конструктивної досконалості і неповною мірою відповідають сучасним вимогам щодо якості феросплаву, що випускається, що негативно впливає на техніко-економічні показники машини і, отже, на конкурентоспроможність продукції.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки вузлів машини для розливання феросплавів таких конструкцій, які повною мірою відповідали б сучасним як технологічним, так і експлуатаційним вимогам.

Відомо, що головними показниками, які визначають ефективність роботи машини в цілому, є висока чутливість, можливість регулювання швидкості в залежності від марки сплаву та його температури, охолодження злитків через деякий час після заливання, т. я. обприскування рідкого сплаву відразу після заливання погіршує товарний вигляд сплаву та якість злитків, гарне покриття виливниці вапном, швидкодію, точність та стійкість проти коливань. Але між ними має бути жорсткий взаємозв'язок при керуванні процесом розливання металу, тому що необґрунтоване підвищення рівня одного показника може призвести до зниження іншого. У той же час головним завданням розробки високоефективних вузлів машини повинно бути забезпечення максимально можливої стабільності роботи машини в усі періоди розливання. Тільки за цієї умови можуть бути досягнуті високі показники машин для розливання феросплавів щодо продуктивності та поточних витрат електроенергії та якості сплаву.

На думку автора, найбільш доцільним є доробка таких вузлів як кантувальний пристрій (великі втрати металу при розливі можна скоротити за рахунок збільшення кута нахилу ковша в кантувальному пристрої ливарної машини) і конвеєра (пропонується вкоротити конвеєр на довжину ухилу в бік

приводної станції), розробка нової конструкції обприскувача з механічним очищенням за допомогою поршневого циліндра та рухомою щелепою нижньої частини ємності обприскувача. Але при цьому необхідно провести дослідження щодо оптимізації основних параметрів машини, за яких були б задоволені основні вимоги.

З урахуванням вище наведеного аналізу з метою удосконалення вузлів та машини загалом у роботі поставлено такі завдання.

1. Аналітичні дослідження впливу технічних характеристик основних елементів вузлів машини на їхню чутливість, можливість регулювання швидкості, охолодження злитків, хороше покриття виливниць, швидкодію, точність та стійкість проти коливань, на підставі яких можна збільшити продуктивність машини.

2. Вивчення впливу параметрів вузлів машини на основні показники.

3. Оптимізація параметрів та характеристик.

4. Розробка методики експериментальних досліджень з обґрунтуванням вибору обладнання, методів математичної обробки, з'ясування можливості запланованого експерименту.

5. Розробка головного складального креслення механізму та його вузлів на підставі розрахунків та результатів аналітичних досліджень.

6. Визначення економічної ефективності.

3.2. Теоретична частина

3.2.1. Складання логічної та математичної моделей

Вихідні дані : кінематична схема машини для розливання феросплавів (рис.3.1).

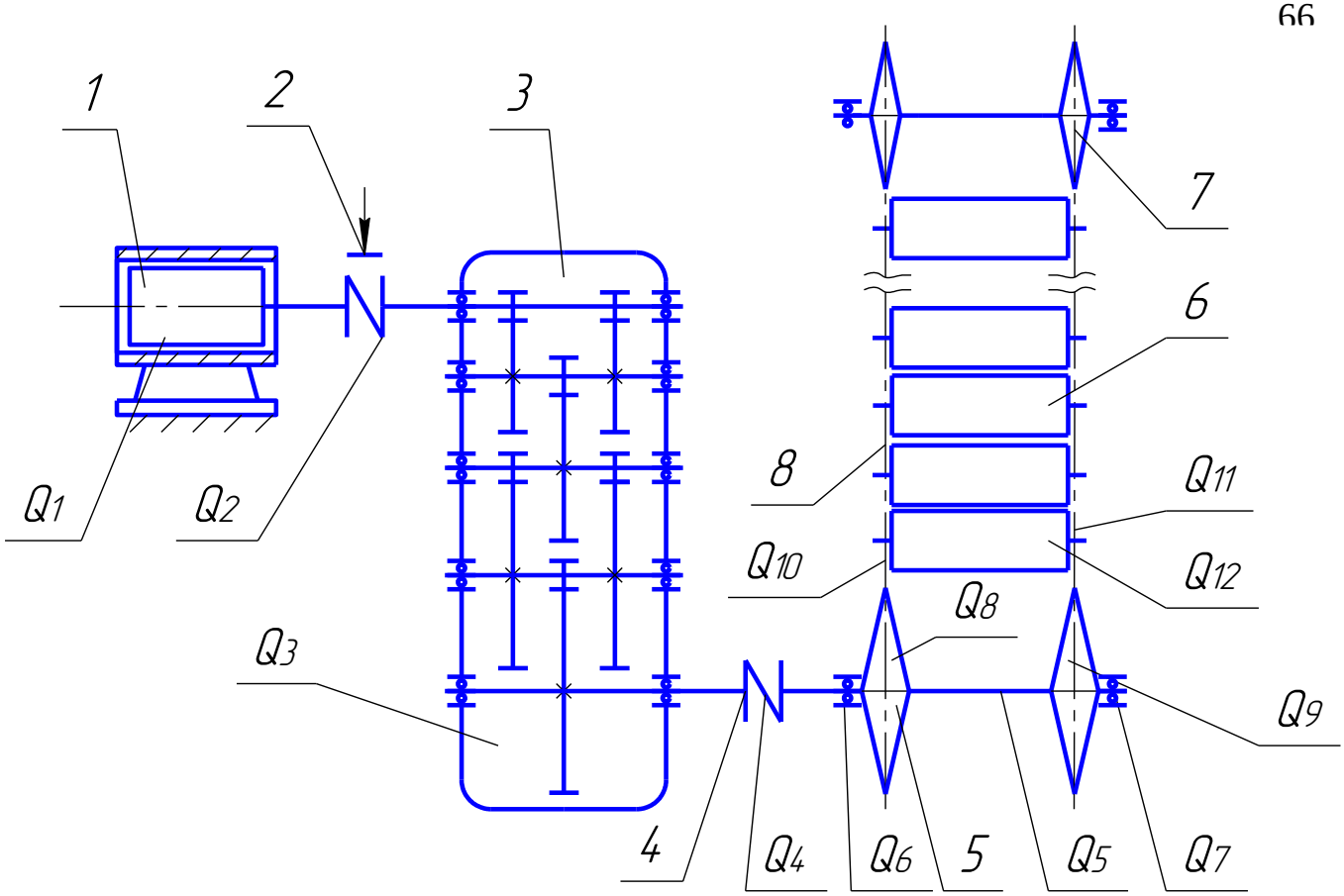


Рисунок 3.1 - Кінематична схема машини для розливання феросплавів

Постановка задачі: на підставі кінематичної схеми побудувати логічну та математичну моделі машини для розливання феросплавів. Вводячи в модель різні ситуації (включаючи несправності та відмови), визначити технічний стан машини та її механізмів, а також контролю продуктивності машини, простежуючи наявність або відсутність в об'єкті діагностування дефектних елементів і виявлення допущених при складанні помилок, оцінити працездатність машини перед пуском у роботу після ремонтів.

Об'єкт технічного діагностування складається із 12 зв'язаних між собою компонентів (рис.3.1). У цьому об'єкті виділимо 1 вузол – редуктор, який розглянемо окремо (рис.3.3). Редуктор складається із 27 зв'язаних між собою компонентів.

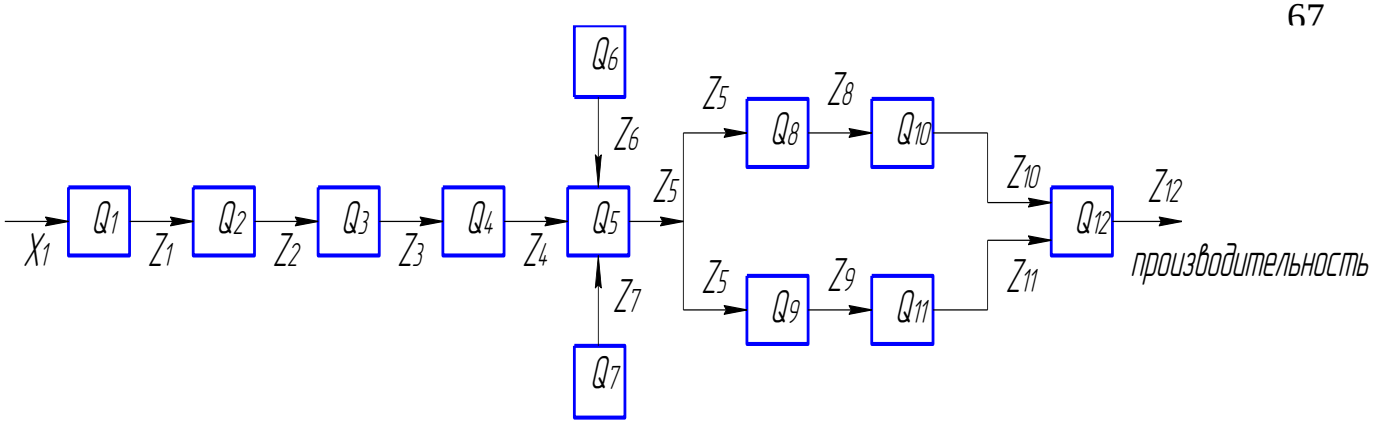


Рисунок 3.2 - Логічна модель машини для розливання феросплавів

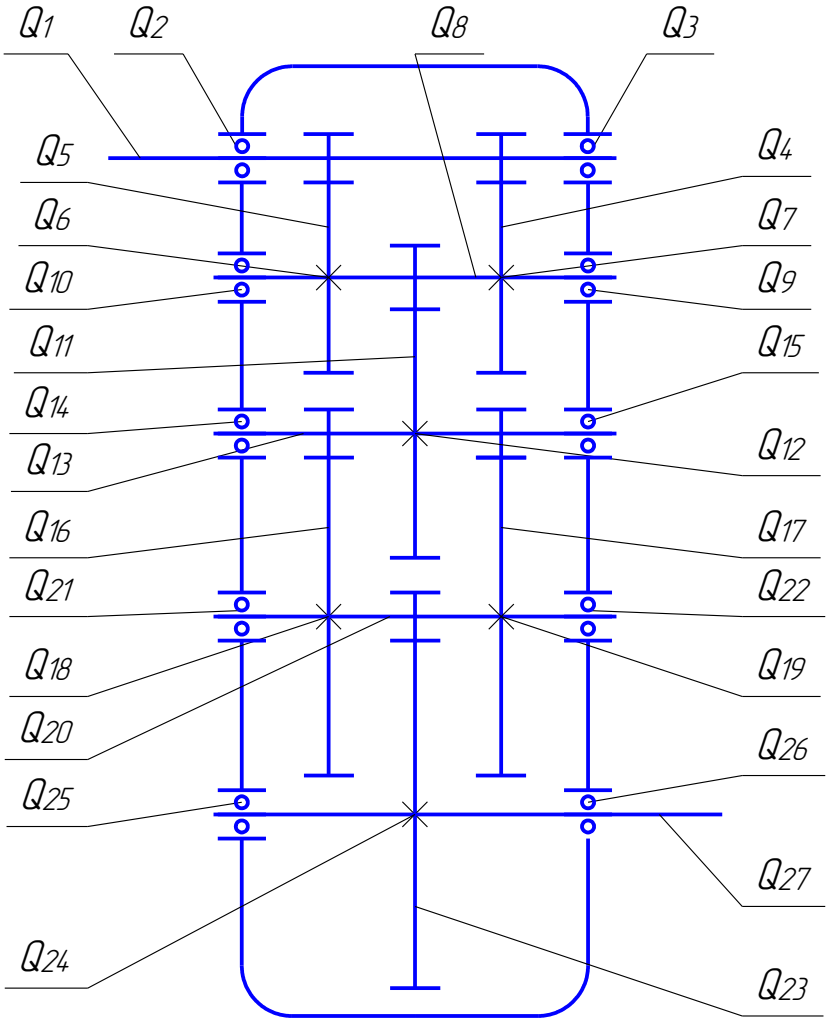


Рисунок 3.3 Кінематична схема редуктора

1) Розглянемо логічну модель машини для розливання феросплавів (рис.3.2). Вихідний параметр системи – продуктивність машини (Z_{12}). Якщо продуктивність відповідає нормі, то машина розливу знаходиться в працездатному стані.

Істотними подіями для працездатного стану ливарної машини є:

1. Q_1 - вихід з ладу електродвигуна 1;

2. Q_2, Q_4 - поломки муфт 2 та 4;

3. Q_6, Q_7 - відмова підшипників кочення 6 і 7 приводної станції *;*

4. Q_3 - Відмова редуктора 3;

5. Q_8, Q_9 – вихід із ладу зірочок приводної станції;

6. Q_{10}, Q_{11} - обрив ланцюга 10, 11 *;*

7. Q_{12} – дефекти виливниці.

Логічна модель ливарної машини показана на рис. 3.2 де блоки з ображені прямокутниками, в яких записані умовні позначення подій. Блоки позначені Q_i, а сигнали - Z_i.

З логічної моделі машини для розливання феросплавів можна побудувати явну математичну модель у табличній формі (табл.3.1)

Таблиця 3.1 - Явна математична модель розливної машини

R	e	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_{10}	Q_{11}	Q_{12}
Z_1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_5	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Z_6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Z_7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Z_8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Z_9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Z_{10}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Z_{11}	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
Z_{12}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Працездатний стан математичної моделі описується як

$$Z(t) = A \cdot X(t)$$

Сукупність усіх непрацездатних станів

$$Z_i(t) = A \cdot X_i(t)$$

Використовуючи ці залежності та логічну модель можна побудувати таблицю, рядки якої відповідають допустимим елементарним перевіркам, а стовпці технічним станам реалізованим об'єктом в е – працездатному стані та в і – непрацездатному стані.

Мінімальною перевіряючою сукупністю є сигнал Z_{12}.

Запишемо функції умов роботи блоків логічної моделі та складемо несправності типу: $Z_i = Q_i \cdot X_i$

$$F_1 = X_1 \qquad Z_1 = Q_1 \cdot X_1$$
$$F_2 = Z_1 \qquad Z_2 = Q_2 \cdot Z_1$$
$$F_3 = Z_2 \qquad Z_3 = Q_3 \cdot Z_2$$

$$F_4 = Z_3 \qquad Z_4 = Q_4 \cdot Z_3$$
$$F_5 = Z_4 \cdot Z_6 \cdot Z_7 \qquad Z_5 = Q_5 \cdot Z_4 \cdot Z_6 \cdot Z_7$$
$$F_8 = Z_5 \qquad Z_8 = Q_8 \cdot Z_5$$
$$F_9 = Z_5 \qquad Z_9 = Q_9 \cdot Z_5$$
$$F_{10} = Z_8 \qquad Z_{10} = Q_{10} \cdot Z_8$$
$$F_{11} = Z_9 \qquad Z_{11} = Q_{11} \cdot Z_9$$
$$F_{12} = Z_{10} \cdot Z_{11} \qquad Z_{12} = Q_{12} \cdot Z_{10} \cdot Z_{11}$$

Вміст клітини *ij* табл.3.1 - допустиме чи неприпустиме значення виходу Z_i для *i* – го технічного стану об'єкта. Єдиним впливом можливих елементарних перевірок можуть бути припустимі значення всіх зовнішніх вхідних сигналів. Заповнимо клітини по стовпцях. Для цього поставимо технічний стан об'єкта і обчислимо значення Z_i . Перший стіл таблиці, що відповідає працездатному стану об'єкта е, обчислюється за умови, що всі Q_i=1 для всіх j=1, 2, ..., h і тому всі Z_i=1. Другий стовпець – за умови, що Q_1=0, третій – Q_2=0 і т. д. Аналогічно заповнимо клітини інших стовпців.

Аналізуючи дані табл.3.1 на основі раніше викладених положень, можна зробити такі висновки.

1. Мінімальний алгоритм технічного діагностування машини для розливання феросплавів містить вихідний сигнал Z_{12}. Для перевірки його працездатності необхідно і достатньо контролювати продуктивність машини.

2. Для пошуку відмов Z_1-Z_4, Z_6-Z_{12} обов'язкові виходи.

3. Нерозрізним залишилася несправність блоку Q_5 але на рис.3.2 видно, що вона відрізняється на виході Z_5.

Таким чином, для пошуку одиночних несправностей (відмов) у розливу машині необхідно контролювати відмови електродвигуна, муфт 2 і 4, підшипників кочення 6 і 7 приводної станції, редуктора 3, зірочок приводної станції, обрив ланцюгів 10, 11, дефекти виливниці 12.

2) Розглянемо кінематичну схему редуктора (рис.3.3), проаналізуємо його роботу та побудуємо логічну модель (рис.3.4).

Вихідний параметр редуктора – передача заданого моменту, що крутить, швидкості обертання і ККД з вхідного валу редуктора на вихідний вал (Z_{27}). Якщо параметр Z_{27} відповідає нормі, то редуктор перебуває у працездатному стані.

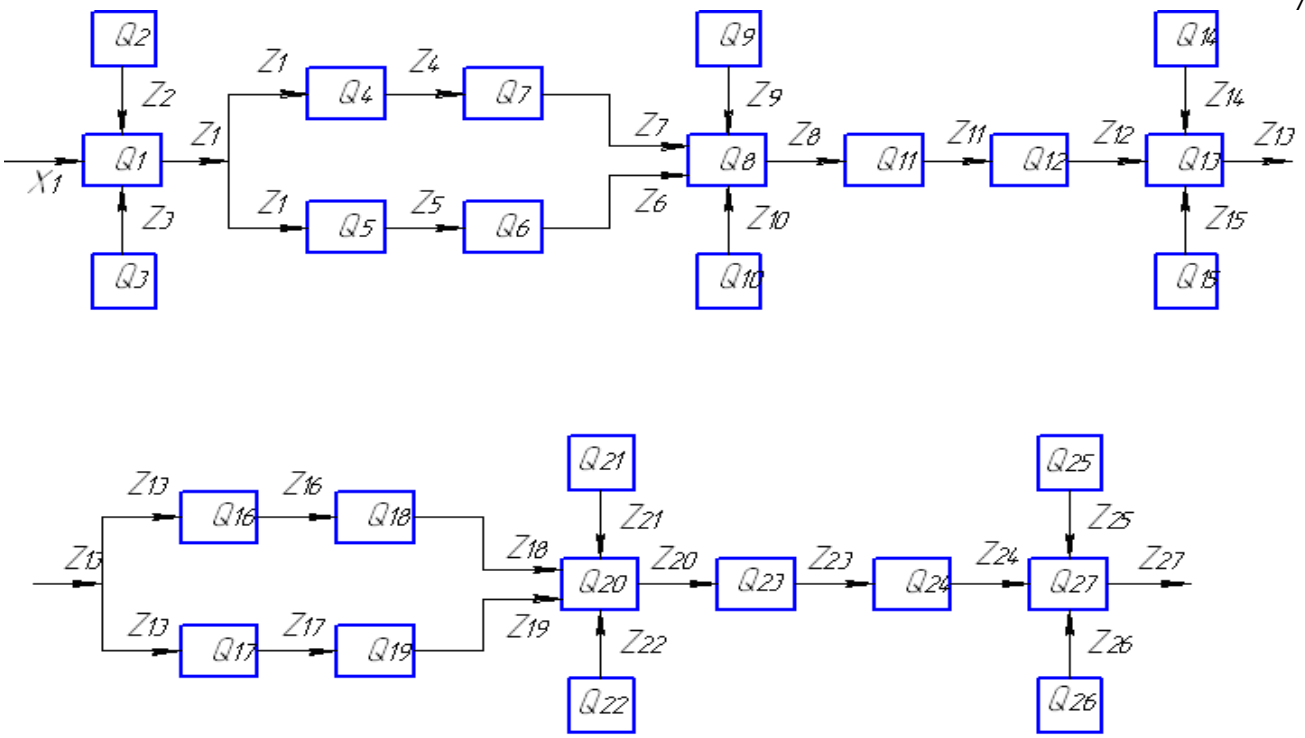


Рисунок 3.4 - Логічна модель редуктора

Істотними подіями для працездатного стану редуктора є:

1. Q_1 – відмова швидкохідного валу редуктора;

2. Q_2, Q_3, Q_9, Q_{10}, Q_{14}, Q_{15}, Q_{21}, Q_{22}, Q_{26}, Q_{25} - вихід з ладу підшипників кочення;

3. Q_4, Q_5, Q_{11}, Q_{16}, Q_{17}, Q_{23} - вихід з ладу зубчастих коліс;

4. Q_6, Q_7, Q_{12}, Q_{18}, Q_{19}, Q_{24} - відмова шпонок;

5. Q_8, Q_{13}, Q_{20}, Q_{27} - відмова валів.

З логічної моделі редуктора (рис.3.4) можна побудувати явну математичну модель у табличній формі (табл.3.2)

Таблиця 3.2 – Явна математична модель редуктора

R	e	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	Q 11	Q 12	Q 13	Q 14	Q 15	Q 16	Q 17	Q 18	Q 19	Q 20	Q 21	Q 22	Q 23	Q 24	Q 25	Q 26	Q 27
Z_1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_5	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_6	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_7	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{10}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{11}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{12}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{13}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{14}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{15}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{16}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{17}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{18}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{19}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{20}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Z_{21}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Z_{22}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Z_{23}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Z_{24}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Z_{25}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Z_{26}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Z_{27}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Використовуючи вищезазначені залежності та логічну модель можна побудувати таблицю, рядки якої відповідають допустимим елементарним перевіркам, а стовпці технічним станам реалізованим об'єктом в – працездатному стані так і в – непрацездатному стані.

Мінімальною перевірочною сукупністю є сигнал Z_{27}.

Запишемо функції умов роботи блоків логічної моделі та складемо несправності типу $Z_i = Q_i \cdot X_i$:

$$F_1 = X_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \qquad Z_1 = Q_1 \cdot X_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$$
$$F_4 = Z_1 \qquad Z_4 = Q_4 \cdot Z_1$$
$$F_5 = Z_1 \qquad Z_5 = Q_5 \cdot Z_1$$
$$F_6 = Z_5 \qquad Z_6 = Q_6 \cdot Z_5$$
$$F_7 = Z_4 \qquad Z_7 = Q_7 \cdot Z_4$$
$$F_8 = Z_6 \cdot Z_7 \cdot Z_9 \cdot Z_{10} \qquad Z_8 = Q_8 \cdot Z_6 \cdot Z_7 \cdot Z_9 \cdot Z_{10}$$
$$F_{11} = Z_8 \qquad Z_{11} = Q_{11} \cdot Z_8$$
$$F_{12} = Z_{11} \qquad Z_{12} = Q_{12} \cdot Z_{11}$$
$$F_{13} = Z_{12} \cdot Z_{14} \cdot Z_{15} \qquad Z_{13} = Q_{13} \cdot Z_{12} \cdot Z_{14} \cdot Z_{15}$$
$$F_{16} = Z_{13} \qquad Z_{16} = Q_{16} \cdot Z_{13}$$
$$F_{17} = Z_{13} \qquad Z_{17} = Q_{17} \cdot Z_{13}$$
$$F_{18} = Z_{16} \qquad Z_{18} = Q_{18} \cdot Z_{16}$$
$$F_{19} = Z_{17} \qquad Z_{19} = Q_{19} \cdot Z_{17}$$
$$F_{20} = Z_{18} \cdot Z_{19} \cdot Z_{21} \cdot Z_{22} \qquad Z_{20} = Q_{20} \cdot Z_{18} \cdot Z_{19} \cdot Z_{21} \cdot Z_{22}$$
$$F_{23} = Z_{20} \qquad Z_{23} = Q_{23} \cdot Z_{20}$$
$$F_{24} = Z_{23} \qquad Z_{24} = Q_{24} \cdot Z_{23}$$
$$F_{27} = Z_{24} \cdot Z_{26} \cdot Z_{25} \qquad Z_{27} = Q_{27} \cdot Z_{24} \cdot Z_{26} \cdot Z_{25}$$

3.2.2. 3.3.2 Комп'ютерне дослідження машини для розливання феросплавів

Мета: створити розрахунково - наведену схему; скласти математичну модель; провести комп'ютерне дослідження машини (встановити вплив конструкційних параметрів поведінка всієї системи).

Вихідні дані

Складаємо наведену розрахункову схему машини для розливання феросплавів, зображеної на рис. 3.5, де 1-ланцюг, 2,3-відповідно вихідний та вхідний вали редуктора.

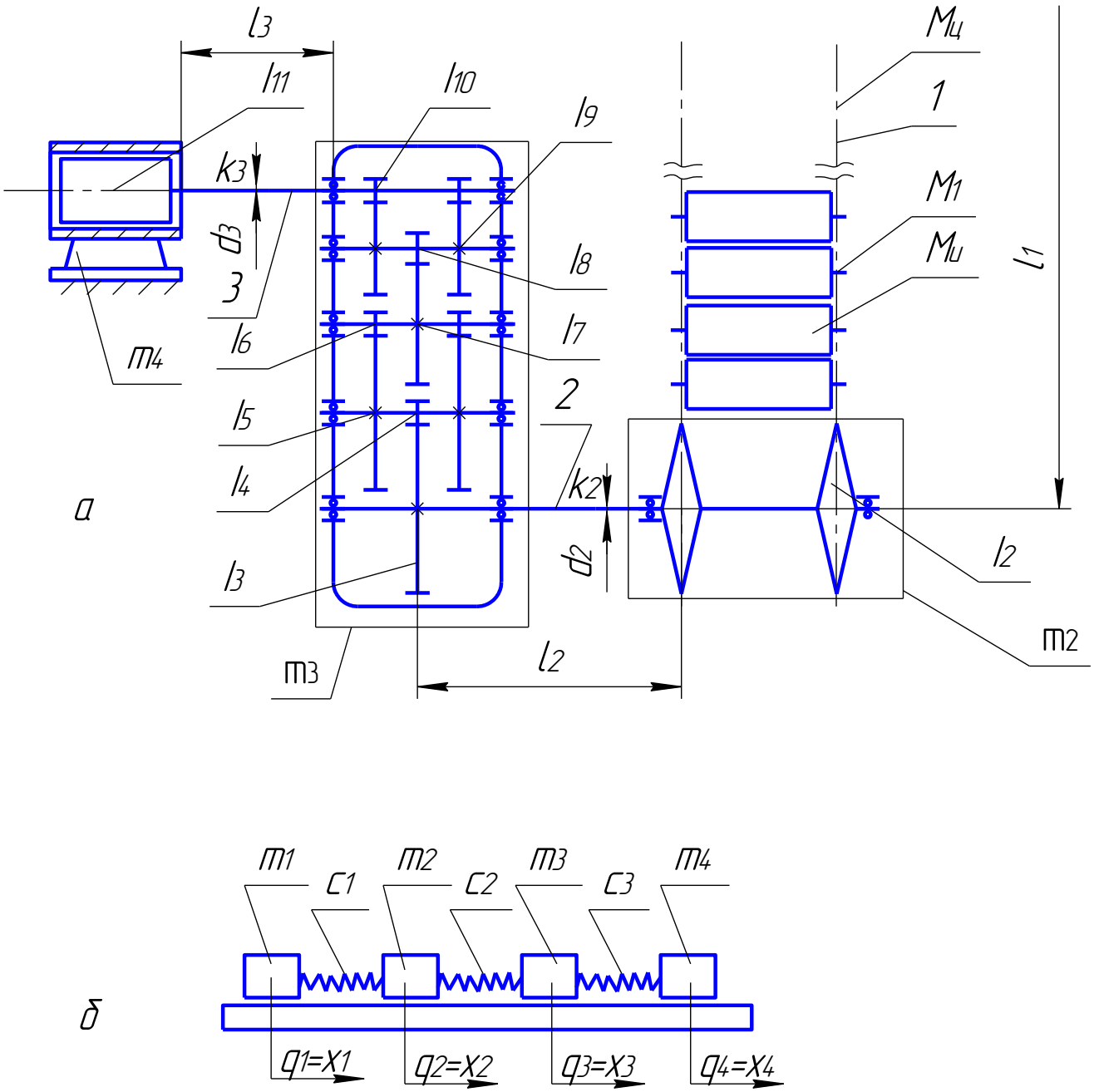


Рисунок 3.5 Розрахункові схеми машини для розливання феросплавів.

Розрахунок вихідних даних для виконання магістерської роботи:

$$M_1 = M_и + M_ц = 44100 + 14261 = 58361кг;\quad I_2 = m_2 R_з = 2 \cdot 630 \cdot 1{,}294^2 = 2109{,}8кг \cdot м^2;$$

$$I_3 = \frac{4m_3 R_3^{\,2}}{7} = \frac{4 \cdot 920 \cdot 1{,}720^2}{7} = 1555{,}28кг \cdot м^2;\quad I_4 = \frac{4 \cdot 380 \cdot 0{,}260^2}{7} = 14{,}68кг \cdot м^2;$$

$$I_5 = \frac{4 \cdot 59 \cdot 0{,}768^2}{7} = 198{,}84кг \cdot м^2;\ I_6 = \frac{4 \cdot 240 \cdot 0{,}132^2}{7} = 2{,}4кг \cdot м^2$$

$$I_7 = \frac{4 \cdot 380 \cdot 0{,}492^2}{7} = 52{,}56кг \cdot м^2;\ I_8 = \frac{4 \cdot 110 \cdot 0{,}108^2}{7} = 0{,}732кг \cdot м^2$$

$I_9 = \frac{4 \cdot 260 \cdot 0{,}348^2}{7} = 18 кг \cdot м^2$; $I_{10} = \frac{4 \cdot 160 \cdot 0{,}102^2}{7} = 0{,}952 кг \cdot м^2$

$l_1 = 39{,}754 м$; $l_2 = 570 мм$; $l_3 = 290 мм$; $d_2 = 230 мм$; $d_3 = 65 мм$; $I_{11} = 0{,}137 кг \cdot м^2$

Розрахунок

1. Коефіцієнти жорсткості:

Для ланцюга 1:

$$K_1 = \frac{E \cdot S}{l_1} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{11} \cdot 76 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}12}{39{,}754} = 27529305{,}23 Н / м$$

де Е-модуль пружності ланцюга, Е = 2,1 10^5 МПа;

Для валів 2 і 3 при їх крученні:

$$K_2 = \frac{G \cdot \pi \cdot (d_2)^4}{32 \cdot l_2} = \frac{8 \cdot 10^{10} \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}23)^4}{32 \cdot 0{,}57} = 38559053{,}94 Н \cdot м$$

$$K_3 = \frac{G \cdot \pi \cdot (d_3)^4}{32 \cdot l_3} = \frac{8 \cdot 10^{10} \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}065)^4}{32 \cdot 0{,}29} = 483443{,}04 Н \cdot м$$

де d - діаметр валу;

l - довжина ділянки валу, що закручується;

G - модуль другого роду, G = 8·10^4 МПа.

Наведену схему можна подати у вигляді поступальної маси

Місцем приведення мас призначимо кінцеву масу М1 (рис. 3.14).

2. Визначаємо наведені маси з умови рівності кінетичних енергій параметрів, що наводяться та наведених.

$m_1 = M_1 = 58361 кг$

$m_2 = I_2' \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_2^2 \cdot R_з^2} = \frac{I_2'}{R_з^2} = \frac{2109{,}8}{1{,}294^2} = 1260 кг$

$m_3 = m_3' + m_4' + m_5' + m_6' = 1312{,}52 + 7320{,}3 + 59942{,}3 + 533966{,}98 = 602542{,}1 кг$

$m_3' = I_3' \cdot \frac{V^2}{V^2 \cdot R_з^2} + I_4' \cdot \frac{V^2 \cdot R_3^2}{V^2 \cdot R_б^2 \cdot R_4^2} = \frac{I_3'}{R_з^2} + I_4' \cdot \frac{R_3^2}{R_б^2 \cdot R_4^2} = \frac{1555{,}28}{1{,}294^2} +$

$+ 14{,}68 \cdot \frac{1{,}72^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2} = 1312{,}52 кг$

$$m_4' = I_5{}' \cdot \frac{R_3^2}{R_3^2 \cdot R_4^2} + I_6{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2} = 198{,}84 \cdot \frac{1{,}72^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2} +$$

$$+ 2{,}4 \cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2} = 7320{,}3 кг$$

$$m_5' = I_7{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2} + I_8{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2 \cdot R_7^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2 \cdot R_8^2} = 52{,}56 \cdot$$

$$\cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2} + 2{,}4 \cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2 \cdot 0{,}492^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2 \cdot 0{,}108^2} = 59942{,}3 кг$$

$$m_6' = I_9{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2 \cdot R_7^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2 \cdot R_8^2} + I_{10}{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2 \cdot R_7^2 \cdot R_9^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2 \cdot R_8^2 \cdot R_{10}^2} =$$

$$= 18 \cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2 \cdot 0{,}492^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2 \cdot 0{,}108^2} + 0{,}952 \cdot$$

$$\cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2 \cdot 0{,}492^2 \cdot 0{,}348^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2 \cdot 0{,}108^2 \cdot 0{,}102^2} = 533966{,}98 кг$$

$$m_4 = I_{11}{}' \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2 \cdot R_7^2 \cdot R_9^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2 \cdot R_8^2 \cdot R_{10}^2} =$$

$$= 0{,}137 \cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2 \cdot 0{,}492^2 \cdot 0{,}348^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2 \cdot 0{,}108^2 \cdot 0{,}102^2} = 29280{,}44 кг$$

3. Обчислюємо наведені жорсткості за формулами

$$C_1 = K_1 = 27529305{,}23 H \cdot м$$

$$C_2 = K_2 \cdot \frac{\varphi_2^2}{R_3^2 \cdot \varphi_2^2} = \frac{K_2}{R_3^2} = \frac{38559053{,}94}{1{,}294^2} = 23028084{,}64 H \cdot м$$

$$C_3 = K_3 \cdot \frac{R_3^2 \cdot R_5^2 \cdot R_7^2 \cdot R_9^2}{R_3^2 \cdot R_4^2 \cdot R_6^2 \cdot R_8^2 \cdot R_{10}^2} =$$

$$= 483443{,}04 \cdot \frac{1{,}72^2 \cdot 0{,}768^2 \cdot 0{,}492^2 \cdot 0{,}348^2}{1{,}294^2 \cdot 0{,}26^2 \cdot 0{,}132^2 \cdot 0{,}108^2 \cdot 0{,}102^2} = 1{,}0332428 \cdot 10^{11} H \cdot м$$

4. Дослідження вільних коливань машини для розливання феросплавів (див. рис. 3.5, б). У початковий час масі була повідомлена початкова швидкість м/с. Система має чотири ступені свободи. Положення її визначаються чотирма узагальненими координатами.

Для даної системи рівняння Лагранжа мають вигляд:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial x_1}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_1}+\frac{\partial П}{\partial x_1}=0;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial x_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}+\frac{\partial П}{\partial x_2}=0;$$
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{dx_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}+\frac{\partial П}{\partial x_3}=0;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial x_4}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_4}-\frac{\partial П}{\partial x_4}=0. \quad (3.1)$$

Кінетична енергія системи

$$T=\frac{1}{2}\left[m_1\dot{x}_1^2+m_2\dot{x}_2^2+m_3\dot{x}_3^2+m_4\dot{x}_4^2\right].$$

Потенційну енергію визначаємо як роботу сил пружності наведених жорсткостей З $_1$ З $_2$ З $_3$ при переміщенні системи з відхиленого становища від її основного руху на початкове, тобто. у положення, що відповідає поступальному руху системи за рис. 3.14,б:

$$П=\frac{1}{2}C_1(x_1-x_2)^2+\frac{1}{2}C_2(x_2-x_3)^2+\frac{1}{2}C_3(x_3-x_4)^2=$$
$$=\frac{1}{2}\left[C_1x_1^2+(C_1+C_2)x_2^2+(C_2+C_3)x_3^2+C_3x_4^2-2C_1x_1x_2-2C_3x_3x_4\right]$$

Знаходимо похідні, такі, що входять до рівняння Лагранжа у вигляді:

$$\frac{\partial П}{\partial x_1}=C_1x_1-C_1x_2;\ \frac{\partial П}{\partial x_2}=(C_1+C_2)x_2-C_1x_1-C_2x_3;$$
$$\frac{\partial П}{\partial x_3}=(C_2+C_3)x_3-C_2x_2-C_3x_4;\ \frac{\partial П}{\partial x_4}=C_3x_4-C_3x_3;$$
$$\frac{\partial T}{\partial x_1}=\frac{\partial T}{\partial x_2}=\frac{\partial T}{\partial x_3}=\frac{\partial T}{\partial x_4}=0;$$
$$\frac{\partial T}{\partial x_1}=m_1\dot{x}_1;\ \frac{\partial T}{\partial x_{21}}=m_2\dot{x}_2;\frac{\partial T}{\partial x_3}=m_3\dot{x}_3;\ \frac{\partial T}{\partial x_4}=m_4\dot{x}_4;$$
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right)=m_1\ddot{x}_1;\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)=m_2\ddot{x}_2;$$
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)=m_3\ddot{x}_3;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right)=m_4\ddot{x}_4. \quad (3.2)$$

Підставляючи отримані вирази (3.2) (3.1), отримуємо

$$m_1\ddot{x}_1+C_1x_1-C_1x_2=0;$$
$$m_2\ddot{x}_2-C_1x_1+(C_1+C_2)x_2-C_2x_3=0;$$
$$m_3\ddot{x}_3-C_2x_2+(C_2+C_3)x_3-C_3x_4=0; \quad (3.3)$$
$$m_4\ddot{x}_4-C_3x_3+C_3x_4=0.$$

Використовуючи числові значення наведених мас та жорсткостей, рівняння (3.3) запишемо у вигляді:

$$58361\ddot{x}_1 + 27529305{,}23x_1 - 27529305{,}23x_2 = 0;$$
$$1260\ddot{x}_2 - 27529305{,}23x_1 + (27529305{,}23 + 23028084{,}64)x_2 - 23028084{,}64x_3 = 0;$$
$$602542{,}1\ddot{x}_3 - 23028084{,}64x_2 + (23028084{,}64 + 10332428 \cdot 10^3)x_3 - 10332428 \cdot 10^3 x_4 = 0;$$
$$29280{,}44\ddot{x}_4 - 10332428 \cdot 10^3 x_3 + 10332428 \cdot 10^3 x_4 = 0.$$

Цей запис є системою диференціальних рівнянь, які описують рух наведених мас T_1 T_2 T_3 T_4.

Рішення цієї системи пов'язане з великою обчислювальною роботою, тому дослідження коливань систем з числом ступенів свободи більше трьох проводиться на ЕОМ з використанням програми " RK 4_KDM.xls " .

3.2.3. Аналіз та оцінка результатів динамічних досліджень

Кінцева мета динамічних досліджень будь-якої механічної системи з пружними ланками - отримання дійсних навантажень, які сприймаються ланками механізму, і навіть обчислення діапазон частот коливань системи, що дозволяє проявити спеціальні режими роботи досліджуваного механізму, тобто. режими типу резонанс, биття та ін.

Порівняємо, оцінимо та осмислимо отримані раніше результати (рис. 3.6) динамічних досліджень машини для розливання феросплавів. З графіка (рис. 3.7) видно, що характер переміщення різний.

При зміні кінцевої маси M_1 у бік збільшення спостерігається така ситуація: з графіка переміщень видно, що амплітуда коливань маси M_1 зменшується, що в свою чергу призводить до збільшення амплітуд коливань двигуна, редуктора та зірочок, а це позначається на нормальній роботі механізму в цілому (перевантаження двигуна та його поломка). При зменшенні кінцевої маси M_1 з графіка переміщень видно, що збільшується період коливань, амплітуда коливань маси M_1 збільшується, але при цьому зменшуються амплітуди коливань двигуна, редуктора, зірочок, а це говорить про недовикористання механізму (двигун працює не на повну потужність).

3.3. Експериментальна частина

У науковому дослідженні експеримент – один із найважливіших способів отримання інформації про об'єкт, що вивчається. Створення нового та вдосконалення існуючого металургійного обладнання неможливе без його експериментального дослідження.

Мета діагностування – підвищити надійність металургійного обладнання. Відмови машин і механізмів спричиняють важкі наслідки, наприклад, втрати виробництва, підвищену витрату запасних частин, матеріалів, енергії, трудових ресурсів.

На етапі експлуатації технічна діагностика сприяє вирішенню наступних завдань:

1) встановленню наявності або відсутності в об'єкті діагностування дефектних елементів та виявлення допущених при складанні помилок;

2) оцінки працездатності машин перед пуском їх у роботу після ремонтів;

3) виявлення несправностей, що виникають під час експлуатації.

У цій роботі планується дослідження діючого обладнання з метою з'ясування причин його незадовільної роботи або пошук резервів підвищення його надійності та продуктивності, визначення оптимальних умов роботи, а також дослідження з метою пошуку оптимальних умов реалізації технологічного процесу. При виконанні експериментальних досліджень машини для розливання феросплавів вимірюємо наступні параметри:

1. Крутних моментів Мкр ;

2. Зусиль стискування на штоку Q .

3.3.1. Методика проведення експерименту

1. Постановка задачі, складання цілей досліджень, формулювання вимог до експерименту;

2. Складання плану експерименту, що включає набір інструкцій з проведення експерименту, в яких вказується послідовність, характер та величина змін змінних та даються вказівки щодо проведення повторних

експериментів. У плані має бути правильно відображено обсяг експериментальної роботи;

3. Підбір датчиків для вимірювання необхідних параметрів та обладнання (осцилографи, цифрові вимірювачі, самописні прилади) для реєстрації цих параметрів;

4. Проведення випробувань;

5. Аналіз отриманих даних, побудова графічних та математичних залежностей з оцінкою їх точності та надійності;

6. Упорядкування звіту експерименту.

3.3.2. Розташування датчиків та вимірювальної апаратури

У магістерській роботі пропонується застосувати датчик крутного моменту T10FM , що з'єднує тихохідний вал редуктора з валом приводної станції з метою дослідження моменту, що крутить. Також пропонується встановити сталевий мембранний датчик стиснення М70К на штоку гідроциліндра кантувального пристрою для дослідження навантаження на штоку. Датчики обрані за найбільшим моментом, що крутить, М кр = 61509,8 Нм і найбільшим навантаженням на штоку Q = 165 кН.

Датчик крутного моменту T10FM

Датчик крутного моменту T10FM продовжує лінійку датчиків T10F в області великих моментів, що крутять. В основу його роботи також покладено принцип виміру зсувних деформацій. Вимірювальне тіло та фланець для введення крутного моменту виготовлені у вигляді однієї деталі.

Фланцеве виконання конструкції датчика дозволяє суттєво зменшити габаритний розмір уздовж осі обертання датчика. Високі допустимі бічні зусилля дозволяють проводити монтаж датчика на вузли машини, що виступають. Висока радіальна жорсткість дозволяє суттєво зменшити згинальні коливання. Завдяки відсутності підшипників та контактних кілець не потрібні витрати на обслуговування датчика. Технічна характеристика наведена у табл. 3.3.



Номінальний момент, що крутить, в діапазоні від 15 кН·м до 80 кН·м

Номінальна швидкість обертання 3000….8000 об/хв

Введення вимірюваного крутного моменту за допомогою фланцевого з'єднання

Великі допустимі бічні зусилля

Висока радіальна жорсткість

Відсутність підшипників та контактних кілець

Вбудована оптична система вимірювання швидкості обертання (опціонально)

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики:

Номінальний крутний момент (Н·м):	15к, 20к, 25к, 30к, 40к, 45к, 50к, 60к, 70к, 80к
Номінальна швидкість обертання (про/хв):	6000 (для 15 кН·м, 20 кН·м, 25 кН·м) 4000 (для 30 кН·м, 40 кН·м, 45 кН·м) 3000 (для 50 кН·м, 60 кН·м, 70 кН·м, 80 кН·м)
Підвищена номінальна швидкість обертання (об/хв), опціонально:	8000 (для 15 кН·м, 20 кН·м, 25 кН·м) 6000 (для 30 кН·м, 40 кН·м, 45 кН·м) 4500 (для 50 кН·м, 60 кН·м, 70 кН·м, 80 кН·м)
Клас точності:	0,1
Знімання сигналу:	безконтактний
Передача крутного моменту:	фланець
Вихідний сигнал:	10 кГц ± 5 кГц; ± 10 В
Допустиме навантаження (%) :	130 – 250 залежно від номіналу
Номінальний температурний діапазон (°С):	+10 ... +60
Опції:	вбудована система вимірювання швидкості, з'єднувальний кабель, муфти

Сталевий мембранний датчик стиснення М70К



Мембранні датчики стиснення рекомендується використовувати в автомобільних, вагонних бункерних терезах, а також для зважування великих баків та інших ємностей.

Пружний елемент датчика виконаний у вигляді профільованої мембрани з легованої чи нержавіючої сталі.

Використовуються тензорезистори, мікропровід, клей, герметик та регулювальні резистори кращих світових виробників.

Датчик надійно працює у вологих та частково агресивних середовищах. Ступінь захисту оболонкою за ГОСТ 14254:

для виконання з легованої сталі - IP 67,

для виконання з нержавіючої сталі – IP 68.

Для реалізації заявленої точності вимірювання необхідно кріпити датчик до жорсткої підстави, що не деформується, і забезпечити відсутність на силовому вході бічних сил і моментів.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики:

Параметри датчика	Одиниці виміру	Значення параметрів		
		М65	М70	М100
Найбільша межа виміру (НПІ)	т	5	10; 15; 20; 25; 30	30; 50
Клас точності згідно з ДСТ 30129 (МОЗМ Р60)		С1	С3	
Число перевірочних інтервалів		1000	3000	
Робочий коефіцієнт передачі (РКП)	мВ/В	2±0,004	2±0,002	
Початковий коефіцієнт передачі (НКП)	% від РКП	<2	<2	
Комбінована похибка	% від РКП	<±0,030	<±0,020	
Повзучість (30 хв.)	% від РКП	<±0,049	<±0,016	
Зміна НКП від температури	% від РКП/°С	<±0,0028	<±0,0011	
Зміна РКП від температури	% від РКП/°С	<±0,0016	<±0,0011	
Найбільша напруга живлення постійного струму	У	12		
Опір вхідний	Ом	760±5		
Опір вихідний	Ом	700±1		
Опір ізоляції	ГОм	>5		
Діапазон термокомпенсації	°С	-10÷ 40		
Робочий діапазон температур	°С	-30÷50		
Діапазон температур зберігання	°С	-40÷50		
Ступінь захисту згідно з ГОСТ 14254		IP67 (Легована сталь) IP68 (Нержавіюча сталь)		
Допустиме перевантаження протягом не більше 1 години	% від НПІ	25		
Руйнівне навантаження	% від НПІ	300		
Матеріал датчика		Легована сталь Нержавіюча сталь		
Маса датчика	кг	3,0	4,0	8,0
Довжина кабелю	м	10		

Вид та рівень вибухозахисту за ДСТ 51330.0 (МЕК 60079-0-98) - 0ExiallCT6 X

Одним з основних питань при підготовці та проведенні дослідів є тарування параметрів, що реєструються. Тарування є визначення справжнього значення досліджуваних параметрів, записаних на стрічку осцилографа або приладу, що самописає. Тарування месдози виконуємо прямим способом: знімаємо її і навантажуємо відомим за величиною зусиллям. Тарування моментів, що крутять, проводимо непрямим способом. Методика тарування зусиль і моментів, що крутять, добре висвітлена в технічній літературі.

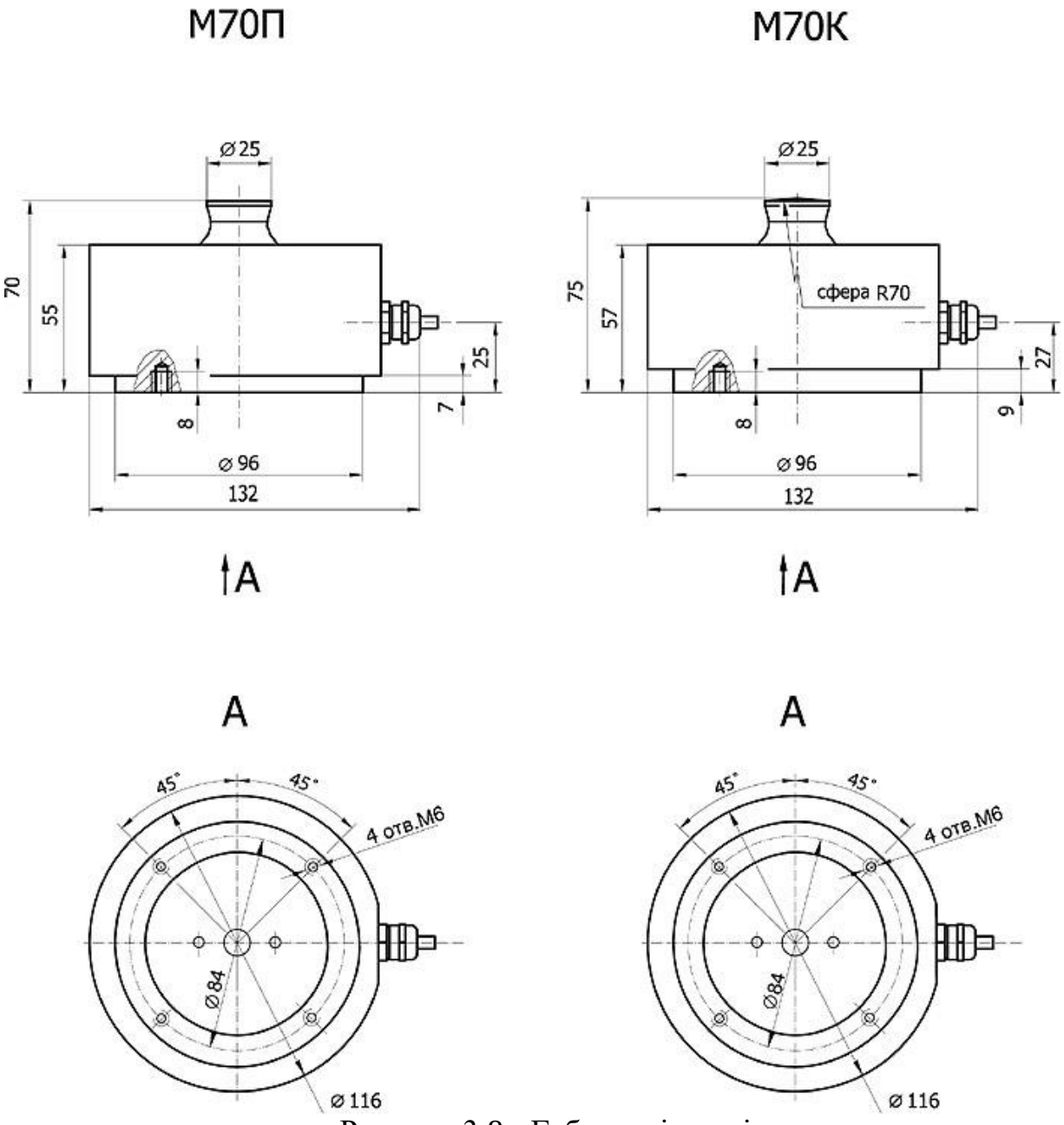
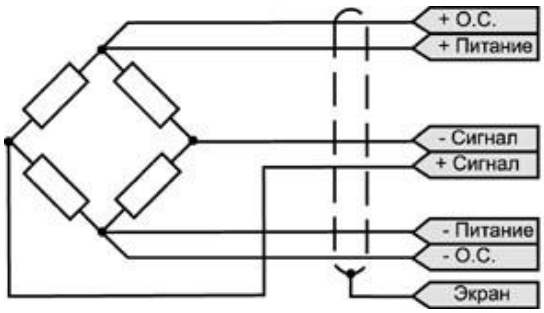


Рисунок 3.8 - Габаритні розміри



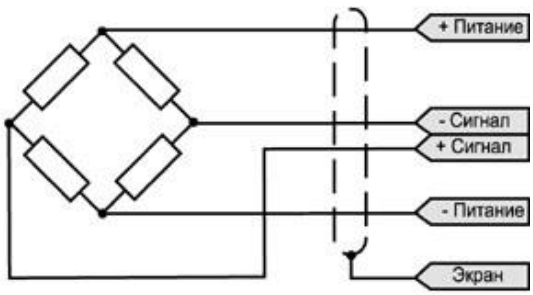


Рисунок 3.9 - Схема підключення

4. 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ

4.1. Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників в шихтовому відділенні цеху №4

4.1.1. Рівень механізації праці робітників

Досить повну уяву про рівень механізації можна одержати шляхом визначення витрат механізованої та ручної праці за формулою

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%, , \tag{4.1}$$

де В – рівень механізації праці, %;

М – сума людино-годин механізованого праці;

R – сума людино-годин ручної праці.

Данні для розрахунків рівня механізації праці робітників зведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Розрахунки рівня механізації праці робітників

№ з/п	Професія робітників	Штат робіт-ників	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			Рівень механізації, %
			Вручну	за допомогою машин	усього	
1	Електрогазозварювальник	2	24	24	48	50
2	Слюсар - ремонтник	15	225	135	360	37,5
3	Електромонтер	24	216	360	576	62,5
4	Шихтовщик	40	840	120	960	12,5

Як видно із таблиці 4.1 професії:

– слюсар - ремонтник та шихтовщик відносяться до ручної праці;

– електромонтер та електрогазозварювальник – до змішаної.

4.1.2. Основні шкідливості й небезпеки в шихтовім відділенні

Шкідливості й небезпеки шихтового відділення плавильного цеху №4 відносяться до фізичної групи ,яка містить у собі пил, шум,вібрацію, зміни температури усередині приміщення.

Пил, що перебуває в шихтовім відділенні, складається з:

– пилу що містить марганець має ГДК=0,3 мг/м^3 (II клас небезпеки);

– пилу що містить кремній при відносній вологості 70 % має ПДК=1 мг/м^3 (II клас);

– коксового пилу який має ГДК= 6 мг/м^3 (III клас)

– рівень шуму досягає 85 дБа при ПДК=80 дБа.

Результати вимірів параметрів робочого середовища приведені в табл.4.2

У наявності існує 6 шкідливих чинників з них:

- 5 чинників – I ступеня;
- 1 чинник – II ступеня.

Пільги та компенсації за роботу при даних факторах це:

- пенсія за списком №2;
- додаткова відпустка 7 днів;
- надбавка до зарплати (12 %- черговий персонал, 27% - денний)
- пристрій вентиляції, кондиціювання повітря й опалення у відповідності зі БНіП 2.04.05-91 і ін.

Також є фізично небезпечні й шкідливі фактори:, машини й механізми що рухаються, небезпечний рівень напруги в електричній мережі, замикання якої може відбутися крізь тіло людини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань (у якості живлення електродвигунів використовується напруга ≈ 380 В).

Таблиця 4.2 – Фактори виробничого середовища трудового процесу слюсаря.

№ з/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. зн. (ГДК. ГДР)	Фак-тичне знач.	III клас – шкідливі небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора, % за зміну
				I ст.	II ст.	III ст.	
1.	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	6	7,3	1,3			80
2.	Шум, дБа	80	85	5			85
3.	Неіонізуюче випромінювання: - інфрачервоне Вт/м^2	140	220	220			85
4.	Мікроклімат у приміщенні: - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря,% - інфрачервоне випром., Вт/м^2	20…25 0,3..0,7 60	-1...+28 0,3..0,4 до 100	3	40		81 82
5.	Атмосферний тиск	760	780	780			
6.	Вага й напруженість праці			Середня III б, поміркована			

4.1.3. Заходи щодо усунення шкідливостей і небезпек

До заходів щодо оздоровлення повітряного середовища відносяться:

- механізація та автоматизація виробничих процесів, дистанційного керування ними;
- герметизація устаткування й технологічних процесів, при яких утворюється шкідливий пил;
- зволоження сухих матеріалів;
- ізоляція ділянок, на яких виконуються роботи з виділенням пилу й газу;
- ретельне систематичне прибирання приміщень;
- професійний відбір осіб, що працюють у забруднених умовах; щорічний медичний огляд;
- санітарно – технічна пропаганда й навчання безпечним методам роботи.

У якості вентиляційної установки використовується вентилятори типу УЛТ із такими параметрами n=1400 хв$^{-1}$, Q=21700 м^3/год., N=10кВт.

Одним з важливих засобів захисту працюючого від шкідливих факторів є застосування ЗІЗ. Застосовуються респіратори прошивальні ШБ-1 м, «Пелюсток-5» (ДНАОП 0.00- 3.01-98).

Для захисту від середньо й високочастотного шуму використовуються протишумові навушники ВЦНИИОТ-2М с рівнем шуму 120 дБА і масою 0,18 кг.

У комплект ЗІЗ від електричних полів входить спеціальний костюм, головний убір, рукавиці й спеціальне взуття.

4.2. Технічні розв'язки по виробничій санітарії

4.2.1. Об'ємно-планувальні розв'язки будинків і споруджень цеху

Відповідно до вимог санітарних норм для проектованого виробництва, технологічні процеси в якому є джерелами виділення виробничих шкідливих речовин у навколишнє середовище, передбачається встановлення санітарно-захисної зони для підприємства, до складу якого входить проектованих цех.

Розмір санітарно-захисної зони встановлюється на підставі санітарної класифікації виробничих процесів у цеху й визначення класу виробництва. Феросплавне виробництво ставиться до II класу підприємств (шкідливе), для якого розмір санітарно-захисної зони між (сзз) підприємством і жилою зоною ≥ 500 м, цех має бути розташовуваним з підвітренной сторони стосовно житлового району. Ця умова повинна задовольнятися й при розташуванні цеху на генеральному плані заводу стосовно цехів, що не є джерелами виділення шкідливості у навколишнє середовище. Проте в реальності розмір СЗЗ в рамкахзаводу не виконується, оскільки немає достатніх вільних площ.

4.2.2. Опалення й вентиляція

Відповідно до вимог санітарних норм встановлені параметри повітряного середовища для робочої зони виробничих приміщень, таблиця 4.3 (ДСН 3.3.6.042 -99).

Процес дозування шихти пов'язаний із транспортуванням і пересипанням сипучих матеріалів, у результаті чого в повітря піднімається велика кількість пилу.

Таблиця 4.3 – Значення прийнятих припустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень (теплий період року).

Характеристика виробничих приміщень по надлишкових теплових розподілах	Категорія по вазі	На постійних робочих місцях			Температура повітря поза постійних робітничих місць, °С
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Менш 84 $\frac{кДж}{м^3 \cdot ч}$	Середня вага				Не більше ніж на 5° вище середньої t° зовнішнього повітря в т.ч. самого жаркого місяця
	(11а)	18/27	65 при 26°С	0,2-0,4	
	(11б)	16/27	70 при 25°С	0,2-0,5	

Для усунення осідання пили в приміщенні, зменшують її кількість у повітрі, вагові транспортери закриті парасолями, з'єднаними за допомогою повітроводів з вентиляційними установками.

4.2.3. Освітлення виробничих приміщень

Характеристика приміщення по нормах освітленості (БНіП2.09.04-87)

- характеристика зорової роботи середньої точності;
- розряд зорової роботи: IV;
- освітленість (штучна): $E_u = 200 лк$;

– характеристика фону: середній;

– контраст: середній;

При сполученім висвітленні (верхнє й бічне): $l_н = 2,4\%$

Переносні електролампи повинні приєднаються до мережі шланговим кабелем або багатожильним гнучким проведенням з ізоляцією на напругу не нижче 500 В, розташованим у гумовому шлангу. Світильники аварійного освітлення, розташовані так, що забезпечують необхідну освітленість, надійність кріплення, безпеку й зручність їх обслуговування (типи УПС, Альфа). Для світильників місцевого висвітлення застосовуються лампи накалювання, розраховані на номінальну напругу 12 В, потужністю 40 Вт.

Для висвітлення приміщень застосовуються газорозрядні лампи низького й високого тиску – люмінесцентні, натрієві, ксенонові, ДРЛ, ЛБ, ЛХБ світильники УПД, Астра 32 (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Прийняті значення освітленості

Найменування робочого місця	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк і коеф. запасу						Аварійне освітлення, лк	
		При люмінесцентних лампах			При лампах розжарювання				
		Система комбінованого висвітлення	Система загального висвітлення	коефіцієнт запасу	Система комбінованого висвітлення	Система загального висвітлення	коефіцієнт запасу	Для тривалих робіт	Для евакуації
Шихтове від -ділення (слюсар - ремонтник)	IV	150	150	2	150	50	2	50	7,5
Шихтове відділення (електрогазозварник)	V	100	100	2	100	30	2	30	5

4.3. Техніка безпеки

Всі робітники повинні беззаперечно виконувати приписи діючих інструкцій з охорони праці на придприємстві. Для контролю виконання приписів інструкцій а також для попередження нещасних випадків,

працівниками відділу охорони праці виконуються регулярні обходи цехів заводу, з метою виявлення порушень правил техніки безпеки.

Для цеху №4 існують такі інструкції:

- №0.01 – для робочих, спеціалістів та керівників заводу;
- №0.02 – для газозварника та газорезчика;
- №0.03 – для електрозварника;
- №0.05 – охорона праці при виконанні робіт на висоті;
- №0.07 – для слюсарів по обслуговуванню та ремонту ВПМ;
- №0.08 – для персоналу роботаючого з ручним електро інструментом, ручними електричними машинами, ручними електричними світильниками;
- №0.12 – для водіїв електровозів, електронавантажувачів та електрокар;
- №0.15 – для робочих по керуванню вантажо під"емними механізмами з полу;
- №0.20 – для персоналу роботаючого на електричних та ручних лебідках;
- №0.25 – по забезпеченню протипожежної безпеки в цехах та інших структурних підрозділах заводу;
- №0.29 – для слюсарів по ремонту металургійного та сантехнічного обладнання;
- №0.38 – для стропальників при обслуговуванні ВПМ.

Також інженерно технічний склад цеху у своїй роботі користується наступними правовими актами:

- НПАОП 0.00-1.01-07 - Правила пристрою та безпечної експлуатації вантажопід'ємних кранів. Згідно з правилами, кранам проводяться часткове та повне технічне освідчення, а по закінченню нормативного строку експлуатації один раз на три роки проводять експертно-технічне діагностування.

4.4. Протипожежна безпека виробництва

У цеху є різні приміщення, що відрізняються по рівню пожежонебезпеки (таблиця. 4.5)

У зв'язку з пожежонебезпекою приміщень шихтового відділення в механослужбі передбачена наявність трьох вогнегасників типу ОП-5, які перебувають у кімнаті чергового слюсарів.

Для гасіння електроустаткування в електрослужбі перебувають три вуглекислотні вогнегасники плюс на шести ЩСУ й у чотирьох трансформаторних камерах по одному вогнегаснику.

У шихтовім відділенні передбачений протипожежний водовод, підключений до господарського водоводу. На водо водній мережі встановлено 6 гідрантів, до яких при пожежі приєднуються гнучкі рукава. Один з них розташовано у кімнаті чергових слюсарів, інший – у приміщенні пульта шихтоподачі.

Також для гасіння пожеж передбачена наявність піску в спеціально відведених місцях.

Таблиця 4.5 – Класифікація приміщень пожежонебезпеки плавильного цеху

№ з/п	Найменування ділянок, приміщень	Категорія пожежонебезпеки ДСТУ-2272-93	Ступінь вогнестій-кості	Класифіка-ція по ПУЕ	Група виробничих процесів по сан. хар. БНіП II - 4 -79
1	Закриті склади: кварциту коксу руди агломерату	 Д В Д Д	 IV III IV IV	 П-IIа П-III П-IIа П-IIа	 11-Г 11-Г 11-Г 11-Г
2	Транспортна галерея шихтоподачи	В	II	П-Iа	11-Г
3	Плавильне відділення	Г	II	П-II	11-Б
4	Склады готової продукції	Д	IV	П-II	11-Г
5	Шихтове відділення	В	II	П-II	11-Г

4.5. Ймовірність аварій і план їх ліквідації

План ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС) розробляється з метою: визначення можливих сценаріїв виникнення аварійної ситуації і її розвитку; визначення готовності організації до локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на небезпечному виробничому об'єкті; планерування дій виробничого персоналу і аварійно-рятівних служб (формувань) по локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на відповідних стадіях їх розвитку; розробки заходів, направлених на підвищення протиаварійного захисту і зниження масштабів наслідків аварій; виявлення достатності прийнятих заходів по запобіганню аварійним ситуаціям на об'єкті.

Перелік виробництв (цехів, відділень, ділянок, установок) і окремих хіміко-технологічних об'єктів, для яких розробляються ПЛАС, затверджується технічним керівником організації.

ПЛАС повинен містити: титульний аркуш (додаток 1); оперативну частину, в якій даються коротка характеристика небезпеки об'єкту (технологічного блоку, установки і так далі), заходи щодо захисту персоналу і дій з локалізації і ліквідації аварійних ситуацій; записку розрахункового пояснення, в якій міститься детальний аналіз небезпеки можливих аварійних ситуацій на об'єкті.

ПЛАС ґрунтується: на прогнозуванні сценаріїв виникнення аварійних ситуацій; на постійнім аналізі сценаріїв розвитку аварійних ситуацій; на оцінці достатності прийнятих (для небезпечних виробничих об'єктів, що діють) або планованих (для проектованих і таких, що будуються) заходів, що перешкоджають виникненню і розвитку аварійних ситуацій; на аналізі дій виробничого персоналу і аварійно-рятівних служб (формувань) по локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на відповідних стадіях їх розвитку.

4.6. Розрахунки місцевої вентиляційної установки вагового транспортера

Основний метод боротьби з пилом полягає в установці укриттів технологічного устаткування й видалення пилу виділень.

Кількість матеріалу що транспортується

$$G = 300 \cdot B^2 \cdot V_Л, \quad (4.2)$$

де B – ширина стрічки транспортера, 1100 мм;

$V_Л$ =0,7 м/с – швидкість руху стрічки

$$G = 300 \cdot 1{,}2^2 \cdot 0{,}7 = 432 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Швидкість руху матеріалу при перепаді з вагового транспортера на проміжний

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot H + (V_{НАЧ} \cdot K_m)^2}\ , \quad (4.3)$$

де H =0,6 м – висота падіння матеріалу;

$V_{НАЧ}$ =0,63 м – початкова швидкість руху матеріалу

K_m =1,2 – коефіцієнт, що враховує зменшення швидкості матеріалу при вступі з вагового транспортера на проміжний.

$$V = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}6 + (0{,}63 \cdot 1{,}2)^2} = 3{,}51 \text{ м/с}$$

Кількість повітря, що надходить в укриття

$$L_Э = 0{,}04 \cdot K \cdot G \cdot V_K{}^2\ , \quad (4.4)$$

де K =2…2,5 – коефіцієнт, що залежить від конструкції вкриття й умови й умов матеріалу.

$$L_Э = 0,04 \cdot 2 \cdot 432 \cdot 3,51^2 = 426 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна площа нещільностей укриттів і отворів у стінах укриття

$$F_H = h \cdot (2 \cdot B + 2 \cdot l) , \quad (4.5)$$

де $h \approx 10$ мм – висота не щільності ;

$l \approx B$=0,8 м – довжина не щільності;

$$F_H = 0,01 \cdot (2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,8) = 0,032 \text{ м}^2$$

Об’єм повітря, що надходить в укриття через не щільності за рахунок створюваного в ньому розрядження.

$$L_H = 3600 \cdot F_H \cdot V_H , \quad (4.6)$$

де V_H=1…3 м/с – мінімальна розрахункова швидкість повітря в не щільностях і отворах, значення якої ухвалюється залежно від ступеня точності, шкідливостей що виділяються в укриття.

$$L_H = 3600 \cdot 0,032 \cdot 1,5 = 172,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість повітря, що віддаляється з повного вкриття при перевантаженні матеріалу з одного конвеєра на інший.

$$L = L_Э + L_Н = 426 + 172{,}8 = 598{,}8 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.7)$$

4.7. Розрахунки циклону

Вибираємо й розраховуємо циклон на ділянці дозування шихтових матеріалів для очищення повітря від пилу при наступних вихідних даних:

- об'ємна витрата повітря при нормальних умовах $V_О = 2500$ м^3/год.;
- щільність пилу $\rho_О = 1{,}3$ кг/м^3;
- температура повітря $t = 20°C$;
- розрідженість у циклоні 15 Па;
- початкова концентрація пилу в повітрі 10 кг/м^3;
- середньоарифметичний діаметр часток пилу $d_n = 10$ мкм;
- логарифм середньоквадратичного відхилення розміру часток пилу $l_д \delta n = 0{,}5$;
- щільність часток пилу $gn = 3000$ кг/м^3;
- динамічна в'язкість пилу $\mu = 24{,}8 \cdot 10^{-6}$ Па.

Визначимо щільність пилу при робочих умовах

$$\rho = \rho_О \cdot (273(P_{бар} \pm P_Ц))/(273 + t) \cdot P_{бар} =$$
$$= (1{,}3 \cdot 273 \cdot (101{,}3 \cdot 10^3 - 15 \cdot 10^3))/(273 + 20) \cdot 101{,}3 \cdot 10^3 = 1{,}2 \text{кг/м}^3 \quad (4.8)$$

Витрата газів при робочих умовах

$$V = \frac{V_О \cdot \rho_О}{\rho \cdot 3600} = \frac{2500 \cdot 1{,}3}{1{,}2 \cdot 3600} = 0{,}72 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.9)$$

Визначимо діаметр циклону при відносній швидкості:

$$Д_{у} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot W_{опт}}} = \sqrt{\frac{0,72}{0,785 \cdot 3,5}} = 3,5 \text{ м/с} \quad (4.10)$$

Ухвалюємо $Д_{У}$=0,6 м і знаходимо дійсну швидкість пилу в циклоні:

$$W_{у} = \frac{V}{0,785 \cdot Д_{у}^{2}} = \frac{0,72}{0,785 \cdot 0,6^{2}} = 2,61 \text{ м/с} \quad (4.11)$$

В зв'язку з тим, що дійсна швидкість відрізняється від відносної менш, чим на 15 %, зупинимося на обраному діаметрі циклону.

Коефіцієнт опору циклону

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500} + K_3 \ , \quad (4.12)$$

де K_1=1 – виправлення коефіцієнта на діаметр циклону, [21];

K_2=0,9 – виправлення коефіцієнта на запиленность повітря, [21];

ξ_{500}=155 – коефіцієнт гідравлічного опору одного циклону діаметром 500 мм;

K_3=0 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов'язаних з компонуванням циклону в групу, [21];

$$\xi = 1 \cdot 0,9 \cdot 155 + 0 = 139,2 \ ,$$

Гідравлічний опір циклону

$$\Delta P_{ц} = \frac{\left(\xi \cdot W_{у}^{e} \cdot \rho\right)}{2} = \frac{139,2 \cdot 2,63^{2} \cdot 1,2}{2} = 600 \text{ Па} \quad (4.13)$$

Розмір часток, що вловлюються циклоном при робочих умовах з ефективністю 50 %

$$d_{50} = d_{50}^{T}\sqrt{\frac{Д_{У}\cdot p_{Ц}^{T}\cdot \mu\cdot W_{Ц}^{T}}{Д_{Ц}^{T}\cdot p_{Ц}\cdot \mu^{T}\cdot W_{Ц}}}\ , \qquad (4.14)$$

де d_{50}^{T} =45 – параметр, що характеризує ефективність обраного типу циклону, [21];

$Д_{Ц}, p_{Ц}, \mu, W_{Ц}$ – величини, відповідні до дійсних умов роботи циклону;

$Д_{Ц}^{T}, p_{Ц}^{T}, \mu^{T}, W_{Ц}^{T}$ – величини, відповідні до умов, при яких отримана величина d_{50}^{T} .

$$d_{50} = 45\cdot\sqrt{\frac{(0{,}6\cdot 1930\cdot 24{,}8\cdot 3{,}5)}{(0{,}6\cdot 3000\cdot 222\cdot 2{,}65)}} = 0{,}138$$

Визначаємо величину х.

$$x = \left(l_{n}\cdot\frac{d_{У}}{d_{50}}\right)/\sqrt{\left(l_{д}^{\ 2}\cdot\delta\cdot\eta + l_{д}^{\ 2}\cdot\delta\cdot n\right)} \qquad (4.15)$$

$$x = \sqrt{\left(0{,}352^{2} + 0{,}53^{2}\right)} = 0{,}36$$

По довіднику для величини u=0,36 знаходимо Ф(х)=0,62. Ступінь уловлювання пилу в циклоні η=62 %.

Кінцева запиленість повітря

$$Z_{К} = (1-\eta)\cdot Z_{1} = (1-0{,}62)\cdot 10 = 3{,}8\ \text{г/м}^{3} \qquad (4.16)$$

$$\eta = \frac{Z_н - Z_к}{Z_н} \cdot 100\% = \frac{10 - 3{,}8}{10} \cdot 100\% = 62\%$$

Схема циклону зображена на рисунку 4.1.

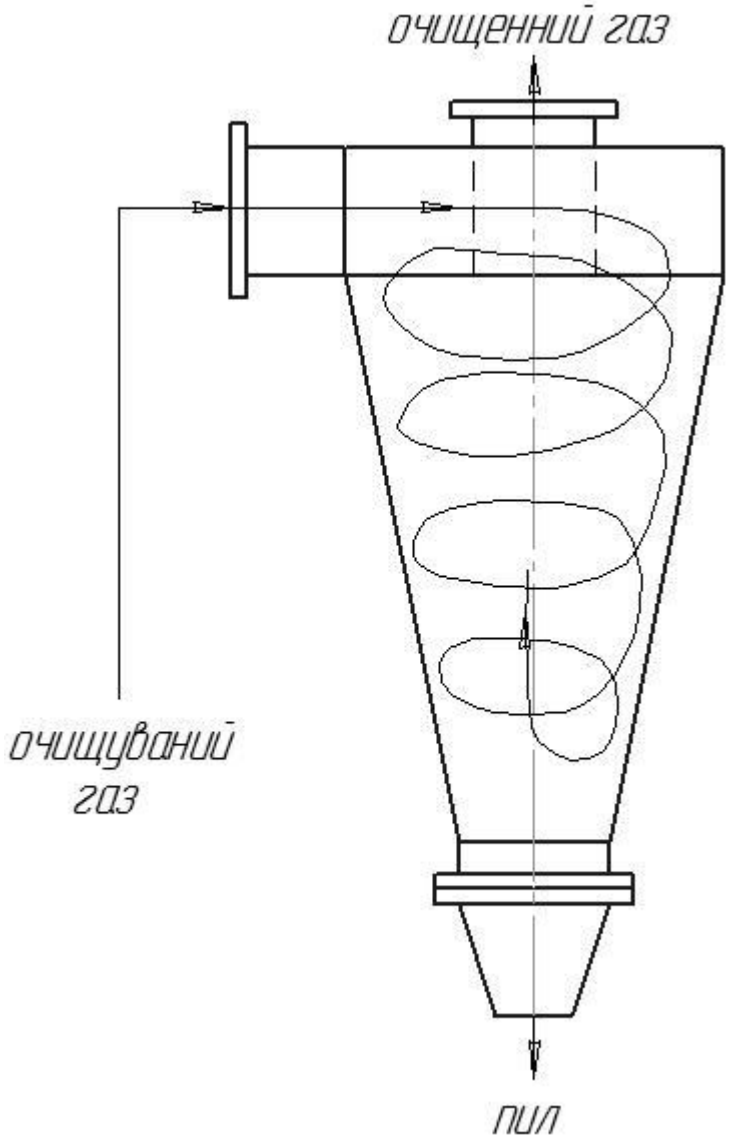


Рисунок 4.1 – Схема конструкція циклона НІІОГАЗ - конічний

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В ході роботи визначені основні силові параметри ливарного конвеєра і визначені найбільш навантажені вузли і механізми.
2. Визначені чинники які впливають на зниження експлуатаційної надійності конвеєра та надані пропозиції щодо конструктивних змін.
3. Виконані аналітичні дослідження впливу технічних характеристик основних елементів вузлів машини на їхню чутливість, можливість регулювання швидкості, охолодження злитків, хороше покриття виливниць, швидкодію, точність та стійкість проти коливань, на підставі яких можна збільшити продуктивність машини.
4. Визначено вплив параметрів вузлів машини на основні показники.
5. Запропоновані параметри оптимізації параметрів та характеристик.
6. Виконані експериментальні дослідженя з обґрунтуванням вибору обладнання, методів математичної обробки, з'ясування можливості запланованого експерименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Oiks G. N. Converter and open-hearth steel manufacture: Fundamentals of theory and technology. Moscow : Mir, 1977.
2. АТ «Запорізький завод феросплавів» [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: http://zfz.com.ua/
3. Rutberg P. M., Sapko A. I. Modernization of electric-arc furnaces. *Metallurgist*. 1959. Vol. 3, no. 4. P. 158–159. URL: https://doi.org/10.1007/bf00740733 (date of access: 19.11.2023).
4. Williams R. V. Blast-furnace instrumentation. *Control and Analysis in Iron and Steelmaking*. 1983. P. 67–117. URL: https://doi.org/10.1016/b978-0-408-10713-6.50008-2 (date of access: 19.11.2023).
5. Hersch J. E. Metallurgical plants of Japan. [Tokyo] : Supreme Commander for the Allied Powers, Natural Resources Section, 1950. 71 p.
6. Білецький М. І. Техніко-економічні основи виробництва : навч.-метод. посібник / М. І. Білецький, Л. І. Котик. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2013. – 134 с.
7. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Споруди та обладнання сталеплавильних цехів» для студентів заочної форми навчання напряму 6.050401 «Металургія» / Укл.: Крячко Г.Ю.- Кам’янське: ДДТУ, 2016 р., 52 стор..
8. Гущин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О. В. Гущин. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 159 с.
9. Leonard B. Mechanical Equipment Repair Industry (machine Shops): Guides To Pollution Prevention. Diane Pub Co, 2004. 45 p.
10. Britain G. Mechanical Lifting and Handling Equipment. Stationery Office Books, 1988.

35. Методичні вказівки до виконання розділу "Охорона праці" у кваліфікаційних проектах (роботах) для студентів усіх спеціальностей/Упорядники: С.П. Панасейко , В.К. Тарасов, Ю.П. Павленко, В.Г. Рижков, І.Г. Резніченко, Є.П. Павлова - Запоріжжя: ЗДІА, 2017. - 56 с.

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Ливарна машина феросплавів	1	А1
2	Кантувальний пристрій	1	А1
3	Дослідження крутного моменту	2	А1
4	Логічна модель ливарної машини	1	А1

ДОДАТКИ