

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 Дослідження працездатності скіпового підйомника доменної печі

Виконав: магістрант групи 8-1330

Комісаров І.В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Металургійне обладнання

(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2021 рік

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні .Кафедра металургійного обладнання .Рівень вищої освіти магістр .

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування .

(шифр і назва)

Спеціалізація .

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Металургійне обладнання .

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Й.К. Огінський

“ _____ ” _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ**ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**Комісарова Івана Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Дослідження працездатності скіпового підйомника доменної печі .
керівник магістерської роботи доц., к.т.н. Таратута К.В. _____ .
затверджені наказом вищого навчального закладу від “30.06. 2021 року № 975 – с.
2. Термін подання студентом роботи 30.11.2021 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи скіпового підйомника доменної печі .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд основного обладнання доменного цеху; 2. Розрахунок енергосилових параметрів скіпового підйомника доменної печі; 3. Дослідження працездатності скіпового підйомника на розвантажувальних кривих; 4. Охорона праці та техногенна безпеки. Висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1шт ; 2. Складальні креслення -3 шт; 3. Деталювання – 1шт; 4. Креслення та плакати дослідницької частини – 1 шт.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	Збір матеріалу на проектування	01.09.20 – 01.11.20	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	01.11.20 – 01.02.21	
3	Виконання теоретичної частини проекту	01.02.21 – 01.04.21	
4	Виконання графічної частини проекту	01.04.21 – 01.06.21	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.06.21 – 01.10.21	
6	Перевірка проекту консультантами	01.10.21 – 20.10.21	
7	Попередній захист проекту	20.11.2021	
8	Переплітання роботи	05.12.2021	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комісаров І.В. Дослідження працездатності скіпового підйомника доменної печі.

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2021.

В роботі проведено огляд доменного виробництва на металургійних підприємствах України та аналіз обладнання типової доменної печі. Детально описані вузли скіпового підйомника. Проведено розрахунки навантажень на вузли скіпового підйомника. Запропонована нова конструкція розвантажувальної ділянки похилого мосту скіпового підйомника для збільшення працездатності.

Ключові слова: СКІПОВИЙ ПІДЙОМНИК, РОЗВАНТАЖУВАЛЬНІ КРИВИ, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

ABSTRACT

Komissarov I.V. Blast Furnace Skip Lift Efficiency Research.

The final qualifying work for obtaining a higher education degree, master in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor K.V. Taratuta. Zaporizhzhya National University. Engineering Academic Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2021.

In this work, an inspection of blast-furnace production at metallurgical enterprises of Ukraine and an analysis of the equipment of a typical blast furnace were carried out. The nodes of the skip hoist are described in detail. Calculations of the loads on the nodes of the skip hoist are carried out. A new design of the unloading section of the inclined bridge of the skip hoist is proposed to increase the efficiency.

Key words: SKIP LIFT, UNLOADING CURVES, OPERATION

АННОТАЦИЯ

Комиссаров И.В. Исследование работоспособности скипового подъемника доменной печи.

Выпускная квалификационная работа для получения степени высшего образования магистр по специальности 133 – Отраслевое машиностроение, научный руководитель К.В. Таратута. Запорожский национальный университет. Инженерный учебнонаучный институт им. Ю.М. Потебни, кафедра металлургического оборудования, 2021.

В работе проведен осмотр доменного производства на металлургических предприятиях Украины и анализ оборудования типичной доменной печи. Подробно описаны узлы скипового подъемника. Проведены расчеты нагрузок на узлы скипового подъемника. Предложена новая конструкция разгрузочного участка наклонного моста скипового подъемника для увеличения работоспособности.

Ключевые слова: СКИПОВЫЙ ПОДЪЕМНИК, РАЗГРУЗОЧНЫЕ КРИВЫЕ, РАБОТАСНОСТЬ

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Огляд обладнання доменної печі та методики дослідження обладнання	9
1.1 Загальна характеристика доменних печей	9
1.2 Обладнання доменних печей	12
1.3 Методика експериментального дослідження скіпового підйомника та обробки експериментальних даних	19
2. Розрахунок скіпового підйомника доменної печі	25
2.1 Розрахунок статичного зусилля в канатах підйомника	25
2.2 Розрахунок потужності привода скіпової лебідки	32
2.3 Розрахунок механізмів приводу скіпової лебідки	39
2.4 Розрахунок працездатності скіпового підйомника при русі по розвантажувальних кривих	43
3. Експериментальні дослідження працездатності скіпового підйомника	54
4. Охорона праці та техногенна безпека	63
Висновки	79
Література	81
Додатки	85

ВСТУП

На сьогодні завантаження доменної печі з використанням скіпового підйомника має окремі недоліки як в конструкції основного механізму так і в конструкції приводу, що негативно впливає на його працездатність.

Особливо недоліки обладнання проявляються в період несприятливих умов експлуатації - в зимовий період, забрудненні шляху, що призводить до аварійної зупинки скіпа на розвантажувальній ділянці. В зв'язку з цим актуальними стають питання дослідження роботи та удосконалення конструкції скіпового підйомника доменної печі.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження роботи та збільшення працездатності скіпового підйомника доменної печі.

Для досягнення поставленої у роботі мети визначені такі завдання дослідження:

- огляд основних елементів скіпового підйомника;
- аналіз науково-технічних рішень підвищення працездатності скіпового підйомника доменної печі;
- розрахунок навантажень, під час руху скіпів по розвантажувальним кривим;
- дослідження силових параметрів скіпового підйомника;

Об'єкт дослідження – скіпового підйомника доменної печі.

Предмет дослідження – зусилля що діють на механізми під час руху скіпа по розвантажувальним кривим.

Методи дослідження включають комп'ютерне моделювання навантажень, що діють на елементи скіпового підйомника доменної печі, обробку результатів досліджень з застосуванням елементів математичної статистики.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені методи та технології дають змогу у комплексі розв'язувати проблеми підвищення працездатності скіпового підйомника.

Апробація результатів роботи.

Основні положення роботи доповідалися на наступних конференціях.

XIV університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2021» (Запоріжжя, ЗНУ, 2021 р.). Оpubліковано 1 тези доповіді на тему: «Удосконалення розвантажувального механізму скіпового підйомника».

I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, ЗНУ, 2021 р.). Оpubліковано 1 тези доповіді на тему: «Особливості конструювання скіпових лебідок доменних печей».

Структура та обсяг роботи. Магістерська випускна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи становить 85 сторінок, 12 таблиць, 19 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. Огляд обладнання доменної печі та методики дослідження обладнання

1.1 Загальна характеристика доменних печей

Домене виробництво в Україні функціонує на наступних підприємствах:
Маріупольському металургійному комбінаті ім. Ілліча, м. Маріуполь;
Металургійному комбінаті «Азовсталь», м. Маріуполь;
Металургійному комбінаті «Запоріжсталь», м. Запоріжжя;
«АрселорМиттал Кривой Рог», м. Кривий ріг;
Дніпропетровському металургійному заводі ім. Петровського, м. Дніпро;
Дніпровському металургійному комбінаті, м. Кропивницький;
Алчевському металургійному комбінаті, м. Алчевськ;
Донецькому металургійному заводі, м. Донецьк.

Доменна піч є потужним і високопродуктивним агрегатом для одержання чавуну. Доменна піч – агрегат шахтного типу (рис.1.1). Зверху в піч порціями безупинно завантажують шихтові матеріали – агломерат (окатиші) і кокс, які повільно опускаються вниз; тривалість їх перебування в печі становить 4-6 год. [1]

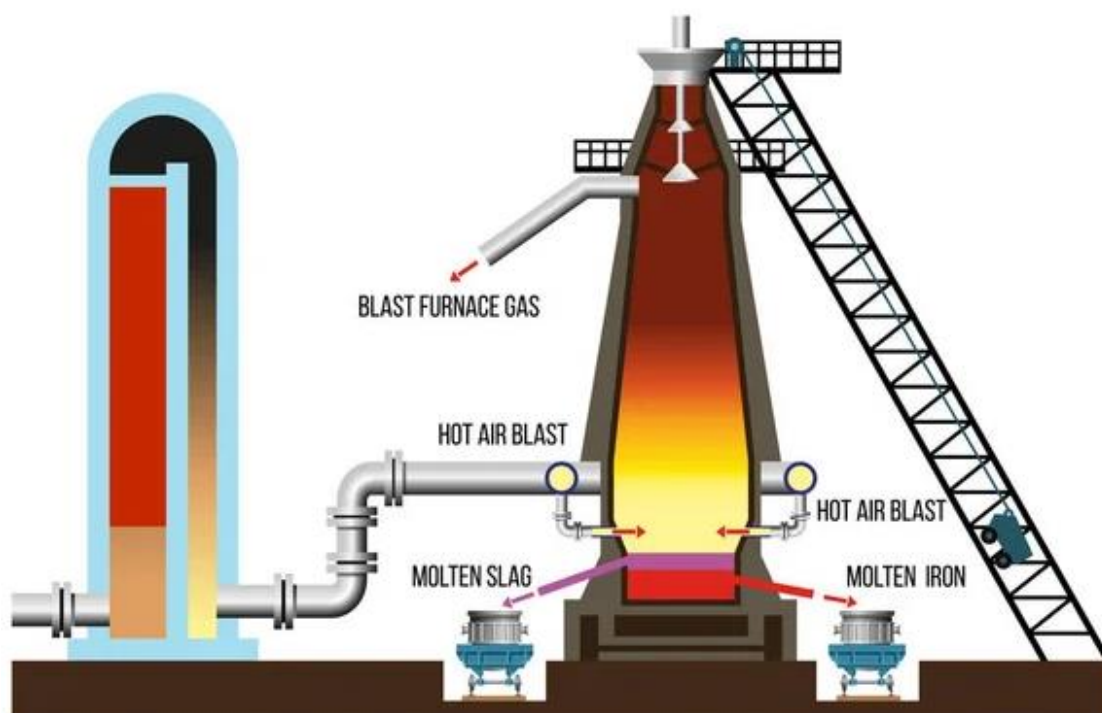


Рисунок 1.1 Модель доменної печі

У нижню частину печі (верх горна) через фурми подають дуття – нагріте повітря; у фурм за рахунок кисню дуття згорає кокс із виділенням тепла, а гарячі продукти згорання рухаються через стовп шихти нагору, нагріваючи її; час перебування газів у печі становить 3-12 с.

При опусканні шихти, що нагрівається, у ній з оксидів відновлюється залізо, яке навуглецьовується, розплавляється й краплями стікає у горн, формуючи чавун, а оксиди, що не відновилися, в нижній частині печі (низ шахти, распар) плавляться, утворюючи шлак, який також стікає у горн. Чавун і шлаки, що накопичуються в горні, з температурою 1450-1500° С періодично випускають через чавунні й шлакові льотки.

До основних елементів доменної печі відносяться: колошник, шахта, распар, заплечики, горн (рис.1.2).

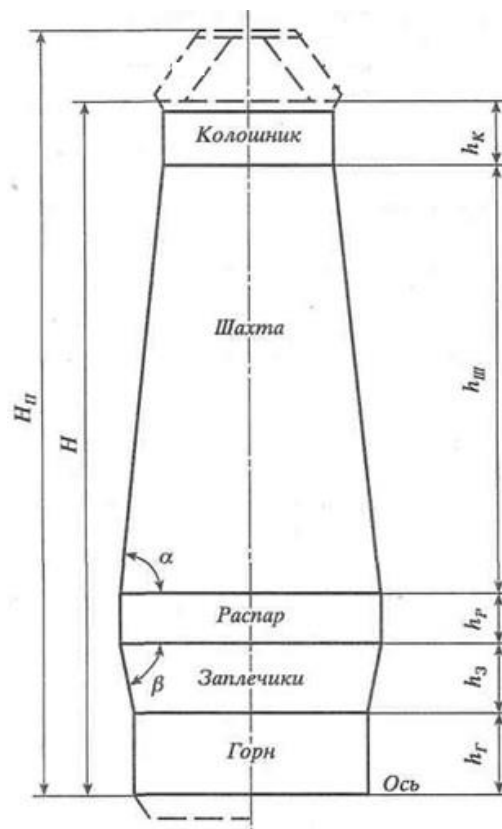


Рисунок 1.2 Профіль доменної печі

Колошник - це верхній елемент, який служить для завантаження сировини (шихти) і відведення відпрацьованих газів. Головна частина колошника – засипної агрегат. На печах застарілої конструкції апарати для

засипки шихти двуконусний. Між засипками обидва конуса прикриті. Сучасні домни обладнано безконусними завантажувальними пристроями.

Шахта займає більшу частину пічного простору. Конструкція, що розширюється донизу, являє собою усічений конус. Завдяки цьому подача шихти відбувається рівномірно. Доменна піч – спорудження вертикальне і досить високе. Це необхідно для забезпечення хім- і термообробки сировини нагрітими газами.

Распар - елемент у формі циліндра розташований в середній частині робочої доменної зони. Для распара характерний найбільший діаметр. Призначення конструкції – збільшення пічного простору і ліквідація непотрібного сировини. Тут утворюється порожня порода.

Заплечики - скорочений конусоподібний варіант распара – усічений компонент звернений широкою частиною вгору. За допомогою заплічок знижують обсяг виплавленої шихти при виробництві чавуну.

Таблиця 1.1 Основні розміри доменних печей

Параметр	Корисний об'єм печі, м ³			
	1033	2002	3200	5500
Висота, м:				
повна H_n	28,75	32,36	35,29	41,0
корисна H	26,0	29,4	32,13	34,8
горна h_2	3,2	3,6	3,9	5,7
заплечиків h_3	3,0	3,0	3,4	3,7
розпару h_p	2,0	1,7	2,3	2,0
шахти $h_{ш}$	15,0	18,2	19,6	20,4
колошника h_k	2,8	2,9	2,99	3,0
Діаметр, м:				
горна D_2	7,2	9,75	12,0	15,1
розпару D_p	8,2	10,9	13,1	16,5
колошника D_k	5,8	7,3	8,9	11,2

Горн - основна частина, в якій і відбувається виплавка металів. Тут горить кокс і утворюється газ, накопичується шлак і чавун і відбувається регулярний випуск рідкого металу з конструкції. Складається горн з

фурменої зони і металоприймальника. Через фурми, за допомогою нагрівача і кільцевого воздуховода, в піч надходить гаряче повітря. Він необхідний для горіння палива. Дно металоприймальника називається лещадь.

Внизу горна знаходяться шлакові і чавунні льотки – отвори, через які проходить розплавлений метал. Після випуску чавуну отвір закривають за допомогою поршневого механізму вогнестійкістю масою.

Розглянемо конструкцію доменної печі на прикладі Металургійному комбінаті «Запоріжсталь». До складу доменного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» входять наступні об'єкти: доменна піч №1 корисним об'ємом $V_n = 3000 \text{ м}^3$; доменна піч №2 корисним об'ємом $V_n = 2000 \text{ м}^3$; доменна піч №3 корисним об'ємом $V_n = 2015 \text{ м}^3$; доменна піч №4 корисним об'ємом $V_n = 3000 \text{ м}^3$; пічна ділянка; ділянка шихтоподачі; ділянка розливних машин; центральні витяжні станції №1,3; електростанції №1,2; відділення приготування вогнетривких мас; депо ремонту чавуновозних ковшів; склад холодного чавуну; рудний двір; адміністративно-побутові корпуси.

Доменні печі мають острівне розташування. Блок повітрянагрівачів на доменній печі №2 розташований поруч з піччю, а на доменних печах №1,4-окремо стоять блоками. Ділянка шихтоподачі розташований уздовж фронту печей з шлакової боку.

1.2 Обладнання доменних печей

Механічне обладнання сучасного доменного цеху можна розділити на наступні групи за характером виконуваних технологічних операцій .

- 1) обладнання для виконання розвантажувально-навантажувальних операцій на складі і для подачі агломерату, руди і вапняку до похилого витягу - вагоперекидач, рудний хропіння, рудний перевантажувальний вагон, вагони-хопери для агломерата, рудні

- бункера, вагон-ваги, транспортери;
- 2) обладнання для подачі коксу до скіпового підйомника - коксовий перевантажувальний вагон, коксові бункера, гуркіт для відсіву коксового дріб'язку, вагова воронка для коксу;
 - 3) завантажувальне обладнання доменної печі - похилий скіповий підйомник, засипні пристрій;
 - 4) машини та механізми для обслуговування чавунної і шлакової льоток печі - пневматичний молоток і бурильна машина, гармата для забивання чавунної лотки, шлаковий стопор;
 - 5) транспортне обладнання для прибирання продуктів плавки - чавуновози і шлаковози;
 - 6) обладнання подачі повітря;
 - 7) пиловловлювачі (скрубери і пристрої для тонкого очищення газу входять до складу газового цеху) і механізми для випуску пилу; обладнання газопроводів
 - 8) розливна машина з кантувальним пристроєм.

Розглянемо обладнання для подачі шихтових матеріалів у домену піч. В даний час застосовують два основних способи подачі шихтових матеріалів - скіповий і конвеєрний. У першому випадку всі матеріали подають з скіпової ями бункерній естакади, а в другому з розподільних бункерів.

Скіповий підйомник - це агрегат, призначений для підйому вантажу у вертикальній площині. Основна частина підйомника - скіп. Він являє собою ємність, яка заповнюється вантажем. Ємністю може бути бункер, ківш, ящик і т. д. Скіп - пристрій саморозвантажний. Розвантаження скіпа проходить або через дно, або шляхом його перекидання.

Підйомник являє собою конструкцію, що складається з металевих напрямних, системи блоків, скіпа. На скипи встановлені ходові колеса і закріплені блоки. За допомогою системи блоків і коліс скіп переміщається по напрямних. Напрявні являють собою два швелера. Вони скріплені,

поперечиною і розділені на частини. Верхня частина швелерів має відгалуження. Воно відхиляється від осі напрямних. Відгалуження також є закінченням руху скіпа. Рухаючись далі, скіп розвантажується шляхом перекидання. Треба сказати, що підйомники такого роду призначені для переміщення інертних матеріалів, наприклад, вугілля, руди і т. д.

Лебідка складається з наступних вузлів: станини, системи зубчастих передач, барабана, двох робочих гальм, двох проміжних валів, двох електродвигунів, командо-апаратів, вимикачів слабини канатів і відцентрового ртутного вимикача. Станина лебідки лита, чавунна.

Складається вона з чотирьох частин, з'єднаних болтами і поперечними шпонками в площинах роз'єму. Передача руху від кожного двигуна здійснюється через самостійний редуктор. Малі шестерні другої передачі зчеплені з зубчастим вінцем барабана. Шестерні першої і другої передач лебідки знаходяться в масляних ваннах, закріплених на станинах. У робочій поверхні барабана є двоходова ліва нарізка для навивки двох паралельних канатів діаметром до 43 мм. Гальмування лебідки при робочих зупинках здійснюється двома робітниками гальмами.

Автоматика лебідки працює від колійних командо-апаратів.

Вимикачі слабини канатів встановлені під барабаном і спрацьовують при їх ослабленні. Підйом і установка лебідки масою до 80 становить значну частину роботи по монтажу.

Основними елементами скіпового підйомника (Рисунок 1.3) є: два скіпа, похилий міст, система канатів з блоками, скіпова лебідка та вантажопідйомне обладнання.

Скіпи завантажуються коксом з бункерів 12 через грохоти і вагову воронку коксу або залізородними матеріалами за допомогою конвеєра 13 і ваговій воронки 15 з затвором або вагон-вагами, а розвантажуються в прийомну лійку 4 завантажувального пристрою печі. Для повного вивантаження матеріалу з скіпа кут нахилу його днища до горизонту в

верхньому положенні повинен складати 45-60 градусів.

Крутий перегин шляху при виході скіпа з ями є недоліком багатьох існуючих доменних підйомників, так як викликає удари коліс скіпа про рейки, а з'являються при цьому пружні коливання створюють додаткові зусилля в канаті. Кут нахилу мостів приймається рівним 47-54°; кут нахилу шляху в скіповій ямі 58-61°.

Для переміщення по похилому мосту скіпи з'єднують канатами з барабаном скіпової лебідки таким чином, що забезпечується урівноваження скіпів. Для виключення аварій при обриві одного з канатів, зменшення діаметра канатів і блоків кожен скіп підвішують на двох канатах. Застосовують блоки двох конструкцій з суцільнолитим ободом для двох канатів (діаметром 1800 і 2000 мм) і здвоєний, що допускає поворот шківів одного каната щодо шківів іншого (діаметром 2000 і 2500 мм). Довжина одного каната 150-180 м.

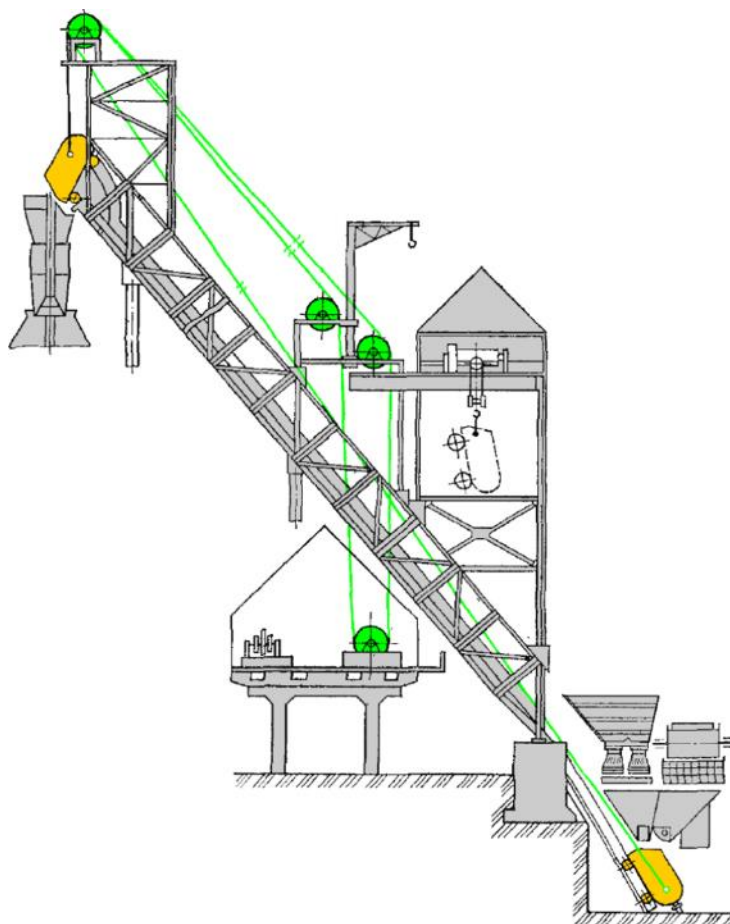


Рисунок 1.3 Скіповий підйомник доменної печі (загальний вигляд)

Скіпову лебідку зазвичай встановлюють під похилим мостом в машинному приміщенні. Існує кілька видів скіпових лебідок, з одним двигуном, з двома двигунами моделі С-15-180; з двома двигунами моделі С-22,5 210; з двома двигунами моделі ЛС-39-1 (рис. 1.4).

Скіпові лебідки мають великі габарити і значну кількість передавальних елементів (муфти, зубчасті передачі і т.д.). Лебідка працює в повторно-короткочасному режимі і складається з двох електродвигунів постійного струму, сполучних зубчастих муфт, гальм, загального редуктора, барабана і зубчастої передачі. Установка двох електродвигунів, крім збільшення надійності, дозволяє знизити махового моменту і момент інерції системи. На даний момент широко проводиться модернізація систем автоматичного управління скіповими лебідками доменних печей шляхом застосування сучасних перетворювальних агрегатів і безконтактних датчиків переміщення, але самі конструкції залишилися без зміни. Основними тенденціями в конструюванні сучасних підйомних механізмів є прагнення до зменшення розмірів і підвищення продуктивності.

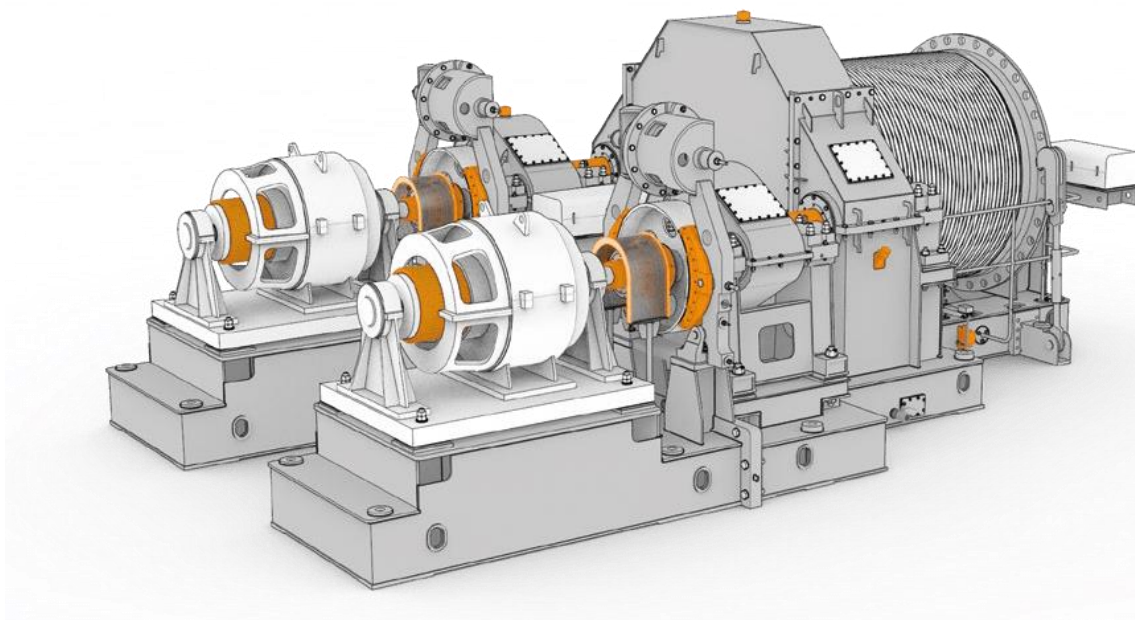


Рисунок 1.4 Типова конструкція лебідки скіпової ЛС-39-1 (виробник Магма, Україна)

Наступним елементом скіпового підйомника є похилий міст, що спирається на один або два пілона, а також на стінку скіпової ями. Похилі мости виготовляють зварними з ґратчастими фермами, або суцільними з листового прокату. У поперечному перерізі міст являє собою раму із суцільним настилом по нижнім поперечних балок. При полурамній конструкції мосту полегшується заміна скипів за допомогою візка. Верхня частина мосту закінчується розвантажувальними кривими (рис. 1.5). На розвантажувальній ділянці, крім основної колії, що вигнута у верхній частині, вбудована допоміжна колія більшої ширини. Допоміжна колія розташована над основною. Передні колеса скіпа на розвантажувальній ділянці продовжують рухатись по основній колії. Задні колеса, що виконані з двома ходовими ділянками, спираються зовнішнім ободом на допоміжну колію. В результаті, скіп нахилиється та матеріал потрапляє у приймальну воронку.

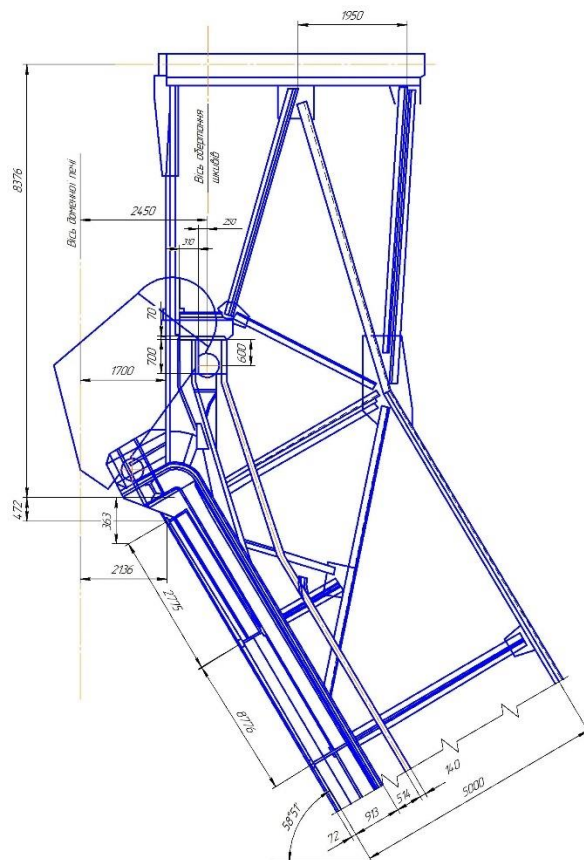


Рисунок 1.5. Розвантажувальна ділянка похилого мосту

Транспортуючим елементом підйомника – є скіпи. Скіп (рис.1.6)

складається з кузова, передніх і задніх коліс і упряжного пристрою, до якого приєднують канати. Кузов зварюють із сталевих листів товщиною 10-12 мм. Для захисту від зносу кузов всередині футерують знімними плитами. Колеса скіпа посаджені на осі, які обертаються в роликкових підшипниках. Підшипникові вузли поміщені в герметичні трубчасті букси, закріплені на кузові.



Рисунок 1.6. Скіп доменної печі

Упряжний пристрій скіпа призначено для вирівнювання натягу канатів. Це жорстка П-подібна рама, шарнірно пов'язана з задньою частиною кузова. Компенсаційний пристрій скіпа складається з двох трикутних важелів, шарнірно укріплених на поперечині тягового пристрою скіпа. Кожен трикутний важіль шарнірно пов'язаний також з тягою, до якої приєднана сержка з прикріпленим до неї канатом. Крім того, важелі пов'язані між собою за допомогою поперечної шарнірної тяги. При подовженні або ослабленні одного з канатів трикутні важелі повертаються в протилежних напрямках, зрівнюючи цим натягу в канатах.

1.3. Методика експериментального дослідження скіпового підйомника та обробки експериментальних даних

Кінцевим продуктом будь-якого експерименту в більшості випадків є дані, записані в тій чи іншій формі. В експериментах можуть бути похибки. Це пов'язано з тим, що ніякий вимір не може бути виконаний абсолютно точно. Його результат завжди містить похибки. Тому в задачу вимірів входить не тільки знаходження самої величини але і оцінка допущеної при вимірах погрішності.

Часто намагаються провести виміри з найбільш досяжною точністю, тобто, зробити похибки вимірів, по можливості, малими. Проте слід розуміти, чим точніший вимір, тим важче його здійснити. Тому не слід вимагати від вимірів більшої точності, чим це необхідно для вирішення поставленої задачі. Таким чином, перед початком вимірів необхідно знати, яка вимагається точність вимірів. Вона визначається і точністю вимірювального приладу [8].

При вимірах фізичних величин виникають погрішності що приводять до двох основних класів похибок: випадкових і систематичних.

Випадкові похибки, викликані недосконалою у роботою дослідника ще називають промахом. Систематичні похибки пов'язані з обмеженою точністю виміру приладів, неправильним вибором методів вимірів, неправильним розташуванням приладів. Вони також проявляються, якщо знехтувати дією деяких зовнішніх факторів. Таким чином, систематичні похибки викликаються цілком визначеними причинами, величина їх або при всіх повторних вимірах залишається постійною, або змінюється за певним законом. Оскільки причини, що приводять до систематичних похибок в більшості випадків відомі, то ці похибки, в принципі, можуть бути виключені.

В основі теорії похибок лежать двоє припущень, які підтверджуються

дослідами.

1. При більшому числі вимірів випадкові помилки однакової величини, але різного знаку, зустрічаються однаково часто.

2. Більші (за абсолютною величиною) похибки зустрічаються рідше, чим малі, тобто імовірність появи похибки зменшується зі зростанням величини погрішності.

На підґрунті цих припущень Гауссом виведено закон розподілу випадкових похибок, що описується формулою:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-\Delta x^2}{2\sigma^2}};$$

де σ - дисперсія вимірів; e - основа натуральних логарифмів.

Цей закон носить назву нормального закону розподілення похибок.

Форма кривих розподілення випадкових погрішностей, отриманих за цією формулою для трьох значень σ , показана на рисунку 1.7.

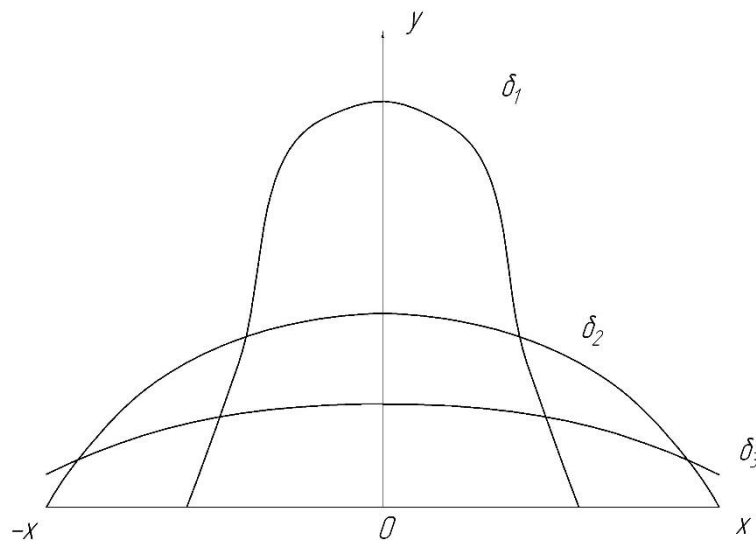


Рисунок 1.7 Криві Гауса [8]

За допомогою цієї кривої можна встановити, наскільки часто мають появлятися похибки тої чи іншої величини.

Для оцінки випадкової похибки вимірів існує низка способів, але поширена оцінка за допомогою середньої квадратичної похибки.

Середня квадратична похибка окремого виміру визначається за формулою

$$\Delta S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{x} - x_2)^2 + \dots + (\bar{x} - x_n)^2}{n-1}}.$$

де $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ - середнє арифметичне величин x_1, x_2, \dots, x_n .

Якщо число вимірів є дуже великим, то підлягаюча випадковим коливанням величина ΔS_n прагне до деякого значення σ , яке є статистичною границею ΔS_n ,

$$\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} \Delta S_n$$

Ця границя і є середньою квадратичною похибкою. Квадрат цієї величини називається дисперсією вимірів. В дійсності вираховується не величина σ , а її наближене значення ΔS_n , яке тим ближче до σ , чим більше n . В силу цього, коли дійсне значення x невідоме, оцінкою дисперсії σ^2 є, так звана, вибіркова дисперсія вибірки ΔS_n^2 :

$$\Delta S_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}$$

Середня квадратична погрішність результату серії вимірів визначається за формулою:

$$\Delta S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{x} - x_2)^2 + \dots + (\bar{x} - x_n)^2}{n(n-1)}},$$

де x - дійсне значення вимірюємої величини.

Звичайно при обробці результатів вимірів не обмежуються тільки визначенням величин, а визначають також довірчі інтервали і імовірність. Подання тільки однієї величини похибки без показання відповідної їй довірчої імовірності в значній мірі позбавлено сенсу, бо при цьому невідомо, настільки надійні отримані дані. Значення довірчої імовірності дозволяє оцінити рівень надійності отриманого результату.

Позначимо дійсне значення вимірюваної величини через x . Її середнє арифметичне значення, отримане внаслідок вимірів \bar{x} , а погрішність виміру цієї величини Δx . Нехай α означає імовірність того, що результат вимірів відрізняється від дійсного значення на величину, не більшу, ніж Δx , тобто

$$P = (\bar{x} - \Delta x < x < \bar{x} + \Delta x) = \alpha .$$

Імовірність α має назву довірчої імовірності чи коефіцієнта надійності.

Інтервал значень від $\bar{x} - \Delta x$ до $\bar{x} + \Delta x$ називається довірчим інтервалом, тобто, інтервал, в який попадає дійсне значення x з заданою імовірністю.

Природньо, що величина надійності α буде залежати від числа n проведених вимірів, а також від величини заданої погрішності Δx . На практиці число вимірів завжди обмежене і тому, щоб отримати об'єктивну оцінку границь довірчого інтервалу для x , інтервал Δx подається у вигляді:

$$\Delta x = \frac{t_\alpha \cdot S_n}{\sqrt{n}}, \text{ звідки } t_\alpha = \frac{\Delta x \sqrt{n}}{\Delta S_n} \text{ чи } t_\alpha = \frac{\Delta x}{\Delta S_n},$$

де t_α - коефіцієнта Стьюдента.

З врахуванням цього коефіцієнта попереднє рівняння буде мати вигляд:

$$P(\bar{x} - t_\alpha \frac{\Delta S_n}{\sqrt{n}} < x < \bar{x} + t_\alpha \frac{\Delta S_n}{\sqrt{n}}) = \alpha .$$

На практиці користуються інтервалом довірчої імовірності в межах 0,9...0,999.

Для оцінки точності вимірів вводяться поняття відносної погрішності,

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{\bar{x}}$$

Звичайно ця погрішність може подаватись у відсотках:

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\% .$$

Первинна обробка, як правило, включає в себе:

- a) фотографічну обробку осцилограм (якщо запис ведеться світлопроменевим осцилографом), записаних на плівці чи на фотопапері;
- в) «прив'язку» кривих до номерів вимірюваних точок;
- с) визначення тарировочних коефіцієнтів (масштабів запису);
- d) видачу основних первинних даних (максимальних і мінімальних значень, тривалості і т. п.).

Далі, в залежності від задач експерименту, здійснюється видача первинних даних у вигляді експрес-інформації, яка може включати в себе: максимальне значення досліджуємих фізичних величин, тривалість і їх повторюваність, синхронність зафіксованих величин в один і той же момент часу.

В багатьох випадках на цьому і закінчується обробка даних, проте продовжується аналіз кривих на осцилограмі. Вивчається характер їх змінення в часі, виконується співставлення отриманих результатів з раніш відомими і т.д. В інших випадках дані, отримані при первинній обробці, є матеріалом для подальшої і остаточної обробки, кінцевим результатом якої є побудова графічних залежностей, знаходження параметрів імперичних виразів, визначення точності і надійності результатів експерименту [25].

Обробка результатів досліджень – важливий етап виконання експериментальної дослідницької роботи.

Порядок виконання операцій оброблення, яке може здійснюватись в такій послідовності:

1. Результати кожного виміру записують в таблицю.
2. Визначаються середні значення із n вимірів

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i .$$

3. Визначається погрішність окремих вимірів $\Delta x_i = \bar{x} - x_i$.
4. Вираховуються квадрати погрішностей окремих вимірів $(\Delta x_i)^2$.

5. Якщо один або декілька вимірів різко відрізняються за своїм значенням від останніх, то належить перевірити, чи не є вони промахом. Перевірка здійснюється за критерієм v , який співставляється з табличним

v_{max} :

$$v = \frac{x_{(n)} - \bar{x}}{\sqrt{\frac{n-1}{n} \cdot \Delta S_x^2}} \quad \text{чи} \quad v = \frac{\bar{x} - x_{(1)}}{\sqrt{\frac{n-1}{n} \cdot \Delta S_x^2}}$$

6. Визначається середня квадратична похибка результатів серії вимірів

$$\Delta S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} .$$

7. Задається значення надійності α .

8. Визначається коефіцієнт Стюдента t_α для заданої надійності α і числа виконаних вимірів n .

9. Знаходяться границі довірчого інтервалу (погрішність результатів вимірів)

$$\Delta x = t_\alpha \cdot \Delta S_{\bar{x}} .$$

10. Якщо величина погрішності результату вимірів Δx виявляється порівнянною з величиною погрішності приладів, то в якості границі довірчого інтервалу належить взяти

$$\Delta x = \sqrt{t_\alpha^2 \Delta S_{\bar{x}}^2 + \left(\frac{K_\alpha}{3}\right)^2 \cdot \delta}, \quad K_\alpha = t_\alpha(\infty),$$

де δ - величина погрішності приладу.

11. Остаточний результат записується у вигляді

$$x = \bar{x} \pm \Delta x .$$

12. Визначається відносна погрішність результату серії вимірів:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\% .$$

2. Розрахунок скіпового підйомника доменної печі

2.1 Розрахунок статичного зусилля в канатах підйомника

Час пересування скипів (підйом навантаженого скипа з одночасним опусканням іншого порожнього) може бути визначений з графіка швидкостей канатів, який обумовлений особливостями руху скипів на розвантажувальній ділянці моста.

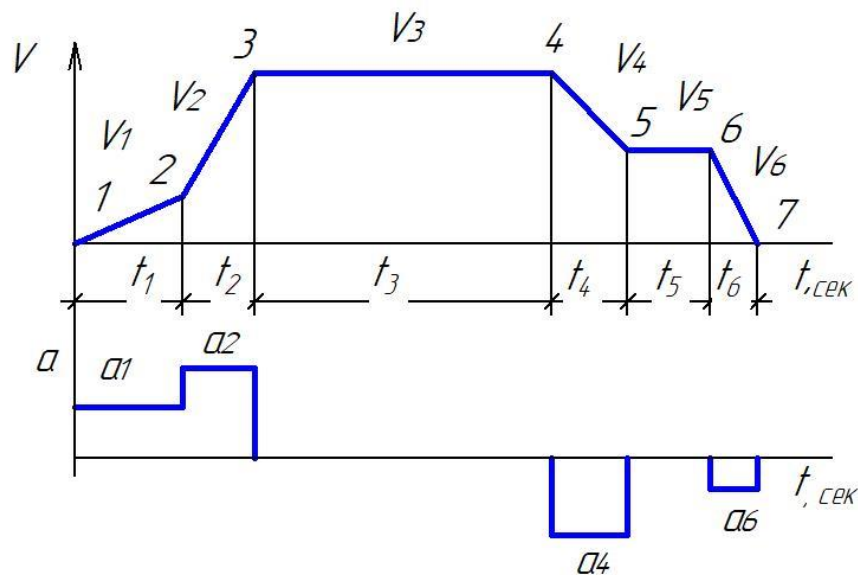


Рисунок 2.1 Графік швидкостей та прискорень скипа

Таблиця 2.1 Параметри графіку швидкостей та прискорень

Ділянка графіка швидкостей	Тривалість періодів графіка швидкостей, с	Швидкість каната скипа в кінці періоду графіка, м / с	Довжина навитого на барабан або звитого з нього каната	
			на окремій ділянці графіка швидкостей, м	за час від початку руху до даного моменту, м
t_1	2,50	0,78	0	0
t_2	5,37	4,00	1,00	1,00
t_3	15,1	4,00	12,84	13,84
t_4	5,00	1,00	60,29	74,13
t_5	1,12	1,00	12,50	86,63
t_6	2,50	0	1,12	87,75

У таблиці 2.1 вказані дані швидкостей і часу, а так само значення намотаного на барабан каната, в залежності від графіка швидкостей і прискорення при русі скіпа, шляхи скіпа і моментів $M_{ст}$, $M_{дин}$, M_{Σ} , на барабан скіпової лебідки в функції часу для скіпового підйомника доменної печі.

Повний час перегону скіпа згідно з рисунком 2.1

$$t_{\ell} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (2.1)$$

де t_{ℓ} -час перегону скіпа;

t_1 -перший період розгону скіпа;

t_2 -другий період часу;

t_3 -третій період часу;

t_4 -четвертий період часу;

t_5 -п'ятий період часу;

t_6 -шостий період часу.

$$t_{\ell} = 2,58 + 5,37 + 15,1 + 5 + 1,12 + 2,5 = 31,67 \approx 32 \text{сек.}$$

Статичне зусилля при підйомі навантаженого скіпа залізородною частиною.

При підйомі навантаженого скіпа на ділянці в скіповій ямі:

$$P_{\text{бг(ж)}} = (G_{\text{ж}} + G_{\text{с}}) \frac{\sin \alpha_2 + \cos \alpha_2}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 + 2c) + \quad (2.2)$$

$$+ 2g [\sin \alpha \cdot (l_4 - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_1 \sin \alpha,$$

$$P_{\text{бг(ж)}} = 476,4864 - 0,1883l_1$$

Згідно таблиці 2.1. скіп в періоди t_1 і t_2 знаходиться на ділянці скіпової ями. Підставляючи відповідні значення l_1 , рівні 0,1, отримаємо:

$$P_{\text{бг(ж)1}} = 476,4864 - 0,1883 \times 0 = 476,4864 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(ж)2}} = 476,4864 - 0,1883 \times 1 = 476,2981 \text{ кН}.$$

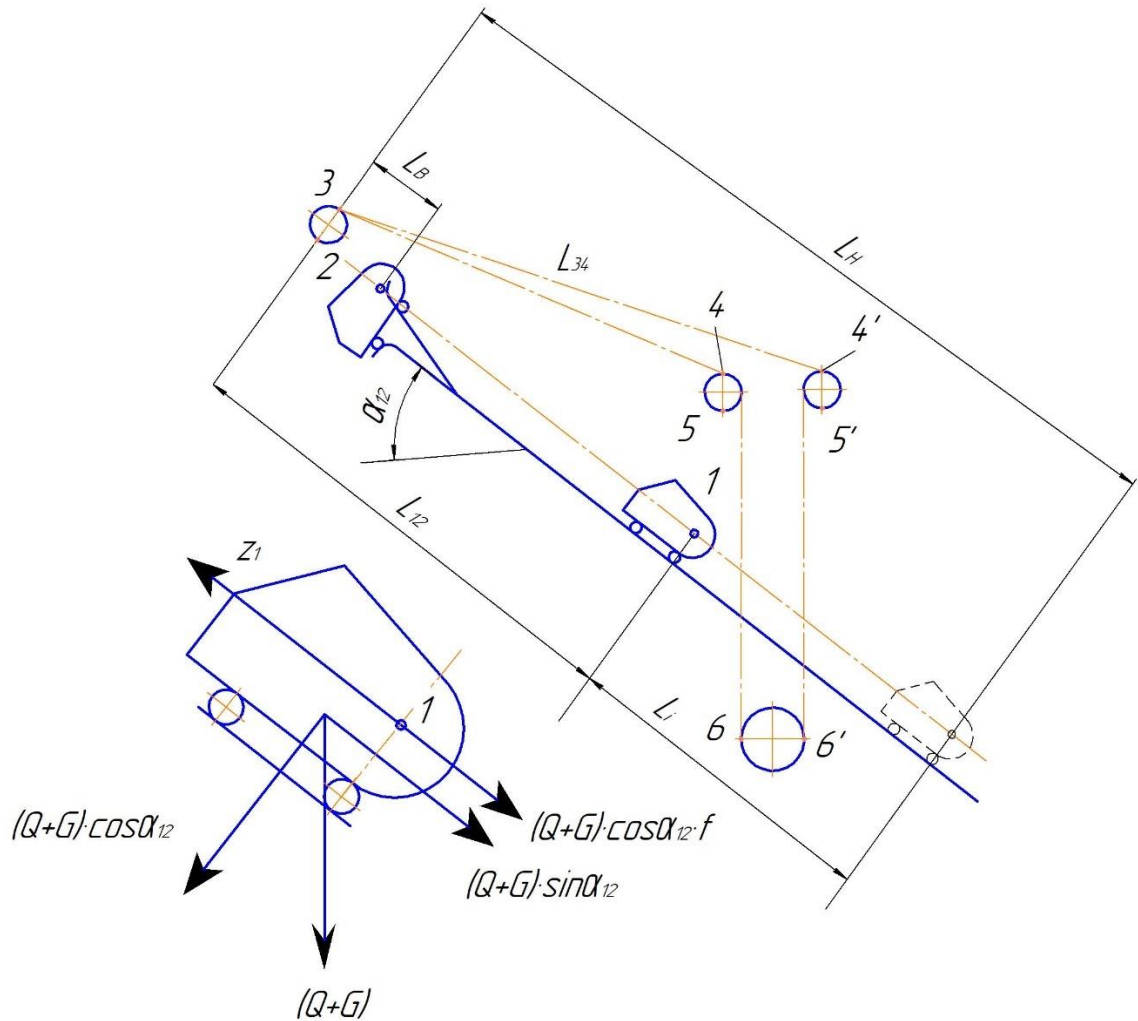


Рисунок 2.2. Розрахункова схема скіпового підйомника

При русі скіпа по похилому мосту в періоди t_3, t_4, t_5 .

Підставляємо відповідні значення часу з таблиці 2.1.

$$P_{бг(ж)3,4,5} = (3,57 + 186,55) (\sin 48^\circ + 0,02 \cos 48^\circ) (1 + 2 \times 0,03) + 2 \times 0,187$$

$$[(95,5 - 33) \sin 48^\circ - 37,4] - 2 \times 0,1087 \times l_i \sin 48^\circ;$$

$$P_{бг(ж)3} = 474,7609 - 0,1755 \times 13,84 = 472,3 \text{ кН};$$

$$P_{бг(ж)4} = 474,7609 - 0,1755 \times 74,13 = 461,7511 \text{ кН};$$

$$P_{бг(ж)5} = 474,7609 - 0,1755 \times 86,63 = 459,5573 \text{ кН}.$$

При русі скіпа в періоди t_5 і t_6 він знаходиться на розвантажувальній ділянці:

$$P_{бг(ж)6,7} = 0,66G_c(1 + 2c) + 2g[(l_{12} - l_{34})\sin\alpha_2 - l_{56}] - 2gl_i\sin\alpha; \quad (2.3)$$

$$P_{бг(ж)6,7} = 133,3485 - 0,1755 l_i.$$

Підставляючи дані з таблиці 2.2 знаходимо:

$$P_{\text{бГ(ж)6}} = 133,3485 - 0,1755 \times 87,75 = 117,9484 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бГ(ж)7}} = 133,3485 - 0,1755 \times 89 = 117,729 \text{ кН}.$$

Статична посилення при підйомі навантаженого скіпа коксом.

При підйомі скіпа на ділянці скіпової ями.

$$P_{\text{бГ(кокс)}} = (G_M + G_c) \frac{\sin \alpha + \omega \cos \alpha}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 + 2c) + 2g[\sin \alpha_2 \cdot (l_{12} - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_1 \sin \alpha_1, \quad (2.4)$$

$$P_{\text{бГ(к)1,2}} = 232,0667 - 0,1833l_i;$$

$$P_{\text{бГ(к)1}} = 232,0667 - 0,1833 \times 0 = 232,0667 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бГ(к)2}} = 232,0667 - 0,1833 \times 1 = 232,8784 \text{ кН};$$

Під час руху скіпа по похилому мосту в періоди t_3, t_4, t_5 .

$$P_{\text{бГ(к)3,4,5}} = (G_M + G_c)(t \cdot \sin \alpha_2 + \omega \cos \alpha_2)(1 + 2c) + 2g[\sin \alpha (\alpha_{12} - \alpha_{34}) - \alpha_{56} - 2gl_1 \sin \alpha];$$

$$P_{\text{бГ(к)3}} = 231,2302 - 0,1755 \times 1384 = 228,1013 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бГ(к)4}} = 231,2302 - 0,1755 \times 74,13 = 218,22 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бГ(к)5}} = 231,2302 - 0,1755 \times 86,03 = 216,0266 \text{ кН}.$$

При русі навантаженого скіпа в періоди t_5-t_7 , він знаходиться на розвантажувальній ділянці

$$P_{\text{бГ(к)6,7}} = 0,66(1 + 2c) + 2g[\sin \alpha (\alpha_{12} - \alpha_{34}) - \alpha_{56} - 2gl_1 \sin \alpha] \quad (2.5)$$

$$P_{\text{бГ(к)6,7}} = 133,3485 - 0,1756l_i;$$

$$P_{\text{бГ(к)6,7}} = 133,3485 - 0,1756l_i;$$

$$P_{\text{бГ(к)6}} = 133,3485 - 0,1756 \times 87,75 = 117,948 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бГ(к)7}} = 133,3485 - 0,1756 \times 87 = 117,729 \text{ кН}.$$

Статичне зусилля в канаті при опусканні порожнього скіпа.

При опусканні скіпа на початку періодів t_1 і t_2 він починає рух на розвантажувальних кривих. Статичне зусилля можна визначити за формулою.

$$P_{\text{бп}} = 0,66G_c(1 - 2c) + 2g[(l_6 - l_{34}) \sin \alpha - l_{56}] + 2gl_1 \sin \alpha \quad (2.6)$$

де $P_{\text{бп}}$ - статичне зусилля в канатах у барабана при опусканні порожнього скіпа.

$$P_{\text{бп } 1,2} = 0,66 \times 110 \times 0,94 + 2 \times 0,1087[(6,5 - 33)\sin 64^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1087l_i \sin 64^\circ;$$

$$P_{\text{бп } 1,2} = 54,9 + 0,1755l_i;$$

$$P_{\text{бп } 1} = 54,9 + 0,1755 \times 0,55,3 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 2} = 54,9 + 0,1755 \times 1 = 55,11 \text{ кН}.$$

При опусканні скіпа на прямій ділянці, зусилля необхідно визначити за формулою:

$$P_{\text{бп } 3,4,5} = G_c(\sin \alpha - \omega \cos \alpha)(1 - 2c) + 2g[(l_{13} - l_{34})\sin \alpha - l_{56}] \times 2gl_i \sin \alpha \quad (2.7)$$

$$P_{\text{бп } 3,4,5} = 126,7099 + 0,1755l_i;$$

$$P_{\text{бп } 3} = 126,7099 + 0,1755 \times 13,84 = 129,1388 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 4} = 126,7099 + 0,1755 \times 74,13 = 139,7197 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 5} = 126,7099 + 0,1755 \times 86,63 = 141,4135 \text{ кН}.$$

При опусканні скіпа на ділянці скіпової ями.

$$P_{\text{бп}} = G_c \frac{\sin \alpha_2 - \omega \cos \alpha_2}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) - \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 - 2c) + 2g[\sin \alpha \cdot (l_{12} - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_i \sin \alpha, \quad (2.8)$$

$$P_{\text{бп } 6,7} = 127,8265 + 0,1883l_i;$$

$$P_{\text{бп } 6} = 127,8265 + 0,1883 \times 87,75 = 144,3497 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 7} = 127,8265 + 0,1883 \times 87 = 144,5852 \text{ кН}.$$

Всі отримані дані $P_{\text{бг(ж)і}}$, $P_{\text{бг(ж)і}}$, $P_{\text{бпі}}$ заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 Значення статичних зусиль в канатах скіпового підйомника

Період и руху скіпа	Вузлові точки графіка швидкостей	Довжина намотаног о каната	Зусилля в канатах у барабана, кН		
			Скіп з зал./рудн. частиною	Скіп з коксом	Порожні й скіп
t ₁	1	0	476,48	232,0	54,9
	2	1	476,29	231,8	55,11
t ₂	3	13,84	472,332	228,8	129,138
t ₃	4	74,13	461,75	218,2	134,719
t ₄	5	86,53	459,55	216,0	141,913
t ₅	6	87,75	117,94	117,9	144,913
t ₆	7	89	117,724	117,7	144,585

2.2 Розрахунок потужності привода скіпової лебідки

На підставі даних отриманих в дослідницькій частині проводимо розрахунок потужності скіпової лебідки

Визначення статичного моменту на барабані лебідки.

Статичний момент на барабані лебідки (для будь-яких положень скіпів) знаходимо за формулою:

$$M_{\text{бі}} = (P_{\text{біг}} - P_{\text{біп}}) \frac{D_{\text{б}}}{2} \quad (2.9)$$

де $M_{\text{бі}}$ - статичний момент на барабані;

$D_{\text{б}}$ - діаметр барабана (приймаємо $D_{\text{б}} = 2,4$ м).

Статичний момент на барабані при підйомі залізорудної частини.

$$M_{\text{б(ж)1}} = (476,4864 - 55,3) \frac{2,4}{2} = 448,2389 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)2}} = (476,2964 - 103,1294) \frac{2,4}{2} = 447,8093 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)3}} = (472,332 - 129,1388) \frac{2,4}{2} = 411,8318 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)4}} = (461,7511 - 139,7197) \frac{2,4}{2} = 386,4377 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)5}} = (459,5573 - 141,9135) \frac{2,4}{2} = 381,1726 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)6}} = (117,9484 - 144,9135) \frac{2,4}{2} = 32,3581 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)7}} = (117,929 - 144,5852) \frac{2,4}{2} = 32,2274 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент на барабані лебідки при підйомі коксу.

$$M_{\text{б((к)1}} = (232,0667 - 55,3) \frac{2,4}{2} = 154,9352 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б((к)2}} = (231,8784 - 103,1295) \frac{2,4}{2} = 154,4987 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б((к)3}} = (228,8013 - 129,1388) \frac{2,4}{2} = 119,595 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б((к)4}} = (218,2204 - 139,7197) \frac{2,4}{2} = 94,9357 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б((к)5}} = (216,0266 - 141,9135) \frac{2,4}{2} = 88,9357 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б((к)6}} = (117,9484 - 144,9135) \frac{2,4}{2} = -32,3581 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{6((к)7)} = (117,729 - 144,5852) \frac{2,4}{2} = -32,2274 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент на валу двигуна.

$$M_{\text{д.в. ст. } i} = M \sum_i / Z * U * \eta \quad (2.10)$$

де $M_{\text{д.в. ст.}}$ - статичний момент на валу двигуна;

Z - число двигунів (приймаємо $Z=2$);

U - загальне передавальне число ($U=30,3599$);

η - ККД лебідки ($\eta=0,73$).

$$M_{\text{д.в.(ж) ст1}} = 448,2389/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 10,1124 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст2}} = 447,8093/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 10,1026 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст3}} = 411,8318/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 9,2911 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст4}} = 386,4377/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 8,7182 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст5}} = 8,5994 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст6}} = -0,73 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(ж) ст7}} = -0,73 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент на валу двигуна при підйомі коксу.

$$M_{\text{д.в.(к) ст1}} = 154,9352/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 3,4945 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст2}} = 154,4981/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 3,4855 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст3}} = 119,595/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 2,698 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст4}} = 94,9357/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 2,1252 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст5}} = 2,0064 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст6}} = -0,73 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{д.в.(к) ст7}} = -0,73 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для роботи динамічних моментів необхідно мати дані про момент інтеграції мас ротора двигуна, тому підберемо на початку двигун по статичному навантаженню.

Попередньо потужність двигуна знаходимо за формулою:

$$P_{\text{дв.пр.}} = \frac{M_{6i} \cdot v_M}{0,5 \cdot D \cdot z} \quad (2.11)$$

де $M_{бі}$ - момент на барабані при максимальному навантаженні (приймаємо $M_{бі} = 448,2389 \text{кН}\cdot\text{м}$);

V_M - максимальна швидкість руху скіпа ($V_M = 4 \text{м/с}$).

$$P_{\text{дв.пр.}} = \frac{448,2389 \cdot 4}{0,5 \cdot 2,4 \cdot 2} = 746 \text{кВт.}$$

Попередньо обираємо електродвигун 4П-450-38-800-У3 потужністю $P=800$ кВт частота обертів $n_{\text{ном}}/n_{\text{пнх}} = 500/1000$ хв-1 $M_{\text{ном}}=7,64$ кНм $J_p=52$ кг·м² [7]

В період прискорень та уповільнення t_1, t_2, t_3, t_4, t_6 на валу одного електродвигуна виникає динамічний момент:

$$M_{\text{дв.дин.}} = J_p \cdot \varepsilon_i \quad (2.12)$$

де J_p – загальний момент інерції приведений до валу електродвигуна;

ε_i – кутове прискорення на валу електродвигуна.

$$\varepsilon_i = \frac{2 \cdot a_i}{D_6 \cdot i}, \text{ м/с}^2$$

де a_i – прискорення(уповільнення) скіпа при t_1, t_2, t_4, t_6 ($a_1=0,3 \text{м/с}^2$; $a_2=0,6 \text{м/с}^2$; $a_4 = -0,6 \text{ м/с}^2$; $a_6 = -0,4 \text{м/с}^2$)

$$\varepsilon_1 = \frac{2 \cdot 0,3}{2,4 \cdot 30,3599} = 7,6 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot 0,6}{2,4 \cdot 30,3599} = 13,18 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_3 = \frac{2 \cdot (-0,6)}{2,4 \cdot 30,3599} = -15,18 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot (-0,4)}{2,4 \cdot 30,3599} = -10,12 \text{ м/с}^2.$$

Для визначення динамічного моменту спочатку необхідно встановити моменти інерції всіх обертових мас. Загальний момент інерції приведений до валу електродвигуна дорівнює:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot G_c + G_M + 2 \cdot 2 \cdot q \cdot l_k)}{4g \cdot i^2} + \frac{J_6}{i^2} + z \cdot J_{\text{дв}} \cdot \delta, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.13)$$

де l_k – довжина одного каната;

J_6 – момент інерції маси вузла узла барабана лебідки;

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції обертових мас електродвигуна (ротор, муфта, шків);

q – вага метра погонного каната ($q=10,87\text{кг}$)

g – прискорення вільного падіння ($g=9,81\text{м/с}^2$);

i – передаточне число привода лебідки ;

δ – коефіцієнт, що враховує моменти інерції мас інших деталей привода, розміщених не на валу електродвигуна ($\delta = 1,2$).

$$l_k = l_{12} + l_{23} + l_{34} + l_{45} + l_{56} + 2\pi D_T \quad (2.14)$$

де l_{1-6} – довжина каната на ділянках 5-6;

$2\pi D_T$ – довжина двох запасних витків на барабані.

$$l_k = 95,5 + 3,34 + 33 + 1 + 37,4 + 2 \cdot 3,14 \cdot 2,4 = 185,32 \text{ м}$$

Знаходимо момент інерції маси барабана:

$$J_6 = 2 \cdot J_{\text{пц}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.15)$$

де $J_{\text{пц}}$ – момент інерції порожнистого циліндра.

$$J_{\text{пц}} = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{2}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.16)$$

де m – маса барабана ;

R – зовнішній радіус барабана лебідки, м;

r – внутрішній радіус барабана лебідки, м.

$$J_{\text{пц}} = \frac{14800 \cdot (1,2^2 + 1,1^2)}{2} = 19610 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Тоді момент інерції двох барабанів лебідки дорівнює:

$$J_6 = 2 \cdot 19610 = 39220 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Знаходимо момент інерції обертових мас електродвигуна за формулою:

$$J_{\text{дв}} = J_r + J_m + J_{\text{тш}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.17)$$

де J_r – момент інерції ротора двигна ($J_r = 52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

J_m – момент інерції муфти ($J_m = 6,84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

ЖТШ – момент інерції тормозного шківа:.

$$J_{\text{ТШ}} = m_{\text{ТШ}} \cdot r^2 \cdot \delta_{\text{ТШ}} \quad (2.18)$$

де $m_{\text{ТШ}}$ – маса тормозного шківа ($m_{\text{ТШ}} = 300$ кг)

r – радіус тормозного шківа ($r = 0,9$ м);

$\delta_{\text{ТШ}}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл мас тормозного шківа ($\delta_{\text{ТШ}} = 0,6$);

$$J_{\text{ТШ}} = 300 \cdot 0,9^2 \cdot 0,6 = 36,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тоді момент інерції обертових мас електродвигуна дорівнює:

$$J_{\text{дв}} = 52 + 6,84 + 36,45 = 95,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Таким чином, маючи всі складові приведенного моменту інерції знаходимо його при переміщенні залізородної частини:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot 186,55 \cdot 10^3 + 357 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10,87 \cdot 185,32)}{4 \cdot 9,81 \cdot 30,3599^2} + \frac{39220}{30,3599^2} + 2 \cdot 95,29 \cdot 1,2 =$$

$$= 482,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент при підйомі залізородної частини:

$$M_{\text{дв.дин(з)1}} = 482,3 \cdot 7,6 \cdot 0,5 = 1,83 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)2}} = 482,3 \cdot 15,18 \cdot 0,5 = 3,66 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)4}} = 482,3 \cdot (-15,18) \cdot 0,5 = -3,66 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)6}} = 482,3 \cdot (-10,12) \cdot 0,5 = -2,44 \text{ кНм}.$$

Знаходимо приведений момент інерції при переміщенні кокса:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot 186,55 \cdot 10^3 + 76,5 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10,87 \cdot 185,32)}{4 \cdot 9,81 \cdot 30,3599^2} + \frac{39220}{30,3599^2} + 2 \cdot 95,29 \cdot 1,2 =$$

$$= 437,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент при підйомі кокса:

$$M_{\text{дв.дин(к)1}} = 437,6 \cdot 7,6 \cdot 0,5 = 1,653 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)2}} = 437,6 \cdot 15,12 \cdot 0,5 = 3,306 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)4}} = 437,6 \cdot (-15,18) \cdot 0,5 = -3,306 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)6}} = 437,6 \cdot (-10,12) \cdot 0,5 = -2,204 \text{ кНм}.$$

Сумарний момент на валу електродвигуна:

$$M_{\Sigma i} = M_{\text{дв.стї}} + M_{\text{дв.динї}} \quad (2.19)$$

При переміщенні залізорудної частини:

$$M_{\Sigma(z)1} = 10,1124 + 1,83 = 11,9424 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(z)2} = 10,1026 + 3,66 = 13,7626 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(z)3} = 9,2911 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(z)4} = 8,7182 + (-3,66) = 5,0582 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(z)5} = 8,5994 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(z)6} = -0,73 - 2,44 = -3,17 \text{ кНм.}$$

При переміщенні залізорудної кокса:

$$M_{\Sigma(k)1} = 3,4945 + 1,653 = 5,1475 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(k)2} = 3,4855 + 3,306 = 6,7915 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(z)3} = 2,698 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(k)4} = 2,1252 - 3,306 = -1,1808 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(z)5} = 2,0064 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(k)6} = -0,73 - 2,204 = -2,934 \text{ кНм.}$$

За отриманими даними будемо навантажувальну діаграму (рис.2.3).
Остаточний вибір електродвигуна скіпової лебідки виконують за величиною еквівалентного моменту:

$$M_{e(z/k)} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{t_3 + k_n (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6)}} \text{ , кНм} \quad (2.20)$$

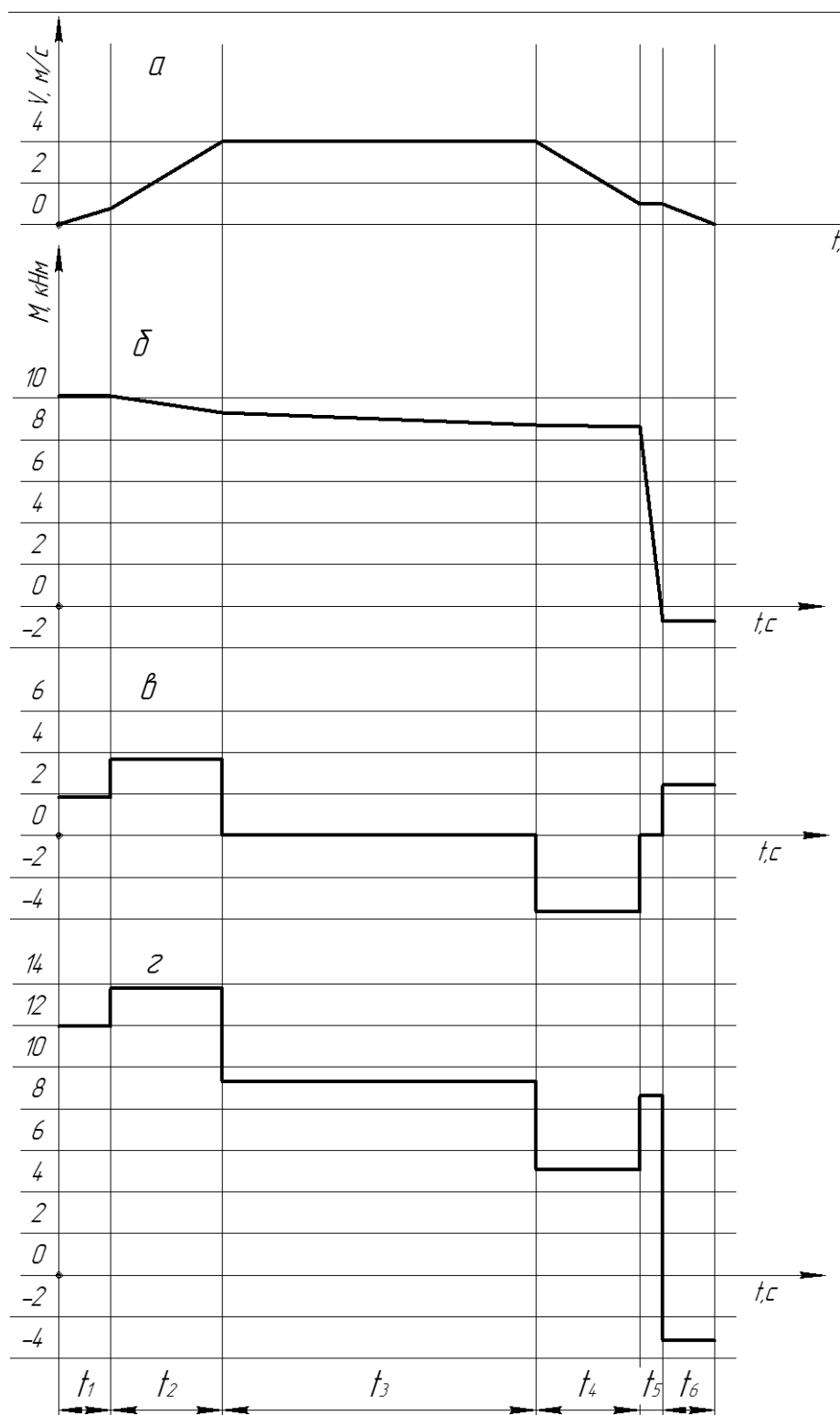
де k_n – коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження електродвигуна в періоди розгону та гальмування.

На ділянках навантажувальної діаграми моменти змінюються за лінійним законом, тому величини M_i можна розраховувати за формулою:

$$M_i = \sqrt{\frac{M_{\text{пї}}^2 + M_{\text{пї}} \cdot M_{\text{кї}} + M_{\text{кї}}^2}{3}} \text{ , кНм} \quad (2.21)$$

де $M_{\text{пї}}$ – початковий момент;

$M_{\text{кї}}$ – кінцевий момент.



а – швидкість скіпа; б – статичний момент у функції часу; в – динамічний момент у функції часу; г – сумарний момент у функції часу

Рисунок 2.3 Навантажувальна діаграма роботи лебідки скіпового підйомника

Для переміщення залізорудної частини:

$$M_{31} = \sqrt{\frac{11,9424^2 + 11,9424 \cdot 11,9326 + 11,9326^2}{3}} = 11,9375 \text{ кНм},$$

$$M_{32} = \sqrt{\frac{13,7626^2 + 13,7626 \cdot 8,7182 + 8,7182^2}{3}} = 13,3589 \text{ кНм},$$

$$M_{33} = \sqrt{\frac{9,2911^2 + 9,2911 \cdot 8,7182 + 8,7182^2}{3}} = 9,0062 \text{ кНм},$$

$$M_{34} = \sqrt{\frac{5,0582^2 + 5,0582 \cdot 4,9394 + 4,9394^2}{3}} = 4,9989 \text{ кНм},$$

$$M_{35} = \sqrt{\frac{8,5994^2 + 8,5994 \cdot (-0,73) + (-0,73)^2}{3}} = 4,7681 \text{ кНм},$$

$$M_{36} = 3,17 \text{ кНм}.$$

Тоді еквівалентний момент при переміщенні залізорудної частини становить:

$$M_{e(3)} = \sqrt{\frac{11,9375^2 \cdot 2,58 + 13,3589^2 \cdot 5,37 + 9,0062^2 \cdot 15,1 + 4,9989^2 \cdot 5 + 4,7681^2 \cdot 1,12 + 3,17^2 \cdot 2,5}{15,1 + 0,75(2,58 + 5,37 + 5 + 1,12 + 2,5)}} = 9,952 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок і для переміщення коксу:

$$M_{к1} = \sqrt{\frac{5,1484^2 + 5,1484 \cdot 5,1385 + 5,1385^2}{3}} = 5,1434 \text{ кНм},$$

$$M_{к2} = \sqrt{\frac{6,7915^2 + 6,7915 \cdot 6,0041 + 6,0041^2}{3}} = 6,4018 \text{ кНм},$$

$$M_{к3} = \sqrt{\frac{2,6981^2 + 2,6981 \cdot 2,1252 + 2,1252^2}{3}} = 2,4173 \text{ кНм},$$

$$M_{к4} = \sqrt{\frac{1,1808^2 + 1,1808 \cdot 1,2996 + 1,2996^2}{3}} = 1,2407 \text{ кНм},$$

$$M_{к5} = \sqrt{\frac{2,0064^2 + 2,0064 \cdot (-0,73) + (-0,73)^2}{3}} = 1,0155 \text{ кНм},$$

$$M_{36} = 2,934 \text{ кНм}.$$

Тоді еквівалентний момент при переміщенні кокса становить:

$$M_{e(к)} = \sqrt{\frac{5,1434^2 \cdot 2,58 + 6,4018^2 \cdot 5,37 + 2,4173^2 \cdot 15,1 + 1,2407^2 \cdot 5 + 1,0155^2 \cdot 1,12 + 2,934^2 \cdot 2,5}{15,1 + 0,75(2,58 + 5,37 + 5 + 1,12 + 2,5)}} =$$

$$= 3,844 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Таким чином, загальний еквівалентний момент для однієї подачі шихтових матеріалів складе:

$$M_{\Sigma.e} = \sqrt{\frac{M_{e3}^2 \cdot z_3 + M_{ек}^2 \cdot z_к}{z_3 + z_к}}, \text{ кНм} \quad (2.22)$$

де z_3 – кількість скіпів скипов з залізородною частиною;

$z_к$ – кількість скіпів з коксом.

$$M_{\Sigma.e} = \sqrt{\frac{9,952^2 \cdot 2 + 3,844^2 \cdot 2}{2 + 2}} = 7,544 \text{ кНм}.$$

Необхідна потужність електродвигуна складе:

$$P_{дв} = \frac{M_e \cdot n}{9550}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де n – частота обертів ротора електродвигуна ($n = 1000 \text{ хв}^{-1}$).

$$P_{дв} = \frac{7544 \cdot 1000}{9550} = 789,9 \text{ кВт}.$$

Для відповідності електродвигуна по перевантаженню має виконуватися наступна умова:

$$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} \leq [\lambda] = 2$$

Згідно розрахунку максимальний момент виникає при переміщенні залізородної частини і складає $M_{\max} = 13,3589 \text{ кНм}$. Тоді умова по перевантаженню прийме вигляд:

$$\frac{13,3589}{7,64} = 1,75 \leq [\lambda] = 2$$

Умова виконується, тому остаточно обираємо електродвигун 4П-450-38-800-У3 потужністю $P=800$ кВт частота обертів $n_{\text{ном}}=1000$ хв-1 $M_{\text{ном}}=7,64$ кНм, $J_p=52$ кг·м².

2.3 Розрахунок механізмів приводу скіпової лебідки

Розрахунок підшипників валу лебідки

На валу встановлено підшипники роликові конічні дворядні 2097736 ГОСТ 6364-75 [3].

Характеристики обраного підшипника:

- основні розміри: $d=180$ мм; $D=300$ мм; $B=164$ мм.
- динамічна вантажопідйомність $C=1207$ кН
- статична вантажопідйомність $C_o=2396$ кН
- гранична частота обертання $n_{\text{max}}=1300$ об/хв.

З розрахунку на міцність вала-шестерні радіальне навантаження на 1 підшипник $R=R_a=R_b=8,395$ кН.

Частота обертання валу-шестерні $n=1000$ об/хв.

5. Розрахунок довговічності підшипників

Номінальна довговічність підшипників у мільйонах обертів

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{\rho} \quad (2.24)$$

де $C = 1207$ кН;

P - еквівалентне динамічне навантаження.

$$P = X \cdot V \cdot P_n \cdot K_{\sigma} \cdot K_T \quad (2.25)$$

де $X = 0,75$ – коефіцієнт радіального навантаження;

$V=1$ – коефіцієнт обертання;

$K_{\sigma}=1,2$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1,05$ - температурний коефіцієнт,

ρ - статичний показник (для кулькових підшипників $\rho=10/3$).

Тоді

$$P = 0,75 \cdot 1 \cdot 8,395 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 7,93 \text{ кН.}$$

Тоді

$$L = \left(\frac{1207}{7,93} \right)^{10/3} = (152,21)^{3,33} = 1,88 \cdot 10^7 \text{ млн.об.}$$

Номінальний термін служби підшипників в годинах:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 1,88 \cdot 10^7}{60 \cdot 1000} = 313 \cdot 10^6 \text{ годин.} \quad (2.26)$$

Висновок: обрані підшипники відповідають діючим навантаженням, швидкості і довговічності.

Розрахунок шпонкового з'єднання вала ролика приводного і напівмуфти.

У поєднанні встановлена призматична шпонка 36x20x165 ГОСТ 8789-68.

Перевіримо робочі грані на зминання.

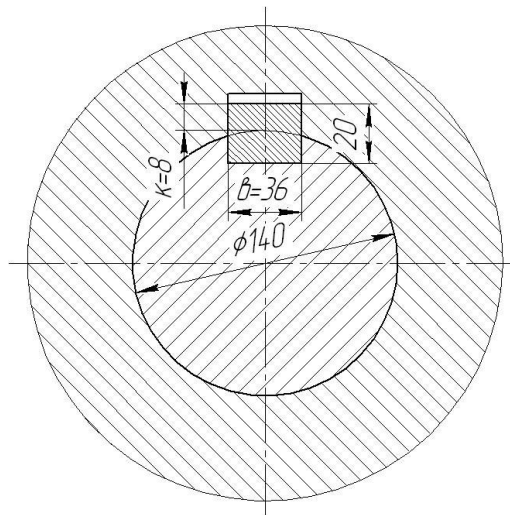


Рисунок 2.4 Шпонкові з'єднання вала лебідки

З умови міцності на зминання

$$M_{кр} = 0,5 \cdot d \cdot k \cdot l \cdot [\sigma]_{см} \quad (2.27)$$

де $[\sigma]_{\text{см}}$ - допустиме напруження зминання.

$$[\sigma]_{\text{см}} = 150 \text{ МПа} = 150000 \text{ кН}.$$

$M_{\text{кр}} = 2,483 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (див. епюру крутних моментів);

$l = 0,165 \text{ м}$ – довжина шпонки.

Тоді

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{M_{\text{кр}}}{0,5 \cdot d \cdot k \cdot l} = \frac{2,483}{0,5 \cdot 0,140 \cdot 0,008 \cdot 0,165} = 26872 \text{ кН /м}^2 = 26,872 \text{ МПа} \quad (2.28)$$

$$\sigma_{\text{см}} < [\sigma]_{\text{см}} \text{ (умова міцності виконано).}$$

Перевіримо шпонку на зріз

$$b = \frac{M_2}{0,5 \cdot (d + k) \cdot [\tau]_{\text{сп}} \cdot l} = \frac{2,483}{0,5 \cdot (0,140 + 0,008) \cdot 0,165 \cdot 63000} = 0,0032 \text{ м} < b = 0,036 \text{ м} \quad (2.29)$$

де $[\tau]_{\text{сп}}$ – допустиме напруження зрізу

$$[\tau]_{\text{сп}} = 63 \text{ МПа} = 63000 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

Висновок: прийняті розміри шпонки задовольняють умові міцності.

Розрахунок барабана лебідки

Барабан лебідки відлитий з чавуну СЧ15-32 з межею міцності $\sigma_{\text{в}} = 600000 \text{ кН /м}^2 = 600 \text{ МПа}$.

Товщина стінки барабана визначається з розрахунку на стиск

$$\delta = \frac{S_{\text{max}}}{t_{\text{н}} \cdot [\sigma]_{\text{сж}}} \quad (2.30)$$

де S_{max} – max натяг в канаті, що набігає на барабан;

$S_{\text{max}} = 476,48 \text{ кН}$ (див. табл.2.3 - «статичні зусилля»);

$t_{\text{н}}$ – крок нарізки барабана;

при діаметрі каната $d_{\text{к}} = 52 \text{ мм}$, $t_{\text{н}} = 60 \text{ мм}$.

$$\text{Тоді } \delta = \frac{476,48}{0,06 \cdot 444000} = 0,0179 \text{ м} = 17,9 \text{ мм},$$

$$\text{де } [\sigma]_{\text{сж}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{k} = \frac{600}{1,35} = 444 \text{ МПа}.$$

k – коефіцієнт запасу міцності; $k = 1,35$.

З умов технології виготовлення литих барабанів товщина стінки δ повинна бути не менше 12 мм.

Виходячи з розрахунку приймаємо конструктивно $\delta=20$ мм.

Крім стиснення стінка барабана відчуває деформацію вигину і крутіння.

Крутний момент, що передається барабаном:

$$M_{кр} = S_{\max} \cdot \frac{D_{\delta}}{2} = 476,48 \cdot \frac{2,4}{2} = 572 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (2.31)$$

Згинальний момент визначається для випадку, коли зусилля натягу каната доводиться на середину барабана.

$$\text{Тоді } M_u = \frac{S_{\max}}{2} \cdot l = \frac{476,48}{2} \cdot 1,307 = 311,4 \text{ кН}\cdot\text{м}. \quad (2.32)$$

Складна напруга від вигину і крутіння:

$$\sigma = \frac{\sqrt{M_u^2 + (\varphi \cdot M_{кр})^2}}{W_p} = \frac{\sqrt{311,4^2 + (0,75 \cdot 572)^2}}{0,089} = 5956 \text{ кН} / \text{м}^2 < [\sigma] = 70000 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

де W_p - екваторіальний момент опору поперечного перерізу барабана при обертанні

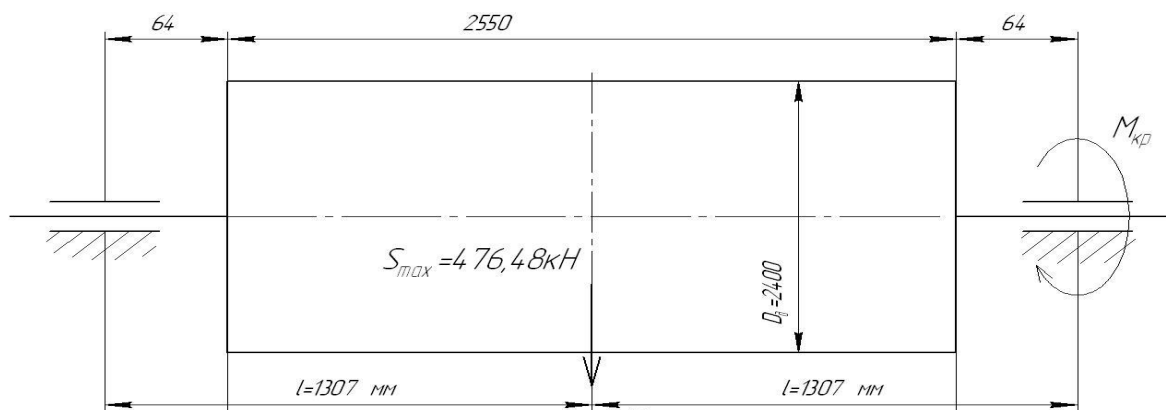


Рисунок 2.5 Схема для розрахунку барабана.

$$W_p = 0,1 \cdot \frac{D^4 - D_2^4}{D} = 0,1 \cdot \frac{2,388^4 - 2,348^4}{2,388} = 0,089 \text{ м}^3, \quad (2.33)$$

φ - коефіцієнт приведення напруги; $\varphi=0,75$.

Висновок: напруги від вигину і крутіння в стінці барабана незначні.

Умова міцності виконано.

Розрахунок ходового колеса скіпа

Як матеріал колеса приймаємо сталеве лиття сталь 65Г.

Обід загартований до твердості НВ 300...320.

Радіус головки рейки $r_p=400$ мм.

Радіус колеса $r_k=250$ мм.

Навантаження на колесо при горизонтальному розташуванні скіпа (максимальне навантаження)

$$P = \frac{P_{\text{груза}} + P_{\text{скіпа}}}{4} = \frac{250 + 114}{4} = 91 \text{ кН.} \quad (2.34)$$

Розрахункове навантаження $P_{\text{рас}} = P \cdot k_0 = 91 \cdot 0,96 = 87,3$ кН,

де $k_0 = 0,96$;

Величина контактних напружень в точці дотику колеса і рейок:

$$\sigma_k = 16500 m \sqrt[3]{\frac{P_{\text{рас}}}{r_k^2}} = 16500 \cdot 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{87,3}{0,25^2}} = 693000 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 693 \text{ МПа}, \quad (2.35)$$

де коеф. $m=0,6$.

Допустиме напруження $[\sigma]_k = 2200$ МПа .

Так як $\sigma_k < [\sigma]_k$, то умова міцності виконано.

2.4 Розрахунок працездатності скіпового підйомника при русі по розвантажувальних кривих

Скіп опускається під дією власної ваги. Перевірку проводять в крайньому верхньому положенні з урахуванням можливого перепідйому.

Про умови опускання скіпа можна судити за величиною можливого прискорення каната, яке визначається за допомогою принципу Даламбера. Система сил інерції наводиться до сили C , яка додається в центрі ваги, і до пари з моментом M_d :

$$C = m a_c, M_d = I c_\epsilon, \quad (2.36)$$

де m — маса скіпа;

a_c — прискорення центра ваги скіпа;

I_c — момент інерції скіпа щодо осі, що проходить через його центр ваги;

ε — кутове прискорення скіпа.

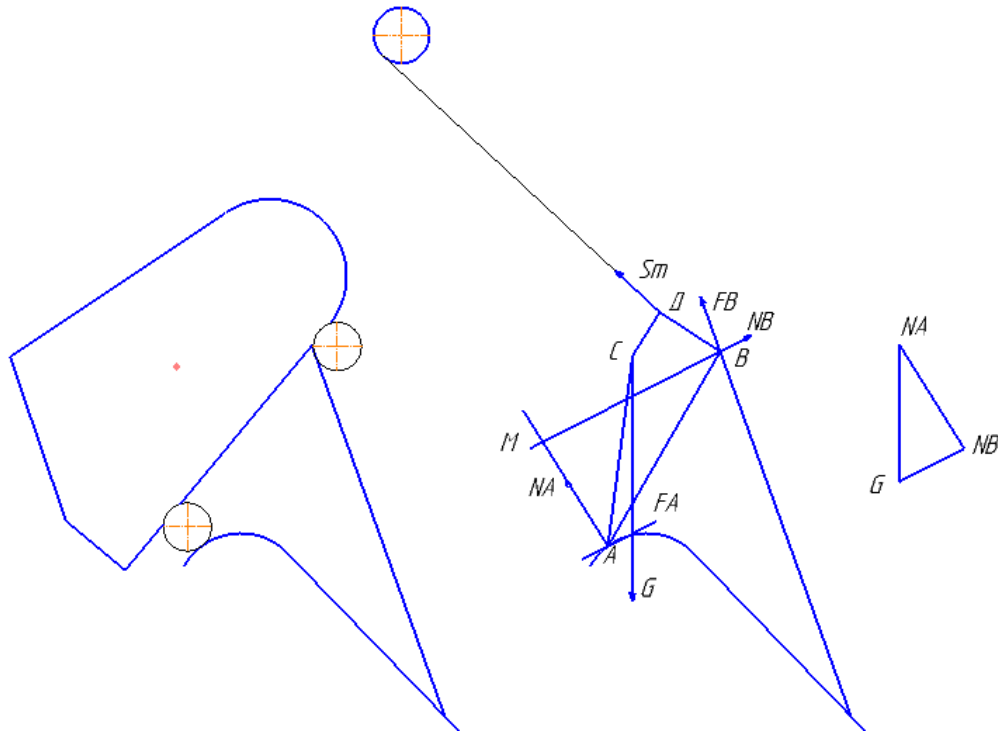


Рисунок.2.6 Схема до перевірки можливості опускання порожнього скіпа з розвантажувальних кривих

Миттєвий центр швидкостей знаходиться в точці M перетину нормалей до розвантажувальних кривих. Повні опорні реакції переднього R_A та заднього R_B коліс відхиляються від нормалей на кут φ ($\text{tg}\varphi = f$) і перетинаються в точці K .

В крайньому верхньому положенні швидкість точок скіпа дорівнює нулю, і миттєвий центр прискорень збігається з миттєвим центром швидкостей. При цьому

$$a_c = \varepsilon (MC).$$

Крім того, між прискореннями каната a_k і центра ваги скіпа існує залежність:

$$a_c = a_k \frac{(MC)}{(MD) \cos \gamma}, \quad (2.37)$$

де (MC), (MD) — відстань між точками M і C, M і D.

Умову рівноваги діючих сил і сил інерції зручно записати у вигляді суми моментів щодо точки K, так як при цьому виключаються невідомі реакції R_A і R_B .

Отже

$$Gh_G - Sh_S - Ch_C - M_d = 0, \quad (2.38)$$

де G — вага скіпа;

h_G, h_S, h_C — плечі сил G, S и C щодо точки K .

Зусилля в канаті

$$S = S_c + m_k a_k, \quad (2.39)$$

де S_c — статичне зусилля від невірноваженої частини каната і ваги упряжного пристрою, що обчислюється з урахуванням втрат на тертя в блоках;

m_k — маса каната і упряжі.

Після підстановки значень S, M_d в рівняння рівноваги і простих перетворень отримуємо

$$a_k = \frac{Gh_G - S_c h_S}{m_k h_S + \varphi \left[m h_C + \frac{I_C}{(MC)} \right]} \quad (2.40)$$

Тут

$$\varphi = \frac{(MC)}{(MD) \cos \gamma}. \quad (2.41)$$

Якщо $a_k < 0$, то опускання скіпа неможливо.

При розрахунку графіка швидкості каната прискорення в момент пуску має бути менше обчисленого значення a_k ($a_1 < a_k$). В іншому випадку відбудеться послаблення каната на барабані.

Для оцінки умови самоповерення скіпа побудовано силовий трикутник (рис. 2.5). Методика побудови силового трикутника наступна.

Прийmemo наступні позначення:

S — зусилля в канаті при опусканні скіпа, H ;

R_1 R_2 — реакції напрямних рейок на скати скіпа, Н.

Визначаємо центр тяжіння скіпа. Загалом до основних методів визначення центру тяжіння відносяться наступні.

1. Аналітичний метод. Проводиться шляхом інтегрування. До цих методів відноситься методи проф. Заводчикова, Рохмана, Аксьонова.

2. Метод симетрії. Якщо тіло має площину, вісь чи центр симетрії, його центр тяжкості лежить відповідно у площині симетрії, осі симетрії чи центрі симетрії.

3. Метод розбиття. Тіло розбивається на кінцеве число частин, кожної з яких положення центру тяжкості S і площа S відомі. Тоді координати центру тяжкості тіла дорівнюють:

$$x_C = \frac{x_1 \cdot S_1 + x_2 \cdot S_2}{S_1 + S_2},$$

$$y_C = \frac{y_1 \cdot S_1 + y_2 \cdot S_2}{S_1 + S_2}.$$

4. Експериментальний метод. Метод полягає у підвішуванні моделі та проведенні вертикалі. У точці перетину двох ліній розташовується центр тяжіння.

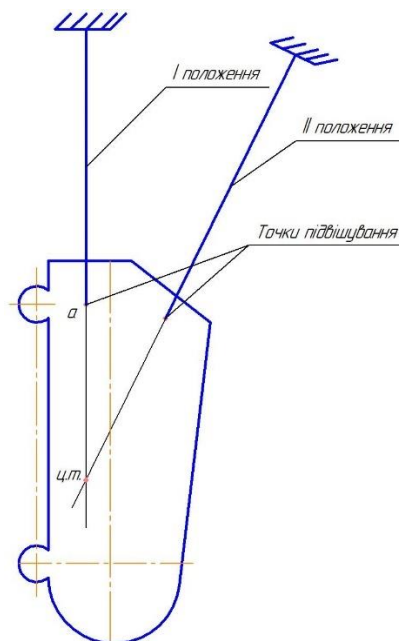


Рисунок 2.7. До визначення центру тяжіння порожнього скіпа

Для розрахунку зробимо наступну побудову (так як скіп знаходиться в положенні рівноваги, діють сили - ваги скіпа, рівнодіюча двох реакцій з боку напрямних і зусилля в канаті - сходяться в одній точці):

1) в заданому положенні скіпа докладемо в центрі ваги (при графічному визначенні зусилля в канаті приймаємо, що центр ваги скіпа лежить на тій же вертикалі, що і центр тяжіння навантаженого скіпа) при опусканні і в кінці підйому силу G , кг;

2) з точки кріплення каната проводимо лінію напрямку каната, що йде до верхнього шківів підйомника;

3) з точок дотику скатів з напрямними рейками розвантажувального ділянки проводимо лінії напрямку повних реакцій з рейок на передній й задній скати скіпа з урахуванням тертя скатів об рейки; для цього нормалі до напрямних рейок в точках торкання скатів необхідно повернути в сторону, протилежну руху кожного ската (на невеликій ділянці в кінці розвантажувальної колії скати скіпа змінюють напрямок свого обертання) на кут α , $\tan \alpha$ яка дорівнює величині

$$\tan \alpha = \beta \frac{\mu d + 2f}{D}.$$

4) з'єднавши точку M -перетину напрямків повний реакцій з точкою M перетину напрямків сили ваги і зусилля в канаті, визначаємо напрямок сумарної реакції R на скати скіпа з урахуванням опору його руху. Будуємо трикутники сил N_A , N_B та G (или G , S , R).

Визначити графічно величини N_A та N_B ряду заданих положень скіпа при підйомі і опусканні по розвантажувального ділянки, знаходячи при цьому довжину L_{12} , можна побудувати графік зміни зусиль у канатах в функції зміни довжини каната.

Про можливість опускання скіпа можна судити також по відношенню моменту рушійних сил $M_{дв}$ до моменту сил опору M_c .

Вважають, що повинна бути виконана умова

$$\frac{M_{дв}}{M_c} > 2 . \quad (2.42)$$

Значення моментів $M_{дв}$ та M_c визначаються за формулами

$$M_{дв} = Gh_{GM}, \quad (2.43)$$

$$M_c = S_c h_{SM} + F_A(MA) + F_B(MB), \quad (2.44)$$

де h_{GM} , h_{SM} — плечі сил G и S_c відносно точки M (Рисунок.2.5),

F_A , F_B — сили опору руху коліс.

$$M_{дв} = 110 \times 0,934 = 102,74 \text{кН}\cdot\text{м},$$

Значення F_A , F_B обчислюються наступним чином:

$$F_A = fN_A, \quad F_B = fN_B, \quad (2.45)$$

$$F_A = 1,2768 \times 0,3068131 = 0,3917 \text{кН};$$

$$F_B = 0,07594 \times 0,3068131 = 0,051738 \text{кН};$$

де N_A , N_B — нормальні реакції кривих.

$$M_c = 54,9 \times 1,816 + 0,0233(1,276) + 0,391751(2,069) = 100,5 \text{кН}\cdot\text{м}.$$

Так як лабораторна установка є точним аналогом реального скіпового підйомника, зменшеною в десять разів, то й дані отримані з лабораторної установки є ідентичними даним з розрахунку реального підйомника.

Далі змінимо кут нахилу розвантажувальної кривої до $\alpha = 66^\circ$, та проведемо розрахунки. Дослідження проводимо на лабораторній установці.

$$M_{дв} = 11 \times 0,0588 = 0,6468 \text{кН}\cdot\text{м}.$$

Значення F_A , F_B обчислюються наступним чином:

$$F_A = fN_A, \quad F_B = fN_B,$$

$$F_A = 0,129 \times 0,31925 = 0,041184;$$

$$F_B = 0,0588 \times 0,31925 = 0,051738;$$

де N_A , N_B — нормальні реакції кривих.

$$M_c = 2,7 \times 1,918 + 0,018772(0,129) + 0,041184(0,2178) = 0,529252 \text{кН}\cdot\text{м}.$$

Таким чином, при прямолінійній формі розвантажувальних кривих відношення моменту рухомих сил до моменту опору руху має значення що дещо перевищує одиницю. Зазначене співвідношення свідчить про можливе

ускладнення самоповернення скіпа з розвантажувальних кривих. Для усунення зазначеного явища пропонується змінити форму розвантажувальних кривих.

Розрахунки зусиль, що діють на скіп при його русі по розвантажувальних кривих передбачає використання графоаналітичної методики.

Для визначення зусилля натягу в канаті проводять побудову скіпового многокутника на основі попередньої побудови скіпа на розвантажувальних кривих. Точність розрахунків збільшується зі збільшенням кількості положень скіпа на кривих. Таким чином, графо-аналітичний розрахунок є занадто складним

Для проведення дослідження була використана система автоматизованого проектування Компас, вона являє собою інструментальну середу, призначену для параметричного моделювання деталей складних виробів в тривимірному просторі (3D проектування), яке застосовується в машинобудуванні та в інших галузях промисловості.

Була побудована модель скіпа і розвантажувальних кривих 2-х типів - прямолінійні і криволінійні, в масштабі 1:1.

Геометричні параметри розвантажувальних кривих наведені на рисинок 2.8.

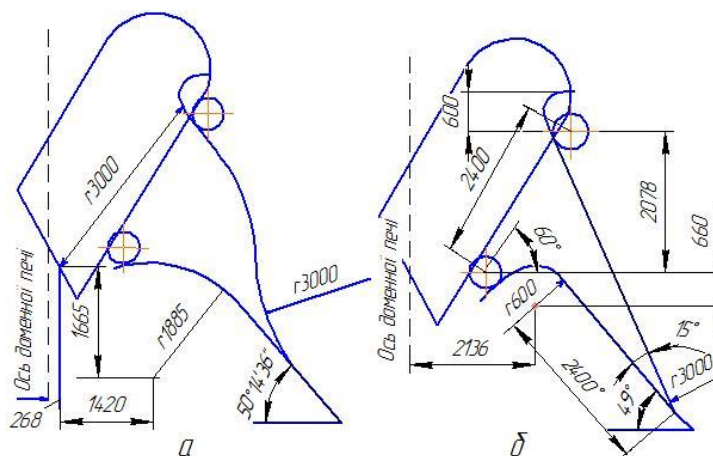


Рисунок 2.8 Типи напрямних рейок розвантажувальної ділянки моста

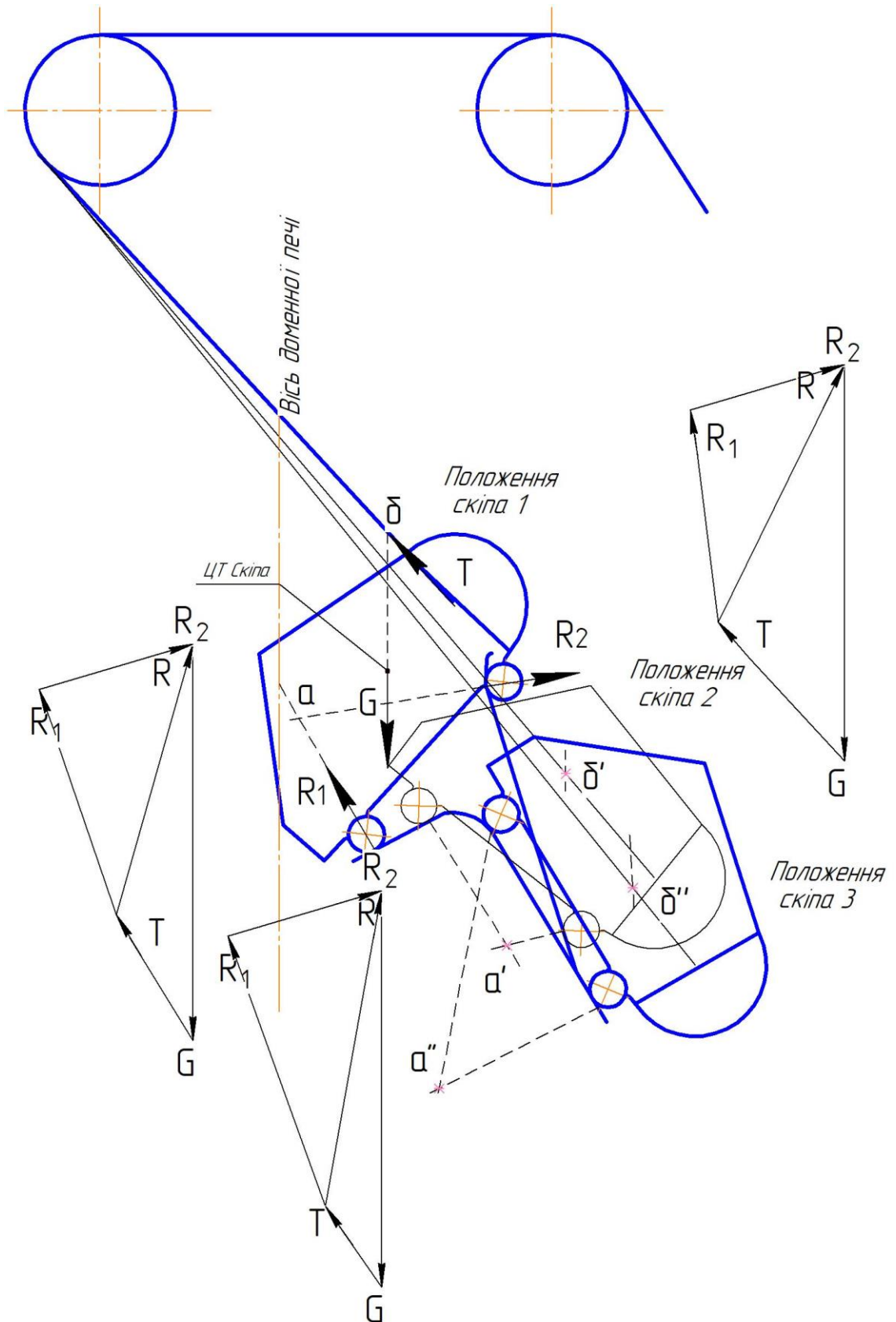


Рисунок 2.9 Побудова графіків зусиль в канатах при русі порожнього скіпа по прямолінійних напрямним вниз

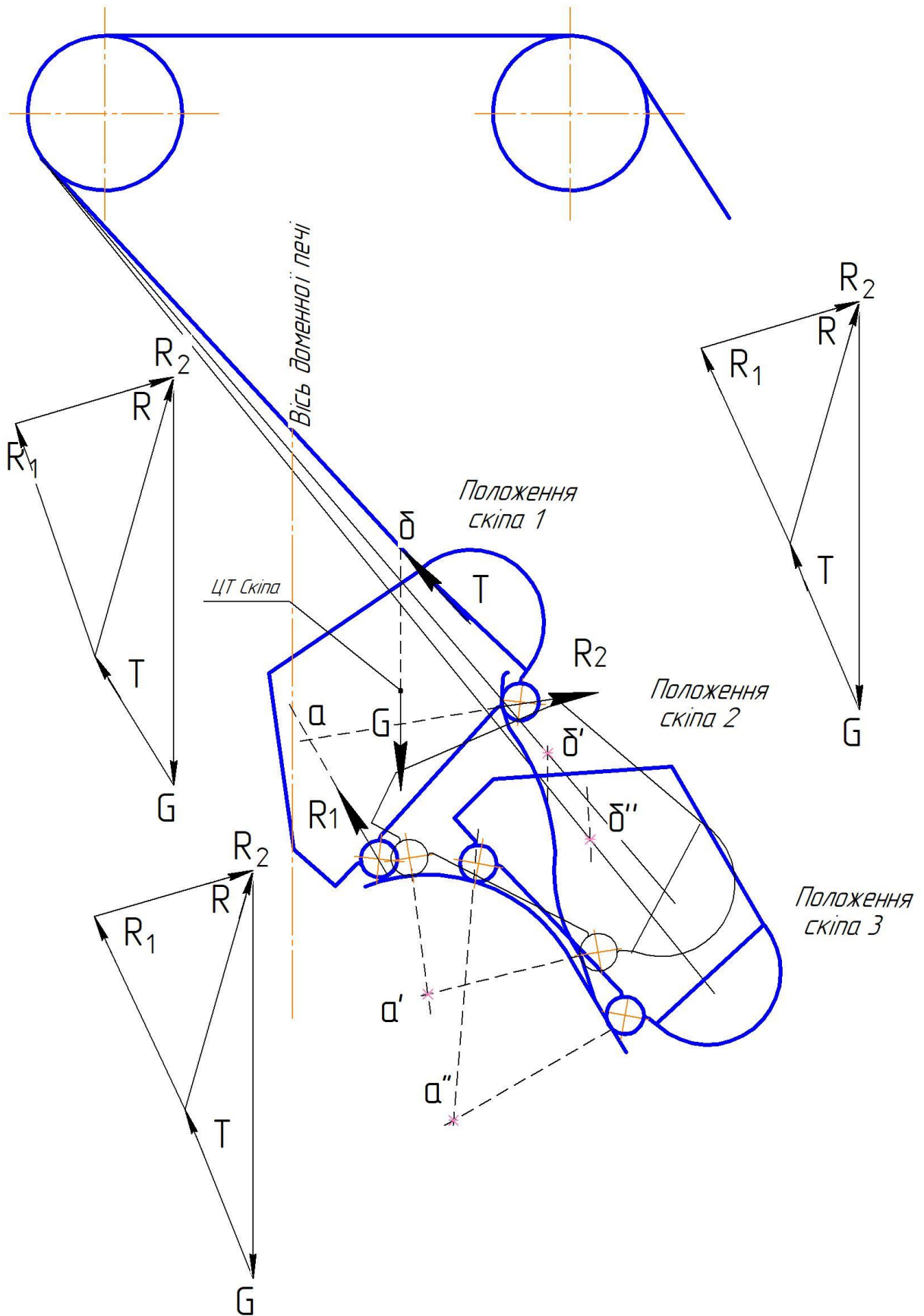


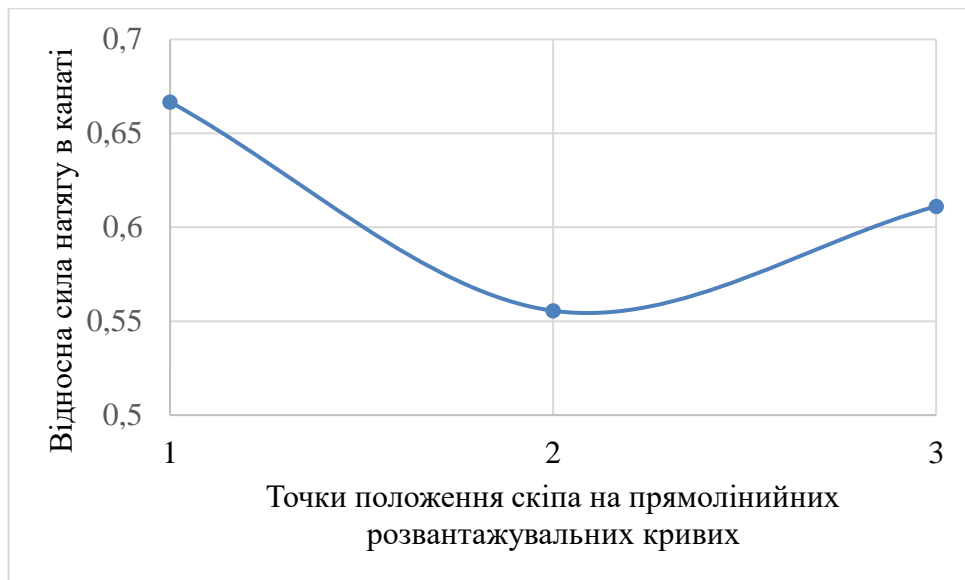
Рисунок 2.10 Побудова графіків зусиль в канатах при русі порожнього скіпа по криволінійних напрямним вниз

На рисунках 2.8 та 2.9 показано побудова силового багатокутника, для визначення зусиль, що діють на скіп при його русі вниз по розвантажувальним кривим прямолінійної та криволінійної форми, відповідно.

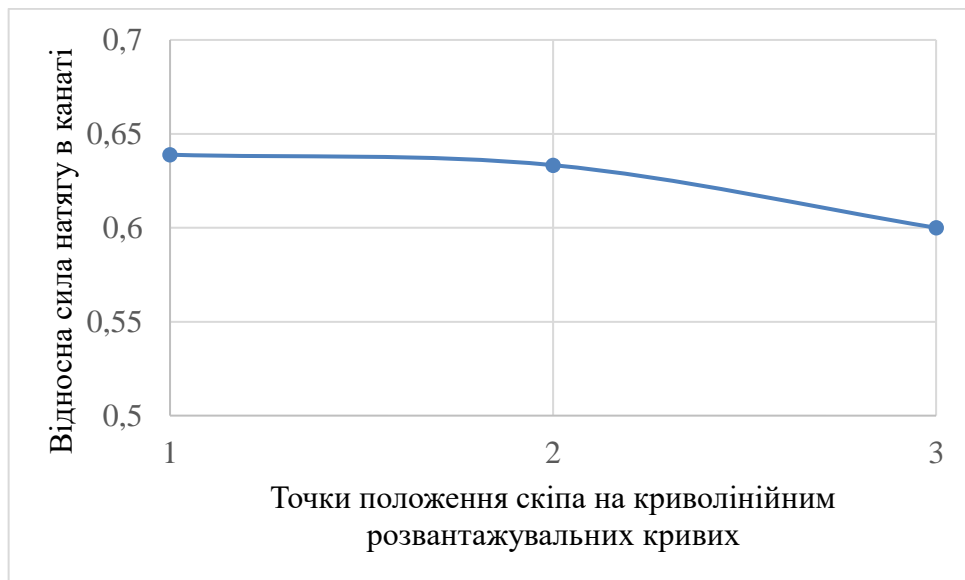
Для розрахунку проведемо креслення для трьох положень скіпа, а саме в кінці розвантажувальних кривих, в середині та на початку. Послідовність вибору положень пов'язана з рухом порожнього скіпа зверху вниз, тому перше положення прийняте крайнє верхнє положення скіпа.

В заданому положенні скіпа прикладаємо у центрі тяжіння скіпа силу G . З точки кріплення каната проводимо лінію по напрямку каната до верхнього шківів, за якою проходить сила натягу в канаті «Т». З точок дотику колеса скіпа з рейками розвантажувальної ділянки проводимо лінії реакцій в опорах з урахуванням тертя колеса о рейки. Для цього нормалі у точці дотику колеса з рейкою треба повернути в бік протилежний руху скіпа. Наступним кроком з'єднуємо точку «а» - перетин напрямків реакцій з точкою «б» - перетину напрямку сили тяжіння та зусилля у канаті, що і визначає напрям сумарної реакції R . Будуємо трикутник сил « G », «Т», « R ». Після цього до трикутника добудовуємо реакції в опорах R_1 та R_2 . Визначивши графічні величини відповідних сил, визначаємо їх фактичну величину помноживши на масштабний коефіцієнт. Аналогічну побудову проводимо і при русі скіпа по криволінійним розвантажувальним кривим по вузловим точкам.

Далі будуємо графіки залежності зусилля натягу в канаті від положення скіпа на розвантажувальних кривих. Відносне зусилля змінюється від $0,66G$ до $0,58G$. При цьому, на прямолінійних кривих зусилля має нерівномірний характер та в серединному положенні має зниження, з подальшим збільшенням. Ці коливання зусилля негативно впливають на роботу механізмів скіпового підйомника.



а



б

а- графік для прямолінійних розвантажувальних кривих, а- графік для криволінійних розвантажувальних кривих

Рисунок 2.10 Залежність відносної сили натягу в канаті від положення скіпа на розвантажувальних кривих.

В свою чергу, при криволінійній формі розвантажувальних кривих відносне зусилля натягу поступово зменшується до сталої величини, що позитивно впливає на роботу механізмів скіпового підйомника.

3. Експериментальні дослідження працездатності скіпового підйомника

Працездатність – стан об'єкта, при якому він здатний виконувати свої функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, установлених нормативно-технічною документацією [5].

Параметри технічного стану машини змінюються з часом її роботи. При цьому кожний параметр змінюється від *номінального* до *граничного*. Номінальне значення $r_{\text{ном}}$ визначають функціональним призначенням машини (паспортними даними). Граничне $r_{\text{гр}}$ – це найбільше або найменше значення, що може мати працездатна машина. Допустиме значення $r_{\text{пр}}$ параметра – це те значення, при якому машина після контролю зможе працювати ще один міжремонтний період.

Поступова зміна параметрів від $r_{\text{ном}}$ до $r_{\text{гр}}$ призводить до поступової відмови. При раптовій зміні параметрів до $r_{\text{гр}}$ відбувається раптова відмова машини. Працездатність залежить від швидкості зміни параметрів технічного стану машини. Висока працездатність машини забезпечується поліпшенням її конструкції, фізико-механічних властивостей матеріалів і вузлів тертя. Для цього необхідно використовувати зносостійкі матеріали і високоякісні мастила, забезпечити точну обробку деталей вузлів, дотримуватися періодичності технічного обслуговування та ремонтів машини, а також якісного їх виконання. Це збільшує напрацювання машини між відмовами. Робота машини в заданому технічною документацією робочому режимі зменшує випадки її перевантаження.

Під дією механічних навантажень виникають різні внутрішні напруження і, як наслідок, деформації, тріщини і поломки деталей. Зношування – це процес поступової зміни деталі під дією тертя. Характер цього процесу визначається видом тертя, фізико-хімічними властивостями матеріалу, швидкістю відносного переміщення поверхонь тертя, величиною

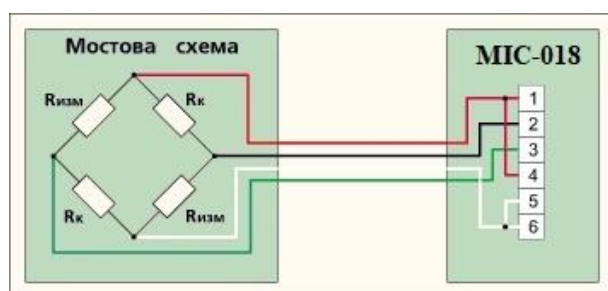
і характером навантаження, видом і якістю мастил, умовами експлуатації та ін.

Дослідження проводилося в лабораторії кафедри Металургійного обладнання Інженерного навчально наукового інституту ЗНУ, на моделі скіпового підйомника. Скіповий підйомник має масштаб 1:10.

Дослідження проводилось за допомогою вимірювальної апаратури представленої на рисунку 3.1. До складу апаратури входили: вимірювальний комплекс МІС-018-3 (фірми МЕРА), ноутбук, силовимірювач з наклеєними тензодатчиками. Силівимірювач з'єднувався з одного боку зі скипом, а з другого с тягнучим тросом.

Комплекс вимірювально-обчислювальний МІС-018 призначений для збору, перетворення, реєстрації, обробки, передачі та подання інформації датчиків та вимірювальних перетворювачів як елемент автоматичних та автоматизованих багатоканальних вимірювальних систем контролю та управління виробничими та технологічними процесами у різних галузях промисловості.

Комплекс МІС-018-3 є приладовий корпус, у якому встановлені: вимірювальні модулі; контролер; блок живлення. Комплекс включає модулі для вимірювання напруги постійного струму 32 каналів. Роботою вимірювального модуля управляє контролер, підключений до зовнішньої ПЕОМ у вигляді цифрового інтерфейсу.

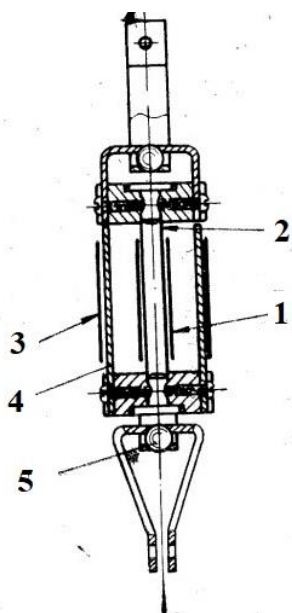


а

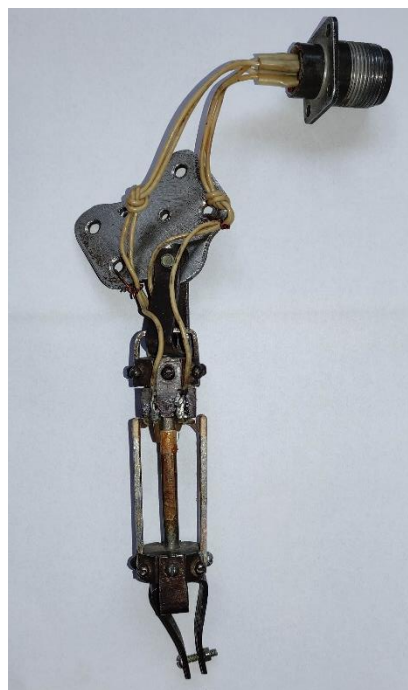
б

а – схема з'єднання тензометричних датчиків, б – загальний вид комплексу МІС-018-3

Рисунок 3.1 Схема реєструючої апаратури



а



б



в

а – схема силовимірювача, б – лабораторній силовимірювач, в – тензометричні датчики

1 - робочі дротяні датчики; 2 - сталева тонкостінна трубка; 3 - компенсаційні датчики; 4 – не навантажені пластинки; 5 - кулькові шарніри.

Рисунок 3.2 Вимірювачі силові з тензометричними датчиками

Серед різноманітних типів електротензометрів (індуктивних, ємкісних, магнітопружних і інш.) тензометри опору відповідають найбільш високим вимогам до точності вимірів при роботі в особливо тяжких умовах. Вони мають малі габарити, володіють високою конструктивною пристосованістю і малою інерційністю, що є важливою якістю при їх використанні в приладах (силовимірювачі, мездози), призначених для дослідження швидкозмінних в часі процесів. В основі роботи

тензорезисторів лежить явище тензоефекта, яке полягає в змінній опорі провідників і напівпровідників при їх механічній деформації. Тензорезистори поділяються на дротові і фольгові. В поточних вимірах використані дротовий тензорезистори, що складаються з тонкого дроту з великим омичним опором, зигзагоподібно розташованим між двома шарами цигаркового паперу. При дослідженні навантажень дротовий резистор наклеювалися на елементи силовимірювача.

Перед проведенням вимірювань проводиться тарування силовимірювача. Тарування здійснюється за допомогою підвішування почергово гирьових підвісів однакової ваги – 1кг. Також в програмне забезпечення вносимо необхідні корективи. Отримані данні фіксуються та запам'ятовуються дослідницьким комплексом МІС-018. Отримуємо тарувальний графік.

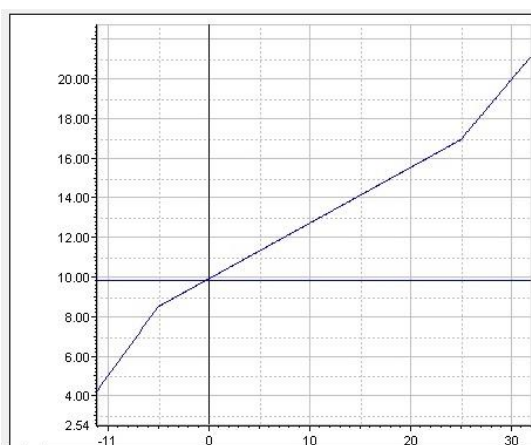


Рисунок 3.3. Тарувальний графік

Зусилля натягу вимірювалися в моделі скіпового підйомника. Для цього між скіпом і канатом установлювався силовимірювач з тензодатчиками (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4. Експериментальна модель скіпового підйомника

Модель скіпового підйомника складається з похилого мосту, розвантажувальних кривих, головних і направляючих шківів, канатів, двох скипів, барабанної лебідки і електропроводу.

Геометричні параметри моделі скіпового підйомника та скипів наведені в таблиці 3.1.

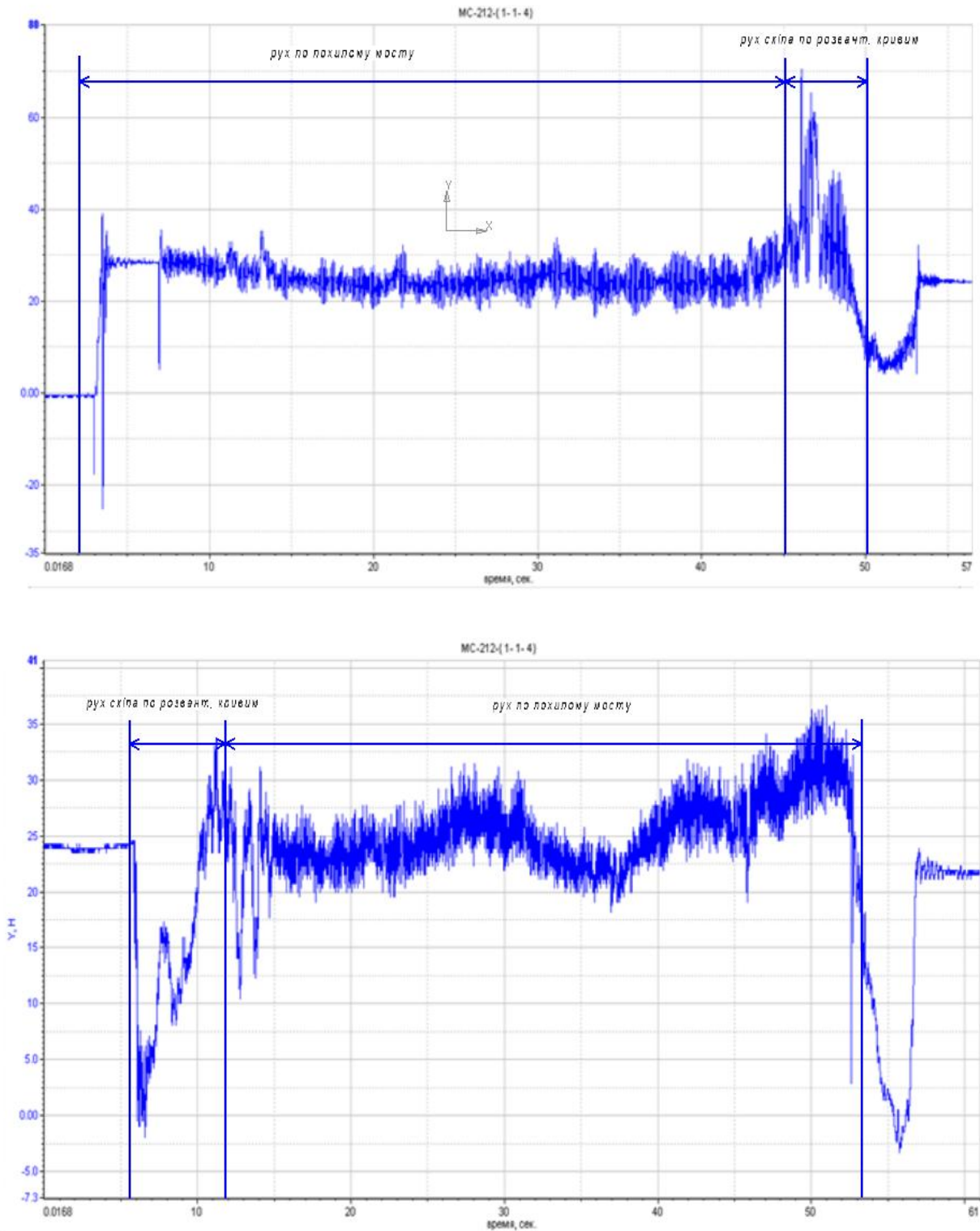
Таблиця 3.1 Вихідні дані для досліджень

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Позначення	G+Q	Dк	d	f	K	C	α	γ	γ_m	B
Одиниця	H	м	м	-	м	-	град.	град.	H/м ³	м
Значення	95	0,05	0,014	0,015	8×10^{-4}	1,3	48	16	-	1,126

N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Позначення	a	a ₁	a ₂	b	b ₁	b ₂	R	r	L	l	h
Одиниця	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м
Значення	0,4	0,1	0,21	0,24	0,125	0,115	0,1	0,055	0,225	0,35	0,9

Процес запису осцилограми зусиль розпочинається коли скіп перебуває в скіповій ямі, в котрій рейковий шлях має більший кут нахилу, що пояснює і більшу величину зусилля (рисунок 3.5). Кінець запису осцилограми зусиль припадає на час, коли скіп вже перебуває на розвантажувальних кривих і відбувається його розвантаження. Згідно з осцилограмою максимальне значення зусилля виникає на початку руху скіпа, коли скіп має подолати сили опору спокою та динамічні сили, пов'язані з його розгоном, а також при заході скіпа на розвантажувальні криві. Проте через високу інерційність системи пишучого пристрою динамічна складова виражена дуже слабко. І в подальшому на осцилограмі проглядаються певні коливання зусиль натягу, що викликаються змінною величиною опору руху скіпа, оскільки якість рейкового шляху далека від ідеального стану і можливе затирання реборд ходових коліс об рейки.

Дослідження проводилося для декількох видів розвантажувальних кривих скіпового підйомника



б

Рисунок 3.5 Осцилограма зусиль в канаті при русі скіпа (а) вниз, (б) вгору

Технічна характеристика моделі скіпового підйомника і вихідні дані для розрахунку зусиль натягу в канатах зведені в підсумкову таблицю 3.2.

Визначення теоретичного зусилля натягу в канаті скіпового підйомника під час руху скіпа по похилому мосту:

$$S_H(p) = G \sin \alpha + G \cos \alpha \frac{f \times d + 2K}{D_k} c,$$

де G - вага скіпа, Н;

α – кут нахилу моста підйомника до горизонталі, град.;

d – діаметр цапфи вала ходових коліс скіпа;

f – коефіцієнт тертя для підшипників скіпа;

K – коефіцієнт тертя кочення, м;

c – коефіцієнт, що враховує тертя реборд ходових коліс скіпа об рейки.

$$S_H(p) = 45 \sin 48^\circ + 45 \cos 48^\circ \frac{0,015 \times 0,014 + 2 \times 0,0008}{0,05} 1,3 = 30 \text{ Н}$$

З осцилограми визначимо зусилля натягу каната при русі по похилому мосту:

$$S_{H \max} = 35 \text{ Н}; S_{H \text{ ср}} = 27 \text{ Н}; S_{H \min} = 18 \text{ Н}.$$

Таким чином, середньоарифметичне значення зусилля натягу в канаті

складає:

$$S_{H(\text{ср})} = 26,8 \text{ Н}.$$

Зусилля натягу в канаті аналітичним шляхом розраховано в розділі 2 та складає:

$$P_{\text{бп}} = 0,66Gc(1-2c) + 2g[(l_6 - l_{34})\sin\alpha - l_{56}] + 2gl_1\sin\alpha_1,$$

де $P_{\text{бп}}$ - статичне зусилля в канатах барабана при опусканні порожнього скіпа.

$$P_{\text{бп},2} = 0,66 \times 11 \times 0,94 + 2 \times 0,1427[(6,5 - 33)\sin 64^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1427 \sin 64^\circ = 27 \text{ Н};$$

$$P_{\text{бп},2} = 0,66 \times 11 \times 0,94 + 2 \times 0,1372[(6,5 - 33)\sin 66^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1372 \sin 66^\circ = 29 \text{ Н}.$$

З осцилограми визначимо зусилля натягу каната при русі по розвантажувальним кривим:

Визначимо похибку в розрахунках:

а) зусилля натягу в канатах при русі скіпа по похилому мосту:

$$\Delta_1 = \frac{(S_{H_{\max}} - S_{H_p})}{S_{H_{\max}}} 100\% = \frac{(30 - 26,8)}{30} 100\% = 10,6\%,$$

б) зусилля натягу в канатах при русі скіпа на розвантажувальному шляху:

$$\Delta_2 = \frac{(S_{P_e} - S_{P_p})}{S_{P_e}} 100\% = \frac{(29 - 27)}{29} 100\% = 6,9\%.$$

Результати дослідження при зміні зміні форми розвантажувальних кривих.

$$\Delta_3 = \frac{(S'_{P_e} - S'_{P_p})}{S'_{P_e}} 100\% = \frac{(32 - 29)}{32} 100\% = 9,3\%.$$

Використовуючи отримані дані зусиль зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 Підсумкові результати після обробки осцилограм

Позначення	Стандартні розвантажувальні криві	
	теоретичне	експериментальне
$S_{H(\max)}$, Н		35
$S_{H(\text{cp})}$, Н	30	26,8
$S_{H(\min)}$, Н		18
Δ (похибка)	10,6%	
Позначення	Розвантажувальні криві складної форми	
	теоретичне	експериментальне
S_p , Н	27	24
Δ (похибка)	6,9%	

Похибка дослідження викликана різними характеристиками тензодатчиків і великою чутливістю вимірювальної апаратури.

4. Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Окремі операції доменного процесу супроводжуються шкідливими виробничими факторами - виділенням великої кількості тепла, пилу і газів. До таких операцій відносяться: розбирання отворів чавунної і шлакової льоток (особливо припікання їх киснем), випуск шлаку і чавуну з доменної печі.

Джерелом інтенсивних теплових випромінювань є розплавлений чавун і шлак. Робочі ливарного двору періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях горнових в залежності від розмірів і температури джерел випромінювання та відстані становить від 0,01 до 5,6 - 7,0 кВт / м². При виконанні окремих операцій інтенсивність опромінення досягає 10,5 кВт/м² і більше. Температура повітря на багатьох робочих місцях, розташованих на ливарному дворі, в зимовий час коливається від мінус 3 до мінус 10 градусів. При виконанні виробничих операцій працюючі піддаються впливу різких температурних періодів (коливань) від 1,9 до 16,4 градусів. Несприятливі умови створюються також в літній час (теплий період року): середня температура повітря на більшості робочих місць коливається в межах 32,9 - 36,7 градусів (при допустимій 28⁰С для робіт середньої тяжкості), а в період після випуску металу вона ще підвищується на 0,1 - 9,4 градуса.

Випуск чавуну і шлаку з печі супроводжується також виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів і з'єднань оксиду вуглецю, сірчастого газу, різних вуглеводнів та ціаністих з'єднань. Джерелами виділення газів можуть бути також тріщини в кладці і кожусі доменної печі, нещільності з'єднань окремих елементів конструкцій.

Основну небезпеку становить оксид вуглецю CO - безбарвний газ ,який

немає запаху і не надає дратівливих впливів на органи чуття людини, що може викликати отруєння без будь-яких попередніх відчуттів. Значні перевищення концентрації оксиду вуглецю реєструються в повітряному середовищі у чавунних льоток, фурмених приладів, в кінці ливарного двору під час зливу чавуну та шлаку. Потрапляючи до організму людини через легені, CO порушує нормальні процеси газового обміну і окислення в організмі, що призводить до тяжких наслідків (отруєнь).

Спостерігається також забруднення повітряного середовища робочих місць сірчистим ангідридом, хоча і в концентраціях в більшості випадків, не перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК=10мг/м³). У загальному обсязі газовиділень частка інших газів є незначною і вони, як правило, надають періодичні впливи.

Шкідливим фактором є наявність високих концентрацій пилу в повітрі робочої зони при випуску чавуну і шлаку. Пил осідає в легенях і з часом приводить до важких форм захворювань. Максимальне пиловиділення спостерігаються біля головного жолоба під час випуску чавуну. У зоні ковша, що заповнюється чавуном, утворюється хмара пилу, яка складається в основному з графіту дрібних фракцій. Концентрація пилу в цій зоні при випуску значна. Також найбільш високі концентрації пилу спостерігаються у бункерів агломерату, в скіповій ямі і при відсіву агломерату.

До шкідливих виробничих факторів відносяться також підвищені рівні шуму, вібрації при проведенні деяких операцій. Виробничий персонал, що знаходиться на різних ділянках ливарного двору періодично піддається впливу широкосмугового шуму інтенсивністю 86 - 106 дБ. Високий рівень шуму спостерігається при роботі аераторів і при обдуванні майданчиків стисненим повітрям (особливо на високих частотах). Посередині ливарного двору рівень шуму досягає близько 92 дБ.

У таблиці 4.1 наведено характеристику фактичного стану умов праці на робочих місцях доменного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ".

Таблиця 4.1. Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу. Робоче місце - ливарний двір (професія-черговий слюсар-механік).

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач.	Факт. знач.	III клас – шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час тривалості фактора за зміну, %
				Іст.	IIст.	IIIст.	
1	Шкідливі хім. речовини, мг / м ³ I клас безпеки марганцю оксид	0,3	1,28			4,26р	80
	II клас безпеки азоту діоксид	2,0	2,6	1,3р.		.	
	III клас безпеки ангідрид сірчаний	10,0	16,8	1,68р.			80
	монооксид вуглецю	20,0	23,5	1,18р.			80
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг / м ³	4	18,5		4,63 р.		80
4	Шум, дБА	80	95			15	80
8	Мікроклімат в приміщенні, теплий період, середня тяжкість праці; 2, б: - температура, °C - швидкість руху повітря, м / с - відносна вологість, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,2- 0,6 55 140	31 0,45 41 1435	- - -	5 1295		80
10	Тяжкість і напруженість праці	Середня 2,б; помірна напруженість					

На робочому місці чергового слюсаря -механіка діють 4 фактори 1 ступеня, 3 фактори 11 ступеня та 1 фактор 111 ступеня.

1 Гігієнічна оцінка умов праці

Умови і характер праці відносяться до 111 класу 3 ступеня.

2 Оцінка технічного і організаційного рівня.

Робоче місце відповідає технологічній документації та проекту організації робіт.

3 Атестація робочого місця.

Робоче місце відноситься до особливо шкідливих, що відповідає списку №1

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Згідно з картою умов праці на ливарному дворі (для професії- черговий слюсар-механік) мають місце такі шкідливі фактори: хімічні речовини, пил, шум, підвищена температура повітря, інфрачервоне випромінювання. З метою запобігання небезпечних і шкідливих факторів на ливарному дворі доменного цеху розробляються такі заходи.

Для захисту від пиловидалень поблизу печі встановлена витяжна вентиляція, за допомогою якої видаляються запилені гази. Для запобігання виділенню запилених газів в простір ливарного двору головний жолоб від льотки до скимерів на період випуску чавуну накривається знімними укриттями. В кінці головного жолоба на скимері відбувається розподіл чавуну і шлаку. Гази, що утворилися при цьому, відбираються в районі скимерів.

Жолоби, що гойдаються, для чавуну і шлаку укріті рухливими кришками. Витяжка від жолобів проводиться двома збірними отворами, виконаними в стінках отвору.

Крім того планується впровадження наступних заходів:

1. Закінчити будівельну частину фільтрувальної станції операційної системи уловлювання та очищення газів при виплавці продуктів плавки, доменних печей (зменшення кількості пилу і газів).

2. Виключити поставку агломерату з вмістом дрібної фракції 0-5мм.

(Призначення: зменшення кількості пилу).

3 Зробити укриття жолобів на розливних машинах і підключити систему аспірації до фільтрованої станції з уловлювання та очищення газів.

(Призначення: зменшення кількості пилу і газів).

4 Зробити аспіраційну установку для обривкової ями чавуновозів (призначення: зменшення кількості пилу).

5 Провести реконструкцію системи аспірації галереї підбункерних приміщень, скіпових ям і підключити її до фільтрувальної станції з уловлювання та очищення газів (призначення: зменшити кількість пилу).

Для прибирання колошникового пилу в доменному цеху передбачено спеціальні залізничні колії, які прокладені під сухими пиловловлювачами. Випуск пилу з пиловловлювачів в вагони проводиться за певним графіком. Для випуску пилу широко застосовують шнекові пристрої. Під нижньою горловиною пиловловлювача встановлений відсічний тарілчастий клапан, нижче клапана встановлені два горизонтально розташованих шнека, які укладені в закритий корпус. При відкриванні клапана пил зсипається з пиловловлювача на шнеки, які переміщують її до вивантажувального отвору, розташованого над вагоном. При русі пил зволожується за допомогою декількох форсунок, розміщених в корпусі пристрою. Продуктивність пристрою 100м³ пилу в годину. Колошниковий пил в вагонах транспортують на агломераційну фабрику і використовують як добавку до шихти при агломерації.

Для видалення пилу ливарного двору застосовуються аспіраційна установка АС-1, що складається з пиле відбійного короба, газоходу, димососа Д-20, зволожувача пилу. Контроль подачі води від зволожувача пилу надходить по похилому жолобу в яму. Контроль подачі води та чистка отворів зволожувача здійснюється постійно при профілактичних оглядах і ремонтах. Дана установка сприяє безпечній роботі персоналу під час випуску чавуну, ремонтних роботах та оглядах обладнання.

У сучасних доменних печах питомий вихід доменного газу становить 180-200м³ / м³ корисного об'єму в годину, надлишковий тиск газу на колошнику 0,1-0,25МПа, температура 120-450°С, вміст пилу в газі становить 10-30г/м³ і парів води 90-100г / м³.перед подачею в пальники для запобігання виходу з ладу (засмічення і ін.) вміст пилу в газі повинно бути більше 5 мг/м³, в зв'язку з чим потрібне обов'язкове газоочищення.

Захист від інфрачервоного випромінювання досягається захистом часом, відстанню, теплоізоляцією гарячих поверхонь, екрануванням джерел випромінювання і робочих місць, повітряним душуванням. Для захисту горнового і чергового слюсаря від випромінювання пропонується екранування робочого місця рухомим тепло відбійним екраном. Він не тільки захищає від теплових випромінювань, але і оберігає персонал від іскор і виплесків розплавленого металу і шлаку. Захист від шуму забезпечується вже на стадії проектування технологічних процесів і машин. Передбачається зменшення шуму в джерелі виникнення; зниження шуму на шляхах його поширення; вдосконалення технологічних процесів і машин; акустична обробка приміщень. З метою зниження впливу шуму на горнового пропонується індивідуальні засоби захисту (беруші),а для оператора печі звукоізоляція пульта управління.

4.3 Виробнича санітарія

Відповідно до санітарних вимог доменний цех розташовано з підвітряного боку по відношенню до цехів з меншою кількістю шкідливих виділень, а також щодо населених пунктів. Крім того, між цехом і житловим районом встановлюється санітарно - захисна зона, ширина якої повинна бути не менше 1000 м, тому що «Запоріжсталь» відноситься до I класу шкідливих підприємств. Встановлюється допустимий обсяг виробничого приміщення на кожного працюючого - не менше 15м³, а площа - не менше 4,5 м². Розміри приміщення ливарного двору відповідають санітарним

вимогам: висота будівлі не менше 3,2 м; висота галерей і естакад - не менше 2м при регулярному проході працюючих і не менше 1,9 м при нерегулярному проході, ширину - не менше 1,5 м зі збільшенням на 0,5 м на кожні 200 чоловік понад 400. Всі майданчики на висоті 0,6 м і більше від підлоги, сходи, перехідні містки, отвори, люки, канави та ін. захищаються поручнями висотою не менше 1,0 м із суцільним обшивкою по низу на висоту 0,14 м. Сходи мають ухил не більше 40 °.

Мікроклімат

Виходячи з категорій виконуваних робіт по тяжкості, характеристики виробничих приміщень по надлишкам явного тепла, з урахуванням періодів року (теплий, холодний), встановлюються параметри повітряного середовища для робочої зони ливарного двору. Дані зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 4.2 Значення допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні ливарного двору.

Період року	Категорія	Період року (теплий, холодний)			Температура повітря для постійних робочих місць, °С
		На постійних робочих місцях			
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середня тяж. 2,б	15-21	Не більш 75	Не більш 0,4	13-23
Теплий		16 – 27	Не більш 70 при 25°С	0,2-0,5	15-29

Велика швидкість руху повітря в теплий період року відповідає максимальній різниці температур робочої зони і зовнішньої, менша - мінімальній різниці температур. В цеху використовують витягну і припливну

механічну вентиляцію, а в деяких випадках аерацію тобто організований регульований природний повітрообмін.

Освітлення виробничих приміщень

Освітлення в проекті передбачається природне з огляду на його високу біологічну і гігієнічну цінність. Для цього конструктивні рішення будівлі цеху виконуються з урахуванням вимог ДБН В 2.2.5-28-2006. Природне освітлення поверхні на відкритих майданчиках створюється прямим сонячним світлом і дифузійним світлом небосхилу. Основний показник - коефіцієнт природної освітленості (КПО). Це - відношення природної освітленості, яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба безпосередньо або після відбивання (E_v), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості створюваної світлом повністю відкритого небосхилу (E_n):

$$e = E_v / E_n * 100, \%$$

Значення визначаємо за довідковими таблицями - $e = 2,7\%$ для розряду зорової роботи - VII.

Нормоване значення КПО з урахуванням характеру здорової роботи і світлового клімату в районі розташування виробничого приміщення:

$$e_n = e * m * c ,$$

де, e - значення КПО для 111 світловій зони;

m - коефіцієнт світлового клімату.

Приймаємо для Запоріжжя (4 зона) $m = 0,9$;

$c = 0,8$ - коефіцієнт сонячності клімату,

тоді маємо

$$e_n = 0,027 * 0,9 * 0,8 = 0,019 = 1,9\%$$

Для створення сприятливих умов праці важливо мати раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і захворювання очей, а також може стати

причиною нещасних випадків. Штучне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. На ливарному дворі використовують лампи типу ДРЛ, ДРІ, потужністю до 1000 Вт та енергозберігаючі LED, 100Вт. В якості світильників прийняті пристрої типу «Астра» та розсіяного світла.

4.4 Заходи пожежної та техногенної безпеки

Імовірність аварій і пожеж, засоби попередження і локалізації.

Виробництва згідно небезпек підрозділяються на вибухові, вибухопожежні та пожежні категорії (Табл.4.3).

У доменному виробництві питання забезпечення пожежної безпеки мають особливе значення, оскільки доменна піч є одним з основних агрегатів і розлад ходу доменних печей відіб'ється на всіх наступних переділах.

Таблиця 4.3 Вибухо і пожежонебезпека виробничих приміщень

Характеристика виробництва	Категорії виробництва	Характеристика відображаючих у виробництві речовин
Вибухопожежонебезпечні	А	Горючі газы, нижня межа вибуховості яких 10% і менше до об'єму повітря, рідини з температурою спалаху парів 2 \$ 3 'включно за умови. що зазначені тазы і рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в
	Б	Горючі газы, нижня межа вибуховості яких понад 80% обсягу повітря, рідини з температурою спалаху парів вище 28С ° до 60 С ° включно, рідин нагрітих в умовах виробництва до температури спалаху і вище, горючі пил і волокна, нижня межа
Пожежонебезпечні	В	Рідини з температурою спалаху парів вище 60 С°, горючі пил або волокна нижня межа вибуховості яких понад 65г / м3 до об'єму повітря; речовини, здатні тільки

Характеристика виробництва	Категорії виробництва	Характеристика відображаючих у виробництві речовин
	Г	Нагріваються речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес оброблення яких супроводжується виділенням
	Д	Вогнетривкі речовини і матеріали в холодному стані

Причина виникнення пожежі різноманітні: недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, пристроїв комунікацій, дефекти обладнання, порушення режимів технологічних процесів, неправильне проведення робіт, необережність і недбалість персоналу. Одним з джерел утворення вибухонебезпечних сумішей є міжконусний простір доменної печі. Для попередження вибуху в цю зону подають пар або інертний газ, який блокується з завантажувальним пристроєм. Без подачі пари або газу в міжконусний простір механізм завантаження не працює.

Щоб уникнути загоряння в цеху необхідно, перш ніж вдувати в доменну піч пилоподібне паливо або мазут, необхідно переконатися в справності запірної апаратури і контрольно - вимірювальних приладів. Горючі гази, що знаходяться в трубопроводах і обладнанні, створюють вибухові і пожежні небезпечні ділянки в доменному цеху. До найбільш ймовірних місць загоряння газу - нещільність в з'єднаннях, що пропускають газ; погано провітрювані приміщення, де знаходиться апаратура під тиском; подача пального газу по трубам. При попаданні до них повітря (через зниження тиску або припинення подачі газу) утворюється вибухонебезпечна суміш.

Небезпеку, в плані займання, представляють також ділянки шихто подачі. Кокс є горючою речовиною, тому підбункерне приміщення є пожежно-небезпечним. Кокс, агломерат, шихта і інші матеріали, що застосовуються для виплавки чавуну, транспортуються за допомогою транспортних стрічок. Щоб уникнути загоряння транспортних стрічок не допускається приймати неохолоджені шихтові матеріали з температурою вище 100°C (навіть незначне вогнище у замкнутому просторі галереї дуже швидко розвивається до розмірів великої пожежі).

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях забороняється: користуватися факелом відкритого вогню для відігрівання газопроводу і запірної арматури, а також для визначення місця витoku газу; застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів і отворів на газопроводах; витратити газ в разі падіння його тиску в газопроводі нижче 500 Па; складати поблизу газопроводу горючі матеріали; підпалювати газ, що виходить під час продування газопроводу.

Ковші для металу і шлаку повинні подаватися тільки сухими. Щоб уникнути виплесків металу і шлаку ковші не доливають до верхньої кромки на відстань, вказану в цеховій інструкції. Електричне кабельне господарство повинно бути надійно захищено від попадання розплавленого металу і шлаку. З цією метою його розташовують в спеціальних приміщеннях: електричній підстанції, в кабельних підвалах, тунелях, галереях. Небезпеку становлять також розподільні щити та щити управління.

На відміну від інших металургійних агрегатів в доменних печах як паливо можна використовувати вугільний пил. Установки для вдування вугільного пилу вибухонебезпечні; таку ж небезпеку становлять відділення млинів (кульових), де виготовляють пил, а також розподільчі - дозувальні пристрої.

Для створення діючої системи протипожежного захисту виробничих будівель і споруд, в першу чергу, необхідно визначити категорії приміщень по вибух пожежної відповідно до ДБН В 1.1 - 7.2002.

Визначення категорій на стадії проектування здійснюється розробником технологічного процесу. Для діючих підприємств категорії небезпеки можуть визначатися технологами цих підприємств або організаціями, що мають відповідних фахівців та дозвіл (ліцензію) на такий вид діяльності.

Доменний цех (ливарний двір) відноситься до категорії Г пожежної небезпеки - негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Так в процесі виплавки чавуну виділяється доменний газ, що в подальшому (після очищення) використовується як паливо. Чавун і шлаки знаходяться в розплавленому (гарячому) стані всередині доменної печі.

Бункерні естакади і підбункерне приміщення відносяться по пожежній небезпеці до категорії В, вибухе пожежної зони П -ІІ. Пальним середовищем є такі матеріали, як кокс, що входить до складу шихти.

Ступінь вогнестійкості промислових споруд залежить від ступеня займистості і меж вогнестійкості його основних конструкцій. Залежно від категорії пожежної небезпеки процесу вибирають ступінь вогнестійкості будівлі, площа поверхні між протипожежними стінами і число опорних колон. Таким чином категорія пожежної небезпеки приміщення ливарного двору - Г, ступінь вогнестійкості будівлі ІІ с мінімальною межею вогнестійкості основних конструкцій 2 години.

Протипожежна служба на об'єктах доменного цеху і в тому числі на електроустановках здійснюється як підрозділами пожежної охорони, так і з залученням робітників та інженерно - технічних працівників цеху. Норми первинних засобів пожежогасіння в доменному виробництві на одну домну

передбачають: один пінний вогнегасник, шість вуглекислотних вогнегасників ВВ- 5 або ВР -8, чотири ящики з піском.

Застосовують в цеху також автоматичні повітряно - пінні установки для гасіння пожеж в початковій стадії. Їх використовують в підбункерному приміщенні для гасіння коксу, в разі його запалення.

Заходи, спрямовані на ліквідацію надзвичайних ситуацій

Види аварійних ситуацій, на які складаються плани ліквідації аварій

Оперативною частиною плану ліквідації аварій (ПЛА) повинні охоплювати всі види можливих аварій.

При залишенні ПЛА так само враховується порушення нормальних виробничих умов і режимів роботи, відключення електроенергії, припинення роботи вентиляції, вимикання освітлення, припинення подачі сировини, палива, газу, води, пара, порушення технологічного процесу або режиму роботи агрегатів, апаратів, пилоочисного і газових установок, комунікацій, загоряння від газових розривів і вторинних напрямків блискавок, які можуть привести до аварії.

До аварійних ситуацій в доменому цеху можливо віднести : прогар чавуну, шахти заплічок доменної печі, холодильників, чавунної льотки і горна, прориву рідкого чавуну, наявність хімічно агресивних і вибухонебезпечних речовин, розриви і пожежі на газопроводах доменного і коксового газу.

В одну позицію плану може включатися один або кілька виробничих місць, якщо заходи з порятунку людей з місць однакові.

Допускають об'єднання в одну позицію можливих випадків вибуху і пожежі. При цьому для зазначених аварій необхідно передбачити окремі заходи.

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварій повинні розроблятися з урахуванням взаємозв'язку з комунікацій і взаємного розташування

виробництв, цехів, відділень, установок і інших об'єктів.

В оперативній частині ПЛА повинні бути передбачені:

а) заходи з порятунку людей і ліквідації аварій, конкретно по кожному передбаченому нагоди аварій;

б) особи, відповідальні за виконання передбачених заходів та контроль за виконавцями;

в) дії газорятувального підрозділи і пожежної частини в початковий момент з порятунку людей і ліквідації аварій;

г) місця знаходження коштів для і ліквідації аварій.

Розглянемо заходи, спрямовані на ліквідацію розриву газопроводу (Табл.4.5).

Таблиця 4.5 - Заходи з ліквідації аварії при пошкодженні газопроводу в будівлі повітря нагрівачів доменної печі

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії	Особи відповідальні за виконання	Дії газорятувального підрозділи і пожежників	Місця знаходження засобів порятунку людей
1	2	3	4
1. По гучному зв'язку попередити всіх про аварію, а при його пошкодженні окриком	Газовщик або хто перший помітив аварію	Обстежити місце аварії і надати допомогу постраждалим	Газозахисна апаратура знаходиться в газовій будці
2. Видалити усіх людей із загазованої зони	Начальник зміни, майстер печі і старший газівник	Майстер доменної печі зобов'язаний вивести людей з робочих місць в безпечне місце	Відкрита територія біля цеху
3. Виставити попереджувальні знаки або людей для обмеження загазованої зони	Майстер, бригадир	Не допускати людей в небезпечну зону	

1	2	3	4
4.Визвати рятувальників, працівників медпункту і пожежну частину	Майстер доменної печі	При необхідності надавати допомогу	
5. Припинити транспортування продуктів плавки і обробку шлаку	Майстер доменної печі, диспетчер цеху	Забезпечувати контроль	
6.Зняти повітронагрівачі з режиму "нагрів"	Старший газовик, газівник	Не допускати порушень	
7.Повідомити про аварію начальника цеху або його заступників	Бути на зв'язку		

4.5 Засоби індивідуального захисту

Для захисту від впливу шкідливих факторів в ливарному дворі широко використовуються індивідуальні та колективні засоби захисту (ЗІЗ, КСЗ). До ЗІЗ відноситься спеціальний одяг і взуття, каски, шоломи, світлофільтри. КСЗ включають витяжну механічну вентиляцію, аерацію при сприятливих умовах і якщо забруднення викидів не перевищують допустимих нормативів, аспірацію жолобів для чавуну і шлаку. Більш детально засоби захисту представлені в табл.4.6.

Таблиця 4.6 - Технічні заходи захисту виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий чинник виробничого середовища	Захисне обладнання	Тип пристроїв	Параметр и пристроїв	Місце встановлення
1	Пил	Витяжна вентиляція	КЗЗ	-	В місцях забруднених пилом
2	Пил	Респіратор	Росток	До 20мг/м ³	Індивідуально
3	Шум	Навушники протишумові, беруші	Одноразові	до 110дБА	Індивідуально
4	Температура в холод. період року.	Утеплена куртка, ватні штани, костюм з х/б тканини, ботинки	Ти, Тп	До(-20 °С)	Індивідуально
	Теплий період року	Костюм із х/б тканини, ботинки	Тм	До(+40°С)	
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й для пилу+ костюм х/б, рукавиці	Пм	До30 мг/м ³	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту (НПАОП 27.0-3.01-08). При відсутності засобів захисту від шкідливостей можливе виникнення окремих ознак профзахворювань органів дихання, слуху, кровообігу (силікоз, глухота, знижений або підвищений тиск, «варікоз»), а також призводять до зростання патологій з короткочасною втратою працездатності.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено огляд доменного виробництва на металургійних підприємствах України та аналіз обладнання типової доменної печі. Встановлено, що завантаження доменних печей металургійного комбінату «Запоріжсталь» здійснюється скіповими підйомниками, що мають недоліки в роботі.

Детально описані вузли скіпового підйомника. Визначень, що недоліки обладнання скіпового підйомника проявляються в період несприятливих умов експлуатації, а саме в зимовий період та при забрудненні рейкового шляху. Зазначені недоліки що призводить до аварійної зупинки скіпа на розвантажувальній ділянці.

Проведено розрахунки навантажень на вузли скіпового підйомника. Проведено експериментальні дослідження в лабораторії кафедри металургійного обладнання Інженерного навчально наукового інституту ЗНУ, на моделі скіпового підйомника, з використанням сучасного вимірювально-обчислювального модуля МІС-018-3. Роботою вимірювального модуля управляє контролер, підключений до зовнішньої ПЕОМ у вигляді цифрового інтерфейсу.

Дослідження показали, що відносне зусилля натягу каната скіпового підйомника змінюється від 0,66G до 0,58G. При цьому, на прямолінійних кривих зусилля має нерівномірний характер та в серединному положенні має зниження, з подальшим збільшенням. Ці коливання зусилля негативно впливають на роботу механізмів скіпового підйомника. В свою чергу, при криволінійній формі розвантажувальних кривих відносне зусилля натягу поступово зменшується до сталої величини, що позитивно впливає на роботу механізмів скіпового підйомника.

Таким чином, запропонована нова конструкція розвантажувальної ділянки похилого мосту скіпового підйомника дозволяє збільшити його працездатність.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, такі як шум, пил, робочі механізми й надані методи захисту від них.

Представлені в роботі дослідження можуть бути використані у доменному цеху ПАТ «Запоріжсталь» на агрегатах скіпового підйомника або на підприємствах металургійної промисловості, що мають аналогічне устаткування або проектують обладнання скіпових підйомників.

Література

1. Ширенко Н.С. Механическое оборудование доменных цехов. М.: ГНТИЛ по черной и цветной металлургии, 1963. -517с.
2. Левин М.В. Механическое оборудование доменных цехов. К.: Вища школа, 1985. -176 с.
3. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1983. -336 с.
4. Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. Машины и агрегаты доменных цехов. Том 1. М.: Металлургия, 1987. - 440 с.
5. Касаткин Н.Л. Ремонт и монтаж металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1970.-312 с.
6. Свистунов Е.А., Чиченев Н.А. Расчет деталей и узлов металлургических машин. Справочник. М.: Металлургия, 1985. -184с.
7. Цеков В.И. Ремонт деталей металлургических машин. Справочник. М.: Металлургия, 1987.-320с.
8. Кружков В.А., Чиченев Н.А. Ремонт и монтаж металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1985.-320с.
9. Гребенник В.М., Сторжик Д.А. и др. Механическое оборудование фабрик окускования и доменных цехов. К.: Выща школа, 1985 - 312 с.
10. Притыкин Д.П. Надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1985.-368с.
11. Ю.Мягков В.Д., Полей М.А., Романов А.Б. и др. Допуски и посадки. Справочник. ч.2 Л. М.: Металлургия, 1983.-468с.
12. П.Гребеник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования. Оценка эксплуатационной надежности и долговечности. Справочник. М.: Металлургия, 1989.-590с.
13. Притыкин Д.П. Надежность, ремонт и монтаж металлургической оборудования. - М.: Металлургия, 1985. 312 с.

14. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов НМ.: Наука, 1986. - 512 с.
15. Писаренко Г. С., Агарев В.А. и др. Сопротивление материалов. Киев: Вища школа, 1986. – 195 с.
16. Дунаев П. Ф., Леликов О. П., Конструирование узлов и деталей машин. – Учебное пособие для вузов. Москва. «Машиностроение», 1989 - 220с.
17. Филатов А. С. Электропривод станов горячей прокатки. – Москва. «Металлургия», 1973г. - 375с.
18. Справочник по концентрации напряжений. Г. Н. Савин, В. И. Тульчий. Издательское объединение «Школа», 1976 - 412 с.
19. Решетов Д. Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989 - 496 с.
20. Иосилевич Г. Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
21. Гребеник В.М., Арист Л.М., Городецкий А. Н. Механизация работ в черной металлургии. Механизация работ в агломерационном и доменном производствах: Учебн. Пособие для вузов. – Киев: Выща школа, 1984. – 272с.
22. Гуревич Д.Ф., Воловик А.В. Арматура трубопроводов металлургических производств: Справочник. – М.: Металлургия, 1984. – 320с.
23. Доменное оборудование: Отраслевой каталог. 18-1-87/ Сост. И.М. Елинсон. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1987. – 157с.
24. Жук А.Я., Желябіна Н.К. Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів: Навчальний посібник./ Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1998. – 210с.

25. Жук А.Я., Желябіна Н.К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник./ Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1996. – 145с.
26. Жук А.Я. Механическое оборудование цехов металлургического передела. – Запорожье: Изд-во ЗГИА, 2003.- 196с.
27. Жук А.Я., Желябина Н.К. Теория и практика приводов. В 3-х книгах. Книга 1. Электромеханический привод. Учебное пособие./ Запорожье, Издательство ЗГИА, 2001. – 398с.
28. Иванченко Ф.К. Механика приводов технологических машин. – Киев: Выща школа, 1986. –151с.
29. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Выща школа. В 2-х ч. – Ч. 1, 1987. – 136с., Ч.2.,1988. – 142с.
30. Кобевник В.Ф. Охрана труда. – К.: Выща школа, 1990. – 265с.
31. Левин М.З., Седуш В.Я. Механическое оборудование сталеплавильных цехов: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев-Донецк: Выща школа, 1985. – 165с.
32. Левин М.З., Седуш В.Я. Механическое оборудование доменных цехов. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев-Донецк: Выща школа, 1978. – 175с.
33. Марочник сталей и сплавов /Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640с.
34. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование фабрик окускования и доменных цехов: Учеб. для вузов/ В.М. Гребеник, Д.А. Сторожик, Л.А. Демьянец и др. – Киев: Выща школа. 1985. – 312с.
35. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие/ Под ред. П.Н. Учаева – М.: Машиностроение, 1988 - 560с.

36. Павлице В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк. 1993 – 259с.
37. Потапов В.С., Ульяницкий В. Н. Использование стандартных элементов при конструировании механического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Киев: УМК ВО, 1992. – 224с.
38. Приводы машин. Справочник/ Под ред. В.В. Длоугого. – Л.: Машиностроение, 1982.– 383с.
39. Свистунов Е.А., Чиченев Н.А. Расчет деталей и узлов металлургических машин. Справочник/ Под ред. П.И. Полухина. – М.: Металлургия, 1985. – 184с.
40. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П. Основы наукових досліджень. Книга 2. Експериментальні дослідження: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗДІА, 2008. – 205 с.

ДОДАТКИ

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Креслення загального виду	1	A1
2	Складальні креслення	3	A1
3	Деталювання	1	A1
4	Плакати дослідницької частини	1	A1