

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

ФАКУЛЬТЕТ _____ МЕТАЛУРГІЙНИЙ _____
(назва)

КАФЕДРА _____ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ _____
(назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Дослідження на фізичній моделі пристрою завантаження доменної печі

Спеціальність _____ «Металургійне обладнання» 8.05050311 _____
(найменування)

Виконавець _____ Борошок І.Р. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Шевченко І.А., доц. к.т.н. _____
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Розглянуто на засідання кафедри

_____ (найменування кафедри)

Рекомендовано до захисту в ДЕК

Протокол № 8 від 18 грудня 2015р.

Завідувач кафедри

_____ Малишев Г.П. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Запоріжжя
2015р.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з листів графічної частини формату А1 - 10 шт, та формату А2 - 2 шт, пояснювальна записка складається з сторінок комп'ютерного набору стр., яка містить 69 рис., 18 таблиць, 7 додатків, бібліографічний список містить 17 найменувань.

Метою дослідницької роботи є дослідження на фізичній моделі пристроїв завантаження доменної печі.

В технологічній частині приведено опис підприємства ВАТ «Запоріжсталь», вантажопотоки доменного цеху, технологія виробництва чавуну, характеристика обладнання та «вузькі місця» доменного цеху.

В дослідницькій частині були проведені дослідження моментів опору воронки розподільника шихти, досліджені зусилля натягу канатів скіпового підйомника на фізичній моделі доменної печі. Визначена функціональна залежність руху скіпа по розвантажувальній кривій.

В прикладній частині опис завантажувальних пристроїв доменної печі (скіпа, конусних завантажувальних пристроїв, розподільник шихти), також розрахунок енергосилових параметрів розподільника шихти, вибір електродвигуна, редуктора, гальма, муфти. Розраховано зусилля в кінці зачеплення, розрахунок швидкісного вала кутового редуктора, геометричний розрахунок зубчастої передачі механізму обертання воронки.

В електричній частині приведено опис роботи скіпового підйомника та вимоги до його електроприводів, перевірка потужності електродвигуна моделі скіпової лебідки.

В організаційній частині розроблено мережевий графік ремонту устаткування доменної печі, графік ППР, оплата праці.

В техніко-економічному обґрунтуванні проведено розрахунки та обґрунтування доцільності запропонованого дослідження в умовах доменного цеху «Запоріжсталі».

В розділі охорона праці та техногенна безпека, характеристика потенційно небезпечних факторів, техногенна безпека, дослідження засобів захисту від ураження струмом блокування, занулення, заземлення фізичної моделі доменної печі та його розрахунок.

ДОМЕННА ПІЧ, ШИХТА, РОЗПОДІЛЬНИК ШИХТИ, ЗАСИПНИЙ АПАРАТ, ШВИДКОХІДНИЙ ВАЛ, КУТОВИЙ РЕДУКТОР, КОНУСНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ.

Вступ

Підвищення вимог до якості чавуну, викликані економічними та екологічними умовами, вимагають збільшення ефективності доменної плавки. Однією з головних завдань вдосконалення процесів доменної плавки є зменшення витрати коксу - основного енергоносія, що може бути досягнуто удосконаленням технології плавки.

Металургійний комплекс сьогодні грає визначальну роль у формуванні макроекономічних показників всієї країни. Підприємства комплексу виробляють 30% промислової продукції України, забезпечують більше чверті всього ВВП країни, приносять більше 40% загальноукраїнського обсягу валютної виручки.

Розвиток металургії передбачає технічне переозброєння, зменшення енергоємності виробництва, реконструкцію та автоматизацію діючих агрегатів з метою підвищення продуктивності і поліпшення умов праці. Вартість і якість металургійної продукції значною мірою визначаються удосконаленням технології доменного виробництва - безперервного і найбільш енергоємного технологічного процесу в галузі. Одним із шляхів підвищення ефективності виплавки чавуну є поліпшення розподілу шихти і газів шляхом застосування завантажувальних пристроїв з розподільниками, розташованими над поверхнею насипу.

Доменна піч є одним з найбільш ефективних ресурсозберігаючих агрегатів; коефіцієнт вилучення заліза для чавуну складає 99.5-99.8%. Доменна піч займає головне положення в структурі металургійного підприємства. Якість виробленого в доменній печі чавуну визначає параметри подальшого сталеплавильного переділу, доменний газ служить основою енергетичного господарства підприємства, в доменній печі утилізується (через агломераційне виробництво) більшість своїх відходів металургійного виробництва. Доменне виробництво є практично безвідходним, т. к. доменний шлак являє собою самостійну готову продукцію, що користується попитом не меншим, ніж чавун,

а доменні шлами і пилу є постійними компонентами шихти агломераційного процесу.

Металургія чавуну в даний час досягла високого рівня розвитку, котрий дозволяє, використовуючи специфічні закономірності і методики, якісно і кількісно описувати технологічні процеси в доменній печі, визначати показники плавки, розраховувати агрегати, визначати напрями вдосконалення доменного процесу і вести розробку принципово нових методів виробництва чавуну.

2.1 Призначення та конструкція моделі засипного пристрою доменної печі.

Діюча модель засипного пристрою доменної печі виконана в 1/10 натуральної величини й призначена для проведення лабораторних робіт і досліджень натягів канатів скіпового підйомник, моментів опору обертання воронки розподільника шихти, тисків на конуси засипного пристрою доменної печі в процесі витікання шихтових матеріалів, зусиль у канатах балансирного пристрою.

Модель засипного пристрою доменної печі складається з:

- а) скіпового підйомника,
- б) прийомної воронки,
- в) розподільника шихти,
- г) малого конуса,
- д) великого конуса,
- е) балансирного пристрою,
- ж) електроприводів,
- з) пульта керування механізмами.

Фотографії загального вигляду моделі засипного пристрою доменної печі подано на рисунку 2.1 – 2.6.

Скіпової підйомник призначений для подачі шихтових матеріалів на колошник і складається з похилого мосту розвантажувальних шляхів, головних і напрямних шківів для канатів, двох скіпів і однобарабанної лебідки.

Прийомна воронка складається із щита й нижньої напрямної частини, яка має прямокутний перетин угорі й кругле внизу. Діаметр нижньої частини прийомної воронки трохи менше діаметра верху обертової воронки розподільника шихти. Кут нахилу утворюючої нижньої частини воронки близький 45-50°.



Рисунок 2.1 - Фотография загального вигляду моделі засипного пристрою доменної печі.

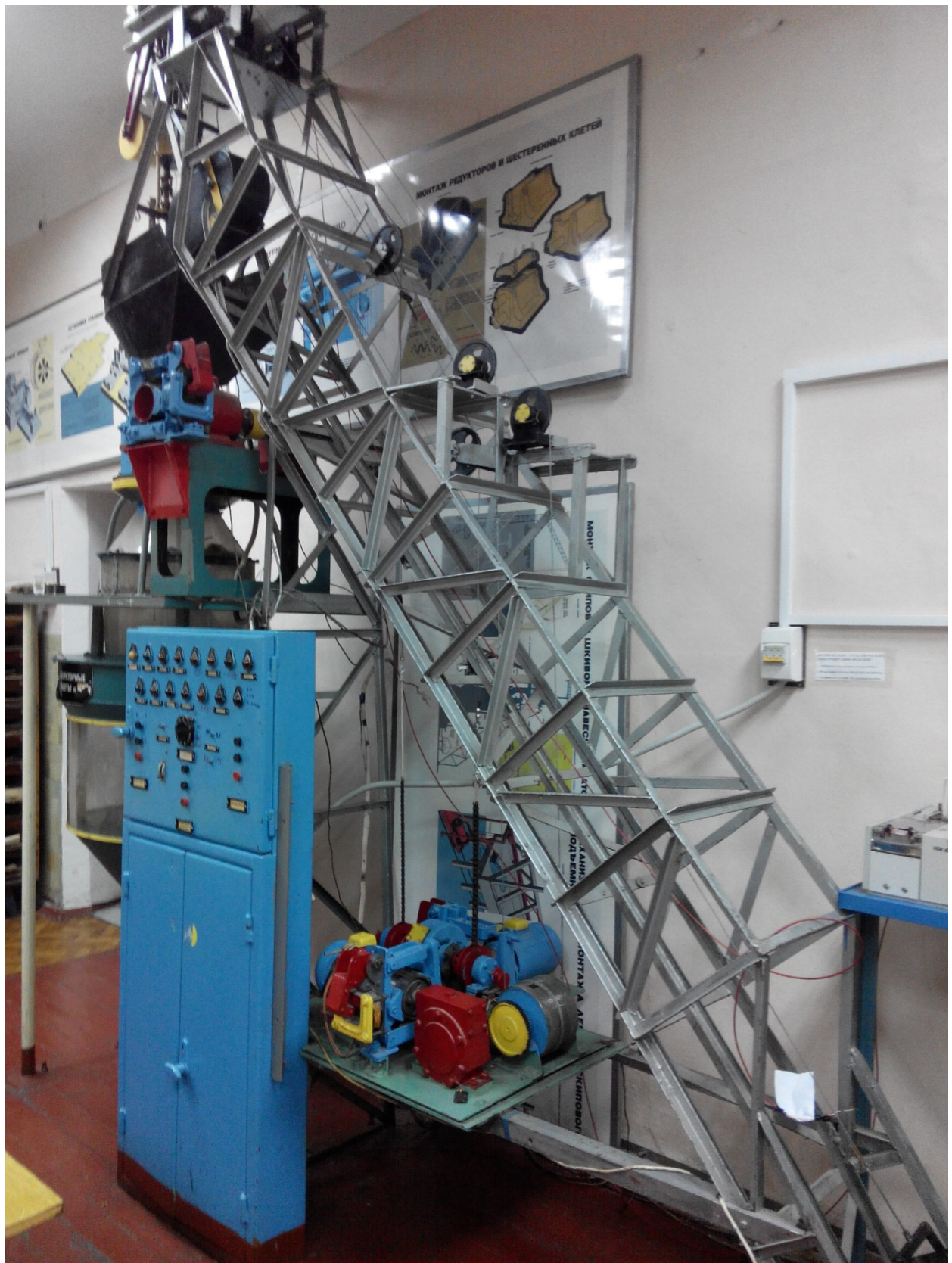


Рисунок 2.2 - Фотографія загального вигляду моделі засипного пристрою доменної печі.

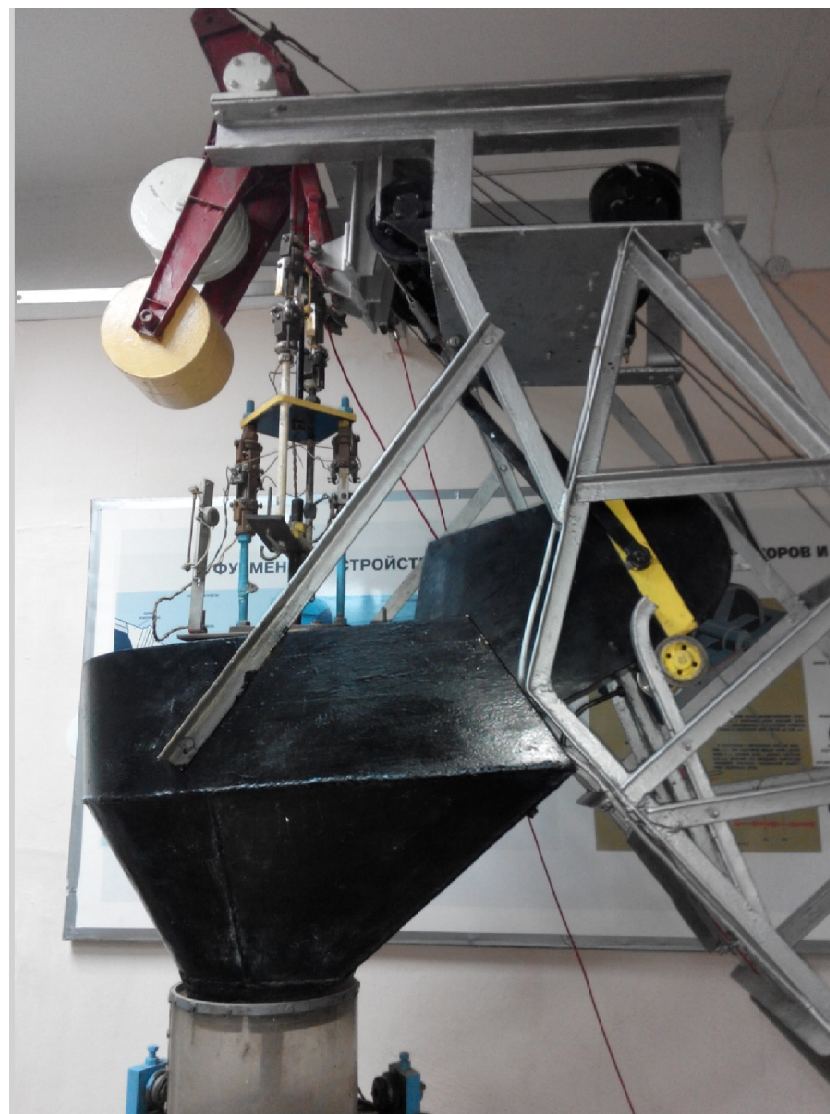


Рисунок 2.3 - Фотографія скіпа в двох положеннях.

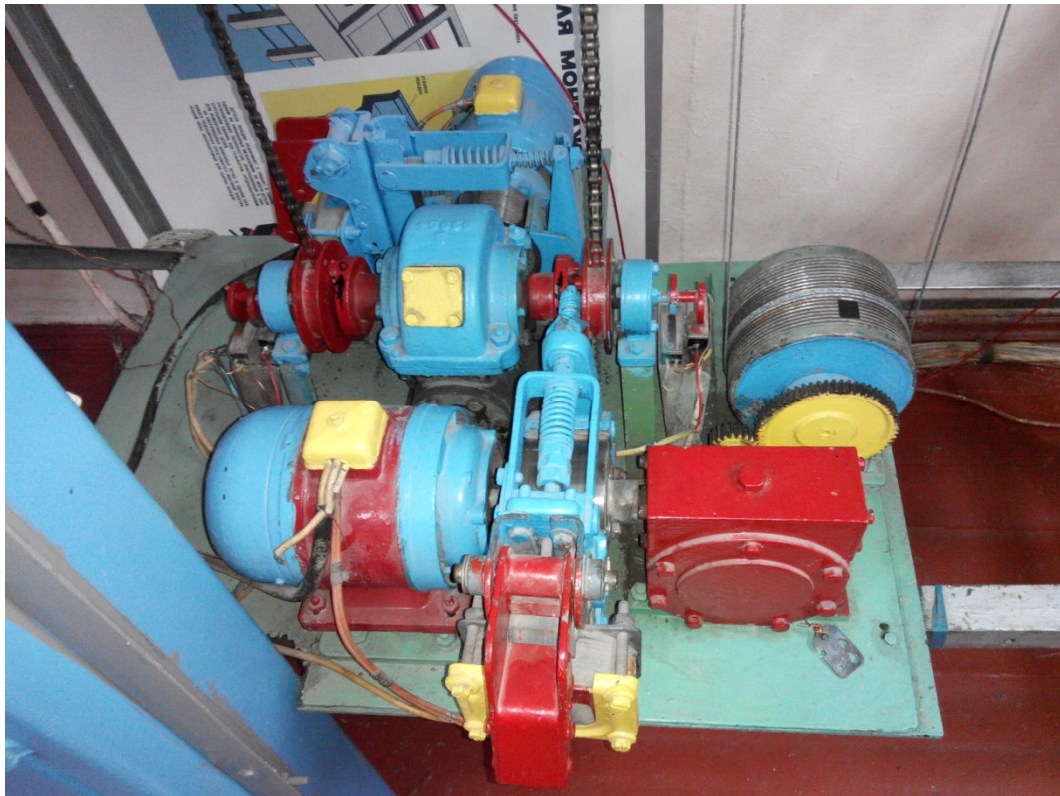


Рисунок 2.4 - Фотографія приводу лебідки скіпового підйомника та приводу керування конусами.

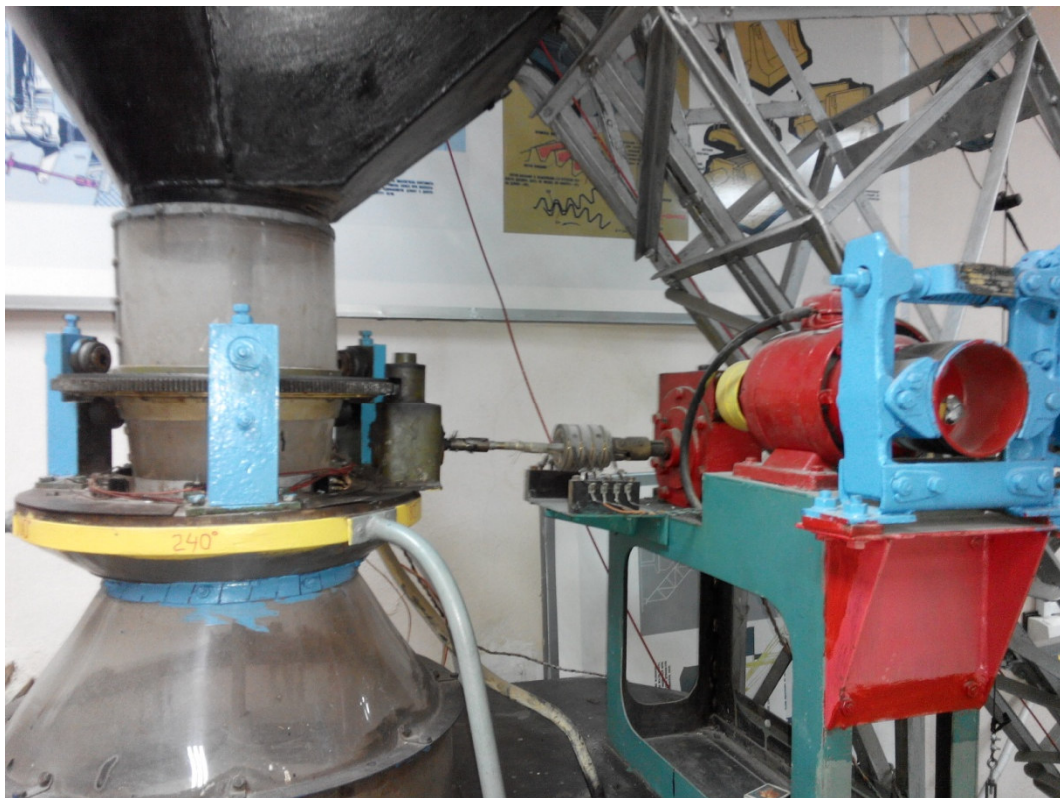


Рисунок 2.5 - Фотографія приводу воронки розподільника шихти.



Рисунок 2.6 - Фотографія пульта керування

Розподільник шихти призначений для рівномірного розподілу шихтових матеріалів у доменній печі й складається з обертової воронки із зубчастим вінцем, три опорні й три контропорних роликів, привод для обертання воронки.

Модель засипного пристрою доменної печі складається з наступних основних частин: великого й малого конусів із системами їх підвісок і штангами, балансира великого конуса із двома балками й контрвантажом, прямильних механізмів для кожного з балансирів, канатів, пластинчастих ланцюгів, двобарабанної конусної лебідки.

Привод скіпової лебідки – електродвигун Тип АОП-21-4 N=0,27кВт n=1400 об/хв, конусної лебідки – електродвигун Тип АОП-22 N=0,4кВт n=1400 об/хв, обертання воронки розподільника шихти – електродвигун Тип АОП-21-4 N=0,27кВт n=1400 об/хв.

На передній панелі пульта керування розташовані наступні елементи керування:

- автоматичний вимикач, для включення й вимикання установки;
- тумблер включення й вимикання кінцевих вимикачів для включення напрямку обертання воронки розподільника шихти;
- два тумблери включення й вимикання кінцевих вимикачів для включення відповідно великого й малого конусів;
- кнопка пуску й зупинки електродвигунів відповідно скіпової лебідки, конусної лебідки, обертання воронки розподільника шихти;
- 15 сигнальних ламп, що показують, що щит включений, лівий скіп угорі, правий скіп угорі, великий конус закритий, великий конус відкритий, малий конус закритий, малий конус відкритий, аварійне відключення малого конуса, аварійне відключення великого конуса, станція 0, станція 60, станція 120, станція 180, станція 240, станція 300;
- багатопозиційний перемикач, що задає програму обертання воронки розподільника шихти

станція 0° → T(+) пп(0)

станція 60° → T(+) пп(1)

станція 120° → T(+) пп(2)

станція 180° → T(+) пп(3)

станція 240° → T(-) пп(4)

станція 300° → T(-) пп(5)

2.2 Паспорт моделі засипного пристрою доменної печі.

Основним документом, який відображає характеристики, будову, принцип роботи і кінематичні схеми основних механізмів агрегату, є його паспорт.

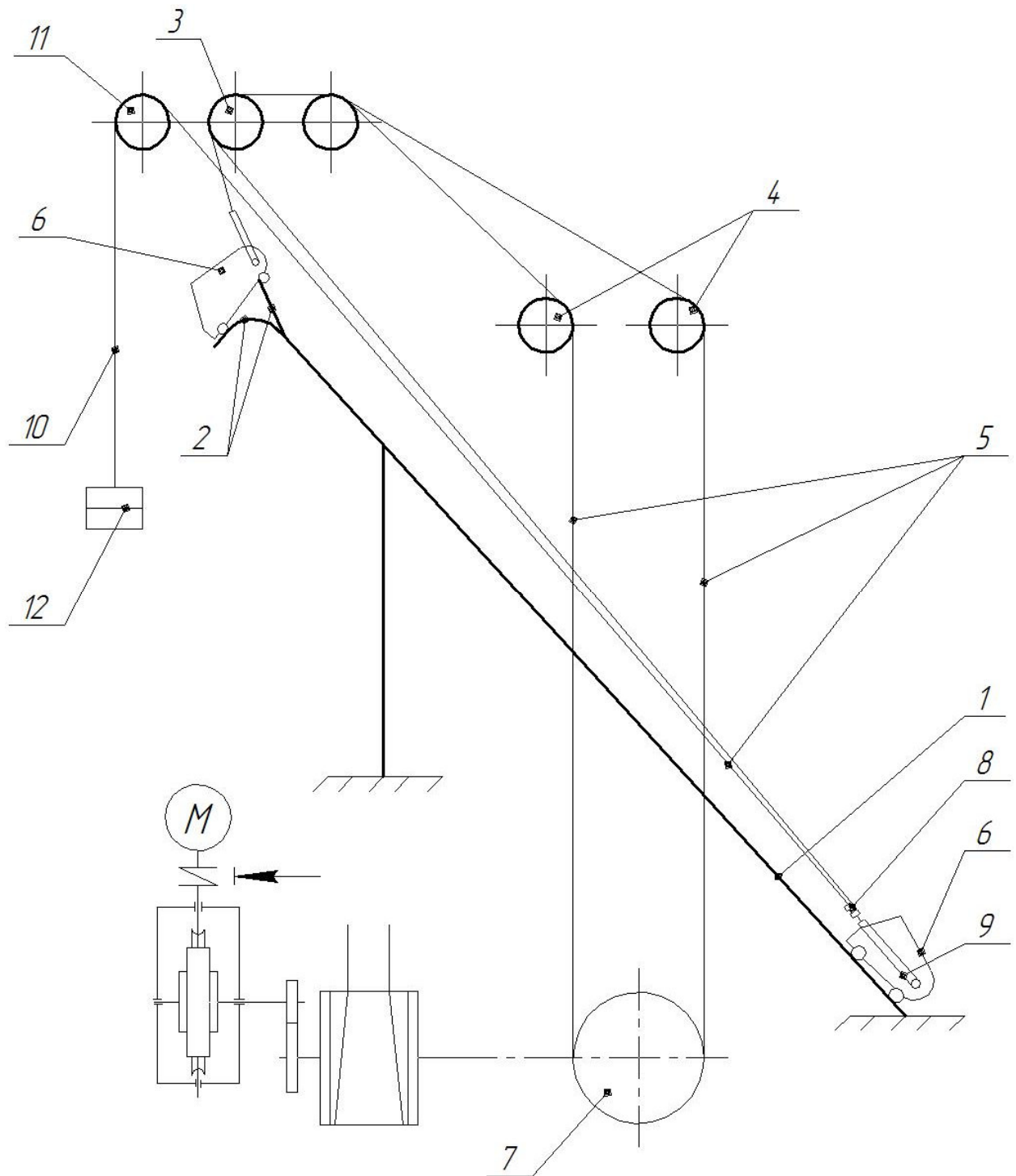
Таблиця 2.1 - Паспорт моделі засипного пристрою доменної печі.

№	Найменування	Величина
1	Габарити моделі засипного пристрою доменної печі	3320x1040x 4840 мм
2	Електродвигун скіпової лебідки Тип АОП-21-4 №4232В	N=0,27кВт n=1400 об/хв
3	Електродвигун обертання розподільника шихти Тип АОП-21-4 №4258	N=0,27кВт n=1400 об/хв
4	Електродвигун конусної лебідки ТИП АОП-22 №87457	N=0,4кВт n=1400 об/хв
5	Вага скіпа	7,5 кг
6	Кут нахилу мосту підйомника до горизонталі	48 °
7	Діаметр цапфи вала ходових коліс скіпа	10 мм
8	Діаметр ходового колеса	50 мм
9	Передаточні числа редукторів скіпової лебідки	$i_1=50$ $i_2=2$
10	Передаточні числа редукторів обертання розподільника	$i_3=50$ $i_4=1$ $i_5=12$
11	Передаточне число редуктора конусної лебідки	$i_6=50$
12	Вага контр вантажу балансира малого конуса	10,75 кг
13	Вага лівого плеча балансира малого конуса	1,8 кг
14	Вага правого плеча балансира малого конуса	12 кг

Продовження таблиці 2.1

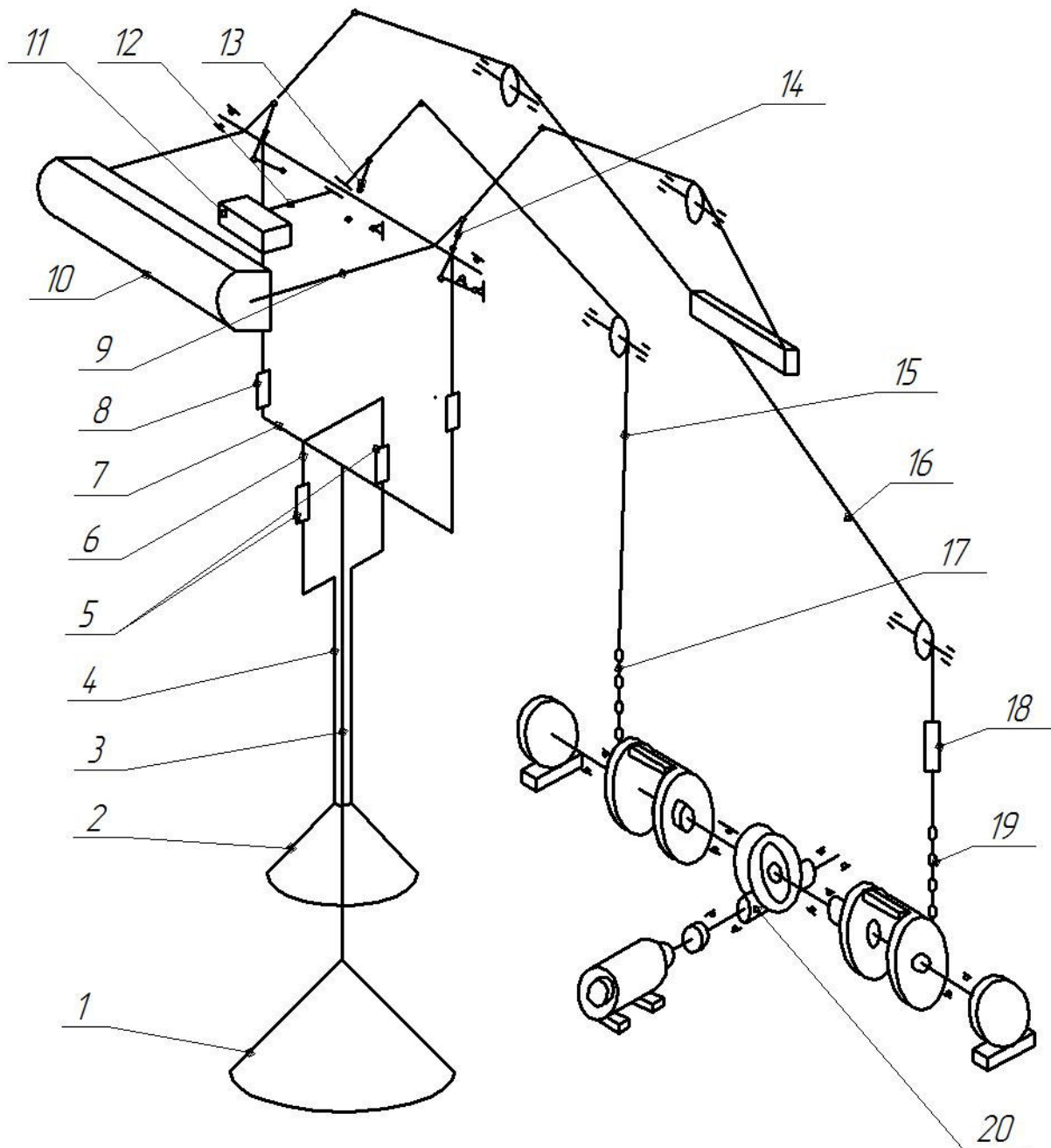
№	Найменування	Величина
15	Вага малого конуса із трубчастою штангою й траверсою	6,35 кг
16	Діаметр упорного підшипника	10 мм
17	Вага воронки разом з опорним кільцем і зубчастим вінцем	8,1 кг
18	Діаметр цапфи вала опорного ролика	10 мм
19	Діаметр опорного ролика	40 мм
20	Повний хід каната при переходу балансира в кінцеве положення	220 мм
21	Довжина правого тягового плеча балансира великого конуса	220 мм
22	Відстань між осями балансира й шківів	2040 мм
23	Радіус напрямного шківів	60 мм
24	Вага контрвантажів балансира великого конуса	15,5 кг
25	Вага лівого плеча балансира великого конуса	3,6 кг
26	Вага правого плеча балансира великого конуса	2,4 кг
27	Вага великого конуса разом зі штангою й системою підвіски	16,92 кг

Кінематичні схеми механізмів моделі подано на рисунку 2.7, 2.8 та 2.9.



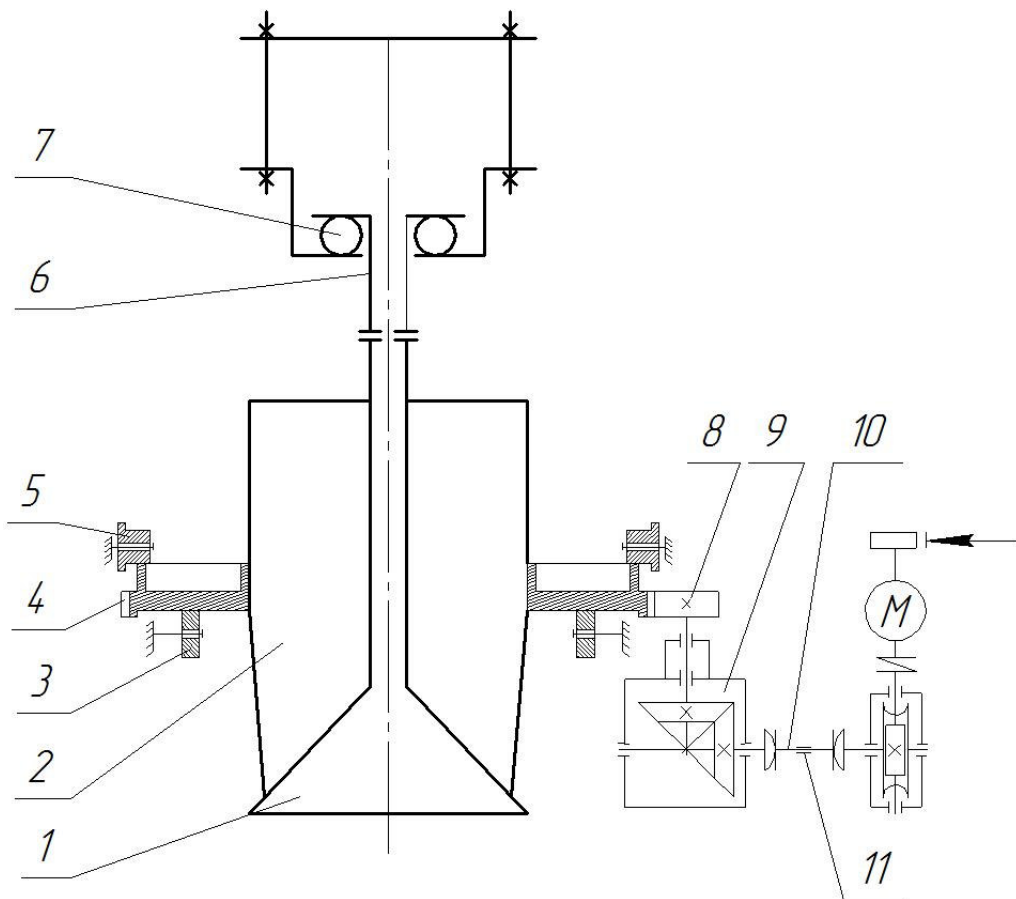
1 – похилий міст; 2 – розвантажувальний шлях; 3,4 - головні та направляючі шків; 5 – канати; 6 – два скіпа; 7 – однобарабанна лебідка; 8 – сило вимірювач; 9 – упряжка скіпа; 10 - електрокабель; 11 – огибаючий ролик; 12 – натяжний вантаж.

Рисунок 2.7 – Кінематична схема скіпового підйомник та лебідки.



1-великий конус; 2-малий конус; 3 – тяга; 4 – труба; 5 – тензOMETричний датчик; 6 – скоба мала; 7 – скоба велика; 8 – тензOMETричний датчик; 9 – ліве плече балансира великого конусу; 10 – контрвантаж балансира великого конусу; 11 – контрвантаж балансира малого конуса; 12 - ліве плече балансира малого конусу; 13 – праве плече балансира малого конусу; 14 – праве плече балансира великого конусу; 15 – канат балансира малого конусу; 16 - канат балансира великого конусу; 17, 19 – ланцюг; 18 - тензOMETричний датчик.

Рисунок 2.8 – Кінематична схема системи керування конусами з двобарабанною лебідкою.



- 1 - конус; 2 - воронка; 3,5 - опорні й контр опорні ролики;
 4 - зубчастий вінець; 6 - штанга; 7 - підп'ятник; 8 - шестерня;
 9 – редуктор конічний; 10 - вал; 11 – тензодатчики.

Рисунок 2.9 – Кінематична схема воронки розподільника шихти

2.3 Характеристики досліджуваного матеріалу.

У якості матеріалу для завантаження в скіпи в експериментальній роботі використовуємо гранітний щебінь.

Щебені — неорганічний, зернистий, сипучий матеріал із зернами величиною понад 5 мм (за європейськими стандартами — більш 3 мм), одержуваний дробленням гірських порід, гравію й валунів, попутно видобуваються розкришених порід, або некондиційних відходів гірських підприємств по переробці руд (чорних, кольорових і рідких металів металургійної промисловості) і неметалічних копалин інших галузей промисловості й наступним розсівом продуктів дроблення.

Гранітний щебінь — це щебені із твердої гірської породи зернистої будови, яка є найпоширенішою на Землі. Гранітна скеля являє собою магму, що застигла на більших глибинах. Що полягає з добре сформованих кристалів польового шпату, кварцу, слюди і т.д. І має колір червоний, рожевий або сірий, залежно від переваги в ньому шпату й слюди. Брили одержують звичайно шляхом вибуху монолітної скелі, потім вони дробляться в машині, а отриманий щебені просівається по фракціях.

Середня щільність щебенів - від 1,2 до 3 г/см³;

Кут природного укосу сухого щебеню - 40⁰;

Фракція гранітного щебеню - 5-20 мм (суміш фракцій 5-10 і 10-20);

Маса завантаженого щебеню в один скіп - 10кг.



Рисунок 2.10 – Дослідний матеріал.

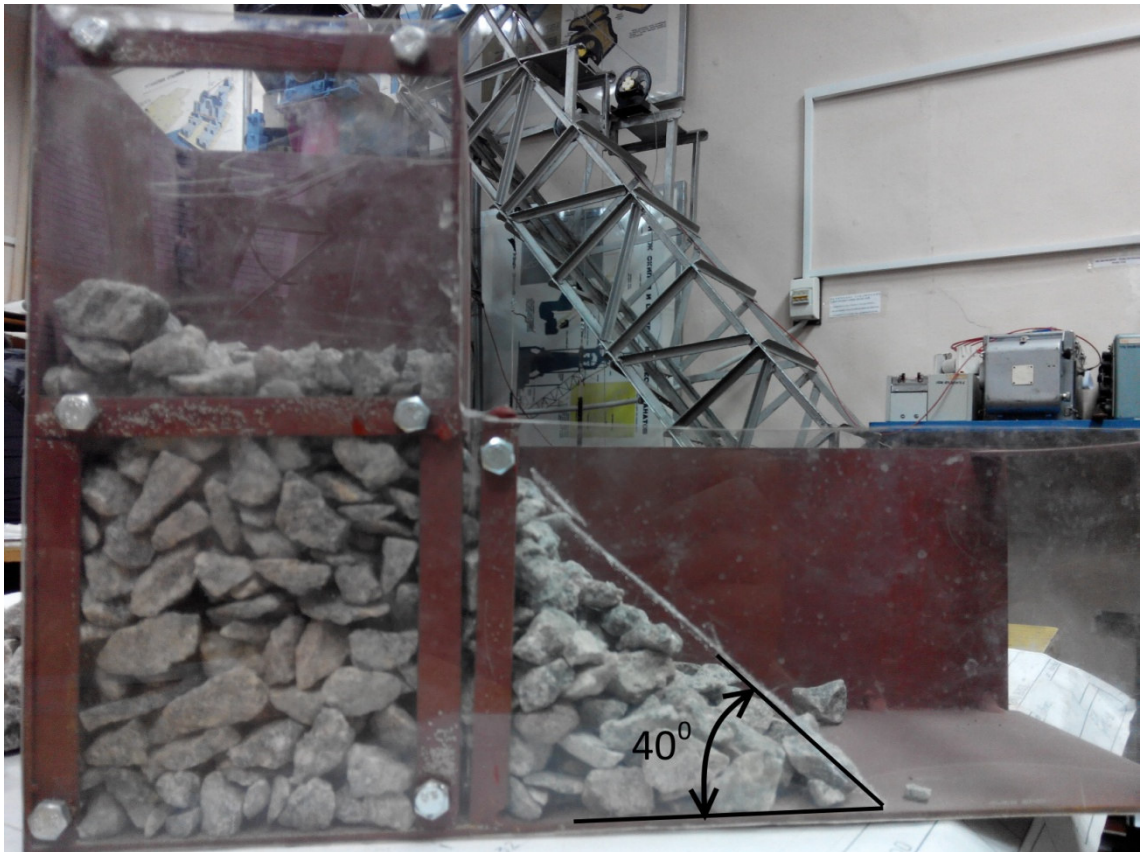


Рисунок 2.11 – Визначення кута природного укосу сухого щебеню.



Рисунок 2.12 – Завантаження щебеню в скіп на рівні 50мм від верху.

2.4 Дослідження зусиль натягу в канатах скіпового підйомника

Для роботи шахтних печей у багатьох випадках потрібна безперебійна подача шихтових матеріалів до завантажувального пристрою, розташованого на колошнику печі. До машин для подачі шихтових матеріалів висувають тверді вимоги, тому що затримка в завантаженні матеріалів призводить до переходу печі на тихий хід або її повну зупинку. Тому ці машини повинні мати високу продуктивність, підвищену надійність, можливість автоматизації завантаження.

На діючих печах застосовують різні системи подачі шихти до завантажувальних пристроїв: баддьові підйомники похилого й вертикального типів; скіпові похилі підйомники; елеватори; стрічкові транспортери (конвеєрна подача); підвісні вагонетки; вагон-ваги; завантаження кабелів краном у прийомні кишені колошника й ін.

На комбінаті «Запоріжсталь» застосовується скіповий підйомник. Він представляє найбільший практичний інтерес, як об'єкт дослідження. Це пов'язане з його інтенсивною роботою, різкими змінами статичних навантажень у процесі роботи, істотними динамічними навантаженнями, можливістю втрати стійкості скіпів і т.д.

Одним з основних елементів скіпових підйомників є скіпова лебідка. Скіпові лебідки бувають одно- і двомоторні, з одним і двома редукторами. Два двигуни використовуються для підвищення надійності лебідки, коли, у випадку виходу з ладу одного із двигунів, роботу продовжують на іншому двигуні. Лебідки забезпечуються регуляторами швидкості й вимикачами слабину каната. Перші застосовуються для забезпечення виконання заданого графіка швидкості руху скіпів, другі - для відключення двигунів лебідки в випадку появи слабину в канаті (при зависанні скіпа на розвантажувальних кривих або заклинюванні на похилій ділянці мосту).

Двигуни лебідок працюють у повторно-короткочасному режимі. Тому вибираються з умов нагрівання й перевантажувальної здатності.

Модель скіпового підйомника (рисунок 2.7) складається з похилого мосту 1, розвантажувальних кривих 2, головних і напрямних шківів 3 і 4, канатів 5, двох скіпів 6, барабанної лебідки 7 і електропривода. Силівимірювач 8 прикріплений до упряжі скіпа 10 і канату 5. Електрокабель 11, що йде від силівимірювача до вимірювального комплексу, обгинає ролики 12 і натягається вантажем 13. Розміри скіпа представлено на рисунку 2.13.

Зусилля натягу в канатах скіпового підйомника при русі скіпа з постійною швидкістю по похилому мосту:

$$S_{H(P)} = (Q + G) \sin \alpha + (Q + G) \cos \alpha \frac{fd + 2k}{D_k} C \quad (2.1)$$

де Q – вага завантаженого в скіп матеріалу, Н

G – вага скіпа, Н

α – кут нахилу мосту підйомника до горизонталі, град

d – діаметр цапфи вала ходових коліс скіпа, м

f – коефіцієнт тертя для підшипників скіпа

k – коефіцієнт тертя катання, м

C – коефіцієнт, що враховує тертя реборд ходових коліс скіпа про рейки.

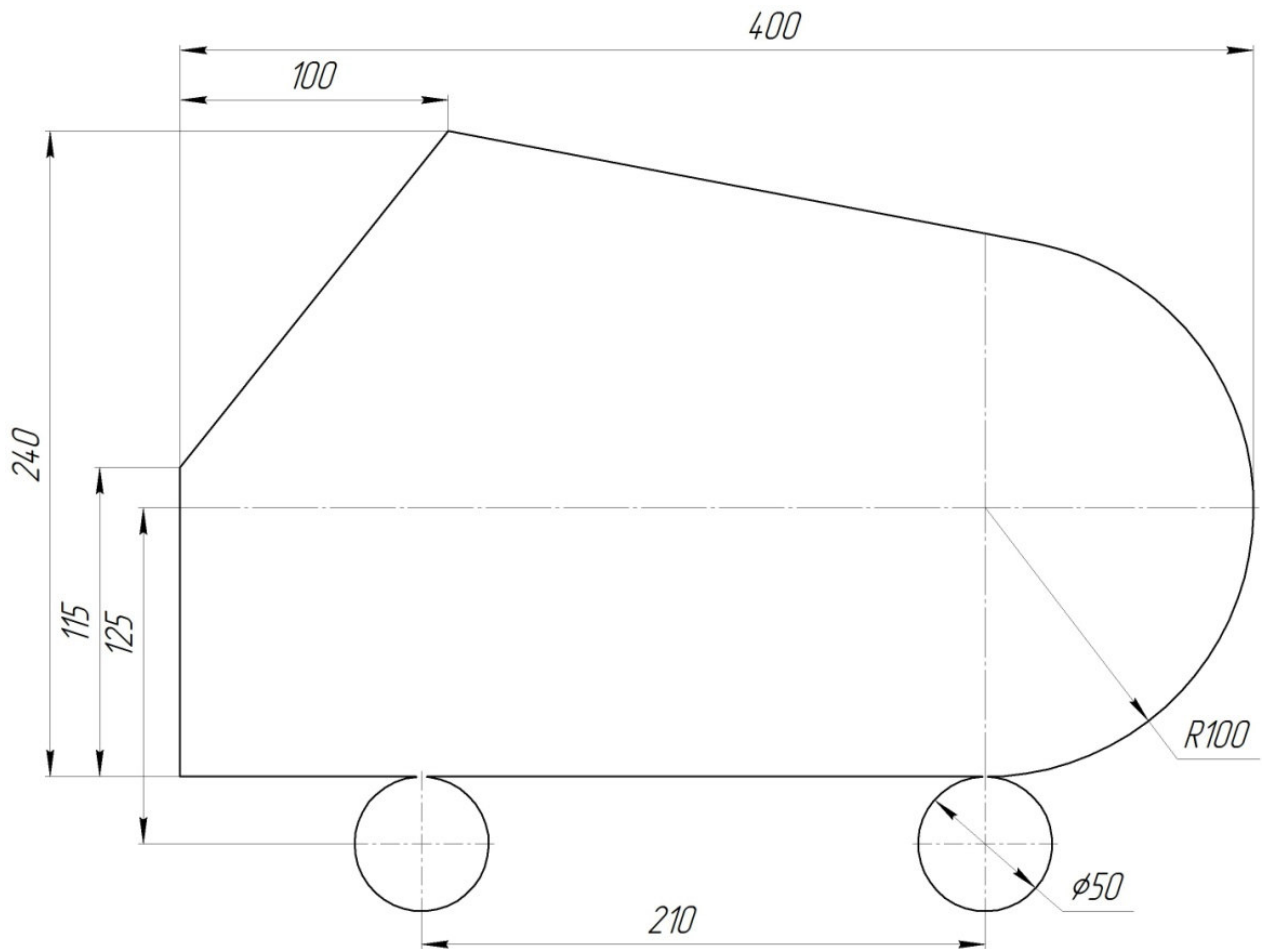


Рисунок 2.13 – Розміри скіпа

Для визначення зусиль натягу в канатах скіпового підйомника графоаналітичним способом зробимо наступне. Визначаємо центр ваги матеріалу в скіпі, вважаючи що його вагу рівномірно розподілено по площі $ABDKNA$ (рисунок 2.14). Розбиваємо цю фігуру на чотири і знаходимо їхні площі й координати центрів ваги, обчислюємо координати центру ваги всієї фігури $ABDKNA$.

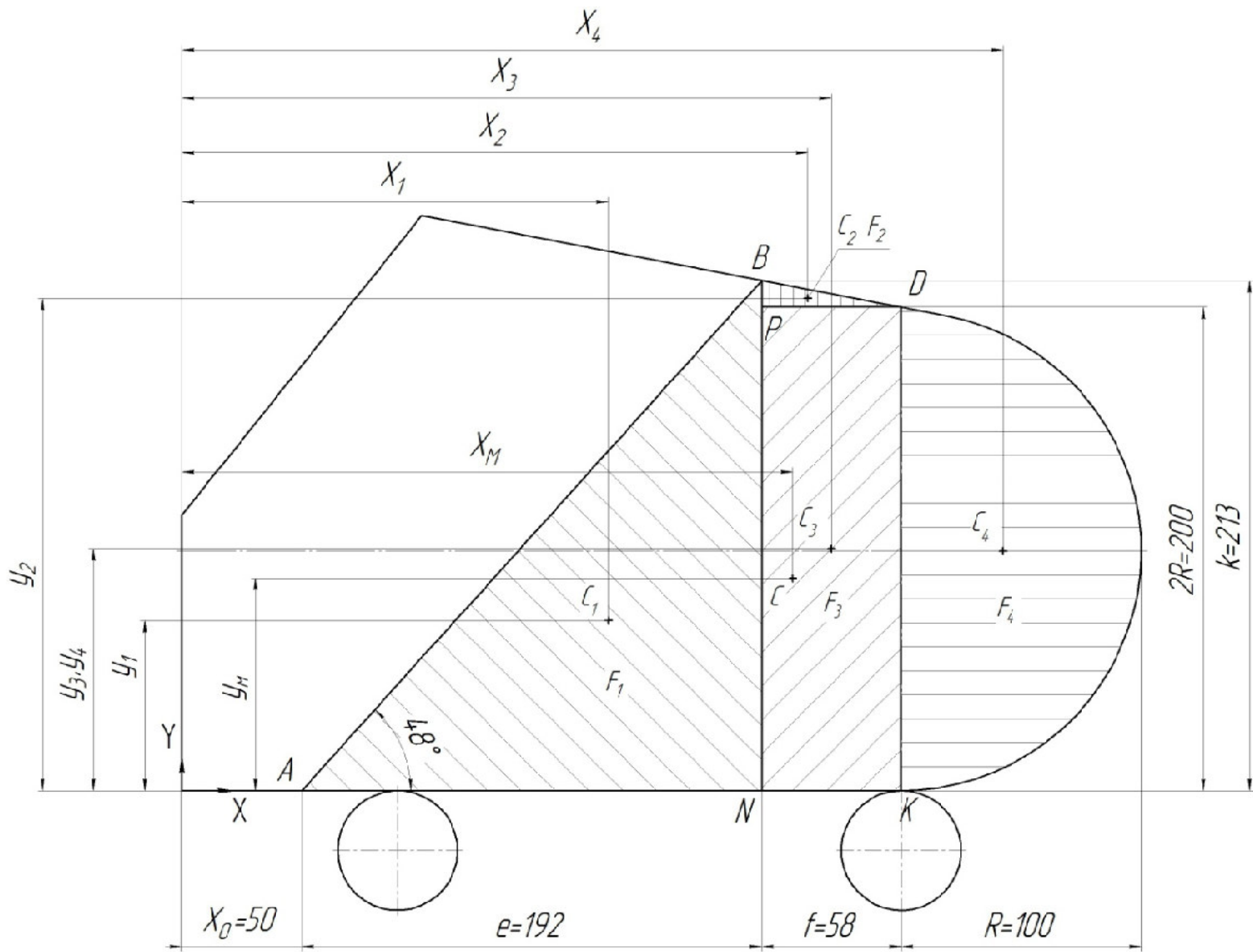


Рисунок 2.14 – Схема для визначення центру ваги матеріалу в кузові скіпа

Площі й координати центрів ваги фігур:

Для трикутника АВN:

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot e \cdot k = \frac{1}{2} \cdot 192 \cdot 213 = 20448 \text{ мм}^2$$

$$X_1 = X_0 + \frac{2}{3} \cdot e = 50 + \frac{2}{3} \cdot 192 = 177 \text{ мм}$$

$$Y_1 = \frac{1}{3} \cdot k = \frac{1}{3} \cdot 213 = 71 \text{ мм}$$

Для трикутника ВDP:

$$F_2 = \frac{1}{2} \cdot f \cdot (k - 2 \cdot R) = \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot (213 - 2 \cdot 100) = 377 \text{ мм}^2$$

$$X_2 = X_0 + e + \frac{f}{3} = 50 + 192 + \frac{58}{3} = 261,3 \text{ мм}$$

$$Y_2 = \frac{4 \cdot R + k}{3} = \frac{4 \cdot 100 + 213}{3} = 204,3 \text{ мм}$$

Для прямокутника PDKN:

$$F_3 = 2 \cdot R \cdot f = 2 \cdot 100 \cdot 58 = 11600 \text{ мм}^2$$

$$X_3 = X_0 + e + \frac{f}{2} = 50 + 192 + \frac{58}{2} = 271 \text{ мм}$$

$$Y_3 = R = 100 \text{ мм}$$

Для колового сегмента DK:

$$F_4 = \frac{\pi \cdot (2 \cdot R)^2}{8} = \frac{3,14 \cdot 200^2}{8} = 15700 \text{ мм}^2$$

$$X_4 = X_0 + e + f + \frac{4 \cdot R}{3 \cdot \pi} = 50 + 192 + 58 + \frac{4 \cdot 100}{3 \cdot 3,14} = 342,5 \text{ мм}$$

$$Y_4 = R = 100 \text{ мм}$$

Координати центру ваги матеріалу в скіпі:

$$X_M = \frac{F_1 \cdot X_1 + F_2 \cdot X_2 + F_3 \cdot X_3 + F_4 \cdot X_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} =$$
$$= \frac{20448 \cdot 177 + 377 \cdot 261.3 + 11600 \cdot 271 + 15700 \cdot 342.5}{20448 + 377 + 11600 + 15700} = 254.2 \text{ мм}$$

$$Y_M = \frac{F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2 + F_3 \cdot Y_3 + F_4 \cdot Y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} =$$
$$= \frac{20448 \cdot 71 + 377 \cdot 204.3 + 11600 \cdot 100 + 15700 \cdot 100}{20448 + 377 + 11600 + 15700} = 88.5 \text{ мм}$$

Загальна площа матеріалу в скіпі:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 20448 + 377 + 11600 + 1570 = 48125 \text{ мм}^2$$

Визначаємо координати центру ваги порожнього скіпа розрахунковим або експериментальним методом. Останній полягає в тому, що модель скіпа послідовно підвішують на нитці у двох різних точках А і В. Одержувана точка перетинання напрямків нитки дає шуканий центр ваги (рисунок 2.15).

$$X_{CK} = 196 \text{ мм} \qquad Y_{CK} = 96 \text{ мм}$$

Для перевірки правильності розрахунків використовуємо графічний пакет Компас 3D а саме модуль Компас Графік де є можливість виконати розрахунки масово-центрувальних характеристик (МЦХ) плоскої фігури. Результати розрахунків наведені у вигляді знімків діалогових вікон програми (рисунок 2.16-2.19).

Порівняння результатів говорить про правильність проведених розрахунків.

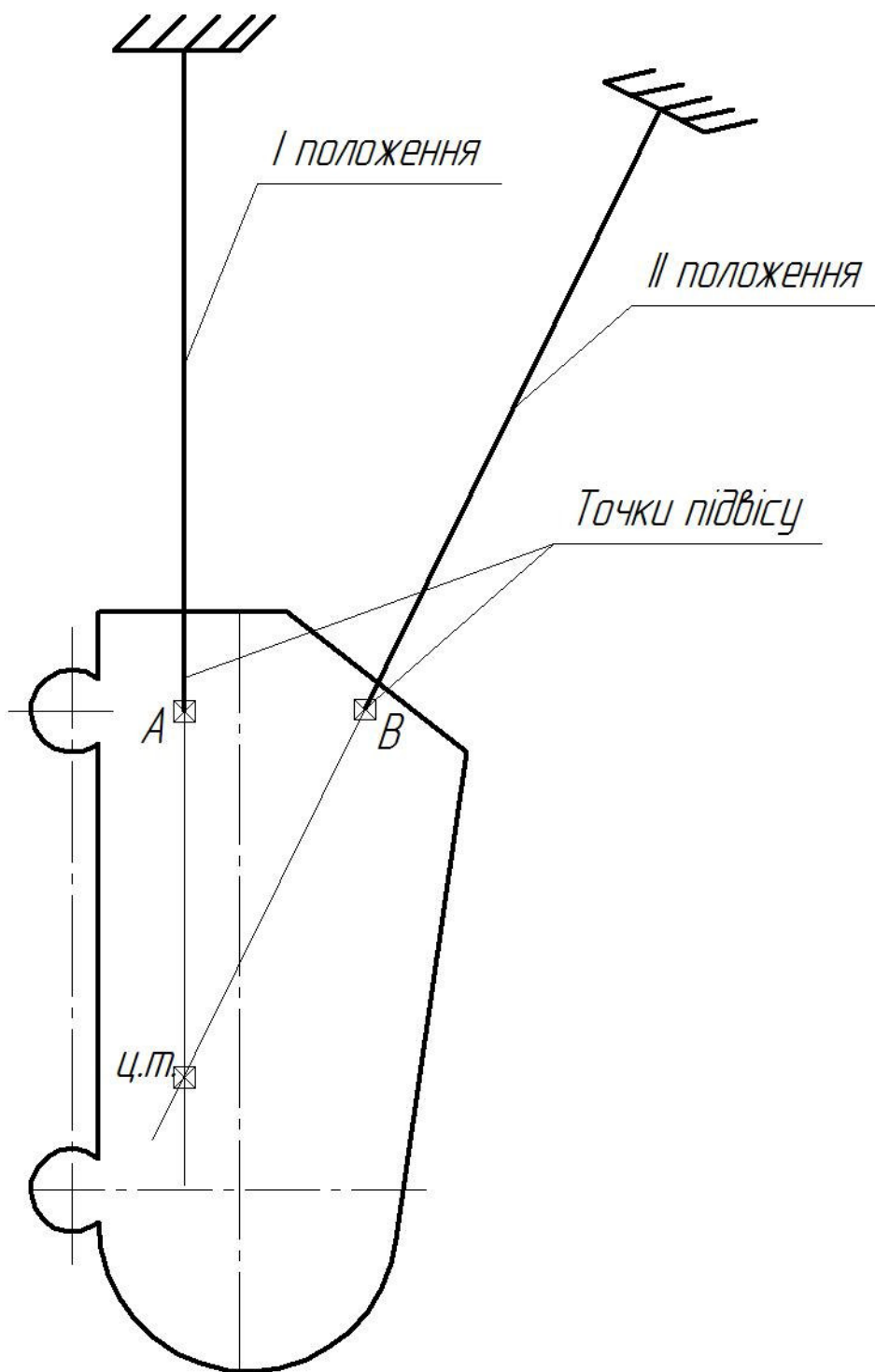


Рисунок 2.15 - Визначення центру ваги порожнього скіпа методом підвісу за довільні дві точки.

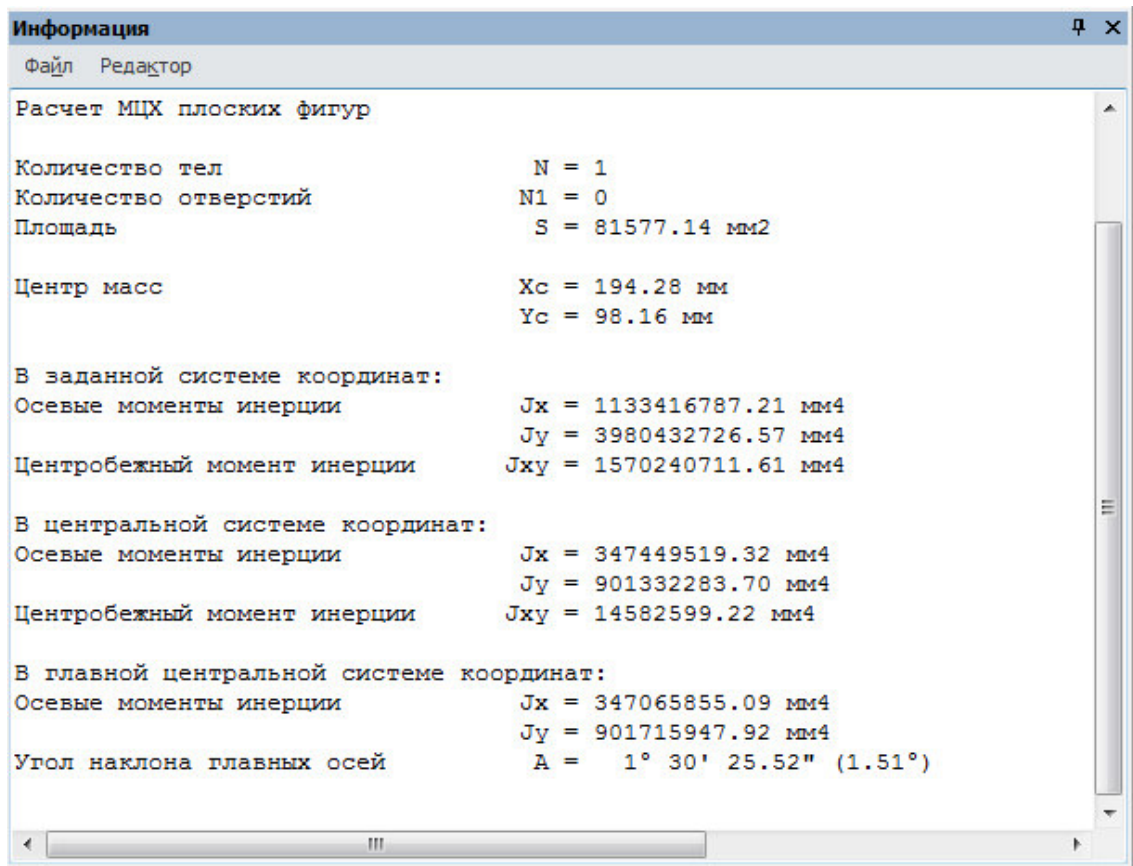


Рисунок 2.16 - Массово-центрувальных характеристик порожнього скіпа

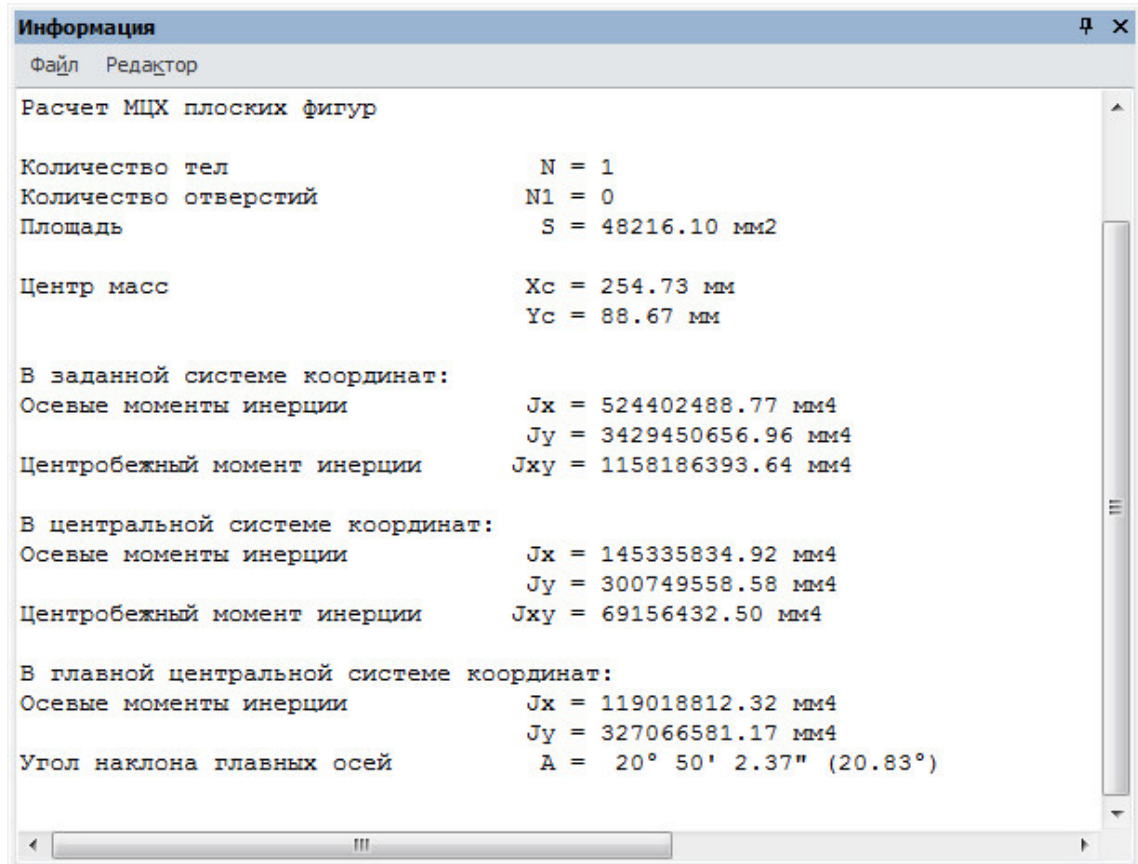


Рисунок 2.17 - Массово-центрувальных характеристик матеріалу в скіпі

Координати центру ваги навантаженого скіпа:

$$X_C = \frac{Q \cdot X_M + G \cdot X_{CK}}{Q + G} = \frac{10 \cdot 254.2 + 7.5 \cdot 196}{10 + 7.5} = 229_{мм}$$

$$Y_C = \frac{Q \cdot Y_M + G \cdot Y_{CK}}{Q + G} = \frac{10 \cdot 88.5 + 7.5 \cdot 96}{10 + 7.5} = 92_{мм}$$

де $Q = 10$ кг - вага матеріалу в скіпі;

$G = 7.5$ кг – вага порожнього скіпа;

X_M, Y_M – координати центру ваги матеріалу в скіпі, мм;

X_{CK}, Y_{CK} – координати центру ваги порожнього скіпа, мм.

Далі будуюмо положення навантаженого скіпа на розвантажувальному шляху при його повороті на кут, який менше ніж кут природного укосу матеріалу φ , тобто кут нахилу скіпа до горизонталі не повинен перевищувати величину $\alpha - \varphi$.

Кут природного укосу сухого щебеню: $\varphi = 40^\circ$

Кут нахилу мосту підйомника до горизонталі: $\alpha = 48^\circ$

Кут нахилу скіпа на розвантажувальному шляху: $\alpha - \varphi = 48^\circ - 40^\circ = 8^\circ$

Для побудови використовуємо графічний пакет Компас 3D а саме модуль Компас Графік.

Силу T , що діє уздовж каната від ваги навантаженого скіпа, можна визначити графічним способом. Опорні реакції R_1 і R_2 без обліку сил тертя спрямовані нормально до шляху в крапках каната ходових коліс і проходять через їхні осі.

Для того, щоб урахувати сили тертя, необхідно реакції повернути в протилежну сторону руху скіпа на кут, який визначаємо по формулі:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{f \cdot d + 2 \cdot k}{D_k} \cdot C = \frac{0,015 \cdot 0,014 + 2 \cdot 8 \cdot 10^{-4}}{0,05} \cdot 1,3 = 0,04706 \quad (2.2)$$

$$\text{Значення кута} \quad \beta = \operatorname{arctg}\beta = 2^{\circ}72' \approx 3^{\circ}$$

Продовжуючи напрямку опорних: реакцій R_1 і R_2 одержимо крапку їх перетинання. Аналогічно знаходимо крапку b перетинання напрямків сил T і $Q+G$. Лінія ab є напрямком рівнодіючої R опорних реакцій коліс. Відкладаємо в масштабі силу $Q+G=175\text{H}$ та будуємо трикутник сил, проводячи через початок і кінець вектора сили $(Q+G)$ напрямку сил R і T . Отриману реакцію R розкладаємо по напрямках R_1 і R_2 і вимірюємо величини T , R_1 і R_2 (рисунок 2.20, 2.21, 2.22).

Із графічних побудов маємо:

$$R_1 = 110\text{H}, \quad R_2 = 113\text{H}, \quad R = 123\text{H}, \quad T = 72\text{H}.$$

Натяг каната для розглянутого положення скіпа на розвантажувальному шляху буде:

$$S_{H(P)} = T \cdot K_c = 72 \cdot 1,1 = 79,2\text{H} \quad (2.3)$$

де $K_c=1,1$ - коефіцієнт, що враховує додатковий опір при русі скіпа по розвантажувальному шляхові.

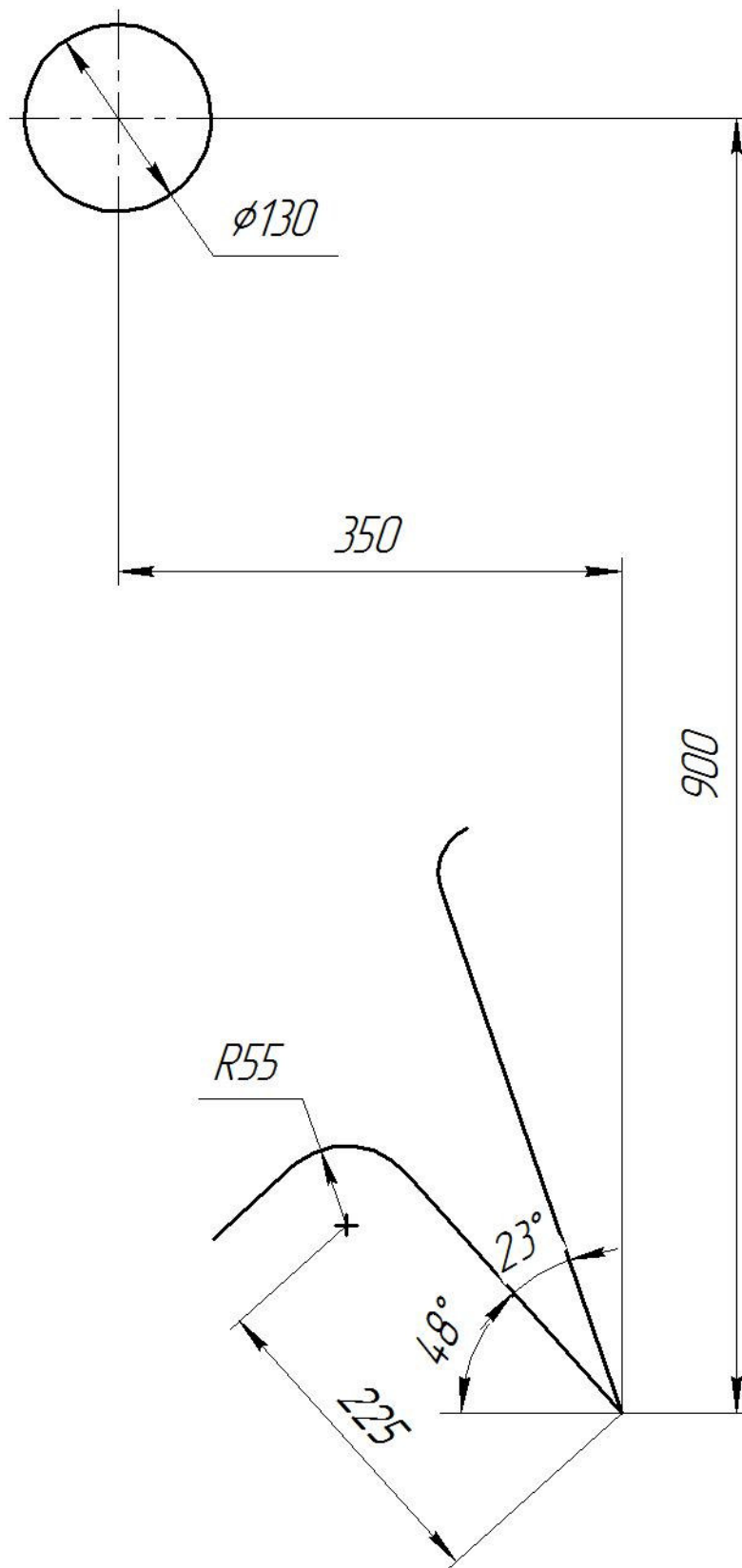


Рисунок 2.20 – Основні розміри розвантажувального шляху.

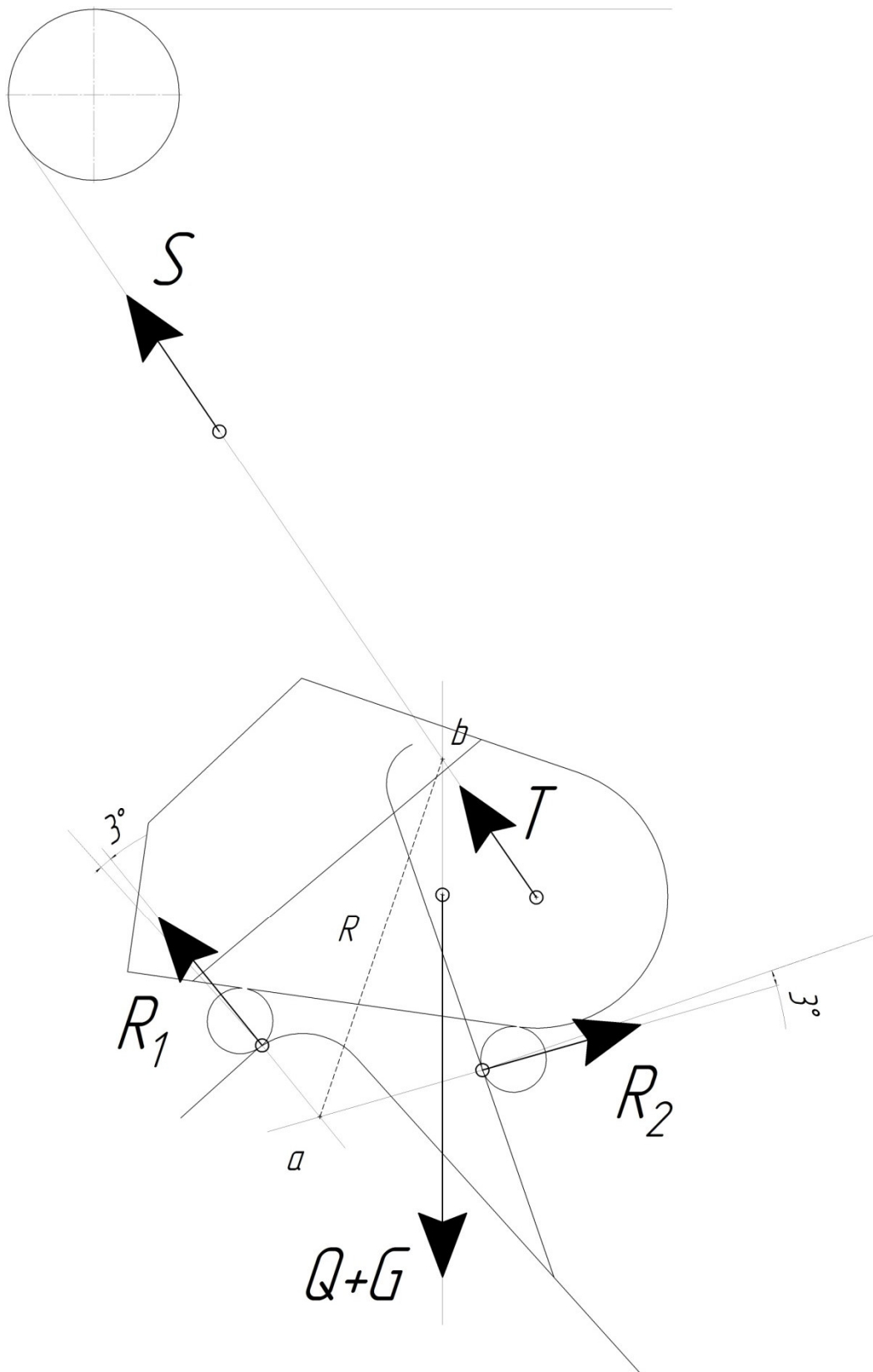


Рисунок 2.21 - Схема до визначення зусиль натягу канатів при русі скіпа на розвантажувальному шляху

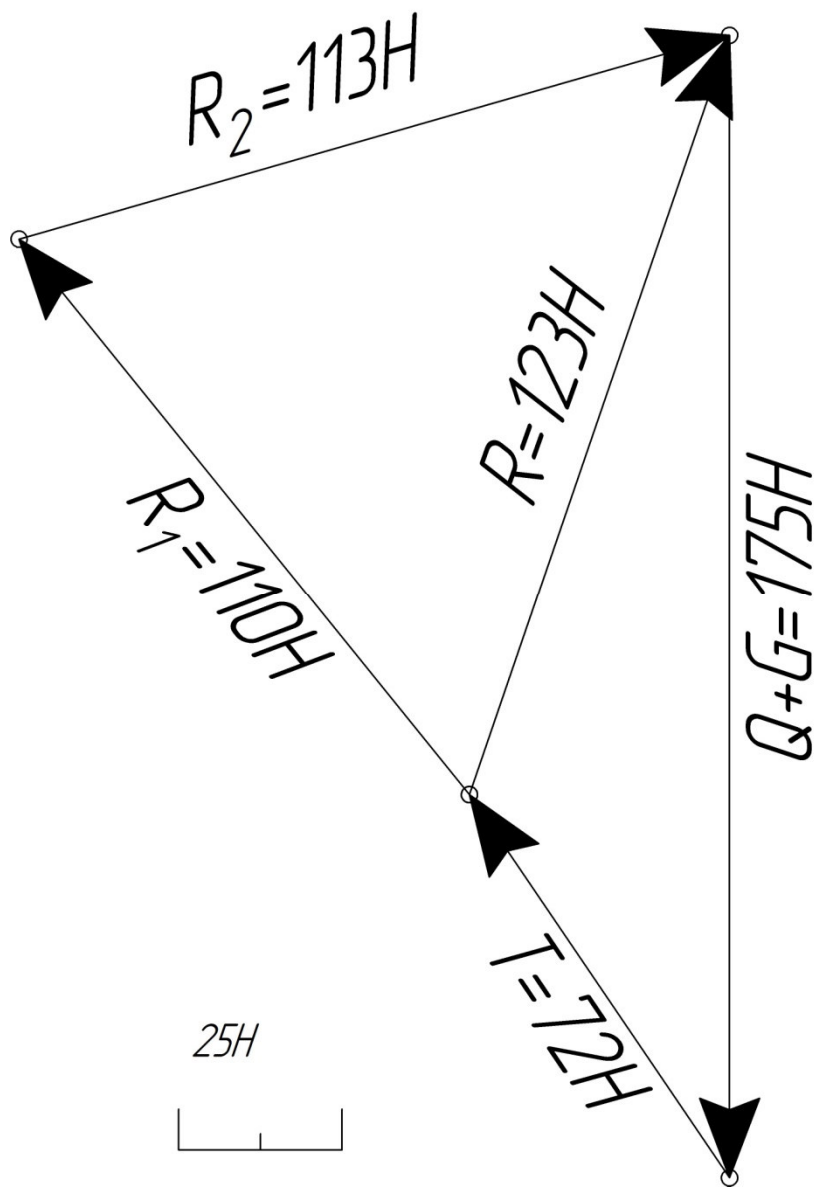


Рисунок 2.22 - Графічний метод знаходження зусиль у канату та опорних реакцій коліс.

2.5 Дослідження зусиль натягу в канатах скіпового підйомника за допомогою тензометричних датчиків.

Для дослідження напружень і навантажень у деталях та вузлах металургійних машин і механізмів широко використовуються тензометричні датчики опору.

Сутність тензометрування полягає в тому що на об'єкт, в якому потрібно визначити навантаження, кріпляться сприймаючі елементи з кількох тензодатчиків, зібраних у місткову схему з подачею на неї електроживлення. Разом з деформацією підслідного об'єкту деформуються і тензодатчики, змінюючи свій опір. В результаті чого на виході моста виникає електричний сигнал розбалансу, пропорційний величини деформації (напруження, навантаження).

Будова датчиків.

Використовують дротові та фольгові тензодатчики (рисунок 2.23).

Дротяний тензодатчик (рисунок 2.23, а) складається з тонкого дроту діаметром 0,012...0,05 мм з великим омичним опором (200 Ом), зигзагоподібно розташованих поміж двох шарів паперу або плівки. Фольгові тензодатчики (рисунок 2.23, б), на відміну від дротяних, мають спіраль, виготовлену із фольги значно меншої товщини методом фототравлення. Як ізолююча підстилка використовується лакостійка плівка. Матеріалом для тензодатчиків є константан, манганін та ніхром. Тензодатчики на паперовій підстилці скріплюються з деталлю за допомогою клею БФ-2, а тензодатчики на плівочній підстилці – лаком ВЛ-4 або ВЛ-7. Для більш надійної роботи тензодатчиків вони після наклейки можуть бути захищені від впливу вологи спеціальними покриттями (фуріловою смолою Ф-10, клеєм Р-88, перхлорвініловою емаллю ХЗ-13 та ін.). Наклейку тензодатчиків здійснюють так, щоб їх

осьова лінія суворо збігалась з лінією впливу головних напружень. В такому разі тензодатчик сприймає суто деформації розтягнення або стиску. При розтягненні опір тензодатчиків збільшується, при стиску – зменшується.

Зміна опору тензодатчика підкоряється лінійному закону. Як відомо, опір провідника, Ом :

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

де ρ – опір провідника, Ом·м;

l – довжина провідника, м;

S – площа поперечного перерізу, м².

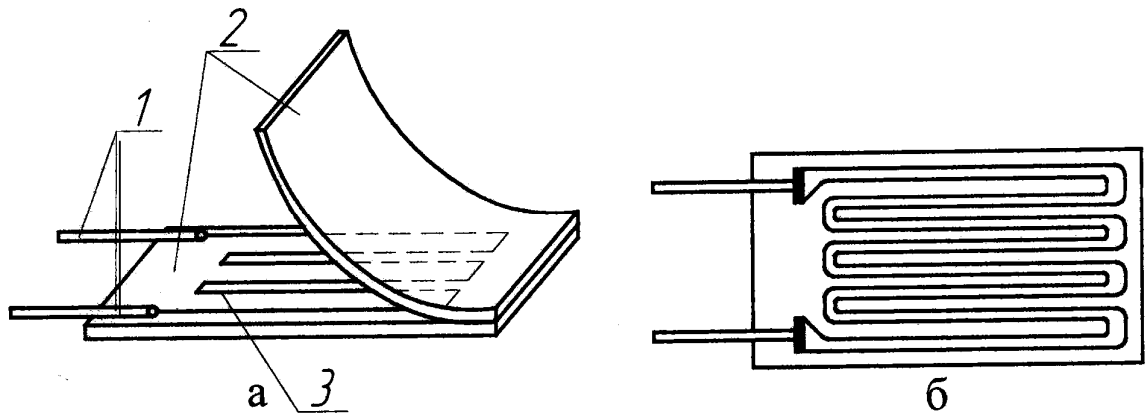
Тому, що коефіцієнт Пуассона малий, S змінюється незначно. При постійних ρ і S опір прямо пропорційний l . Однак опір тензодатчика змінюється і при зміні температури навколишнього середовища, Ом :

$$R_t = \rho \cdot l \cdot \frac{1 + a \cdot (t_1 - t_0)}{S};$$

де a - коефіцієнт лінійного подовження;

$t_1 - t_0$ - перепад температур.

Тому один датчик здебільше не застосовують, а використовують спеціальні схеми їх з'єднання, виключаючи вплив температури навколишнього середовища.



1 – виводи; 2 – ізоляційна підстилка; 3 – спіраль

Рисунок 2.23 – Пристрій дротяного (а) і фольгового (б) тензодатчиків

Спосіб з'єднання тензодатчиків силовимірювача

Для того, щоб виключити похибки від температурного впливу, отримати подвійну або збільшену в четверо чутливість тензодатчиків в порівнянні з одним, тензодатчики з'єднують по містковій схемі. На рисунку 2.24 а показана схема одинарного мосту Уїтстона, який дає можливість компенсувати температурний вплив на показання тензодатчиків та підвищити їх чутливість.

Тензодатчики з'єднують так, щоб отримати найбільшу різницю у виразі для знаходження сили струму. Дійсно, що найбільше значення струму буде отримано, якщо тензодатчики R_1 , R_3 будуть сприймати деформацію розтягнення, збільшуючи свій опір, а тензодатчики R_2 , R_4 – деформацію стиснення, зменшуючи свій опір. Але у цьому випадку необхідно розглянути схему із її можливості компенсувати дію температурного впливу. Якщо при зміні температури деталі, що досліджується, усі датчики моста сприймають деформацію одного знаку, то така схема буде компенсувати температурний вплив. У випадку, коли

датчики мають різні деформації, необхідно використовувати місткову схему з компенсаційними датчиками (рисунок 2.24, б), які не повинні сприймати активних деформацій. Їх наклеюють на пластини, розташованих поряд з піддослідною деталлю, або перпендикулярно до лінії дії головних напружень.

Відповідно в містковій схемі (рисунок 2,24, б) робочі датчики R_1, R_2 повинні мати один вид деформації (розтяг або стиск), так як в протилежному випадку сигнал на виході мосту буде рівний нулю.

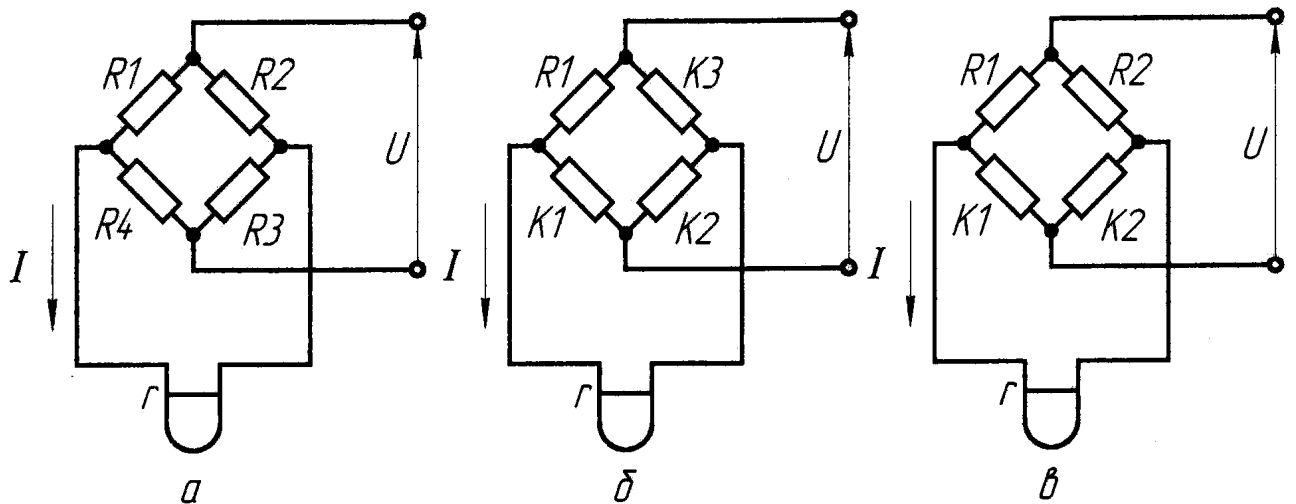


Рисунок 2.24 – Схеми з'єднання тензодатчиків: R – робочі (активні) датчики; K – компенсаційні датчики

Якщо робочі датчики мають деформації зворотних знаків (у випадку виміру напруження вигину у балці при наклеюванні з нижньої та верхньої сторін), схема включення мосту буде мати вигляд, показаний на рисунок 2.24 в. Ця схема використовується при вимірах крутних моментів, при цьому компенсаційні датчики розташовують на окремій пластині.

2.6 Вимір зусиль в канаті за допомогою тензометричного силовимірювача

У тих випадках, коли тензодатчики неможливо або важко наклеїти безпосередньо на досліджувану деталь (канати, ванти, деталі складної конфігурації) або деформація досліджуваної деталі мала й необхідно підвищити напруги, застосовують спеціальні силовимірювачі. На рисунку 2.25 показаний силовимірювач, призначений для дослідження зусиль при розтяганні. Робочі тензодатчики 1 наклеєні на сталеву тонкостінну трубку що розтягується 2, компенсаційні датчики 3 на ненавантажені пластинки 4. Кулькові шарніри 5 попереджають вигин і закручування трубки, у результаті чого вона одержує чисті напруги розтягання. Трубка кріпляться за допомогою гвинтів. Такі силовимірювачі застосовуються для виміру невеликих зусиль $10^2 \dots 10^3 \text{ Н}$. Для виміру більш значних зусиль пружний елемент силовимірювача виконується у вигляді стрижня із фланцями під кріплення кульових шарнірів.

Тарування датчика виконано послідовним навантаження вантажами відомої маси з записом в програму Recorder-3.0.5.17b розділ «Калібрування каналу №4».

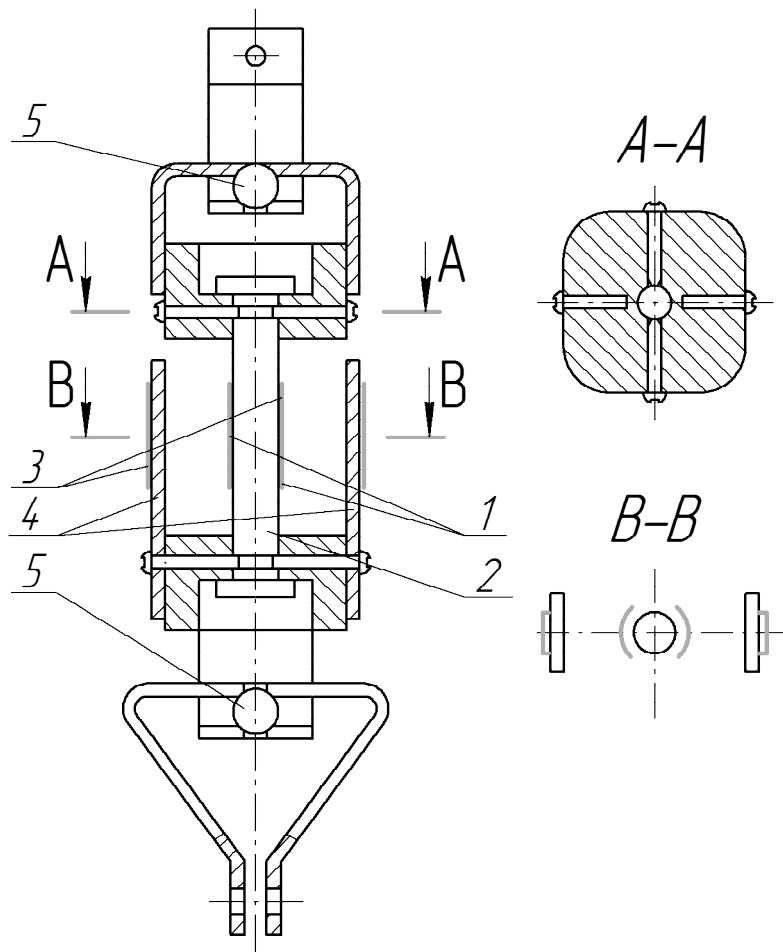


Рисунок 2.25 - Силувимірювач для дослідження зусиль в канаті.



Рисунок 2.26 – Фотографія процесу тарування силовимірювача.

2.7 Порядок проведення експерименту

1. З'єднуємо мостову схему тензометричного силовимірювача для визначення зусиль в канаті дротовими датчиками з обчислювально-вимірювальним комплексом МІС-212.

2. Налаштовуємо обчислювально-вимірювальний комплекс МІС-212 та програму Recorder-3.0.5.17b на одночасний запис по двом каналам. Збалансовуємо міст силовимірювача та виконуємо його тарування.

3. Зробивши зовнішній огляд установки, переконавшись у її справності, подемо напруга на пульт керування (загорілася сигнальна лампочка – щит включений). Зробимо пробні включення (без навантаження) скіпового підйомника, обертання воронки розподільника шихти, конусної лебідки.

4. Завантажуємо в скіп матеріал та робимо його рівень горизонтальним. Задаємо відстань до рівня матеріалу $X_0 = 50\text{мм}$.

5. Включаємо привод скіпової лебідки й виконуємо запис діаграми зусиль натягу канатів при русі скіпа по похилому мості й розвантажувальному шляху (рисунок 2.27).

6. Виконаємо запис діаграми зусиль у канатах при русі порожнього скіпа нагору й униз по похилому мості (рисунок 2.28).

7. Вимкнути установку та пульт керування.

8. Подальшу обробку файлів з діаграмами виконуємо в програмному комплексі WinPos-2.1.0.6-pro з отриманням зусиль натягу в канатах скіпового підйомника.

Зусилля для навантаженого скіпа:

$$S_{H.\min(\text{э})} = 71\text{Н} \qquad S_{H.\max(\text{э})} = 84\text{Н} \qquad S_{H.CP(\text{э})} = 75\text{Н}$$

Зусилля для порожнього скіпа:

$$S_{H.B(\text{э})} = 38\text{Н} \qquad S_{H.H(\text{э})} = 44\text{Н}$$

9. Розрахуємо значення ваги завантаженого матеріалу й зусилля натягу в канатах при русі скіпа по похилому мості $S_{H(P)}$ й розвантажувальному шляху $S_{P(P)}$, а також коефіцієнта C .

Визначення коефіцієнта C можна виконати розрахунково-експериментальним методом. Для цього використаємо експериментальні значення зусиль натягу в канаті порожнього скіпа при його русі нагору $S_{H.B(\varepsilon)}$ й униз $S_{H.H(\varepsilon)}$ по похилому мості.

При русі порожнього скіпа нагору зусилля натягу в канатах:

$$S_{H.B(P)} = G \sin \alpha + G \cos \alpha \cdot \frac{fd + 2k}{D_k} C; \quad (2.4)$$

При русі порожнього скіпа вниз зусилля натягу в канатах:

$$S_{H.H(P)} = G \sin \alpha - G \cos \alpha \cdot \frac{fd + 2k}{D_k} C; \quad (2.5)$$

Різниця в зусиллях складатиме:

$$S_{H.B(P)} - S_{H.H(P)} = 2G \cos \alpha \cdot \frac{fd + 2k}{D_k} C \quad (2.6);$$

Звідки:

$$C = \frac{S_{H.B(P)} - S_{H.H(P)}}{2G \cos \alpha \cdot \frac{fd + 2k}{D_k}} = \frac{44 - 38}{2 \cdot 75 \cdot \cos 48 \cdot \frac{0,015 \cdot 0,014 + 2 \cdot 8 \cdot 10^{-4}}{0,05}} = 1.02$$

10. При більш детальному аналізі діаграма зусиль натягу каната при русі порожнього скіпа нагору й вниз лише на розвантажувальному шляху (рисунок 2.29, 3 підйому та 3 опускання) ми бачимо майже ідентичні діаграми. Це вказує на досить добру відтворюваність вимірювань

Відтворюваність вимірювань (відтворюваність результатів аналізів) - це якість вимірів (результатів аналізів), що відбиває близькість один до одного результатів вимірювань, які виконуються в різних умовах (у різний час, в різних місцях) за даною методикою.

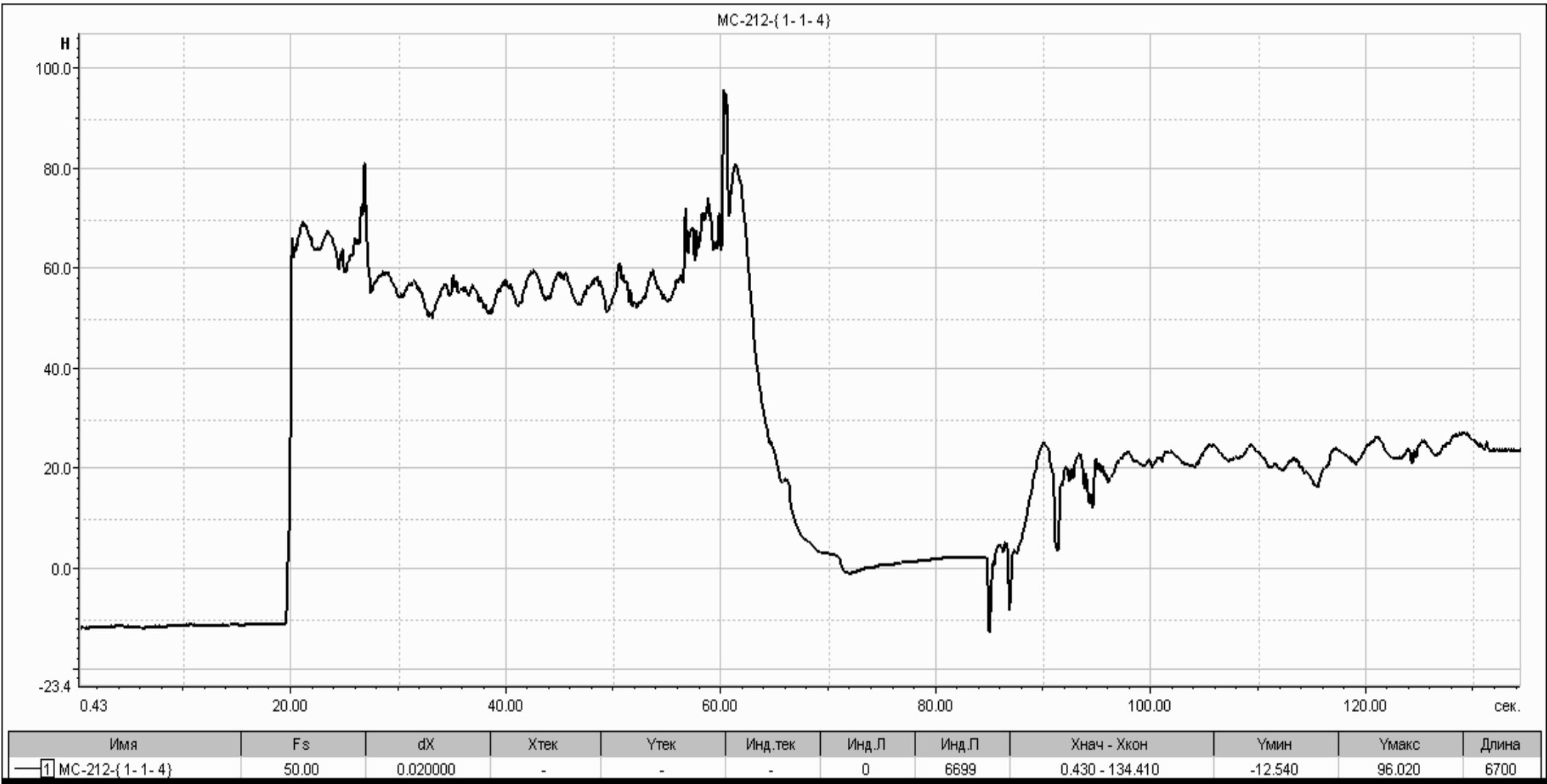


Рисунок 2.27 - Діаграма натягів канатів при русі скіпа по похилому мості й розвантажувальному шляху

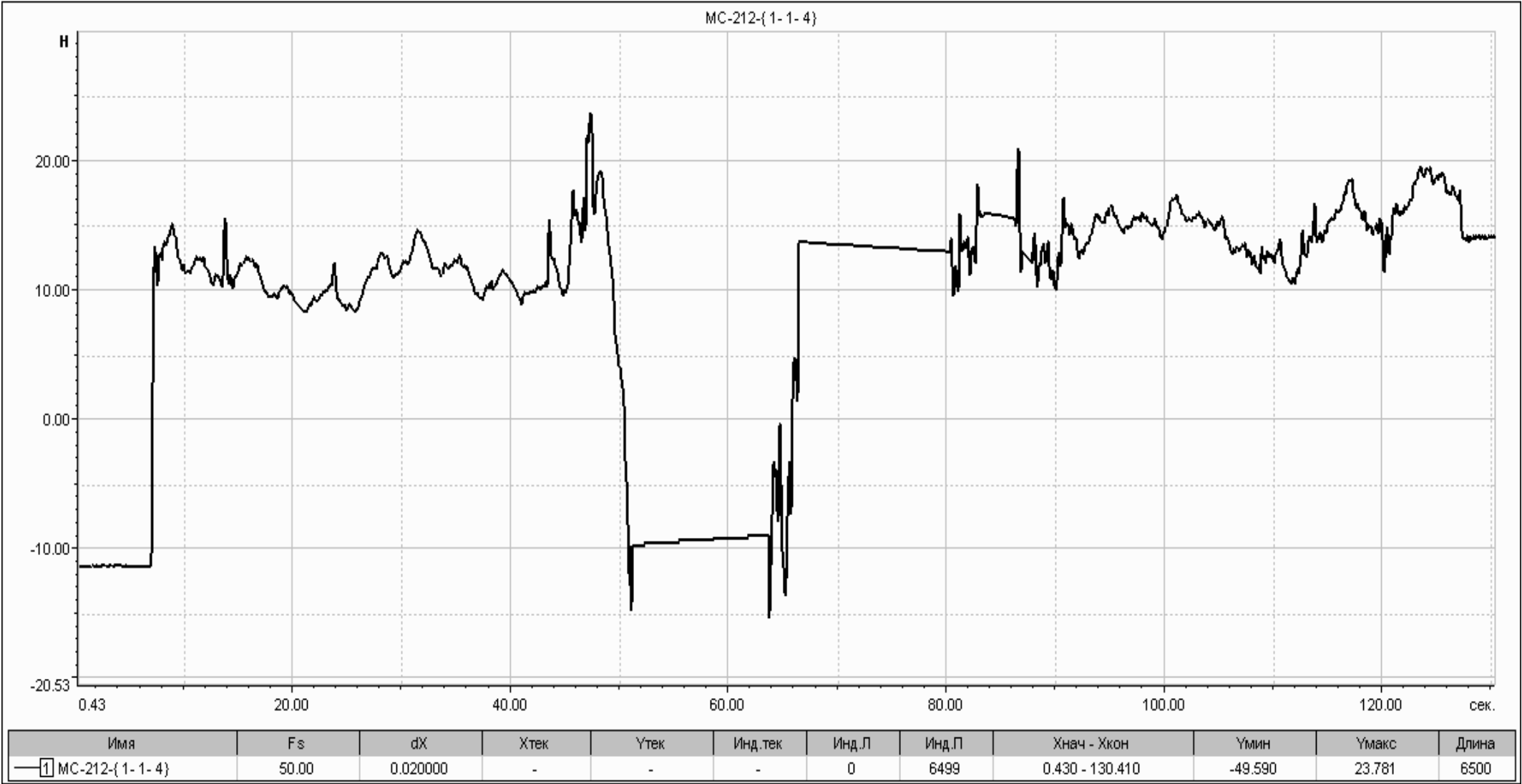


Рисунок 2.28. Діаграма зусиль натягу каната при русі порожнього скіпа нагору й вниз

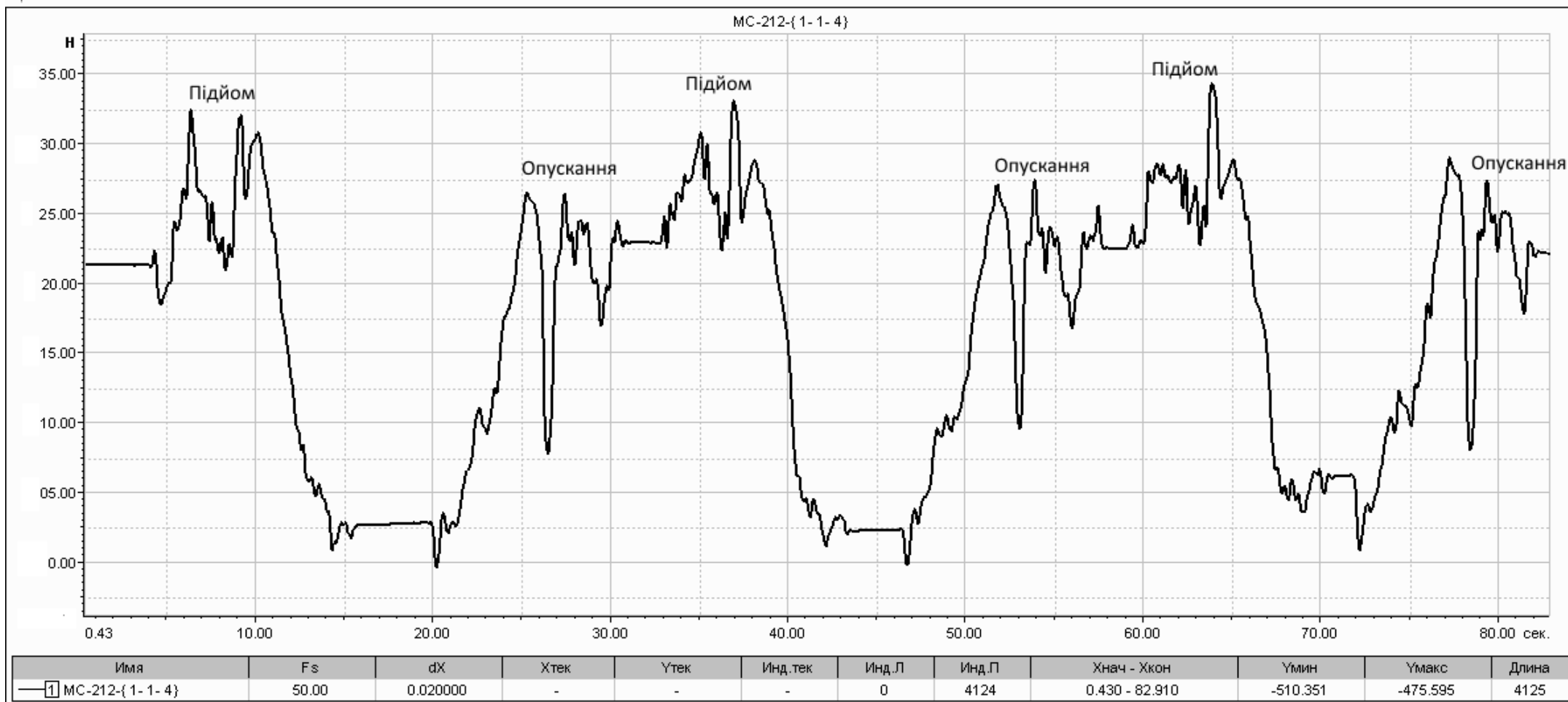


Рисунок 2.29. Діаграма зусиль натягу каната при русі порожнього скіпа нагору й вниз лише на розвантажувальному шляху

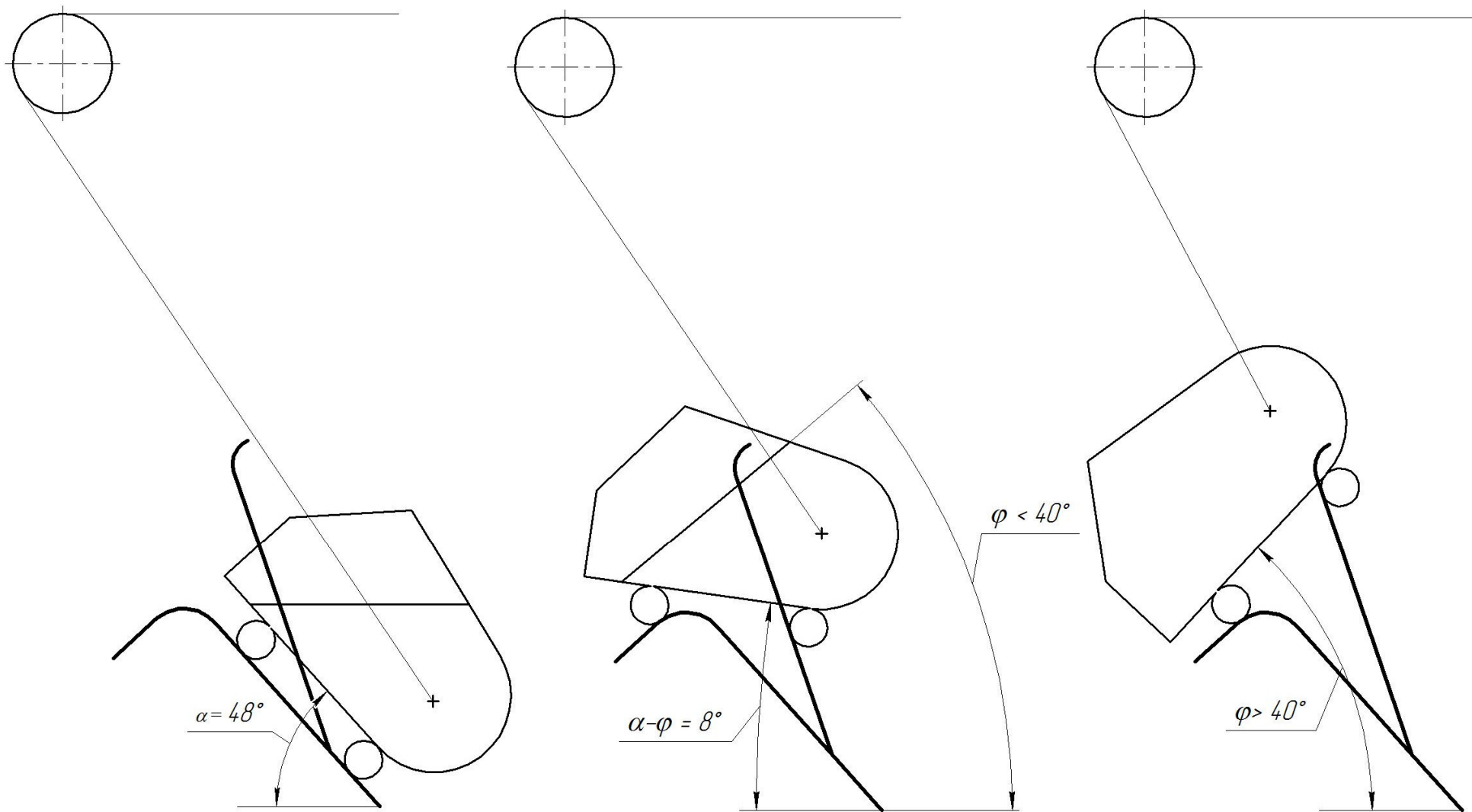


Рисунок 2.30. Схема трьох положень скіпа

2.8 Визначення параметрів функціональної залежності

Будуємо три положення (рисунок 2.30) скіпа на розвантажувальному шляху при його повороті на певні кути для визначення проміжних кутів нахилу скіпа: **1 положення** – скіп знаходиться лише на мосту підйомника.

Кут нахилу мосту підйомника до горизонталі: $\alpha = 48^\circ$

2 положення – скіп знаходиться на розвантажувальному шляху коли при його повороті на кут, який менше ніж кут природного укосу матеріалу φ , тобто кут нахилу скіпа до горизонталі не повинен перевищувати величину $\alpha - \varphi$.

Кут природного укосу сухого щебеню: $\varphi = 40^\circ$

Кут нахилу скіпа на розвантажувальному шляху: $\alpha - \varphi = 48^\circ - 40^\circ = 8^\circ$

3 положення – скіп знаходиться на розвантажувальному шляху коли при його повороті на кут, який більше ніж кут природного укосу матеріалу φ .

Розглянемо скіп (рисунок 2.29 та 2.30) в деяких положеннях на похилому шляху та розвантажувальному шляху в момент підйому (проміжні положення на рисунку 2.30 не показано).

Аналізуючи діаграму 2.29 знімемо показання для семи (рисунок 2.31) точок та занесемо їх до таблиці 2.2. Показник X – час пересування скіпа (t, секунди), Y – зусилля натягу в канаті скіпа (S, Н) на момент часу для розглядаємої точки.

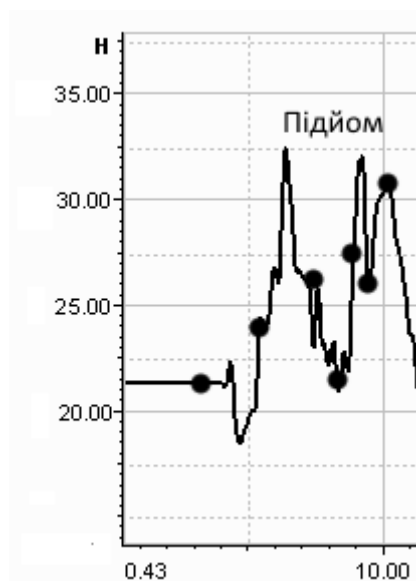


Рисунок 2.31 – Точки для аналізу положення скіпа в момент підйому.

Таблиця 2.2 – Параметри точок в момент підйома скіпа.

n	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5		Точка 6		Точка 7	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1		21,5		24,0		26,5		24,5		27,0		27,5		31,5
2	4	23,0	5	25,5	6	26,0	7	22,5	8	27,5	9	24,5	10	28,0
3		22,5		27,0		27,5		25,0		28,5		26,0		28,0
Середнє значення		22,3		25,5		26,6		24		27,6		26		29,2

Будуємо графік залежності по середнім значенням для результатів з таблиці 2.2, також на графік додаємо лінію тренда.

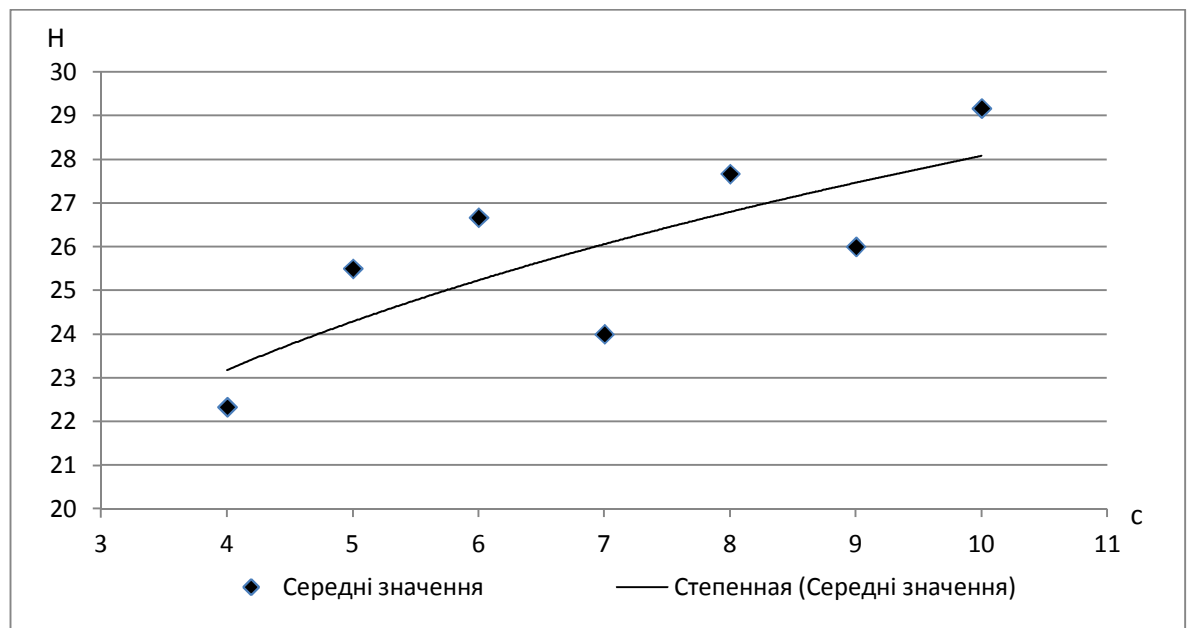


Рисунок 2.32 - Графік залежності $y=f(x)$, побудований по середнім значенням з додаванням лінії тренда.

Побудувавши графік, приступаємо до розпізнавання виду функціональної залежності. Для цього користуємося математичною довідковою літературою, де приводяться найрізноманітніші графіки і їх математичний опис.

Аналізуючи графік тренда бачимо що ця функціональна залежність має вигляд:

$$y(x) = ax^k \quad (2.7)$$

де a - постійний коефіцієнт;

k - ступінь.

Якщо є підстави вважати що це так, то приступають до визначення чисельних значень a й k . Якщо ж ні, то визначають вірогідність прийнятого виду функцій методом вирівнювання. Він полягає в припущенні що, між y та x існує залежність певного виду. Для нашого випадку необхідно перевести в логарифмічну форму, тобто

$$\lg y = \lg a + k \lg x \quad (2.8)$$

Для спрощення рішення задачі вводимо позначення:

$$\lg y = Y; \quad \lg a = A; \quad \lg x = X$$

тоді

$$Y = A + kX \quad (2.9)$$

Вивчення формули (2.9) показує, що його графічне зображення має пряму лінію, що не проходить через початок координат. Обчислюючи для заданих значень x , y , відповідні до значень X , Y і зображуючи їх графічно, легко відразу побачити, чи близька залежність між X і Y до лінійної (чи лягають відповідні точки приблизно на пряму лінію) і, отже, чи підходить обрана формула.

Для побудови графіка, користуючись таблицею 2.2, знайдемо логарифми необхідних величин (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Логарифми необхідних величин

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	Точка 7
x	4	5	6	7	8	9	10
X	0,6	0,7	0,78	0,85	0,9	0,95	1,0
y	22,3	25,5	26,6	24	27,6	26	29,2
Y	1,35	1,41	1,43	1,38	1,44	1,41	1,46

За даними таблиці 2.3 будемо графік (рисунок 2.33), прийнявши $A=0$ і $k=1$.

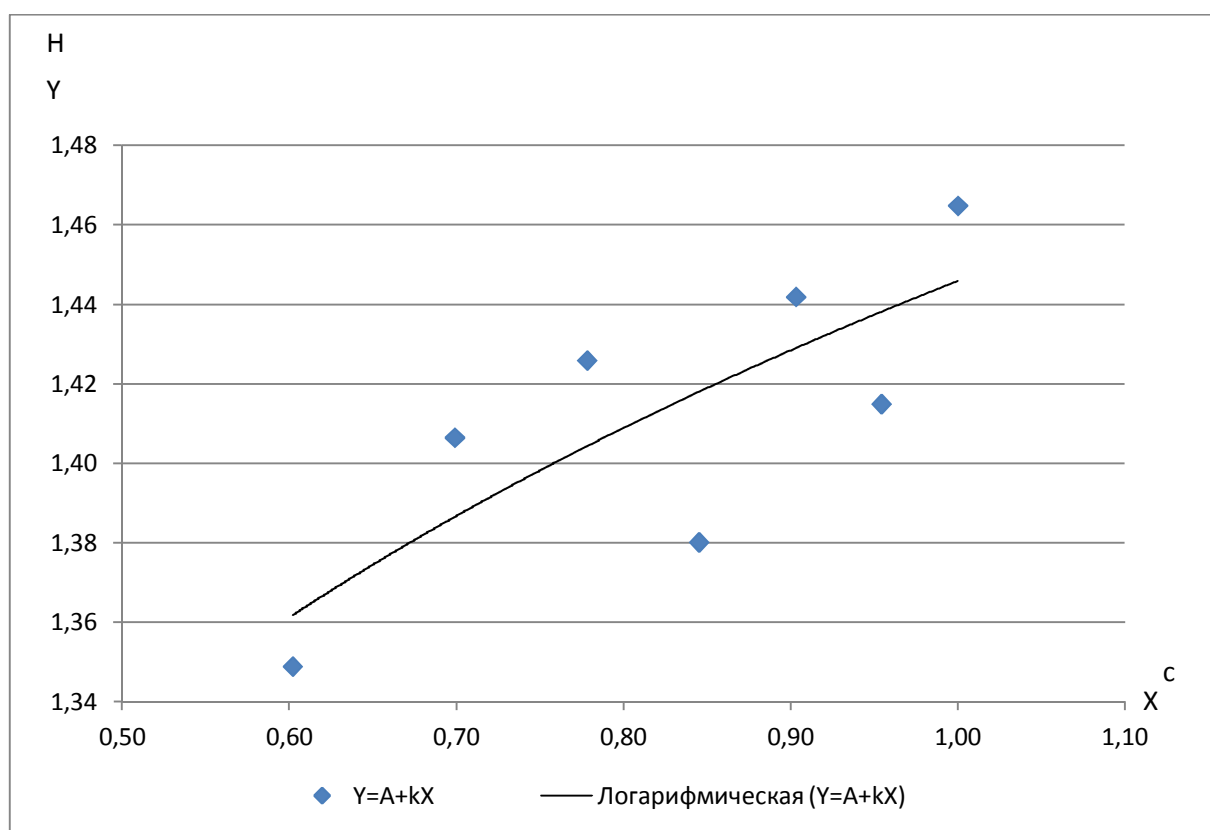


Рисунок 2.33 - Графік вирівнювання

Із графіка (рисунок 3.32) видно, що значення Y практично розташовуються дуже близько по значенням до прямої лінії, що дає підставу вважати правильним вибір виду функціональної залежності.

Спробуємо вивести функціональну залежність для визначення навантаження в канаті при підйомі порожнього скіпа на розвантажувальному шляху.

Для цієї мети використовуємо регресійний аналіз на основі методу найменших квадратів, відповідно до якого можна записати:

$$\sum_{i=1}^N (Y_i - A - kX_i)^2 = \min$$

Після диференціювання по А и k одержимо два рівняння:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N (Y_i - A - kX_i) &= 0 \\ \sum_{i=1}^N (Y_i - A - kX_i)X_i &= 0 \end{aligned} \right\}$$

або

$$\left. \begin{aligned} NA + k \sum_{i=1}^N X_i &= \sum_{i=1}^N Y_i \\ A \sum_{i=1}^N X_i + k \sum_{i=1}^N X_i^2 &= \sum_{i=1}^N Y_i X_i \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

Для полегшення розрахунків складаємо таблицю 2.4, куди вносимо значення елементів рівняння. Для цього використаємо середні значення зусиль в канаті скіпа в залежності від його розташування на розвантажувальному шляху в момент підйому (таблиця 2.2).

Таблиця 2.4 - Значення елементів рівняння

Ni	yi	xi	Yi=lg yi	Xi=lg xi	YiXi;	Xi ²
1	22,3	4	1.35	0.6	0.81	0.36
2	25,5	5	1.41	0.7	0.98	0.49
3	30,3	6	1.43	0.78	1.11	0.61
4	22,3	7	1.38	0.85	1.17	0.71
5	33,3	8	1.44	0.9	1.30	0.82
6	26	9	1.41	0.95	1.35	0.91
7	29,2	10	1.46	1	1.46	1
Сума:			9.88	5.78	8.19	4.9

Підставляємо відповідні значення параметрів (таблиці 2.4) у рівняння (2.10) одержимо:

$$\left. \begin{aligned} 7 \cdot A + k \cdot 5.78 &= 9.88 \\ A \cdot 5.78 + k \cdot 4.9 &= 8.19 \end{aligned} \right\}$$

Для можливості рішення цих рівнянь перемножимо перше з них на $(-5.78/7)$.

Тоді:

$$-7 \cdot A \frac{5.78}{7} - k \cdot 5.78 \frac{5.78}{7} = -9.88 \frac{5.78}{7}$$

Або $-5.78 \cdot A - k \cdot 4.77 = -8.15$

Складаємо це рівняння із другим рівнянням системи (2.10).

$$\begin{array}{r} -5.78 \cdot A - k \cdot 4.77 = -8.15 \\ A \cdot 5.78 + k \cdot 4.9 = 8.19 \\ \hline 0,000 + k \cdot 0,13 = 0,04 \end{array}$$

Звідси $k = 0,04/0,13 = 0.31$

Для знаходження A підставимо значення k в одне з рівнянь системи.

$$7 \cdot A + 0,31 \cdot 5.78 = 9,88$$

$$A = \frac{9,88 - 0,31 \cdot 5.78}{7} = 1.15$$

Тоді $a = 10^A = 10^{1.15} = 14.13$

Функціональна залежність буде мати вигляд:

$$y = 14.13 \cdot x^{0,31} \tag{2.11}$$

Після цього робимо обчислення для побудови на графіку математичної кривої:

$$y_1 = 14.13 \cdot 4^{0.31} = 21.71$$

$$y_2 = 14.13 \cdot 5^{0.31} = 23.27$$

$$y_3 = 14.13 \cdot 6^{0.31} = 24.62$$

$$y_4 = 14.13 \cdot 7^{0.31} = 25.82$$

$$y_5 = 14.13 \cdot 8^{0.31} = 26.92$$

$$y_6 = 14.13 \cdot 9^{0.31} = 27.92$$

$$y_7 = 14.13 \cdot 10^{0.31} = 28.84$$

На підставі цих обчислень будемо графік який містить нашу математичну криву (рисунок 2.34).

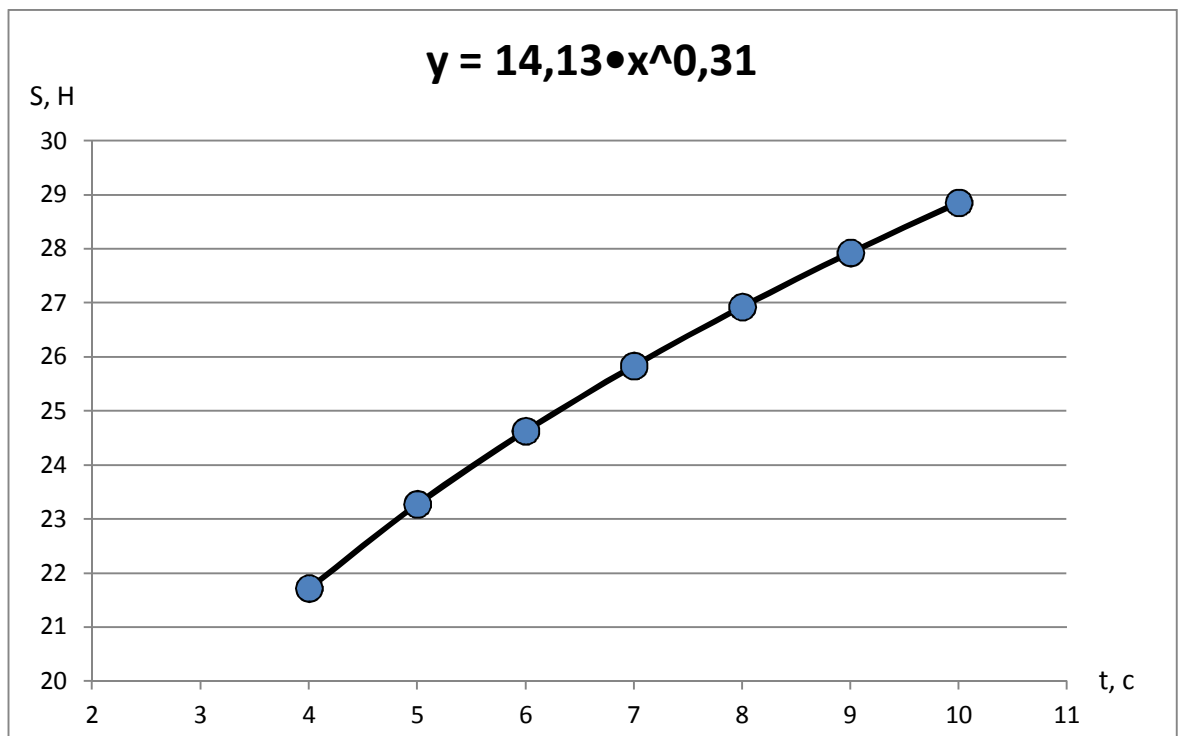


Рисунок 2.34 - Графік залежності $y = 14.31 \cdot x^{0.31}$ на підставі вираження (2.11).

Запишемо нашу функціональну залежність через досліджені параметри:

$y=S$ – зусилля натягу в канаті скіпа, а $x=t$ – час руху скіпа по розвантажувальному шляху:

$$S = 14.13 \cdot t^{0.31}$$

2.9 Визначення стійкості скіпа на похилій ділянці мосту

При проектуванні скіпового підйомника звертають увагу на забезпечення стійкості скіпа на прямолінійній ділянці, а також на перекидання й самоповернення його при русі на розвантажувальних кривих. Протягом усього шляхи переміщення скіпа не можна допускати негативних реакцій скатів, тобто обпирання ската на контррейки.

Стійкість скіпа буде забезпечена, якщо вектор сил (сумарної ваги скіпа G_c і матеріалу G_m), прикладений у центрі ваги, перетне лінію шляху на ділянці між реакціями сил передніх і задніх скатів F_p і F_z (рисунок 2,35, а), тобто якщо момент буде діяти в напрямку притиснення скіпа до рейок:

$$M = (G_c + G_m) h$$

Якщо ця умова не буде витримана, то при ослабленні каната скіп буде прагнути перекинутися навколо заднього ската.

При русі скіпа на розвантажувальній ділянці, крім позитивних реакцій у скатах (відсутність відриву скіпа від рейок), повинне бути забезпечений необхідний позитивний натяг каната й таке положення центру ваги системи, щоб при ослабленні каната сума всіх сил, що діють на скіп, створювала момент щодо миттєвого центру обертання O_3 , що виводить скіп убік похилого мосту.

Із цих умов найгіршим варіантом буде крайнє верхнє положення скіпа, що опускається, на розвантажувальних кривих (рисунок 2,35, б). Максимальний кут нахилу днища скіпа до горизонталі прийнято 60 град.

При ослабленні каната необхідно, щоб скіп опускався, долаючи опір руху скатів по рейках, а також вага двох канатів (довжиною від барабана скіпової лебідки до упряжі скіпа) і опір у блоках.

Момент сил опору навколо миттєвого центру обертання O_3 , тобто перетинання нормалей до рейок на розвантажувальних кривих у точці контакту зі скатами в розглянутому положенні:

$$M_c = F_3 l_3 + F_n l_n + P_{l_{\min}} l_k$$

Момент сили ваги, що повертає скіп у вихідне положення:

$$M = G_c l_d$$

Для повернення скіпа на розвантажувальних кривих після перекидання у вихідне положення необхідно забезпечити наступну умову $M > M_c$. Звичайне відношення $M / M_c \geq 2$.

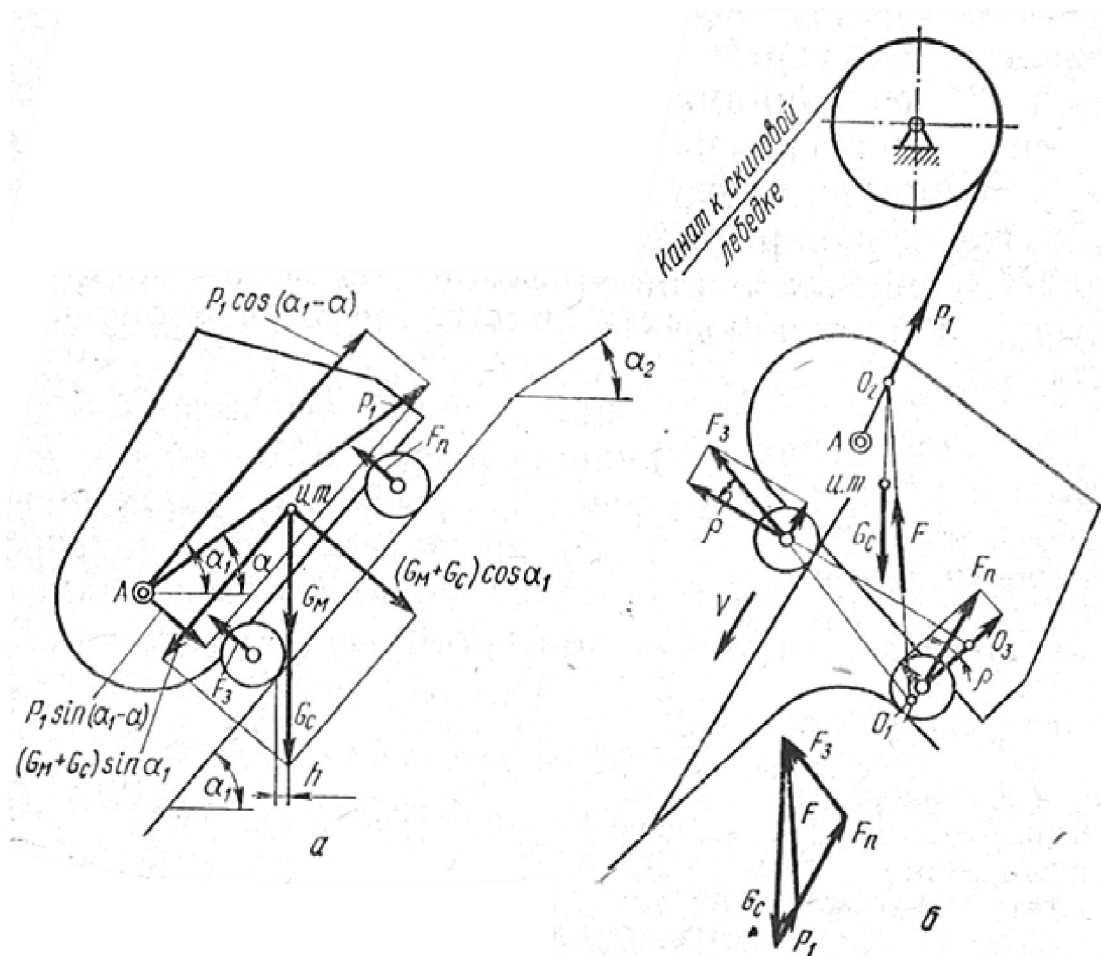


Рисунок 2.35 – Схема для визначення умов самоповернення скіпа

Аналізуючи діаграму (рисунок 2.36) робимо висновок що скіп на початку опускання призупиняється та застряє на розвантажувальних кривих, що вказує на невиконанні умови $M > M_c$ в даній моделі скіпового підйомника.

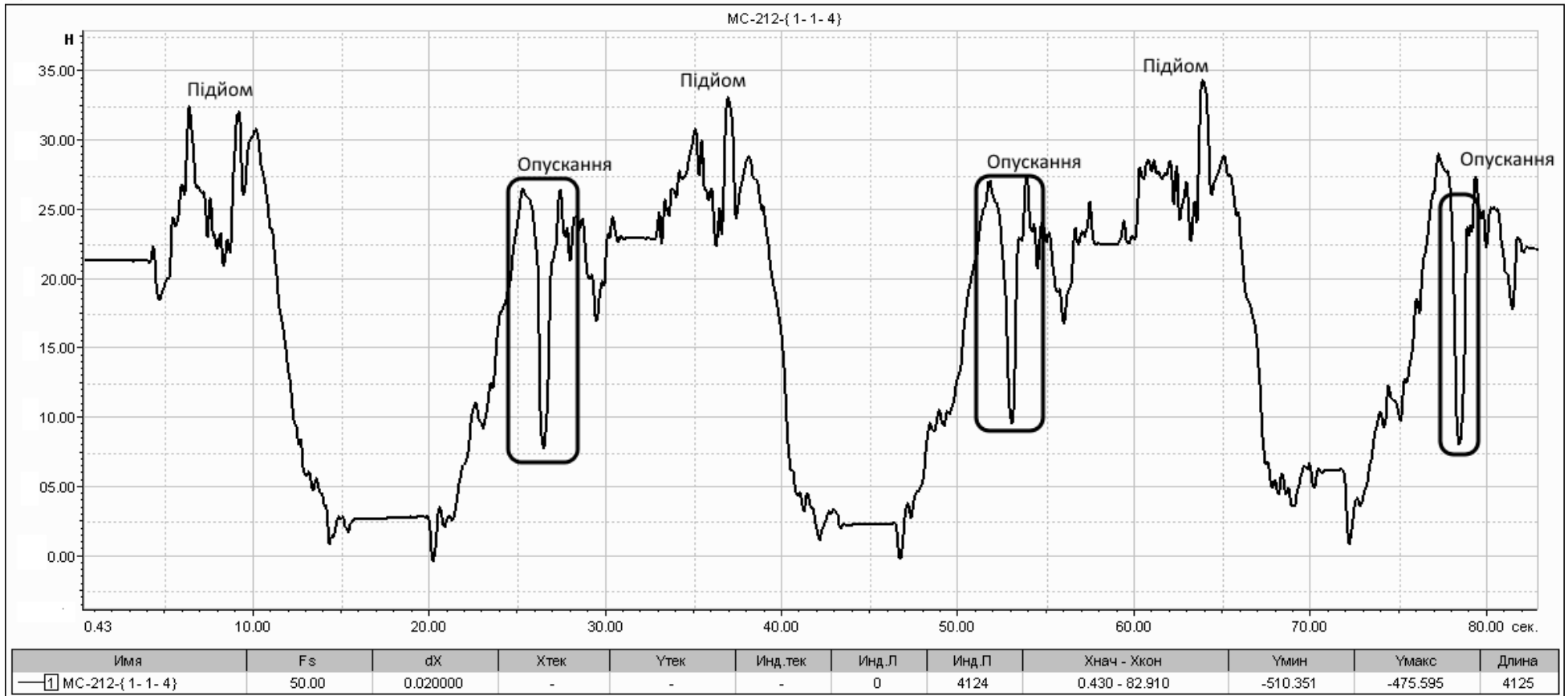


Рисунок 2.36 - Діаграма зусиль натягу каната при русі порожнього скіпа нагору й вниз лише на розвантажувальному шляху (обведено момент застрявання скіпа в момент опускання на розвантажувальних кривих).

2.10 Дослідження моментів опору обертанню воронки розподільника шихти шахтної печі

При завантаженні у воронку малого конуса матеріал розташовується в ній, утворюючи однобічний укіс, що приводить до нерівномірної товщини шару матеріалу у воронці. Поряд із цим, матеріал сортується по крупності, причому дріб'язок зосереджується на стороні висипання, а великі шматки - на протилежній стороні. Якби матеріал розвантажувався безпосередньо зі скіпа на великий конус, то він, опускаючись, завантажував би піч з однієї сторони дріб'язком, а із протилежної сторони великими шматками, причому рівень засипання дріб'язку перевищував би рівень засипання великих шматків. У результаті створився б неоднаковий опір проходу газів, а це не дало б можливості забезпечити нормальний хід печі.

Тому при нецентральному завантаженні (наприклад, у прийомну воронку із скіпів) виникає необхідність у застосуванні розподільників шихти. Найбільше поширення одержав обертовий по станціях розподільник, який складається з обертової воронки, закритої знизу малим конусом. Після вивантаження матеріалу з кожного скіпа воронка разом з конусом повертається на певні кути. Звичайно застосовують програму зі зміною кута повороту, воронки на 60° після кожної подачі скіпа. Повороти на 240° і 300° одержують, обертаючи воронку у зворотну сторону на 120° і 60° .

Для печей з підвищеним тиском на колошнику в основному застосовують розподільники із чепцевим ущільненням і навантаження від надлишкового тиску сприймається контрпорними роликами. Печі, що працюють на звичайному тиску, постачають розподільниками з водяним затвором і навантаження сприймається опорними роликами.

Модель розподільника шихти шахтної печі виконано в масштабі 1:10. Принципова схема розподільника наведено на рисунку 2.37. Дротові датчики наклеєні на проміжному валу (між кутовим і черв'ячним редукторами). Для з'єднання датчиків на обертовому валу з підсилювачем застосоване кільцеве струмоміромний пристрій. Мостова вимірювальна схема зібрана із чотирьох

робочих (активних) датчиків. Тарування роботи непрямим способом з використанням тарувальної балки й набору важків.

Знайдемо опір обертанню воронки розподільника розрахунковим шляхом.

Повний розрахунковий момент опору обертанню воронки:

$$M_{0(p)} = M_{\kappa} + M_{\epsilon} \quad (2.12)$$

де M_{κ} - момент тертя в упорному підшипнику й штанзі малого конуса, Н·м;

M_{ϵ} - момент, необхідний для обертання однієї воронки розподільника, Н·м.

Момент тертя в упорному підшипнику й штанзі малого конуса:

$$M_{\kappa} = P_{\kappa} \cdot \mu \cdot \frac{d_y}{2}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2.13)$$

де P_{κ} - зусилля в штанзі малого конуса, Н;

$\mu = 0,1$ – коефіцієнт тертя в упорному підшипнику малого конуса;

$d_y = 0,036\text{м}$ - діаметр упорного підшипника.

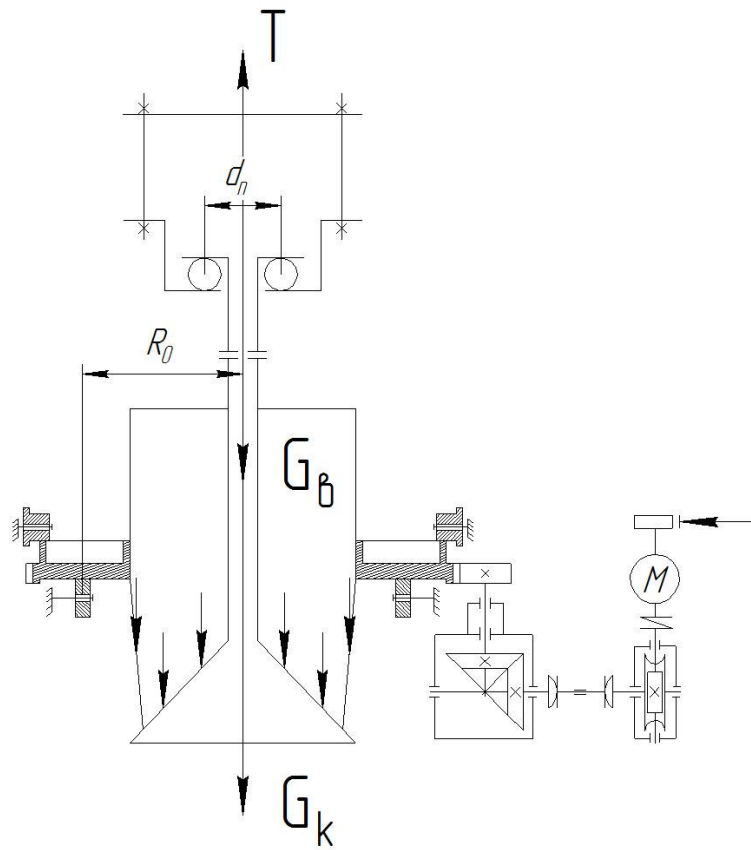


Рисунок 2.37 - Схема сил, що діють на розподільник шихти.

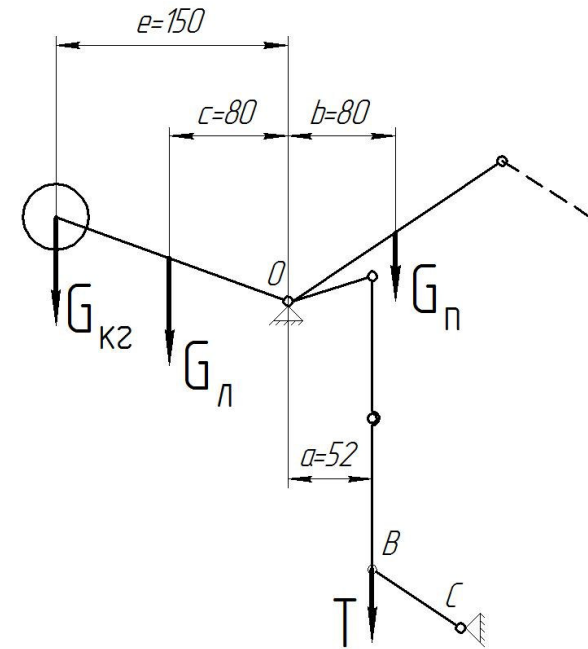


Рисунок 2.38 - Схема сил, що діють на балансир.

Зусилля в штанзі малого конуса:

$$P_k = T - 0,75Q - G_k \quad (2.14)$$

де T - зусилля в штанзі малого конуса створюване балансиром, Н;

$Q = 100\text{Н}$ - вага матеріалу завантаженого у воронку з одного скіпа.

$0,75$ – коефіцієнт, що показує, яка частина матеріалу, що завантажується, давить на конус;

$G_k = 63,5\text{Н}$ - вага конуса із трубчастою штангою й траверсою

Зусилля в штанзі малого конуса, створюване балансиром.

Виходячи з розрахункової схеми на рисунку 2.38 запишемо рівняння моментів:

$$\sum M_0 = 0; \quad T \cdot a - G_{кз} \cdot e - G_l \cdot c + G_n \cdot v = 0$$

звідки

$$T = \frac{G_{кз} \cdot e + G_l \cdot c - G_n \cdot v}{a} = \frac{107,5 \cdot 150 + 18 \cdot 80 - 12 \cdot 80}{52} = 319 \text{ Н}$$

де $G_{кз} = 107,5\text{Н}$ – вага контргруза балансира;

$G_l = 18\text{Н}$ – вага лівого плеча балансира;

$G_n = 12\text{Н}$ – вага правого плеча балансира;

a, e, c, v - плечі сил для початкового положення балансира при закритому малому конусі (з рисунка 2.38), мм.

Тоді по формулі (2.14):

$$P_k = 319 - 0,75 \cdot 100 - 63,5 = 180,5 \text{ Н}$$

по формулі (2.13):

$$M_k = 180,5 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,036}{2} = 0,325 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент, необхідний для обертання однієї воронки розподільника:

$$M_{\epsilon} = P_{\epsilon} \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot k}{D} \cdot c \cdot R_0 \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.15)$$

де P_{ϵ} – зусилля тиску воронки розподільника на опорні ролики, Н;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя підшипників опорних роликів;

$d = 0,01\text{м}$ – діаметр цапфи опорного ролика;

$k = 0,004$ - коефіцієнт тертя катання;

$D = 0,03\text{м}$ - діаметр опорного ролика;

$c = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує додаткове тертя в упорних роликах і перекося воронки;

R_0 - радіус опорного кільця по середині опорних роликів:

$$R_0 = \frac{D_0}{2} = \frac{0,285}{2} = 0,1425 \text{ м}$$

де $D_0 = 0,285\text{м}$ – діаметр опорного кільця по середині опорних роликів.

Зусилля тиску воронки розподільника на опорні ролики

$$P_{\epsilon} = G_{\epsilon} + 0,25Q - P_{\kappa} = 81 + 0,25 \cdot 100 - 180,5 = 74,5 \text{ Н} \quad (2.16)$$

де $G_{\epsilon} = 81\text{Н}$ – вага воронки разом з опорним кільцем і зубчастим вінцем;

Тоді по формулі (3.4):

$$M_{\epsilon} = 74,5 \cdot \frac{0,15 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,004}{0,03} \cdot 1,1 \cdot 0,1425 = 3,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По формулі (2.12) повний розрахунковий момент опору обертанню воронки складе:

$$M_{0(p)} = 0,255 + 3,69 = 3,945 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.11 Вимірювання крутних моментів

При вимірюванні дотичних напружень і крутних моментів робочі датчики наклеюють на вал під кутом 45° до осі та під кутом 90° один до одного. Вони одержують різні по знаку напруження: один датчик працює на стиск, другий – на розтягнення. Міст може бути складений з двох або чотирьох робочих датчиків. Схема розміщення тензодатчиків на валу показана на рисунку 2.39.

Для точного наклеювання тензодатчиків на вал по осям найбільших деформацій використовують трафарети з паперу або картону, котрі наклеюють на підготовлену поверхню.

Тарування тензодатчиків виконано прямим способом з послідовним навантаження моментом за допомогою тарувального важеля та вантажів відомої маси з записом в програму Recorder-3.0.5.17b розділ «Калібрування каналу №3».

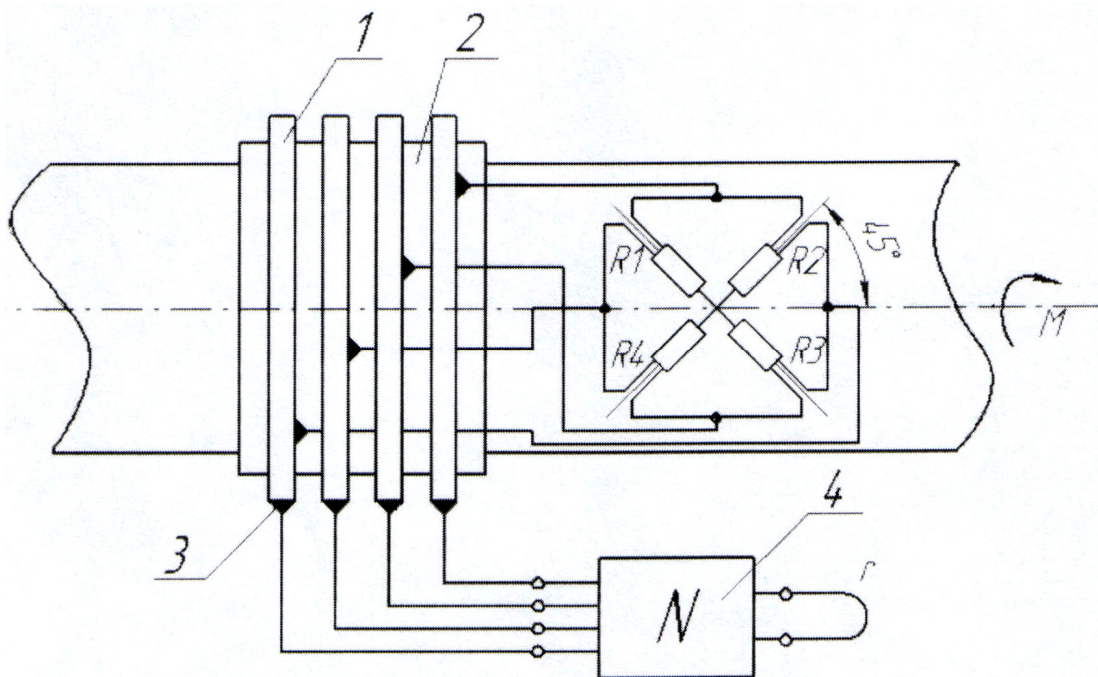


Рисунок 2.39 – Схема розташування тензодатчиків на валу

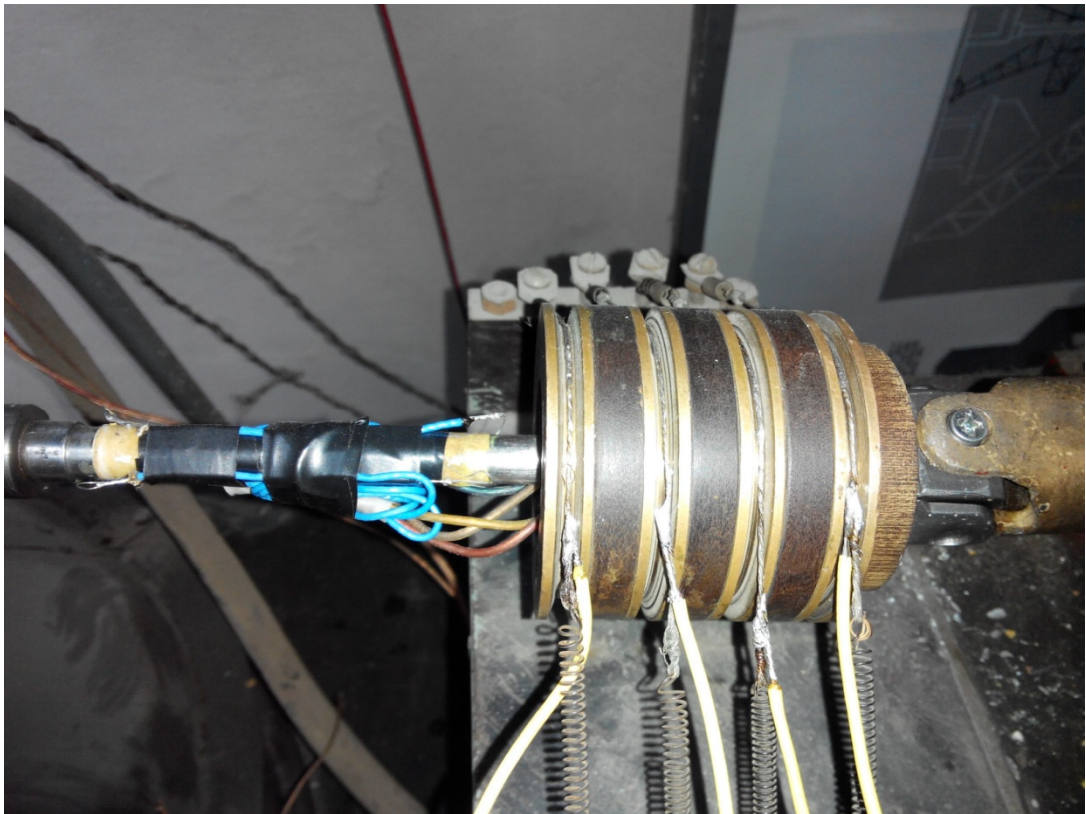


Рисунок 2.40 – Фотографія розташування тензодатчиків з контактними щітками.

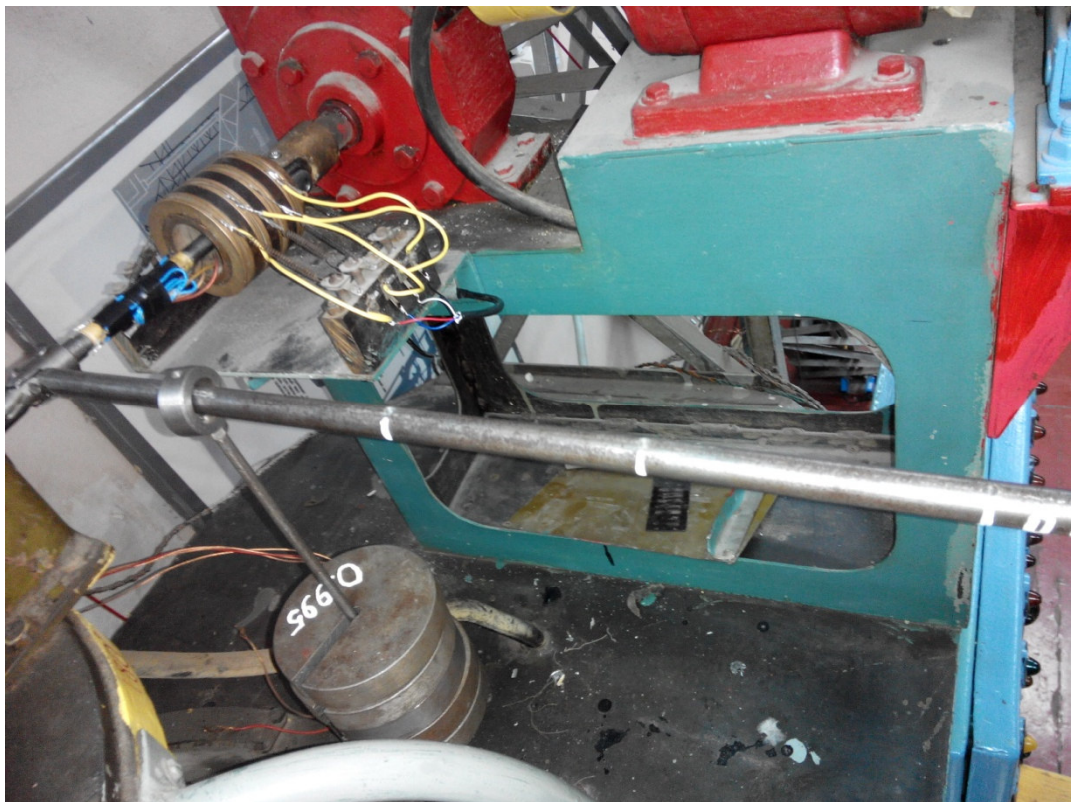


Рисунок 2.41 – Фотографія прямого тарування тензодатчиків.

Порядок проведення експерименту

1. Налаштовуємо обчислювально-вимірювальний комплекс МІС-212 та програму Recorder-3.0.5.17b на одночасний запис по двом каналам.
2. Зважену порцію матеріалу завантажуюмо у воронку обертового розподільника.
3. Вмикаємо привод розподільника шихта й записуємо крутні моменти при обертанні воронки.
4. Подальшу обробку файлів з діаграмами виконуємо в програмному комплексі WinPos-2.1.0.6-pro з отриманням діаграми крутних моментів (рисунок 2.42).

Обробка експериментальних даних

На діаграмі крутних моментів вибираємо три ординати – максимальну, середню й мінімальну та визначаємо відповідні моменти.

Момент наведений до осі обертання воронки можливо обчислити по формулі:

$$M_{0(\max)} = M_{\mathcal{E}(\max)} \cdot i_3 \cdot i_k \cdot \eta_3 \cdot \eta_k$$

$$M_{0(\text{cp})} = M_{\mathcal{E}(\text{cp})} \cdot i_3 \cdot i_k \cdot \eta_3 \cdot \eta_k$$

$$M_{0(\min)} = M_{\mathcal{E}(\min)} \cdot i_3 \cdot i_k \cdot \eta_3 \cdot \eta_k$$

де $i_3 = 12$ – передаточне число відкритої зубчастої циліндричної передачі;

$i_k = 1$ – передаточне число кінцевого редуктора;

$\eta_3 = 0,96$ – ККД відкритої зубчастої циліндричної передачі;

$\eta_k = 0,98$ – ККД кінцевого редуктора.

$$M_{0(\max)} = 5.1 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0.96 \cdot 0.98 = 57.6 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{0(\text{cp})} = 5.1 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0.96 \cdot 0.98 = 47,4 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{0(\min)} = 3.2 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0.96 \cdot 0.98 = 36,1 \text{ H} \cdot \text{м}$$

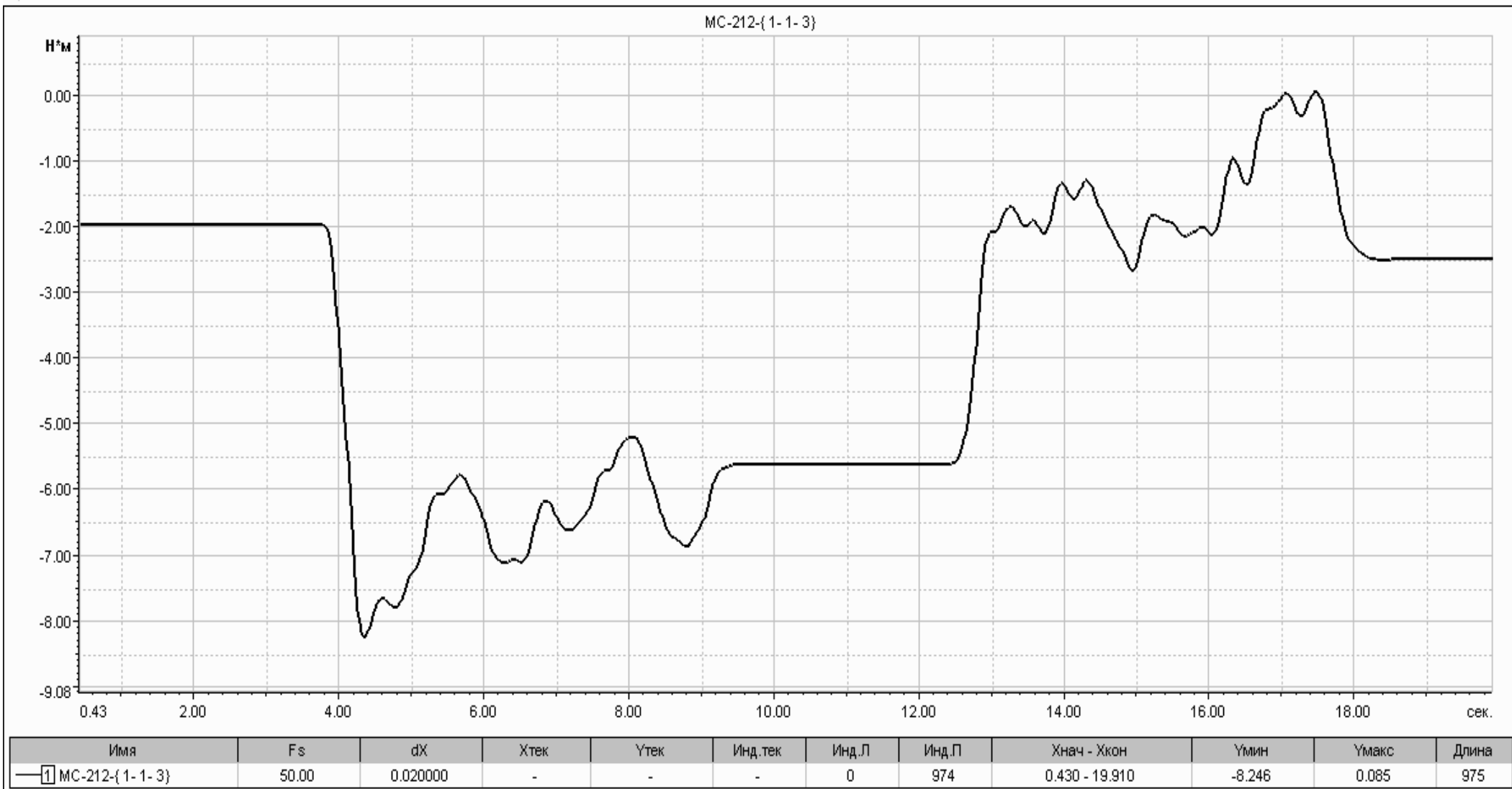


Рисунок 2.42 - Диаграмма крутных моментов

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлення з обладнанням доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь», показало що одним із «вузьких місць» є скіповий підйомник та розподільник шихти.

2. Проведення експериментів на фізичній моделі доменної печі на кафедрі МО, показало що проблемним місцем скіпового підйомника є розвантажувальних шлях. Співставлення експериментальних зусиль, що діють в канаті під час руху скіпа з розрахунковими даними показує незначне відхилення яке складає 5,6%.

Похибка величини перебуває в межах норми ($\pm 10\%$).

Використовуючи регресійний аналіз на основі методу найменших квадратів отримали функціональну залежність між зусиллям натягу в канаті скіпа та його часом руху по розвантажувальному шляху.

Аналіз діаграм навантажень показує що скіп на початку опускання призупиняється та сповільнюється на розвантажувальних кривих, що вказує на існування умов при яких не виконуються умови само-повернення, що пов'язано з налипанням матеріалу та потраплянням шихти на рейки.

Також в дослідницькій частині проведень дослідження крутних моментів приводу розподільника шихти. Отримані осцилограми показують наявність нестійкого періоду роботи та коливанням навантажень під час обертання воронки.

3. В прикладній частині розраховано енергосилові параметри розподільника шихти трьох конусного завантажувального пристрою доменної печі №2, вибір електродвигуна, редуктора, гальма, муфти. Розраховано зусилля в кінчному зачепленні, розрахунок швидкісного вала кутового редуктора, геометричний розрахунок зубчатої передачі механізму обертання воронки.

Список використаних джерел

1. Машины и агрегаты металлургических заводов В 3 т. Т. 1. Машины и агрегаты доменных цехов: учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1987. - 440 с.
2. Методические указания к лабораторному практикуму «Оборудование для производства металлов и сплавов» по дисциплине «Механическое оборудование металлургических заводов» для студентов специальности 0572, 0573, и 1703 / Сост. А.Я. Жук, Н.В. Коваль, И.Ю. Кутина – Запорожье: ЗИИ, 1989. -92с.
3. Паспорт діючої моделі засипного пристрою доменної печі призначеного для проведення лабораторних і дослідницьких робіт. -Запоріжжя. 1964.
4. Проблеми та напрямки подальшого розвитку металургійного обладнання. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів ЗДІА всіх форм навчання за спеціальністю 8.05050311 «Металургійне обладнання» / Укл.: Малишев Г.П., Таратута К.В., Власов А.О.– Запоріжжя, 2014. – 106с.
5. Комплекс измерительно-вычислительный МІС. Руководство по эксплуатации. БЛИЖ 40 1250.001. РЭ. НПП «Мера», 2009. -146с.
6. Recorder. Программа управления комплексом МІС. Руководство пользователя. Редакция 2. НПП «Мера», г. Королев, 2005. -116 с.
7. WinПОС. Пакет Обработки Сигналов. Руководство пользователя. Издание второе (2.8). НПП «Мера», г. Королев -2007. – 172с.
8. Н.С. Щиренко «Механическое оборудование доменных цехов», Москва 1962г.

9. В.И. Анурьев «Справочник конструктора-машиностроителя», том 1 Москва «Машиностроение», 1980г.
10. В.И. Анурьев «Справочник конструктора-машиностроителя», том 2 Москва «Машиностроение», 1980г.
11. Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев, Ю.С. Юсфин, И.Ф. Курунов, А.Е. Пареньков, П.И. Черноусов «Металлургия чугуна: 3-е издание, переработанное и дополненное», ИКЦ «Академкнига», 2004г
12. Кожемякін Г.Б. Охорона праці та техногенна безпека. Методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт – Запоріжжя, ЗДІА, 2012р.
13. Охорона праці і промислова безпека. Навчальний посібник / К.Н. Ткачук та інші, К.: Основа 2009р.
14. Охрана труда в черной металлургии / Бринза В.Н., Зинковский М.М., М.: металлургия 1982р.
15. Охрана труда и производственная безопасность / Роздорожний А.А., М.: Экзамен 2006р.
16. <http://www.dnop.kiev.ua> – Офіціальний сайт Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду.
17. Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007р. Система менеджменту охорони праці. Вимоги.