МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

К.В. Таратута, А.О. Власов, О.С. Воденнікова

МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ЗАВОДІВ: ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Методичні рекомендації
до лабораторних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № 12 від 28.05.2024р.

Запоріжжя
2024

УДК 669.01
Т191

Таратута К. В., Власов А. О., Воденнікова О.С. Металургійне обладнання металургійних заводів : обладнання для виробництва металів і сплавів : методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2024. 74 с.

У методичних рекомендаціях подано зміст лабораторних занять, основні вимоги до завдань і звіту за результатами їх виконання.

Видання призначене для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування».

Рецензент
Й. К. Огінський, доктор технічних наук, професор кафедри металургійного обладнання Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск
І. А. Шевченко, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металургійного обладнання Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 4
1 КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО ТАРУВАННЯ ЗУСИЛЬ ТА КРУТНИХ МОМЕТІВ…… 6
2 ІНСТРУКЦІЯ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ……. 12
2.1 Загальні положення…….. 12
2.2 Вимоги безпеки перед початком проведення лабораторних занять…… 12
2.3 Вимоги безпеки під час проведення лабораторних занять……... 13
2.4 Вимоги безпеки після закінчення проведення лабораторних занять…… 13
2.5 Вимоги техніки безпеки в надзвичайних ситуаціях……... 13
3 ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ……. 16
3.1 Лабораторне заняття №1 Дослідження зусиль натяту в канатах скіпового похилого підйомника…… 16
3.2 Лабораторне заняття №2 Дослідження моментів опору обертанню воронки розподільників шихти шахтної печі…… 25
3.3 Лабораторне заняття №3 Дослідження тиску матеріалу на конуси та зусилля натягу в канатах балансирів двоконусного завантажувального пристрою шахтної печі…….. 30
3.4 Лабораторне заняття №4 Дослідження перекидних моментів вертикального конвертора та визначення раціонального положення осі його обертання……..... 36
3.5 Лабораторне заняття №5 Дослідження силових параметрів механізму нахилу дугової сталеплавильної печі…….. 43
3.6 Лабораторне заняття №6 Дослідження та визначення оптимального розташування цапф конічного розливного ковша……..... 49
3.7 Лабораторне заняття №7 Дослідження перехідних моментів ковша та зусиль натягу в канатах кантувального пристрою розливної машини…….. 54
4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ……..... 63
4.1 Контрольні питання до лабораторного заняття №1……..... 63
4.2 Контрольні питання до лабораторного заняття №2……..... 64
4.3 Контрольні питання до лабораторного заняття №3…… 64
4.4 Контрольні питання до лабораторного заняття №4……... 65
4.5 Контрольні питання до лабораторного заняття №5……..... 66
4.6 Контрольні питання до лабораторного заняття №6…… 67
4.7 Контрольні питання до лабораторного заняття №7…… 68
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА……..….. 70
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА…… 71

ВСТУП

Дисципліна «Металургійне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів» є однією із основних спеціалізованих дисциплін, що розглядає конструкцію та методику розрахунку обладнання для виробництва металів і сплавів.

Основна **мета дисципліни** – підготовка фахівця для виробничої, проєктно-конструкторської і дослідницької діяльності в сфері створення, удосконалення та експлуатації механічного обладнання металургійних заводів.

Основними **завданнями** вивчення **дисципліни** є оволодіння здобувачами питаннями призначення, будови та умов роботи металургійного обладнання, виявлення його позитивних та негативних якостей, основ механіки машин та розрахунків металургійного обладнання і його техніко-економічних показників.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

– **знати:** призначення, будову, принцип дії, характеристики, позитивні і негативні якості, методи аналізу і досліджень та методики розрахунків механічного обладнання, вивчення якого передбачено програмою.

– **вміти:** зарисовувати схеми, проєктувати та конструювати механічне обладнання, виконувати необхідні розрахунки, оцінювати технічний стан та аналізувати умови й режими роботи машин і агрегатів, обґрунтовано давати пояснення щодо використаних в машинах типів приводів і передач, оцінювати металургійні агрегати з економічного погляду і грамотно обґрунтовувати необхідне природоохоронні заходи, давати оцінку устаткуванню стосовно ресурсозбереження.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Металургійне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів» здобувач повинен набути таких **результатів навчання (компетентностей):**

– Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем галузевого машинобудування.

– Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.

– Критичне осмислення наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для професійної діяльності в сфері галузевого машинобудування.

– Здатність застосовувати і інтегрувати знання на основі розуміння інших інженерних спеціальностей.

– Здатність застосовувати наукові і інженерні методи, а також комп’ютерне програмне забезпечення для вирішення типових та комплексних завдань галузевого машинобудування за спеціалізацією, у тому числі в умовах невизначеності.

– Усвідомлення характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації.

– Здатність управляти комплексними діями або проектами відповідно до спеціалізації для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, у тому числі пов’язаних із виробництвом,

експлуатацією, технічним обслуговуванням та утилізацією.

– Здатність забезпечувати якість продукції.

– Усвідомлення вимог до діяльності в сфері спеціалізації, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

– Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у галузевому машинобудуванні, а також впроваджувати ресурсозберігаючі технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.

Навчальна дисципліна «Металургійне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів» продовжує фахову підготовку здобувача і базується на знаннях, отриманих при вивченні таких дисциплін, як: «Основи конструювання», «Деталі машин», «Теорія машин і механізмів», «Підйомно-транспортні машини» та ін.

Лабораторні заняття є важливою складовою частиною засвоєння навчального матеріалу з дисципліни «Металургійне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів». Видання допоможе здобувачам засвоїти сім тем, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни «Металургійне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів»:

– дослідження зусиль натяту в канатах скіпового похилого підйомника;

– дослідження моментів опору обертанню воронки розподільників шихти шахтної печі;

– дослідження тиску матеріалу на конуси та зусилля натягу в канатах балансирів двоконусного завантажувального пристрою шахтної печі;

– дослідження перекидних моментів вертикального конвертора та визначення раціонального положення осі його обертання;

– дослідження силових параметрів механізму нахилу дугової електропечі;

– дослідження та визначення оптимального розташування цапф конічного розливного ковша;

– дослідження перехідних моментів ковша та зусиль натягу в канатах кантувального пристрою розливної машини.

1 КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО ТАРУВАННЯ ЗУСИЛЬ ТА КРУТНИХ МОМЕНТІВ

Одним серед основних питань при підготовці та проведенні дослідів є тарування реєстрованих параметрів. Методика виконання тарування має бути продумана дуже ретельно, тому що від її якості повністю залежать результати експерименту. Тарування є визначення істинних значень параметрів, що досліджуються, записаних на стрічку осцилографа, приладу, що сам пише, або ноутбук через вимірювально-обчислювальний комплекс, наприклад МІС-018.

Тарування буває пряме та непряме. Пряме тарування виконується у тому випадку, коли вимірювання параметрів відбувається за допомогою перетворювачів (силовимірювачів, мездоз, датчиків тиску та інші), які можуть бути зняті і навантажені відомим за величиною зусиллям (прикладання вантажу, дія пресом та підключення до пневматичної чи гідравлічної мережі для датчиків тиску). При цьому міра підсилення підсилювача та параметри приладу, що реєструє, мають бути такими ж, що і при записі робочих осцилограм. Прямому таруванню можуть підлягати також досліджувані деталі механізму з тензомостом, якщо їх можливо тимчасово зняти та навантажити відомим за величиною зусиллям. Навантаження виконується ступінчасто. Показання приладу записуються на стрічку осцилографи або на ноутбук через цифровий реєструючий пристрій МІС-018-3, утворюючи ступінчасту тарувальну осцилограму (рис. 1.1 а). На осцилограмі вимірюються ординати, мм: y_1, y_2, y_3,…y_n. За сукупністю значень P та y будується тарувальний графік (рис. 1.1 б). При вірно налаштованій апаратурі графік має бути лінійним. Масштаб зусиль визначимо за формулою, Н/мм:

$$m = \frac{P_{T1} + P_{T2} \ldots + P_{TN}}{y_1 + y_2 + \ldots + y_n} \quad .$$

У випадку не лінійності показань користуватись при обробці осцилограм масштабом не можна, необхідно застосовувати тільки тарувальний графік.

При таруванні силовимірювачів, мездоз та деталей за допомогою гідропреса тарувальні зусилля мають бути визначені за формулою:

$$P_{T1} = p_1 \cdot F \cdot k;$$

$$P_{T2} = p_2 \cdot F \cdot k;$$

$$P_{T3} = p_3 \cdot F \cdot k,$$

де p_1, p_2, … p_n – тиск робочої рідини в циліндрі гідропреса, який визначається за манометром, МПа;

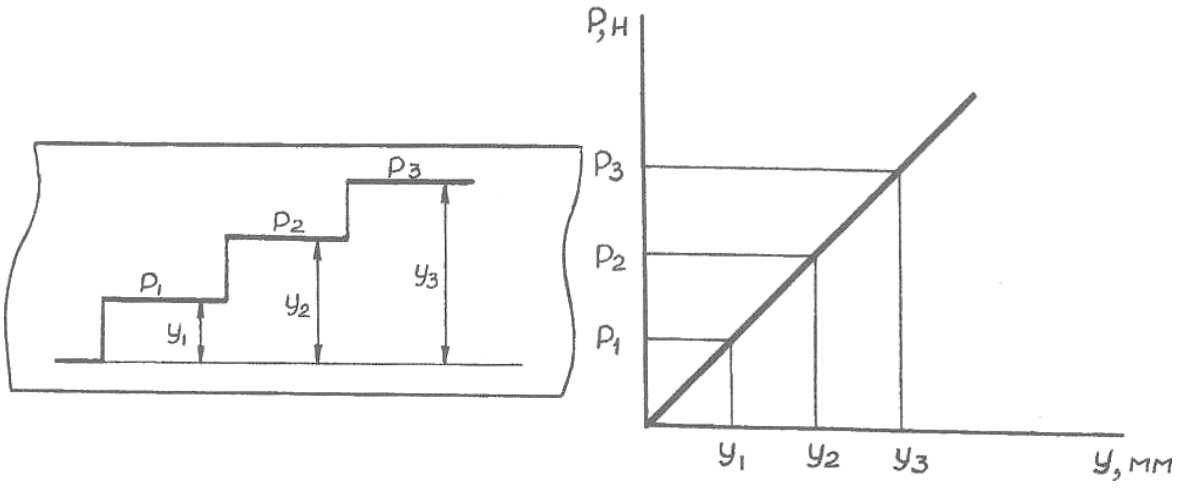
F – площа плунжера, м^2;

k – коефіцієнт, який враховує втрати на тертя в ущільненнях гідроциліндра.

Визначення масштабу зусиль та побудову тарувального графіка $P = f(y)$ виконують так, як це викладено вище.

Прямому таруванню віддається перевага, проте, якщо його не можливо виконати, тарують непрямим шляхом.

Непряме тарування має відбуватись за допомогою тарувальних балок чи спеціальних пристроїв, які мають вигляд невеликого відрізка деталі, що досліджується.



а б

а – тарувальна осцилограма; б – тарувальний графік

Рисунок 1.1 – Тарувальна осцилограма та тарувальний графік

Тарувальні балки бувають, взагалі, трьох видів (рис. 2).

В тарувальній балці (рис. 1.2, а) використовується брус однакового опору, котрий кріпиться консольно до несучої стійки, а в балці (рис. 1.2, б) – брус з постійним поперечним перерізом. В обох випадках поверхня балки має постійну відносну деформацію, яка на рівні решітки тензодатчика визначається за формулою:

для бруса рівного опору:

$$\varepsilon = \frac{12 \cdot P \cdot I \cdot h}{E \cdot b \cdot H^3} \ ;$$

для бруса з постійним поперечним перерізом:

$$\varepsilon = \frac{8 \cdot h}{I^2} \cdot f \ ,$$

де P – зусилля тяжіння тарувального вантажу, Н;

l – довжина бруса, м;

h – відстань від нейтральної осі бруса до решітки тензодатчика, м;

b – ширина бруса біля основи, м;

H – товщина бруса, м.

Більш розповсюджені балки, в котрих датчики наклеюють на вертикальну стійку, яка зазнає постійні згинальні моменти по всій її висоті (рис. 2, а).

Параметри такої балки (переріз стійки, довжину консолі, масу змінних вантажів) іноді підбирають таким чином, що при послідовному навантаженні у стійці виникають згинальні напруження, МПа:

$$\sigma_{\delta 1} = 10;\ \sigma_{\delta 2} = 20;\ \sigma_{\delta n} = n \cdot \sigma_{\delta 1},$$

де n – число вантажів.

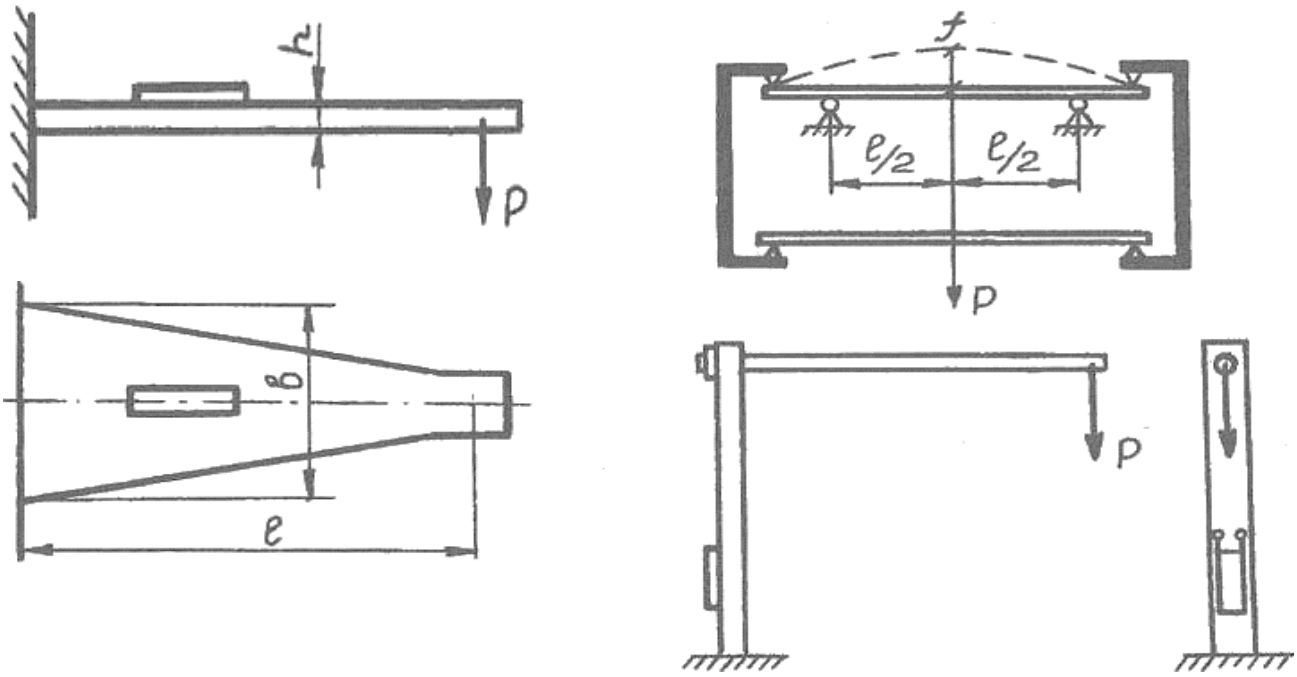


Рисунок 1.2 – Конструкції тарувальних балок

Такою балкою дуже зручно користуватись при виконанні експериментальних досліджень.

При непрямому таруванні датчики балки і деталі, що досліджується, мають бути однаковими за омічним опором та базою, вибрані із однієї партії і наклеєні одним і тим же способом.

Після запису осцилограми навантажень до апаратури, що реєструє, підключають тарувальну балку, записують тарувальну осцилограму і знаходять тарувальні зусилля:

$$P_{T1} = \sigma_{\delta 1} \cdot F;\ P_{T2} = \sigma_{\delta 2} \cdot F;\ P_{TN} = \sigma_{\delta 1} \cdot n \cdot F,$$

де P – площа поперечного перерізу деталі в місці наклейки тензодатчиків.

Якщо навантаження сприймають дві деталі, то необхідно у вираз підставити їх загальну площу перерізу F.

Побудову тарувального графіку $P = f(y)$ і знаходження масштабу зусиль m виконують аналогічно тому, як це було при прямому таруванні.

При безпосередньому наклеюванні тензодатчиків на вал, що досліджується, тарування крутних моментів виконують, як правило, непрямим способом, тому що вал механізму неможливо навантажувати тарувальними моментами. Після запису осцилограми крутних моментів досліджуємого

механізму до підсилювача підключають тарувальну балку і записують тарувальну осцилограму з ординатами y_1, y_2, y_n та напруженням в балці $\sigma_{\delta 1}$, $\sigma_{\delta 2}$, $\sigma_{\delta n}$.

Тарувальні дотичні напруження:

$$\tau_1 = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta 1};\ \tau_2 = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta 2};\ \tau_n = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta n},$$

де 0,9 – поправочний коефіцієнт при переході від нормальних до дотичних напружень.

Тарувальні крутні моменти визначають так:

$$M_1 = \tau_1 \cdot W_{кр} = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta 1} \cdot 0{,}2 \cdot d^3;$$

$$M_2 = \tau_2 \cdot W_{кр} = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta 1} \cdot 0{,}2 \cdot d^3;$$

…

$$M_n = \tau_n \cdot W_{\text{кр}} = 0{,}9 \cdot \sigma_{\delta n} \cdot 0{,}2 \cdot d^3,$$

де $W_{кр}$ – момент опору валу в місці наклеювання тензодатчиків;

d – діаметр валу в місці наклеювання датчиків.

Для порожнистих валів момент опору вала:

$$W_{\text{кр}} = 0{,}2 \cdot d^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_1}\right)^4\right],$$

де d_0 – діаметр отвору вала.

Масштаб крутних моментів:

$$m_M = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + \ldots + M_n}{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n}\ .$$

Крива моментів на осцилограмі одночасно є кривою змінення дотичних напружень:

$$m_\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \ldots + \tau_n}{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n}\ .$$

Тарування переміщень, швидкостей, прискорень, вібрацій та інших параметрів виконується таким же чином [1, 2].

Використання цифрового вимірювального комплексу

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 MIC-018-3 включає приладовий корпус, у якому встановлені: вимірювальні модулі; контролер; блок живлення. Комплекс включає модулі на 32 вимірювальні канали. Роботою вимірювального модуля управляє контролер, підключений до зовнішньої ПЕОМ (ноутбука) у вигляді цифрового інтерфейсу .



а б

а – схема з'єднання тензометричних датчиків; б – загальний вид комплексу MIC–018–3

Рисунок 1.3 – Схема апаратури, що реєструє

Для управління вимірювальним комплексом MIC–018 використовується програма MIC Recoder. Інтерфейс програми представлено на рис. 1.4.

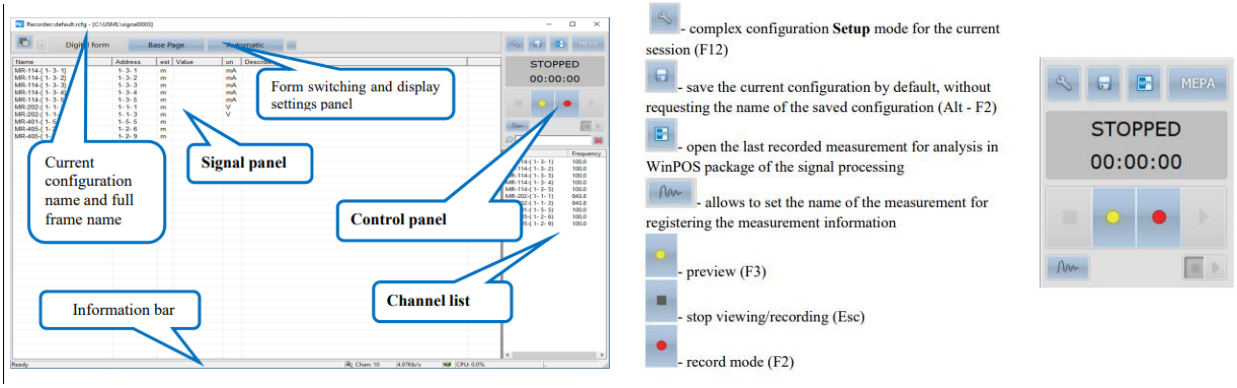


Рисунок 1.4 – Інтерфейс та кнопки керування програми керування MIC Recoder

Програмне забезпечення WinПОС для обробки вимірюваних даних встановлюється на ноутбук і має загальний вид відображення представлений на рис. 1.5.

Програмний продукт WinПОС призначений для обробки вимірювальної інформації за допомогою стандартних математичних та статистичних алгоритмів, графічного представлення даних та документування.

Під час запуску WinПОС створює сторінку з порожнім графіком. Нові сторінки з графіками також створюються автоматично для результатів розрахунків та при перенесення сигналу або папки до дерева графіків.

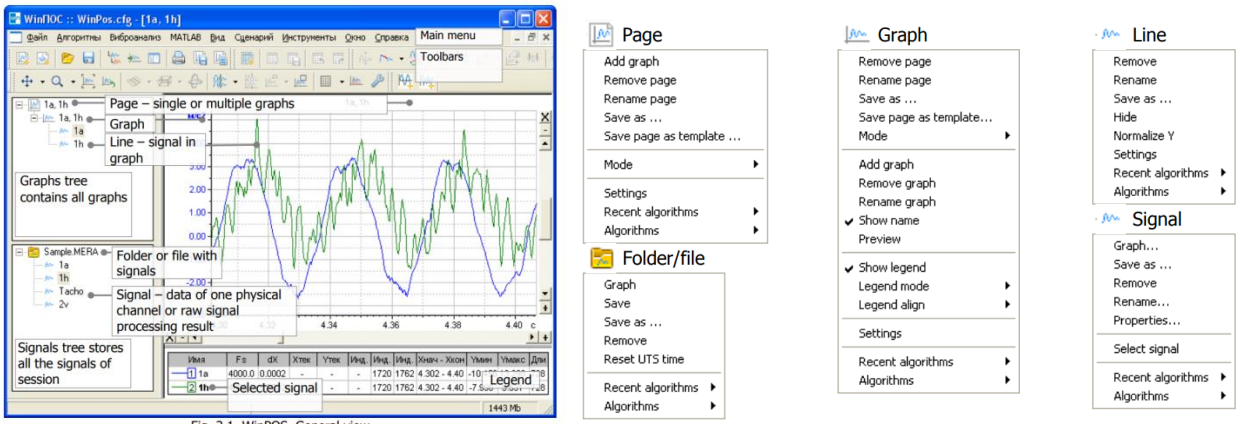


Рисунок 1.5 – Загальний вид інтерфейсу та контекстного меню

Найпростіший і найзручніший спосіб побудови графіка сигналу у WinПОС – перетягнути мишкою сигнал із Дерева сигналів у поле графіка або в Дерево графіків (Натисніть ліву кнопку мишки на імені сигналу, перемістіть курсор у область відтворення графіка, відпустіть кнопку). Для керування графіками (рис. 1.6) користуються панелями інструментів, меню Інструменти та контекстним меню.

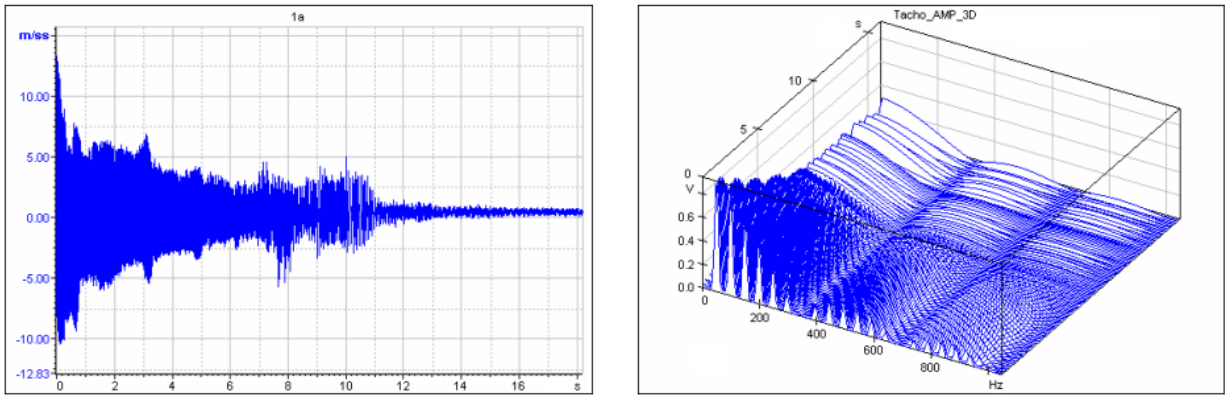


Рисунок 1.6 – Двовимірні та тривимірні графіки вимірювальних параметрів

Декілька сигналів можна помістити в один графік або створити декілька графіків на одній сторінці (рис. 1.7).

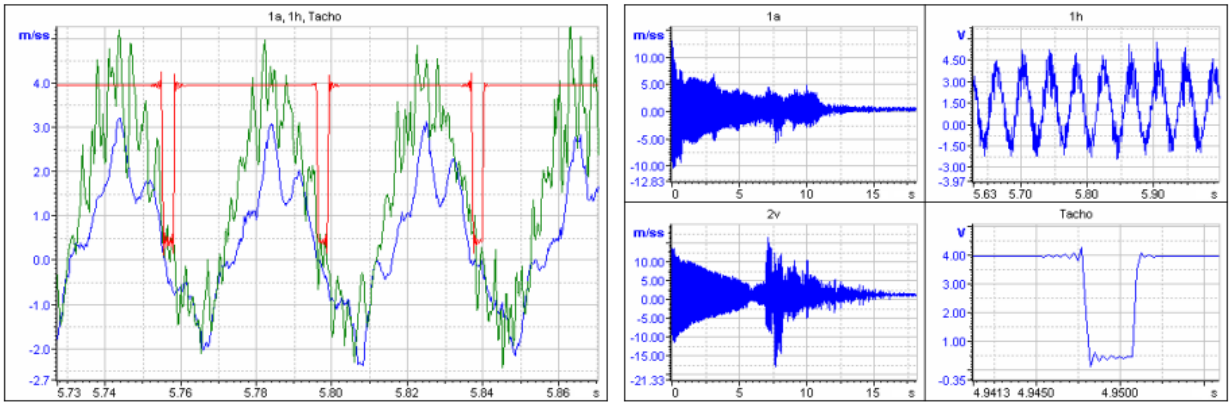


Рисунок 1.7 – Об’єднані графіки сигналу у програмі WinПОС

2 ІНСТРУКЦІЯ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

2.1 Загальні положення

Під час перебування в навчальних лабораторіях ЗНУ здобувач вищої освіти зобов'язаний:

– дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку та здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт під час перебування на території ЗНУ;

– знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

– знати, що забороняється знаходження на території ЗНУ особам, які перебувають у стані алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння або під впливом заборонених лікарських препаратів.

Здобувач несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Під час знаходження в навчальній лабораторії при роботі на лабораторній установці до роботи слід допускати осіб, що мають допуск до роботи на лабораторних установках з електроприводом та 1 групу електробезпеки.

Слід виконувати роботи в навчальній лабораторії кафедри тільки з дозволу адміністрації (завідувача кафедри, завідувача навчальної лабораторії).

Слід виконувати тільки ту роботу, яка передбачена інструкцією та методичними рекомендаціями до лабораторних занять і дозволена керівником роботи.

Небезпечними та шкідливими факторами при роботі на лабораторних установках (моделях) є:

– наявність обертових і рухомих деталей та елементів;

– відсутність захисних огороджень в зв'язку з необхідністю забезпечення наочності будови роботи моделі;

– електропривод напругою 220/380 В;

– використання в роботі мілко кускової шихти, схильної до пилоутворення при тривалому використання.

Безпечне проведення роботи забезпечується:

– використанням роботи на безпечній відстані від рухомих та обертових деталей та елементів моделі;

– заземленням металоконструкцій та електропривода моделі;

– періодичною заміною шихти;

– дотриманням правил електробезпеки;

– дотриманням дисципліни (уважність і обережність в роботі);

– роботою в охайному одязі та взутті, з підібраним волоссям.

В умовах роботи в начальній лабораторії слід дотримуватися наступних нормативних документів:

– ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень;

– ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення;

– ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва;

– НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні;

– ДСТУ EN 54-27:2021. Системи пожежної сигналізації та оповіщування;

– НРБУ-97/Д-2000. Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення;

– ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення;

– ДСТУ prEN 12937-2002. Безпечність машин. Технічні правила та вимоги до підіймально-транспортних засобів (prEN 12937:1997, IDT);

– ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення;

– ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць;

– ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку;

– ДСН 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань;

– ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації;

– ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів;

– ДСТУ 7095:2009. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення у надзвичайних ситуаціях. Основні положення;

– ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація;

– ПУЕ:2017. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання).

2.2 Вимоги безпеки перед початком проведення лабораторних занять

Вимоги безпеки перед початком проведення лабораторних занять:

– привести в порядок одяг, застібнутись, підібрати волосся;

– підготувати робоче місце для безпечної роботи, прибрати сторонні предмети;

– перевірити наявність та справність заземлюючих пристроїв;

– підготувати до роботи шихту, терези, гирі, вимірювальний інструмент;

– ввімкнути електропостачання моделі і впевнитись, що її пуск не загрожує небезпекою;

– вмикання і вимикання моделі виконувати кнопками «пуск» і «стоп».

– перевірити роботу лабораторної установки (моделі) на холостому ходу (справність органів управління; справність електропривода; справність запасовки канатів).

Про всі помічені несправності лабораторної установки (моделі) повідомити керівнику і без його дозволу до роботи не приступати.

2.3 Вимоги безпеки під час проведення лабораторних занять

Під час проведення лабораторних занять слід зосередити увагу на виконуваній роботі, не відволікатись на сторонні справи і розмови. Завантажувати шихту з використанням спец пристроїв (совка, лопатки). При працюючій лабораторній установці (моделі) знаходитись на безпечній відстані від обертаючих та рухомих деталей і елементів.

Треба не вмикати і не вимикати без дозволу відповідальної особи (керівника роботи, лаборанта) рубильники, електричні автомати та інші прилади.

Слід обов'язково вимкнути електропостачання лабораторної установки (моделі) при:

– відході від моделі навіть на короткий час;
– перерві в постачанні електроенергії;
– виявлені несправності лабораторної установки (моделі).

2.4 Вимоги безпеки після закінчення проведення лабораторних занять

Вимоги безпеки після закінчення проведення лабораторних занять:

– знеструмити лабораторну установку (модель);
– прибрати деталі, пристрої та інструмент на місце їх зберігання;
– прибрати шихту в призначену для неї ємність;
– повідомити завідувача навчальної лабораторії про всі помічені неполадки та вжити заходи з їх усунення.

2.5 Вимоги техніки безпеки в надзвичайних ситуаціях

До видів небезпеки, що можуть статися в умовах навчальної лабораторії, належать:

– пожежа;
– вибух (усередині обладнання або приміщення);
– розрив або зруйнування обладнання;
– викид шкідливих речовин;
– сполучення перелічених видів небезпеки.

З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних (аварійних) ситуацій в ЗНУ передбачено план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій у відповідності до положення. Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин та ін.), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів (вибухопожежонебезпечних та шкідливих), що використовуються в умовах

лабораторії.

У випадку пробою електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це відповідального за лабораторію.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 «Швидка допомога» і, якщо це необхідно, зробити постраждалому штучне дихання.

У випадку загорання агрегату необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це відповідального за лабораторію та звернутися в медпункт.

3 ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

3.1 Лабораторне заняття №1
Дослідження зусиль натягу в канатах скіпового похилого підйомника

Мета роботи

1. Ознайомлення з будовою скіпового підйомника шахтної печі на моделі.
2. Визначення натягу канатів на моделі скіпового підйомника експериментальним та розрахунковим шляхом на похилім мосту і на розвантажувальних кривих. Порівнювання експериментальних та розрахункових даних.
3. Визначення за експериментальними даними коефіцієнта, який враховує тертя в ребордах ходових коліс та додаткові опори при перекосах. Аналіз експериментальних даних.

Теоретичні відомості

Серед плавильних агрегатів широке застосування одержали шахтні печі. Вони використовуються на мідеплавильних заводах для плавлення кускових сульфідних руд і на свинцевих заводах для плавлення агломерату і переплавлення бідного штейну; на олов'яних заводах для плавлення шлаків та інших оборотних матеріалів; в чорній металургії для переплавлення агломерату та руди з одержанням чавуну.

Для роботи шахтних печей у багатьох випадках має бути безперебійна подача шихтових матеріалів до завантажувального пристрою, який розташовується па колошнику печі. До машин для подачі шихтових матеріалів пред'являють жорсткі вимоги, тому що затримання з завантаженням матеріалів спричиняє до переведення печі на тихий хід чи її повної зупинки. Тому ці машини повинні мати високу продуктивність, підвищену надійність, можливість автоматизації завантаження.

На діючих печах застосовуються різні системи подачі шихти до завантажувального обладнання: бадйові підйомники похилого та вертикального типів; скіпові похилі підйомники; елеватори; стрічкові транспортери (конвеєрна подача); підвісні вагонетки; вагон-терези; завантаження краном в приймальні кармани колошника та ін. Серед цього обладнання найбільшого практичного інтересу, як об'єкт дослідження, заслуговують скіпові похилі підйомники. Це обумовлено їх інтенсивною роботою, різкими зміненнями статичних навантажень у процесі роботи, істотними динамічними навантаженнями, можливістю втрат стійкості скипів та ін.

Основним елементом скіпових підйомників є скіпова лебідка. Скіпові лебідки бувають одно – та двомоторними, з одним чи двома редукторами. Двоє двигунів використовуються для підвищення надійності лебідки, коли, у випадку виходу із ладу одного з них, роботу продовжують другим.

Лебідки забезпечуються регуляторами швидкості та вимикачами слабини

каната. Перші застосовуються для забезпечення виконання заданого графіка швидкості переміщення скипів, другі – для вимикання двигунів лебідки у випадку виникнення слабини в канаті (при зависанні скипів на розвантажувальних кривих чи заклинюванні на похилому відрізку моста).

Двигуни лебідок працюють в повторно-короткочасному режимі. Тому вибираються із умов нагріву і перевантажувальної властивості.

Зусилля натягу в канатах скіпового підйомника при переміщенні скіпа по похилому мосту:

$$S_{H(P)} = (Q + G) \cdot \sin\alpha + (Q + G) \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_K} \cdot c,$$

де Q – вага завантаженого в скіп матеріалу, Н;

G – вага скіпа, Н:

α – кут нахилу моста підйомника до горизонталі, град;

d – діаметр цапфи валу ходових коліс скіпа, м;

μ – коефіцієнт тертя ковзання для підшипників скіпа;

k – коефіцієнт тертя кочення, м;

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

Для визначення зусиль натягу в канатах скіпового підйомника графоаналітичним методом роблять таким чином. Визначають центр тяжіння матеріалу в скіпу, вважаючи, що його вага рівномірно розподіляється по площі ABBEKM (рис. 3.1). Потім розбирають цю площу на чотири фігури: два трикутника ABN і BDP, прямокутник PDKM та круговий сегмент DEK.

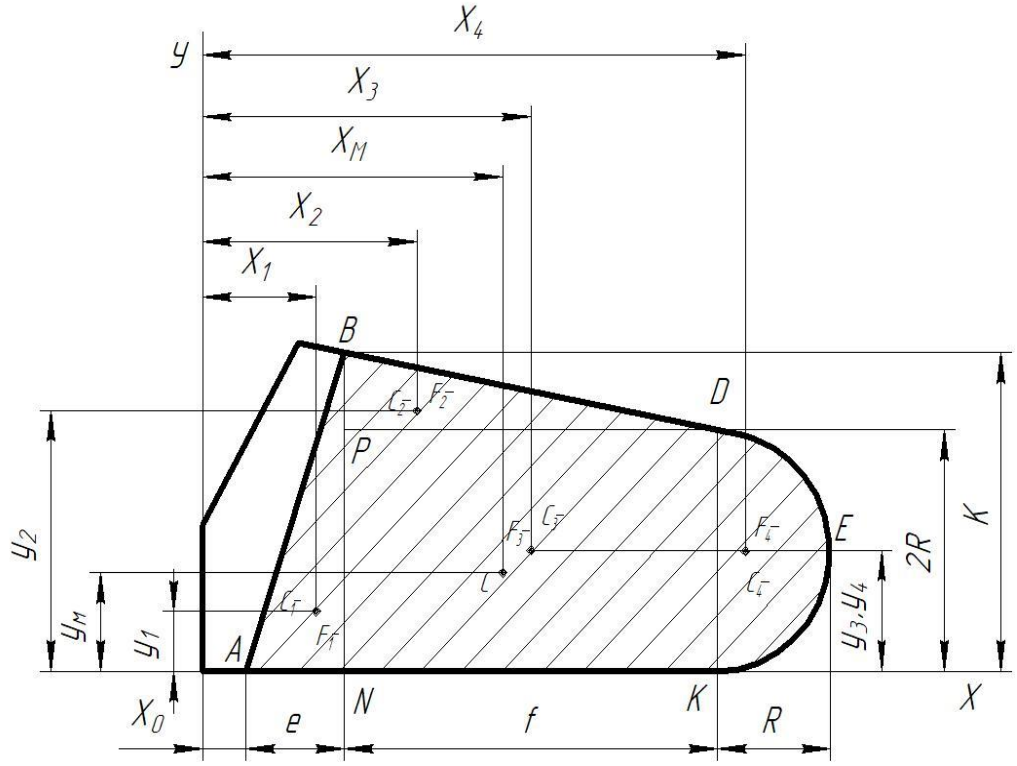


Рисунок 3.1 – Схема до визначення центру тяжіння матеріалу в кузові скіпа

Визначають площі та координати центрів тяжіння фігур за такими формулами:

для трикутника ABN:

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot e \cdot k;\ x_1 = x_0 + \frac{2}{3} \cdot e;\ y_1 = \frac{1}{3} \cdot k;$$

для трикутника BDP:

$$F_2 = \frac{1}{2} \cdot f \cdot (k - 2 \cdot R);\ x_2 = x_0 + e + \frac{f}{3};\ y_2 = \frac{4 \cdot R + k}{3};$$

для прямокутника PDKN:

$$F_3 = 2 \cdot f \cdot R;\ x_3 = x_0 + e + \frac{f}{2}; y_3 = R;$$

для кругового сегмента DEK:

$$F_4 = \frac{\pi \cdot R^2}{8};\ x_4 = x_0 + e + f + \frac{4 \cdot R}{3 \cdot \pi};\ y_4 = R\ .$$

Розраховують координати центра тяжіння матеріалу в скіпі за формулами:

$$x_M = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4};$$

$$y_M = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3 + F_4 \cdot y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}.$$

Потім визначають координати центра тяжіння порожнього скіпа розрахунковим чи експериментальним методом. Останній полягає в тому, що скіп послідовно підвішують за нитку в двох різних точках *a* і *b*. Одержана точка пересічення напрямку нитки дає шуканий центр тяжіння (рис. 3.2).

Координати центра тяжіння навантаженого скіпа розраховують за формулами:

$$x_c \frac{Q \cdot x_M + G \cdot x_{ck}}{Q + G};$$

$$y_c = \frac{Q \cdot y_M + G \cdot y_{ck}}{Q + G};$$

де $Q = F \cdot B \cdot \gamma_M$ – вага матеріалу в скіпу;

F – площа повздовжнього перерізу матеріалу в скіпу;

B – ширина внутрішньої частини скіпа;

γ_M – питома вага матеріалу;

G – вага порожнього скіпа;

x_{ck}, y_{ck} – координати центра тяжіння порожнього скіпа.

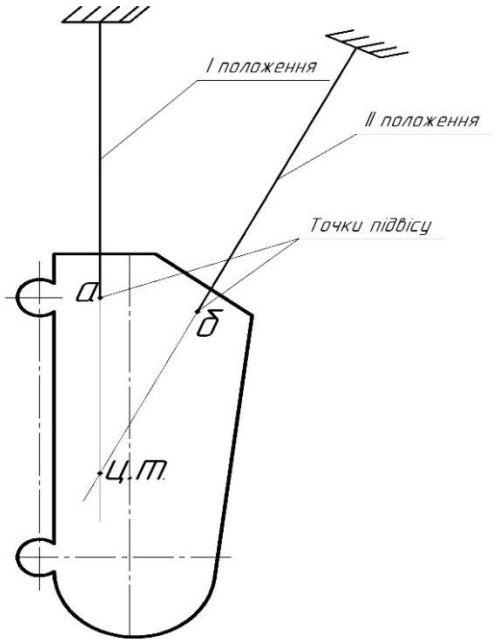
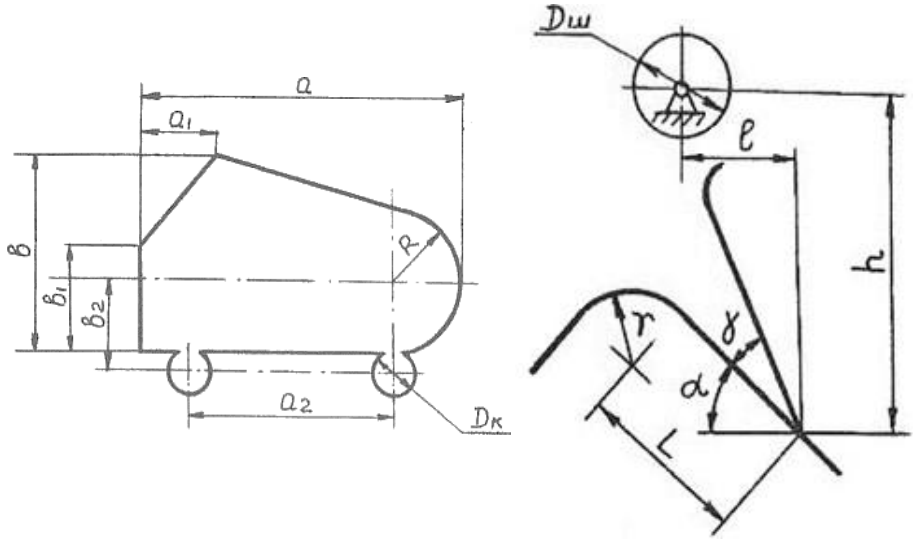


Рисунок 3.2 – Визначення центра тяжіння порожнього скіпа

Далі необхідно побудувати положення навантаженого скіпа на розвантажувальних кривих при його повороті на кут, який має бути менший ніж кут природного укосу матеріалу φ, тобто кут нахилу скіпа до горизонталі не повинен перевищувати величину α+φ (при побудові зручно користуватись попереднього виготовленим в масштабі 1:4 шаблоном моделі скіпа) (рис. 3.3).



а б

а – схема скіпа; б – схема розвантажувальних кривих

Рисунок 3.3 – Схема з основними розмірами для побудови скіпа

Силу T від дії ваги завантаженого скіпа, яка має напрямок поздовж каната, можна визначити графічним методом. Опорні реакції R_1 і R_2 без врахування сил тертя направлені нормально до колії в точках дотику ходових коліс і проходять через їх осі. Для того, щоб врахувати сили тертя, необхідно реакції повернути в протилежну сторону переміщення скіпа на кут, який визначають за формулою:

$$tg\beta = \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_k} \cdot c\,.$$

Продовживши напрямки опорних реакцій R_1 і R_2, одержимо точку a їх пересічення. Таким же чином знаходять точку $Ь$ пересічення напрямків сил T та $Q+G$. Лінія ab є напрямком рівнодіючої R опорних реакцій колес. Відкладаємо в масштабі силу $Q+G$ і будуємо трикутник сил, проводячи через початок та кінець вектора сили $Q+G$ напрямки сил R і T. Одержано реакцію розкладаємо за напрямками R_1,R_2 і вимірюємо величини T, R_1 та R_2 (рис. 3.4).

Натяг канату для досліджуваного положення скіпа на розвантажувальному шляху буде:

$$S_{p(p)} = T \cdot k_c,$$

де k_c – коефіцієнт, який враховує додатковий опір при переміщенні скіпа по розвантажувальному шляху.

Визначення коефіцієнта «c» можна виконати, знаючи розрахунково-експериментальні значення зусиль натягу в канаті порожнього скіпа при його русі вгору $S_{H.B(E)}$ і вниз $S_{H,H(E)}$ по похилому мосту.

При переміщенні порожнього скіпа вгору зусилля натягу в канатах:

$$S_{H.B(P)} = G \cdot \sin\alpha + G \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_k} \cdot c,$$

а при переміщенні вниз:

$$S_{H.B(P)} = G \cdot \sin\alpha - G \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_k} \cdot c.$$

Різниця між величинами зусиль буде:

$$S_{H.B(P)} - S_{H.H(P)} = 2 \cdot G \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_k} \cdot c,$$

звідки:

$$c = \frac{S_{H.B(P)} - S_{H.H(p)}}{2 \cdot G \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D_K}} \cdot$$

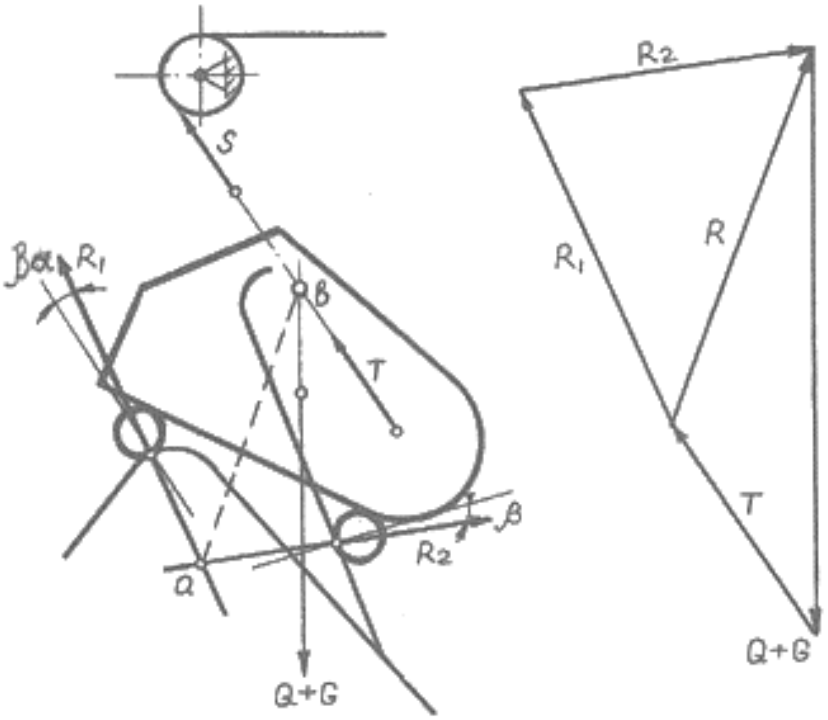


Рисунок 3.4 – Схема до визначення зусиль натягу канатів при русі скіпа на розвантажувальних кривих

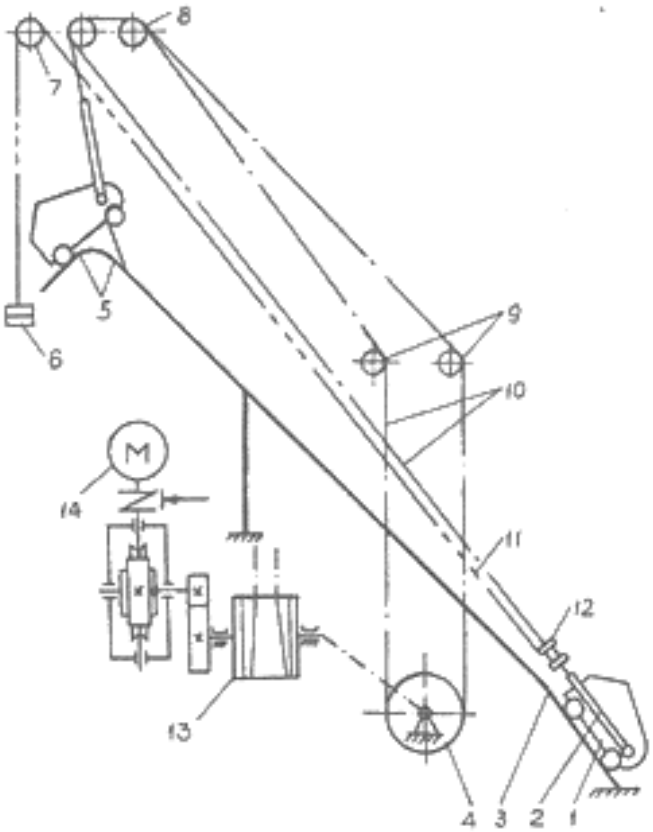


Рисунок 3.5 – Схема моделі скіпового підйомника

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали, які необхідні для виконання лабораторного завдання

Для виконання лабораторного завдання необхідно:

1. Лабораторна установка, яка являє собою модель скіпового похилого підйомника.

2. Тензометричний підсилювач, реєструючи апаратура, терези, гирі, вимірювальний інструмент.

3. Матеріал для завантаження скіпа.

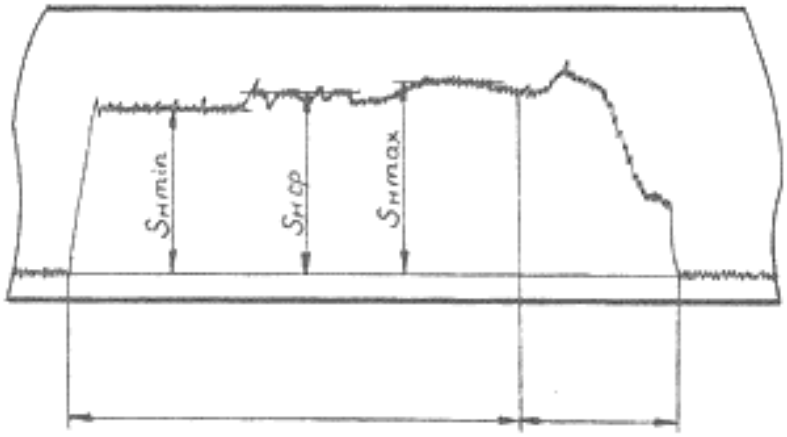


Рисунок 3.6 – Приблизна осцилограма зусилля натягу канатів при русі скіпа по похилому мосту та розвантажувальній кривій

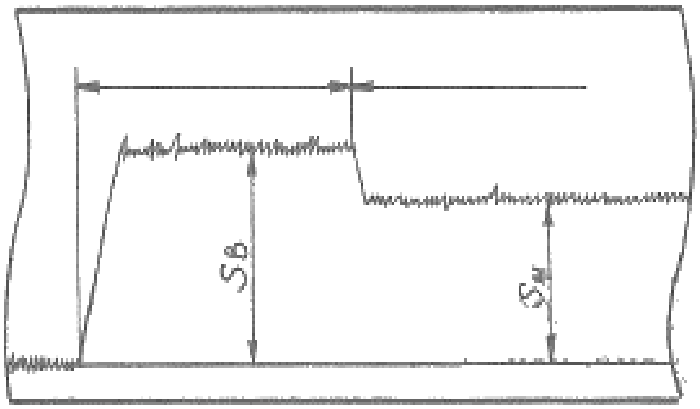


Рисунок 3.7 – Осцилограма зусиль натягу каната при русі скіпа вгору і вниз

Модель скіпового підйомника (рис. 3.5) складається з похилого моста 3, розвантажувальних кривих 5, головних і направляючи шківів 8 і 9, канатів 10, двох скипів 1, барабанної лебідки 13 і електропривода 14. Силовимірник 12 прикріплено до упряжі скіпа 2 і каната 10. Проводи 11, які йдуть від силовимірника до тензометричного підсилювача, огинають ролики 7 і натягуються тягарем 6.

Технічна характеристика моделі скіпового підйомника і вихідні дані для розрахунків зусиль натягу в канатах приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика скіпового підйомника і вихідні дані для розрахунків зусиль натягу в канатах

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Умовне позначення	G	D_K	d	μ	k	c	α	γ	φ	γ_M	B
Одиниця виміру	Н	м	М	–	м	–	град	град	град	Н/м^3	м
Значення	71	0,05	0,014	0,015	$8\cdot10^{-4}$	1,3	48	23	–	–	0,126

Продовження табл. 3.1

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
a	a_1	a_2	b	b_1	b_2	R	r	L	h	l	$D_{Ш}$	k_c
м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	–
0,4	0,1	0,21	0,24	0,115	0,125	0,1	0,055	0,255	0,9	0,35	0,13	1,1

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з конструкцією лабораторної установки.
2. Ознайомитись з правилами техніки безпеки при виконанні роботи.
3. Зібрати вимірювальну схему, установити в залежності від навантаження ступінь підсилювання тензометричного підсилювача і виконати балансування силовимірника.
4. Завантажити скіп матеріалом і його рівень зробити горизонтальним. Виміряти відстань x_0 .
5. Увімкнути привід скіпової лебідки і записати осцилограму зусиль натягу канатів при переміщенні скіпа по похилому мосту та розвантажувальній колії.
6. Виконати запис осцилограми зусиль в канатах переміщення порожнього скіпа вгору і вниз по похилому мосту.
7. Виконати пряме тарування силовимірника, послідовно ступінчасто навантажуючи його зовнішнім зусиллям за допомогою гирі, і записати тарувальну осцилограму.
8. Обробити тарувальну осцилограму, побудувати тарувальний графік і визначити масштаб для зусиль натягу в канатах.
9. Обробити осцилограми зусиль натягу в канатах скіпового підйомника. Визначити зусилля $S_{H_{\min(e)}}$, $S_{H_{\max(e)}}$, $S_{p(e)}$, $S_{H_{cp(e)}}$– для навантаженого скіпа і $S_{HB(e)}$, $S_{HH(e)}$ – для порожнього скіпа.
10. Визначити розрахункові значення ваги завантаженого матеріалу і зусилля натягу в канатах при переміщенні скіпа по похилому мосту $S_{H(p)}$ та розвантажувальній колії $S_{p(p)}$ а також коефіцієнт c.
11. Порівняти експериментальні та розрахункові значення зусилля натягу в канатах при переміщенні скіпа по похилому мосту і розвантажувальній колії.
12. Оформити звіт за результатами виконання роботи.

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи.
2. Описати конструкцію лабораторної установки.
3. Описати методику та результати розрахунків зусиль натягу в канатах при переміщенні скіпа по похилому мосту і розвантажувальній колії.
4. Описати результати оброблення тарувальної осцилограми. Побудувати тарувальний графік.
5. Описати результати оброблення осцилограми зусиль натягу в канатах скіпового підйомника.
6. Здійснити порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних.
7. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.2 Лабораторне заняття №2
Дослідження моментів опору обертанню воронки розподільників шихти шахтної печі

Мета роботи

1. Ознайомлення з будовою і роботою розподільника з обертовою воронкою.
2. Визначення на моделі моментів опору обертанню воронки розподільника шихти двома способами:

– тензометричним за допомогою дротяних тензодатчиків,

– розрахунковим шляхом.

Теоретичні відомості

При завантаженні у воронку малого конусу матеріал розташовується в ній, утворюючи однобічний укіс, нерівномірно за товщиною. Поряд з цим, він сортується за розмірами кусків, причому дріб'язок скупчується з боку висипання, а крупні – з протилежного боку. Якщо б матеріал розвантажувався безпосередньо із скіпа на великий конус, то він, опускаючись, завантажував би піч з одного боку дріб'язком, а з протилежного боку крупними кусками, причому рівень засипання дріб'язку перевищував би рівень засипання крупних кусків. Внаслідок цього утворився б неоднаковий опір проходу газів, а це не дало б можливості забезпечити нормальний хід печі.

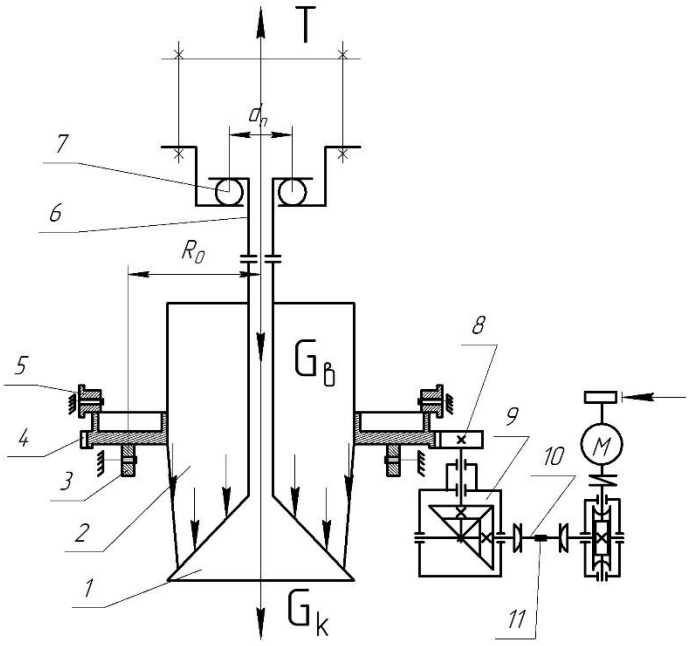
Тому при нецентральному завантаженні (наприклад, в приймальну воронку із скипів) виникає необхідність в застосуванні розподільників шихти. Найбільш поширеним є обертовий розподільник, воронка якого обертається по станціям. Він складається з обертової воронки, закритої знизу малим конусом. Після розвантаження матеріалу із кожного скіпа воронка разом з конусом обертається на визначений кут. Частіше застосовують програму зі зміненням кута обертання воронки на 60° після кожної подачі скіпа. Обертання на 240° і 300° виконують шляхом повороту воронки в зворотній бік на 120° та 60°.

Для печей з підвищеним тиском на колошнику взагалі застосовують розподільники з сальниковими ущільненнями. Навантаження від надмірного тиску сприймається контропорними роликами. Печі, які працюють на звичайному тиску,оснащують розподільниками з водяним затвором, а навантаження сприймається опорними роликами.

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали необхідні для виконання роботи

Модель обертового розподільника шихти шахтної печі, виконана в масштабі 1:10. Принципова схема розподільника приведена на рис. 3.8. Тензодатчики наклеєні на проміжний вал (між кутовим та черв'ячним редуктором). Для з'єднання датчиків на обертовому валу з підсилювачем

застосовано кільцевий струмознімний пристрій. Мостова вимірювальна схема зібрана з чотирьох робочих (активних) датчиків. Тарування виконують непрямим способом з використанням тарувальної балки та набору гирьок.



1 – конус; 2 – воронка; 3, 5 – опорні та контропорні ролики; 4 – зубчатий вінець; 6 – штанга; 7 – підп'ятник; 8 – шестерня; 9 – редуктор; 10 – вал; 11 – тензодатчики

Рисунок 3.8 – Схема моделі розподільника шихти

Порядок виконання роботи

1. Підготувати, провірити та підключити вимірювальну схему до установки.
2. Зважену порцію матеріалу завантажити у воронку обертового розподільника.
3. Підключити привід розподільника шихти і записати крутні моменти при обертанні воронки.
4. Виконати тарування крутних моментів.

Обробка експериментальних даних

За тарувальною осцилограмою побудувати тарувальний графік $M = f(y)$ і розрахувати масштаб крутних моментів m_M. На осцилограмі крутних моментів вибирають три ординати – максимальну $M_{e_{max}}$, середню $M_{e_{cp}}$ та мінімальну $M_{e_{mim}}$ (рис. 3.9).

Визначити відповідні моменти. Вирахувати приведені до осі обертання воронки моменти за формулами:

$$M_{OMAX} = M_{EMAX} \cdot i_З \cdot i_K \cdot \eta_З \cdot \eta_K;$$

$$M_{OCP} = M_{ECP} \cdot i_З \cdot i_K \cdot \eta_З \cdot \eta_K;$$

$$M_{OMIN} = M_{EMIN} \cdot i_З \cdot i_K \cdot \eta_З \cdot \eta_K;$$

де $i_З$, i_K – передавальне число відповідно відкритої циліндричної передачі і конічного редуктора (табл. 3.2);

$\eta_З, \eta_K$ – ККД відповідно відкритої циліндричної передачі і конічного редуктора (табл. 3.2).

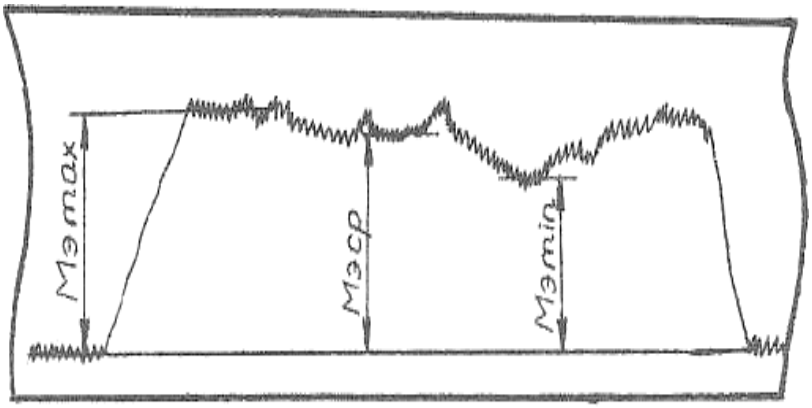


Рисунок 3.9 – Осцилограма крутних моментів

Таблиця 3.2 – Вихідні дані до визначення моментів опору обертанню воронки розподільника шихти

№ п/п	Назва параметра	Умовне позначення	Одиниця виміру	Значення
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Вага воронки разом з опорним кільцем та зубчастим вінцем	G_B	Н	81
2	Вага конуса з трубчастою штангою та траверсою	G_K	Н	63,5
3	Вага контртягаря балансира	G_{KT}	Н	107,5
4	Вага лівого плеча балансира	*Gл*	Н	18
5	Вага правого плеча балансира	*Gn*	Н	12
6	Плечі сил для початкового положення балансира при закритому малому конусі	a b c d	м м м м	0,052 0,008 0,08 0,15
7	Коефіцієнт тертя в упорному підшипнику штанги малого конуса	μ	–	0,1
8	Діаметр опорного підшипника	$d_У$	м	0,036
9	Діаметр опорного кільця по середині опорних роликів	D_O	м	0,285
10	Діаметр опорного ролика	D	м	0,03

Продовження табл. 3.2.

1	*2*	*3*	*4*	*5*
11	Діаметр цапфи опорного ролика	d	м	0,01
12	Коефіцієнт тертя підшипників опорних роликів	μ_P	–	0,015
13	Коефіцієнт тертя кочення	k	м	0,0004
14	Передавальне число відкритої зубчатої циліндричної передачі	$i_З$	–	12
15	Передавальне число конічного редуктора	$i_к$	–	1
16	ККД відкритої циліндричної передачі	$\eta_З$	–	0,96
17	ККД конічного редуктора	$\eta_К$	–	0,98
18	Відстань від осі обертання воронки до роликів	Ro	м	

Значення коефіцієнта приймається підвищеним внаслідок тяжких умов роботи обладнання та можливої відсутності мастила.

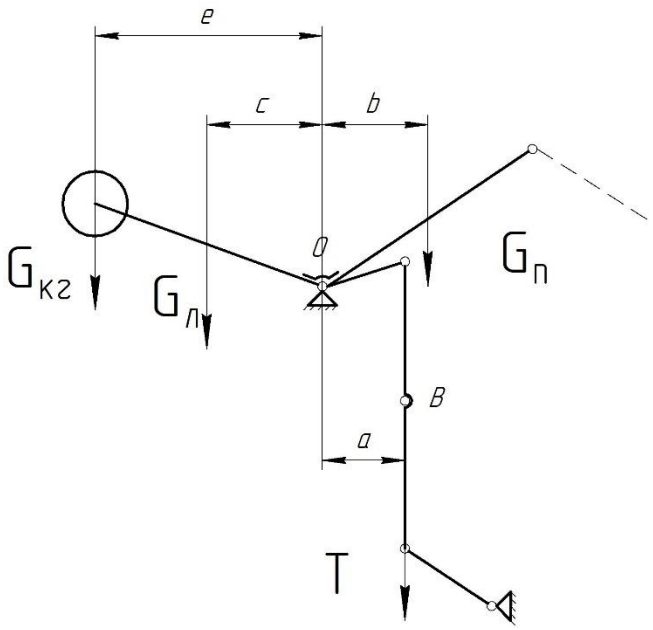


Рисунок 3.10 – Схема сил, діючих на балансир

Проведемо визначення опору обертанню воронки розподільника розрахунковим шляхом.

Повний розрахунковий момент опору обертанню воронки:

$$M_{O(P)} = M_K + M_B,$$

де $\boldsymbol{M_K}$ – момент тертя в упорному підшипнику і штанзі малого конуса, Н·м;

$\boldsymbol{M_B}$ – момент, необхідний для обертання одної воронки розподільника, Н·м.

$$\boldsymbol{M_K = P_K \cdot \mu_p \cdot \frac{d_y}{2}},$$

де $P_к$ – зусилля в штанзі малого конуса, Н;

$\mu_p d_y$ – див табл. 3.2;

$$P_K = T - 0{,}75 \cdot Q - G_K,$$

де T – зусилля в штанзі малого конуса від дії балансира, Н (див. рис. 3.8);

$$\text{Т} = \frac{G_{KT} \cdot I + G_{\text{Л}} \cdot \text{с} - G_{\text{П}} \cdot b}{d},$$

(дані для визначення Т див. в табл. 3.2);

де Q – вага матеріалу, завантаженого у воронку, Н;

0,75 – коефіцієнт, що показує яка частина матеріалу, що завантажується, тисне на конус [3];

G_K – див. табл. 3.2;

$$M_b = P_b \frac{\mu_p \cdot d + 2k}{D} \cdot c \cdot R_0\,,$$

де P_b – зусилля тиску воронки розподільника на опорні ролики, Н;

$$Pb = Gb + 0{,}25 \cdot Q - P_K,$$

0,25 – коефіцієнт, що показує яка частина від ваги завантаженого матеріалу тисне на воронку [3];

Q – вага завантаженого матеріалу, Н;

C – коефіцієнт, враховуючий додаткове тертя в упорних роликах та перекоси воронки;

$$C = \frac{M_{omax} - P_K \cdot \mu \cdot d_y/2}{P_b\left(\mu_p \cdot d + 2k\right)R_o/D}\,,$$

M_{omax} – максимальний момент, приведений до осі обертання воронки і визначений експериментально, $Н \cdot м$.

Інші дані див. в табл. 3.2.

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи
2. Описати будову розподільника шити і методу визначення моментів опору обертанню воронки експериментальним та розрахунковим шляхом.
3. Здійснити порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних.
4. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.3 Лабораторне заняття №3
Дослідження тиску матеріалу на конуси та зусилля натягу в канатах балансирів двоконусного завантажувального пристрою шахтної печі

Мета роботи

1. Ознайомлення на моделі з роботою системи управління конусами шахтної печі та конструкцією засипного апарата.
2. Визначення тиску на великий та малий конуси моделі засипного пристрою шахтної печі при витіканні сипучих матеріалів двома способами: експериментальним і розрахунковим.
3. Визначення натягу в канатах балансира великого конуса при опусканні з матеріалом експериментальним та розрахунковим способами.
4. Порівняння експериментальних та розрахункових даних.

Теоретичні відомості

Завантажування обладнання шахтних печей має велику різноманітність. Особливо це стосується кольорової металургії, де в шахтних печах одержують чорнові метали: свинець, олово, мідь, нікель та інші. Завантажувальні пристрої цих печей можна умовно розділити на одно – та двокамерні. Останні застосовуються у печах, де плавка протікає з виділенням особливо шкідливих газів. При завантаженні шихти в цих печах їх плавильний простір не з'єднується з простором цеху. Це досягається шляхом установлення проміж них затворів, шиберів, заслонок та ін. До найбільш розповсюджених двокамерних завантажувальних пристроїв відносяться дзвонові та пристрої з навантажувальними карманами, а до однокамерних – пристрої з кришками, які відкриваються під дією шихти.

В чорній металургії, окремо на доменних печах широко використовуються конусні завантажувальні пристрої, які бувають двоконусними, трьохконусними, чотириконусними. Кожний з них складається із розподільника шихти і засипного апарата. У свою чергу останній складається з чаші і великого конусу зі штангою. Місткість засипного апарата вибирається в декілька раз більше місткості воронки розподільника (в 4–6 раз). Обов'язковою умовою для нормальної роботи завантажувального пристрою є винятково надійна робота двох конусів (особливо в двоконусному пристрої). Управління конусами здійснюється за допомогою балансирних пристроїв, оснащених гідроприводами поступальної дії чи електромеханічними лебідками, які бувають простими (на один конус) і комбінованими (на два конуса). Балансири за конструкцією поділяються на важільні та шківні, але переважно застосовуються важільні. За способом опускання конусів балансирні пристрої поділяються на дві групи: з «вільним» опусканням конусів і з «примусовим» (при розриві зв'язку з приводом конус під дією контртягаря піднімається вгору). За типові прийнято важільні балансири з примусовим опусканням конусів. Двигуни лебідок працюють у повторно – короткочасному режимі. На окремих

печах установлено безконтактні важільні балансири з управлінням за допомогою гідроциліндрів.

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали необхідні для виконання роботи

Експериментальні дослідження виконують на моделі засипного пристрою шахтної печі і системи управління конусами, виконаної в 1/10 натуральної величини. Схема моделі системи управління конусами з двобарабанною лебідкою приведена на рис. 3.11. і складається з таких основних елементів: великого 1 і малого 2 конусів, системи їх підвісок 5,7, штанг 3,4, балансира великого конуса з двома балками 11 і контртягарем 9, балансира малого конуса 12 з контртягарями 10, прямильних механізмів 13,14 для кожного балансира, канатів 15,16, пластинчатих ланцюгів 17, 19, двобарабанної лебідки 20–24.

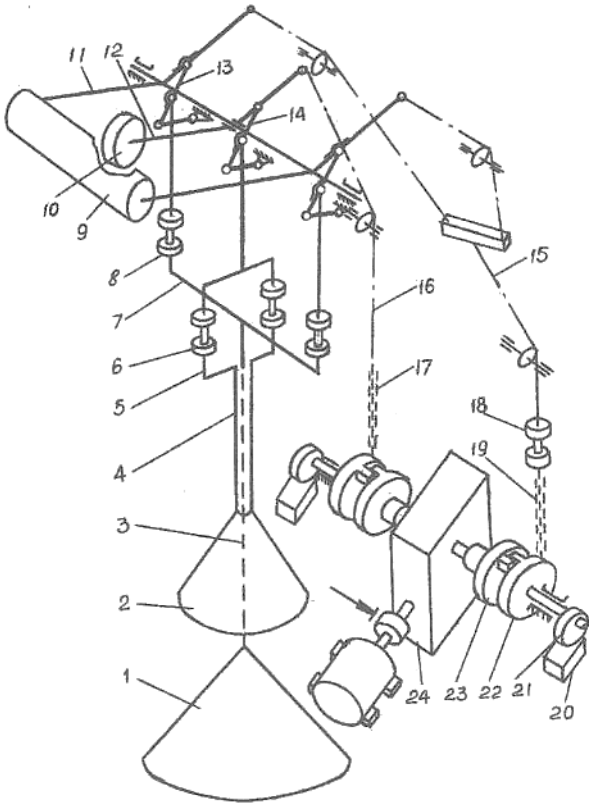


Рисунок 3.11 – Схема моделі системи управління конусами з двобарабанною лебідкою

Порядок виконання роботи

1. Підготувати, перевірити і підключити вимірювальну схему до установки.
2. Зважену порцію матеріалу завантажити у воронку малого конуса.
3. Записати осцилограму тиску на малий конус в процесі витікання сипучого матеріалу.

4. Завантажити у воронку великого конуса 3–5 зважених порцій матеріалу.

5. Записати осцилограму тиску на великий конус в процесі витікання сипучого матеріалу.

6. Записати осцилограму змінення натягу в канатах при опусканні великого конуса з матеріалом.

7. Виконати тарування силовимірників непрямим методом, використовуючи тарувальну балку.

8. Визначити за одержаними осцилограмами: тиск на малий конус перед опусканням $P^M_{O(E)}$ максимальний $P^M_{MAX(E)}$ та мінімальний $P^M_{MIN(E)}$ тиск в процесі витікання сипучого матеріалу; аналогічно для великого конуса $P^B_{O(E)}P^B_{MAX(E)}P^B_{MIN(E)}$натяг канатів в момент від початку опускання великого конуса $S_{O(E)}$, мінімальний натяг канатів на початковій стадії опускання конуса, який відповідає максимальному тиску сипучого матеріалу в процесі його витікання $S_{MIN(E)}$, зусилля в канаті при кінцевому положенні $S_{K(E)}$.

9. Виконати аналітичні дослідження.

10. Визначити критерії подібності для засипного пристрою шахтної печі при моделюванні витікання сипучих матеріалів. Порівняти експериментальні та розрахункові дані.

Визначення натягу канатів балансира великого конуса розрахунковим шляхом

Розрахункова схема приведена на рис 3.12, вихідні дані для розрахунку подано в табл. 3.3.

Положення балансира великого конуса відповідає такому, при якому натяг каната на початковій стадії опускання буде мінімальним $\boldsymbol{S_{min}}$. При цьому припускаємо, що хід каната буде пропорціональним часу.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку

Позначення	Одиниці виміру	Значення
1	*2*	*3*
G_{kT}	Н	155
$G_Д$	Н	36
$G_П$	Н	36
G_K	Н	169,2
R_1	мм	220
R_2	мм	365
R_3	мм	140
R_4	мм	105
L	мм	2070
Δl_0	мм	220
h_0	мм	67

Продовження табл. 3.3

1	2	3
γ	мм	52
$\gamma_{ш}$	мм	60
τ_0	град	105
α_0	град	45
β_0	град	83
δ_0	град	40
$\eta_б$	–	0,9
$\eta_ш$	–	0,9

Хід каната для даного положення балансира:

$$\Delta I(a) = \Delta I_o \cdot t_{(a)}/t_{on(\delta)},$$

де Δl_o– повний хід каната при переході балансира в кінцеве положення, мм;

$t_{(a)}$ – час за осцилограмою від початку опускання конуса до моменту появлення мінімального натягу каната, с;

$\boldsymbol{t_{on(\delta)}}$ – повний час опускання конуса за осцилограмою, с.

Довжина відрізка каната для початкового положення (відстань між точками *E* і *F*, рис. 15) буде розраховуватися за формулою:

$$I_o = \sqrt{R_1^2 + L^2 - \gamma_\omega^2 - 2R_1 \cdot L \cdot cos\tau_0},$$

де R_1 – довжина правого плеча балансира, мм;

L – відстань між осями балансира і шківа, мм;

γ_ω^2 – радіус направляючого шківа, мм;

$\boldsymbol{\tau_0}$ – початковий кут відхилення тягового плеча *OE* від лінії центрів O – O_1, град.

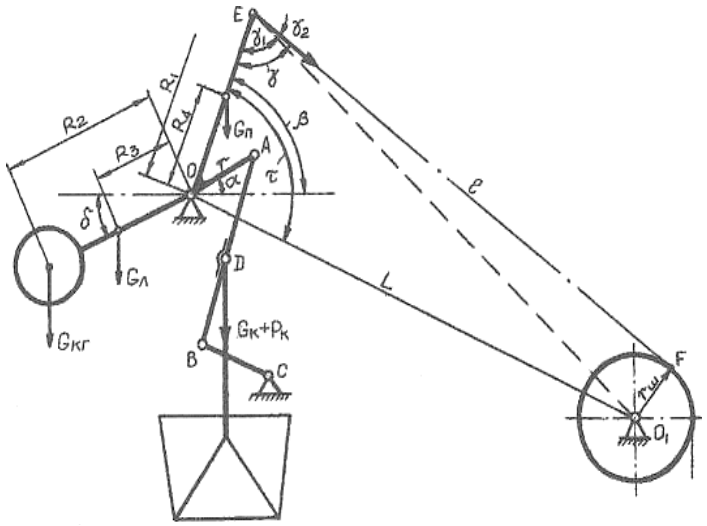


Рисунок 3.12 – Розрахункова схема балансира

Тоді довжина відрізка каната для положення, що розглядається $l = l_0 + \Delta l(a)$.

Кут для шуканого положення, що розглядається:

$$\tau = arccos\frac{R_1^2 + L^2 - \gamma_\omega^2 - l^2}{2R_1 L}.$$

Кут повороту балансира:

$$\Delta\tau = \tau_o - \tau.$$

Кути нахилу плеча балансира до горизонталі будуть:

$$\alpha = \alpha_0 - \Delta\tau;$$

$$\beta = \beta_0 - \Delta\tau;$$

$$\delta = \delta_0 - \Delta\tau,$$

де α, α_0 – кут нахилу кривошипа γ до горизонталі відповідно для розглядаємого і початкового положень, град;

β, β_0, δ, δ_0 – кут нахилу правого і лівого плеча балансира відповідно для досліджуваного і початкового положення, град.

Кути між балансиром та канатом будуть:

$$\gamma_1 = arctg\frac{L \cdot sin\tau}{R_1 - L \cdot cos\tau};$$

$$\gamma_2 = arctg\gamma_{\text{ш}}/l;$$

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2.$$

Хід конуса:

$$h \approx \gamma(sin\alpha_0 - \sin\alpha),$$

де γ – довжина кривошипа прямильного механізму, мм.

Для того, щоб визначити тиск матеріалу на конус, використаємо безрозмірний графік $P_K = f(\frac{h}{h_0})$ (рис. 3.13).

Визначаємо величину n:

$$n = h/h_0,$$

де h_0 – повний хід конуса, мм.

Визначимо за графіком ординату m точки, яка відповідає одержаному значенню n, тоді (знаючи вагу матеріалу, завантажуємо у воронку) тиск на конус буде:

$$P_K = m \cdot P.$$

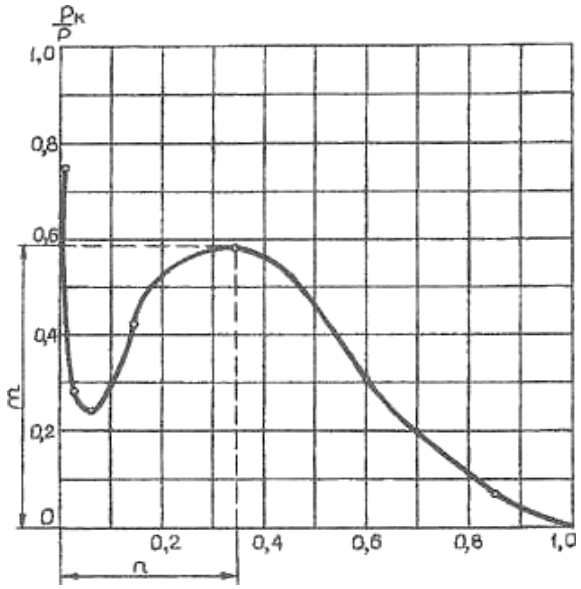


Рисунок 3.13 – Безрозмірний графік для визначення тиску матеріалу на великий конус

Натяг каната S визначаємо за наближеною формулою:

$$S_{\min(p)} = \frac{G_{KT} \cdot R_2 \cdot cos\delta + G_Л \cdot R_3 \cdot cos\delta - G_П \cdot R_H \cdot cos\beta - (G_K + P_K)cos\alpha}{R_1 \cdot sin\gamma \cdot n_\delta \cdot n_ш},$$

де G_{KT} – вага контртягаря, Н;

$G_Л$, $G_П$ – вага відповідно лівого і правого плечей балансира, Н;

$G_К$ – вага великого конуса разом зі штангою та системою підвіски, Н;

R_1 – довжина тягового плеча балансира, мм;

R_2, R_3, R_4– відстань від осі обертання балансира O до точок прикладання сил відповідно G_{KT}, $G_Л$, $G_П$, мм;

n_δ – ККД балансира прямильного механізму;

$n_ш$– ККД направляючого шківа.

Визначення критеріїв подібності для засипного пристрою шахтної печі при моделюванні витікання сипучих матеріалів.

При фізичному моделюванні для того, щоб за дослідними даними на моделі можна було достовірно судити про дії, які відбуваються в натурі, необхідно дотриматись критеріїв подібності (масштаби подібності).

Геометричний масштаб подібності:

$$\lambda_1 = l_M / l_H,$$

де l_M, l_H геометричні розміри засипного пристрою відповідно моделі і

реальної печі.

Масштаб сил:

$$\lambda_p = \frac{P_M}{P_H} = \lambda_\gamma \cdot \lambda_l^3 ,$$

де λ_γ – масштаб насипних ваг сипучих матеріалів, використовуємих на моделі та натурі;

$$\lambda_\gamma = \gamma_M / \gamma_H ,$$

де γ_M, γ_H – насипна вага сипучих матеріалів відповідно на моделі і натурі.

Масштаб часу за умовами моделювання $\lambda_t = \sqrt{\lambda_p}$.

Фактичний момент часу:

$$\lambda_{t(\text{ф})} = \frac{t_{\text{ОП(8)}}}{t_{\text{ОП(8)}}},$$

де $t_{\text{ОП(8)}}$ – час опускання великого конуса на моделі, визначений за осцилограмою, с;

$t_{\text{ОП(8)}}$ – час опускання великого конуса на діючій печі, с.

Відносна різниця масштабу часу, %

$$\delta = \frac{\lambda_t - \lambda_{t(\text{ф})}}{\lambda_t} \cdot 100.$$

Визначити, якій вазі сипучого матеріалу, завантаженому у воронку великого конуса на моделі, відповідає вага на реальній печі, можливо за формулою:

$$G_{o(H)} = G_{o(M)} / \lambda_p ,$$

де $\boldsymbol{G_{o(M)}}$, $\boldsymbol{G_{o(H)}}$ – вага сипучого матеріалу, завантаженого у воронку великого конуса, відповідно для моделі і натури.

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи.
2. Описати будову системи управління конусами лабораторної установки.
3. Описати методику та результати досліджень тисків на великий та малий конуси засипного апарата.
4. Описати методику і результати визначення натягу канатів балансира великого конуса експериментальним та розрахунковим способами.
5. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.4 Лабораторне заняття №4
Дослідження перекидних моментів вертикального конвертора та визначення раціонального положення осі його обертання

Мета роботи

1. Ознайомлення на моделі з будовою конвертора.
2. Визначення перекидних моментів конвертора при різних кутах повороту експериментальним методом на моделі.
3. Визначення раціонального положення осі повороту конвертора за умовами його самоповернення в початкове вертикальне положення.

Теоретичні відомості

Конвертерний процес використовується як у кольоровій, так і в чорній металургії. В кольоровій металургії застосовують конвертори при одержуванні міді, нікелю, свинцю в результаті реакцій окислення заліза, сірки та інших складових штейну, під дією кисню шляхом вдування його в розплав. Продуктом для конверторів служить штейн (чорновий метал), який виробляється у відбивних та шахтних печах. В чорній металургії в конверторах одержують сталь шляхом продування чавуну киснем. При цьому частково добавляють металевий брухт.

Конвертори умовно поділяються на горизонтальні та вертикальні. Перші застосовуються виключно в кольоровій металургії, а другі як в кольоровій, так і в чорній. Місткість горизонтальних складає не більше 100 т, а вертикальних, що застосовуються для виробництва сталі, – до 400 т.

Одною із основних вимог, пред'явлених до цих агрегатів – можливість їх самоповернення із будь-якого положення за час нахилу при зливанні металу. Якщо ця вимога не буде виконана, то у випадку втрати зв'язку між механізмом повороту і агрегатом можливе його самовільне перекидання, що може викликати дуже тяжкі наслідки. Умову стійкості агрегату буде додержано, якщо його спільний центр тяжіння буде розміщуватись нижче осі обертання. Тому при проектуванні конверторів особливу увагу приділяють розрахунку центра тяжіння і положення осі їх обертання. Є цілий ряд методів розрахунку центра тяжіння: аналітичний метод Кьоніга, графоаналітичні методи Зародчикова, Рохмана, Аксьонова, Аксьонова-Щіренко, а також графічні методи.

Найбільш важливою частиною конверторів є механізм повороту. Поворот горизонтальних конверторів здійснюється відносно осі їх бочки, шляхом перекочування бандажів по балансирним роликоопорам. Механізм повороту має два приводи: робочий та аварійний, який живиться від окремого джерела електроенергії.

Вертикальні конвертори обертаються відносно цапф, розташованих на підшипниках кочення в опорах. Механізми їх повороту виконуються зі стаціонарними, напівнавісними та навісними приводами з одностороннім і

двостороннім розміщенням. Нові вітчизняні конструкції конверторів наділяються тільки навісними багатодвигунними приводами.

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали необхідні для виконання роботи

Експериментальні дослідження перекидних моментів виконують на половинній моделі конвертора (масштаб 1:10). На рис. 3.14 приведена схема лабораторної установки. Половина корпусу конвертора з прозорою стінкою закріплена на поворотній цапфі 3, на якій також розташовується шків 4 з канатиками 5. На підвіску навішують тягар, який підібрано таким чином, щоб створити на шківу момент, врівноважуючий момент конвертора. Кут повороту конвертора установлюють за допомогою кутоміра 7. Для виконання лабораторної роботи необхідно мати набір гирьок. Модель конвертора заповнюють водою, вагу якої визначають за формулами.

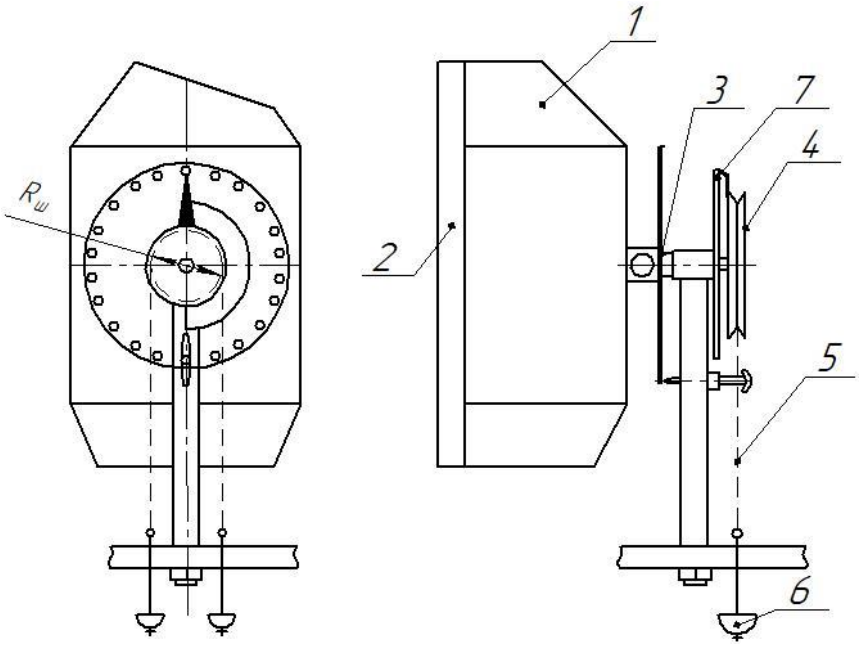


Рисунок 3.14 – Схема лабораторної установки для визначення перекидних моментів конвертера

Порядок виконання роботи

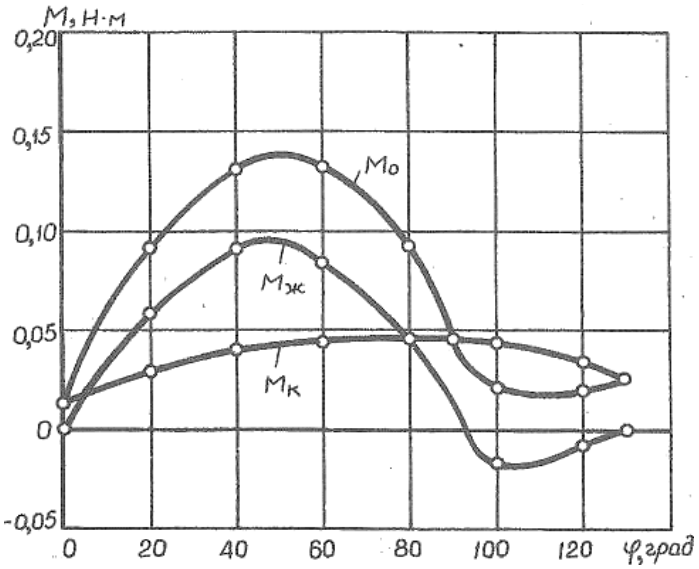
1. Задатись кутами повороту конвертора (порожнього) в діапазоні 0–180° через інтервал 10° і урівноважити його тягарями G_i^K, які навішують на підвіску шківа. Результати вимірювання занести в табл. 3.4.
2. Залити в конвертор воду вагою Q.
3. Для вибраних в п.1 положеннях конвертора знайти вагу врівноважуючих тягарів G_i при повороті конвертора з рідиною. При кожному положенні (після закінчення зливу рідини) визначають вагу рідини, яка залишилась в конверторі. Результати вимірювань занести в табл. 3.4.
4. Визначити для заданих положень конвертора перекидні моменти, які

створюються рідиною $M_i^{Ж}$.

5. Використовуючи дані табл. 3.4., побудувати графічні залежності перекидних моментів $M_i^K, M_i, M_i^{Ж}$ в функції кута повороту конвертора φ (рис. 3.15).

6. Вирахувати перекидні моменти M_i^H від ваги рідкого металу для натурального конвертора місткістю 60 т ($G_M = 600$ кН), використовуючи дані, які одержані на моделі. Побудувати графічну залежність $M_i^H = f(\text{ф})$.

Знайти повні перекидні моменти від ваги порожнього конвертора M_i^K і від ваги конвертора з рідиною M_0.



M_K – момент від ваги порожнього конвертера; $M_{ж}$ – момент від ваги рідини; M_o– момент від ваги конвертера з рідиною

Рисунок 3.15 – Приблизний графік перекидних моментів моделі конвертера

7. Визначити положення осі обертання за умовами самоповороту.

Знаходження перехідних моментів конвертора експериментальним методом

Визначення ваги рідини для заповнення конвертора.

Вагу рідини вирахувати за умовами фізичного моделювання.

В натуральний кисневий конвертор заливають чавун вагою 600 кН. Об'єм металу в натурі буде дорівнювати:

$$V = G_H/\gamma\,,$$

де γ_H – питома вага металу зі шлаком: $\gamma_H = 70$ Н/дм^3.

Об'єм рідини для половинної моделі:

$$V_{\text{П.М}} = V_H \cdot \lambda_l^3/2,$$

де λ_l – масштаб лінійних розмірів,

$$\lambda_l = l_M/l_H,$$

l_M, l_H – розмір відповідно моделі та натури.

Таблиця 3.4 – Розрахункові данні перекидних моментів конвертора при різних кутах повороту експериментальним методом на моделі перекидних моментів конвертора при різних кутах повороту експериментальним методом на моделі

Номер положення конвертора	Кут Повороту конвертора φ_i,град	Вага врівноважуючих тягарів порожнього конвертора G_i^K,н	Вага врівноважуючих тягарів конвертора з водою G_i,н	Вага води в конверторі Q_i,н

Продовження табл. 3.4

Перекидний момент порожнього конвертора M_i^K,Н·м	Перекидний момент конвертора з водою M_i, Н·м	Момент від ваги води в половинній моделі $M_i^Ж$,Н·м	Момент від ваги води в цілий моделі M_i^M,Н·м	Момент від ваги металу в дійсному конверторі M_i^H,Н·м

Вага рідини, що заливається в модель:

$$Q = V_{П.М} \cdot \gamma_M,$$

де γ_M – питома вага рідини (води) для моделі,

$$\gamma_M = 10 \text{ Н/дм}^3.$$

Перехідні моменти для заданих положень конвертора від ваги порожнього конвертора і конвертора з рідиною вирахувати за формулами:

$$M_i^K = G_i^K \cdot R_ш, M_{oi} = G_i \cdot R_ш,$$

де $R_ш$ – радіус шківа моделі, $R_ш = 0{,}08$м.

Визначення моменту від ваги металу для діючого конвертора за одержаними дослідними даними

Перекидний момент від ваги металу в діючому конверторі буде:

$$M_i^H = \frac{V_M}{\lambda_L^3}\gamma_H \frac{a_M}{\lambda_l} = \frac{V_M \cdot a_M}{\lambda_l^4}\gamma_H,$$

де V_m– об'єм повної моделі конвертора, м^3;

a_M – відстань від осі обертання конвертора до центра тяжіння на

моделі, м.

Додавши момент від ваги рідини в цілій моделі у вигляді:

$$M_i^M = V_M \cdot \gamma_M \cdot a_M$$

одержимо:

$$V_M \cdot a_M = M_i^M / \gamma_M.$$

Після підстановки одержимо:

$$M_i^H = \frac{M_i^M \cdot \gamma_H}{\gamma_M \cdot \lambda_l^4} = \frac{M_i^M}{\lambda_l^4 \cdot \lambda_\gamma},$$

де λ_γ– масштаб питомих ваг рідин,

$$\lambda_\gamma = \gamma_M / \gamma_H.$$

Визначення положення осі обертання конвертора за умовами забезпечення самоповороту.

Наявність від'ємних перекидних моментів на графіку $M_i = f(\varphi)$ показує на те, що положення осі обертання вибрано неправильно і умови самоповороту не виконані. Необхідно змістити вісь обертання конвертора так, щоб виключити від'ємні перекидні моменти.

Відстань *x*, на якому необхідно змістити вісь обертання конвертора з тим, щоб мінімальний перекидний момент став дорівнювати нулю, визначимо із рівень моментів відносно осі *O* (рис. 3.14):

$$x = \frac{Q_M \cdot b - G_K \cdot l}{Q_M + G_K},$$

де Q_M – вага рідини в половинній моделі при куту повороту φ_M, *кН;*

b – відстань від осі *O* до точки перетину осі конвертора і лінії, яка проходить через центр тяжіння рідини, котра перебуває в конверторі при даному куту повороту $\varphi_М$, м:

$$b = a / cos\, \alpha_М;$$

де a – плече сили Q, м:

$$а = M_i^ж / Q_м;$$

де $а_М$ – кут нахилу осі конвертора до горизонталі:

$$a_M = \varphi_M - 90°;$$

G_K – власна вага конвертора:

$$G_K = 54{,}6;$$

l – відстань від осі O до центра тяжіння конвертора вздовж осі, м:

$$l = \frac{c}{cos} a_M ,$$

C – плече ваги порожнього конвертора, м:

$$C = \frac{M_i^K}{G_K}.$$

Для того, щоб була виконана умова самоповороту конвертора під дією позитивного моменту при будь-яких кутах повороту, необхідно вісь обертання O_2 змістити вліво від точки O_1, тобто прийняти $x_0 > x$ (рис. 3.16).

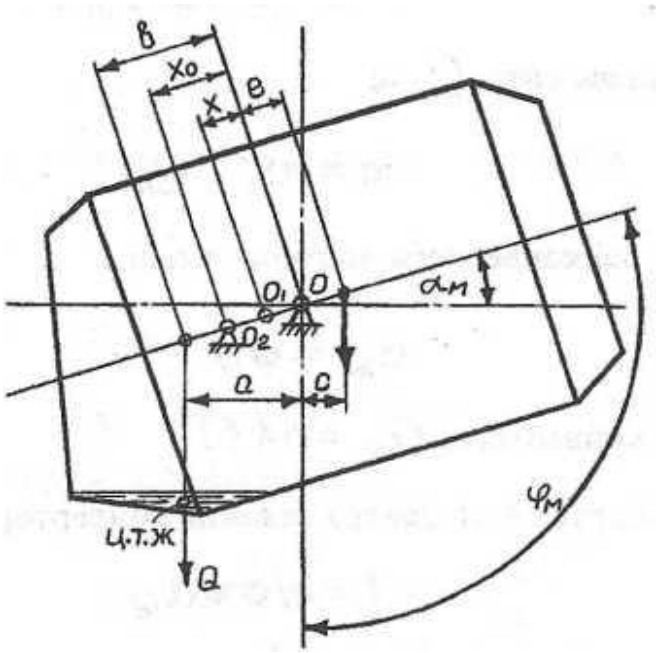


Рисунок. 3.16 – Схема до визначення положення осі обертання конвертора

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи.
2. Описати лабораторну установку, методику та результати визначення перекидних моментів конвертора експериментальним методом на моделі, привести необхідні ілюстрації.
3. Визначити раціональне положення осі обертання конвертора.
4. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.5 Лабораторне заняття №5
Дослідження силових параметрів механізму нахилу дугової сталеплавильної печі

Мета роботи

1. Ознайомлення на моделі з конструкцією і роботою механізму нахилу дугової сталеплавильної печі (ДСП).
2. Визначення навантажень механізму нахилу печі на моделі експериментальним та розрахунковим методами. Зіставлення експериментальних та розрахункових даних.

Теоретичні відомості

Електричні печі поділяються на руднотермічні, рудновідновні, рафінувальні та плавильні. Руднотермічні печі застосовуються як в кольоровій (при виробництві кремнію, силікоалюмінію, нікелю, міді, титанистих та кобальтових шлаків, олова, цинку та ін.), так і в чорній (виробництво феросплавів) металургії. За потужністю руднотермічні печі поділяються на печі малої (1,0–2,5 МВА), середньої (5–12 МВА) і великої (16,5–100 МВА) потужності, за технологічною схемою на відкриті (РКО, РПО) та закриті (РКЗ, РПЗ). В залежності від форми ванни (шахти) розпізнають круглі (РКО, РКЗ) та прямокутні (РПО, РПЗ) печі. Руднотермічні печі мають один, два, три, шість та десять електродів. Основними механізмами є механізми переміщення та перепуску електродів, а в печах з обертовою ванною ще і механізм обертання ванни.

Рафінувальні печі кольорової металургії та плавильні печі чорної металургії подібні як за будовою, так і принципом дії. В плавильних печах чорної металургії одержують спеціальні електросталі шляхом переплавлення металевого брухту. Печі одержали найменння дугових електросталеплавильних печей і місткість печей складає від 25 т до 200 т. Ці печі серед електричних є самими складними, а їх механізми працюють в самих тяжких умовах. До числа основних механізмів печей належать механізми переміщення електродів, підйому та повороту склепіння, нахилу печі.

Механізм переміщення електрода забезпечує самостійний рух кожного електрода вгору та вниз при ручному і автоматичному управлінні. Існують найрізноманітніші конструкції механізмів, однак вони мають такі обов'язкові елементи, як електродотримач з рукавом, струмопідвід, рухому каретку чи стійку, передаточні ланки, привод. За типом передачі поділяються на канатні, рейкові та гідравлічні. Найбільш перспективними прийнято вважати гідравлічні механізми.

Механізми підйому склепіння виконуються з ланцюговими та важільними передачами, з електромеханічними та гідравлічними приводами. Склепіння піднімають при завантаженні печі та перед поворотом ванни, якщо вона виконана обертовою.

Механізми повороту склепіння будь-якої конструкції мають напівпортал, який обертається на вертикальній колоні чи платформі (в крупних печах), розташованих на люльці печі, та привод, склепіння підвищується до півпорталу.

Механізми нахилу печей поділяються на дві основні групи: гідравлічні та електромеханічні. Механізм з електроприводом, в свою чергу, поділяються на рейкові, гвинтові та механізми з зубчатим сектором. На крупних печах найбільше розповсюдження одержали рейкові механізми з електроприводом, а на печах середньої місткості – гідравлічні з гідроприводом поступальної дії. Ті та інші мають опорні сегменти, завдяки яким піч при нахилі одержує одночасно обертовий і поступальний рух.

Для вибору потужності приводи механізму нахилу електродугової печі необхідно знати зусилля, які діють на зубчаті рейки (у випадку електромеханічного привода). Розрахунковий спосіб визначення зусиль в рейках полягає в знаходженні центра тяжіння печі, визначенні повного перекидного моменту $M_{\text{П}}(\text{р})$ і плеча m сили P_0, яка прикладена до рейок механізму нахилу.

Якщо за початок координат прийняти центр опорних сегментів O_1 з радіусом R (рис. 3.17), то координати загального центра тяжіння печі можна знайти за формулами:

$$\text{е} = \frac{G_{\text{л}} \cdot x_4 + G_{\text{ПЛ}} \cdot x_5 + G_K \cdot x_6 + G_{KC} \cdot x_7 + G_C \cdot x_8}{G_{\text{л}} + G_{\text{пл}} + G_K + G_{KC} + G_C};$$

$$f = \frac{G_{\text{Л}} \cdot y_4 + G_{\text{ПЛ}} \cdot y_5 + G_K \cdot y_6 + G_{\text{КС}} \cdot y_7 + G_c \cdot y_8}{G_{\text{Л}} + G_{\text{ПЛ}} + G_K + G_{KC} + G_c},$$

де $G_{\text{Л}}$ – вага люльки, Н;

$G_{\text{ПЛ}}$ – вага порталу, Н;

G_K – вага корпусу печі, Н;

G_{KC} – вага кільця склепіння, Н;

G_C – вага склепіння, Н;

$x_4, y_4;\ x_5, y_5;\ x_6, y_6, x_7, y_7;\ x_8, y_8$–координати центра тяжіння відповідно люльки, порталу, корпусу, кільця склепіння і склепіння, м.

Перекидний момент, який створюється масою печі для заданого кута нахилу φ:

$$M_{\text{П}} = G_{\text{П}} \cdot \gamma_0 \cdot \sin(a \pm \varphi),$$

де $G_{\text{П}}$ – повне навантаження від маси печі, Н;

γ_0 – радіус – вектор центра тяжіння печі, м;

α – кут нахилу радіус – вектора до вертикальної осі печі, рад.

Знак « – » приймається при нахилі печі в бік зливного носика, знак «+» – при нахилі печі в бік робочого вікна.

Величини γ_0 та α визначають за розрахунковою схемою (рис. 3.17).

$$x_1 = R \cdot (\beta + \varphi) - 1\, sin(\beta + \varphi)\,;$$

$$y_1 = R - 1\cos(\beta + \varphi),$$

де β – кут нахилу лінії O_1N до осі печі, рад (град);

I – відстань від точки кріплення рейок до центра сегментів, м.

Координати $x_2 y_2,$ точки M дотику рейки з шестернею будуть мало змінюватися і їх можна прийняти постійними. Тоді координати миттєвого центра обертання будуть:

$$x_3 = R(\beta + \varphi); y_3 = 0.$$

Плече m можна визначити за формулою аналітичної геометрії як довжину відрізка, який перпендикулярно опущено з точки на пряму (направлення рейки).

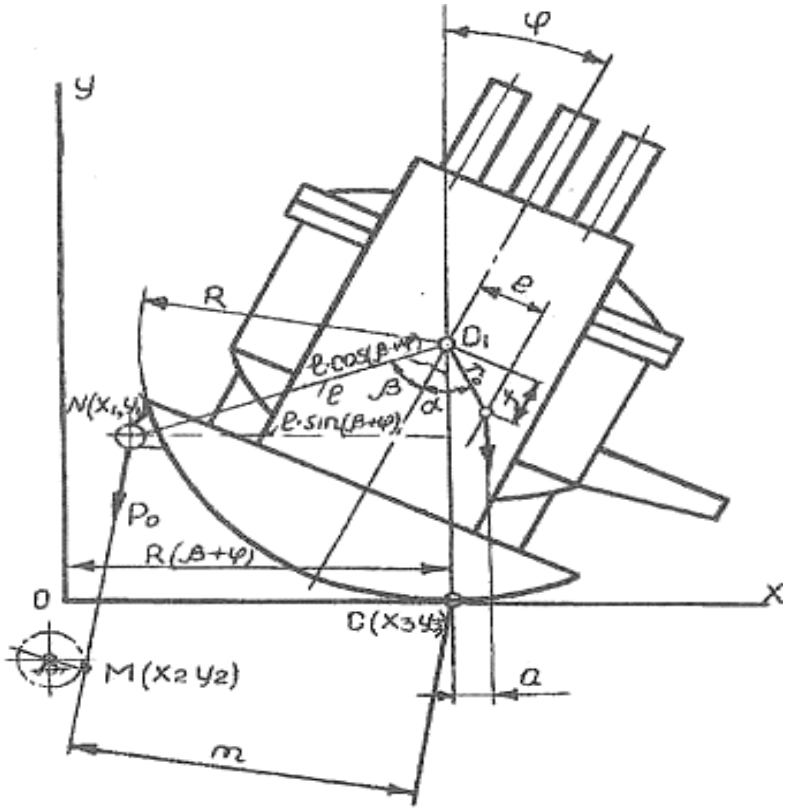


Рисунок 3.17 – Схема до визначення зусиль у рейках дугової сталеплавильної печі

Стосовно випадку, що розглядається:

$$m = \frac{A(x_3 - x_1) + y_1}{\sqrt{A^2 + 1}},$$

де коефіцієнт:

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}.$$

Розрахункове зусилля, діюче на рейки механізму нахилу дугової сталеплавильної печі:

$$\mathrm{P_{0(p)}} = \frac{\mathrm{M_{пр(p)}}}{\mathrm{m}}.$$

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали, необхідні для виконання роботи

1. Лабораторна установка – діюча модель дугової сталеплавильної печі.
2. Тензометричний підсилювач, апаратура, що реєструє, тарувальна балка, гирі.

Модель дугової сталеплавильної печі виконана в масштабі 1:10 (рис 3.18) і складається з електродотримачів 1, портала 2, склепіння 3, кільця 4 склепіння, корпусу 5, зливного носика 6 і люльки 7, яка своїми сегментами опирається на дві опорні балки виконуючої платформи 8. Нахил дугової сталеплавильної печі буде можливим при повністю переміщеній в портал 2 люльці 7, коли осі всіх опорних сегментів співпадають.

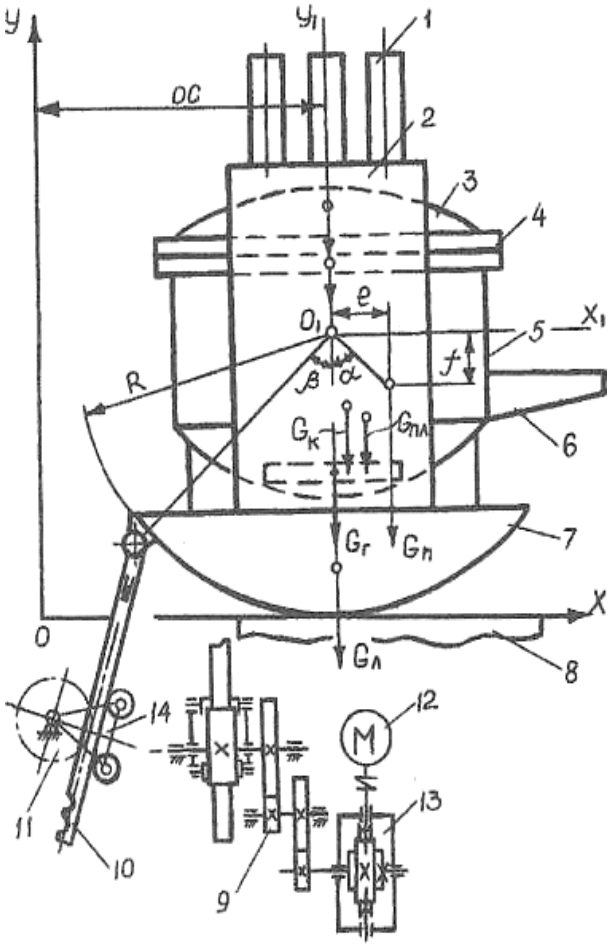


Рисунок 3.18 – Схеми дугової сталеплавильної печі та механізму її нахилу

Привод кожного механізму нахилу складається з електродвигуна 12, черв'ячного редуктора 13, відкритої передачі 9, рухомої шестерні 11 та зубчатої рейки 10, яка шарнірно з'єднана з порталом.

При роботі механізму люлька та портал одержують як поступальний, так і обертальний рух. Зубчаті рейки також одержують складний рух. Щоб не порушувалась правильність зачеплення шестерні 11 і рейки 10, установлено хитну обойму 14.Тензометричні датчики наклеєні на рейку 10.

Технічна характеристика моделі та вихідні дані для розрахунку зусиль в рейках механізму нахилу подано в табл. 3.5.

Примітка: b_p,h_p – відповідно ширина та товщина рейки.

Значення координат центрів тяжіння елементів дугової сталеплавильної печі:

$$x_4 = x_6 = x_7 = x_8 = 0; x_5 = 0{,}045; x_2 = -0{,}085;$$

$$y_4 = -0{,}25; y_5 = 0{,}15; y_6 = -0{,}053; y_7 = 0{,}147; y_8 = 0{,}187.$$

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика моделі та вихідні дані для розрахунку зусиль в рейках механізму нахилу

№ з/п	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Умовні позначення	$G_Л$	$G_М$	$G_К$	$G_{КС}$	$G_С$	$G_П$	b_p^*	h_P^*	R	l	b	β
Одиниця виміру	Н	Н	Н	Н	Н	Н	м	м	м	м	м	град
Значення	230	780	825	95	70	2000	0,004	0,02	0,39	0,416	0,14	34

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись із конструкцією моделі дугової сталеплавильної печі.
2. Ознайомитись із правилами техніки безпеки при виконанні роботи.
3. Зібрати вимірювальну схему, установити в залежності від навантаження ступінь підсилення тензометричного підсилювача та провести балансування вимірювального мосту.
4. Увімкнути механізм нахилу печі і записати осцилограму зусиль в рейках.

5. Провести непряме тарування вимірювального мосту, записавши тарувальну осцилограму.

6. Для двох чи трьох заданих кутів нахилу печі визначити зусилля $P_{0(e)}$ в рейках механізму.

7. Значення повних перекидних моментів визначити за формулою:

$$M_{пр(e)} = P_{0(e)} \cdot m,$$

де m – плече сили P_o (визначається розрахунковим шляхом).

8. Визначити для заданих кутів розрахункові значення зусиль в рейках механізму нахилу і порівняти їх з експериментальними даними.

9. Оформити звіт за результатами виконання роботи.

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи.
2. Описати конструкцію дугової сталеплавильної печі.
3. Описати методику та результати розрахунків зусиль в рейках механізму нахилу печі.
4. Виконати обробку тарувальної та робочої осцилограм, експериментальні дані, тарувальний графік.
5. Зробити порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних.
6. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.6 Лабораторне заняття №6
Дослідження та визначення оптимального розташування цапф конічного розливного ковша

Мета роботи

1. Ознайомлення на моделі з будовою та принципом дії механізмів розливного крана, конструкцією траверси, розливного ковша.
2. Визначення положення центра тяжіння порожнього розливного ковша експериментальним методом.
3. Знаходження місця розташування цапф конічного ковша з рідиною за умовами стійкості.

Теоретичні відомості

Ковші поділяються на три основні групи: транспортувальні, транспортувально-розливні та вакуумні. Транспортувальні ковші призначені тільки для транспортування рідких металів, розплавів та шлаків. Частіш використовуються транспортувально-розливні ковші, якими не тільки транспортують метал від плавильного агрегату, але і розливають метал чи сплав в зливки, чушки, заготовки та ін. Вакуумні ковші застосовуються при вибиранні металів та розплавів із електролізерів (алюміній, магній, шлами електролізерів та ін.).

Конструкція ковша та його місткість в багатьох випадках визначаються властивостями металу, об'ємом виробництва, місткістю плавильного агрегату, видом переробки розплаву після зливання його із плавильного агрегату та ін. Як правило ковші для металів у більшості випадків різні. Якщо для шлаку ковші виготовляються частіше литими і без футеровки, то ковші для металу футеруються зсередини вогнетривами (для усунення пошкоджень стінок ковша і збереження тепла металу).

У виробництві легких кольорових металів використовуються зварні футеровані ковші невеликої місткості (2,5–6 т). Кантування ковша виконують переносним ручним чи механічним штурвалом з квадратним хвостовиком, який входить в квадратну маточину приводної ланки редуктора, змонтованого на ковші.

Ковші для важких металів виготовляються значно більшої місткості. Так, наприклад, місткість ковша для нікелю складає 40 тон, сталерозливних – 70, 80, 140, 280, 350 т, чавуновоз них – до 350 т. Ковші мають зварний кожух, зверху якого закріплюється лите сталеве кільце з ребрами жорсткості. Кільце з двох боків має центрові плити, в які запресовано ковані цапфи. У випадку, коли розливання метану ведеться безпосередньо із ковша (сталерозливного) у виливниці, кристалізатори МБЛЗ, МНБЛЗ, то в її днище вмонтовують стопорні, шиберні чи поворотні затвори. Розливка металів (чавуну, нікелю, феросплавів та ін.) в чушки здійснюється у більшості випадків шляхом кантування за допомогою кантувальних пристроїв.

Ковші для шлаку виливають переважно із вуглецевих та хромонікелевих сталей. Це викликано там, що, хоча чавунне лиття в 1,5–1,8 разу дешевше сталевого, останні відрізняються в 3–3,5 разів більшою стійкістю. Цапфи ковшів виготовляються із поковок і заливаються в тіло ковшів під час їх відливання.

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали необхідні для виконання роботи

Експерименти ведемо на моделі розливного крана (масштаб 1:10) (рис. 3.19).

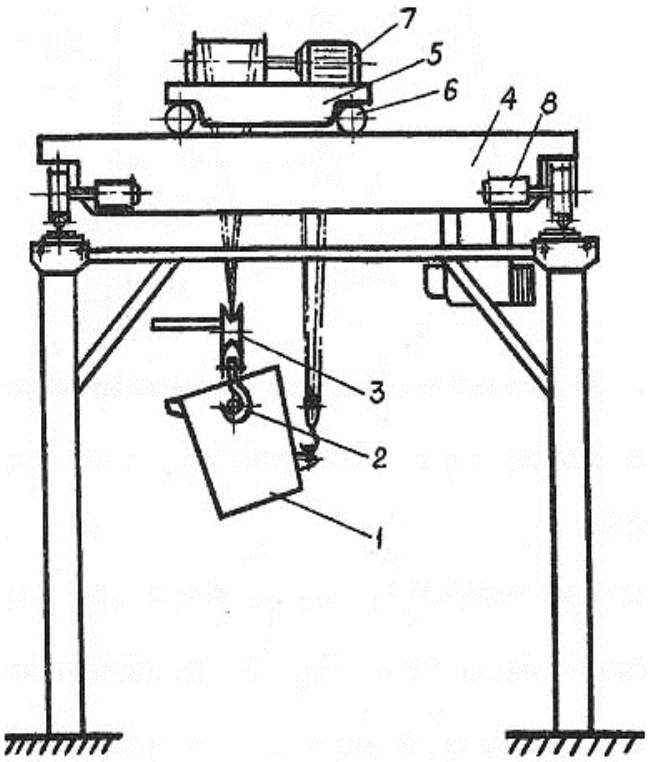


Рисунок 3.19 – Схема лабораторної моделі розливного крана

Ківш 1 має конічну форму, удержується пластинчатими крюками 2 траверси 3 розливного крана, на мосту 4, на якому установлено візок 5. На візку 5 розташовані механізми переміщення візка 6 та механізм підйому траверси 7. Механізм переміщення крана 8 виконано з окремим приводом.

Для виконання лабораторного завдання необхідно мати набір гирьок, рулетку, лінійка, штангенциркуль.

Порядок виконання роботи

Піднімаємо ківш на висоту в 1 м. До носика ковша (рис. 3.20) обережно, не допускаючи розгойдування, підвішуємо тягар 10 вагою Q. За допомогою кутоміра 7 вимірюємо кут повороту ковша φ_1. Візок 5 переміщуємо по лінійці 4 до збігу з лінією підвісу тягаря 9. За допомогою лінійки 4 визначаємо відстань

від вісі цапф до підвісу.

Для усунення впливу тертя між цапфами ковша і пластинчатими крюками робимо таким чином.

Навішуємо ще один тягар ΔQ, під дією якого ківш повернеться на додатковий кут Δφ . Обережно знімаємо тягар ΔQ. Ківш, повертаючись назад, та не дійде до свого початкового положення. Вимірюємо кут повороту ковша φ_2 і плече a_2.

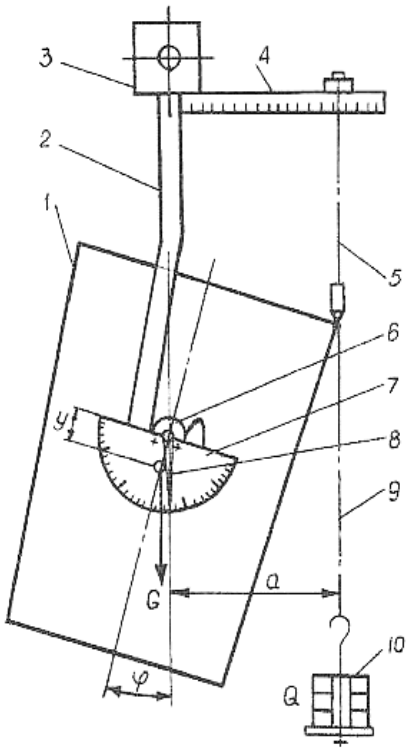


Рисунок 3.20 – Схема до визначення центра тяжіння порожнього розливного ковша

Експеримент необхідно повторити 2–3 рази. Шляхом важення на терезах визначаємо вагу порожнього ковша. Дані експериментальних досліджень вносимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Експериментальні та розрахункові данні

№ з/п	Найменування параметру	Умовні позна–чення	Одиниця виміру	Значення		
				1	2	3
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	Вага порожнього ковша	G	Н			
2	Вага тягарю (гирьки)	Q	Н			
3	Кут повороту ковша	φ_1	град			
4	Відстань від осі цапф до підвіски	a_1	м			
5	Вага додаткового тягарю	ΔQ	Н			

Продовження табл. 3.6

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
6	Кут повороту ковша, навантаженого тягарем	$\Delta\varphi$	град			
7	Кут повороту ковша після знімання додаткового тягаря	φ_3	град			
8	Відстань від осі цапф до осі підвісок	a_2	м			
9	Відстань від осі повороту ковша до центра його тяжіння	y	м			
10	Радіус верхньої основи внутрішньої конічної порожнини ковша	R	м			
11	Радіус нижньої основи внутрішньої конічної порожнини ковша	r	м			
12	Висота внутрішньої порожнини ковша	H	м			
13	Відстань від внутрішньої порожнини днища до центра тяжіння порожнього ковша	h_c	м			
14	Відстань від внутрішньої поверхні днища до осі цапф ковша моделі	h_{oe}	м			

Додатково вимірюють радіуси верхньої *R* нижньої *r* основ внутрішньої конічної порожнини ковша, висоту внутрішньої порожнини H, відстань від внутрішньої поверхні днища до осі цапф ковша моделі h_{oe}. Дані вимірювань заносять до табл. 3.6.

Обробка експериментальних даних

Складаємо рівняння рівноваги для двох положень ковша де ківш відхилився на кут φ_1 під дією тягаря ΔQ. Рівняння будуть мати вигляд:

$$Q \cdot y \cdot \sin\varphi_1 + M_{TP} = Q \cdot a_1,$$

$$Q \cdot y \cdot \sin\varphi_2 - M_{TP} = Q \cdot a_2,$$

де y – відстань від осі повороту ковша до центра його тяжіння M;

M_{TP} – момент тертя на цапфах ковша.

Розв'язуючи систему цих рівнянь відносно y, одержимо:

$$y = \frac{Q(a_1 + a_2)}{G(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)}.$$

Виконавши розрахунок для усіх трьох експериментів, знаходимо *y*.

Визначити на моделі відстань від внутрішньої поверхні днища до центра тяжіння порожнього ковша h_c з врахуванням y_c. Зобразити схему ковша (рис. 3.19) і проставити на ній розміри.

Знаходження місця розташування цапф конічного ковша з рідиною за умовами стійкості.

Положення цапф за умовами стійкості визначимо за формулою проф. Кьоніга [3]:

$$h_0 = \frac{G \cdot h_c + \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left[R^4 + \frac{H^2 R^3}{R-r} - \frac{H^2 r(R^3 - r^3)}{3(R-r)}\right]}{G + \gamma \frac{\pi}{3} \cdot H - \frac{R^3 - r^3}{R-r}},$$

де γ – питома вага рідини, кН/м.

Для розрахунків за рідину беремо воду, $\gamma = 10$ кН/м^3, решту даних беремо із рис. 3.21 і табл. 3.6.

Порівняти значення h_0 і $h_{0(e)}$, зробити висновки і при необхідності дати рекомендації.

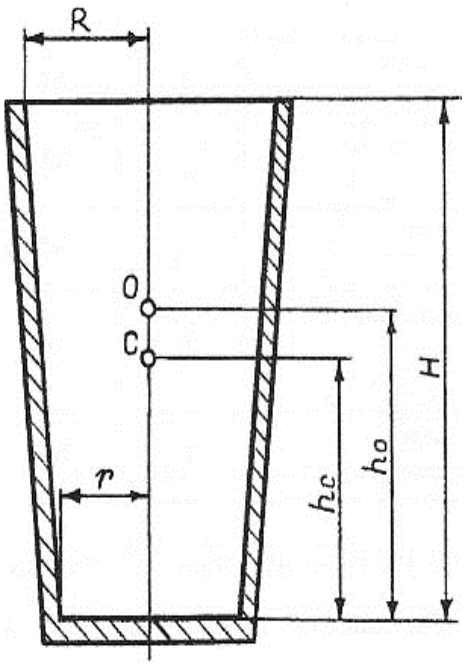


Рисунок 3.21 – Схема до визначення положення центра ковша

Зміст звіту

1. Привести назву та мету роботи.
2. Привести методику виконання експериментальних досліджень.
3. Привести необхідні схеми.
4. Виконати розрахунки та привести заповнену таблицю розрахункових даних.
5. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

3.7 Лабораторне заняття № 7
Дослідження перекидних моментів ковша та зусиль натягу в канатах кантувального пристрою розливної машини

Мета роботи

1. Ознайомлення на моделі з конструкцією та роботою кантувального пристрою розливної машини.
2. Визначення зусиль в канатах лебідки повороту розливного ковша експериментальним та теоретичним методами. Порівняння експериментальних та розрахункових даних.

Теоретичні відомості

Кантувальними пристроями наділяються стрічкові розливні машини для розливки нікелю, чавуну та феросплавів в чушки, а також окремих видів шлаків.

До кантування пристроїв пред'являються такі вимоги:

– можливість регулювання швидкості кантування ковша в залежності від кута повороту, тобто на початку та кінці кантування для рівномірного зливання металу із ковша його поворот має відбуватися швидше, ніж в середині операції розливки;

– з метою скорочення циклу розливання, швидкість зворотного ходу має перевищувати в декілька раз швидкість кантування ковша з металом під час розливки;

– можливість автоматизації управління роботою механізмів;

– усунення мимовільного кантування ковша в той чи другий бік.

В різних машинах застосовується цілий ряд різноманітних типів кантувальних пристроїв, конструкція яких визначається місткістю ковшів, умовами розливання і властивостями продукту, що розливається. За типом привода пристрої поділяються на електромеханічні та гідравлічні; за типом передачі – на важільні, секторні та канатно-барабанні.

Секторні з електромеханічним приводом застосовуються при розливанні шлаків. Тут ківш вільно цапфами установлюється на секторах кантувача. Сектори з'єднані між собою та підвішені на підшипникових вузлах опорних стійок. Обертання секторам надається від приводної шестерні.

При розливці нікелю застосовуються важільні пристрої, які мають вигляд поворотної люльки з поршневими гідроциліндрами кантування. Тут також ківш вільно установлюється своїми цапфами в пази люльки. Для забезпечення умов безпеки пази мають відкидні замки.

Розливка чавуну та феросплавів переважно здійснюється пристроями з канатно-барабанними передачами і електромеханічним приводом.

Ці пристрої поділяються на дві групи: пристрої з приводом механізму кантування ковша, який розташовується на викатному візку, і пристрої зі стаціонарним приводом механізму кантування і не приводним візком. Безпечна

робота обох пристроїв вимагає, щоб в процесі кантування постійно підтримувалась вертикальність підйомних канатів. В першому пристрої вертикальність досягається за рахунок примусового переміщення візка з приводом механізму кантування шляхом ввімкнення його механізму переміщення, в другому пристрої – за рахунок автоматичного переміщення не приводного візка в бік кантування ковша при появі слабкості в канатах регулювального поліспаста і натягу в горизонтальній гілці канатів вантажного поліспаста.

Для визначення центра тяжіння рідини для заданих положень ковша при його кантуванні на лафеті металовозу та стенді біля розливної машини використовують метод Аксьонова [3].

Для цього повний об'єм рідини необхідно розбити не окремі об'єми. Наприклад, об'єм рідини (рис. 3.22) можна розбити на кульовий сегмент, циліндр і об'єми складної конфігурації ABCD. В свою чергу останній об'єм розбиваємо горизонтальними перетинами на елементарні об'єми 1, 2, 3..., n, які заміняємо сегментами циліндра. Чим менше висота циліндричного сегмента, тим точніше буде результат обчислювань. Для кожної фігури визначено її об'єм, масу та координати центра тяжіння. При побудові циліндричних сегментів належить по можливості добиватися рівності відсікаємих та додаткових до сегмента об'ємів.

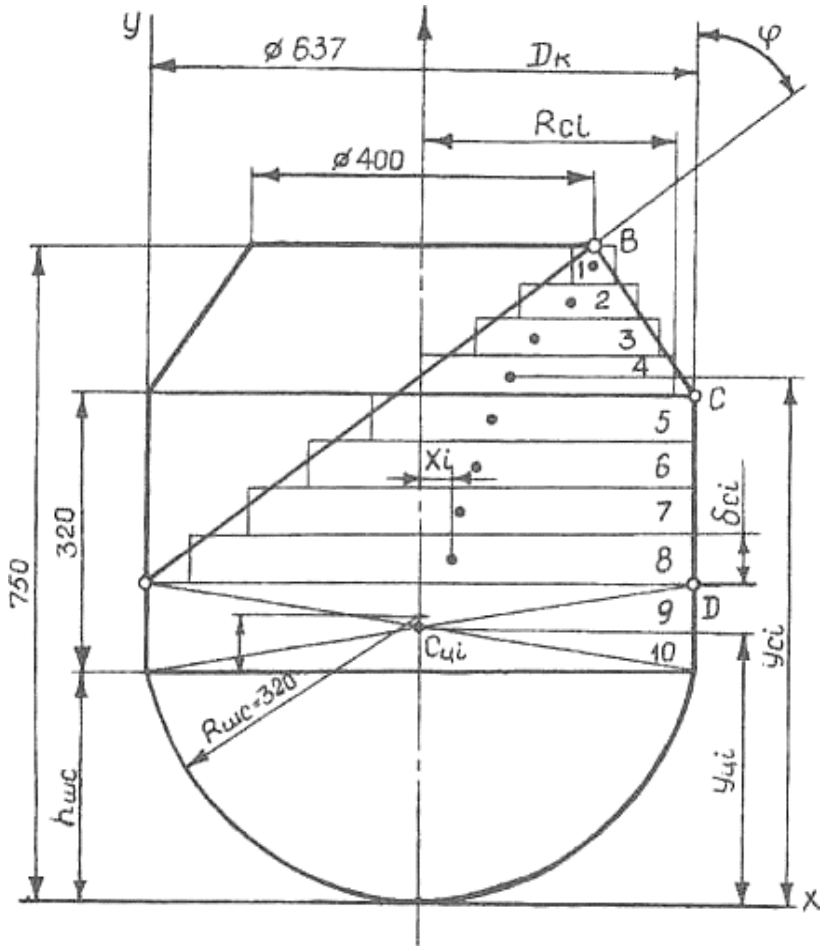


Рисунок 3.22 – Схема до знаходження центра тяжіння рідини в ковші

Для сферичного днища:
– об'єм дорівнює:

$$V_i = \frac{\pi}{3}(3R_{КС} - h_{КС})h_{КС}^2;$$

– вага дорівнює:

$$Q_i = V_i \cdot \gamma.$$

Координати центра тяжіння:

$$x_i = 0;\ y_i = \frac{h_{КС}}{4(3R_{КС} - h_{КС})}(8R_{КС} - 3h_{КС}),$$

де $R_{КС}$ – радіус кульового сегмента, м;
$h_{КС}$ – висота кульового сегмента, м;
γ – питома вага рідини, Н/м^3

Для циліндра:
– об'єм дорівнює:

$$V_i = 0{,}785D_K^2 \cdot \delta_ц;$$

де D_K – внутрішній діаметр циліндричної частини ковша;
вага дорівнює:

$$Q_i = V_i \cdot \gamma.$$

Координати центра тяжіння:

$$x_i = 0; y_i = h_{КС} + \delta_ц/2,$$

де $\delta_ц$ – висота циліндра.

Для сегментних циліндрів невідомі величини визначаємо таким чином:

$$\text{об'єм } V_i = F_i \cdot \delta_ц,$$

$$\text{вага } Q_i = V_i \cdot \gamma,$$

де F_i – внутрішній діаметр циліндричної частини ковша.

Величину F_i визначають за таблицею [4].

Стрілка сегмента з центральним кутом $Q \leq 180°$ (рис. 3.23, а) дорівнює h_i/R_{ci}.

Величини стрілок h_i та радіуса сегментних циліндрів визначається за кресленням (див. рис. 3.21). Для цього внутрішній об'єм ковша креслиться в

масштабі. За таблицями знаходять відношення площі сегмента до радіуса – f.

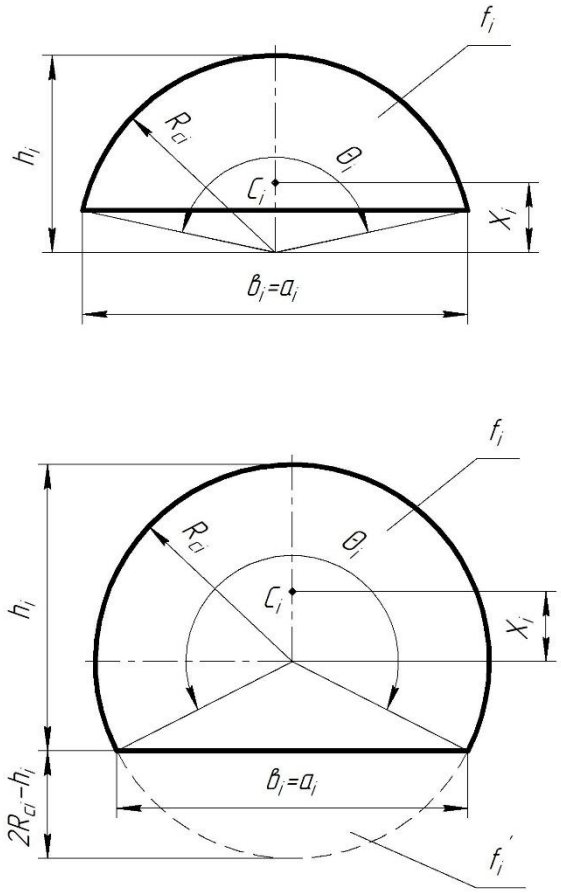


Рисунок 3.23 – Схема до визначення параметрів циліндричного сегмента

Тоді:

$$F_i = f_i \cdot R_{ci}^2.$$

Тому таблиці складено тільки для сегментів з центральним кутом Q< 180° за таблицями визначають відносну площу додаткового сегмента при відносній стрільці, яка дорівнює:

$$(2R_{ci} - h)/R_{ci}.$$

Площа сегмента в цьому випадку буде:

$$F_i = (\pi - f_i^{`}) \cdot R_{ci}^2.$$

За таблицями в залежності від величини відносної стрілки знаходимо довжину хорди b_i. Тоді координати центра тяжіння циліндричного сегмента будуть (при Q≤ 180°):

$$x_i = \frac{b_i^3}{12f_i};\ y_i = h_{KC} + \delta_ц + \sum \delta_{c_{i-1}} + \delta_{c_i}/2;$$

де $\delta_{ci-1}, \delta_{ci}$ – висота відповідно для попереднього та досліджуваного сегментів.

У випадках, коли ї Q> 180° і відносна стрілка більше одиниці, знаходимо відносно хорду $b_i^{`}$ додаткового сегмента (рис. 3.21, б), а координату вирахуємо за формулою:

$$x_i = \frac{(b_i^{`})^3 \cdot R_{ci}}{12(\pi - f_i^{`})}.$$

Результати обчислюємо та зводимо в наступну таблицю:

Номер фігури	Об'єм, V_i	Маса, Q_i	Абсциса, x_1	Ордината, y_1

Координати центра тяжіння рідини:

$$x_p = \frac{Q_1 x_1 + Q_2 x_2 + \ldots + Q_n x_n}{Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n};$$

$$x_p = \frac{Q_1 y_1 + Q_2 y_2 + \ldots + Q_n y_n}{Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n}.$$

Вага рідини в ковші для даного положення:

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n.$$

Координати загального центра тяжіння ковша з рідиною:

$$x_c = \frac{Q_p \cdot x_p + G_K \cdot x_K}{Q_p + G_k}; y_c = \frac{Q_p \cdot y_p + G_K \cdot y_K}{Q_p + G_K},$$

де x_K, y_K – координати центра тяжіння порожнього ковша, м;

G_K – вага ковша, Н.

Перекидні моменти для заданих положень ковша (рис. 3.24 та рис. 3.25):

$$M = (Q_p + G_K) \cdot m + (Q_p + G_K) \cdot \mu \cdot \frac{d_ц}{2},$$

де m – плече сили тяжіння ковша з рідиною (визначається графічним шляхом за кресленням), м;

μ – коефіцієнт тертя ковзання між опорними цапфами ковша та лафетом чи між лапами ковша і цапфами стійок;

$d_ц$ – діаметр опорної цапфи чи цапфи монтувальних стійок, м.

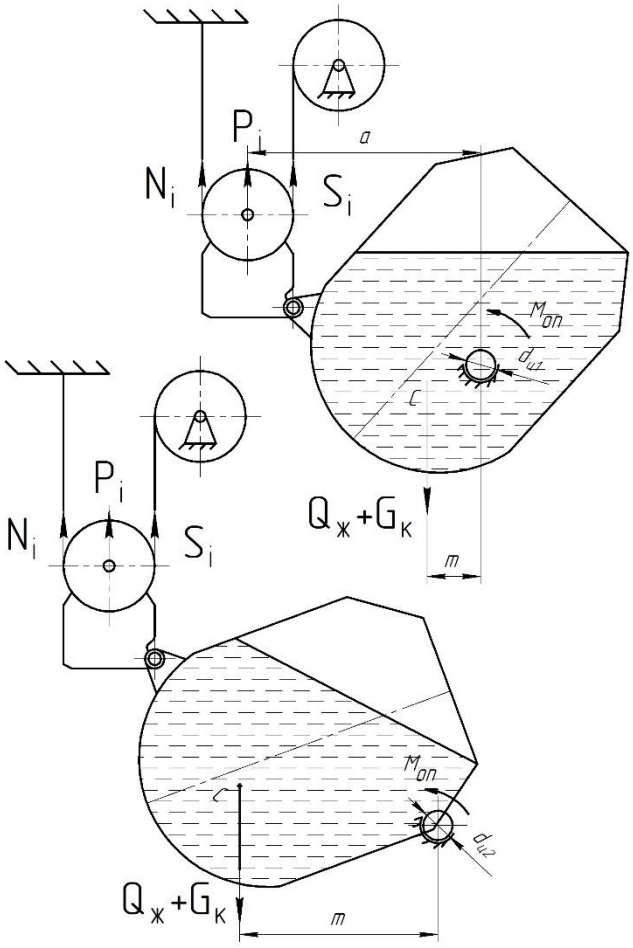


Рисунок 3.24 – Розрахункова схема кантувального пристрою

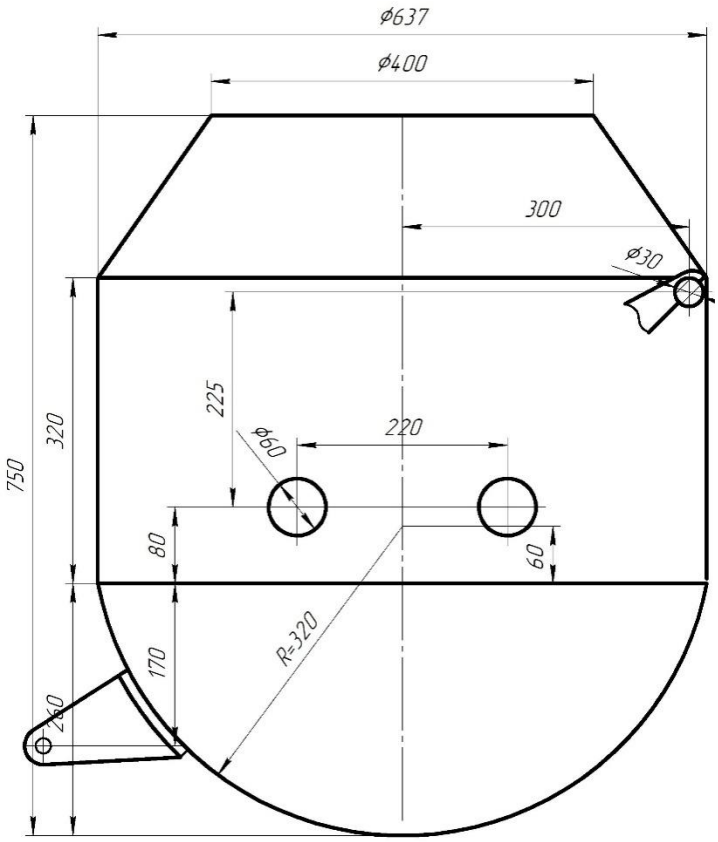


Рисунок 3.25 – Основні розміри ковша

Розрахункове зусилля, яке діє на крюк кантувального пристрою:

$$P_{i_{(p)}} = M/a_i,$$

де a_i – плече сили P_i (визначається графічним шляхом за кресленням), м.

Обладнання, прилади, інструменти та матеріали необхідні для виконання роботи

1. Лабораторна установка, яка являє собою модель розливного ковша і лафета металовозного візка.
2. Тензометричний підсилювач, апаратура, що реєструє, гирі.
3. Рідина для заповнення ковша (вода).

Лабораторна установка (рис. 3.26) складається із розливного ковша 1, лафета металовозного візка, кантувальних стійок 3 біля розливної машини, канатів 13, кантувальної лебідки 16, яка розташована на рухомому візку з механізмом переміщення.

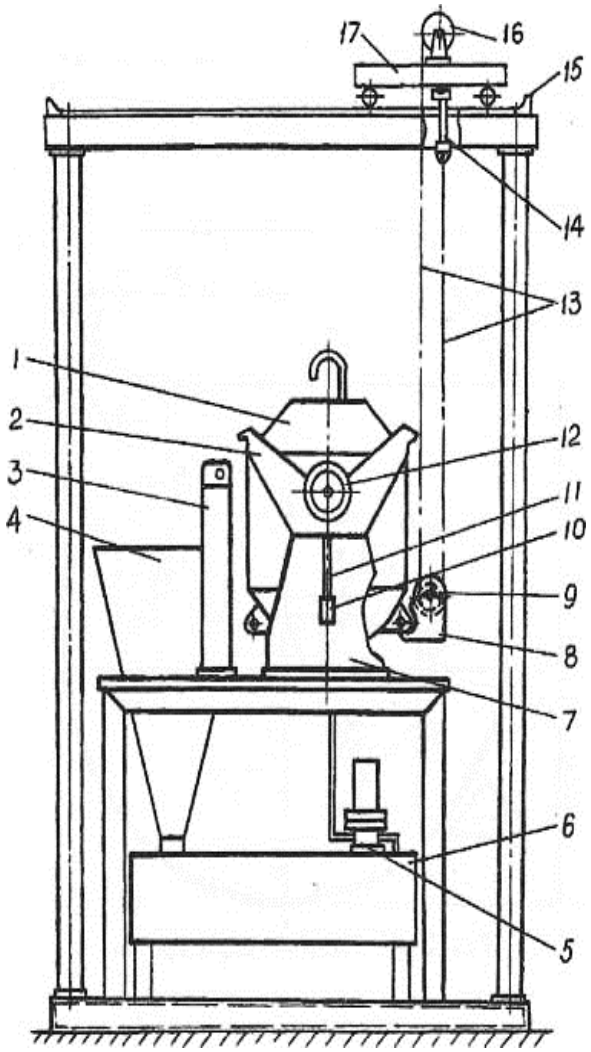


Рисунок 3.26 – Схема кантувального пристрою

Візок рухається по рейковому шляху 15. На канатах підвішена блокова

підвіска 9 з крюком 8, яким захоплюють сергу ковша. В нерухому вітку канатів встановлено силовимірювач 14, який кріпиться до зрівняльної траверси візка.

На верхніх цапфах ковша, призначених для транспортування ковша краном, з одного боку кріпиться кутомір, а з другого – реохордний датчик кута переміщення 12. На осі повзунка датчика закріплена штанга 11 з тягарем 10, що дозволяє реохорду обертатись відносно нерухомого повзунка.

При початковому кантуванні ковша його обертання відбувається відносно лівих нижніх цапф, а потім, коли лапи 2 обіпруться на кантувальні стійки, кантування буде проходити відносно осей пальців стійок.

Вода, яка зливається із ковша при його кантуванні, спрямовується воронкою 4 в резервуар 6. Заливання ковша водою здійснюється насосом 5. Технічна характеристика лабораторної установки приведена в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика лабораторної установки

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7
Умовне позначення	G_K	X_k	Y_k	$d_ц$	μ	γ	δ
Одиниця виміру	Н	м	м	м	–	Н/м^3	–
Значення	62,5	0	0,385	0,06		$1 \cdot 10^4$	0,98

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з конструкцією лабораторної установки.
2. Ознайомитись з правилами техніки безпеки при виконанні роботи.
3. Ківш нахилити таким чином, щоб його лапи розташувались на кантувальних стійках. Воду залити до рівня зливного носика ковша.
4. Повернути ківш у вихідне положення. При цьому необхідно прослідити щоб канати не відчували натягу від дії ковша.
5. Зібрати вимірювальну схему, установити в залежності від навантаження ступінь підсилення та провести балансування тензометричного підсилювача. Підключити реохордний датчик.
6. Провести кантування ковша і записати осцилограму зусиль натягу в канатах та кута кантування ковша (рис. 3.27).
7. Виконати тарування силовимірювача та датчика кута повороту ковша, побудувати тарувальні графіки і визначити масштаб для зусиль натягу в канатах і кута кантування ковша.
8. Обробити осцилограми, визначивши для заданих положень ковша зусиль $S_{i(e)}$ у вітці каната, яка набігає на барабан лебідки:

$$S_{i(e)} = \frac{N_{i(e)}}{\eta_б} = \frac{m_N \cdot y_N}{\eta_б},$$

де $N_{i(e)}$ – зусилля, виміряння силовимірювачем, Н;

m_N – масштаб зусилля, Н/мм;
$\eta_б$ – ККД блока;
y_N – відхилення параметра на осцилограмі, мм.

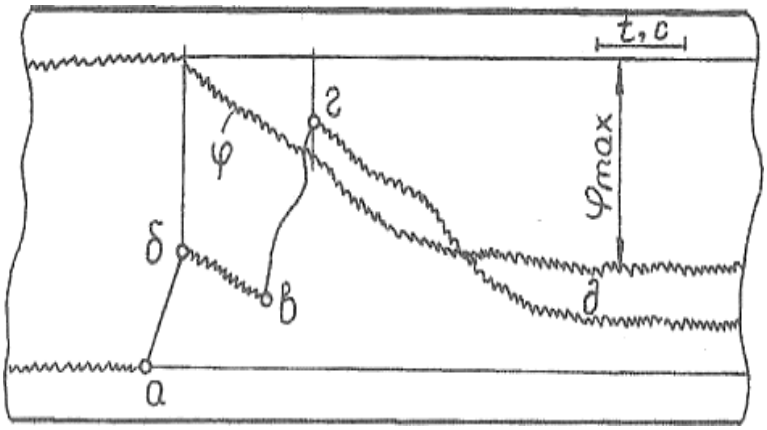


Рисунок 3.27 – Осцилограма зміни зусиль натягу в канатах і кута кантування ковша

Кут нахилу ковша:

$$\varphi_з = m_\varphi \cdot y_\varphi,$$

де m_φ – відхилення параметра на осцилограмі, мм.

8. Для ладанних положень визначити зусилля $P_{i(e)}$, діюче на крюк кантувального пристрою у вертикальному напрямку:

$$P_{i(e)} = N_{i(e)} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_б}\right).$$

10. Порівняти експериментальні та розрахункові значення зусиль натягу в канатах при кантуванні ковша.

11. Оформити звіт за результатами виконання роботи.

Зміст звіту

1. Окреслити назву та мету роботи.
2. Описати конструкцію лабораторної установки.
3. Описати методику та результати розрахунків зусиль натягу в канатах для заданих кутів повороту ковша.
4. Описати результати обробки тарувальної та робочої осцилограм. Описати характерні точки на робочій осцилограмі, тобто, пояснити, що відбувається в даний момент часу в процесі кантування ковша.
5. Зробити порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних.
6. Зробити висновки за результатами виконання роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

4.1 Контрольні питання до лабораторного заняття №1

Запитання вхідного контролю

1. Будова та принцип дії тензометричного моста з компенсаційними і робочими датчиками.
2. Методика тарування силовимірників з трубчатими пружинами елементами, які працюють на розтягування.
3. Способи подавання шихти до шахтної печі.
4. Класифікація обладнання для подавання шихти на колошник шахтних печей.
5. Скіпові підйомники вертикальні і похилі. Принципова схема похилого скіпового підйомника.
6. Скіпові лебідки, їх типи та будова.
7. Графік швидкості руху скипів. Пояснення різниці значень швидкостей на різних ділянках шляху скіпа.
8. Режими роботи двигунів скіпової лебідки, їх характеристика.
9. На які види навантажень витрачається потужність електродвигунів лебідки?
10. Яка відміна є між тертям ковзання та кочення?
11. Фізичне значення та спосіб визначення кута природного нахилу матеріалу.

Запитання вихідного контролю

1. Схема моделі скіпового підйомника, її будова та принцип дії.
2. Методика експериментальних вимірів при лослідженні зусиль натяту в канатах скіпового похилого підйомника.
3. Схема сил, які діють на завантажений скіп, і визначення зусиль натягу в канаті.
4. Схема сил, які діють на порожній скіп, і визначення зусиль натягу в канаті.
5. Теоретичний метод визначення центра тяжіння матеріалу в скіпу.
6. Експериментальний метод визначення центра тяжіння порожнього скіпа.
7. Схема сил, які діють на скіп при його положенні на розвантажувальних кривих. Які умови мають бути, щоб скіп зміг повернутись з розвантажувальних кривих?
8. Графічний метод визначення зусиль натягу в канатах скіпа, який перебуває на розвантажувальних кривих.
9. Методика визначення коефіцієнта, враховуючого тертя в ребрах, аналітичним шляхом.
10. Методика визначення коефіцієнта, враховуючого тертя в ребордах,

експериментальним шляхом.

11. Методика порівняння розрахункових та експериментальних даних.

4.2 Контрольні питання до лабораторного заняття №2

Запитання вхідного контролю

1. Вимоги до розміщення шихти в шихті печі.
2. Основне призначення розподільників шихти.
3. Типи розподільників шихти.
4. Принципова схема типового розподільника шихти з обертовою воронкою.
5. Призначення та будова кутового редуктора.
6. Призначення опорних, контропорних та центральних роликів.
7. Перелік станцій спрацювання розподільника. Контроль та управління роботою розподільника.
8. Методика тарування крутних моментів.
9. Будова та з'єднання тензометричного моста при вимірюванні крутних моментів.
10. Кут закручення вала, його визначення.

Запитання вихідного контролю

1. Схема моделі розподільника шихти, її будова та принцип дії.
2. Схема сил, діючих на розподільник.
3. Методика експериментальних вимірів моментів опору обертанню воронки розподільника та оброблення результатів досліджень.
4. Чим викликано врахування трьох ординат моментів на робочій осцилограмі?
5. Зусилля в штанзі малого конуса.
6. Зусилля, діюче з боку балансирного пристрою на стану малого конуса.
7. Момент – від сил тертя в упорному підшипнику.
8. Тиск в опорних роликах.
9. Момент опору обертанню воронки розподільника.
10. Методика порівняння розрахункових та експериментальних даних.
11. Коефіцієнт, який враховує тертя в опорних роликах та додатковий опір при перекосах в опорно-поворотній частині розподільника.

4.3 Контрольні питання до лабораторного заняття №3

Запитання вхідного контролю

1. Способи завантаження шихти в шахтні печі.
2. Завантажувальні пристрої шахтних печей, їх класифікація.
3. Будова типового двоконусного завантажувального пристрою.

4. Призначення та принцип дії балансних пристроїв.
5. Лебідки для управління конусами.
6. Будова комбінованої лебідки та принцип її дії.
7. Яке призначення противаги?
8. На які види навантаження та опору витрачається потужність двигуна лебідки?
9. В чому полягають переваги та недоліки черв'ячної передачі?
10. Чи є залежність між діаметрами шківа та каната? Якщо є то яка?
11. Які позитивні та негативні аспекти використання для управління конусами гідроприводу поступального руху?

Запитання вихідного контролю

1. Схема моделі системи управління конусами.
2. Методика експериментальних вимірювань тиску на конусі.
3. Методика експериментальних вимірювань зусиль натягу в канатах балансирного пристрою.
4. Пояснення характеру змінення зусиль на осцилограмі.
5. Схема сил, які діють на балансир.
6. Методика визначення зусиль натягу в канатах розрахунковим шляхом
7. Як визначається величина ходу конуса?
8. Безрозмірний графік для визначення тиску матеріалу на конус.
9. Визначення тиску матеріалу на конус за допомогою безмірного графіка.
10. Визначення зусилля натягу в канаті.
11. Критерії подібності для засипного пристрою, їх призначення та фізична суть.
12. Методика порівняння розрахункових та експериментальних даних.

4.4 Контрольні питання до лабораторного заняття №4

Запитання вхідного контролю

1. Область застосування та призначення конверторів.
2. Класифікація конверторів за формою та типом привода.
3. Характеристика стаціонарних, півнавісних та навісних приводів.
4. Режими роботи двигунів механізму обертання конвертора.
5. Вимоги до розташування осі обертання конвертора.
6. Класифікація методів визначення центрів тяжіння.
7. Суть графоаналітичних методів визначення центрів тяжіння.
8. На які види навантаження витрачує потужність двигуна?
9. Схема розташування зубчатого зачеплення в навісному приводі.
10. Основні параметри зубчатого зачеплення.
11. Як визначається міжосьова відстань зачеплення?
12. Як здійснюється розрахунок зубців на міцність?

Запитання вихідного контролю

1. Схема лабораторної установки для визначення перекидних моментів конвертора.
2. Методика експериментального дослідження перекидних моментів конвертора.
3. Обґрунтування прийняття половинчатої моделі конвертора як об'єкта дослідження.
4. Міркування відносно застосування при дослідженнях тензометрії.
5. Як визначається необхідний об'єм та маса рідини для наповнення моделі?
6. Момент від ваги металу в дійсному конверторі.
7. Приблизні графіки перекидних моментів конвертора, їх характеристика.
8. Міркування щодо вирівнювання значень перекидних моментів шляхом фізичної дії на привод.
9. Методика визначення положення осі обертання конвертора за умовою забезпечення самоповороту.
10. Розрахункова схема до визначення положення осі конвертора.
11. Визначення відстані, на яку необхідно змісти вісь обертання моделі, щоб дотримувалась умова самоповороту.
12. Пропозиції стосовно удосконалення моделі засипного пристрою шахтної печі і системи управління конусами.

4.5 Контрольні питання до лабораторного заняття №5

Запитання вхідного контролю

1. Класифікація електричних печей, область їх застосування та призначення.
2. Схема типової дугової сталеплавильної печі.
3. Типи механізмів підняття та відвороту склепіння печі.
4. Типи механізмів переміщення електродів.
5. Типи механізмів нахилу електропечей.
6. Аналіз механізмів нахилу з врахуванням переваг та недоліків кожного.
7. Особливості розрахунку рейкових передач.
8. Рейкові коробки, їх будова та призначення.
9. Характеристика напруг, які виникають в рейках.
10. На які види навантаження витрачається потужність двигунів механізму нахилу?
11. Суть тертя кочення. Які фактори впливають на величину сил тертя кочення?
12. Як вибираються параметри рейкової передачі?
13. Різниця в методиці розрахунків відкритих і закритих зубчатих

передач.

14. Чим викликана та обставина, що корпус черв'ячного редуктора, як правило, виконується з ребрами?

Запитання вихідного контролю

1. Схема лабораторної установки – діючої моделі дугової сталеплавильної печі.
2. Методика дослідження силових параметрів механізму нахилу дугової сталеплавильної печі.
3. Характеристика осцилограми та її тарування.
4. Місцеположення умовної осі обертання печі, розташування загального центра тяжіння та методика його визначення.
5. Схема сил, які діють на піч та механізм нахилу.
6. Визначення радіуса-вектора та його характеристика.
7. Момент від ваги печі, пояснення знаків моменту («+» чи «–»).
8. Формула Герца та визначення коефіцієнта тертя кочення.
9. Характеристика параметрів, що впливають на значення коефіцієнта тертя кочення.
10. Характеристика траєкторії руху точок, розташованих на поверхні опорних сегментів.
11. Координати розташування характерних точок механізму нахилу печі (M, N, C).
12. Умови нанесення початку координатних осей при вихідному положенні печі.
13. Визначення плеча сил, виникаючих в рейках.
14. Зіставлення значень моментів, які одержано експериментальним та розрахунковим методами.

4.6 Контрольні питання до лабораторного заняття №6

Запитання вхідного контролю

1. Призначення та область застосування розливних ковшів.
2. Класифікація ковшів.
3. Будова ковша для транспортування металів.
4. Будова ковша зі стопорним пристроєм.
5. Будова вакуумного ковша для вибирання алюмінію із електролізу.
6. Будова ковша для шлаку.
7. Способи виконання цапф та вимоги до них.
8. Від чого залежить місткість ковша?
9. Методи визначення центрів тяжіння ємностей з металом, їх характеристика.
10. Яка залежність значення перекидна моменту від кута повороту?
11. Як визначає момент від сил тертя в опорних цапфах.

12. Кратність поліспаста.

Запитання вихідного контролю

1. Схема експериментальної установки.
2. Методика визначення центра тяжіння ковша експериментальним шляхом.
3. Умови рівноваги при прикладанні додаткового вантажу.
4. Умови рівноваги при знятті додаткової вантажу.
5. Координати центра тяжіння.
6. Схема до розрахунку положення цапф ковша.
7. Аналіз формули професора Кьоніга.
8. Як впливає форма ковша (конічна, циліндрична, грушовидна) на характер зміненим значень перекидного моменту в залежності від кута нахилу?
9. Яка кратність поліспастної системи моделі розливного крана?
10. Основні конструктивні відміни розливного крана від звичайних мостових кранів?
11. Яким чином враховуються сили тяжіння в механізмі підйому при руховому та загальному режимах**?**
12. Як визначається зусилля опору руху кранового візка?

4.7 Контрольні питання до лабораторного заняття №7

Запитання вхідного контролю

1. Призначення та область застосування кантувальних пристроїв розливних машин.
2. Класифікація кантувальних пристроїв.
3. Принципова схема кантувального пристрою з вантажним та регулювальним поліспастами.
4. Принципова схема гідравлічного кантувального пристрою.
5. Яку роль відіграють рухомі та нерухомі блоки поліспастної системи**?**
6. Із яких міркувань і на підставі чого говорять про виграш в силі та програм в переміщенні (чи навпаки)?
7. Чи є залежність між розмірами канатів та блоків?
8. Як вибираються сталеві канати?
9. Розташування та призначення кантувальних станків.
10. Яка методики визначення траєкторії руху характерних точок (осей блоків, зіву крюка) кантувального пристрою з вантажним та регульованим поліспастами?
11. Чим викликаний потяг до близького розташування опорних лап від зливного носика?
12. Від чого залежить площа гідроциліндра?
13. Як визначається швидкість руху штока гідроциліндра?
14. Які напруги виникають в стінках гідроциліндра?

15. Чи є залежність між товщиною стінки циліндра і діаметром, якщо так, то яка?

Запитання вихідного контролю

1. Принципова схема моделі кантувального пристрою.
2. Методика експериментальних вимірювань зусиль натягу в канатах.
3. Характеристика та тарування робочої осцилограми.
4. Методика визначення центра тяжіння ковша.
5. Які особливості враховуються при нанесенні лінії поверхні металу для тих кутів кантування, при яких ще не зливається метал (вода)?
6. Які умови мають бути дотриманні при розбиванні об’єму металу на окремі об'єми?
7. Ваша думка про можливості застосування ЕОМ для визначення загального центра тяжіння.
8. Як визначається об'єм циліндричних моментів ковша**?**
9. Схема циліндричних сегментів та їх характеристика.
10. Схема до розрахунку перехідних моментів ковша.
11. Формула для визначення перекидного моменту ковша.
12. Визначення коефіцієнта Стьюдента та його характеристика.
13. Визначення довірчого інтервалу.
14. Порівняння експериментальних та розрахункових даних. В чому полягає погрішність результатів, які одержано розрахунковим шляхом?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 1. Теоретичні дослідження : навч. посіб. Київ : Кондор, 2012. 184 с.
2. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 2. Експериментальні дослідження : навч. посіб. Київ: Кондор, 2012. 221 с.
3. Механічне обладнання металургійних заводів. Металургійне обладнання конверторних та мартенівських цехів : підручник / В. М. Гребенік, Ф. К. Іванченко, Б. О. Павленко та ін. Київ : Вища школа, 1992. 625 с.
4. WinПОС. Керівництво користувача. Київ : НВП «МЄРА», 2009. 174 с.
5. Крячко Г. Ю., Сафіна-Валуєва Л. О. Споруди та обладнання доменних цехів. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 87 с.
6. Крячко Г. Ю. Споруди та обладнання сталеплавильних цехів. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 141 с.
7. Манідіна Є. А., Бєлоконь К. В. Безпека технологічних процесів та обладнання : навч.-метод. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 133 с.
8. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» (зварювальні та споріднені спеціалізації). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 30 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Таратута К. В., Гречаний О. М. Обладнання для виробництва металів і сплавів : методичні вказівки до контрольних та самостійних робіт для студентів ЗДІА напряму підготовки Машинобудування. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 52 с.
2. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб./ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.
3. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.
4. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.
5. Рабер Л. М., Єрмократьєв В. О., Мазур І. А. Несучі конструкції металургійних агрегатів : навч. посіб. для студентів спец. 133 «Галузеве машинобудування». Павлоград : АРТ Синтез-Т, 2023. 254 с.

Додаткова:

1. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : видавництво ЗДІА, 1996. 145 с.
2. Жук А. Я., Желябина Н. К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 1. Електромеханічний привод : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 398 с.
3. Жук А.Я., Желябина Н.К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 2. Гідро- і пневмопривод : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 220 с.
4. Жук А.Я., Желябина Н. К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 3. Експеримент та діагностика : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 176 с.
5. Таратута К. В., Гроздєв А. В. Аналіз конструкцій валкових млинів для підготовки пиловугільного палива та шляхи їх подальшого розвитку. Збірник наукових праць «Металургія». 2016. № 1(35). С. 58–60.
6. Жук А. Я., Желябина Н. К. Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 1998. 216 с.
7. Жук А. Я. Механічне обладнання заводів кольорового металургійного переділу : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 199 с.
8. Жук А. Я., Таратута К. В., Власов А. О. Обладнання для виробництва металів і сплавів : збірник задач і тестів для студентів ЗДІА спеціальності 7.090218 «Металургійне обладнання». Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 172 с.
9. Таратута К. В., Комісcаров І. Вдосконалення розвантажувального механізму скіпового підйомника. *Молода наука – 2021 :* матеріали XIV науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих

вчених. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 282–283.

10. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 192 с.

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

12. Abdushukur E. M., Shirinboy N. B. Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces. *Vibroengineering Procedia*. 2024. Vol. 54. pp. 141–146. URL: https://doi.org/10.21595/vp.2024.23995

Інформаційні джерела:

1. Платформа дистанційного навчання Moodle ЗНУ. Механічне обладнання металургійних заводів: обладнання для виробництва металів і сплавів. URL: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8774 (дата звернення: 01.05.2024)

2. Машини і агрегати сталеплавильних цехів. ІІ частина. Електронне видання. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/pidruchnuku13122023/Mahunu_i_agregatu_ztaleplavelnuh_cehiv/Zmist/zmist.htm(дата звернення: 01.05.2024)

3. Споруди та обладнання доменних цехів. Електронний посібник. URL: https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/23/5–23–kl23.pdf (дата звернення: 01.05.2024)

4. Споруди та обладнання сталеплавильних цехів. Електронне видання. URL: https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/23/5–23–mzs42.pdf (дата звернення: 01.05.2024)

5. Машини і агрегати агло-доменних цехів. Електронне видання. URL: https://sites.google.com/view/kravchenko—anna/%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%BD%D1%8F–%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0 (дата звернення: 01.05.2024)

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Таратута Костянтин Васильович
Власов Андрій Олександрович
Воденнікова Оксана Сергіївна

МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ЗАВОДІВ: ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Методичні рекомендації
до лабораторних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Рецензент *Й. К. Огінський*
Відповідальний за випуск *І. А. Шевченко*
Коректор О. С. *Воденнікова*