МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійного обладнання

Кваліфікаційна робота / проект

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

На тему: **Удосконалення механізмів дугової плавильної печі для виплавки сталі**

Виконав: студент 4 курсу, групи: 6.1331

Москаленко Микита Володимирович _____

(ПІП) (підпис)

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

(код і назва спеціальності)

Освітня програма: Галузеве машинобудування

(код і назва освітньої програми)

Керівник: к. т. н доц. каф. МО Таратута К. _____

(посада, ПІП) (підпис)

Рецензент: _____ _____

(посада, ПІП) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Кафедра Металургійного обладнання

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(код та назва)

Освітня програма Галузеве машинобудування

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А. О. Власов

“ ” 20 25 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Москаленко Микита Володимирович

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Удосконалення механізмів дугової плавильної печі для виплавки сталі

науковий керівник Таратута Костянтин Васильович доц. каф. МО к.т.н.

(П.І.Б., посада та наук, ступінь)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” 12. 24р. № 2031-с

2. Строк подання студентом роботи 9 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали виробничої (переддипломної) практики, курсові проєкти, технічна документація ПАТ «Дніпроспецсталь», літературні джерела, інтернет-ресурси.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслень):1. Піч ДСВ-40 — 2А1; 2. Механізм нахилу печі ДСВ-40 — 1А1; 3. Гідроциліндр нахилу печі ДСВ-40 — 1А1; 4. Фундамент печі ДСВ-40 — 1А1; Система очищения газів, які відводять від печі — 1А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання Прийняв
1. Загальна частина	Таратута К. В. доц. каф. МО к. т. н.		
2. Технологічна частина	Таратута К. В. доц. каф. МО к. т. н.		
3. Механічна частина	Таратута К. В. доц. каф. МО к. т. н.		
4. Охорона праці та техногенної безпеки	Таратута К. В. доц. каф. МО к. т. н.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1	28.04.25 – 10.05.25	
2.	Розділи 2-3	13.05.25-30.05.25	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	01.06.25-15.06.25	

Студент _____ Москаленко М. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Нормоконтроль прйдено

Нормоконтролер _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

У роботі розглянуто напрями удосконалення конструктивних і функціональних елементів механізмів дугової сталеплавильної печі (ДСП), що застосовується у процесі виплавки сталі. Основна увага приділяється аналізу та модернізації систем переміщення електродів, механізму нахилу печі, а також гідравлічних та приводних установок, які забезпечують надійність і енергоефективність роботи агрегату.

Запропоновані конструктивні зміни спрямовані на зменшення енергоспоживання, покращення точності регулювання електродів, підвищення швидкодії та безпеки обслуговування механізмів. Наведено результати розрахунків перекидаючого моменту, зусиль у гідроциліндрах та анкерних кріпленнях. Визначено раціональні параметри конструкції, що забезпечують надійність фундаменту та механічних вузлів у складних умовах температурного і динамічного навантаження.

Матеріал може бути використаний для інженерного проєктування та модернізації електродугових печей у металургійній промисловості.

Abstract

This paper explores the improvement of structural and functional components of electric arc furnace (EAF) mechanisms used in steelmaking. The focus is placed on the analysis and modernization of electrode lifting systems, furnace tilting mechanisms, and hydraulic and drive units that ensure the reliability and energy efficiency of the furnace operation.

The proposed design modifications aim to reduce energy consumption, improve electrode positioning accuracy, and enhance the responsiveness and operational safety of the mechanisms. The study presents calculations of tilting moments, forces in hydraulic cylinders, and anchor bolt stresses. Optimal structural parameters are determined to ensure the durability of the foundation and mechanical assemblies under complex thermal and dynamic loads.

The findings can be applied in engineering design and modernization of electric arc furnaces in the steel industry.

ЗМІСТ

ЗМІСТ 6
ВСТУП…… 7
ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА…….. 9
1.1 Загальні відомості про підприємство……. 9
1.2 Технологія виробництва сталі…… 10
1.3 Характеристика механічного устаткування цеху…… 12
1.4 “Вузькі” місця ділянки обтискного стану…… 19
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА……. 23
2.1 Загальні відомості й класифікація існуючих конструкцій електросталеплавильних печей……23
2.2 Аналіз впливу умов експлуатації нахилювального механізму електродугової печі ДСВ-40 на якість металу…….. 29
2.3 Рекомендації з модернізації електродугової печі ДСВ-40……..... 31
2.4 Інженерні розрахунки системи нахилу печі ДСВ-40…… 32
2.4.1 Розрахунок моменту навантаження від маси печі……..... 33
2.4.2 Визначення моменту від ваги металу в печі…….. 38
2.4.3 Визначення моменту від тертя в опорних сегментах печі……..... 39
2.4.4 Визначення сумарного моменту……..... 40
2.4.5 Визначення зусиль в штоку гідроциліндра……. 40
2.5 Визначення потужності приводу насосу…… 47
2.6 Перевірка гідроциліндра механізму нахилу печі на міцність…… 48
2.6.1 Перевірочний розрахунок шток гідроциліндра на поздовжній вигин……. 48
2.6.2 Перевірочний розрахунок гідроциліндра на міцність……..... 49
2.7 Розрахунок потужності привода механізму переміщення електрода…… 49
3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА…… 57

3.1 Технологія складання та встановлення металургійних агрегатів……..57
3.2 Основи технологічного процесу у чорній металургії
…….58
3.3 Розрахунок фундаменту для електродугової печі ДСВ-40…….60
3.4 Розрахунок анкерних болтів для закріплення механізму нахилу електродуговоїпечі до фундаменту……..
.....61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА……
.....62
4.1 Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня його механізації й
автоматизації…….....62
4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів…….....65
4.3 Технічні рішення з виробничої санітарії…….....66
4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд цеху…….....66
4.3.2 Опалення й вентиляція ……..…….....67
4.3.3. Природне й штучне освітлення…….....67
4.3.4 Санітарно-побутові приміщення…….....68
4.4 Техногенна безпека…….....68
4.5. Захист довкілля від шкідливих впливів сталеплавильного виробництва…….....69
4.6 Розрахунок скрубера Вентурі…….....70
ВИСНОВКИ…….....75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….....76

ВСТУП

Електрометалургія, включаючи процес кисневого конвертера, є також найбільш перспективним методом масового виробництва сталі.

Частка електричної сталі у світі зростає. Електрична піч є основним обладнанням для виробництва сталі в електрометалургії.Відповідно, відкриття резервів для підвищення ефективності електричних дугових печей та їх експлуатація мають високу економічну цінність. Параметри дугової печі − як для самого процесу, так і для технічних та економічних факторів − у значній мірі визначаються основними параметрами та типом конструкції учасників.

Плавлення сталі в електричній дуговій печі відбувається шляхом перетворення електричної енергії в тепло за допомогою електричного розряду в газі або вакуумі. Висока енергетична щільність концентрується в невеликому обсязі металу, тому метал швидко плавиться завдяки високим температурам.

Попит на леговані сталі та на очищення металу з металізованих гранул є основною рушійною силою, яка прискорює розвиток плавлення сталі в електричній печі.

Частина I є оглядом того, як практикувати пом'якшення брухту конструкційної сталі в електричній дуговій печі.Значна тенденція в металургійній промисловості пов'язана з безперервними процесами виробництва металу (від плавлення чавуну до виробництва готової прокатної продукції).

Оскільки процес плавлення в кисневому конвертері переважає, вимагаючи менше брухту, ніж відкрите плавлення, формуються передумови для швидкого зростання виробництва електричної сталі з твердим зарядом.

Ще одна важлива частина плавлення електричної сталі — це вимога до легованих сталей та низьких залишків від металізованих гранул.І поряд з процесом кисневого конвертера виробництво електричної сталі буде

прогресувати.У науковому прогресі та промисловому застосуванні підготовка високоміцних сталей базується на специфічній міцності.

Розвиток силових машин і пристроїв та зменшення їх металевої ваги залежать від виробництва сталі особливої та ультрависокої чистоти. Деякі з електричних сталеплавильних цехів, побудованих для виробництва спеціальної сталі, оснащені електричними печами на основі повної механізації та великої автоматизації.

У металургійних заводах для виготовлення середньолегованих і трансформаторних сталей з високими виходами в загальному використанні трифазні електричні дугові печі потужністю 50, 100 і 200 т. Невеликі заводи для спеціальних і високоякісних застосувань постачаються електричними дуговими печами та звичайними індукційними електричними печами з діапазоном потужності 3–100 тонн.

Технології електрошлакового переплаву, плазмового різання та пресування, а також електронно-променевого переплаву були розроблені для підготовки злитків з заданими параметрами. Особлива увага приділяється підвищенню чистоти металу такими методами, як вакуумна та синтетична обробка шлаком, обробка інертними газами та спеціальні процеси переплаву.

Відносно нещодавно з'явився спеціальний напрямок металургії − спеціальна електрометалургія − сфокусована на забезпеченні авіабудування, аерокосмічної технології та ядерної енергетики високотехнологічними сталями та сплавами, що працюють в умовах високих температур і навантажень, в агресивних середовищах, у джерелах радіації, в глибокому холоді, в глибоких вакуумних просторах.

Існує термінова потреба у швидкій та стабільній системі внутрішнього змінного струму в проектуванні дугової печі.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Група компаній «ПрАТ "Дніпровспецсталь" Електрометалургійний завод імені А.Н. Кузміна» є рідкісним підприємством в Україні, яке виробляє спеціальні види високоякісної сталі та сплавів. Історія заводу розпочалася 10 жовтня 1932 року,коли була вироблена перша електрична сталь з рудних розплавів. Завод завершив свої первісно заплановані виробничі потужності до початку Другої світової війни. Завод було евакуйовано до Сибіру під час військових дій[.

Відновлення роботи заводу відбулося в жовтні 1948 року,коли була відправлена перша післявоєнна плавка сталі. Завод відновився, і до 1953 року фактично перевищив довоєнні показники виробництва [2].

Пізніше, у світлі попиту машинобудування,хімічної, ракетної та суднобудівної промисловості, розпочато виробництво електрошлакових і вакуумно-дугових металів, кування довгих заготовок з відкритими методами виробництва на пресах, холоднокатаних сталей, газокисневої обробки корозійностійких металів, авіаційної металургії – обробка металу на агрегатах печі − ковша, вакумування металу на сучасному технологічному рівні.

До того часу було досягнуто: підприємство стало кваліфікованим у понад 800 марках сталі та 1200 профільних розмірах прокату високої якості,що могло задовольнити вимоги не лише внутрішнього,але й великих іноземних замовників.

Продукція підприємства та система якості сертифікованіТехнічним наглядом "TÜV" (Німеччина). Наполеглива робота над покращенням якості продукції призвела до сертифікації: Lloyd's Register, Germanischer Lloyd, Norske Veritas, Авіаційного реєстру.

Завод реконструюється в цехах виробництва сталі та прокатудля підтримки темпів виробництва та підвищення якості продукції. В результаті існуючі

електричні печі для виробництва сталібули замінені на печі другого покоління,встановлено установки для обробки сталі поза піччю,а млини малих перетворень та менш міцні кліткові млинибули замінені на сучасні,в той час як допоміжне обладнання було відремонтовано.

Основні виробничі цехи заводу включають:цехи плавлення сталі №1, №2, №3, №5.

У цехах встановлено дві дугові (ДСВ-25) та одну відкриту індукційну (ОІП-8)печі; у 3-му цеху – три дугові (ДСВ-60);комплекс печей і ковшів будівельного заводу «Даніель»та ковальського заводу «Дніпровспецсталь»,vакуумна установка австрійського виробника для вивчення типу ковшів;цех 5 – печі ESR, печі VAHPL [2].

Цехи прокату включають: цех прокату, штампування, кування та холодного формування,ковальський цех, цех калібрування, термічний цех.

Допоміжні цехи включають: коксохімічний цех, мережевий та підстанційний цех,цех електроенергії, цех підготовки сировини, автомобільний цех.

Цеха представлені наступним чином: CRMO, RMC, електричний цех.

Основні сировини підприємства: зарядні матеріали,залізна руда після попередньої обробки та збагачення;вапно та доломіт;пісок та магнезит,феросплави,алюміній (катанка та злитки),брикетований титановий спінений,рідке скло.

1.2 Технологія виробництва сталі

Вміст легуючих елементів та вміст вуглецю в завантаженні повинні бути розраховані перед завантаженням у піч. Вміст загальної кількості шкідливих домішок, які не можуть бути усунені під час плавлення, також не повинен перевищувати їх вміст у металі марки з урахуванням вмісту домішок, що додаються феросплавами.

Як сировину можна використовувати брухт, що утворюється в сталеплавильних цехах, або вторинні сировини з відходів, класифіковані за магнітними властивостями: магнітні, немагнітні, а також за рівнем утворення шлаку та розміром [2].

Брухт для виробництва баночного асортименту повинен бути позначений і очищений від шлакової частки не більше 5%. Загальна вартість маркованого брухту у виробництві вуглецевої та низьколегованої конструкційної та інструментальної сталі не повинна перевищувати 30% (а у виробництві нержавіючої сталі – 50%) від ваги завантаження. Оскільки вміст шлаку в шлаках до 15% шлаку паспорта, так само як і дрібний брухт та гранули, що утворюються під час глибокої переробки (сепарації) шлаку.

Частка повинна містити продукцію внутрішнього заводу та стружку, імпортовану відповідно до ДСТУ 4121-2002 (ДСТУ 2787-75).

У навантаженні дозволяється використовувати залізо у вигляді чавуну, піддонів та іншого обладнання, а також рідкий чавун ПРАТ "Запоріжсталь".

Плавки доповнюються легуючими компонентами в завантаженні, недовантаженні або в печі в кінці плавлення.

Розмір шматків брухту (завантаження) не повинен перевищувати 1 м для печей потужністю до 20 тонн (вага плавлення) і 2 м максимум для печей потужністю 30-60 тонн.

Як вуглецевий матеріал у завантаженні можна використовувати електродні обрізки розміром не більше 500×300 мм, відходи виробництва електродів, графітові гранули, кокс, коксовий пил. Використання вуглецевого матеріалу типу шматкового та порошкового дозволяється до 7 кг/т від ВАТ "Укрграфіт"(ТУ 48-4801-55-96).

При плавленні сталей будь-яких марок у завантаження вводиться 20±5 кг/т у ковші або під час нагрівання в печі. Забороняється заливати вапно в піч зверху. Вапно, що використовується в усі часи плавлення,повинно бути шматковим,

свіжопаленим (не більше 24 годин після вивантаження з печі),і не повинно мати ознак гашення.За певних умов до завантаження або недовантаження додається загальний або базовий рудний матеріал марок 21 і 22. Забороняється завантажувати сирий залізну руду у піч.Розмір руди та вологість залізорудного брухту повинні бути придатними, так щоб не перевищувати 100 мм, а вміст не перевищувати 1,5%.

У період плавлення завантаження та під час окислювального періоду плавлення технічний кисень з киснепроводу заводу "Запоріжсталь" з вмістом кисню не менше 98%,при тиску в киснепроводі перед піччю (1,2±0,4) МПа. Кисневі труби також повинні бути обладнані вологозбирачами,манометрами та приладом для вимірювання споживання кисню.

У випадку відновлювального шлаку – порошків FS65 феросиліцію, коксу,вуглецево-силіконового відновника,АПС з частинками не більше 1,5 мм та гранул силікон-кальцію з частинками до 25 мм застосовуються (використаня алюмінієвого порошку забороняється).Відновники повинні мати максимальний вміст вологи 1,5%. Порошки відновників калібруються каліброваними екскаваторамиперед введенням у піч.Плавка вивантажується з ковшау вигляді щільного потоку в форму. Гаряча система підключеннявикористовується для транспортування злитків до передніх цехів.

1.3 Характеристика механічного обладнання цеху

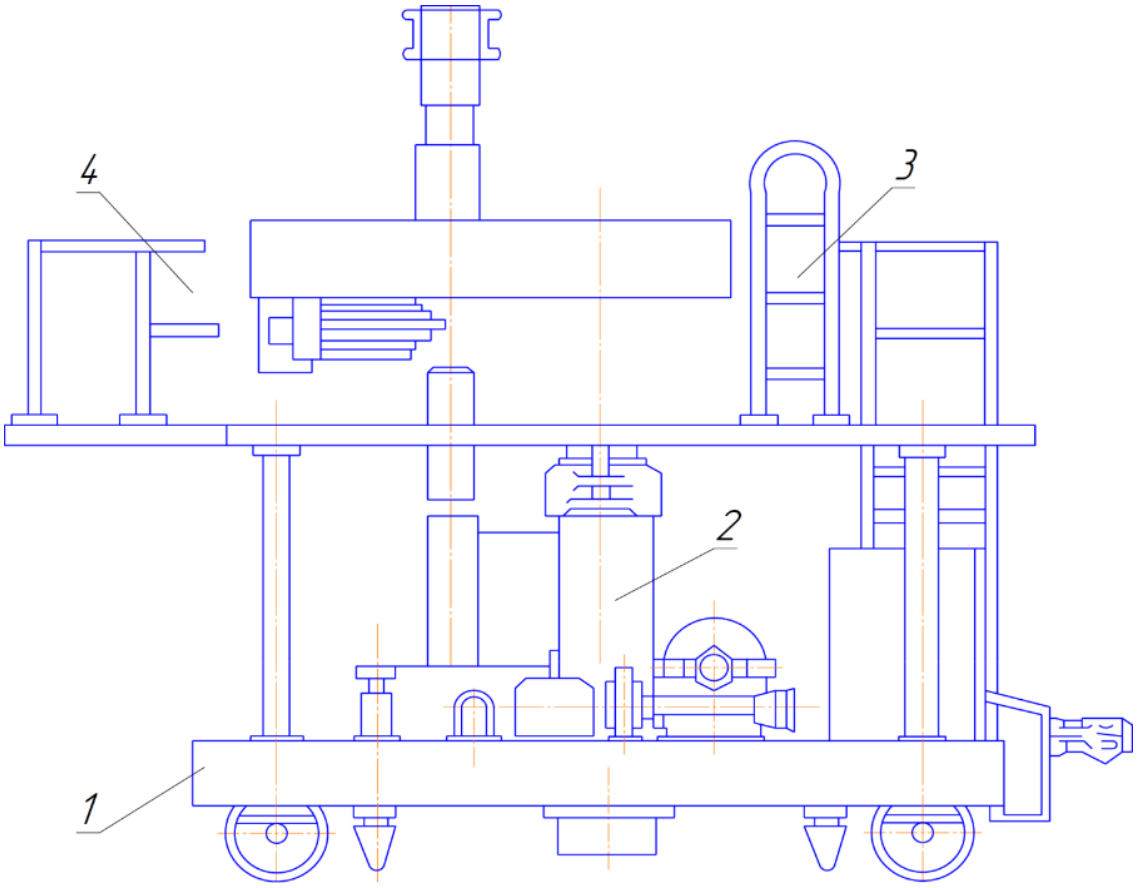
Електричні підйомні крани та конвеєри класифікуються за номінальною вантажопідйомністю, а детальні технічні параметри електричних підйомних кранів показані в таблиці 1.4. Основну увагу слід звернути на телескопічний підйомник (рис. 1.2), розроблений для виконання облицювальних робіт на конвертері з окремим дном вагою 100 т.

Цей механізм забезпечений таким чином, щоб подавати вогнетривкі матеріали на внутрішню поверхню конвертера за допомогою підйомника з

канатним гніздом, що має підйомну потужність 2 тонни. Телескопічна конструкція дозволяє облицювати всю висоту обсягу роботи в конвертері.

Технічні параметри телескопічного підйомника:

- Вантажопідйомність робочої площадки: 49 кН
- Вантажопідйомність підйомного механізму для матеріалів: 19,6 кН
- Мінімальний діаметр робочої площадки: 2800 мм
- Максимальний діаметр з відкидними козирками: 3500 мм
- Хід телескопічного гідроциліндра: 6400 мм
- Середня швидкість підйому робочої площадки: 0,018 м/с
- Швидкість підйомника матеріалів: 0,3 м/с
- Колія: 3000 мм
- База: 4000 мм
- Максимальний розмір піддона: 1000×1100 мм
- Діаметр ходових коліс: 520 мм
- Робочий тиск масла в гідросистемі: 3,5 МПа
- Маса телескопічного підйомника: 26100 кг



1-Платформа, 2-Телескопічний гідроциліндр, 3-Робоча площадка, 4-Колиска

Рисунок 1.2 – Підйомник телескопічний

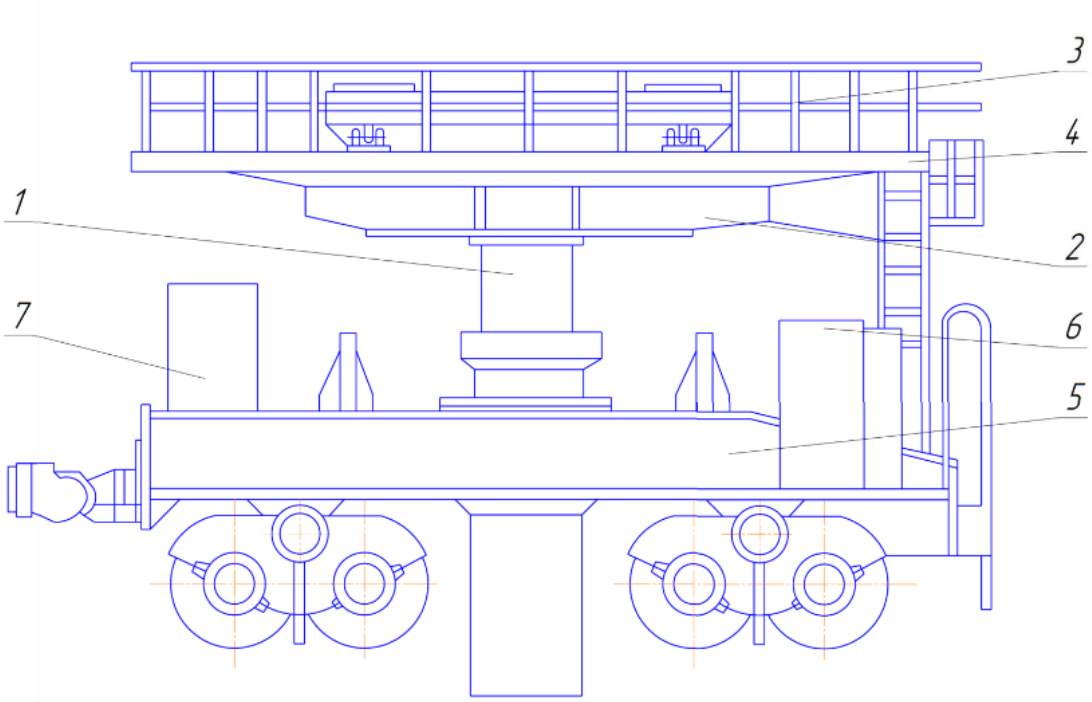
Домкратний візок. Гідравлічний домкратний візок DT 250/3000 (Рисунок 1.3) складається з корпусу зі звареним дном,в якому по центру коаксіально встановлений поршень зі звареним дном.Нижній кінець корпусу обладнаний круглим обідком, щоб запобігти надмірному витягуванню поршня з корпусу.Ключ фіксує поршень від обертання.Для направлення поршня: передбачені втулки з ущільнювальним кільцем.Ущільнювальне кільце складається з пакета шевронних ущільнень, стискається через фланець за допомогою штифта, щоб запобігти витоку олії.

Фланець: обладнаний елементом захисту від зносу.Інше кільце захисту від зносу розташоване в канавці кришки, притискається затискним кільцем.Весь блок захисту від зносу: закритий, з'єднаний гвинтами.Гідравлічний домкрат

з'єднаний з конструкцією за допомогою зварного фланця.У корпусі є повітряна пробка для випуску повітря з порожнини, а зливна пробка розташована в основі корпусу для скидання робочої рідини.Подавання робочої рідини:- відбувається через спеціальний отвір

Технічні характеристики домкратного візка:

- Діаметр плунжера: 600 мм
- Хід плунжера: 1400 мм
- Максимальний робочий тиск: 10 МПа
- Найбільший пробний тиск: 15 МПа
- Робоче зусилля плунжера: $2{,}82\times10^{6}$ Н
- Робоча рідина: Масло Н-20А, Н-30А (ДСТУ 20799-75)



1-Гідравлічний домкрат, 2-Головка плунжера, 3-Поворотний стіл,

4-Робочий майданчик, 5-Рама, 6-Гідропривод, 7-Електроустаткування

Рисунок 1.3 – Домкратний візок

Самохідний сталерозливний стенд (рисунок 1.4) складається з верхньої рами з кареткою, на яку встановлюють сталерозливний шар місткістю 70 т. Верхня рама та каретка виготовлені з двох поздовжніх і двох поперечних балок коробчатого перетину для забезпечення необхідної жорсткості.

Механізм горизонтального зсуву каретки розташований на верхній рамі і має гідравлічний привід. Хід поршні становить 600 мм, що забезпечує переміщення каретки на 300 мм від центральної осі в обидві сторони. Такий зсув дозволяє компенсувати зміщення осі стопорного отвору ковша.

Технічні параметри сталерозливного стенда:

Загальні характеристики:

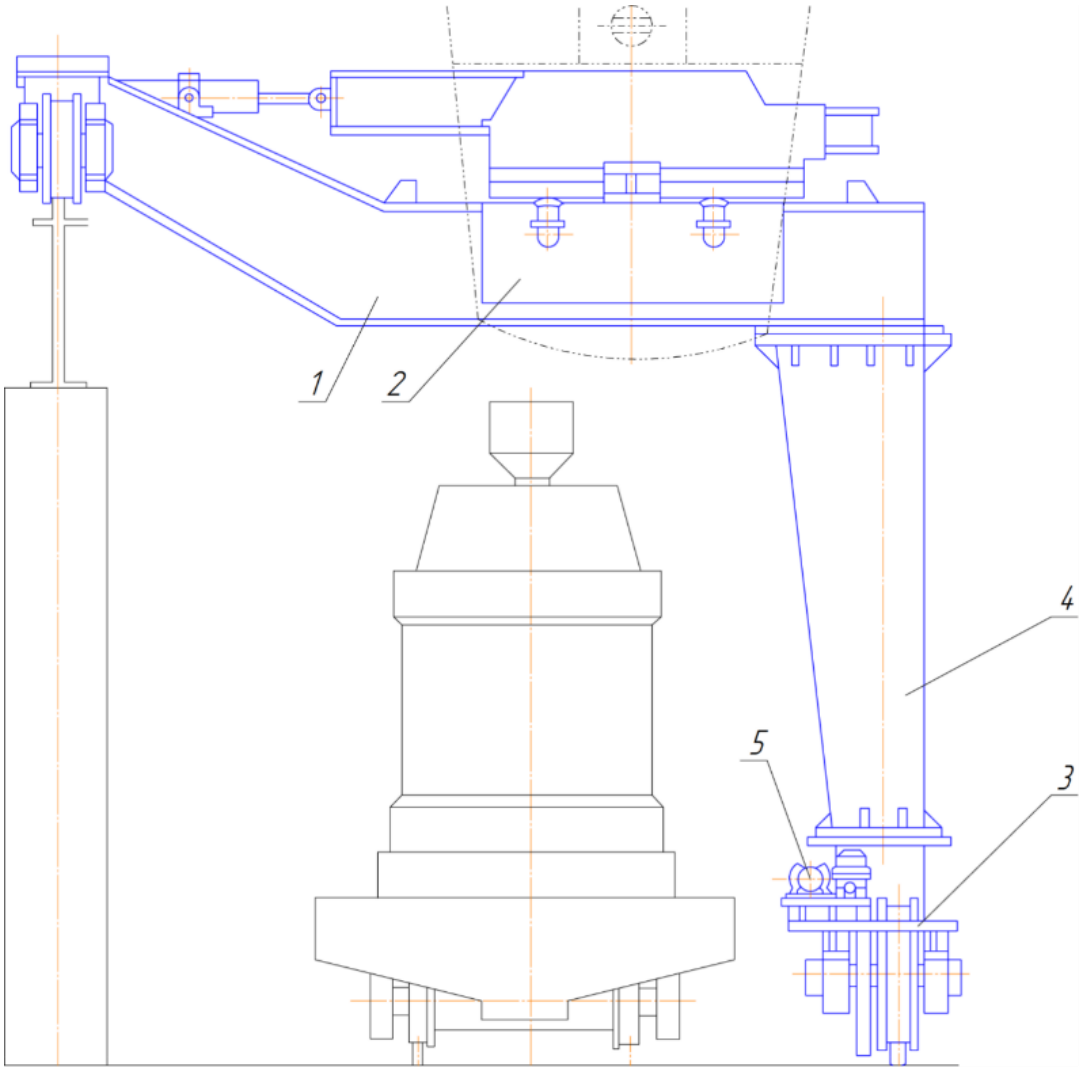
- Вантажопідйомність: 100000 кг
- Максимальний тиск колеса на рейку при діаметрі 1м: 686275 Н
- Максимальний тиск колеса на рейку при діаметрі 0,71м: 196078 Н
- Довжина обмеженої прямої ділянки: 24 м
- Колія стенди: 5,9 м

Механізм пересування:

- Двигун: МТКН 311-6
- Потужність: 11 кВт
- Швидкість обертання: 910 об/хв
- Галмо: ТКГ-300М
- Редуктор: КЦ-300-10-42а з передаточним числом 42
- Циліндрична відкрита передача з передаточним числом 9,65
- Швидкість пересування: 0,125 м/с

Механізм зсуву ковша:

- Діаметр поршня гідроциліндра: 0,96 м
- Хід поршня: 0,6 м
- Тиск у гідросистемі: 9 МПа
- Швидкість горизонтального зсуву ковша: 0,03 м/с



1-Верхня рама, 2-Каретка, 3-Нижня рама, 4-Стійка, 5-Привод

Рисунок 1.4 – Самохідний сталерозливний стенд

Стаціонарний гідравлічний стрипер (рисунок 1.5) призначений для видалення злітків з виливниць. Станина служить для розташування захватів із гідроциліндрами, важелями зі сергами та маслостанціями, а також виливницею зі злитком.

Станина забезпечена робочим штоком (виштовхувачем), який через важливу систему забезпечує вирощування злитків. Гідростанція відповідає за подачу масла до гідроциліндрів, зусилля з яких передається на виховувач і захват.

Принцип дії відбувається в тому, що захвати притискають виливницю зі злитком до станини, викликаючи виштовхувальний ефект для видалення злитка. Під час зворотного ходу гідроциліндрів виштовхувач опускається, а захоплюються повертаються у вихідне положення.

Керування роботою створюється за допомогою гідравлічних розподільників і зворотних клапанів. Контроль крайового положення завершується вимикачами та запобіжними клапанами. Управління виконується з пульта, розташованого поруч зі стрипером.

Технічні характеристики смугача:

Гідростанція:

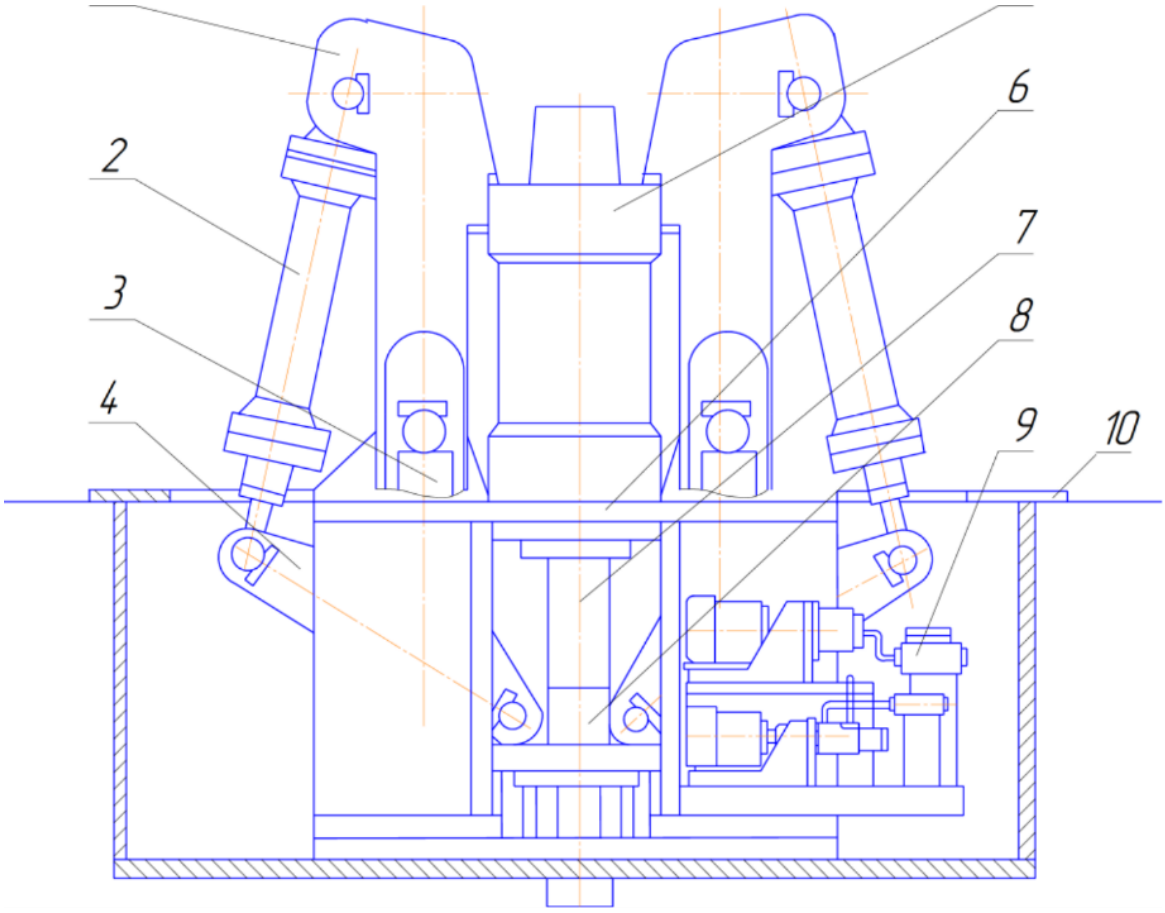
- Електродвигун А02-72-6: потужність 22 кВт, 970 об/хв
- Електродвигун А02-62-4: потужність 17 кВт, 1460 об/хв
- Насос Г12-2бЛМ: подача 200 л/хв, потужність 24,5 кВт, 960 об/хв
- Насос НС 16/320-125/63: подача 21,6 л/хв, потужність 17,55 кВт, 1500 об/хв
- Запобіжні клапани: М-ПКП-32-02, ПГ-52-25
- Гідравлічний розподільник: Р-323 червоний 64

Гідроциліндри:

- Діаметр циліндра: 385 мм
- Хід штока: 1400 мм
- Зусилля на штоку: 240 кН

Загальні параметри:

- Габарити смуги: 3200×6000×5200 мм
- Маса смугача: 62 т
- Зусилля на віштовхувачі: 1000 тс



1-Захват, 2-Гідроциліндр, 3-Серьга, 4-Важиль, 5-Воливниця,

6 -Станина, 7-Виштовхувач, 8-Траверса, 9-Маслостанція, 10-Огородження

Рисунок 1.5 – Станційний гідравлічний стрипер

1.4 "Вузькі" місця ділянки обтискного стану

У цьому комплексі функціонують три електродугові печі DSV-50, тоді як є лише одна LFB. Ця диспропорція виникає через розвиток поперечного потоку під час течії розплавленого металу, що призводить до втрати робочого часу та зниження продуктивності. Це не можна вирішити оптимізацією планування плавлення, оскільки в печах плавляться різні марки, а цикли плавлення не є рівними.

Щоб подолати цю проблему, оптимальним рішенням є будівництво ще однієї ливарної печі.Вузькі місця складаються не лише з недосконалості апаратури та її постійних поломок, які негативно впливають на технологічний процес.

У DSV-50 горіння електричної дуги перетворює електричну енергію на тепло; піч запускається з увімкненими авторегуляторами всіх фаз, а електроди піднімаються. Автоматичні регулятори діють на електроди, щоб змусити їх опуститися, запускаючи дугу після дотику до заряду.

Електрична дуга, що працює в довгій печі, має кілька спеціальних властивостей, які в основному значно відрізняються від інших дуг:

1. Дуга працює тривалий час і повинна гарантувати максимальну стабільність.
2. Дуга є потужною при низькій напрузі та високому струмі.
3. Дуга працює в закритій зоні, стіни якої споживають всю енергію, яка видається дугою. Внаслідок цього умови роботи дуги в межах одного циклу плавлення можуть суттєво відрізнятися. Оскільки вплив дуги дуже високий, її геометричні та фізичні параметри (механізм протікання струму, температурний режим, інтенсивність випромінювання, форма кривих струму та напруги дуги тощо) також можуть змінюватися.

Зміна механізму струму через охолоджувач, що призводить до його згорання, відбувається на самій печі DSV-50 на SPC-2. Коли дуга вдаряє між двома електродами, вона не йде коротким шляхом (прямим), а відхиляє свій шлях. Це пояснюється тим, що (тверда пластина) завантажений матеріал між електродами в основному складається з поверхонь, покритих фарбою та виробничим матеріалом складних конфігурацій (оболонкові заготовки тощо).

Через цю криву розподілу неможливо знайти найближчий шлях, оскільки він перенаправляється на об'їзну дорогу. У цьому русі охолоджувач знаходиться на лінії дуги. В результаті він згорає. Це призводить до: зупинки печі, зливу

металу,охолодження та зупинки аварійного ремонту. Все це для безперервного процесу було неприпустимо.

Цю недолік можна усунути шляхом: візуального екранування завантаженого матеріалу та, можливо, його часткового подрібнення; вибору добре продуманого охолоджувача.

Більш раціональний дизайн охолоджувача може забезпечити:

1. Зменшення окислення електродів, що призводить до меншого споживання тих же.
2. Зменшення обсягу повітря, що проходить через піч, та зменшення теплових втрат з горючими газами, зменшуючи кисень в атмосфері печі.
3. Раціональний розподіл теплового потоку між ванною та облицюванням.

І все ж, крім, можливо, колектора, однією з найважчих робіт в індустрії є завантаження брухту. Брухт завантажується в завантажувальний кошик. DSV-50 завантажується зверху.

Кабельні транспортні отвори піднімають завантажувальний кошик. Коли кошик досягає верхньої частини печі, він звільняється від двох кабелів і ковзає, іншими словами, залишається в підвісному стані на двох кабелях. З такою серйозною масою (маса кошика дорівнює 1 тоні, вантажопідйомність - 3 тонни), отвори транспорту пошкоджуються, кошик не підходить для подальшої експлуатації (поки не буде відновлений). Щоб це виправити, потрібно вкласти гроші, а також час. Щоб уникнути цього недоліку вручну, можна використовувати кошик зі складною основою.

У використанні електродугових сталеплавильних печей виникають сили електромагнітного характеру між електродами, які чинять привабливі або відштовхуючі впливи і викликають вібрацію електродів як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах, при цьому вертикальна площина також має коливальний рух електрода від вертикалі. Через коливання електродів також коливаються тримачі електродів.

З'єднання тримача електродів є жорстким з постійною електродуговою сталеплавильною піччю DSV-50, і навантаження, що виникає внаслідок коливання електродів, сприймається електродами та елементами кріплення, несучими елементами кронштейнів тримача електродів - навантаження, при цьому вузли кріплення швидко зношуються, а також електроди руйнуються. Вони знову споживаються у поломках електродів.

Щоб зменшити коливання та знизити рівень поломки електродів, можна застосувати новий дизайн опори тримача електродів: замість жорсткого кріплення - еластично-гасильні опори, про які йдеться у спеціальному розділі цього дипломного проекту . Це кріплення тримача електродів електродугової печі можливе для гасіння коливань електрода у різних напрямках, особливо у горизонтальному та вертикальному напрямках, а також у стані скручування електрода, з напрямку перпендикулярної лінії, відбувається. Це зніме навантаження з з'єднувальних вузлів для кріплення тримача електродів з електродом та стабільності.

Це матиме ефект зменшення рівня поломки електродів та з'єднувальних вузлів на одиницю тонни сталі, продовжить час між ремонтами та зменшить кількість витратних високовартісних графітованих електродів, і таким чином продуктивність печі буде збільшена.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Загальні відомості й класифікація існуючих конструкцій електросталеплавильних печей

У процес конвертації кисню наразі є основним виробничим процесом номер один у плавленні сталі і є ідеальним рішенням для переробленої сировини, оскільки потребує менше брухту, ніж відкриті печі. Таким чином створюються умови для сучасного поширення та проектування електричних дугових печей (ЕП) на конкурентних засадах.

Основною рушійною силою розвитку плавлення в електричних печах є постійно зростаючий попит на леговані сталіта чисті метали з металізованих гранул. Такі охолоджувальні установки в основному необхідні для металургійних заводів, які працюють з великими обсягами низьколегованої сталі та трансформаторної сталі.

Для заводів з високолегованої та спеціальної сталі ми використовуємо: дугові печі з потужністю від 3 до 100 тонн стандартного дизайну; електричні безперервні та індукційні печі; вакуумні печі.

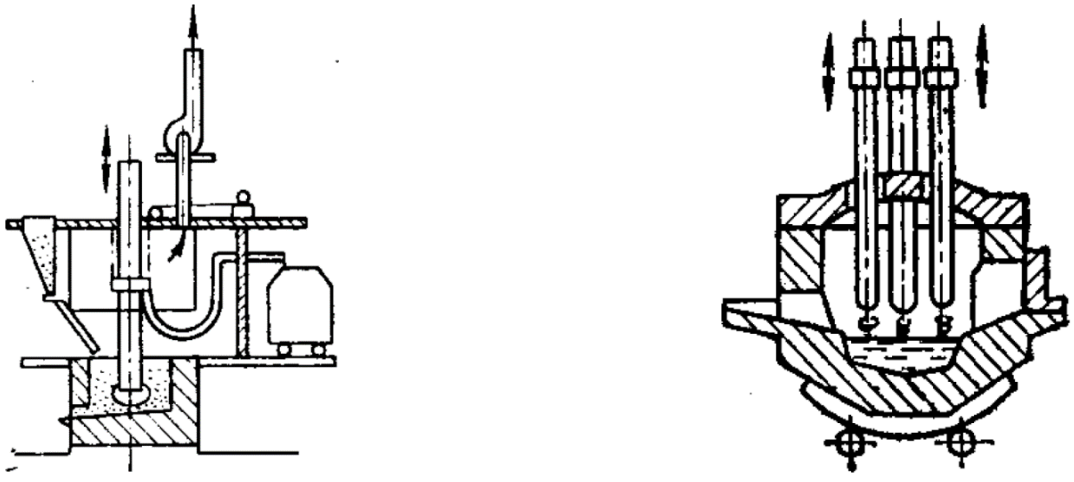
Високоякісні злитки (за структурою та поверхнею) виробляються у вакуумних електричних печах з плавлення електродів і, по-друге, переплавлення в електричній дуговій печі.У електронно-променевих плазмових печах сталі були підготовлені для ядерних і ракетних ядер. Спеціалізовані заводи плавлять феросплави в електричних дугових печах.

Електричне плавлення сталі в дугових печах здійснюється за рахунок тепла, що виробляється електричною дугою, яка протікає в повітрі або інертному газі, а в деяких випадках у вакуумі. Велику кількість енергії на одиницю об'єму та за одиницю часу подають до невеликого об'єму металу,що забезпечує високу температуру та швидке плавлення металу.

Залежно від термічного впливу електричної дуги на метал,електричні дугові печі поділяються на: незалежні дуги; закриті дуги; залежні дуги. Печі відкритого типу, тобто печі, в яких заряд нагрівається від відкритої дуги або мають саму відкриту дугу: це дугові печі непрямої дії, в яких дуга встановлюється між електродами, і струм не проходить через нагрітий метал. Метал нагрівається та плавиться непрямим шляхом за допомогою випромінювання.

Ці печі використовуються для плавлення металу та сплавів при низьких температурах випаровування, наприклад,у випадку кольорових металів і навіть у випадку,коли сплави містять цинк. Незалежні дугові печі є невеликими (до потужності 500-600 кВА), класичними однофазними печами для плавлення металівта матеріалів з температурою плавлення не вище 1300-1400 °C. Плазмові печі є непрямими дуговими печами,тому дуга не передається на матеріал.

Печі з резистивною дугою є прикладом закритої дугової печі: на якій електрична дуга виникає на газовому шарі, і газ присутній на поверхні на розплавленому заряді, паралельно або послідовно з дугою.
(рисунок 2.1, а).



а б

Рисунок 2.1 – Схеми дугових електропечей

Внаслідок великого опору шихти джоулеве тепло, що виділяється в ній, утворює в середині шихти осередок високої температури. Печі розплавляють метали з підвищеною температурою випаровування та сублімації. такі печі застосовуються для поновних процесів руднотермічних , для створення феросплавів . До печі цього типу можна віднести установки електрошлакового переплаву, які за своїм принципом є печами опори.

Печі з залежною дугою (малюнок 2.1, б) являють собою довгові печі прямої дії, в яких шихта, що входить до складу електричного кола, обтікається постійним струмом. В даному випадку дуговий розряд залежить від характеристик металу, що підлягає плавленню.

Дуга утворюється між електродами та розплавленим металом, що призводить до його нагріву. У електричних печах з залежною дугою використовуються довгі графітові електроди великих розмірів, здатні проводити значні струми, що підвищує потужність і продуктивність цих установок. Такі печі найбільше застосовуються для виготовлення електросталі. Енергія в дугові електропечі подається через трансформатор, який є важливою частиною електропечної системи.

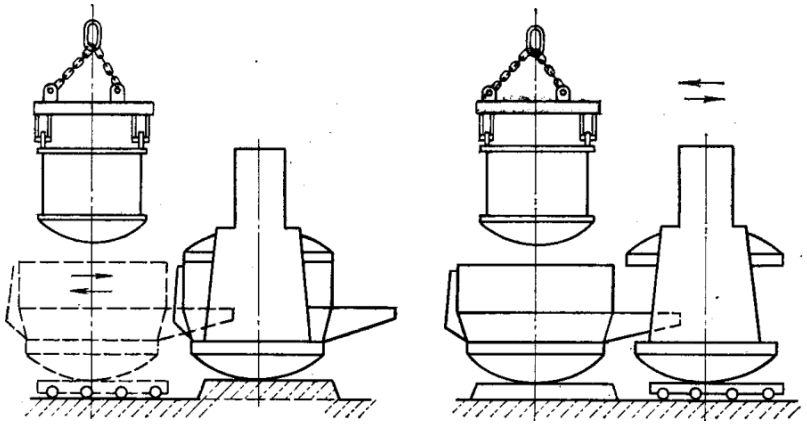
До дугових печей із залежною дугою також належать вакуумні дугові печі з неплавкими та плавкими електродами, які забезпечують ще більшу потужність порівняно зі сталеплавильними печами і дозволяють плавлення тугоплавких металів, таких як молібден, тантал і ніобій.

Довгові електросталеплавильні печі обладнуються механізованими системами завантаження шихти, яку завантажують дерев'яними баддями за один або два цикли. Печі з верхнім завантаженням мають кілька переваг: можливість оптимального використання робочої площі печі, застосування

великогабаритного лому та ефективне його розміщення, скорочення часу між випуском і початком нової плавки. Це сприяє підвищенню продуктивності печі та зменшенню витрат електроенергії.

Конструкції дугових електропечей постійно вдосконалюються, що викликане, з одного боку, тенденцією до укрупнення плавильних агрегатів, а з іншого – загальним прогресом у сфері електрометалургії.

Довгові електропечі заповнюють металевою шихтою за допомогою саморозвантажуваних бадд, при цьому зведення відводиться вбік. Залежно від схеми зміщення корпусу печі та зводу, розрізняють кілька основних типів електропечей (малюнок 2.2): з корпусом, що виконується, портал з піднятим зведенням та електродами залишається на місці (малюнок 2.2, а); з порталом, що викочується (малюнок 2.2, б); зі зводом, що обертається, де звід з електродами підвищується та відводиться вбік (малюнок 2.2, в).



Вид А

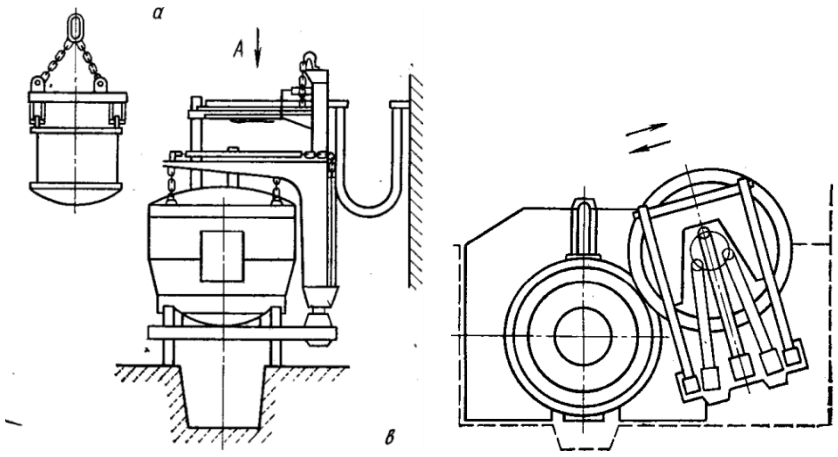


Рисунок 2.2 – Типи завантаження електропечей

Великовантажні ДСВ із верхнім завантаженням з корпусом ДСП зі зводом, що обертається .

З метою профілактики міжкристалічної корозії нержавіючих в їх склад входять елементи стал-стабілізатори, серед яких особливе місце займає титан. Дана технологія виплавки нержавіючих сталей успішно впроваджена на підприємстві «Дніпроспецсталь». Згідно з технологічними вимогами, концентрація титану в сталі має перевищувати вміст вуглецю в п'ятикратному розмірі. Проте в процесі легування кількість титану, що вводиться в сталь, збільшується в 2,5 і більше разів відповідно до розрахункової величини для компенсації технологічних витрат.

При введенні ферротитану в піч за 10-15 хвилин до випуску готового сталі, найбільша частина втрат (до 83% від загального обсягу) обумовлена переходом титану в шлакові фази. Це відбувається внаслідок окислення атмосферним киснем та оксидами різних металів (кремнію, залізу, марганцю, хрому), а також через утворення нітридних сполук. Переважна частина окислення титану (до 50% від продуктів, що перейшли в шлаки) відбувається до моменту випуску плавки з печі через масоперенос кисню крізь шлакові фази. Печі з корпусом, що

викочуються, потребують більшої площі та збільшують кількість механізмів, що призводить до підвищення металоємності, маси печі та її вартості, а також ускладнює конструкцію. Останнім часом на ринку з'являється переважно печі зводом, що обертається. Це зумовлено компактністю опорно-поворотної частини з напівпорталом і механізмом повороту, що спрощує процес завантаження печі. У порівнянні з іншими механізмами, вони потребують меншої виробничої площі, але можуть бути менш надійними та використовувати установку бадді. Основним недоліком печі зі зводом, що обертається, є те, що напівпортал та механізм повороту розташовані на люльці, що може призвести до збільшення маси нахилених частинок і вимагати посилення люльки.

На металургійних підприємствах постійно встановлюють електропечі зі зводом, що обертається, серії ДСП (дугові сталеплавильні печі) з ємністю 12, 25, 50, 100 і 200 тонн, які демонструють новітні досягнення в електротермії та електропечному машинобудуванні. Електропечі середньої серії ДСП-12, ДСП-25 і ДСП-50 оснащені гідравлічними приводами основних механізмів, в той час як великі електропечі ДСП-100 і ДСП-200 виробляються з електроприводами для всіх механізмів.

Печі нахиляються в бік зливної ринви під кутом 40-45° для зливу металу в ківш і на куті 10-15° в бік робочого вікна для скидання шлаків. Механізми нахилу дугових сталеплавильних і рафінувальних феросплавних печей виділяються на три типи: секторний, роликовий та цапфовий.

Секторний механізм нахилу базується на двох (іноді чотирьох) гладких або зубчастих секторах, що обертаються на плоских опорах, при цьому зливний носок при опусканні пересувається вперед. У роликовому механізмі нахилу використовується система роликів (з нерухомими або рухливими осями), які

об'єднані в спеціальні Незалежно від типу конструкції, до механізму нахилу пред'являються високі вимоги щодо довговічності та надійності. Також важливо забезпечити легкий і плавний нахил печі до потрібного кута з визначеною швидкістю, не допускаючи передачі коливань печі під час нахилу.

Механізми нахилу можуть бути розташовані бічно або знизу, залежно від місця установки приводу. Бічні механізми зазвичай використовуються на печах невеликого обсягу, де привод розміщений на стаціонарній стійці з боку. Це зручно, оскільки привід завжди доступний для огляду та ремонту, а також не підлягає пошкодженню в разі витоку металу. Проте однобічне прикладання моменту може призводити до підвищених зусиль та деформацій. Тому на середніх і великих печах часто використовують нижні механізми, приводи яких монтуються на фундаменті під печею з боку робочого вікна. Це забезпечує високу стійкість, хоча захист від шлаків і металу в разі прогару є менш надійним у порівнянні з бічними механізмами.

Для підвищення продуктивності на великих електросталеплавильних печах ванна повертається на 40° в обидва боки навколо вертикальної осі зі швидкістю приблизно один градус за секунду (один оберт за 6 хвилин). Під електродами замість трьох проплавляються дев'ять колодязів, що прискорює плавлення шихти та зменшує ризик прогару подини.

Отже, можна стверджувати, що оптимізація параметрів роботи дугових печей серії ДСВ є комплексом етапів експлуатації, ремонту та модернізації обладнання.

В залежності від типу приводів, механізми нахилу поділяються на ті, що працюють з гідравлічними та електричними приводами. Гідравлічні приводи є розширеними для печей ємністю до 50 тонн завдяки своїй плавності роботи

та зручності в ремонті. Однак для більших печей їх застосування ускладнюється технологічними труднощами виготовлення довгих гідроциліндрів.

Незалежно від конструкційних особливостей, механізму нахилу ставляться строгі вимоги до його надійності та довговічності. Крім того, важливо забезпечити легкий і безперешкодний нахил печі до заданого кута з певною швидкістю, без передачі коливань печі під час цього процесу..

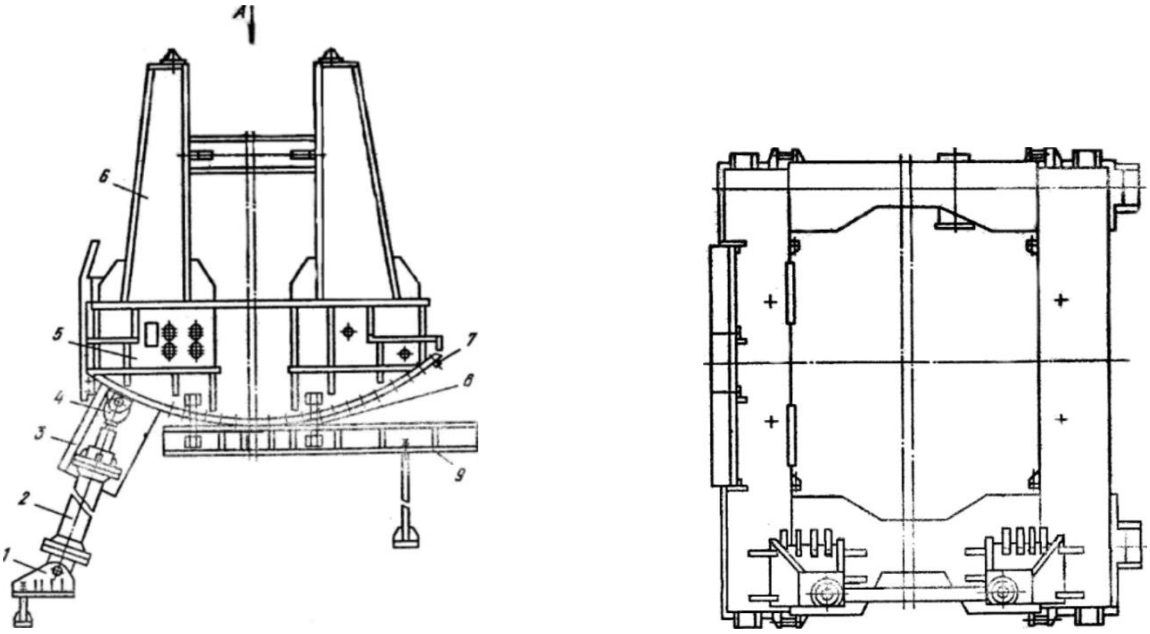
Механізми нахилу можуть бути розташовані бічно або знизу, залежно від місця установки приводу. Бічні механізми зазвичай використовуються на печах невеликого обсягу, де привод розміщений на стаціонарній стійці з боку. Це зручно, оскільки привід завжди доступний для огляду та ремонту, а також не підлягає пошкодженню в разі витоку металу. Проте однобічне прикладання моменту може призводити до підвищених зусиль та деформацій. Тому на середніх і великих печах часто використовують нижні механізми, приводи яких монтуються на фундаменті під печею з боку робочого вікна. Це забезпечує високу стійкість, хоча захист від шлаків і металу в разі прогару є менш надійним у порівнянні з бічними механізмами.

Для підвищення продуктивності на великих електросталеплавильних печах ванна повертається на 40° в обидва боки навколо вертикальної осі зі швидкістю приблизно один градус за секунду (один оберт за 6 хвилин). Під електродами замість трьох проплавляються дев'ять колодязів, що прискорює плавлення шихти та зменшує ризик прогару подини.

Отже, можна стверджувати, що оптимізація параметрів роботи дугових печей серії ДСВ є комплексом етапів експлуатації, ремонту та модернізації

обладнання.Ця робота містить інформацію про механізми електродугової печі серії ДСВ-40.

Враховуючи зазначені особливості, перспективним підходом до легування сталі є зовнішнє легування, яке відбувається в подачі титану разом у сталерозливний ківш перед випуском у його сталі з печі. Даний метод особливо ефективний при легуванні металевим титаном, після легування в печі доводиться занурювати його в метал за допомогою шомполів. Ключовою умовою успішної реалізації зовнішнього легування є забезпечення безшлакового зливу металу з печі. В іншому випадку титан буде активно окислюватися шлаками, які знаходяться в ківш.



1-Шарнірні опори, 2-Циліндри, 3-Екран, 4-з’єднання, 5-Люлька,

6-Тумба, 7-Шипи, 8-Стяжки, 9-Фундаментні балки

Рисунок 2.3 – Механізм нахилу електропечі

Одним із ефективних методів безшлакового зливу є впровадження двошвидкісного нахильного механізму, який забезпечує прискорений нахил на

початковому етапі зливу металу з печі. Застосування такого механізму дозволяє на самому початку зливу повністю перекрити випускний відвір у печі постійно, що запобігає виходу шлаків (як більш легкої фази, що знаходиться у ківш) у ківш. Після покриття титану в ківші шаром сталі, піч можна нахиляти зі звичайною швидкістю.

2.3 Модернізація електродугової печі ДСВ-40

При створенні нових та вдосконаленні вже існуючих систем автоматизації дугових електропечей доцільно застосовувати приводні системи, що забезпечують:

1. висока надійність в експлуатації, зручність при технічному обслуговуванні та ремонті;
2. гарантію від самовільного опускання будь-якого механізму під дію власної маси;
3. мінімальне тертя у компонентах системи;
4. максимальний жорсткий кінематичний зв'язок двигуна з передавальними елементами, виключаючи вплив деформативності ланок на якість процесу регулювання;
5. найменші зазори в кінематичному ланцюгу;
6. максимально можливий ККД та мінімальне розходження статичних моментів навантаження , що дозволяє зменшити потужність регульованого двигуна та значно підвищити динамічні характеристики системи регулювання;
7. швидкий розгін та гальмування з максимально можливою швидкістю маневруванням механізмів при автоматичному та ручному керуванні.

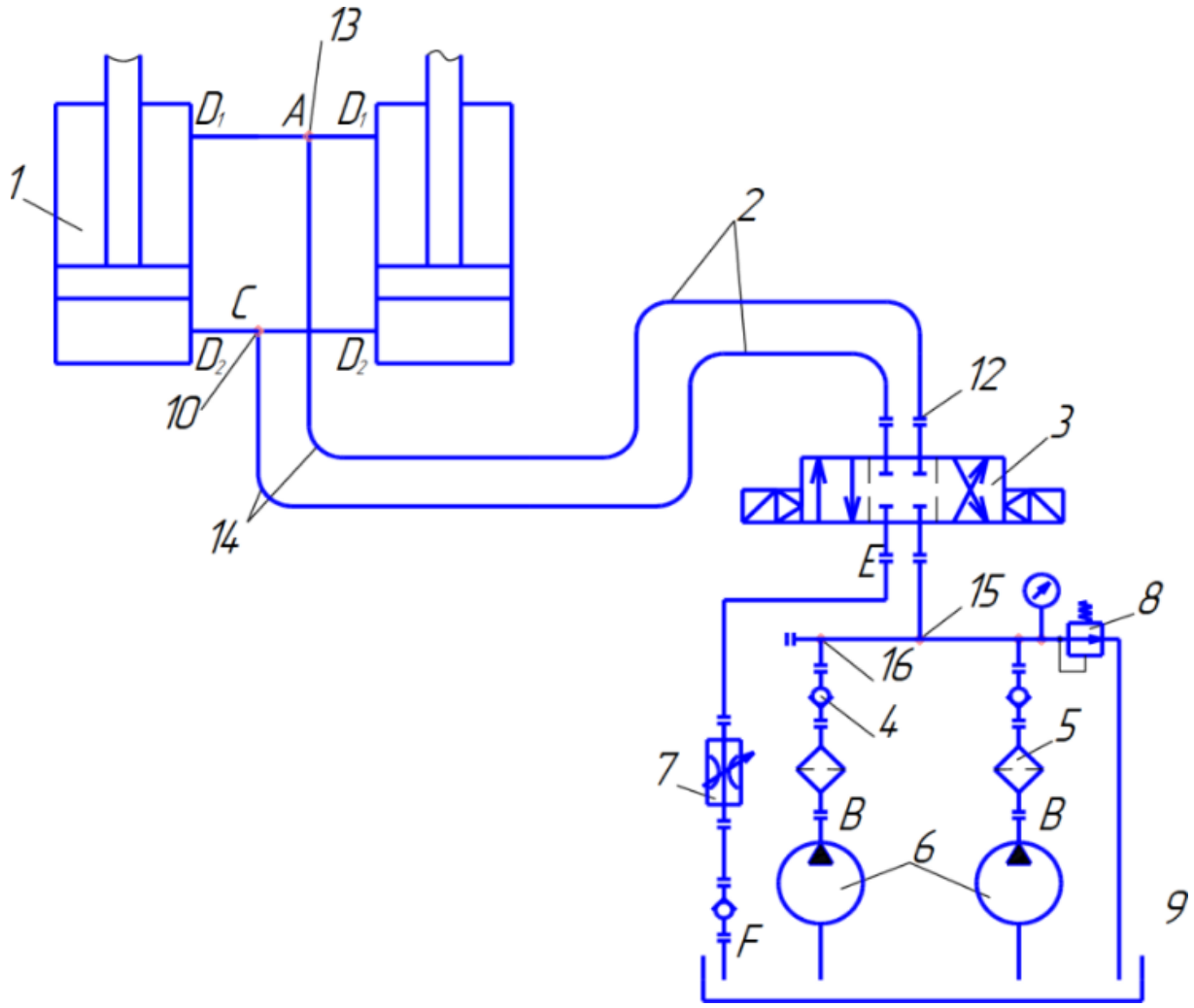
Функціональне призначення нахильного механізму печі відбувається в забезпеченні повного зливу вмісту печі після завершення плавки та забезпеченні нахилу печі при видаленні шлаків. Перша функція потребує нахилу печі в сторону зливного вікна на 42°, друга – нахилу в сторону робочого вікна на 12°. Швидкість нахилу печі становить до 1,5 град/с для малих печей і 0,4-0,8 град/с для великих печей. При нахилі в обох напрямках на необхідний кут піч повинна зберегти стійкість.

Нахили мати матися з визначеною швидкістю; при цьому бажано, щоб кінець носка летки мав мінімальне горизонтальне переміщення. При зливовому металі ківш розташовується на гаку крана разом під носом летки для забезпечення мінімальної тривалості струму металу, що зменшує його окислення та розбризкування. Тому при переміщенні носка печі ківш має слідувати за ним.

Це легко реалізувати при переміщенні ківша лише по вертикалі або лише по горизонталі, після чого від кранівника потрібні значущі уваги та навички для одночасного виконання обох рухів.

На основі викладеного можна зробити висновок, що модернізація нахильного механізму печі забезпечить реалізацію багатьох з перерахованих вище факторів. Пропонується встановлення двошвидкісного насоса з регульованою швидкістю для прискореного зливу металу на початковому етапі плавки замість наявного насоса Г11-15 з продуктивністю 100 л/хв.

Методом даної роботи є розробка та встановлення двошвидкісного приводу нахильного механізму на електродуговій печі ДСВ-40 заводу "Дніпроспецсталь".



1-Гидроциліндир, 2-рубопровод, 3-Розподільник, 4-Зворотній клапон,

5-фільтр, 6-Насос, 7-Дросель, 8-Запобіжний клапон,

9-Бак, 10-Колектор, 11-16-Місцевий опір

Рисунок 2.4 – Схема механізму нахилу печі

2.4 Інженерні розрахунки системи нахилу печі ДСВ-40

2.4.1 Розрахунок моменту навантаження від маси печі

Фундаментом коректного розрахунку механізму нахилу є accurate визначення загальних координат центру мас печі. Для встановлення координат центру мас x_0, y_0, z_0 відносно трьох координатних осей потрібно використовувати вагові характеристики окремих компонентів печі згідно з технічними специфікаціями.

На основі технічних креслень та вагових показників q_i окремих деталей і механізмів визначаються координати їхніх центрів мас x_i, після чого розраховується координата x_0 для цілої печі:

$$X_0 = \frac{q_1 \cdot X_1 + q_2 \cdot X_2 + q_3 \cdot X_3 + \cdots + q_N \cdot X_N}{G1}, \quad (2.1)$$

де:

q_1-q_i — вагові характеристики окремих деталей і механізмів печі,

x_1-x_i — координати центрів мас деталей і механізмів печі,

G_n — загальна вага печі.

Аналогічним способом визначаються координати B_0 та Z_0.

Часто виявляється зручним пов'язувати координати центру мас печі з віссю обертання через радіус-вектор r0 і x0:

$x_0 = e \cdot \sin \alpha$

$B_0 = f \cdot \cos \alpha$

При відомих загальних координатах центру ваги e та f для початкового стану печі, величина радіус-вектора (м) становить:

$$r_0 = \sqrt{e^2 + f^2}, \quad (2.2)$$

де e, f — координати центру мас печі.

Кут α нахилу радіус-вектора відносно осі печі для початкового стану:

$$\alpha = arsin\left(\frac{e}{r0}\right), \quad (2.3)$$

Кут нахилу радіус-вектора відносно вертикалі при повороті печі на кут α складатиме α+φ. Знаки операцій обираються відповідно до напрямку обертання печі.

Плече сили G_n дорівнює:

$a = r_0 \, sin(\alpha \pm \varphi)$, (2.4)

Вихідні параметри для розрахунку включають наступні величини:

Gл=230 кН, Gпл=780 кН, Gк=825 кН, Gск=95 кН,

Gс=70 кН, Gп=2000 кН, Gм=500 кН.

X4=0м, Y4=-2,5 м,

X5=0,45м, Y5=-1,5 м,

X6=0м, Y6=-0,53 м,

X7=0м, Y7=-1,47 м,

X8=0м, Y8=-1,87 м.

Якщо за початок координат прийняти центр опорних сегментів O_1 з радіусом R, то координати загального центру мас печі можна визначити з виразу

2.3, який набуває вигляду:

$e = \frac{Gл*X4+Gпл*X5+Gк*X6+Gск*X7+Gс*X8}{Gл+Gпл+Gк+Gск+Gс}$, (2.5)

$f = \frac{Gл*y4+Gпл*y5+Gк*y6+Gск*y7+Gс*y8}{Gл+Gпл+Gк+Gск+Gс}$, (2.6)

де:

$G_л$ — маса колиски,

$G_{пл}$ — маса порталу,

$G_к$ — маса корпуса печі,

$G_{ск}$ — маса з'єднувального кільця,

$G_с$ — маса склепіння,

X_4, B_4; X_5, B_5; X_6, B_6; X_7, B_7; X_8, B_8 – координати центра ваги відповідно колиски, порталу, корпуса, звідного кільця, склепіння.

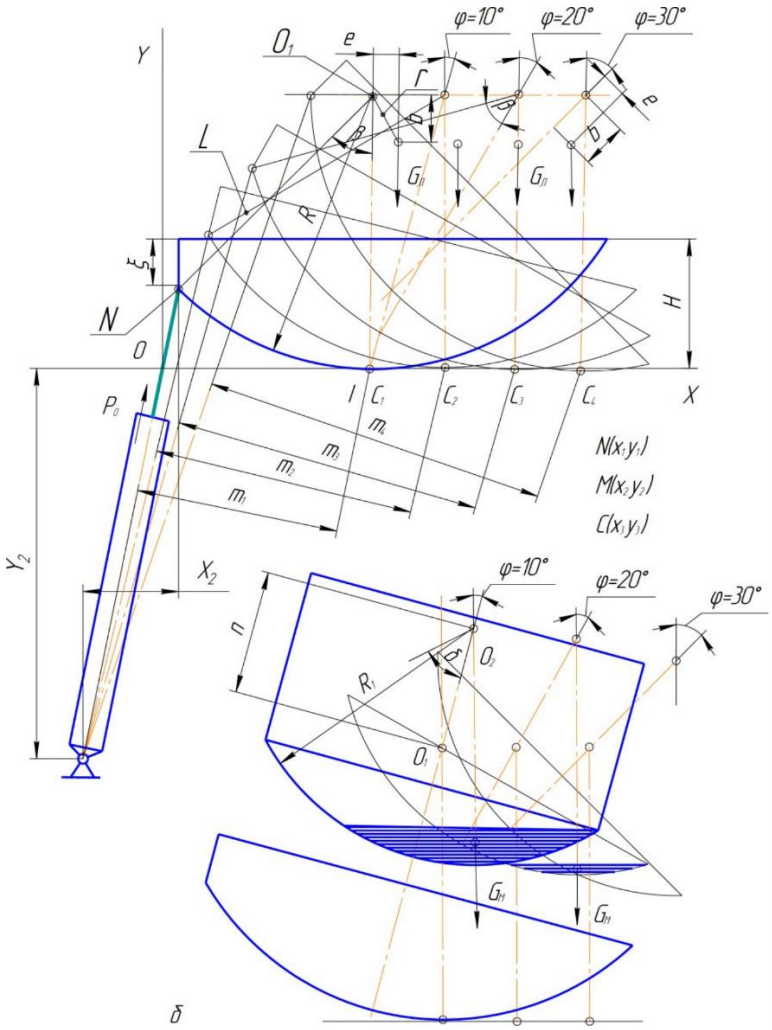


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема механізму нахилу електропечі ДСВ=40

1. Обчислимо координати центру мас: e та f

$$e = \frac{G_{\text{л}} \cdot X_4 + G_{\text{пл}} \cdot X_5 + G_{\text{к}} \cdot X_6 + G_{\text{ск}} \cdot X_7 + G_{\text{с}} \cdot X_8}{G_{\text{л}} + G_{\text{пл}} + G_{\text{к}} + G_{\text{ск}} + G_{\text{с}}} \quad (2.5)$$

$$f = \frac{G_{\text{л}} \cdot Y_4 + G_{\text{пл}} \cdot Y_5 + G_{\text{к}} \cdot Y_6 + G_{\text{ск}} \cdot Y_7 + G_{\text{с}} \cdot Y_8}{G_{\text{л}} + G_{\text{пл}} + G_{\text{к}} + G_{\text{ск}} + G_{\text{с}}} \quad (2.6)$$

Підставимо значення:

Маси:

$G_{\text{л}}$=230кН

$G_{пл}$=780кН

$G_к$=825кН

$G_{ск}$=95кН

$G_с$=70кН

G_Σ= 230+780+825+95+70=2000кН

Координати:

X_4=0; Y_4=2,5

X_5=0,45; Y_5= – 1,5

X_6=0; Y_6= – 0,53

X_7=0; Y_7= – 1,47

X_8=0; Y_8= – 1,87

$$e = \frac{230 \cdot 0 + 780 \cdot 0.45 + 825 \cdot 0 + 95 \cdot 0 + 70 \cdot 0}{2000} = \frac{351}{2000} = 0.1755\,\text{м}$$

$$f = \frac{230 \cdot (-2.5) + 780 \cdot (-1.5) + 825 \cdot (-0.53) + 95 \cdot (-1.47) + 70 \cdot (-1.87)}{2000}$$

$$f =: \frac{-575 + (-1170) + (-437.25) + (-139.65) + (-130.9)}{2000}$$

$$f = \frac{-2452.8}{2000} = -1.2264\,\text{м}$$

Обчислюємо радіус-вектор r_0 і кут α

$$r_0 = \sqrt{e^2 + f^2} = \sqrt{0.1755^2 + (-1.2264)^2} = \sqrt{0.0308 + 1.5041} = \sqrt{1.5349} = 1.239\,\text{м}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{e}{r_0}\right) = \arcsin\left(\frac{0.1755}{1.239}\right) = \arcsin(0.1416) \approx 8.13^\circ$$

3. Обчислюємо перекидний момент $M_п$ при φ=0

$$M_{\Pi} = G_p \cdot r_0 \cdot \sin(\alpha + \varphi)$$

$G_р$=2000 кНG

α=8.13°

α+φ=8.13°

sin(8.13°)=sin(0,1418)≈0,1412

$M_п$=2000·1,239·0,1412≈349,9 кНм

2.4.2. Визначення моменту від ваги металу в печі

Перекидаючий момент, створюваний масою металу для заданого кута нахилу φ:

$j_i = \pm G_i \cdot n \cdot sin\varphi$, (2.8)

де

$G_м$ – вага металу,

n – відстань між О1 і О2, n=4,2 м,

φ - кут нахилу печі.

Позитивний знак «+» використовується при нахилі печі до −12° після очищення від шлаків. У всіх інших випадках використовується негативний знак «−», після наявності металу запобігає самочинному перекиданню печі. Масу металу в печі можна застосувати наступним чином:

$$G1 = \pi \cdot R_1^3[1 - cos*(\delta - \varphi)]^2 \cdot \left[1 - \frac{1-cos*(\delta-\varphi)}{3}\right] \cdot p, \text{ (2.9)}$$

де

R_1 – радіус кульового сегмента печі, R_1=5,78 м,

δ – половинний центральний кут кульового сегмента для початкового рівня металу, $\delta=27^0$

ρ – питома щільність металу в печі, ρ=70 Кн/м^3

$$G1 = 3{,}14 \cdot 5{,}78_0^3[1 - cos*(27-0)]^2 \cdot \left[1 - \frac{1 - cos*(27-0)}{3}\right] \cdot 70 = 486{,}5 \text{ кН}$$

$M_m = G_1 \cdot n \cdot \sin(\varphi)$, де G_1=486,5, n=4,2м, φ=0∘⇒sin(0°)=0

M_m=486,5·4,2·sin(0°)=0кН

$k = \frac{c}{4}$, (2.11)

2.4.3. Визначення моменту тертя в опорних сегментах печі.

При нахилі печі виникає момент тертя, викликаний силами кочення в опорно-поворотній частині, через пружне стиснення сегментів:

Мм=(Gп+Gм)·к, (2.10)

де – плечо деформації, м.

Плечо деформації можна визначити наступним чином:

де

с – ширина площі опору сегментів зз\ фундаментними балками, м

По формулі Герці:

$c = 2{,}16\sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot R}{E}}$, (2.12)

де

ρ – навантаження, що доводиться на одиницю довжини двох опорних сегментів, Н/м,

R – радіус сегментів, R=3,9 м,

Е – модуль пружності для сталі, $E=2 \cdot 10^{11}$Па.

Погонне навантаження дорівнює:

$P = \frac{G_П + G_М}{B}$, (2.13)

де

В – сумарна ширина двох опорних сегментів, В=1,3 м.

Тоді:

$$\text{P} = \frac{Gp + Gm}{B} = \frac{4000 \cdot 10^3}{1{,}3} = 3{,}31 \cdot 10{,}6\frac{H}{m}$$

$$C = 2{,}16\sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot R}{E}} = 2{,}16\sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}31 \cdot 10^6 \cdot 3.9}{2 \cdot 10^{11}}} = 2{,}16\sqrt{\frac{25{,}85 \cdot 10^6 \cdot}{2 \cdot 10^{11}}}$$

$$= 2{,}16\sqrt{1{,}292 \cdot 10^{-4}} \approx 2{,}16 \cdot 0{,}01137 \approx 0.02456\text{м}$$

$$k = \frac{\text{c}}{4} = \frac{0{,}02456}{4} \approx 0{,}02456 \text{ м}$$

Підставивши отримані значення у вираження 2.10, одержимо:

$M_к = (G_р + G_m) \cdot k = (4000 + 300) \cdot 0{,}00614 \approx 26{,}4$ кНм

2.4.4 Визначення сумарного моменту

Тоді повний розрахунковий перекидаючий момент при нахилі печі:

$M_{оп}(р) = M_п + M_к$, (2.14)

$M_п$=349,9 кНм

$M_к$=26,4 кНм

$M_{оп}(р)$=349,9+26,4=376,3 кНм

2.4.5. Визначення зусиль в штоку гідроциліндра

Розрахункове зусилля, що діють на шток гідроциліндра механізму нахилу печі можна визначити з вираження:

$\text{P}_0(p) = \frac{\text{Моп}(p)}{2-m}$, (2.15)

де

$M_{оп}(р)$ – повний розрахунковий перекидаючий момент при нахилі печі,

m – плече дії сили.

Величину плеча m можна розрахувати таким чином. Початок координатної системи О встановлюємо на дистанції R від точки С в первинному положенні колиски. Координатну вісь Х направляємо паралельно до опорної поверхні фундаментних балок. За таких умов поточні координати точки N задаються параметричними рівняннями подовженої циклоїди:

$X_1=R\cdot(\beta+\varphi)-1\cdot\sin(\beta+\varphi)$, (2.16)

$Y_1= R-L\cdot\cos(\beta+\varphi)$, (2.17)

де

β – кут нахилу лінії О1N до осі печі, β=0,6628 радий, $\beta=38^0$

1 – відстань від крапки кріплення гідроциліндрів до центра сегментів,

1=4,1 м.

$X_1=3,9\cdot(0,6628+0)-4,1\cdot\sin(38+0)=0,06$ м

$Y_1=3,9-4,1\cdot\cos(38^0+0)=0,7$ м

$X_2=-1,7$ м

$Y_2=-5$ м

Поточні координати миттєвого центра обертання рівні:

$Q_3=R\cdot(\beta+\varphi)=3,9\cdot(0,6628+0)=2,585$ м,

$Y_3=0$ м

Основна формула для обчислення зусилля в штоку:

$$P_0(p) = \frac{M_{оп}(p)}{2 - m} \quad (2.15)$$

де $M_{оп}$ (р) − повний розрахунковий момент перекидання (кН·м),

m − плече дії сили (м),

2 − база гідроциліндрів (умовна відстань, зазвичай у метрах).

Плече m можна визначити по формулі аналітичної геометрії як довжину відрізка, перпендикулярно опущеного із крапки на пряму.

$$m = \frac{A \cdot (X_3 - X_1) + Y_1}{\sqrt{A^2 + 1}}$$

, (2.18)

де

А – коефіцієнт:

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad (2.19)$$

$$A = \frac{y_2 - y_1}{\mathrm{X}_2 - \mathrm{X}_1} = \frac{-5 - 0{,}7}{-1{,}7 - 0{,}06} = 3{,}23$$

$$m = \frac{A \cdot (\mathrm{X}_3 - \mathrm{X}_1) + y_1}{\sqrt{A^2 + 1}} = \frac{3.23 \cdot (2{,}585 - 0{,}06) + 0{,}7}{\sqrt{3{,}23^2 + 1}} = 2{,}619$$

Розрахункове зусилля, що діють на шток гідроциліндра механізму нахилу печі знаходимо з вираження 2.15:

$$D_0(p) = \frac{365{,}1}{2 \cdot 2{,}619} = 70 \text{ кН}$$

Показники для інших позицій кута нахилу φ в діапазоні [-12°; 42°] отримуємо згідно з описаною вище методикою обчислень. Отримані результати розрахунків фіксуємо в таблиці 2.1.

1. $\varphi = -12^0$:

$\delta - \varphi = 27 - (-12) = 39°$

$\cos 39° \approx 0.7771$

$1 - \cos 39° = 0.2229$

1 - cos 39° = 0.22291−cos39°=0.2229

(1−cos)²=0.2229²=0.0497

$$1 - \frac{0{,}2229}{3} = 0{,}9257$$

G_1=π·5.783·0.0497·0.9257·70

5,78³=193,1

G_1=3.1416·193.1·0.0497·0.9257·70≈3.1416·193.1·0.046·70≈3.1416·193.1·3.22≈1952,7 кН

sin(−12°)=−0.2079

j_i=−1952.7×4.2×(−0.2079)=+1705.3 кНм

$$Do = \frac{1705{,}3}{2 \cdot 2{,}62} = \frac{1705{,}3}{5{,}24} \approx 325.3 \text{ кН}$$

2. φ=0°:

δ−φ=27°

cos 27°=0,8910

1 – cos = 0,1090

(1 – cos)²=0,0119

$$1 - \frac{0{,}1090}{3} = 0{,}9637$$

G_1=3,1416·193,1·0,0119·0,9637·70≈3,1416·193,1·0,0115·70≈487,8 кН

sin 0° = 0

j_i=−487.8·4.2·0=0

D_0 = 0 кН

3. φ=10°

δ−φ=17°

cos 17°=0,9563

1 – cos = 0,0437

$(1 – \cos)^2=0,0019$

$$1 - \frac{0,0437}{3} = 0,9854$$

$G1=3,1416 \cdot 193,1 \cdot 0,0019 \cdot 0,9854 \cdot 70 \cdot 3.1416 \cdot 193.1 \cdot 0.0115 \cdot 70 \approx 80,0$ кН

$\sin 10° = 0,1736$

$j_i=-80 \cdot 4,2 \cdot 0,1736=-58,3$кНм

$$D0 = \frac{58,35}{5,24} = 11,1\text{кН}$$

4. $\varphi=20°$

$\delta-\varphi=7°$

$\cos 7°=0,9925$

$1 – \cos = 0,0075$

$(1 – \cos)^2=0,000056$

$$1 - \frac{0,0075}{3} = 0,9975$$

$G_1=3,1416 \cdot 193,1 \cdot 0,000056 \cdot 0,9975 \cdot 70 \approx 2,4$ кН

$\sin 20° = 0,3420$

$j_i=-2,4 \cdot 4,2 \cdot 0,3420=-3,45$кНм

$$D0 = \frac{3,45}{5,24} = 0,66\text{кН}$$

5. $\varphi=30°$

$\delta-\varphi=-3°$

$\cos (-3°)= \cos 3°=0,9986$

$1 – \cos = 0,0014$

$(1 – \cos)^2=0,000002$

$$1 - \frac{0,0014}{3} = 0,9995$$

$G_1=3,1416 \cdot 193,1 \cdot 0,000002 \cdot 0,9975 \cdot 70 \approx 0,084$ кН

$\sin 30° = 0,5$

$j_i = -0{,}084 \cdot 4{,}2 \cdot 0{,}5 = -0{,}176$кНм

$$D0 = \frac{0.176}{5{,}24} = 0{,}034\text{кН}$$

6. $\varphi = 42°$

$\delta - \varphi = -15°$

$\cos(-15°) = \cos 15° = 0{,}9659$

$1 - \cos = 0{,}0341$

$(1 - \cos)^2 = 0{,}00116$

$$1 - \frac{0{,}0341}{3} = 0{,}9886$$

$G1 = 3{,}1416 \cdot 193{,}1 \cdot 0{,}00116 \cdot 0{,}9886 \cdot 70 \approx 49{,}3$ кН

$\sin 42° = 0{,}6691$

$j_i = -49{,}3 \cdot 4{,}2 \cdot 0{,}6691 = -138{,}4$кНм

$$D0 = \frac{138{,}46}{5{,}24} = 26{,}4\text{кН}$$

Таблиця 2.1 Перекидаючий момент і зусилля на штоку гидроцилиндрадля різних положень кута φ

φ (°)	**G_1(кН)**	**j_i (кН·м)**	**D_0 (кН)**
−12	1952.7	+1705.3	325.3
0	487.8	0	0
10	80.0	−58.3	11.1
20	2.4	−3.45	0.66
30	0.084	−0.176	0.034
42	49.3	−138.4	26.4

За отриманим значенням будуємо графіки залежностей перекидаючого моменту й зусилля на штоку гідроциліндра для різних положень кута φ.

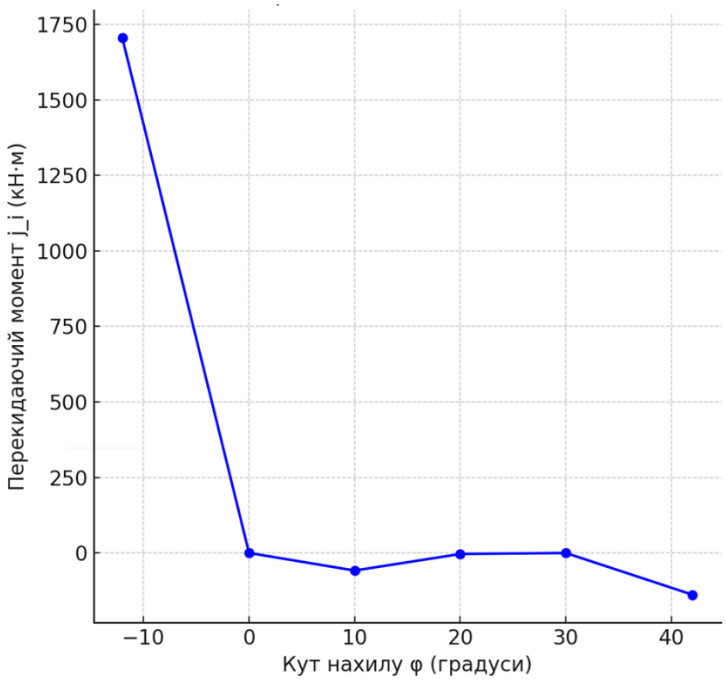


Рисунок 2.6 – Графік залежності перекидаючого моменту M_0 від кута повороту печі φ

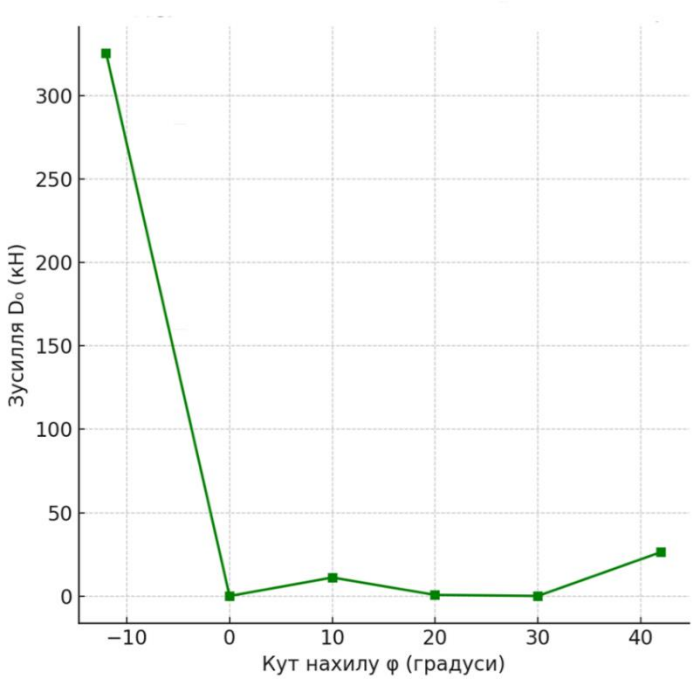


Рисунок 2.7 – Графік залежності зусилля на штоку гідроциліндра для різних положень кута φ.

Графіки показують, що момент має найбільше позитивне значення при нахилі −12°, а при збільшенні кута − зменшується, аж до від'ємних значень. Зусилля в штоку також зменшується при збільшенні кута нахилу.

2.5 Визначення потужності приводу насосу

Для підтримки системи в працездатному стані приймаємо робочий тиск у системі із урахуванням втрат тиску:

$$P_р = 6.3 \text{ МП}a$$

Потужність двигуна насосу обчислюємо по номінальних параметрах насосу :

$N = \frac{p \cdot Q}{1000 \cdot \eta_0}$, (2.20)

де

η_0 – сумарний КПД насоса, η_0=0,85;

Q — витрати, Q =0,00148 м^3/с;

р — тиск, р=10 МПа

$$N = \frac{6{,}3 \cdot 10^6 \cdot 1{,}48 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 0{,}85} = 13{,}3 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун типу 4А160М6В3, асинхроний з короткозамкненим ротором, з потужністю N=15 кВт і частотою обертання n=970 об/хв.

Обсяг бака з урахуванням трихвилиної подачі насоса:

$$V_б = 3 \cdot 60 \cdot 1{,}986 \cdot 10^{-3} = 0{,}36 \text{ м}^3$$

Визначаємо необхідність охолодження робочої рідини

$s_p = \frac{3.6 \cdot \Delta_P \cdot Q}{(T_ж - T_0) \cdot K_\delta} \leq s_ф$, (2,21)

де

Δp — втрати тиску в гідросистемі, Δp=0,6МПа;

$Q_{ж}$ — втрати рідини в гідросистемі;

$Т_{ж}$, То— температури робочої рідини й навколишнього середовища,

$Т_{ж}$=60^{0}С, То'20^{0}С;

$К_{\delta}$ - коефіцієнт теплопереqачі від бака в повітря (приймаемо

$К_{\delta}$=63 кДж.

$$s_p = \frac{3.6 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 1.986 \cdot 10^{-3}}{(60 \cdot 20) \cdot 60} = 1.7\text{м}^2 < S_{\text{ф}} = 2.5\text{м}^2$$

При такому режимі роботи маслостанції необхідності у використанні охолоджувача немае.

Визначаемо товщину стінки циліндрів (р=1,48 6,3=9,3 МПа)

$$\delta = \frac{p \cdot D}{2.3 \cdot [\sigma] - P} = \frac{9.3 \cdot 0{,}3}{2.3 \cdot 90 - 5.3} = 2{,}37 \cdot 10^{-2}\text{м}$$

Остаточно приймаємо товщину стінки циліндрів $\delta = 25$мм.

2.6. Перевірка гідроциліндра механізму нахилу печі на міцність

2.6.1 Перевірочний розрахунок шток гідроциліндра на поздовжній вигин

$$F_k = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot 1}{L^2} \geq F_{\text{ф}}, \text{ (2.22)}$$

де

k − коефіцієнт, що враховус характер закріплення кінців штока й гідроциліндра,

К=1− при шарнірному закріпленні обох кінців;

Е − модуль пружності матеріалу штока, Е=2-10^5 МПа;

І − момент інерції перетину штока;

L − довжина стисливої ділянки, *L*=5 м.

$$F_{kp} = 1 \cdot \frac{3.14^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0.05 \cdot 0.125^4}{5^2} = 1{,}01MH$$

$$F_{kp} > F_{\text{ф}}$$

Таким чином, параметри штока задовольняють прийнятий умовам.

2.6.2 Перевірочний розрахунок гідроциліндра на міцність

$\sigma_P = 10^{-2} \cdot \frac{0.4 \cdot r + 1{,}3 \cdot R}{R^2 \cdot r^2} \cdot P_{y.} \leq [\sigma_P]$, (2.23)

де

R — зовнішній радіус гідроциліндра, R=426 мм;

r - внутрішній радіус гідроциліндра, r=380мм;

Ру - умовний тиск рідини, Ру=9,3 МПа;

Qр — напруга розтягання на внутрішній поверхні стінки гідроциліндра;

[Q р] - допустиме напруження, що, на розтягання, [Q р]=120 МПа.

$$\sigma_{\text{р}} = 10^{-2} \cdot \frac{0{,}4 \cdot 0{,}381^2 + 1.3 \cdot 0.426^2}{0.426^2 - 0{,}380^2} 9{,}3 = 7{,}3 \text{ МП}a < 120 \text{ МП}a$$

Що доводить, що міцність гідроциліндра забезпечена.

2.7. Розрахунок потужності привода механізму переміщення електрода

Зробимо розрахунок потужності привода механізму переміщення електрода.

Схема сил діючих на механізм переміщення показана на рисунку 2.8

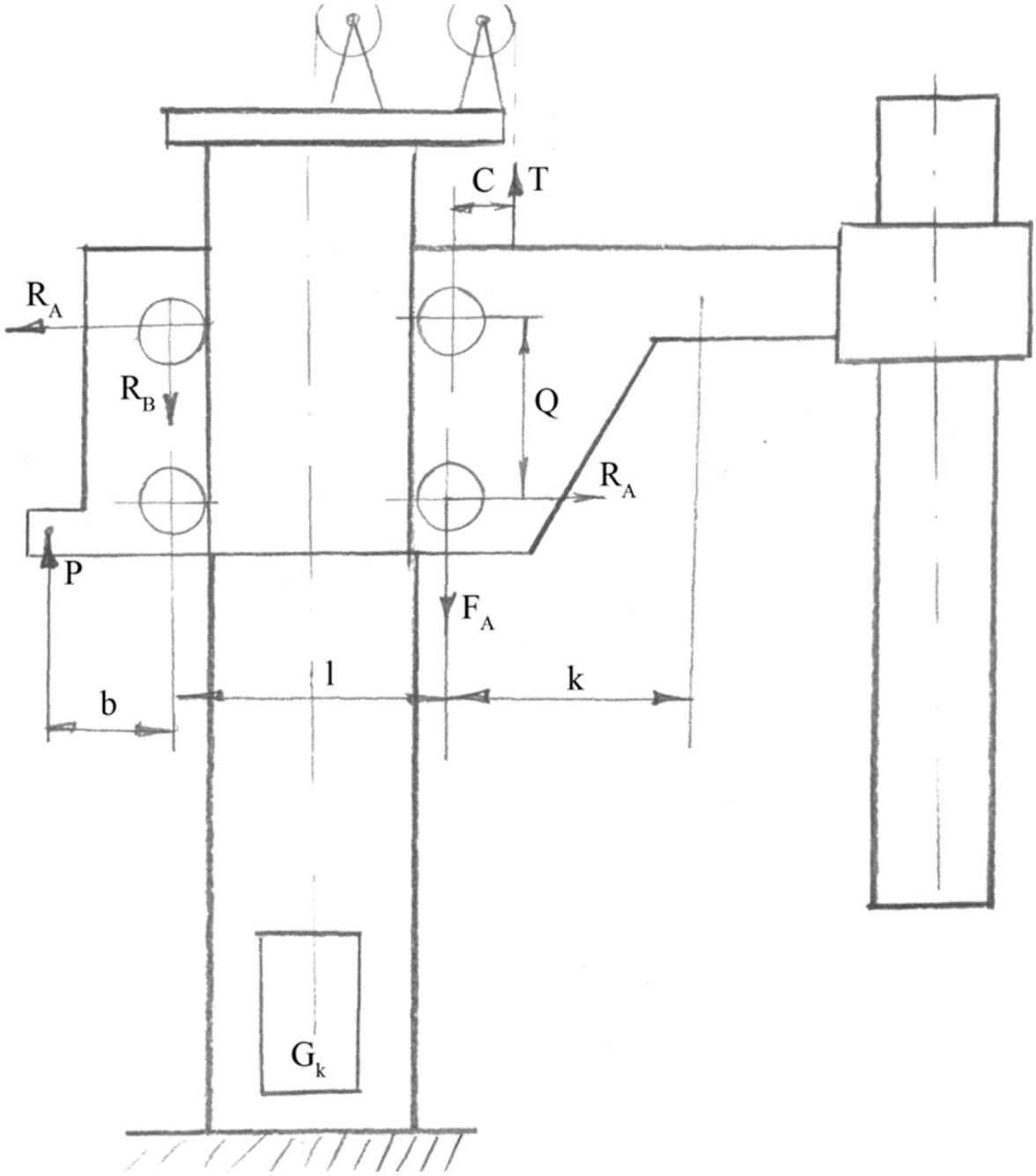


Рисунок 2.8 – Схема сил діючих на механізм переміщення електрода

Становлячи рівняння проекцій всіх сил на вертикаль і моментів всіх сил щодо крапки А, одержимо:

$\sum F_0 = 0$; P-2KR=Qe-T

$\sum i_A = 0$; P·b-R·h-R·R·e=-Qk·a−T·c,

$$P = \frac{Q_k[h + k(2a + e)] - T[h - k(2c - e)]}{h - k(2b - e)}$$

На рахливу колону електродотримача (рисунок 2.8) діють наступні сили, Н:

де

Qk – сумарна сила ваги колони електродотримача, електрода, механізму затискача й частини гнучких струмопідводячих кабелів,

P – зусилля на рейці механізму переміщення

T – натяг каната контргрузу в крапці його кріплення до консолі колони

R – горизонтальні зусилля з боку напрямних роликів A і B, F – сили опору переміщення колони по роликах

Плечі відповідних сил (у метрах) до осі ролика A – a, c, h, e

Між силами F й R існує співвідношення F = K·R ,

$k = \beta \frac{(fd+2u)}{D}$, (2.24)

де

K – коефіцієнт опору переміщенню колони по направляючим роликах

f – коефіцієнт тертя в підшипниках роликів (f=0,0015)

u – коефіцієнт тертя кочення (u=0,08)

D – діаметр ролика, см

d – діаметр цапфи ролика, см

B – коефіцієнт обліку додаткового тертя при переносах роликів (B=1,8)

Зусилля E у залежності від сили ваги G контргрузу визначається співвідношенням:

$T = G \cdot \eta^{\frac{+2}{\text{Б}}} \cdot \eta^{\frac{+1}{\text{К}}}$, (2.25)

де

$\eta_{\text{Å}}$ -к. п. буд. одного блоку

$\eta_{\text{Å}}$ -к. п. буд. Напрямних контргрузу, знак <плюс> ставиться до підйому, а знак

<мінус>-до опускання колони.

$$Q_k = 7839\hat{e}\tilde{a} \approx 76901l$$

Підставивши відомі величини у вираження 2.24,знайдемо:

$$\hat{E} = 1.8 \cdot \frac{0.015 \cdot 0.05 + 2 \cdot 0.08}{0.3} = 0.9645$$

Для опускання колони:

$$T_1 = \frac{G}{\eta_A^2 \cdot \eta_e} = \frac{0{,}6 \cdot 10^{\beta} \cdot 7}{0{,}98^2 \cdot 0{,}96} = 70{,}23\dot{e}\dot{I}$$

$$P_1 = \frac{76901 \cdot [0.2025 + 0{,}9645(2 \cdot 1{,}1986 + 0{,}475)]}{0{,}2025 - 0{,}9645(2 \cdot 0{,}69395 - 0{,}475)}$$

$$- \frac{10^3 \cdot 70{,}23 \cdot [0{,}2025 - 0{,}9645 \cdot (2 \cdot 0{,}56669 - 0{,}475)]}{0{,}2025 - 0{,}9645 \cdot (2 \cdot 0{,}69395 - 0{,}475)} \approx 81333{,}63\text{H}$$

Для підйому колони:

$$T_2 = G \cdot \eta_A^2 \cdot \eta_e = 6{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}98^2 \cdot 0{,}96 = 59{,}69\dot{e}\dot{I}$$

$$P_2 = \frac{76901 \cdot [0.2025 + 0{,}9645(2 \cdot 1{,}1986 + 0{,}475)]}{0{,}2025 - 0{,}9645(2 \cdot 0{,}69395 - 0{,}475)}$$

$$- \frac{59{,}69 \cdot 10^3 [0{,}2025 - 0{,}9645 \cdot (2 \cdot 0{,}56669 - 0{,}475)]}{0{,}2025 - 0{,}9645 \cdot (2 \cdot 0{,}69395 - 0{,}475)} \approx 43599{,}33\text{H}$$

З урахуванням додаткової сили тертя рейки про контропорний ролик зусилля в рейці:

$P_p = p\left(1 \pm k_0 \cdot t_g 20^0\right)$(2.26)

де

$k_0 = \frac{f_0 \cdot d_0 + 2\mu_0}{D_0}$ – коефіцієнт опору переміщенню рейки по ролику:

f_0, μ_0 –коефіцієнти тертя :

D_0, d_0 –діаметри ролика й цапфи його осі

20^0 –кут зчеплення рейковоїпередачі знак плюс й мінус ставлятьс відповідно до підйому й опускання колони

Для опускання колони :

$$\rho_o = 81333{,}63 \cdot (1 - 0{,}80225 \cdot tg\, 20^0) = 57584{,}6\text{H}$$

Для підйому

$$\rho_o = 43595{,}33 \cdot (1 - 0{,}80225 \cdot tg\, 20^0) = 53807{,}6\text{H}$$

Статична потужність ,кВт, при переміщенні електрода:

$N = \frac{P_p \cdot V}{1000}$ (2.27)

де

V-швидкість переміщення колони з електродом, м/с

Для опускання колони :

$N_1 = \frac{p_{P^1} \cdot r}{1000.60} = \frac{57584{,}67 \cdot 2{,}48}{1000 \cdot 60} = 2.38\hat{e}\bar{A}\dot{o}$

Для підйому колони

$N_1 = \frac{p_{P^1} \cdot r}{1000.60} = \frac{57584{,}67 \cdot 2{,}48}{1000 \cdot 60} = 2.38\hat{e}\bar{A}\dot{o}$

Двигун механізму переміщення електродів працює в поворотно короткочасному режимі , що характеризується тим що двигун під час роботи не встигає розігрітися до сталої температури а під час пауз не встигає остудитися до температури навколишнього середовища

Цьому режиму властиві часті паузи рдкі реверси швиткі зупинки тобто не режим що встановлюється. Двигун в цьому випадку вибирають із умов нагрівання й перевантажування

Визначаємо статичний моментнаведений до вала електродвигуна

$M_c = \frac{M_P}{i \cdot \eta}$

де

η,і-загальне передаточне число й ККД механізму пересування електродів

Приймаємо електро двигун П42 у якого

$N_1 = 4.5\hat{e}\hat{A}_0'\ \ n = 1500i\dot{a}/i\hat{e}i\ I = 0{,}28\hat{e}\tilde{a} \cdot i^2$

Визначаємо частоту обертів рейковой шестерні

$$n = 60\frac{v}{\pi \cdot d_1} = 60\frac{2.48}{60 \cdot 3.121 \cdot 0{,}25} = 6.912õâ^{-1}$$

де $d_1 -$ д*іа*м*е*тр ш*е*ст*е*рн*і*

$$i = \frac{n_{\hat{e}\tilde{a}}}{n} = \frac{1500}{6{,}912} = 217$$

Задано трикутний закон розподілу M_{cT}

$$M_P = p_{\rho_1} \cdot \frac{d_1}{2} = 105082{,}66 \cdot \frac{0.25}{2} = 15762{,}4\text{Н} \cdot \text{М}$$

$$M_{cT} = \frac{Mm}{1 \cdot \eta} = \frac{1576{,}4}{217 \cdot 0{,}3} = 242{,}13\text{Н} \cdot \text{М}$$

$$M_P = p_{\rho_1} \cdot \frac{d_1}{2} = 53807{,}67 \cdot \frac{0.25}{2} = 8071{,}15\text{Н} \cdot \text{М}$$

$$M_{cT} = \frac{Mm}{1 \cdot \eta} = \frac{8071{,}15}{217 \cdot 0{,}3} = 123{,}98\text{Н} \cdot \text{М}$$

де

$M_{P1}M_{P2}$-моментами на робочому органі машини

Визначаємо динамічні моменти :

$M_{\ddot{a}} = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{1 \cdot n}{t_{p(T)}}$ (2.29)

Де $t_{p(T)} -$ ч*а*с розгону м*е*х*а*н*і*зму , с.

$$M_{\ddot{a}_1} = \frac{3.14}{30} * \frac{(0{,}28 + 0{,}28 \cdot 0{,}2) \cdot 1500}{0{,}8} = 65.94\dot{I} \cdot \dot{I}$$

$$I_{\ddot{a}_2} = \frac{3.14}{30} * \frac{(0{,}28 + 0{,}28 \cdot 0{,}2) \cdot 1500}{0{,}5} = 105{,}5\dot{I} \cdot \dot{I}$$

$$I_{\ddot{a}_3} = \frac{3.14}{30} * \frac{(0{,}28 + 0{,}28 \cdot 0{,}2) \cdot 1500}{0{,}7} = 75{,}36\dot{I} \cdot \dot{I}$$

$$I_{\ddot{a}_4} = \frac{3.14}{30} * \frac{(0{,}28 + 0{,}28 \cdot 0{,}2) \cdot 1500}{0{,}4} = 131{,}88\dot{I} \cdot \dot{I}$$

де

0,2−коефіціент ,що враховує всі невраховані моменти інтерпретацій.

Після визначеного динамічного навантаження приступаємо до

знаходження результуючого моменту шляхом додавання статичних і динамічних моментів з урахуванням їх знака:

$M = M_{cT} + M_d$, (2.30)

$$M_1 = M_{CT1} + M\partial_1 = 242{,}13 + 65{,}54 = 308{,}07H \cdot M$$

$$M_2 = M_{CT1} + M\partial_2 = 242{,}13 + 105{,}5 = 136{,}63H \cdot M$$

$$M_3 = M_{CT2} + M\partial_3 = 123{,}98 + 75{,}36 = 199{,}34H \cdot M$$

$$M_4 = M_{CT2} + M\partial_4 = 123{,}98 - 1131{,}88 = -7{,}9H \cdot M$$

Визначаємо еквівалентний момент по формулі

$M_A = \sqrt{\frac{\sum M^4 \cdot t}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_{PI} + M_2^2 \cdot t_{TI} + M_3^2 \cdot t_{P1} + M_4^2 \cdot t_{T2}}{(t_{PI} + t_{TI} + t_{T2} + t_I)\hat{E}_{0'}}}$, (2.31)

де t_i – час пауз

$\hat{E}_{0'}$-коефіцієнт що враховує погіршення умов охолодження двигуна

$$M_A = \sqrt{\frac{308{,}07 \cdot 0{,}8 + 136{,}63^2 \cdot 0{,}5 + 199{,}34^2 \cdot 0{,}7 + (-7{,}9)^2 \cdot 0{,}4}{(0{,}8 + 0{,}5 + 0{,}7 + 0{,}4 + 0{,}3)0{,}7}} = 244{,}62I \cdot I$$

За отриманим значенням еквівалентного моменту визначаємо потужність двигуна:

$N_{\dot{A}} = \frac{2 \cdot i \cdot \eta \cdot M\dot{A} \cdot V}{1000 \cdot 60 \cdot d_1}$, (2.32)

Підставивши відомі значення у вираження 2.32, одержимо:

$$N_{\dot{A}} = \frac{2 \cdot 217 \cdot 0{,}3 \cdot 244{,}62 \cdot 2{,}48}{1000 \cdot 60 \cdot 0{,}25} = 4{,}388\hat{e}\hat{A}\text{ò}$$

Після цього перевіряємо двигун на перевантаження по відношенню максимального моментів тобто:

$\lambda = \frac{M_{max}}{M_{ном}} \leq [\lambda]$, (2.33)

де

$[\lambda]$-припустимий коефіцієнт перевантаження

$$M_{iii} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 4{,}5}{1500} = 286{,}5H \cdot M$$

$$\lambda = \frac{308{,}07}{286{,}5} = 1{,}075 \leq [\lambda] = 2{,}2$$

3. Експлуатаційна частина

3.1. Технологія складання та встановлення металургійних агрегатів

Працездатність машин визначається рівнем конструкторської підготовки, технологічного виконання та процесів складання. Відхилення у розмірах, формі та взаємному положенні компонентів можуть спричинити критичне зростання навантажень та призвести до аварійних ситуацій. У металургійному обладнанні подібні відхилення найчастіше виявляються на етапі складання - комплексу операцій з об'єднання деталей у готовий виріб.

Методи складання визначаються специфікою виробництва. При масовому випуску машини складають з уніфікованих компонентів на конвеєрних лініях, при серійному - на кількох робочих ділянках з деталей, що потребують мінімального підгонування, а при одиничному виробництві - на тимчасових основах.

Встановлення представляє собою комплекс заходів, що включає фінальне складання, налаштування та введення машин в експлуатацію. У поточних умовах об'єктом встановлення виступає цех (агрегат) металургійного виробництва, що включає один або кілька корпусів з розміщеним механічним та електричним обладнанням систем змащування.

Кожен такий об'єкт створюється десятками профільних організацій, що координують свою діяльність за принципом комплексного ведення робіт. Прискоренню темпів встановлення обладнання сприяють два ключових чинники:

- організація такої координації суміжних підрядників, що дозволяє розпочати встановлення у найкоротші терміни
- попереднє розміщення проектних мостових кранів та спеціалізованих підйомних механізмів

Потреба у швидкій модернізації металургійної галузі стимулювала удосконалення організації встановлення, технічного супроводу та ремонту металургійних агрегатів.

Технологічний розвиток у сфері встановлення агрегатів та обладнання відзначається суттєвим зростанням рівня індустріалізації та механізації монтажних процесів, використанням великоблочного встановлення, підвищенням точності завдяки лазерним технологіям, новим способам установки та фіксації обладнання на основах, передовим методам складання та іншим найсучаснішим високоефективним технологіям виробництва монтажних робіт.

Науково-технічна революція у металургії значно підвищила стандарти надійності агрегатів та обладнання. Висока експлуатаційна стабільність досягається через застосування найсучасніших підходів до технічного супроводу та ремонту: централізацію ремонтних робіт та ресурсів; удосконалення організації, планування, виконання та забезпечення запчастинами; використання методів підвищення терміну служби компонентів; індустріальних підходів до ремонту − великовузлового та агрегатного; модернізацію систем змащування.

Технологічний прогрес у чорній металургії забезпечується через подальшу концентрацію виробництва, збільшення одиничної потужності агрегатів, інтенсифікацію технологічних процесів, впровадження нових технологій та обладнання, механізацію та автоматизацію виробництва.

Одним з важливих аспектів при проектуванні металургійного обладнання є розрахунки основ для розміщення агрегатів.

3.2 Основи технологічного процесу у чорній металургії

Чорна металургія − це галузь промисловості, що займається добуванням заліза з руди, а також виробництвом чавуну, сталі та феросплавів.

Основні етапи технологічного процесу

1) Підготовка сировини:

Залізна руда (магнетит, гематит) − подрібнюється, збагачується.

Кокс − джерело тепла та відновника (з кам’яного вугілля).

Флюси (вапняк) − видаляють домішки, утворюючи шлак.

Виплавка чавуну в доменній печі. Основна мета — відновити залізо з руди:

$Fe2O3+3CO \rightarrow 2Fe+3CO2$

У піч завантажуються шихта: руда, кокс і флюс.

Продукти:

1. Чавун (на дні)
2. Шлак (на поверхні)
3. Доменний газ (використовується для обігріву)

Переробка чавуну в сталь відбувається в основному в конвертерах:

1. До рідкого чавуну додають залізну руду або брухт.

2. Подається кисень − він окислює надлишковий вуглець:

$C+O2 \rightarrow CO2$

3. Отримується сталь − знижується вміст вуглецю.

Розлив і кристалізація сталі:

1. Сталь заливають у злитки або на машини безперервного розливу сталі (МБРС).

2. Відбувається кристалізація сталі з рідкого стану.

Обробка металу тиском:

1. Прокатка на станах: отримання листів, балок, арматури.

2. Ковка, штампування, пресування − надають форму виробам.

Термічна та хімічна обробка сталі:

1. Гартування, відпуск, відпал — для покращення властивостей.

2. Хіміко-термічна обробка: цементація, азотування тощо.

Продукція чорної металургії:

1. Чавун − ливарний або для сталеваріння

2. Сталь − конструкційна, інструментальна, легована

3. Феросплави − для легування сталі (феромарганець, ферохром)

Сучасні напрямки:

1. Електросталеплавильне виробництво (ЕСПЦ)

2. Утилізація брухту як сировини

3. Очищення газів і шлаків для зменшення впливу на довкілля

3.3 Розрахунок фундаменту для електродугової печі ДСВ-40

Розрахунок фундаменту для електродугової печі ДСВ-40 (ДСВ — дугова сталеплавильна вертикальна) проводиться з урахуванням значних динамічних і статичних навантажень, а також теплових впливів.

Розглянемо типову схему 3.1 та етапи розрахунку фундаменту під ЕДП типу ДСВ-40.

Таблиця 3.1 Етапи розрахунку фундаменту під ЕДП тпу ДСВ-40

Параметр	**Позначення**	**Орієнтовне значення**
Маса печі з футеровкою	$G_п$	~3500–4000 кН
Додаткове навантаження (платформи, приводи)	$G_{доп}$	~500–800 кН
Навантаження від гідроциліндрів	$F_{гц}$	залежно від схеми
Динамічний коефіцієнт	kd	1.2 – 1.5
Розміри печі (зовнішній діаметр)	D	~6–7 м
Глибина закладання фундаменту	$h_ф$	≥ 2 м (грунтові умови)

Розрахуємо сумарне навантаження на фундамент:

$$G_{сум}=(G_п+G_{доп})\cdot kd$$

$$G_{сум}=(3800+600)\cdot 1,3=4400\cdot 1,3=5720кН$$

3.4.Розрахунок анкерних болтів для закріплення механізму нахилу електродугової печі до фундаменту

Таблиця 3.2. Вхідні данні для поетапного розрахунку анкерних болтів для закріплення механізму нахилу електродугової печі до фундаменту

Параметр	**Позначення**	**Значення / Коментар**
Максимальний перекидаючий момент	$M_{оп}$	~365 кН·м
Висота центра обертання над анкерним кріпленням	h	~1.2 м (умовно)
Кількість анкерів	n	4–6 шт (припущення)
Відстань від центру болта до осі	e	~0.6 м
Сталь анкерів	-	40Х / Ст3 / 10.9
Діаметр анкерного болта	d	Підбирається
Фундамент − бетон В25	-	Розрахункова міцність на виривання = 1.5 МПа

Перекидаючий момент викликає деформацію частини анкера:

$$F = \frac{M_{оп}}{n \cdot e}$$

$M_{оп}$=365000Нм

n=4

e=0.6м

$$F = \frac{365000}{4 \cdot 0.6} = \frac{365000}{2.4} \approx 152083\,\text{Н} \approx 152\,\text{кН}$$

Це зусилля на один анкер в зоні розтягування.

Перевірка міцності анкерного болта на розтяг:

Розрахункове опір сталі:

для $Ст3$: $R_{ст}$=200 МПа

для 40Х або 10.9: : Rст=600–900МПа

$$F = R_{\text{ст}} \cdot A \Rightarrow A = \frac{F}{R_{\text{ст}}}$$

$$A = \frac{152000}{600 \cdot 10^6} = 2.53 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 = 253\,\text{мм}^2 \Rightarrow d \approx 18\,\text{мм (для різьби М20)}$$

Приймаємо анкер М24 (А = 353 мм²) — з запасом.

Питомий опір бетону В25 на виривання (із циліндричним анкером без розпору):

$$R_{\text{бет}} \approx 1.5\,\text{МПа}$$

Площа контакту:

$$A = \pi \cdot d \cdot h_{\text{занурення}}, \quad h = 200\,\text{мм} \Rightarrow A = 3.14 \cdot 0.024 \cdot 0.2 = 0.015\,\text{м}^2 \Rightarrow F_{\text{бет}} = 1.5 \cdot 0.015 = 22.5\,\text{кН}$$

Виходячи із розрахунків необхідно:

1. Збільшити глибину закладання до 400 мм (дає ≈ 45 кН)

2. Застосувати анкер з розпірною гільзою

3. Застосувати хімічний анкер з арматурним стрижнем

Таблиця 3.3 Остаточний підбір анкерів, враховуючи результати підрахунків

Параметр	**Рішення**
Кількість анкерів	6 шт (3+3, симетрично)
Діаметр	М24 або М27
Довжина анкерів	≥ 400 мм у бетоні
Тип	Хімічний або з розпірною втулкою
Матеріал	10.9 / 40Х
Кріплення	Через монтажну плиту з шайбами

4. Охорона праці та техногенна безпека

4.1. Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня його механізації й автоматизації

Під час завантаження шихтових матеріалів до електросталеплавильної печі всі види робіт на печі та під нею припиняються, а працівників відводять на безпечну відстань.

Підйом персоналу на площадку склепіння печі дозволяється виключно за дозволом сталевара. Заборонено ставати на склепіння печі та пересуватися по ньому.

Для запобігання обвалам шихти в розплавлений метал необхідно вживати заходів для своєчасного зіштовхування шматків шихти з укосів. Підвалювання шихти повинно здійснюватися на не повністю розплавлену шихту при закритому завантажувальному вікні.

У цеху працює персонал різних професій: слюсарі, сталевари, крановщики, електрогазозварювальники та інші, які у своїй діяльності використовують ручну та механізовану працю.

Достатньо повне уявлення про рівень механізації можна отримати шляхом визначення витрат механічної та ручної праці.

Визначимо рівень механізації праці:

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

де

M - сума людино-годин механізованої праці

R - сума людино-годин ручної праці

Приклад для слюсаря-ремонтника:

M = 2 год.

R = 6 год.

$$B = \frac{2}{2+6} \cdot 100 = 25\%$$

У таблиці 4.1 наведено розрахунок механізації праці працівників цеху.

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації праці працівників СПЦ-3

№	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			% механізованої праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього	
1	2	3	4	5	6	7
1	Оператор УПНРС	1	1*1=1	1*7=7	8	87,5
2	Вогнетривник	5	4*7=28	4*1=4	32	12,5
3	Машиніст крана	3	3*0,5=1	3*7,5=22,5	24	93,75
4	Сталевар	1	1*1=1	1*7=7	8	87,5
5	Електрогазозварювальник	4		4*4=16	32	50
6	Слюсар-ремонтник	5	5*6=30	5*2=10	40	25

На основі даних таблиці можна зробити висновок про рівень механізації праці:

- оператор УПВРС − 87,5% механізованої, 12,5% ручної праці
- вогнетривник − 12,5% механізованої, 87,5% ручної праці
- машиніст крана − 93,75% механізованої, 6,25% ручної праці
- сталевар − 87,5% механізованої, 12,5% ручної праці
- електрогазозварювальник − 50% механізованої, 50% ручної праці
- слюсар-ремонтник − 25% механізованої, 75% ручної праці

За даними таблиці можна класифікувати професії працівників:

- професії механізованої праці − оператор, машиніст крана, сталевар
- професії змішаної праці − електрогазозварювальник
- професії ручної праці − вогнетривник, слюсар-ремонтник

4.2. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів

До небезпечних і шкідливих факторів електросталеплавильного цеху належать наступні шкідливі фактори: газоподібні речовини, теплові виділення, шум, вібрація, електричний струм (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 − Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу для професії слюсар, місце роботи – піч

№	Фактори виробничого середовища	Норм. зн. (ПДК)	Фактичне знач.	III клас. – шкідливі умови й характер праці			Час дії фактора, %, за зміну
				Іст.	IIст.	IIIст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м³: III клас небезпеки: окис заліза, мг/м³ окис вуглецю, мг/м³	 15,3 20,0	 100,8 30,66	 1,53		 6,6	 80 100
2	Пил, переважно фиброгенної дії, мг/м³ Зміст кремнію диоксида – 2…10%	4,0	172,2			43,05	83,1
3	Вібрація (загальна й локальна), дБ	2	6		4		100
4	Шум, дБА	80	95		15		80
5	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, ° С	26/15	45			19	100

	- швидкість руху повітря, м/с	0,2/0,6	0,4				100
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м²	140	3100			3100	90
6	Нахил корпуса в просторі, обумовлений технологічним процесом	28,1%	30%	30			

Висновок: шкідливих факторів III ст. - 4; II ст. - 2; I ст. - 2

За показниками робоче місце відноситься до шкідливих і важких умов праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1.

Слюсар має право виходу на пенсію за списком №1, надається додаткова відпустка 14 днів, молоко, надбавка до зарплати 24%.

Шкідливості та небезпеки СПЦ-3 належать до фізичної групи: шкідливі речовини, пил, шум, зміни температури всередині цеху.

4.3. Технічні рішення з виробничої санітарії

4.3.1. Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд цеху

Відповідно до вимог санітарних норм для електросталеплавильного виробництва передбачається встановлення санітарно-захисної зони розміром 300 м, шкідливість процесу відноситься до II групи.

У генеральному плані металургійного заводу сталеплавильні цехи з напівбезперервним розливанням сталі проектують в єдиному блоці з цехами гарячого прокату, і передача литої заготівки до прокатного цеху здійснюється внутрішньоцеховим транспортом. Сталеплавильний цех розташований так, щоб

переважні вітри були спрямовані вздовж сталеплавильного цеху від складів готової продукції до заготівельного стану й відділення напівбезперервного розливання сталі.

4.3.2. Опалення й вентиляція

Загальнообмінна вентиляція у сталеплавильному цеху призначена для боротьби зі шкідливими виділеннями газів, гранично допустимі концентрації яких становлять 100 мг/м³ і менше.

Припливно-витяжну вентиляцію суміжних приміщень улаштовують так, щоб виключити можливість надходження повітря з приміщень з більшою кількістю шкідливих виділень до приміщень з меншою кількістю шкідливих виділень.

До способів вентиляції належить аерація, що представлена в цеху у вигляді аераційних віконних отворів (у гарячих цехах), аераційних отворів у ліхтарях. Вентиляція здійснюється за допомогою дефлекторів і вентиляторів. Аераційні отвори в ліхтарях захищаються від задування вітром. Ефективна робота аерації залежить від правильного планування будівлі з чергуванням гарячих і холодних прольотів; від напрямку вітру (БНіП 2.04.05-91).

Системи опалення залежно від теплоносія підрозділяються на водяні, парові, повітряні й комбіновані. Температура теплоносія при опаленні місцевими нагрівальними приладами не повинна перевищувати: для гарячої води 150°С, водяної пари 130°С.

У таблиці 4.3 представлені дані допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень.

Таблиця 4.3 - Допустимі значення параметрів повітряного середовища в робочій зоні приміщень

		Період року	

Період року	Категорія роботи по важкості	На постійних робочих місцях			Температура повітря в непостійних робочих місцях, °С
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидь руху повітря, м/с	
Холодний	Середньої тяжкості IIб	17/19	75	0,2	15
	Важка III	16/18	75	0,3	13
Теплий	Середньої тяжкості IIб	20/22	70	0,4	21
	Важка III	18/20	70	0,5	19

4.3.3. Природне й штучне освітлення

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, призводить до зниження продуктивності праці та працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків та захворювань.

Характеристика приміщення плавильного відділення:

- характер робіт: середня точність
- розмір об'єкта розпізнання, мм: від 1 до 5
- розряд зорової роботи: V
- підрозряд роботи: В
- контрастність об'єкта розпізнавання: середня
- фон: середній
- Ен — штучна, лк: 150

Для ремонту обладнання передбачене штучне освітлення.

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, оскільки різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями втомлює очі, сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків.

На ділянці встановлені дугові ртутні лампи типу ДРЛ-400, ДРЛ-250. Плафони закритого типу НСП-23-200; НСП-20-500; плафони відкритого типу РСП-01-400, необхідні для якісного й повного освітлення робочої зони печі та прилеглих площадок.

Згідно СНіП II-4-79 для приміщень, в яких проводяться роботи 5 розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається комбіноване освітлення.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО).

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього обчислюється за формулою:

$КЇО_{ln}^{4} = КЕО_{ln}^{3}$ × m × e = 1,8 × 0,9 × 0,85 = 1,38%

де:

$КПО_{ln}^{3}$ - значення КПО для 3 поясу світлового клімату

m - коефіцієнт світлового клімату, m = 0,9

е - коефіцієнт сонячності клімату, е = 0,85

Освітленість повинна бути забезпечена не менш 75% максимуму, що досягається застосуванням комбінованого освітлення.

4.3.4. Санітарно-побутові приміщення

Санітарно-побутові приміщення включають в себе: роздягальні для зберігання одягу, умивальні та душові кімнати, туалети, зони особистої гігієни, медичний кабінет, зони харчування (відповідно до БНіП 2.09.04-87).

Роздягальні призначені для розміщення вуличного та робочого одягу. Сталеплавильний цех оснащений закритими індивідуальними шафами в кількості 460 одиниць, що відповідає загальній чисельності працівників усіх змін, включаючи тимчасовий персонал та стажистів. Габарити всіх шаф становлять: висота - 165 см, ширина - 50 см, глибина - 50 см. Проходи між рядами шаф мають ширину 1,5 м.

Умивальні зони організовують в окремих кімнатах, що примикають до роздягалень, або безпосередньо в роздягальних приміщеннях. В цеху встановлено один умивальник на 15 працівників [16]. Також передбачені додаткові умивальники з душовими розпилювачами та подачею гарячої води (напівдуші) із розрахунку 1 установка на кожних 15 працівників печі за зміну.

Напівдуші розташовані поблизу робочих зон та відділені від них екранами з вологостійких матеріалів.

Медичний пункт розміщується в електросталеплавильному цеху через високий рівень травмонебезпечності на відстані 100 м [16].

Заклади харчування представлені заводською їдальнею-доготівочною та буфетами, що працюють з привозними напівфабрикатами, які розташовані в будівлях побутових приміщень.

4.4. Техногенна безпека

Будівля цеху має II ступінь вогнестійкості (присутні незахищені металеві конструкції) категорії виробництва «Г» (споруда з несучими та

огороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону з використанням листових та плитних негорючих матеріалів).

Межі вогнестійкості конструктивних елементів:

- несучі елементи та сходові клітки - 2 години;
- самонесучі конструкції - 1 година;
- зовнішні несучі елементи - 0,25 години;
- внутрішні несучі елементи - 0,25 години;
- колони - 2 години;
- сходові площадки, ступені, балки, марші сходових кліток - 1 година;
- плити, настили та інші несучі елементи перекриттів - 0,75 години.

Склад для зберігання горючих рідин (масло, розчинники, дизельне паливо) займає площу близько 2000 м². Паливний склад оснащений протипожежним обладнанням: вогнегасниками, лопатами, ящиками з піском (згідно з ДБН В 1.1-7.2002).

Засоби пожежогасіння в цеху представлені: водою, піском, вуглекислотними та хімічно-пінними вогнегасниками.

Переважно в цеху використовуються вогнегасники моделей ОВП-10 (22 шт.), ВВ-5 (25 шт.) та ВВ-8 (15 шт.).

Розпилена вода може застосовуватися для гасіння горючих нафтопродуктів з температурою спалаху понад 120°С. Необхідна витрата води для сталеплавильного цеху залежить від ступеня вогнестійкості будівлі (II ступінь) і складає 40 л/с на одну пожежу. Тривалість процесу гасіння становить 3 години.

4.5. Захист довкілля від шкідливих впливів сталеплавильного виробництва

В процесі електросталеплавильного виробництва через складнощі уловлювання приблизно 40% утвореного запиленого газу потрапляє безпосередньо в атмосферу цеху.

Очищення технологічних газів від пилу виконується мокрим методом у трубах Вентурі та сухим методом у рукавних фільтрах.

На схемі показано систему очищення газів, що відводяться як від електропечі, так і з цеху через парасольку під ліхтарем. Газ відводиться від печі 1 через водоохолоджуваний патрубок, встановлений у склепінні печі. Між патрубком 2 і газовідвідним трубопроводом існує повітряний зазор, що дозволяє регулювати об'єм газу, що відсмоктується. Розмір цього зазору контролюється муфтою 5. Монооксид вуглецю спалюється в камері 3 і далі охолоджується в пристрої 4. Дожигання та охолодження газу здійснюється атмосферним повітрям, що надходить у камеру дожигання через клапан 6, а в камеру охолодження через клапан 7. Після цього газ надходить у систему газоочищення через газопровід, обладнаний клапаном 10, який регулює кількість газу. У покрівлі цеху під ліхтарем встановлена парасолька 8, через яку видаляються неорганізовані викиди. Об'єм газу, що відсмоктується, регулюється клапаном 9. Неорганізовані викиди очищаються в рукавному фільтрі 11. Газ, що відводиться від електропечі, проходить через прямокутну трубу Вентурі 12 з регульованим перетином горловини, де відбувається коагуляція пилу. Укрупнений пил видаляється спочатку в інерційному пило- та бризковловлювачі, а потім у відцентровому скрубері. Очищений газ за допомогою димососа викидається через димар.

На сьогодні для очищення газу від пилу застосовуються тканинні фільтри з термостійкими фільтрувальними тканинами (витримують температуру 140-250°С) з волокон лавсану, оксалону та інших матеріалів.

4.6. Розрахунок скрубера Вентурі

Початкові параметри:

- об'ємна витрата вологих газів при стандартних умовах V_0 = 100000 м³/год;
- температура газів T_1 = 120°С;
- розрідження газів перед трубою Вентурі $\Delta P_р$ = -1,2 кПа;
- щільність газів при стандартних умовах ρ_0 = 1,26 кг/м³;

- початковий вміст пилу в газах Z_1 = 1,7 г/м³;
- температура води для зрошення Тв = 20°С;
- тиск води перед форсунками Рв = 300 МПа;
- концентрація пилу на виході з апарата не повинна перевищувати Z_2 = 0,103 г/м³;
- питома витрата води на зрошення mв = 99,8 × 10^{-6} кг/м³ = $0{,}0998.10^{-6}$ м $^3/_{\text{м}^3}$

Необхідна ефективність роботи установки:

$\eta = 1 - \frac{z_2}{z_1}$, (4.2)

$$\eta = 1 - \frac{0{,}103}{1{,}7} = 0{,}94 = 94\%$$

Число одиниць переносу:

$N_r = ln\frac{1}{1-\eta}$, (4,3)

$$N_r = ln\frac{1}{1-0{,}94} = 2{,}8$$

Питома енергія, затрачувана на пиловловлення, визначається з рівняння:

$N_r = BH_r^x$, (4,3)

де

В і х – представляють собою сталі величини, що визначаються гранулометричним складом пилу [5]

Kr — енергетичні затрати на мокре очищення газів від пилової фракції

Kr — ***31622*** кДж/1000м³ газів

Підставляючи чисельні величини у формулу (4.4), отримуємо:

$$N_r = 2{,}42 \cdot 10^{-5} k_r^{1.26}$$

Сумарний гідравлічний опір апарату Вентурі:

$\Delta P_T = k_r - p_b \cdot m_b$, (4,5)

$$\Delta P_T = 31622 - 300000 \cdot 0.09988 \cdot 10^{-6} = 31621 Па$$

Густина газового потоку на вході до труби Вентурі за робочих параметрів:

$\rho_1 = \rho_0 \frac{273(P\text{áàð}^{\pm}\text{Pã})}{(273+T_1)101,3}$, (4,6)

$$\rho_1 = 1,26\frac{273(101,3-1,2)}{(273+120)101,3} = 0,87\text{êã/ì}^3$$

Об’ємна витрата газів, що надходять у скрубер Вентурі при робочих умовах:

$V_1 = V_0 \frac{\rho_0}{\rho_1}$, (4,7)

$$V_1 = \frac{10000*1,26}{3600*0,87} = 4,02\text{ì}^3/\tilde{n}$$

Масова витрата води на зрошення:

$\text{ì}\dot{I}_{\text{â}} = m_B \cdot V_1$(4,8)

$$M_B = 99.8\cdot 10^{-6}\cdot 4.02 = 4,01\cdot 10^4 \hat{e}\tilde{a}\ /\ \tilde{n}$$

Температура газів на виході із труби Вентурі

$\dot{O}_2 = (0,133-0,041m_b)T_1 + 35$, (4,9)

$$T_2 = (0.133-0.041\cdot 99,8\cdot 10^{-6})\cdot 120+35 = 51^{\circ}\text{C}$$

Щільність газів на виході із труби Вентурі:

$\rho_2 = \rho_0 \frac{273(P_{\text{áàò}}\pm P_{\Gamma}-\Delta P)}{(273+T_2)\cdot 101,3}$, (4,10)

$\rho_2 = 1,26\frac{273*(101,3-1,2*31)}{(273+51)\cdot 101,3} = \frac{0,67\text{êã}}{\text{ì}^3}$,

де

$\Delta Ð_{\circ}$ - опір труби Вентурі, попередньо приймаємо рівним 31кПа.

Об’ємна витрата газів на виході із труби Вентурі:

$V_2 = V_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_2}$, (4,11)

$$V_2 = \frac{10000*1,26}{0,67*3600} = 5,22\text{ì}^3/\tilde{n}$$

Діаметр циклону-каплеуловлювача:

$\ddot{A}_{\sigma=1,13}\sqrt{\frac{V_2}{W\sigma}}$, (4,12)

$\ddot{A}_{\sigma=1,13}\sqrt{\frac{5,22}{2,5}} = 1,63$ì,

де

Wy - швидкість газів у циклоні-каплеуловлювачі, приймаємо рівної 2,5 м/с.

висота циклону-каплеуловлювача:

Íσ=2,5*$\ddot{A}\sigma$, (4,13)

Íσ=2,5*1,63=4,08i

Гідравлічний опір циклону-каплеуловлювача:

$\Delta P_\sigma = \frac{\xi W_\sigma^2 P_2}{2}$, (4,14)

$\Delta P_y = \frac{32\cdot 2,5^2\cdot 0,67}{2}$=67Па

Гідравлічний опір труби Вентурі:

$\Delta P_T = \Delta P - \Delta P_y$, (4,15)

$$\Delta P_T = 31621 - 67 = 31554\Pi a$$

Коефіцієнт опору, обумовлений уведенням рідини, що зрошує, для нормальної труби Вентурі:

$\xi_{\hat{A}} = 0,63\xi_{\tilde{N}} m_B^{-0,3}$, (4.16)

де

ξ_C – коефіцієнт опору сухої труби Вентурі, приймаємо рівним 0,145

Підставивши значення і (4,16) одержимо:

$$\xi_B = 0,63 \cdot 0,145 \cdot (0,0998 \cdot 10^{-6})^{-0,3} = 1,15$$

Необхідна швидкість у горловині труби Вентурі:

$W_{\hat{A}} = \sqrt{\frac{2\Delta - D\sigma}{\xi_{\hat{N}}\rho_2 + \xi_{\hat{A}}\rho_{\hat{A}} m_{\hat{A}}}}$, (4.17)

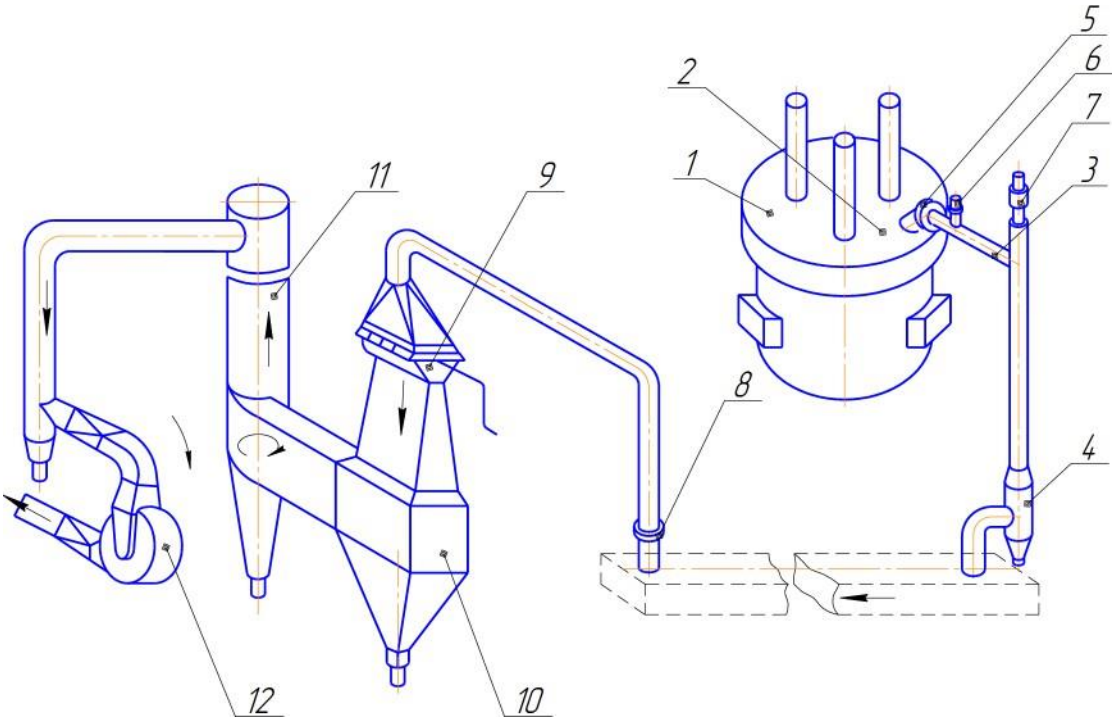
$$W_{\hat{A}} = \sqrt{\frac{2\Delta - D\sigma}{0,145 \cdot 0,67 + 1,15 \cdot 0,0998 \cdot 10^{-6} \cdot 1000}} = 183\text{ì/ñ}$$

Діаметр горловини труби Вентурі:

$d_{Г=1,13}\sqrt{\frac{V_2}{W_Г}}$, (4.18)

$$d_{Ã} = \frac{1,13\sqrt{5,12}}{183} = 0,190ì$$

Приймаємо $d_{Ã} = 0,190ì$



Рисонок 4.1 – Схема очищення газів які відводять від печі

ВИСНОВОК

1. Аналіз технологічного процесу

Детальне вивчення технологічного процесу виготовлення сталі на підприємстві БАТ «ЦСС» дозволило застосувати, що електродугові печі є найбільш ефективним та раціональним обладнанням для отримання високоякісної сталі. Ця технологія забезпечує точний контроль температурного режиму, можливість роботи з ідеальними типами шихти та досягнення необхідного хімічного складу розплаву. Електродугові печі характеризуються високою енергоефективністю, можливістю швидкого розігріву та точного регулювання процесу плавлення, що робить їх незамінними в сучасному металургійному виробництві.

2. Аналіз механізмів нахилу печі

Комплексний аналіз науково-технічної документації та патентної літератури, а також урахування специфіки виробничих потужностей це дозволяє встановити, що в індустрії застосовуються різноманітні конструкції механізмів нахилу електродугових печей. Кожен з цих механізмів має характерні особливості та обмеження у функціонуванні. Критичним є той факт, що ефективність роботи системи нахилу печі в деяких випадках відрізняється на якісні характеристики виплавлюваної сталі, загальну тривалість технологічного циклу плавки та енергоефективність процесу. Правильно спроектований механізм нахилу забезпечує оптимальне зливання розплаву, мінімізує втрати металу та покращує умови роботи футеровки печі.

3. Технічні розрахунки та параметри

В рамках виконання дослідницької роботи були проведені детальні інженерні розрахунки ключових параметрів обладнання, що включають:

- Розрахунок перекидає момент з урахуванням маси печі, розплаву та конструктивних особливостей
- Визначення необхідного зусилля на штоку гідроциліндра для забезпечення надійного нахилу печі

- Обчислення потужності електричного приводу механізму нахилу з урахуванням динамічних навантажень
- Розрахунок потужності приводної системи механізму вертикального переміщення електродів

Ці розрахунки враховують не тільки статичні навантаження, але й динамічні фактори, коефіцієнти та особливості використовуються в умовах високої безпеки температури.

4. Перспективи впровадження модернізації

Запропонований комплекс модернізаційних заходів характеризується технічною доцільністю та економічною ефективністю, що робить його придатним для широкого впровадження на металургійних підприємствах. Особливо актуальним є застосування цієї модернізації на заводах, які експлуатують аналогічне електродугове обладнання та прагнуть підвищити продуктивність виробництва. Впровадження запропонованих рішень зменшить енергоспоживання, покращить якість продукції та збільшить ресурс роботи обладнання.

5. Матеріально-технічне забезпечення

Результати детальних розрахунків фундаментальної основи для електродугової печі ДСВ-40 показали, що для успішної реалізації проекту потрібно:

- Бетон марки Б-50 в обсязі 222 м³ для створення основних конструкційних елементів фундаменту
- Бетон марки Б-200 в обсязі 528 м³ для налаштування високонавантажених зон фундаменту
- Анкерні болти діаметром М42 в кількості 8 одиниць для надійного кріплення механізму нахилу до фундаментальної основи

Ці матеріали забезпечують необхідну міцність та стабільність конструкції під час експлуатації в умовах високої температури та динамічних навантажень.

6. Універсальність застосування

Отримані в ході дослідження результати мають широкий спектр застосування і можуть бути успішно адаптовані не тільки для умов комбінату "Дніпрспецсталь", але й для впровадження на різноманітних підприємствах чорної та кольорової металургії. Універсальність розроблених рішень дозволяє їх застосування на заводах різної потужності та спеціалізації, що значно розширює можливості практичного використання результатів дослідження. Це особливо важливо для модернізації старого обладнання та підвищення конкурентоспроможності металургійного сектора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Компанія ПрАТ "Дніпроспецсталь" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.dss-ua.com/ukr/company/company/index.wbp – Назва з екрана. – Дата звернення: 18.03.2024.
2. Halmos G. T. Roll Forming Handbook / George T. Halmos. – Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. – 583 p.
3. 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 машинобудуваннння» освітньо-професійної. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2024. 74 с.
4. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.
5. Основи розрахунків приводів машин : навчальний посібник / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна. – Запоріжжя : ЗДІА, 1996. – 145 с.
6. Півняк Г. Г. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві : монографія / Г. Г. Півняк, О. С. Бешта, М. П. Фількін. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2008. – 352 с.
7. Taratuta K. Computer modeling of drums of lifting machines and mechanism. Materials and Technologies in Engineering Lutsk: Optima, 2024. P. 32-35. URL: https://mte.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-05/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%20%D0%9C%D0%A2%D0%86-2024_%D0%94%D0%A0%D0%A3%D0%9A_0.pdf.
8. Погорелов С. В. Підйомно-транспортні машини : лабораторний практикум / С. В. Погорелов, Ю. П. Ведмідь. – Запоріжжя : ЗДІА, 2005. – 48 с.

9. Іванченко Ф. К. Конструкція та розрахунок підйомно-транспортних машин : підручник / Ф. К. Іванченко. – Київ : Вища школа, 1988. – 424 с.
10. Проценко О. М. Методичні вказівки до розрахунку силових і кінематичних параметрів приводів у курсовому проектуванні : навчально-методичний посібник / О. М. Проценко. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 72 с.
11. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник / А. В. Гайдамака. – Харків : Харківський політехнічний інститут, 2020. – 285 с.
12. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник / Ю. С. Рудь. – 2-ге вид. – Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д. О., 2015. – 492 с.
13. Технічне обслуговування металургійного обладнання/ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.
14. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.
15. Houghtalen R. J. Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems / R. J. Houghtalen, A. O. Akan, N. H. C. Hwang. – 5th ed. – Boston : Pearson, 2016. – 768 p. – ISBN 978-0-134-29238-0.
16. Ковтун Р. М. Складання металоконструкцій : підручник / Р. М. Ковтун. – Київ : Вища освіта, 2006. – 560 с. – ISBN 966-8081-59-5.
17. Taratuta K. ., Vostotskyi S. Computer study of the performance of couplings with high compensating ability. Prospects for the development of mechanical engineering and transport – 2023: abstracts of reports of the III International Scientific and Technical Conference PDMET Vinnytsia: Vinnytsia National Technical University, 2023. С. 34-36.

URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/viewFile/18262/15096.

18. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві : навчальний посібник. Ч. І: Металургійний комплекс / В. О. Шеремет та ін. – Дніпропетровськ : Січ, 2002. – 375 с.
19. Таратута К. В., Vostotskyi S. ., Chyrkov V. . Transfer of 3D models from CAD to CAE programs. Information technologies: science, engineering, technology, education, health: abstracts of reports of the XXXI International scientific-practical conference MicroCAD-2023 Kharkiv: National Technical University "Kharkiv Polyte, 2023. P. 211. URL: https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Zbirnik-tez-MicroCAD-2023.pdf
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – 12 с.
21. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу: http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/DBN-B.2.5-28-2006.pdf. – Назва з екрана.
22. Правила улаштування електроустановок [Електронний ресурс] // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: https://mev.gov.ua/storinka/pravyla-ulashtuvannya-elektroustanovok. – Назва з екрана. – Дата звернення: 03.10.2023.
23. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20DBN%20B.1.1-7_2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf. – Назва з екрана.

24. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека : навчальний посібник / К. Н. Ткачук та ін. – Київ : Основа, 2009. – 360 с.
25. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя : ЗДІА, 2012. – 16 с.
26. Taratuta K. ., Protsenko, V. Vostotskyi S. Stability assessment of hydraulic cylinders of equipment using CAD and CAE software. INFORMATION TECHNOLOGIES: SCIENCE, ENGINEERING, TECHNOLOGY Kharkiv: KhPI, 2024. C. 225-225. URL: https:/ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf.
27. Callister W. D. Materials Science and Engineering: An Introduction / W. D. Callister, D. G. Rethwisch. – 10th ed. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2018. – 992 p. – ISBN 978-1-119-40549-8.
28. Smith W. F. Foundations of Materials Science and Engineering / W. F. Smith, J. Hashemi. – 6th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2019. – 1008 p. – ISBN 978-1-260-08781-4.