

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему Аналіз роботи та удосконалення конструкції щіткової машини для підготовки виливниць до процесу розливки металу

Виконав: магістрант групи 8.1332

Нетребко І. А.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т. О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Нетребко Ігор Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Аналіз роботи та удосконалення конструкції щіткової машини для підготовки виливниць до процесу розливки металу
керівник магістерської роботи Ph.D., ст.викладач Гречаний О.М.,
затвердені наказом вищого навчального закладу від “09” жовтня 2023 року
№ 1581-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 07 грудня 2021 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи доменного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд і аналіз науково-технічних рішень підвищення надійності механізмів машини чищення виливниць та обґрунтування обраного напрямку роботи; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідно-експериментальна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека в галузі. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Машина для чищення виливниць – 1А1; 2. Візок машини для чищення виливниць – 1А1; 3. Механізм переміщення візка – 1А1; 4. Щітка – 1А1 5. Запобіжні пристрої для підвищення робото спроможності машини для чищення виливниць – 1А1; 6. Дослідження схеми дії теплового опромінення на оператора машини чистки виливниць – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Гречаний О.М., Ph.D., ст.викладач		
2	Гречаний О.М., Ph.D., ст.викладач		
3	Гречаний О.М., Ph.D., ст.викладач		
4	Гречаний О.М., Ph.D., ст.викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	29.05.2023 – 25.06.2023	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	01.09.2023 – 17.09.2023	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	18.09.2023 – 18.10.2023	
4	Виконання графічної частини проєкту	19.10.2023 – 19.11.2023	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	20.11.2023 – 30.11.2023	
6	Перевірка проєкту консультантами	01.12.2023 – 03.12.2023	
7	Попередній захист проєкту	04.12.2023	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Нетребко І. А. Аналіз роботи та удосконалення конструкції щіткової машини для підготовки виливниць до процесу розливки металу.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник О.М. Гречаний. Запорізький національний університет, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2023.

Виконано аналіз існуючих способів чищення виливниць, проаналізовані переваги та недоліки існуючих технічних рішень. Запропонований варіант модернізації машини для чищення виливниць. Визначено опір переміщенню візка машини для чищення виливниць. Вказані рекомендації щодо запобігання виникнення аварійних ситуацій пов'язаних з переміщенням візка. Розроблено схему дослідження динамічних навантажень на вузли та механізми візка машини.

Ключові слова: ВИЛИВНИЦЯ, ЩІТКА, ВІЗОК, МЕХАНІЗМ ПЕРЕМІЩЕННЯ, ДИНАМІЧНА СИСТЕМА

ABSTRACT

Nentrebko I. A. Analysis of the operation and improvement of the design of the brush machine for preparing molds for the metal casting process.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 133 – Industrial engineering, scientific adviser O.M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2023.

An analysis of the existing methods of cleaning the display cases was carried out, the advantages and disadvantages of the existing technical solutions were analyzed. A variant of the modernization of the display cleaning machine is proposed. The resistance to movement of the carriage of the display cleaning machine is determined. Recommendations for preventing the occurrence of emergency situations related to the movement of the cart are indicated. A scheme for the study of dynamic loads on the nodes and mechanisms of the machine trolley has been developed.

Key words: PLAYERS, BRUSH, TROLLEY, MOVEMENT MECHANISM, DYNAMIC SYSTEM

Зміст

Вступ	7
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЗМІВ МАШИНИ ЧИЩЕННЯ ВИЛИВНИЦЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ	9
1.2 Технологічний процес дільниці підготовки виливниць та місце в ньому машини для чищення виливниць	16
1.3 Огляд технічних рішень по підвищенню надійності механізмів машин для чищення виливниць	22
1.5 Пропозиції щодо поліпшення технічних характеристик обладнання	38
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	41
2.1 Визначення опору переміщенню візка	41
2.2 Визначення статичної потужності двигуна	44
2.3 Вибір елементів привода	45
2.4 Перевірка пускового режиму двигуна	50
2.5 Перевірка двигуна на нагрів	51
2.6 Перевірка вузла ходових коліс	53
3 ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	55
3.1 Шляхи підвищення роботоспроможності машини для чищення виливниць	55
3.2 Дослідження динамічних процесів при повздовжньому переміщенні візка машини для чищення виливниць	64
3.3 Порівняльне моделювання динамічних процесів при повздовжньому переміщенні візка машини для чищення виливниць як одно- та двомасової системи	74
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ	82
4.1 Оцінювання стану безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації	82
4.2 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища	84

	6
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії	86
4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будинків і приміщень цеху	86
4.3.2 Виробничі випромінювання	87
4.3.3 Виробничий шум	88
4.3.4 Освітлення	88
4.4 Заходи, щодо безпеки праці у цеху	90
4.4 Засоби пожежної безпеки	91
4.5 Рішення з покращення умов роботи оператора машини для чищення виливниць та розрахунок теплозахисту пульта керування	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	100
СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ	104
ДОДАТКИ	105

Вступ

У сучасній промисловості, особливо у галузях, пов'язаних із металургією, ефективність виробничих процесів є ключовим фактором успішного функціонування підприємств. Одним з важливих етапів у виробництві металопродукції є розливання металу, яке потребує попередньої підготовки матеріалу. Щіткові машини відіграють значну роль у цьому процесі, забезпечуючи якісне очищення виливниць перед початком розливання.

Аналіз роботи щіткової машини та розробка заходів щодо її удосконалення є важливим етапом підвищення ефективності підготовки виливниць до процесу розливання металу. Актуальність даного дослідження визначається не лише потребою у підвищенні виробничої ефективності, а й постійною оптимізацією енерговитрат, зниження впливу на навколишнє середовище та покращення якості кінцевої продукції.

У ході роботи передбачається провести детальний аналіз поточного стану машин для підготовки виливниць до розливання металу, виявити основні проблеми та обмеження, а також запропонувати конструктивні рішення для їх подолання. Крім того, буде приділено увагу оптимізації процесів обслуговування та налаштування обладнання з використанням сучасних технологій та методів.

Чищення виливниць виконують двома способами – гідравлічним і механічним. Гідравлічне чищення має ряд недоліків і одним з основних є різке зниження стійкості виливниць. Тому застосовуються в основному установки механічного чищення виливниць, а саме щіткового типу.

Отримані в результаті дослідження дані та розроблені рекомендації можуть бути потрібні в промисловості для покращення технологічних процесів та підвищення загальної ефективності виробництва металопродукції.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження роботи машини для чищення виливниць щіткового типу та вдосконалення її конструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз раніше проведених досліджень в питаннях вдосконалення конструкції вузлів та деталей машин для чищення

виливниць механічним способом з метою підвищення надійності його роботи;

- визначити зусилля опору переміщення візка машини для чищення виливниць;
- визначити зусилля діючі на основні елементи конструкції машини;
- за отриманими результатами обґрунтувати схему та складові захисних пристроїв для збереження роботоспроможності машини для чищення виливниць;
- виконати дослідження динамічних процесів при повздовжньому переміщенні візка машини для чищення виливниць;
- встановити оптимальну динамічну систему для дослідження режимів переміщення візка машини для чищення виливниць.

Предмет дослідження – конструктивні параметри візка машини для чищення виливниць та навантаження, діючі на його основні вузли.

Об'єкт дослідження – візок машини для чищення виливниць з механізмом чищення щіткового типу.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися на: 18th International scientific and practical conference “Theoretical and applied aspects of the development of science”, (Bilbao, Spain, May 09-12, 2023). Опубліковано тези доповіді.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 113 сторінок, у тому числі 101 сторінку основного тексту, 32 рисунка, 7 таблиць, 35 найменувань використаних джерел на 4 сторінках, 8 додатків.

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

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЗМІВ МАШИНИ ЧИЩЕННЯ ВИЛИВНИЦЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

1.1 Вантажопотоки відділення виливниць

Виробництво виливків – складний багатостадійний процес з багаторазовим переміщенням великої кількості різних матеріалів, сумішей, стрижнів, форм, модельно-опочного оснащення, виливків, відходів та ін.

Можна виділити кілька основних потоків, щоб забезпечити здійснення наступних технологічних циклів (рисунок 1.1).

Сума послідовних технологічних циклів визначає виробничий цикл виготовлення виливків.

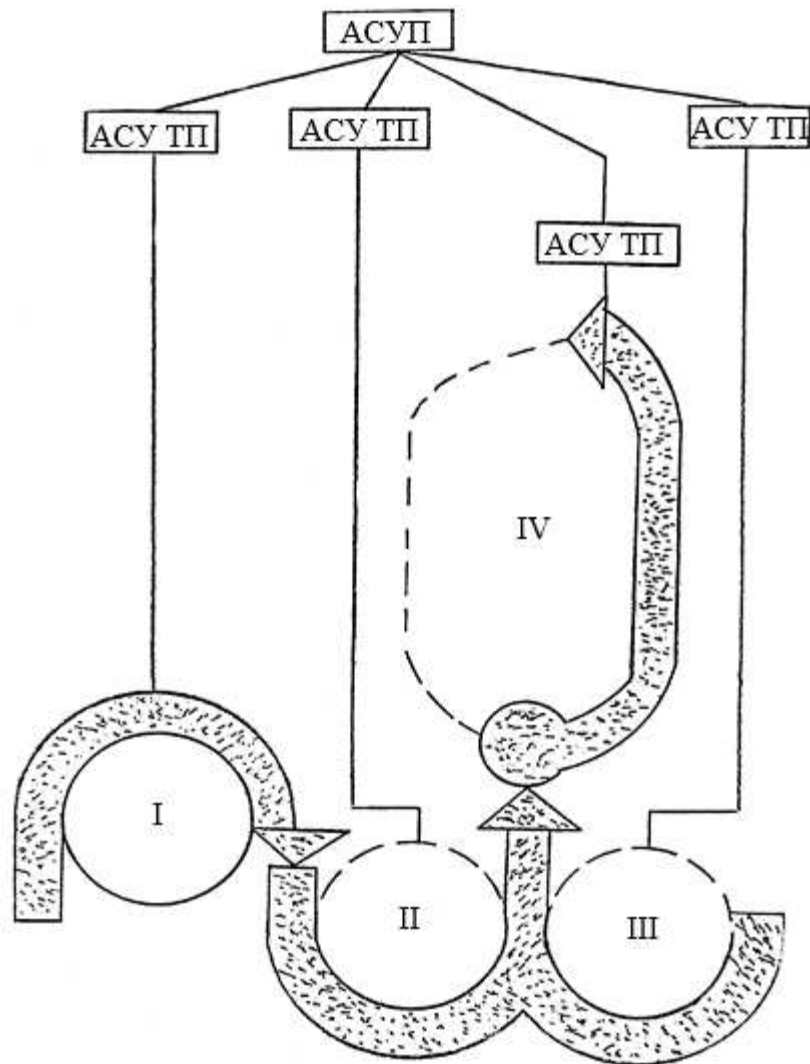
Загальна площа відділення виливниць становить 49500 м² з них 7110 м² площа відкритих кранових естакад. Відділення розміщено у двох паралельно розташованих корпусах розділених між собою відкритою крановою естакадою.

Основний трипрогоновий корпус довжиною 276 м складається з двох прольотів шириною 24 м і одного прольоту шириною 18 м, призначений для приготування металу, виготовлення форм і стрижнів виливниць та заливання їх рідким чавуном. Зі східного боку до основного корпусу примикає будівля сумішопідготовчого відділення (ділянка землеробства) зі складами формувальних матеріалів з двох прольотів шириною 24 м і довжиною 96 м.

Другий корпус складається з двох прольотів завдовжки 372 м. У прольоті шириною 18 м розташована ділянка охолодження виливниць, а в прольоті шириною 24 м розташоване обладнання ділянки.

Ківшова ділянка розташована в прольоті шириною 18 м і довжиною 192 м. На ділянці встановлено наступне обладнання: машини для підриву «козлів» у заливальних ківшах, стіл для набирання стопорів, сушило для сушіння стопорів, стенди для ремонту та сушіння розливних ковшів місткістю 60 т. проліт обслуговують три електромостові крани. «Важкий» кран виконує операції з

чавуновозними ковшами. Електромостові крани 50/10 і 30/5 виконують всі операції, пов'язані з ремонтом і підготовкою заливальних ковшів, а також проводять прибирання скрапу за допомогою електромагнітної шайби.



I – підготовка формувальних матеріалів та приготування сумішей;

II – підготовка форм та стрижнів;

III – підготовка шихтових матеріалів, отримання рідкого металу та заливання його у форми;

IV – вибивання, очищення та остаточна обробка виливків.

Рисунок 1.1 – Технологічний цикл відділення виливниць

Паралельно ковшовому прольоту розташовані заливальний та формувальний прольоти шириною по 24 м і довжиною 276 м і висотою до підкранових колій 14 м.

Виходячи з номенклатури виливниць, що відливаються, ці прольоти мають два самостійних вантажопотоку: ділянка великих виливниць вагою від 10 до 25 т, і ділянка виливниць вагою до 10 т.

Ділянка виготовлення форм великих виливниць організована у вигляді комплексу формувальних, сушильних та транспортуючих засобів до складу якого входять: ливарний конвеєр № 1; спарений піскомет 2ПН - 40, що являє собою електромостовий кран, де замість механізму підйому встановлена метальна головка для формування стрижнів з щільністю 80 - 90 од .; три спеціалізовані електромістові крани вантажопідйомністю 50/10 т, обладнані поворотними гаками та електрифікованими траверсами на головному підйомі; камери для фарбування форм та стрижнів. Камера фарбування стрижнів забезпечена поворотним столом , на який встановлюється стрижень з піддоном і розпилювальним «стволом», що подає на стрижень графітову фарбу.

Камери фарбування форм забезпечені розпилювачами (пальмою). Фарбування проводиться з електромостового крана обертанням форми на траверсі.

Ливарний конвеєр №1 виконаний з переобладнаних сталерозливних візків вантажопідйомністю 160 т не зчеплених між собою. Проштовхування на сушильні гілки здійснюється за допомогою рейкового штовхача зусиллям 10 т., а заливальна гілка наводиться в рух Ланцюговим штовхачем із зусиллям 20 т. Передача візків з однієї гілки на іншу здійснюється двома транспортними візками вантажопідйомністю 120 т кожна. Така конструкція конвеєра створює надійність у роботі та простоту його обслуговування, при заливанні великих виливків вагою до 25 т кожна.

Рециркуляційне сушило: довжина 58 м, продуктивність висушеної формувальної суміші 19 т/год, при вологості суміші 6 - 8%, працює на природному газі. Сушило має чотири температурні зони: зона попереднього нагріву, зона першої витримки, зона другої витримки та зона охолодження.

Таблиця 1.1 – Перелік та характеристика основного механічного обладнання

Вид обладнання	Тип, марка	Кількість, шт	Призначення або місце встановлення	Основні показники		
				Продуктивність	Загальна потужність двигунів, кВт	Габаритні розміри, м
1	2	3	4	5	6	7
Вантажопідйомне обладнання						
Електромотові крани		3	Підйом – опускання різних вантажів та ємностей наявних у відділенні	125/30 т		22
		11		50/10 т		18
		2		5т		22
		8		20/5 т		22
		7		30/5 т		22
		3		75/20 т		22
		1		125/32 т		22
Транспортуєчне обладнання						
Ливарні конвеєри	ЛК №1	1			4,5	B = 0,5; ℓ = 30
	ЛК №2	1			2,8	B = 0,5; ℓ = 15

Складання форм після сушіння проводиться у формувальному прольоті безпосередньо на візках конвеєра з одночасною постановкою верхнього та нижнього бандажів. Зібрана форма транспортерним візком передається в заливальний проліт. Залита форма через 4 – 6 годин передається самохідним електровізком вантажопідйомністю 80 т у проліт охолодження для підриву та рівномірного охолодження залитої виливниці.

Ділянка формування та заливання виливниць вагою до 10 т розташована в тих же прольотах, що й ділянка великих виливниць. Обладнаний ливарним конвеєром №2 ланцюгового замкнутого типу. Має наступну характеристику: розмір платформи 2000 x 2000 мм, крок по платформах 2500 мм, радіус розвороту ходової частини - 6000 мм, максимальна вантажопідйомність 1000 т, кількість платформ - 58 штук, максимальна швидкість конвеєра - 0,015 м/ кг, вантажопідйомність одного візка 25 т, загальна вага конвеєра без приводу 395 тонн.

Сушильна гілка конвеєра також проходить через рециркуляційне сушило.

Приготування суміші проводиться на установці безперервної дії (ЖСС). Продуктивність 20 – 30 т/год. У поєднанні з поворотною каруселлю досягнуто високої продуктивності формування.

Переведення виготовлення форм виливниць на конвеєр № 2 на рідкорухливі самотвердіючі суміші дало можливість організувати виробництво форм виливниць вагою до 10 т. Значно збільшилася продуктивність праці на формуванні, скоротився час сушіння з 8 годин до 2 – 3 при температурі 210 – 220 °С та збільшилася пропускна здатність конвеєра втричі.

Вивезення залитих форм з конвеєра № 2 у проліт охолодження проводиться 60 тонними самохідними електровізками .

Формувально-заливальна ділянка оснащена трьома електромостовими кранами вантажопідйомністю 125/30 тонн, чотирма електромостовими кранами 50/10 тонн, двома кранами 15/5 тонн та кранами вантажопідйомністю 75/20 тонн, 20/5 тонн, 10/5 тонн.

До торця формувально-заливальної ділянки примикає двопрогоновий будинок сумішопідготовчого відділення та складу формувальних матеріалів з шириною прольоту 24 м.

До складу землепідготовчої ділянки (землеробки) входять ділянки: сушіння піску, сушіння та помелу глини, приготування та роздачі формувальної суміші, регенерація відпрацьованої суміші.

Сушіння та помолка вогнетривкої глини проводиться в наступній технологічній послідовності. Грейфер глина завантажується в бункера, під якими встановлені глинорізні машини, далі глина подається в сушильний барабан діаметром 2200 мм і довжиною 10000 мм. Дроблена та просушена глина ковшовим елеватором подається в дезінтегратор для розмелювання. Далі глина подається на сито, де відбувається відсівання, а далі в бункер меленої глини. З бункера глина за допомогою пневмотранспортера подається до місць споживання.

Ділянка приготування формувальної суміші має таку схему. Свіжі формувальні піски та регенерат грейфером завантажується в один із трьох

бункерів для вихідних матеріалів. З бункерів матеріали віброживильниками подаються в барабанне сушило діаметром 2200 мм та довжиною 10000 мм. Після сушіння пісок і регенерат елеватором подається на сито марки 176, а з нього на стрічкові конвеєри і далі бункери, встановлені над бігунами. Для приготування формувальної суміші використовуються три відцентрові бігуни моделі 15326. Завантаження бігунів та їх робота здійснюється в автоматичному режимі, дозування складових здійснюється віброживителями. Приготовлена суміш стрічковими транспортерами передається в бункер-відстійник ємністю 40 м^3 кожен, де проводиться усереднення її фізико-механічних властивостей. Готова суміш електровібраційними живильниками видається на систему стрічкових транспортерів, які доставляють її до місць споживання.

Порядок роботи ділянки для регенерації відпрацьованої формувальної суміші наступний: пульпа з шлаконакопичувача насосами 8 ГРК транспортується в дві буферні ємності (по 45 м^3 кожна), які служать для згладжування пік при періодичній подачі пульпи.

З буферної ємності пульпа надходить до двох піскових насосів 5 РГ 8 один з яких резервний. Насос подає пульпу магнітний сепаратор, далі - на спіральні класифікатори.

, що надходить в класифікатори, класифікується по крупності, а шлак йде в шлакопровод. Класифікатори мають бризгалки для додавання свіжої води. Відкласифікована пульпа надходить у три завантажувальних бака, що мають водяні барбатери. З кожного бака пульпа надходить через автоматичні клапани та завантажувальні рукави в три центрифуги. У центрифугах з піску остаточно відокремлюється вода та шлам. Вологість піску після центрифуги становить 6%. Відокремлена центрифугою вода надходить у резервуар, який має поплавкове реле РМ – 51, яке при наповненні включає насос 2НП або вимикає при спорожненні. Шлам насосами 2НП перекачується в шламоприймач центральної шламової станції.

З центрифуг регенерат вивантажується на стрічковий конвеєр передачі в склад формувальних матеріалів.

У процесі пуску ділянки регенерації було виявлено, що при роботі за повною схемою більше 60% піску, що регенерується, йде в шлам. Технологічна схема була спрощена, були виключені пісcomети та магнітна сепарація.

Склад формувальних матеріалів має сім засіків для зберігання формувальних матеріалів. Забезпечений двома електромостовими кранами вантажопідйомністю 5 тонн з об'ємом грейферів $1,8 \text{ м}^3$. Вздовж засіків біля північної стіни проходить залізничний глухий кут для подачі вагонів з формувальними матеріалами.

Аераційний розрив між будинками шириною 21,5 м та довжиною 276 м використаний для складу опочного оснащення. Склад обслуговується двома електромостовими кранами вантажопідйомністю 20/5 тонн і зі східного боку має залізничний глухий кут для подачі оснастки та відвантаження відходів з формувальної ділянки.

У двопролітній будівлі завдовжки 372 м у прольоті шириною 18 м розташована ділянка охолодження виливниць. Прийнята технологія передбачає охолодження до температури $200-250^{\circ}\text{C}$. Проліт має стелажі, на які укладаються середні опоки з виливницями для охолодження. У залі розташовані установки підричних машин для підриву залитих форм. Встановлено параметри для гідроочищення та охолодження опочного оснащення з передавальними візками вантажопідйомністю 25 тон, обладнані поворотними платформами. Камери гідроочищення оснащені ручними моніторами імітації тиску води 100 атм. Зі східного боку прольоту в осях 44-47 розташована ділянка з виготовлення зварювально-штампованих бандажів. Проліт обслуговується двома електромостовими кранами вантажопідйомністю 75/20 тон зі встановленням на головному підйомі електромагнітних механічних траверсів вантажопідйомністю 62 тони; двома кранами вантажопідйомністю 50/10 тон, один із них у магнітно-грейферному виконанні та одним краном вантажопідйомністю 20/5 тон магнітно-грейферного виконання.

На обладнаному ділянці встановлені і камери гідровибивання виливниць, в яких проводиться вибивання відпрацьованої формувальної суміші за

допомогою двох телескопічних моніторів з тиском води 200 атм. До складу камер гідровибивання входять передавальні візки вантажопідйомністю 25 тонн, обладнані поворотними платформами.

В обрубному прольоті для кантування виливниць при обрубці, встановлені 4 кантувачі з яких два вантажопідйомністю 25 тонн, а інші два-5 тонн. Із західного боку прольоту встановлено два фрезерні верстати моделі. ГФ-691 для механічної обробки великих виливниць. Із західного боку відділення виливниць перпендикулярно до основних корпусів розташована будівля ділянки обробки виливниць. Довжина 108 м, ширина 24м. Встановлено 4 спеціальні фрезерні верстати /два ГФ-691С-1 та два УФ-109 /. Обслуговується двома електромостовими кранами 50/10 тонн. На цих верстатах обслуговуються виливниці вагою понад 5 тонн, а виливниці вагою до 5 тонн обробляються на верстатах ГФ-882, встановлених в обрубному прольоті. Подача виливниць та вивезення обрубки здійснюється наземним передавальним візком, вантажопідйомністю 50 тонн.

Ділянка обслуговується трьома електромостовими кранами вантажопідйомністю 50/10 тонн, один із них виконаний у магнітно-грейферному виконанні та двома електромостовими кранами – 30/5 тон. У східній та західній стороні ділянка має залізничні безвиходи для відвантаження готової продукції та відходів виробництва. З західного боку також є шлях електропередатного візка вантажопідйомністю 30 тон для видачі за необхідності готової продукції на естакаду.

Відкрита естакада для зберігання готової продукції розташована із західного боку відділення виливниць і складається з прольоту шириною 24 м, довжина 84 м, проліт обслуговується електромостовим краном вантажопідйомністю 30/5 тон [1].

1.2 Технологічний процес ділянки підготовки виливниць та місце в

ньюму машини для чищення виливниць

Персонал готує піддони і виливниці для наповнення рідким металом способом розливання зверху або через сифон і подальшого «роздягання» зливків, тобто зняття виливниць із зливків, та відвантаженням в цех прокатки для виготовлення слябів.

При сифоновому розливанні в струмки піддону, розташованого на розливному візку, закладають вогнетривкі вироби, а також встановлюють центруючу всередину якої опускають набір сифонних трубок, а зверху вмонтовують вогнетривку воронку. При розливанні рідкий метал, через центруючу і канали в піддоні, заповнює виливниці поступово знизу до необхідного рівня.

Розливання зверху значно простіше, оскільки не вимагає вживання вогнетривких виробів і центруючих. Метал через шиберний затвор із сталеливарного ковша по черзі розливається в кожен з виливниць встановлену на піддони. Трапляється, що остання виливниця заповнюється не на повну висоту зливка і виходить «недоливок».

При розливанні сталі необхідно отримати якісний зливок. З цією метою виробляється чищення і змащування внутрішньої поверхні виливниць, забрудненої шлакометалічними «корольками» і ряду випадків наявністю «поясів» у верхній частині поверхні зливків. Неякісно очищені виливниці служать причиною виникнення підкіркових міхурів і дрібних тріщин, приварювання зливків до виливниць і зменшення їх стійкості. Якісна і продуктивна підготовка виливниць може бути досягнута лише шляхом механізації цієї операції. Тому ці дії виконуються в спеціальному відділенні, куди потяги з виливницями подають після охолодження.

Для зменшення усадкової раковини у верхній частині зливка виконують утеплення головної частини шляхом виготовлення у верхній частині виливниць поясу утеплювача з суміші піску, ферохромового шлаку і рідкого скла – РСС. Для приготування цієї суміші в цеху є пересувна машина мостового типу з

безперервним змішувачем, в яку подаються сипкі матеріали (пісок, ферохромовий шлак) і розчин рідкого скла. У цьому ж відділенні розташована піч для розплавлення алюмінію і отримання дробу, що йде на розкислювання сталі при розливанні у виливниці. Окрім цього для цих цілей виконують різання на мірні довжини алюмінієвого прутка з бунту.

Після витримки у розливному прольоті мартенівського цеху потяги виливниць із зливками направляються у спеціальне стріперне відділення для витягання зливків з виливниць

До основного устаткування цеху відноситься:

- підйомно-транспортне устаткування (крани загального призначення);
- устаткування для виготовлення вставок утеплювачів з РСС;
- устаткування для роздягання зливків (стріперні крани);
- плавильна піч для отримання рідкого алюмінію і установка для отримання з нього дробу;
- машини для чищення виливниць;
- машини для змащування виливниць;
- гуркіт для отримання відсіву вогнетривких матеріалів;
- установка для приготування вогнетривкої маси БМП – бігуни мокрого помолу;
- установка для виготовлення мірних алюмінієвих штанг;
- установка приготування розчину для змащування виливниць.

У цеху основним устаткуванням є стріперні крани для роздягання зливків, електромостові крани, необхідні для установки і зняття центруючих і виливниць з піддонів, подачі вогнетривких виробів для футерування струмків піддонів, установки і зняття розсувних шаблонів для отримання вставок з рідкорухливих самозатвердіваючих сумішей у відділенні виготовлення вставок утеплювачів на виливницю за допомогою мостової установки. Технічні характеристики основного обладнання, що приймає участь в технологічному процесі цеху підготовки потягів наведено в таблиці 1.2.

Для чищення і змащування виливниць на території цеху розташовано дві естакади, уздовж яких переміщаються машини для чищення і змащування виливниць. Крім того тут є ділянка для приготування суміші для змащування виливниць.

Таблиця 1.2 – Основні характеристики устаткування дільниці

Устаткування	Основні характеристики	Вимір	Значення
Кран мостовий № 43	Вантажопідйомність головного підйому	т	30
	Допоміжного підйому	т	5
	Висота головного підйому	м	12.5
	Висота допоміжного підйому	м	14
	Швидкість головного підйому при кратності поліспада 4	м/с	0.25
	Швидкість допоміжного підйому при кратності поліспада 2	м/с	0.32
	Маса крану конструкційна	т	62.910
	Маса візка	т	12.700
	Маса половини моста с мех. пересування	т	23.400
Кран стріперний №51	Максимальна вантажопідйомність	т	50
	Вантажопідйомність головного підйому	т	50
	Вантажопідйомність допоміжного підйома	т	20
	Зусилля виштовхування	т	250
	Максимальна висота підйому головного підйому	м	5.5
	Допоміжного підйому	м	3.5
	Проліт	м	2.5
	Виліт	м	2.5
	База мосту	м	9.5
	Швидкість головного підйому	м/с	0.33
	Швидкість допоміжного підйому	м/с	0.33
	Швидкість пересування візка	м/с	0.75

Устаткування	Частина машини	Основні характеристики	Вимір	Значення
Чищення	Міст	Швидкість пересування мосту	м/хв	14
		Редуктор 4-160-80-51 і 4-160-80-52		
		Передавальне число		80
		Привод: Електродвигун МТФ-012-692		
		Потужність	кВт	2.2
		Швидкість обертання	Об/хв	890
	Візок	Швидкість пересування візка	м/хв	13.3
		Редуктор 4-160-63-52		
		Передаточне число		63
		Привід Двигун потужністю	кВт	2.2
		Швидкість обертання	хв ⁻¹	890
	Лебідка підйому	Тип ЛПЗ-4Г		
		Тягове зусилля	кг	1500
		Робоча швидкість навивки канату	м/сек	0.33 +- 10%
	Орган	Двигун А132М6У3		
		Потужність	кВт	7.5
		Швидкість обертання	хв ⁻¹	960
	Лебідка підйому площадки	Тип ЛКФ - 1		
		Тягове зусилля	кг	1000
		Швидкість навивки канату	м/сек	0.08
Двигун А4Р90693				

Продовження таблиці 1.2

Устаткування	Частина машини	Основні характеристики	Вимір	Значення
Пересувний безперервний змішувач ПНС -5 №1	Міст В-950204а	Швидкість пересування	м/хв	31
		Електродвигун МТМ 311-6		
		Потужність	кВт	7.5
		Число обертів	хв ⁻¹	945
		Редуктор РМ400 – 1 -1	і	48.76
	Візок МА 355-4	Швидкість пересування	м/хв	16
		Привод електродвигун МТВ-012-6		
		Потужність	кВт	2.2
		Число обертів	хв ⁻¹	888
		Редуктор В-400	і	52.8
	Шнековий дозатор песку	Продуктивність	м ³ /год	4
		Привод електродвигуна МК-32		
		Потужність	кВт	0.9
		Число обертів	хв ⁻¹	1500 – 150
		Редуктор РГУ-80	і	18.5
	Шнековий дозатор шлака	Продуктивність	м ³ /год	0.2
		Привод електродвигун МК-32		
		Потужність	кВт	0.9
		Число обертів	хв ⁻¹	1500
		Редуктор РПУ-80	і	59
	Змішувач рідкого компонента	Привод електродвигун 4А132S493		
		Клинопасова передача (пасок А1320)		
		Продуктивність	т/год	5-10
		Швидкість обертання валків	хв ⁻¹	140
		Характеристика приводу		
		Потужність	кВт	7.5
		Число обертів	хв ⁻¹	1420
		Редуктор 42У-200-10-21КУ2	і	10

З допоміжного устаткування у відділенні лінії встановлення утеплювачів розташована піч з установкою виготовлення алюмінієвого дробу, а також агрегат для різання мірних алюмінієвих штанг, вживаних в мартенівському розливному

прольоті для подачі у виливниці, з метою розкислювання сталі. Для відсіву просипі в цеху є вібраційний гуркіт.

1.3 Огляд технічних рішень по підвищенню надійності механізмів машин для чищення виливниць

У сучасних цехах здійснюється механізоване чищення та змащення виливниць. Відділення чищення й змащення представляє собою будівлю полегшеного типу з одним або двома наскрізними залізничними коліями. У тій частині будівлі, куди надходить потяг з виливницями, перебуває ділянка чищення, за ним по ходу руху потягу розташована дільниця змащування. Чищення й змащення здійснюють за допомогою машин, розташовуваних над потягом з виливницями. Вони можуть бути стаціонарними, у вигляді візків мостового типу. Робочим органом машин є вертикально переміщувана штанга, на кінці якої кріпляться щітки, форсунки для подачі води або розпилювача змащення. Потяги з виливницями переміщують уздовж відділення за допомогою рейкового штовхача [2].

Чищення виливниць виконують двома способами – гідравлічним і механічним. Гідравлічне чищення здійснюють водою, що подається під великим тиском з форсунок; механічну – металевими щітками або дробеструменевим збиванням [3].

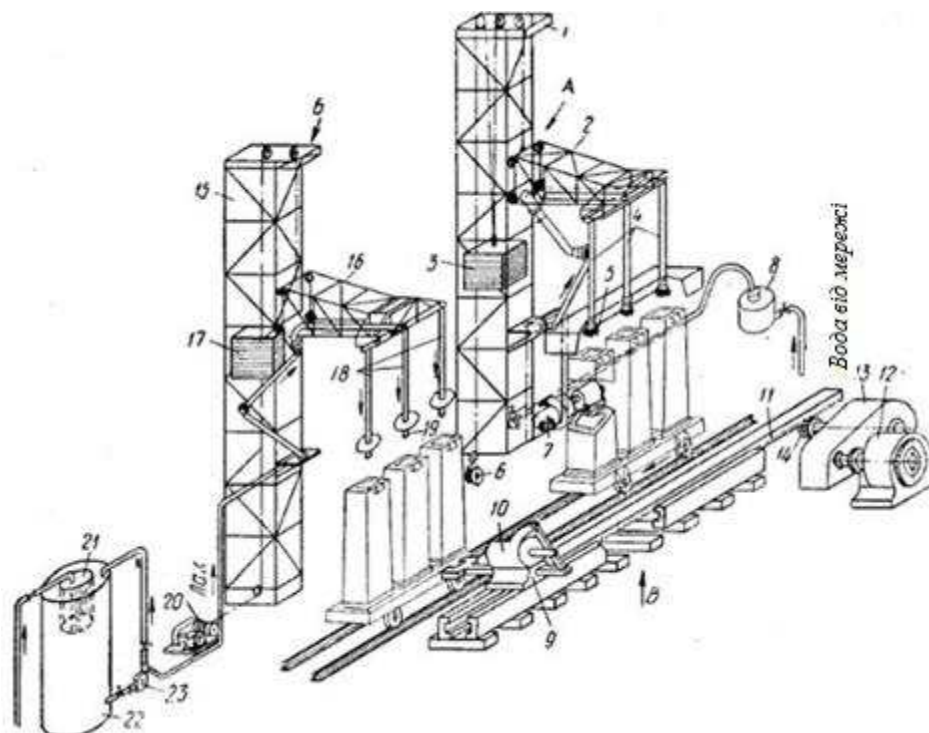
В установку для гідравлічного чищення виливниць (рис.1.3) входять наступні вузли: стаціонарна металева колона 1, рухлива консоль 2, урівноважена противагами 3. До консолі прикріплені шарнірно з'єднані водонапірні труби 4, постачені в нижній частині щілинними форсунками 5. Консоль переміщається вертикально лебідкою 6.

Система високого тиску води обладнана насосною установкою 7, фільтром 8 і автоматично діючими клапанами, що переривають подачу води під час переміщення состава, причому двигун насоса не вимикається.

До складу установки для механічного змащення входять: стаціонарна

металева колона 15, рухлива консоль 16, урівноважена противагами 17. До консолі прикріплені шарнірно-з'єднані труби 18 з паровою сорочкою, постачені в нижній частині форсунками 19 для розпилення лаку. Вертикальне переміщення консолі здійснюється лебідкою 20. Рідкий лак, підігрітий до температури 60–80° С, надходить із лакохранилища через фільтр 21 у бак 22, звідки шестерним насосом 23 подається до форсунок 19.

При механічному змащенні виливниць головки з форсунками рухаються вниз зі швидкістю 0,54 м/сек. Тиск лаку, що надходить у форсунки, підтримується на рівні 70–100 Н/см² (7-10 атм.).



А – установка для чищення виливниць

Б – установка для змащення виливниць

В – штовхач

Рисунок 1.2 – Типова установка гідравлічного чищення й змащення виливниць (позиції наведено в тексті)

Тривалість чищення трьох виливниць становить 40 сек, а змащення 17 сек. У процесі чищення й змащення потяг з виливницями пересувають за допомогою штовхача, у якому каретка 9 із пневматичним циліндром 10 переміщається

зубчастою рейкою 11; привод штовхача складається з електродвигуна 12, редуктора 13 і циліндричної шестірні 14.

При такому способі обробки потяг подають для гідравлічного чищення й змащення після звільнення виливниць від зливків і охолодження до температури 180-120°C на залізничних коліях.

У результаті гідравлічного чищення й механічного змащення виливниць продуктивність праці робітників, зайнятих підготовкою потягів, збільшується на 35%, а також поліпшуються умови їх праці, якість підготовки потягів з виливницями і якість поверхні зливків [4].

Гідравлічне чищення має ряд недоліків і одним з основних є різке зниження стійкості виливниць. Тому застосовуються в основному установки механічного чищення виливниць. Щіткового типу, які діляться на два основні види: установки з обертальним і одночасним поступальним рухом щіток; установки з відносним поступальним рухом щіток і виливниць (рухаються щітки при нерухливій виливниці або навпаки) [3].

В роботі [5] розглядається підвісний пристрій, призначений для чищення виливниць у всякому положенні, під час перестановки їх із брудних піддонів на знову підготовлені, а також для перенесення виливниць, прибуткових надставок і центрових. Пристрій складається із траверси із захватами, вантажу із щітками, тельферної лебідки, електроустаткування. Пристрій навішують на гак мостового крана з вантажопідйомністю не менше 15 т з висотою підйому гака не менш 8 м.

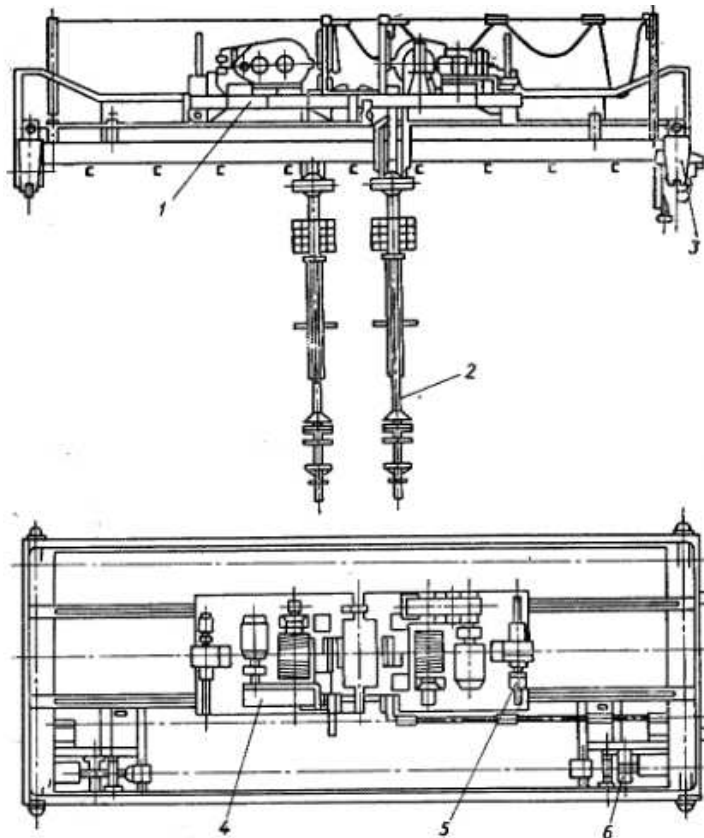
Працює пристрій таким чином. Рухлива частина траверси віссю з'єднана з рициною, а рицина з'єднана з корпусом траверси. При русі рухливої частини траверси щодо корпусу вниз рицини розходяться й потім сходяться.

Для фіксації рицин у розведеному положенні служить спеціальна защіпка, керована електромагнітом і встановлена на корпусі траверси. На рухливій частині траверси змонтована лебідка, до якої на канату підвішений вантаж із щітками. Вантаж із щітками складається з корпусу, на якому змонтовані верхні й нижні щітки. Верхні щітки призначені для чищення стінок, а нижні – для чищення днища виливниці. Притиск щіток здійснюється спеціальними

пружинами. Обертання нижніх щіток роблять електричним приводом, змонтованим у корпусі вантажу із щітками. На нижніх щітках у центрі передбачений напрямний стрижень для виловлювання використаних склянок і установки на знову підготовлений піддон. Технічна характеристика:

- продуктивність – 30 виливниць /год,
- вантажопідйомність – 10 т,
- висота підйому вантажу із щітками – 200 мм.

На рис.1.3 показана машина кранового типу, розроблена ВНДІмехчерметом, для очищення двома щітками типу «Йорж» внутрішньої поверхні глухонних та наскрізних виливниць.



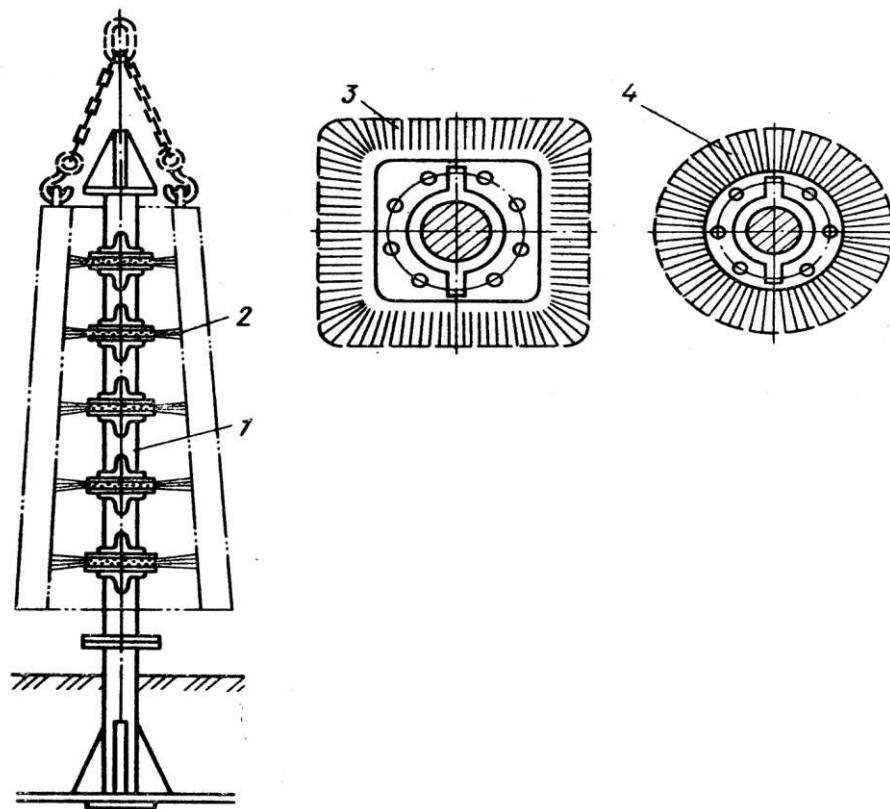
- 1 – візок крана, 2 – робочий орган, 3 – мостовий кран, 4 – привод робочого органа, 5 – привод, 6 – привод пересувного моста крана

Рисунок 1.3 – Машина кранового типу чищення виливниць [5]

Машина забезпечує вибивку стаканчиків із глухонних виливниць і може працювати в ручному й напівавтоматичному режимах. Технічна характеристика:

- вантажопідйомність механізму підйому — 60 кН,
- швидкість підйому й опускання щітки — 23,5 м/хв,
- продуктивність-50 виливниць /год.

На Сіверському трубному заводі чищення дрібних виливниць (масою 1100 кг) під зливки масою 90 кг роблять надяганням їх на стаціонарні щітки (рис. 1.4). На міцній підставі в ряд установлено кілька стовпчиків, що мають форму поперечного переріза порожнини виливниць. На верху стовпчиків закріплені щітки. Виливниці, що підлягають чищенню, за допомогою крана із траверсою подають до щіток і «надягають» на них. Чищення виконують за один подвійний хід траверси. При цьому досягаються висока продуктивність і задовільна якість чищення [6].



1 – стовчик; 2 – щітки; 3 – квадратна щітка; 4 – кругла щітка.

Рисунок 1.4 – Стаціонарний пристрій для чищення виливниць

Дещо схожим способом виконують очищення кристалізаторів вакуумних дугових печей. Очищення кристалізатора необхідно здійснювати після кожної плавки, її можна робити за допомогою різних допоміжних, механізмів. Найбільш простим з них є обертова сталева щітка, закріплена на довгому горизонтальному валу, який переміщують вручну по поздовжній осі обертового кристалізатора. При зіткненні щітки зі стінками кристалізатора видаляється пил, шлаки й металеві частки. З порожнини кристалізатора відсмоктують повітря. Цей спосіб є простим і універсальним, але він дуже трудомісткий. Очищення стінок кристалізатора сталеву щіткою великого діаметра в деяких цехах повністю механізована й здійснюється в спеціальній камері при вертикальному положенні кристалізатора [7].

До механічного очищення виливниць відноситься також дробеметний спосіб [8].

Для дробеметного очищення застосовують чавунний дріб фракції 0,5-3,0 мм. По вертикальній стійці 6 (рис. 1.5) переміщується каретка 7 із кронштейном і штангою, у яку вмонтована обертова труба. Вона кінчається дробеметною головкою 5. На кінці штанги рухливо кріпиться кришка, що закриває виливницю 4 під час чищення. Обертання дробеметній головці повідомляється від привода 8 через клиноремінну передачу, а підйом і опускання каретки здійснюється від електролебідки 10. Дріб з нижньої частини регенераційної камери 11 під тиском повітря, що надходить із магістралі через повітророзподільник 16, подається по трубопроводах 9 у дробеметну головку.

Самохідний візок 3 з виливницею встановлюють у робоче положення таким чином, щоб осі обертової головки й висувного бункера 2 збігалися з віссю отвору в днище візка. Таке положення візка фіксується кінцевими вимикачами й тупиковими упорами. Висувний бункер служить для щільного з'єднання відсмоктуючої магістралі 1 із днищем самохідного візка й приводиться в дію пневмоциліндром, що живиться від повітряної магістралі через пневморозподільник 15.

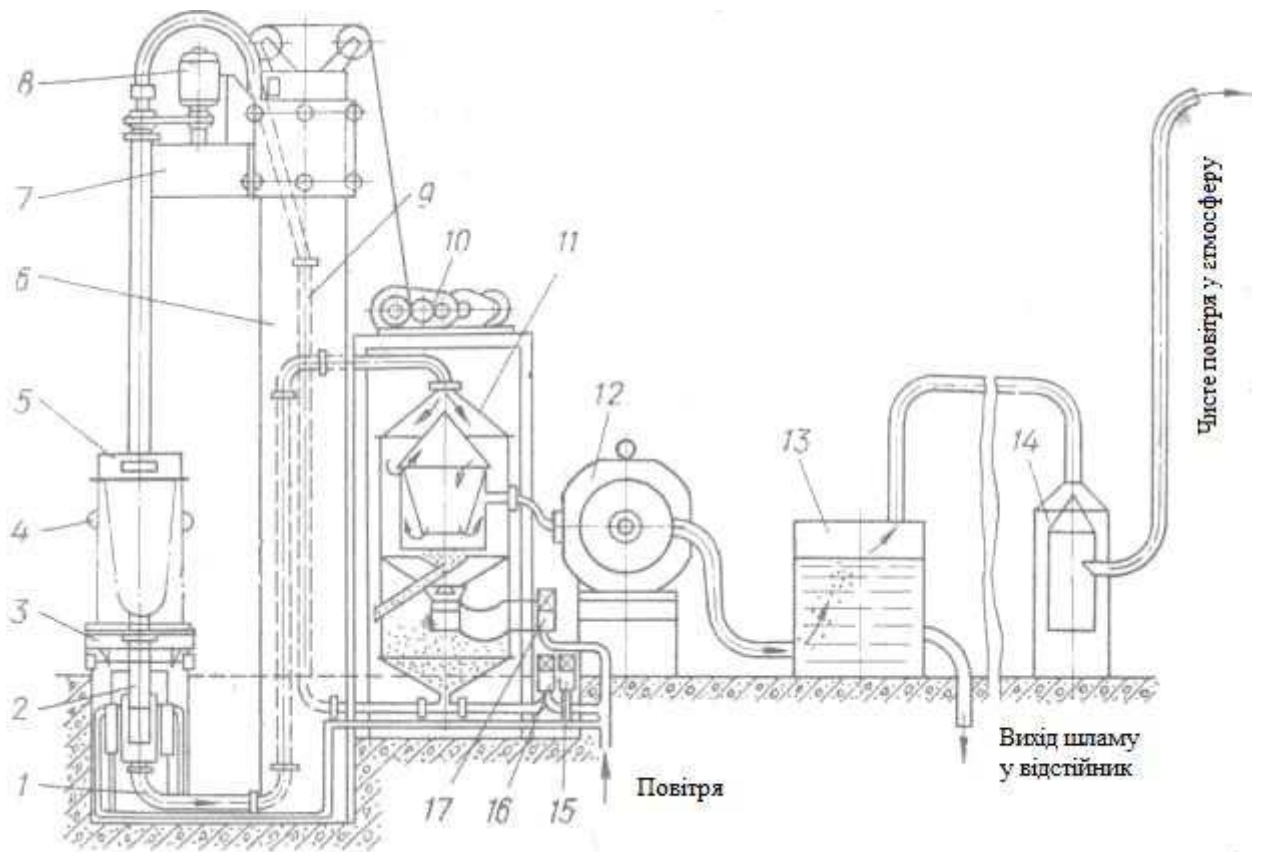


Рисунок 1.5 – Дробеметна установка для чищення виливниць (позиції наведено в тексті)

Регенераційна камера служить для очищення використаного дробу від пилу й шлаків і подачі її знову в нагнітальну магістраль. Камера складається із з'єднаних між собою верхнього й нижнього бункерів. Отвір між ними перекривається клапанами із приводом від пневмоциліндра, повітря до якого подається через пневмоорозподільник 17. Запилене повітря з регенераційної камери водокільцевим вакуум-насосом 12 перекачується через водовідокремлювач 13, бункер гравітаційного очищення 14 і викидається в атмосферу.

Швидкість переміщення каретки 2,5 м/хв, швидкість обертання дробеметної головки 3600 хв^{-1} . Час чищення виливниці для зливка масою 4,3 т не перевищує 1,5 хв. Тиск повітря в нагнітальній магістралі 0,45 МПа. Кількість

дробу для чищення однієї виливниці становить 100 кг, безповоротна витрата дробу на одну виливницю – 0,5 кг [8].

Використання даного типу установок для чищення виливниць дозволяє повністю виключити ручний труд та підвистити стійкість виливниць за рахунок ущільнення їхніх стінок [6], але з огляду на дороговизну та складність організації даного способу, дробеметний спосіб не набув такого широкого розповсюдження як механічне чищення металевими щітками.

Так установка для чищення виливниць за допомогою щіток (рис.1.6) представляє собою мостовий електричний кран з візком спеціальної конструкції. Міст 1 крана має звичайну конструкцію. Для більш точної зупинки моста електромагнітне гальмо механізму пересування обладнано додатковим педальним керуванням. На візку 2 змонтований спеціальний механізм підйому, до підвіски якого прикріплена на кульовому шарнірі штанга 3 з набором щіток. Ця штанга в процесі чищення вводиться у виливницю 4 і робить у ній кілька вертикальних рухів. Підвіска може трохи зміщатися в горизонтальному напрямку, що полегшує влучення штанги із щітками у виливницю. Потяг з виливницями пересувається штовхачем 5 [9].

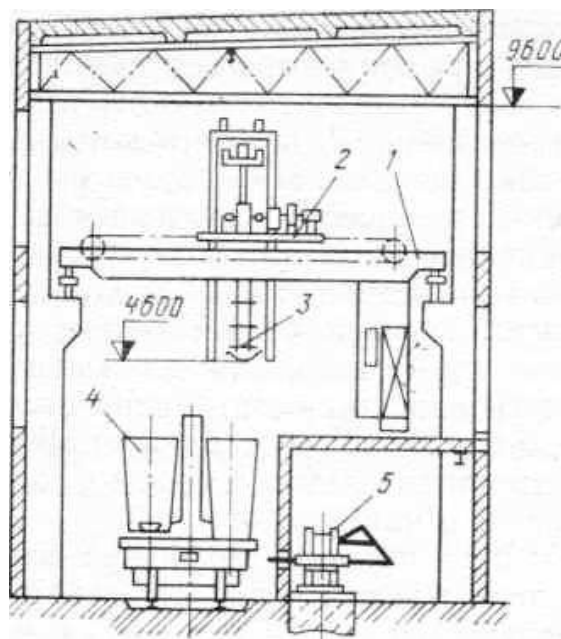


Рисунок 1.6 – Установка для механічного чищення виливниць (позиції наведено в тексті)

Для чищення наскрізних виливниць, що розширюються донизу, необхідно, щоб при опусканні штанги у виливницю щітки набору віддалялися одна від одної, збільшуючи утворений периметр. У зв'язку із цим щітки виконують розсувними. Набір складається із шістнадцяти щіток, по чотири на кожному із чотирьох рівнів. Щітки зроблені із пружинного дроту діаметром 0,6 мм. Пучки дроту набирають у трубки [9].

Кінематична схема механізму з обертовими та поступально рухаючимися щітками для чищення наскрізних виливниць наведено на рис. 1.7. Корпус 3 щіткового пристрою переміщається по вертикалі канатним механізмом 8 з барабанною лебідкою. Внутрішні поверхні стінок виливниці зачищаються металевими щітками 7, посадженими на вал 5, що й обертаються електродвигуном 1 через двоступінчастий редуктор 2 і проміжний вал з муфтами 4. До нижньої частини корпусу шарнірно приєднано чотири щіткотримачі самоустановлювальних щіток 6, що забезпечують чищення кутів виливниці при поступальному русі корпусу.

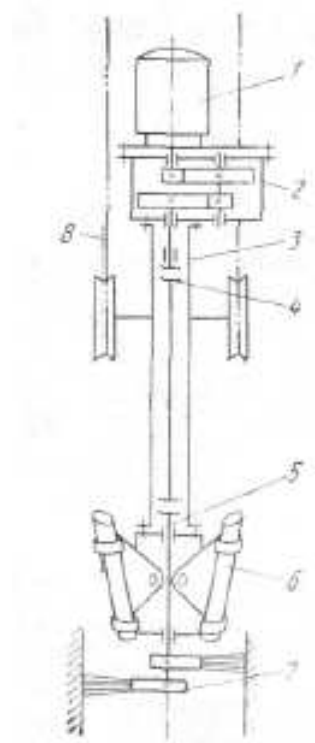


Рисунок 1.7 – Кінематична схема механізму для чищення наскрізних виливниць (позиції наведено в тексті)

Експлуатація пристрою з обертовими щітками показала, що чищення виливниць прямокутного й хвилястого перетинів недостатньо ефективна. Кути виливниць, як правило, доводиться додатково зачищати вручну; стійкість щіток мала через великі згинаючі циклічні напруження; утруднене або неможливе зачищення дна глухононних виливниць. Крім того, поперечні риси на стінках виливниць, створювані обертовими щітками, після багаторазового розливання стали приводять до застрягання зливка у виливниці.

Відзначені недоліки відсутні в установках з відносним рухом щіток і виливниці за умови, що конфігурація щіток копіює профіль поперечного переріза виливниці.

Установка з поступально рухаючимися щітками призначена для чищення наскрізних виливниць і складається із двох однотипних візків, що переміщуються по пролітній будові над потягом з виливницями. Візок 2 для чищення виливниці (рис. 1.8) має рейковий механізм 7 поступального руху щіток і механізм пересування візка 1, що служить для сполучення вертикальних осей щіток та виливниці. Привод 6 щіткового механізму виконаний з електродвигуном потужністю 12 кВт і двоступінчастим циліндричним редуктором, що забезпечують переміщення щіток зі швидкістю 16,7 м/хв і осьовим зусиллям 50 кН. Змінні щітки 5 закріплені клиновими шпонками на щіткотримачі 4, з'єднаному з рухливою штангою 3 болтами.

Для запобігання механізму переміщення щіток від можливих перевантажень передбачена фрикційна муфта граничного моменту, встановлена між редуктором і рейковою передачею.

Переносний механізм для чищення глухононних виливниць (рис. 1.9, а) встановлюють зверху на виливницю краном так, щоб цапфи виливниці ввійшли в прорізі фіксуєчих захватів 11 на корпусі 2. При включенні привода обертання через горизонтальний черв'ячний редуктор передається вертикальному валу 4 і пустотілому гвинту 6, з'єднаним між собою ковзною шпонкою. Обертаний гвинт створює вертикальне переміщення обом щіткам. Торцева щітка 12 робить обертання навколо вертикальної осі.

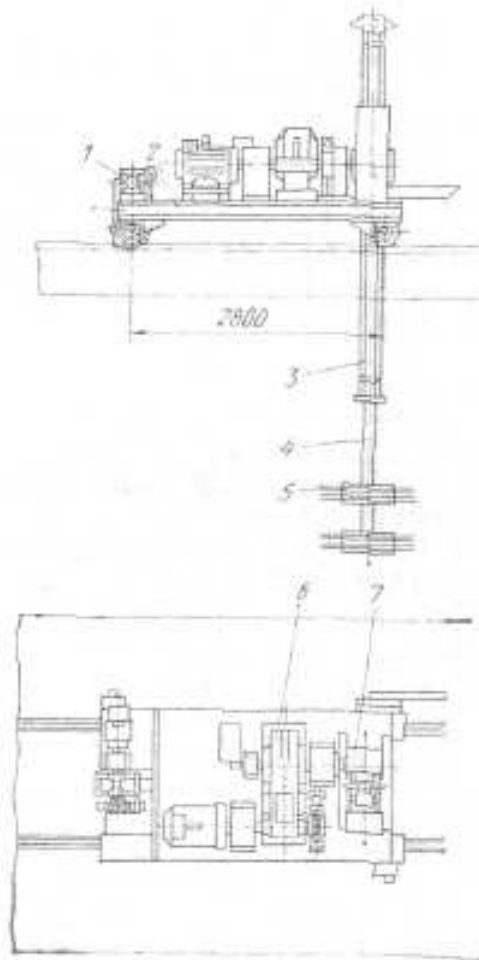


Рисунок 1.8 – Візок установки для чищення наскрізних виливниць
(позиції наведено в тексті)

Горизонтальні щітки 9 установлені по периметру перетину виливниці й виконують чищення внутрішніх поверхонь стінок і кутів; торцева щітка служить для чищення днища, збору й викидання сміття назовні через донний отвір виливниці. Останнє досягається доданням щітці спіральної форми. Державка 10 щітки з'єднана із гвинтом пальцем, що сковзають у її прорізі. При чищенні днища виливниці державка входить усередину гвинта, долаючи дію зворотної пружини. Для попередження поломок торцева щітка виконана складеною із трьох частин, з'єднаних між собою горизонтальним і вертикальним шарнірами.

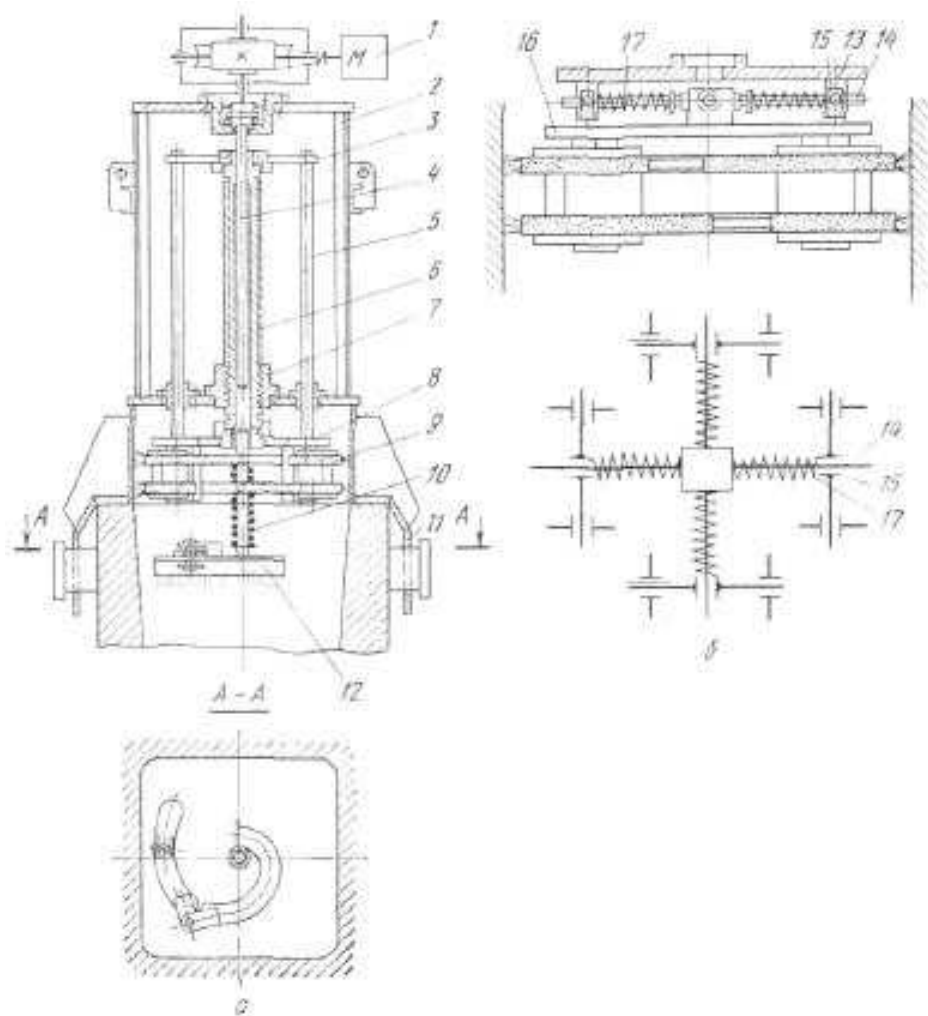


Рисунок 1.9 – Механізм для чищення глухонних виливниць (позиції наведено в тексті)

Висока якість чищення виливниць може бути досягнута при самоустановлювальних горизонтальних щітках і їх постійному притисненні до стінок і кутам виливниці. На рис. 1.10, б показана головка, що самоцентрується. Верхня плита щікотримача 13 з бобишкой разом зі штоками утворює хрестовину. На штоки надіті повзуни 15, які своїми пальцями входять в отвори бобишек верхньої плити. Між бобишками й повзунами встановлені зворотні пружини. Така система має два ступені волі в горизонтальній площині підвіски, що забезпечує самоустановку щіткової головки по осі виливниці. Підготовка изложниці триває 30 с [3].

Основним недоліком даних машин є можливе недочищення верхнього торця виливниці, котрий пропонують усунути автори роботи [10] встановленням ковзною по штанзі горизонтальною щіткою (рис.1.10) з робочою поверхнею, що виконана по кривій близькій до евольвенти увігнутістю в бік обертання.

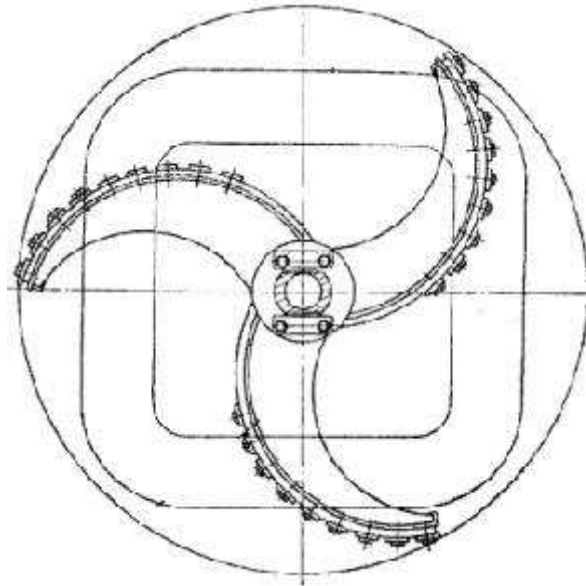


Рисунок 1.10 – Щітка з робочою поверхнею виконаною по евольвенті

На думку авторів ідеї таким чином буде забезпечуватися більш якісне зачищення верхнього торця виливниці, але з іншого боку, вочевидь буде погіршуватися зачищення нижніх частин, тому дана пропозиція є досить сумнівною в якості перспективи використання на виробництві.

Зазначені недоліки усуваються пристроєм для чищення виливниць запропонованим авторами в роботі [11]. Запропонований пристрій (рис.1.11) складається з вантажної петлі 1, що приварена до штанги 2. В свою чергу на штанзі жорстко закріплено чистячий вузол, а саме кріпильний вузол 3 з поворотними обладунками 4 та багатопозиційною підвіскою 5 із гнучкими сталевими канатами 6. На канатах 6 зафіксовано два симетричних блоки 7 із шарнірно закріпленими на них двома кутовими щітками 8, а також із закріпленими за допомогою серг 9 двох більших 10 і однієї малої 11 щіток. До

симетричних блоків 7 кріпляться знімні додаткові вантажі 12, які регулюють зусилля їхнього розведення й, відповідно зміну прикладених зусиль на щітки 8, 10 і 11. Безпосередньо щітки 8, 10 і 11 складаються з корпуса 13 у якому закріплені знімні чистячі елементи за допомогою притиску 15.

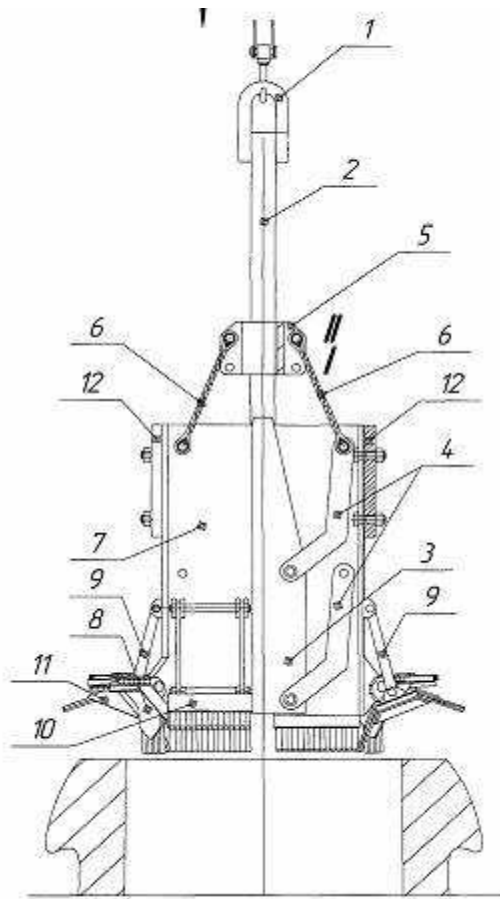


Рисунок 1.11 – Модернізований пристрій для очищення виливниць
(позиції наведено в тексті)

На думку авторів запропонованого пристрою завдяки тому, що в означеному конструктивному виконанні, чистячі елементи жорстко закріплені в щітках, котрі самі безпосередньо шарнірно встановлені у нижній частині кожного із двох симетричних блоків, з'єднаних зі штангою через жорстко закріплені на ній двопозиційну підвіску й кріпильний вузол, завдяки тому, що симетричні блоки виконані з можливістю переміщення щодо поздовжньої осі штанги та на нижній частині кожного із них встановлено, щонайменше, дві більші, одна мала й дві кутові щітки, причому більші й малі щітки шарнірно

з'єднані із симетричними блоками за допомогою, не менш двох серг, досягається поліпшення роботи й експлуатації безпосередньо, пристрою для очищення виливниць. Важним елементом запропонованого конструктивного поліпшення являється виконання кожної щітки у вигляді пустотілого трапецієподібного короба із встановленими в ньому змінними елементами, що чистять, протилежні кінці яких розташовані під кутом 45° - 120° відносно один одного.

Таке виконання пристрою для чищення виливниць є вельми цікавим з точки зору впровадження у виробничий процес, але з огляду на те, що запропонована конструкція була розроблена під потреби ПрАТ "Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча", то достовірних відомостей про її подальшу долю у відкритих джерелах відсутні

Доволі цікавою є конструкція машини для чищення виливниць (рис.1.12) [12].

Машина 1 пересувається по підкранових коліях 2 над виливницями 3, які встановлюють на візках 4 у два ряди. Чищення здійснюють послідовно по рядах, шляхом переміщення візка з одного ряду виливниць на іншій.

Технічна характеристика машини

Маса, кг	7126
Механізм пересування моста:	
– потужність, кВт	3,5
– швидкість, м/хв	27,3
Механізм пересування візка:	
– потужність, кВт	2,2
– швидкість, м/хв	17,6
Механізм пересування підйому:	
– потужність, кВт	9,5
– швидкість, м/хв	16,8
Механізм чищення:	
– потужність, кВт	10,0

– швидкість, м/хв

215,0

Робочий орган машини — шпindelь, на нижній частині якого кріпиться обертова головка. У ній закріплені металеві щітки, розташовані відносно одна одної під кутом 180° . Крім щіток, є спеціальні пристосування – «лижі», які також обладнано щітками. «Лижі» притискаються до кутів виливниць.

Обертанням щіток здійснюють чищення внутрішньої поверхні виливниць, а ковзанням «лиж» уздовж виливниці — чищення кутів.

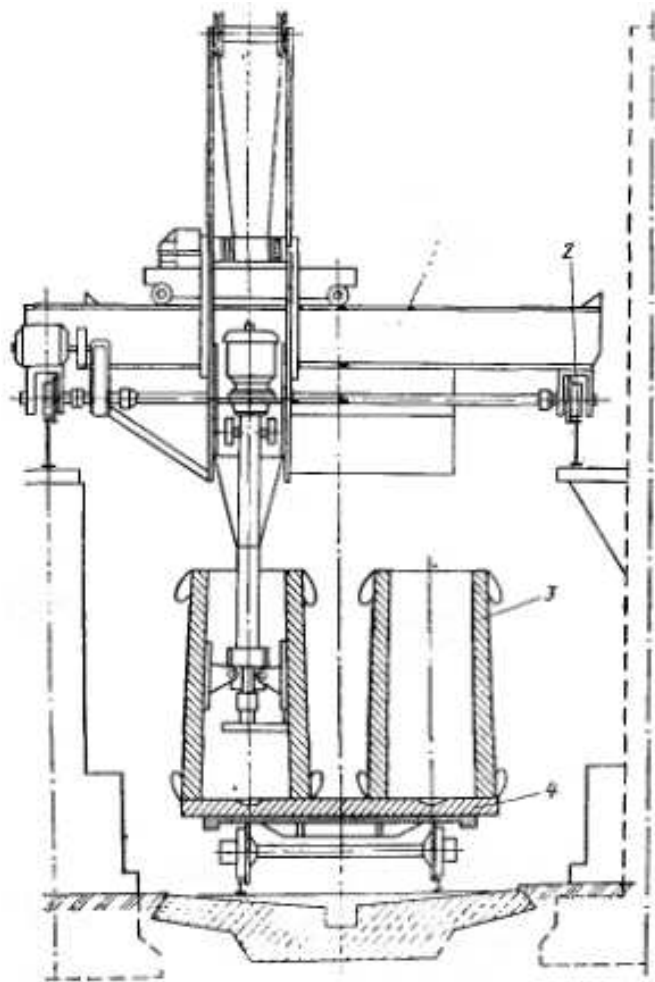


Рисунок 1.12 – Машина для чищення виливниць (позиції наведено в тексті)

Крім механізму чищення щітками, розроблювалися аналогічні конструкції, але в якості чистячих елементів в них виступали не дротяні канати, а закріплені ланцюги. Ланцюги закріплюються на штоку й роблять обертання у двох площинах, здійснюючи чищення виливниць різних типорозмірів. Такий тип

механічного чищення виливниць не «прижився», з огляду на високу можливість травмування робочого персоналу при непрогнозованому обриві ланцюга.

Підсумовуючи все вищесказане можна зробити висновок, що найбільш перспективним в плані розробок являються пристрої чищення виливниць за допомогою щіток, але й вони ще далекі від досконалості і потребують більш глибокої та якісної модернізації

1.5 Пропозиції щодо поліпшення технічних характеристик обладнання

Для забезпечення всього обсягу виливниць, що піддаються чищенню й деякому резерву на випадок виходу машини з ладу, ремонту й обслуговування, заміни відпрацьованих щіток дільницю підготовки виливниць оснащено двома машинами чищення, кожна з яких розташовується на відкритій естакаді із прольотом 6500 мм на оцінці 6000 мм. Під естакадою перебуває залізнична колія для потягу з виливницями.

Міст 1 (рис. 1.13) складається із двох балок двотаврового перетину, до яких примикають площадки з розташованим на них приводом переміщення моста, а також призначені для проведення робіт з обслуговування устаткування. На одній зі сторін моста змонтована кабіна керування 2 і площадка, що опускається 3 для візуального контролю результатів чищення й ручного доочищення шкребком у випадку, коли на виливниці є країни й інші великі по розмірі забруднення, які щіткою природно видалити не можливо. Підйом й опускання площадки здійснюється лебідкою 4.

По мосту переміщається візок 5, на якому змонтована лебідка для підйому й опускання чистячого механізму 6 і порталу з напрямними 7 по яких він переміщається.

Чистячий механізм (робочий орган) представляє собою конструкцію, на якій розміщені приводи обертання щіток.

У горизонтальній площині щітки приводяться в обертання через трансмісійний вал на конічні зубчасті пари $i=2,25$, що передають крутний момент у протилежні сторони від двигуна $N=3,6$ кВт й $n=680$ хв⁻¹.

Пропонуєма модернізація полягає в заміні механізму підйому щіток, що складається з лебідки, системи обвідних роликів і канатів на зубчасту рейку, яка буде кріпитися до колони і приводитись в поворотно-поступальну ходу за допомогою приводу, що складається з електродвигуна та черв'ячного редуктора, на тихохідному валу якого закріплена шестерня, що знаходиться у контакті із зубчастою рейкою. Переваги запропонованої конструкції полягає в компактності механізму, виключенні проміжних опор (обвідні ролики), котрі збільшували втрати передаваної потужності.

Так само в цьому проекті пропонується черв'ячне колесо виконати складеним, тобто саме колесо виготовити сталевим, а черв'ячний вінець виконати бронзовим і зібрати його на центруючому діаметрі колеса, прикріпивши до колеса болтами класу точності А з шестигранною зменшеною головкою для отвору із-під розгортки по ГОСТ 7817-80.

Ця пропозиція дозволить збільшити термін служби редуктора і понизити витрати на його ремонт, що у свою чергу приведе до зниження собівартості продукції.

Завдяки запропонованій модернізації також виникне посилення приводи, що позитивно вплине на ефективний час роботи машини для чищення виливниць в цілому, оскільки зважаючи на особливості роботи усередині виливниці оператор позбавлений необхідного огляду робочого процесу, а при недостатній його кваліфікації можливе притиснення щіток до стінок виливниць аж до зупинки приводу в наслідок «затиску» щітки.

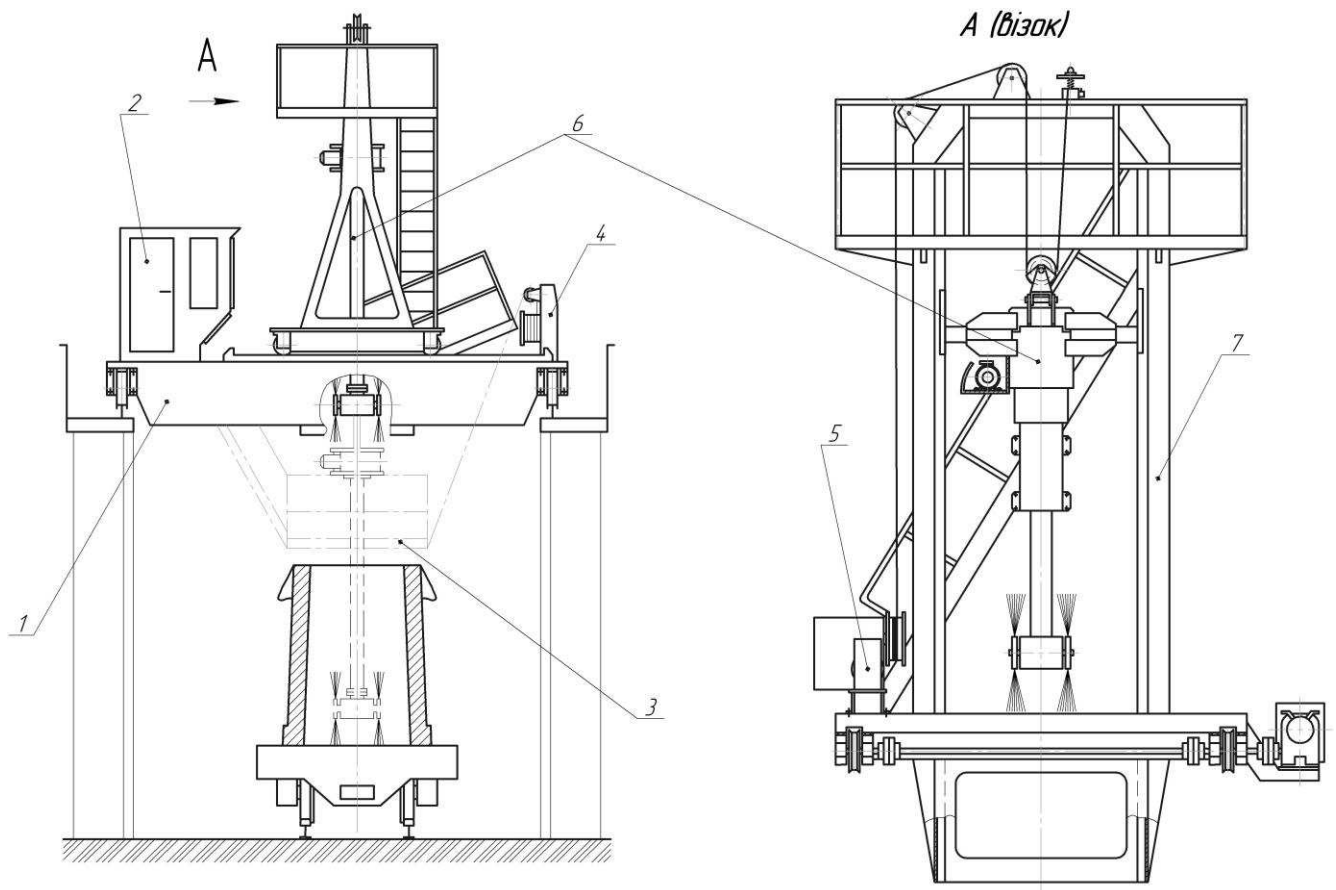


Рисунок 1.13 – Загальний вигляд дійсної конструкції машини чищення виливниць ПАТ «Запоріжсталь» (позиції наведено в тексті)

Також для зменшення часу простоїв машини пов'язаних з заміною щіток, варто розглянути замінену способу їх кріплення на валу, а саме замість існуючого кріплення за допомогою шпонкового кріплення застосувати посадку на квадрат.

Таким чином запропоновані заходи дозволять зменшити час простою машини для чищення виливниць пов'язаний з її технічним обслуговуванням на 15-20 %, а отже збільшить час її ефективної роботи, а отже дозволить дещо зменшити собівартість кінцевої продукції.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

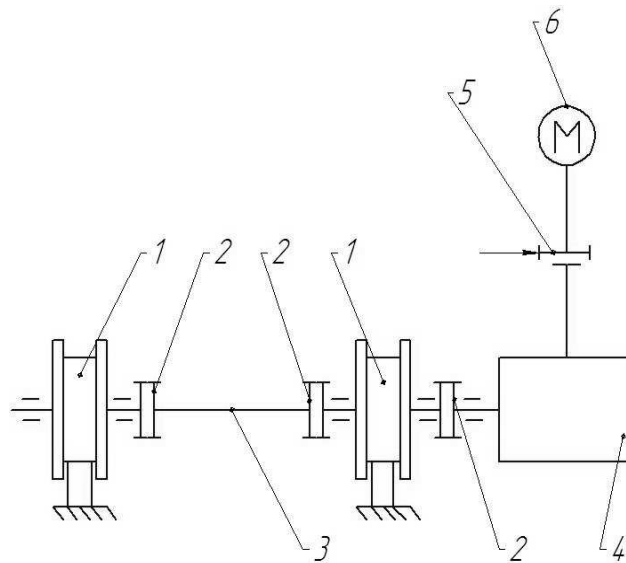
2.1 Визначення опору переміщенню візка

Вихідні даними до виконання розрахункової частини являється:

- вантажопідйомність $m=3$ т,
- швидкість пересування візка машини чищення виливниць $V_T=0,33$ м/с,
- режим роботи – середній,
- вага візку 4,25 т.

Кінематична схема механізму переміщення візка представлена на рисунку

2.1



1 – ходове колесо; 2 – зубчата муфта; 3 – вал; 4 – редуктор; 5 – муфта з гальмовим шківом; 6 – електродвигун.

Рисунок 2.1 – Кінематична схема механізму переміщення візка машини чищення виливниць

Загальний опір переміщенню візка від статичних навантажень

$$W_c = W_{TP} + W_H + W_B \quad , \quad (2.1)$$

де W_{TP} – опір тертю, Н;

W_H – опір від нахилу дороги;

W_B – опір від вітрового навантаження.

Опір тертю

$$W_{TP} = k_p \cdot (G + Q) \cdot \frac{\mu \cdot d_k + 2k}{D_{xk}}, \quad (2.2)$$

де $k_p = 2,5$ – коефіцієнт, який враховує тертя в ребордах коліс [13];

$G = 42,5$ кН – сила тяжіння візка;

$Q = 30$ кН – сила тяжіння переміщуємого вантажу;

$\mu = 0,015$ – коефіцієнт тертя ковзання в цапфах ходових коліс [13];

$d_k = 70$ мм – діаметр цапф;

$k = 0,0004$ – коефіцієнт тертя кочення [13];

$D_{xk} = 300$ мм – зовнішній діаметр колеса [13].

Підставляючи числові значення в (2.2), одержимо

$$W_{TP} = 2,5 \cdot (42,5 + 30) \cdot \frac{0,015 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,0004}{0,3} = 1,118 \text{ кН.}$$

Опір від нахилу шляху

$$W_H = (Q + G) \sin \alpha, \quad (2.3)$$

де $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = 0,002$ – нахил шляху [14].

$$W_H = (30 + 42,5) \cdot 0,002 = 0,145 \text{ кН.}$$

Опір від вітрового навантаження

$$W_B = p \cdot A, \quad (2.4)$$

де p – розподілене вітрове навантаження на одиницю площі елемента конструкції, Па;

A – розрахункова площа елемента конструкції, m^2 .

Розрахункова площа

$$A = A_K \cdot K_C, \quad (2.5)$$

де A_K – габаритна площа елемента крана, m^2 ;

$K_C = 0,8$ – коефіцієнт суцільності [13].

Габаритна площа

$$A_K = H \cdot L, \quad (2.6)$$

де $H = 2m$ – ширина;

$L = 5,15m$ – довжина.

$$A_K = 2 \cdot 5,15 = 10,3 m^2.$$

Підставляючи числові значення у (2.5), одержимо

$$A = 10,3 \cdot 0,8 = 8,24 m^2.$$

Розподілене вітрове навантаження

$$p = q \cdot k \cdot c \cdot n, \quad (2.7)$$

де $q = 125$ Па – динамічний тиск [13];

$k = 1$ – коефіцієнт, який враховує змінення динамічного тиску [13];

$c = 1,4$ – коефіцієнт аеродинамічної сили [13];

$n = 1$ – коефіцієнт перевантаження [13].

Підставляючи числові значення в (2.7), одержимо

$$p = 125 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 = 175 \text{ Па.}$$

Підставляючи отримані значення в (2.4), одержимо

$$W_B = 175 \cdot 8,24 \cdot 10^{-3} = 1,442 \text{ кН.}$$

Підставляємо значення опорів в (2.1)

$$W_c = 1,118 + 0,145 + 1,442 = 2,705 \text{ кН.}$$

2.2 Визначення статичної потужності двигуна

Статична потужність двигуна (кВт), яка необхідна для привода механізму переміщення візка дорівнює:

$$P_c = \frac{W_c \cdot V}{\eta \cdot 10^3}, \quad (2.8)$$

де $\eta=0,75$ –ККД механізму [13].

$$P_c = \frac{2705 \cdot 0,23}{0,75 \cdot 10^3} = 0,83 \text{ кВт.}$$

Згідно виконаного розрахунку статичної потужності (2.8), обираємо двигун МТФ 011–6 [13]: номінальна потужність при ПВ=40%, $P_0=1,4$ кВт,

частота обертання $n_d=885 \text{ хв}^{-1}$, максимальний момент $T_d=40 \text{ Н}\cdot\text{м}$, момент інерції ротора $I_p=0,021 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Двигун обрано з тих міркувань, що з огляду на можливе виникання динамічних навантажень електродвигун меншої потужності не пройде пускову перевірку. Умовне позначення: двигун МТФ 011–6УІ ГОСТ 185–70 [13].

2.3 Вибір елементів привода

Частота обертання ходових коліс

$$n_{\text{хк}} = \frac{60 \cdot V_{\text{T}}}{\pi \cdot D_{\text{хк}}} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,233}{3,14 \cdot 300} = 14,86 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.9)$$

Передатне число редуктора

$$U = \frac{n}{n_{\text{к}}} = \frac{885}{14,86} = 59,6. \quad (2.10)$$

Обираємо редуктор типу Ч 160–63–52 для якого:

$$U = 63; \quad m = 157 \text{ кг}; \quad T_{\text{н}} = 1295 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad N = 3,3 \text{ кВт}.$$

Фактична швидкість пересування візка

$$V_{\text{T}}^{\Phi} = V_{\text{T}} \cdot \frac{U}{U_{\text{р}}} = 0,233 \cdot \frac{59,6}{63} = 0,22 \text{ м/хв} \quad (2.11)$$

Відхилення від заданої швидкості

$$\Delta V = \frac{(V_{\text{T}} - V_{\text{T}}^{\Phi}) \cdot 100}{V_{\text{T}}} = \frac{(0,23 - 0,22) \cdot 100}{0,23} = 4,3 \% . \quad (2.12)$$

що менше $[\Delta V] = \pm 10 \%$

Для вибору муфти на швидкохідному валу знаходимо номінальний момент на валу

$$T_H = 9550 \cdot \frac{P_d}{n_d} = 9550 \cdot \frac{1,4}{885} = 15,11 \text{ Н м.} \quad (2.13)$$

Розрахунковий момент

$$T_M = T_H \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (2.14)$$

де $k_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує міру відповідальності механізму [1, табл. 1.35];

$k_2 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує режим роботи [1, табл. 1.35].

Підставляючи числові значення в (2.14), одержимо

$$T_M = 15,11 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 21,76 \text{ Н м.}$$

Вибираємо муфту типу МЗП №1 з гальмовим шківом [14]. Найбільший момент, який передається муфтою $[T]=700 \text{ Н} \cdot \text{м}$, Момент інерції муфти $I_m=0,0763 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Діаметр отворів напівмуфт не більше $d=40$ и $d_l=60$ мм. Вибрали дану муфту тому, що діаметри валів узгоджуються з діаметрами отворів напівмуфт, а зовнішній діаметр є діаметром шківа.

Для вибору муфти на тихохідному валу знаходимо момент на валу

$$T_M^* = k_1 \cdot k_2 \cdot T, \quad (2.15)$$

де T – момент на валу редуктора.

$$T = T_H \cdot U_p \cdot \eta_p, \quad (2.16)$$

де η_p – ККД редуктора; приймаємо $\eta_p = 0,75$. [13].

$$T = 15,11 \cdot 63 \cdot 0,75 = 714 \text{ Нм.}$$

Підставляючи значення у формулу (2.15), одержимо

$$T_M = 714 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 942,2 \text{ Н м.}$$

Вибираємо муфту типу МЗП №3 [15,табл.П.7]. Найбільший момент, який передається муфтой, $[T]=3150 \text{ Н}\cdot\text{м}$, Момент інерції муфти $I_m=0,2215 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Діаметр отворів напівмуфт не більше $d=60$ и $d_I=90$ мм.

Для проміжного вала приймаємо 2 муфти типу МЗП №1[15,табл.П.7]. Найбільший момент, який передається муфтою $[T]=700 \text{ Н}\cdot\text{м}$, Момент інерції муфти $I_m=0,0061 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Діаметр отворів напівмуфт не більше $d=40$ и $d_I=60$ мм.

Максимально допустиме уповільнення при русі за умовою зчеплення коліс з рейками

$$a_{\max} = \left\{ \left[\frac{z_{\text{пр}}}{z} \left(\frac{\varphi}{k_c} - \frac{f \cdot d_k}{D_k} \right) + (2\mu + f \cdot d_k) \frac{1}{D_k} \right] - \frac{W_B}{m \cdot g} \right\} g, \quad (2.17)$$

де $z_{\text{пр}} = 2$ – число приводних колес;

$z=4$ – загальна кількість ходових колес;

$\varphi=0,15$ –коефіцієнт зчеплення[13];

$k_c = 1,1$ –коефіцієнт запасу зчеплення[13].

Підставивши числові значення в (2.16), одержимо

$$a_{\max} = \left\{ \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,15}{1,1} - \frac{0,015 \cdot 0,07}{0,3} \right) + (2 \cdot 0,0004 + 0,015 \cdot 0,07) \frac{1}{0,3} \right] - \frac{1260}{7250 \cdot 9,81} \right\} 9,81 = 0,538 \text{ м/с}^2.$$

Час гальмування

$$t_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma\Phi}}{a_{\Gamma}} = \frac{0,22}{0,538} = 0,41 \text{ с.} \quad (2.18)$$

Опір тертя ходових коліс при гальмуванні

$$W_{\Gamma} = mg \frac{\mu \cdot d_k + 2k}{D_k} = 7250 \times \\ \times 9,81 \frac{0,015 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,0004}{0,3} = 446,89 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

Момент сил тертя при гальмуванні

$$T_{\Gamma} = \frac{W_{\Gamma} \cdot D_k \cdot \eta}{2 \cdot U_p} = \frac{446,89 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{2 \cdot 63} = 0,79 \text{ Н м.} \quad (2.20)$$

Опір руху від нахилу шляху при гальмуванні

$$W_H^{\Gamma} = mg \sin \alpha = 7250 \cdot 9,81 \cdot 0,002 = 145 \text{ Н.} \quad (2.21)$$

Момент опору руху від нахилу шляху при гальмуванні

$$T_H^{\Gamma} = \frac{W_H^{\Gamma} \cdot D_k \cdot \eta}{2 \cdot U_p} = \frac{145 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{2 \cdot 63} = 0,26 \text{ Н м.} \quad (2.22)$$

Момент опору руху від вітряного навантаження при гальмуванні

$$T_H^{\Gamma} = \frac{W_B^{\Gamma} \cdot D_k \cdot \eta}{2 \cdot U_p} = \frac{1260 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{2 \cdot 63} = 2,25 \text{ Н м.} \quad (2.23)$$

Момент статичних опорів на валу гальма

$$T_C^\Gamma = T_{TP}^\Gamma + T_H^\Gamma + T_B^\Gamma = 0,79 + 0,26 + 2,25 = 3,3 \text{ Н м.} \quad (2.24)$$

Момент сил інерції при гальмуванні

$$T_{ин}^{\Gamma} = \frac{\delta \cdot (I_P + I_M) \cdot n_d}{9,55 \cdot t_T} + \frac{9,55 \cdot m \cdot V_{Т.Ф.}^2 \cdot \eta}{n_d \cdot t_T}, \quad (2.25)$$

де $\delta=1,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив обертових мас привода [13].

$$T_{ин}^{\Gamma} = \frac{1,2 \cdot (0,021 + 0,0763) \cdot 885}{9,55 \cdot 0,41} + \frac{9,55 \cdot 7250 \cdot 0,22^2 \cdot 0,75}{885 \cdot 0,41} = 33,32 \text{ Н м.}$$

Розрахунковий гальмівний момент на валу гальма

$$T_P^\Gamma = T_{ин}^\Gamma - T_C^\Gamma = 33,32 - 3,3 = 30,02 \text{ Н м.} \quad (2.26)$$

Вибираємо гальма типу ТКТ–200 [14,табл.ІІІ.5.11], розривний гальмівний момент $T_T=40 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Рекомендована довжина шляху гальмування: [14,табл.1.23]

$$S = \frac{V_{ТФ}}{K} = \frac{0,22}{0,9} = 0,2444 \text{ м.} \quad (2.27)$$

Фактична довжина шляху гальмування

$$L = 0,5V_{ТФ} \cdot t_T = 0,5 \cdot 0,22 \cdot 0,41 = 0,045 \text{ м.} \quad (2.28)$$

2.4 Перевірка пускового режиму двигуна

Максимально допустиме прискорення

$$a_{\Pi} = \left\{ \left[\frac{z_{\text{ип}}}{z} \left(\frac{\varphi}{k_c} + \frac{f \cdot d_k}{D_k} \right) - (2\mu + f \cdot d_k) \frac{k_p}{D_k} \right] - \frac{W_B}{m \cdot g} \right\} g, \text{ м/с}^2 = \quad (2.29)$$

$$a_{\Pi} = \left\{ \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,15}{1,1} + \frac{0,015 \cdot 0,07}{0,3} \right) - (2 \cdot 0,004 + 0,015 \cdot 0,07) \frac{2,5}{0,3} \right] - \frac{1260}{7250 \cdot 9,81} \right\} 9,81 = 0,372 \text{ м/с}^2.$$

Найменший час пуску, що допускається

$$t_{\Pi} = \frac{V_{\text{тф}}}{a_{\Pi}} = \frac{0,22}{0,372} = 0,591 \text{ с.} \quad (2.30)$$

Середній пусковий момент двигуна

$$T_{\text{ср}} = 0,5(T_d + \psi \cdot T_H), \quad (2.31)$$

де $\psi=1,1$ – мінімальна кратність пускового моменту [13];

T_H – номінальний момент двигуна;

$T_d=40$ Нм – максимальний момент двигуна [14, табл. III.3.5].

Підставляючи числові значення в (2.30), отримуємо

$$T_{\text{ср}} = 0,5(40 + 1,1 \cdot 15,11) = 28,31 \text{ Н м.}$$

Статичний момент при роботі

$$T_c = Wc \cdot \frac{D_k}{2 \cdot U_p \cdot \eta} = 2523 \cdot \frac{0,3}{2 \cdot 63 \cdot 0,75} = 8 \text{ Н м.} \quad (2.32)$$

Момент інерції мас приводу, що обертаються

$$J = J_p + J_{m1} = 0,021 + 0,0763 = 0,0973 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Фактичний час пуску при роботі

$$t_{\Pi} = \frac{\delta \cdot J \cdot n_d}{9,55 \cdot (T_{\Pi\phi} - T_c)} + \frac{9,55 \cdot m \cdot V_{T\phi}^2}{(T_{\Pi\phi} - T_c) \cdot n_d \cdot \eta}, \text{ с} \quad (2.33)$$

$$t_{\Pi} = \frac{1,2 \cdot 0,0973 \cdot 885}{9,55 \cdot (28,31 - 8)} + \frac{9,55 \cdot 7250 \cdot 0,22^2}{(28,31 - 8) \cdot 885 \cdot 0,75} = 0,782 \text{ с.}$$

Фактичне прискорення при пуску і роботі

$$a_{\phi} = \frac{V_{T\phi}}{t_{\Pi}} = \frac{0,22}{0,697} = 0,28 \text{ м/с}^2. \quad (2.34)$$

Фактичний запас зчеплення приводних коліс з рейкою при роботі

$$K_{зч} = \frac{\phi}{\frac{Z_k}{Z_{\Pi}} \cdot \left(\frac{a_{\phi}}{g} + (2 \cdot \mu + f \cdot d) \cdot \frac{K_p}{D_k} \right) - f \cdot \frac{d}{D_{\text{хк}}}}. \quad (2.35)$$

$$K_{зч} = \frac{0,15}{\frac{4}{2} \cdot \left(\frac{0,28}{9,81} + (2 \cdot 0,0004 + 0,015 \cdot 0,07) \cdot \frac{2,5}{0,3} \right) - 0,015 \cdot \frac{0,07}{0,3}} = 1,83 \geq [K_{зч}] = 1,1.$$

Отже, прослизання коліс не буде.

2.5 Перевірка двигуна на нагрів

Статичний момент на валу двигуна при номінальному навантаженні

$$T_1 = \frac{0,5 \cdot W_{c0} \cdot D_{xk}}{U \cdot \eta} = \frac{0,5 \cdot 2523 \cdot 0,3}{63 \cdot 0,75} = 8 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.36)$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна при номінальному навантаженні

$$\alpha = \frac{T_1}{T_H} = \frac{8}{15,11} = 0,529. \quad (2.37)$$

Перевантажувальна здатність двигуна

$$\lambda = \frac{T_d}{T_H} = \frac{40}{15,11} = 2,65 \text{ м/с}. \quad (2.38)$$

Момент інерції рухомих мас, приведених до валу двигуна

$$J = \delta \cdot (J_p + J_{M_1}) + 91,2 \cdot \frac{m \cdot V_{T\Phi}^2}{n_d^2 \cdot \eta}, \text{ кг} \cdot \text{м}^3. \quad (2.39)$$

$$J = 1,2(0,021 + 0,0763) + 91,2 \frac{7250 \cdot 0,22^2}{885^2 \cdot 0,75} = 0,171 \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

Час пуску

$$t_{\Pi} = \frac{t_M^{OTH} \cdot J_{\Pi P} \cdot n_d}{9,55 \cdot T_H}, \quad (2.40)$$

де $t_M^{OTH}=1,3$ – відносний час пуску, при $\alpha=0,529$ і $T_{n,max}=2T_H$ [14,рис.1.4].

$$t_{\Pi} = \frac{1,3 \cdot 0,171 \cdot 885}{9,55 \cdot 15,11} = 1,36 \text{ с}.$$

Середній час робочої операції

$$t_p = \frac{S}{V_\phi} = \frac{2}{0,22} = 9,09 \text{ с}, \quad (2.41)$$

де $S=2$ м– середня довжина робочого шляху.

Розрахунковий коефіцієнт

$$\beta = \frac{t_{\text{п}}}{t_p} = \frac{1,36}{9,09} = 0,149 \text{ м/с}. \quad (2.42)$$

Еквівалентна по нагріву потужність при ПВ=40%

$$P_{E40} = \frac{K_{40} \cdot \gamma \cdot W_{\text{с1}} \cdot V_\phi}{\eta}, \quad (2.43)$$

де $K_{40} = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує номінальну відносну тривалість включення [13];

$\gamma = 1,1$ – коефіцієнт впливу пускового моменту на еквівалентну потужність при $\beta = 1,2$ [14, рис. 1.6, крива Б].

$$P_{E40} = \frac{0,5 \cdot 1,1 \cdot 2,523 \cdot 0,22}{0,75} = 0,407 \text{ кВт}. \quad (2.44)$$

2.6 Перевірка вузла ходових коліс

Навантаження на одне колесо

$$F_{\text{MAX}} = \frac{m \cdot g}{Z_k} = \frac{7,25 \cdot 9,81}{4} = 17,78 \text{ кН}. \quad (2.45)$$

Розрахункове навантаження

$$F_p = k_1 \cdot \gamma_1 \cdot F_k, \quad (2.46)$$

де $k_1=1,4$ – коефіцієнт режиму роботи, [16, табл. 34];

$\gamma_1=1$ коефіцієнт, що враховує змінність навантаження.

Підставивши числові значення в (2.45), отримаємо

$$F_p = 1,4 \cdot 1 \cdot 17,78 = 24,89 \quad \text{кН.}$$

Перевірка на зминання [16, стр.116]

$$\sigma_{зм} = 0,418 \sqrt{\frac{F_p \cdot E_{пр}}{b \cdot R_k}}, \quad (2.47)$$

де $E_{пр} = 2,1 \cdot 10^5$ Па – приведенний модуль пружності [16, стр.117];

$b=450$ мм – робоча ширина рельси;

$R_k = 150$ мм – радіус ходового колеса.

Підставляємо числові значення в (2.46)

$$\sigma_{зм} = 0,418 \sqrt{\frac{24890 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{45 \cdot 150}} = 368 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 850 \text{ МПа}$$

де $[\sigma_{зм}] = 850$ МПа – допустиме напруження зминання [15].

Умова виконується

ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Шляхи підвищення роботоспроможності машини для чищення виливниць

Відомо, що металургійні машини мають рекордно високі параметри по навантаженнях, розмірах і швидкості виконавчих органів. На жаль, настільки ж висока й аварійність металургійного устаткування. Поломки деталей і вузлів металургійних машин приводять до величезних збитків, зв'язаних як з високою вартістю деталей, так і з більшими втратами від простою високопродуктивних агрегатів. [16]

Основні напрямки боротьби з аварійними поломками можна представити в наступному вигляді:

1. Зменшення кінетичної енергії мас, що рухаються, машини. Цей напрямок пов'язано з питанням корінної модернізації приводів з метою різкого зниження їх кінетичної енергії як однієї із причин аварійності. Поставлена мета здійснюється переходом на безредукторний привод, максимальним зниженням швидкохідності двигунів, переходом на двигуни у двоякорному виконанні з метою зменшення їх моменту інерції, відмовою від маховиків (де це можливо) і т.д. Цей напрямок боротьби з аварійними поломками через свою дорожнечу може бути використано лише для знову проектованого устаткування.

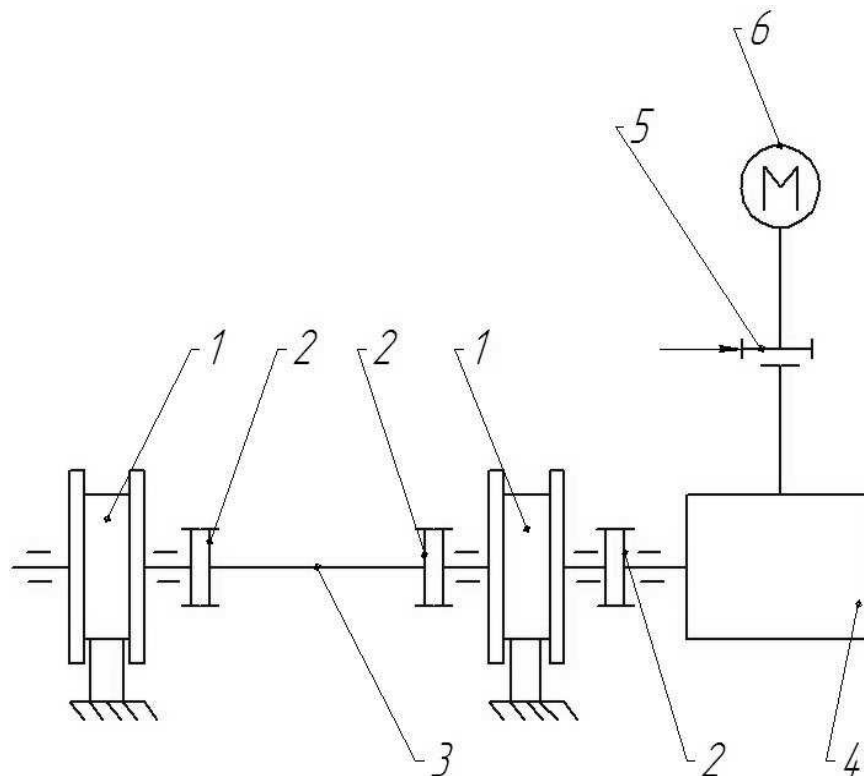
2. Збільшення потенційної енергії пружної деформації ланок машини. Це розуміється як встановлення в машині спеціальних пружних елементів, призначених для поглинання кінетичної енергії мас, що рухаються. Такий напрямок боротьби з аварійними поломками застосовують для машин, що вже експлуатуються. Основна проблема в цьому випадку полягає в підвищенні енергоємності існуючих пружних елементів на кілька порядків. Другий напрямок слід вважати дуже перспективним і для знову проектованого устаткування, тому що на стадії проектування завжди можна передбачити в приводі місце під великогабаритний пружний вал.

3. Роз'єднання кінематичного ланцюга машини при перевантаженні. Для цього служать різноманітні запобіжні пристрої. Цей напрямок застосовний як для, що вже експлуатуються, так і для знову проєктованих машин. [16]

Даний напрямок на сучасному етапі розвитку металургійного виробництва є найбільш перспективним та доступним з точки зору впровадження з мінімальними зупинками технологічного процесу. Вирішується це встановленням в кінематичній схемі запобіжника-обмежувача.

Запобіжник-обмежувач – це пристрій, що обмежує максимальні навантаження в машині безпечним рівнем з точки зору міцності. Працює запобіжник-обмежувач тільки з появою перевантаження. [17]

Розглянемо кінематичну схему приводу переміщення візка машини для чищення виливниць (рис.3.1).



1 – ходове колесо; 2 – зубчата муфта; 3 – вал; 4 – редуктор; 5 – муфта з гальмовим шківом; 6 – електродвигун.

Рисунок 3.1 – Кінематична схема механізму переміщення візка машини чищення виливниць

При аналізі кінематичної схеми можна зробити висновок, що таким запобіжником – обмежувачем виступає зубчата муфта.

Муфти зубчаті (рис. 3.2) мають найбільшу навантажувальну здатність і надійність серед твердих компенсуючих муфт, вони забезпечують встановлену роботу при окружних швидкостях у зачепленні до 25 м/с і частотах обертання (5400...1200) хв⁻¹. Вітчизняні серійні муфти (ДСТ 5006 – 96) випускаються в діапазонах номінальних крутних моментів (1000...63000) Н·м і діаметрів посадкових отворів (40...200) мм із питомою масою в зазначеному діапазоні (0,007 – 0,004) Н·м; вони мають високі компенсуючі властивості по всіх видах неспіввісності.

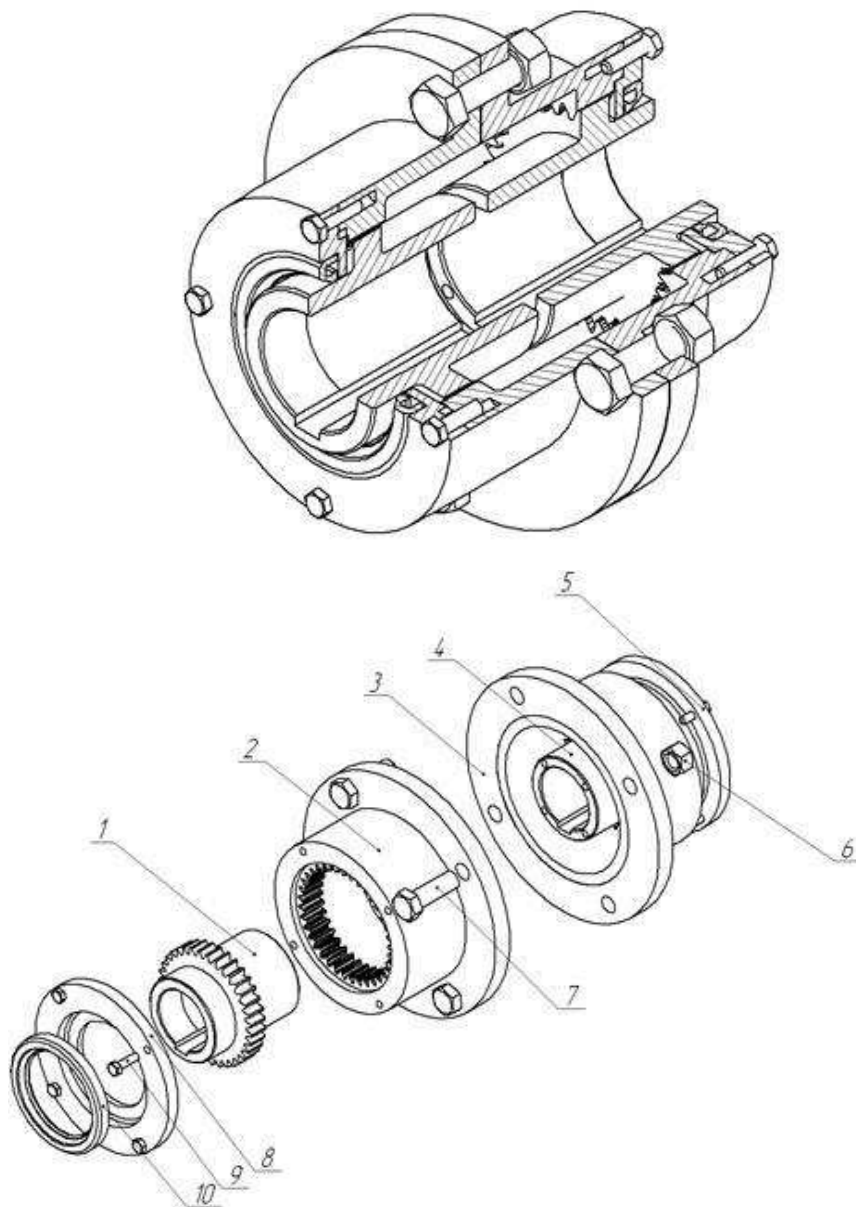


Рисунок 3.2 – Конструкція муфти зубчатої (позиції наведено в тексті)

Зубчаті муфти загальномашинобудівного застосування стандартизовані (ДСТ 5006-96) для валів діаметром від 40 до 200 мм і передаваних моментах від 1000 до 63000 Нм. Такі муфти випускаються двох типів: муфти МЗ – для безпосереднього з'єднання валів і муфти МЗП – для з'єднання валів через проміжний вал.

Значення припустимих радіальних і кутових зсувів є взаємозалежними. У табл. 3.1, наведені середні величини Δr і $\Delta \alpha$. Зазначеним стандартом передбачено три типи муфт: з рознімною обоймою (тип 1), із проміжним валом (тип 2) і нероз'ємною обоймою (тип 3). Крім того, напівмуфти підрозділяються по двом виконанням: із циліндричними (виконанням 1) і конічними (виконання 2) отворами для коротких кінців валів. Виконання 1 передбачене для всіх трьох типів, а виконання 2 – тільки в першому й третьому типах.

Найпростіша зубчата муфта МЗ (рис.3.2) складається із практично взаємозамінних ведучої 1 і веденої 4 напівмуфт із зовнішніми зубами, двох практично однакових зубчатих обойм 2 і 3 із внутрішніми зубами, які скріплюються одна з одною болтовим з'єднанням 7 з гайками 6. До зубчатих обойм кріпляться гвинтами 9 кришки 5 і 8 із вбудованими в них манжетними ущільненнями 10. В одній із зубчатих обойм виконується отвір, що закривається різьбовою пробкою, яка служить для заливання змащення в порожнину муфти. Внутрішній простір муфти заповнюється консистентною або рідким змащуванням високої в'язкості для зменшення зношування зубів і підвищення ККД муфти.

Зубчаті муфти мають значну кількість конструктивних різновидів. Приміром, зазначений стандарт, крім описаного типу, містить також муфти з нероз'ємною зубчатою обоймою та з проміжним валом.

Описувана муфта часто зустрічається в різних механізмах, у яких зовнішні зуби формуються безпосередньо на валах, а зубчата обойма із внутрішніми зубами закріплюється на елемент, що приводиться в рух, механізму.

Таблиця 3.1 – Основні параметри вітчизняних серійних твердих нерухливих і твердих компенсуючих муфт

Конструктивний тип муфти	Діапазони			Припустимі зсуви осей валів			Макс-но припустима частота обертання $[n]**$, хв^{-1} (с^{-1})
	діаметрів з'єднуємих валів d , мм	номінальних крутних моментів $T_{\text{ном}}$, Н·м	питомої маси $m_{\text{уд}}^*$, кг/Н·м	осьові $[l]$, мм	Радіальні $[\Delta r]$, мм	Кутові $[\Delta \alpha]$, град.	
Муфт нероз'єднуємих жорстких нерухомих							
Втулкові (ДСТ 24246-96)	6...105	1,0...12500	0,01...0,001	$\pm 0,5$	-	-	84000...9550 (1400...160)
Фланцеві (ДСТ 20761-96)	11...250	16...40000 (8...20000)** *	0,043...0,009	-	-	-	16700...2680 (280...45)
Повздовжньо-скрутні (ДСТ 23106-78*)	25...130	125...12500	0,019...0,005	-	0,05	-	250...100 (4,2...1,6)
Муфт нероз'єднуємих жорстких компенсуючих							
Зубчасті (ДСТ 5006-96)	40...200	1000...63000	0,007...0,004	$\pm 1,0$	1...3,5	30'...1°	5400...1200 (90...20)
Ланцюгові (ДСТ 20742-93)	20...180	63...16000	0,035...0,012	-	0,16...1,2	1°...2°	1500...660 (25...11)
Кулачково-дисккові (ДСТ 20720-93)	16...150	16...16000	0,09...0,012	-	0,6...3,6	1°	240...100 (4,2...1,6)
Дисккові напівжорсткі (ДСТ 26455-97)	11...130	40...6300	0,011...0,008	0,5...2,5	-	45'...1°	12000...3700 (200...62)
Шарнірні (ДСТ 5147-97)	8...42	11,2...1120	0,005...0,004	-	-	45°	≥ 1000 (≥ 17)
Примітки: 1. $m_{\text{уд}}^*$ - зміна питомої маси наведено в зазначеному діапазоні варіювання $T_{\text{ном}}$. 2. $[n]**$ – діапазон зміни максимально припустимої частоти обертання відповідає зазначеній межі варіювання $T_{\text{ном}}$. 3. *** – значення номінального моменту $T_{\text{ном}}$ зазначені для групи з використанням чавунних напівмуфт.							

Принцип роботи муфти очевидний з рис. 3.2. Передача моменту між ведучою та веденою напівмуфтами й зубчатими обоймами відбувається за допомогою зачеплення зубів, а між обоймами – за допомогою болтового з'єднання. Компенсуючі можливості забезпечуються радіальними й осьовими зазорами зубчатого зачеплення. Для підвищення рівня компенсації кутового

перекоосу зубам надають діжковидну форму. Для підвищення зносостійкості зуби піддають термообробці, а в муфту заливають змащення.

Ці муфти надійні в роботі, мають малі габаритні розміри, обумовлені передачею навантаження більшим числом одночасно працюючих пар зубів, технологічність і можливість використання в практично необмежених діапазонах кутових швидкостей і переданих моментів. Малі діаметральні габарити забезпечили успішне застосування цих муфт і в планетарних передачах.

Деталі стандартних зубчатих муфт виготовляють кутими з вуглецевих сталей типу 45, 40Х або литими зі сталі 45Л. Зуби втулок з метою підвищення зносостійкості піддають поліпшуючій термообробці до твердості $\geq 40\text{HRC}$, а зуби обойми – $\geq 35\text{HRC}$. Для цих матеріалів приймають допускаємі напруження, $[\sigma]_{\text{зм}} = 12 \dots 15 \text{ МПа}$.

Стандартні зубчаті муфти допускають кутовий зсув осей валів до $1,5^\circ$ і максимальне поперечний (радіальний) їх зсув:

$$\delta = \frac{d}{\exp(3,86 + \frac{d}{2960})}, \quad (3.1)$$

де d – діаметр валів, що з'єднуються.

При цьому, чим більше кутовий зсув валів, тим повинен бути меншим радіальний зсув, і навпаки – великому радіальному зсуву повинне відповідати мінімальне кутове.

Коефіцієнт корисної дії зубчатих муфт $\eta_m = 0,985 \dots 0,995$, а поперечне зусилля, створюване на кінцях валів, що з'єднуються, через їхній відносний зсув:

$$F \approx (0,15 \dots 0,20) f_t, \quad (3.2)$$

де f_t – тангенціальне зусилля в муфті, що діє на діаметрі D_0 . [18]

Висновок про те, що зубата муфта може проявляти себе в ролі запобіжника-обмежувача, базується на тому, що злом зубів, як правило,

виконується під час різкого збільшення навантаження при аварійних режимах роботи. При нормальних режимах роботи злому зубів не спостерігалось навіть при його зношенні на 50 % товщини [23].

В розрахунковій частині обрано муфту МЗП №1 с гальмівним шківом, що дозволяє встановити гальма типу ТКТ-200 (рис.3.3), які на даний момент експлуатуються на візку машини для чищення виливниць.



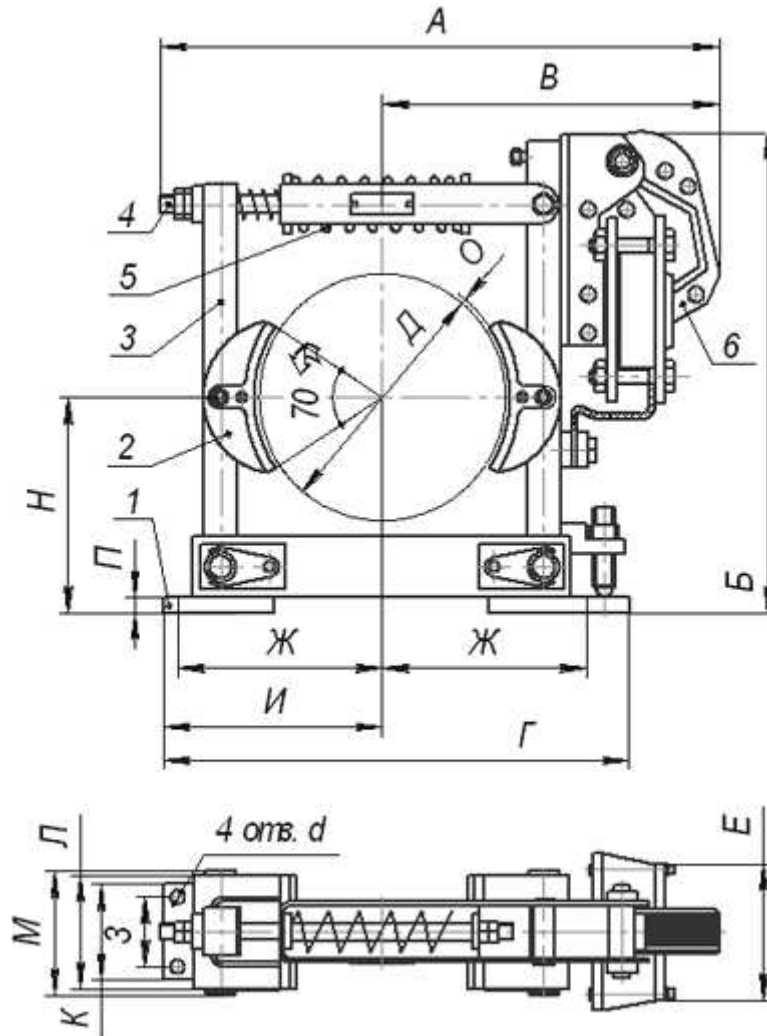
Рисунок 3.3 – Гальмо типу ТКТ-200

Гальма колодкові призначені для установки на підйомно-транспортному обладнанні і машинах, умови експлуатації яких аналогічні умовам експлуатації підйомно-транспортних машин. Гальма колодкові застосовуються для зупинки і утримання валів механізмів в загальмованому стані при непрацюючому приводі.

Механічна частина гальм ТКТ (для змінного струму) та ТКП (для постійного струму) однакова і позначається буквами ТК і числом, відповідним діаметру гальмівного шківа. На гальмах ТКТ встановлюються магніти типу МО, та гальмах ТКП магніти типу МП. [23]

Принцип роботи гальм такого типу наступний (рис.3.4): при гальмуванні, під дією стислої головної пружини важелі повертаються на пальцях і притискають колодки до поверхні гальмівного шківа. При цьому електромагніт

не працює, якір його відкинуто. При включенні струму якір магніту притискається до сердечника і натискає на кінець штока, який через гайку додатково стискає головну пружину. Важелі, звільнившись від дії пружини, розходяться, розгальмовуючи шків.



1 – підставка, 2 – колодки, 3 – важелі, 4 – шток, 5 – головна пружина, 6 -електромагніт

Рисунок 3.4 – Кінематична схема гальма типу ТКТ-200

З одного боку проста та безвідмовна схема з наявністю електромагніту являється беззаперечною перевагою данного типу гальмівного пристрою, але з іншого боку дана перевага нівелюється агресивним середовищем роботи машини, де зчищені часточки металізованого пилу з поверхні виливниці, як правило стають причиною виходу з ладу гальма. [23]

Тому на даному етапі варто звернути увагу на заміну гальм типу ТКТ на гальма ТКГ (рис.3.5)

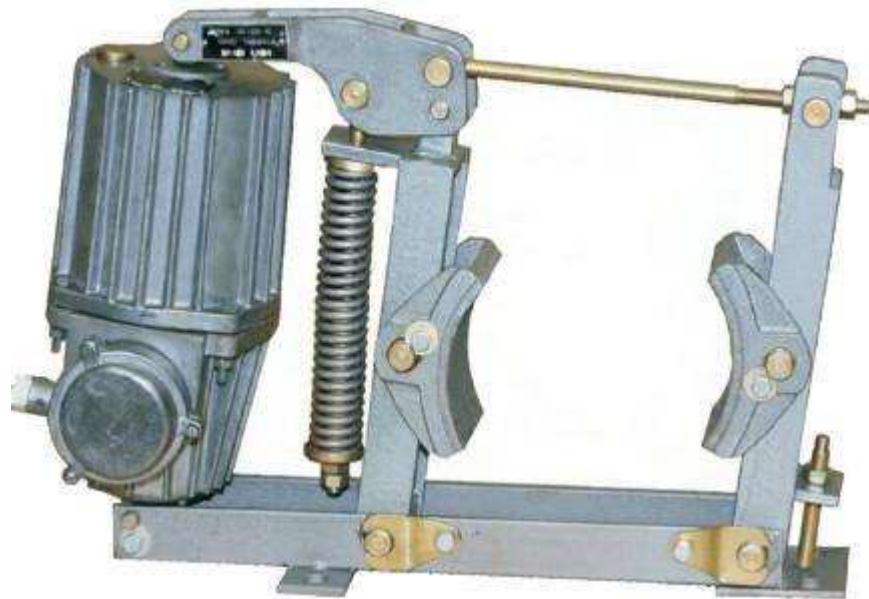


Рисунок 3.5 – Гальма типу ТКГ

Гальмо ТКГ складається з механічної частини і електрогідравлічного штовхача. При вимкненому електрогідравлічному штовхачі, під дією сили пружин важелі притискають колодки до гальмівного шківів. Шток електрогідравлічного штовхача в цей момент знаходиться в нижньому положенні. При включенні електрогідравлічного штовхача його поршень висуває шток вгору, який розтискає пружини, а важелі звільнившись від дії пружин, розходяться, розгальмовуючи шківів. У новій модифікації гальм типів ТКГ-160-1 і ТКГ-200-1, за рахунок роботи електрогідравлічного штовхача ТЕ-30 РД з вбудованим зворотним клапаном і демпфуючим пристроєм, здійснюється повільне збільшення гальмівного моменту M від $0,2 \div 0,8$ в регульованому діапазоні часу від 2 до 8 секунд. Використання даних гальм у механізмах повороту і пересування кранів в технологічному режимі дає можливість здійснювати їх регулювання на розрахунковий гальмівний момент і забезпечує гальмування крана без різких поштовхів, уповільнень і зриву ходових коліс. Це

підвищує надійність і безпеку експлуатації кранів, які працюють на відкритому повітрі і схильних до дії вітрових навантажень. Демпфуючий вузол ставиться на верхню частину штока приводу з'єднуючись з верхнім важелем гальма. Регулювання демпфуючого вузла складається з регулювання вільного ходу штока штовхача щодо важеля гальма, а, отже, і регулювання часу накладення максимального гальмівного моменту на шків і установки довжини регулювальної пружини. [23]

Таким чином зміна колодкового гальма з типу ТКТ на тип ТКГ, дозволить не тільки усунути вимушені простой обладнання пов'язанні з незапланованими ремонтами, а й дещо знизити динамічні навантаження на металоконструкції машини для чищення виливниць.

3.2 Дослідження динамічних процесів при повздовжньому переміщенні візка машини для чищення виливниць

Розглянемо машину або її окрему частину як пружну систему. Поява навантажень у цій машині (як корисних, так і паразитних) викликається впливами ззовні з боку навколишніх систем тіл. Ці впливи породжують (генерують) у пружній системі сили, які для цієї системи є навантаженнями, що визначають її міцність і довговічність. Пружна система своїми параметрами впливає на величини генеруємих навантажень.

Основних видів впливів не так вже і багато, це:

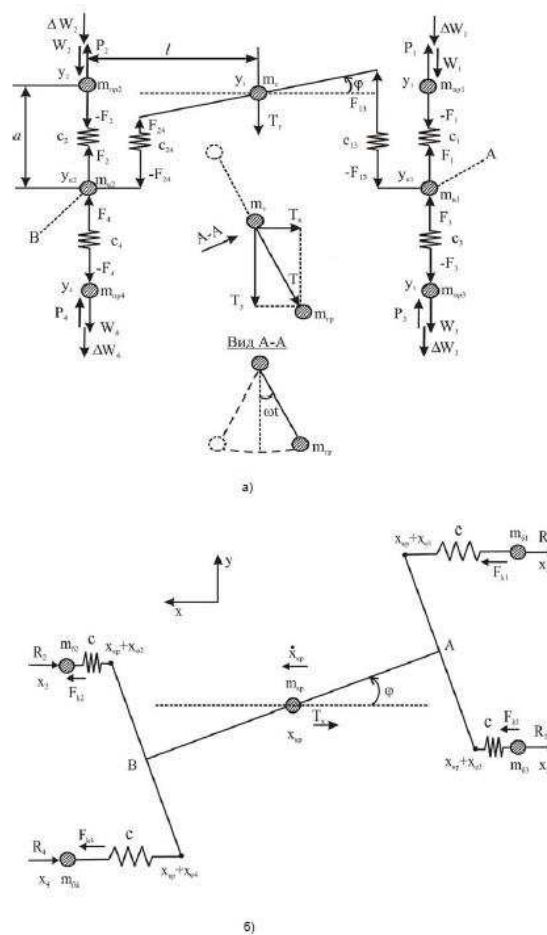
1. Вплив енергією при зіткненні маси, що рухається, із пружною системою.
2. Вплив деформацією.
3. Вплив прискоренням (інерцією).
4. Вплив температурою.
5. Вплив статичною силою.

Останній із впливів, а саме, вплив статичною силою, зустрічається в машинах у край рідко. Вплив температурою в певному інтервалі приводить до впливу деформацією, який може приводити до появи навантажень, якщо

нагрівається (або прохолоджується) елемент статично невизначеної пружної системи. У системах статично визначених температурний вплив не приводить до появи навантажень. Інші три види впливів – енергією, деформацією й інерцією – зустрічаються досить часто. Ліва частина паразитних навантажень є результатом цих впливів. При цьому пружна система не просто сприймає навантаження. Вона своїми параметрами й робочими характеристиками бере участь у генеруванні цих навантажень. Звідси випливає основний принцип зниження (амортизації) непотрібних паразитних навантажень. Ця зміна параметрів пружної системи таким чином, щоб при незмінному зовнішньому впливі вона генерувала навантаження більш низького рівня (безпечного з погляду міцності). [23] Таким чином, з цього випливає, що для дослідження руху машини для чищення виливниць, при якому враховуються коливання, що являється дуже важливим для налаштування системи керування візком машини, необхідно скласти математичну модель, що враховує пружності та вигини елементів металоконструкції машини, а також динаміку взаємодії ведучих коліс ребордами з рейками.

Під час складання математичної моделі руху машини для чищення виливниць опираємося на матеріали викладеному авторами в роботі [24]

При побудові моделі прийняті наступні допущення: візок нерухливий і перебуває в центрі моста машини для чищення виливниць, розподілені маси представлені у вигляді зосереджених мас, проковзування між колесом і рейкою відсутнє, піднімальні канати прийняті абсолютно твердими, спрощено враховується опір тертя, колеса, рейки й підкрановий рейковий шлях приймаються абсолютно твердими. Розглядається рух без дотику ребордами рейок, тобто коли чотириколісна машина для чищення виливниць рухається прямолінійно. Такий рух виникає при переміщенні від виливниці до виливниці в складі потягу. Сили, що діють на кран, маси й пружності його окремих частин показані на рис. 3.6.



P_i – рушійні або гальмові сили, що розвиваються i -м колесом; W_i – сили опору пересуванню відповідним колесам машини; F_i – сили пружності між колесами й відповідними валами двигунів; F_{13}, F_{24} – сили пружності на вигин відповідно для правої й лівої кінцевих балок; T_x, T_y – горизонтальні складові по осі « x » і « y » сил натягу піднімальних канатів; R_i – поперечні реакції рейок, що діють на колеса; c_i – коефіцієнт твердості приводних валів, що з'єднують колеса крана й відповідні двигуни; c_{13}, c_{24} – коефіцієнти твердості відповідно для правої й лівої кінцевих балок крана; c – коефіцієнт твердості моста при дії на нього в точках установки коліс поперечної сили; m_t – маса середніх частин моста разом з візком; m_{k1}, m_{k2} – наведені маси до точок А і В відповідно для правої й лівої кінцевих балок моста; $m_{при}$ – наведені до поступального руху крана в напрямку осі « y » моменти інерції обертових частин механізмів відповідних коліс; $m_{\delta i}$ – наведені до зосереджених мас половини кінцевих балок моста (разом з колесами, редукторами й двигунами); $m_{гр}$ – маса вантажу; l – половина прольоту крана; a – половина бази крана; y_i – переміщення центрів коліс у напрямку осі « y »; y_{k1}, y_{k2} – переміщення правої й лівої кінцевих балок крана в напрямку осі « y »; y_t – переміщення середньої частини моста в напрямку осі « y »; $x_{кр}$ – рух крана по осі « x »; $x_{гр}, y_{гр}$ – переміщення вантажу в напрямку осі « x » та « y »; ϕ – кут вигину моста в горизонтальній площині; $m_{кр}$ – наведена до зосередженої маса середньої частини моста (з вантажним візком, вантажем і наведеною масою половини кінцевих балок моста); x_i – поперечні зсуви центрів відповідних коліс

Рисунок 3.5 – Динамічна система машини: а) по осі « y »; б) по осі « x »

Відповідно до рис. 3.5 складена система рівнянь, що описує рух машини для чищення виливниць уздовж осі « y » з урахуванням пружності, яка згідно із класичними законами механіки, має вигляд:

$$\left. \begin{aligned}
 m_{\text{пр}i} \ddot{y}_i &= (P_i - W_i) \cos(\varphi + \beta_i - \alpha) - F_i, \\
 m_{\kappa 1} \ddot{y}_{\kappa 1} &= F_1 + F_3 - F_{13}, \\
 m_T \ddot{y}_T &= F_{13} + F_{24} - T_y, \\
 m_{\kappa 2} \ddot{y}_{\kappa 2} &= F_2 + F_4 - F_{24}, \\
 m_{\text{Гр}} \ddot{y}_{\text{Гр}} &= -T_y, \\
 \alpha &= \arcsin \frac{(y_{\kappa 1} - y_{\kappa 2})}{2 \cdot l}, \\
 T_y &= T_{ay} (1 - \cos \omega t), \\
 T_{ay} &= \frac{(-F_{24} - F_{13}) m_{\text{Гр}}}{m_{\text{кр}} + m_{\text{Гр}}}, \\
 \omega &= \sqrt{\frac{(m_{\text{кр}} + m_{\text{Гр}}) g}{m_{\text{кр}} \cdot H}}
 \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

де α – кут повороту моста в горизонтальній площині;

T_{ay} – амплітуда коливань зусиль, що діють на вантаж у напрямку осі «у» [25];

ω – частота власних маятникових коливань вантажу [25];

g – прискорення вільного падіння;

H – довжина троса

У розроблювальній моделі розглядаються нерегульовані індивідуальні приводи переміщення коліс крана. У цьому випадку при роботі двигунів на лінійних ділянках механічних характеристик створювані тягові зусилля визначаються по формулі [25]:

$$P_i = P_{0i} - B_i \cdot \dot{y}_i \quad (3.4)$$

де P_{0i} – зусилля, що розвиваються двигунами при нерухливому роторі;

$B_i = \frac{k_p^2}{k_{\beta i} \cdot r_i^2}$ – жорсткості механічних характеристик, наведені до

поступальної швидкості колеса;

k_p – передаточне число редуктора;

$k_{\beta i}$ – жорсткості механічних характеристик двигунів;

\dot{y}_i – лінійні швидкості центрів коліс;

r_i – радіус колеса.

Опис нерегульованого привода даним рівнянням дозволяє описувати його роботу на лінійній ділянці механічної характеристики при використанні будь-якого типу електродвигуна: як постійного струму, так і змінного струму.

Сили пружності, згідно із законом Гука, визначаються вираженнями:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= c_1(y_1 - y_{\kappa 1}), \\ F_2 &= c_2(y_2 - y_{\kappa 2}), \\ F_3 &= c_3(y_3 - y_{\kappa 1}), \\ F_4 &= c_4(y_4 - y_{\kappa 2}), \\ F_{13} &= c_{13}(y_{\kappa 1} - y_T), \\ F_{24} &= c_{24}(y_{\kappa 2} - y_T) \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

При русі по осі «х» виникають сили, що діють на ходові колеса по осі «х» з боку рейки R_i , пружні сили $F_{\kappa i}$ і сили, викликані коливаннями вантажу T_x . Сили R_i (без урахування проковзування) описується рівняннями [25]:

$$R_i = (P_i - W_i) \cdot \sin(\varphi + \beta_i - \alpha), \quad (3.6)$$

де β_i – кути початкового перекосу ходових коліс.

Рух центру моста крана по осі «х», згідно із другим законом Ньютона, описується рівнянням:

$$m_{\text{кр}} \ddot{x}_{\text{кр}} = \Sigma F_{\kappa i} - T_x, \quad (3.7)$$

Рух по осі «х» візка й моста крана приводить до виникнення коливань вантажу в напрямку осі «х». Даний рух описується рівняннями [25]:

$$\left. \begin{aligned} m_{\text{гр}} \ddot{x}_{\text{гр}} &= -T_x, \\ T_x &= T_{\text{ax}}(1 - \cos \omega t), \\ T_{\text{ax}} &= \frac{\left(\sum_{i=1}^4 F_{\text{ки}} \right) m_{\text{гр}}}{m_{\text{кр}} + m_{\text{гр}}} \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

де T_{ax} – амплітуда коливань зусиль, що діють на вантаж у напрямку осі «х».

Між ходовими колесами й головною балкою крана в напрямку «х» діють через кінцеві балки пружні сили $F_{\text{ки}}$. Якщо відповідні колеса одержать поперечні зсуви, відлічувані від середньої лінії рейки x_1 , x_2 , x_3 і x_4 , то ці сили, згідно із законом Гука й рисунка 3.3, будуть розраховуватися:

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{к1}} &= -c(x_{\text{кр}} + x_{\varphi 1} - x_1), \\ F_{\text{к2}} &= c(x_{\text{кр}} + x_{\varphi 2} - x_2), \\ F_{\text{к3}} &= -c(x_{\text{кр}} + x_{\varphi 3} - x_3), \\ F_{\text{к4}} &= c(x_{\text{кр}} + x_{\varphi 4} - x_4) \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

де $x_{\varphi i}$ – зсуви кінцевих балок від вертикальної осі, розраховані з виражень:

$$\left. \begin{aligned} x_{\varphi 1} &= -(l - l \cos \varphi) - a \sin \varphi, \\ x_{\varphi 2} &= (l - l \cos \varphi) - a \sin \varphi, \\ x_{\varphi 3} &= -(l - l \cos \varphi) + a \sin \varphi, \\ x_{\varphi 4} &= (l - l \cos \varphi) + a \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

Система рівнянь (3.10) отримана виходячи з геометрії переміщень точок кріплення коліс моста крана.

Поперечні зсуви кожного колеса знаходять зі співвідношень:

$$m_{\text{oi}} \ddot{x}_i = F_{\text{ki}} - R_i, \quad (3.11)$$

При прямолінійному рівномірному русі реакції R_i рейок, що діють на колеса, дорівнюють силам F_{ki} , що діють на колеса з боку моста.

Обертання моста крана в горизонтальній площині, згідно рисунка 3.3 і другого закону Ньютона для обертового руху, описується рівнянням:

$$J_0 \ddot{\phi} = (F_{12} - F_{24}) \cdot l + (F_{k1} + F_{k2} - F_{k3} - F_{k4}) \cdot a, \quad (3.12)$$

де J_0 – момент інерції моста крана при обертанні в горизонтальній площині навколо центру мас.

Повна математична модель, що характеризує рух машини для чищення виливниць уздовж осей «х» і «у» при відсутності торкання реборд коліс рейок, описується сукупністю рівнянь: (3.3), (3.4), (3.7), (3.8), (3.9), (3.11) і (12). З детального аналізу даних рівнянь можна зробити висновок, що рішення потребує потужної обчислювальної техніки, тому розглянемо підхід вирішення даного питання описаний в роботі [26].

Для аналізу динамічних процесів у механізмі пересування можна використовувати двох-, трьох- і багатомасові розрахункові схеми. Міст крана представлений у вигляді семимасової системи, підвіс вантажу прийнятий твердим. Установлено, що врахування гнучкості канату, за допомогою якого підвішений вантаж, несуттєво (не більш 10 %) позначається на значеннях найбільших динамічних навантажень у пружних зв'язках, тому при їхньому визначенні в механізмах пересування можна використовувати систему із пружним механізмом і твердим підвісом вантажу. Крім того, прийняті наступні допущення:

- не розглядається поперечний рух,
- не розглядається динаміка двигунів і електропривода.

Для приведення прикладу моделювання в розрахунковому комплексі Matlab (Simulink) автори роботи [26] прийняли дані ковшового крана

вантажопідйомністю 100 т конвертерного цеху Алчевського металургійного комбінату ($m_{1k} = m_{2k} = m_{3k} = m_{4k} = 31250$ кг, $m_1 = 42500$ кг, $m_2 = 127500$ кг, $m_3 = 100000$ кг, $c_{12} = 2,5 \cdot 10^6$ Нм, $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 20 \cdot 10^6$ Нм, $L_{\text{п}} = 5$ м, коефіцієнт тертя $k_{\text{тр}} = 0,0062$).

На моделі досліджувалася динаміка моста при прикладених зовнішніх зусиллях 21700 Н до кожного колеса протягом 10-ти секунд із наступним вибігом під дією сил опору.

Для розгляду процесів у механізмах пересування прийняли розрахункову семимасову динамічну схема механізму пересування, яка представлена на рис. 3.6. Вона містить: дві наведені маси m_{1k} , m_{2k} робочих коліс (з електродвигунами), дві наведені маси холостих коліс m_{3k} , m_{4k} , маси m_1 , m_2 торцевих балок крана (маса поперечної балки крана рівномірно розподіляється між m_1 і m_2 , маса візка враховується в масі m_2), масу вантажу m_3 ; пружні зв'язки враховані коефіцієнтами жорсткості: c_{12} – поперечної балки крана, c_1, c_2, c_3, c_4 – половин торцевих балок крана; $L_{\text{п}}$ – довжина підвісу вантажу; F_{12} – пружна сила в поперечній балці крана; F_1, F_2, F_3, F_4 – зусилля в торцевих балках крана; $V_{1k}, V_{2k}, V_{3k}, V_{4k}, V_1, V_2$ – лінійні швидкості коліс крана і центральних точок 1,2 торцевих балок моста крана; x – лінійне переміщення вантажу щодо точки 2 підвісу вантажу; $\Delta\phi$ – кут перекосу поперечної балки крана.

При роботі механізму виникають коливання в його металоконструкціях і трансмісійних валах (через наявність пружного зв'язку між масами m_1 і m_2), крім того, відбувається розгойдування вантажу, який разом з канатом довжиною $L_{\text{п}}$ утворює маятник з рухливою крапкою підвісу.

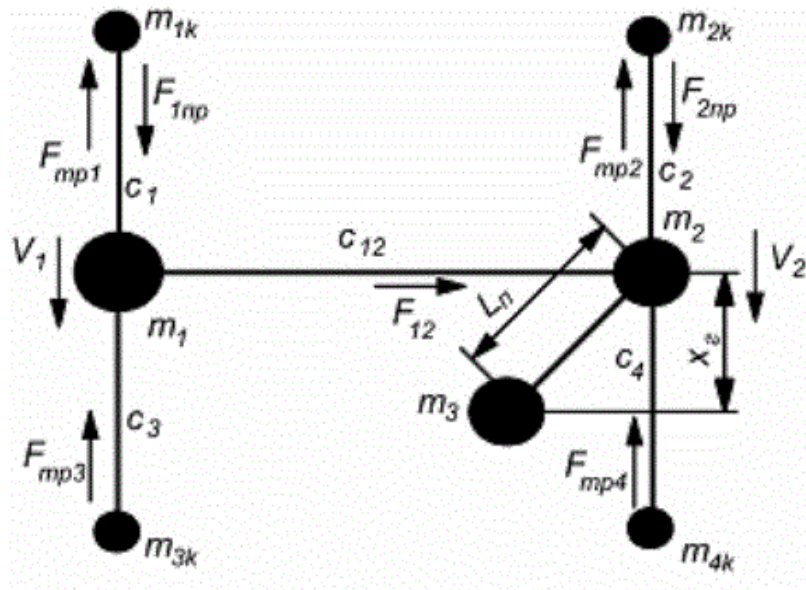


Рисунок 3.6 – Розрахункова динамічна схема механізму пересування крана.

Динамічні навантаження в пружних зв'язках механізмів пересування можуть в 3-7 і більш раз перевищити статичні навантаження, а маятникові коливання вантажу викликають нерівномірний рух механізмів пересування кранів або візків і створюють незручності при їхній експлуатації.

Таким чином, при роботі крана необхідно забезпечити:

1. Обмеження динамічних навантажень у пружних зв'язках при перехідних процесах пуску або гальмування, коли ці навантаження досягають найбільших значень;
2. Обмеження кута перекосу металоконструкцій крана для зменшення зношування реборд коліс і рейкового шляху;
3. Зменшення розгойдування підвішеного на канаті вантажу шляхом розробки раціональних способів заспокоєння його коливань.

За результатами моделювання отримані графіки, на яких показані зусилля в поздовжній (рис. 3.7,а), поперечній (рис. 3.7,б) балках крана й лінійні швидкості коліс 1, 2 (рис. 3.8), та графіки зміни відносних переміщень вантажу і сторін крана.

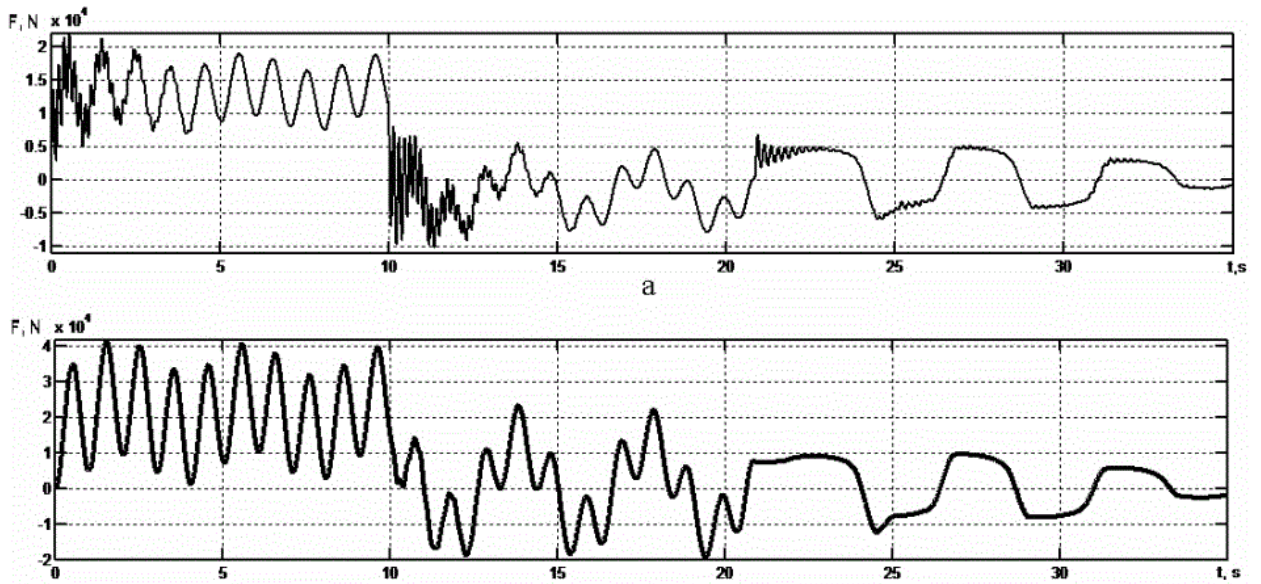


Рисунок 3.7 – Графіки перехідних процесів: а – пружної сили F_1 у поздовжній балці; б – пружної сили F_{12} у поперечній балці.

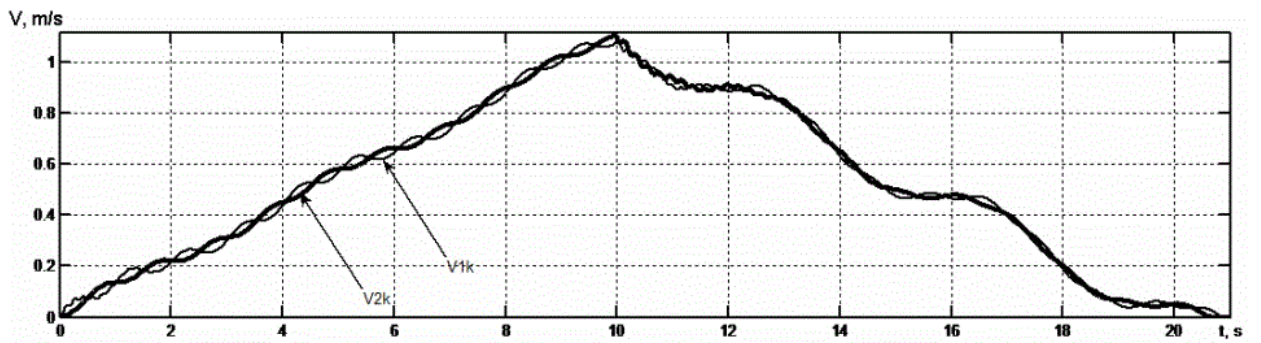


Рисунок 3.8 – Графіки перехідних процесів швидкостей коліс V_{k1} , V_{k2}

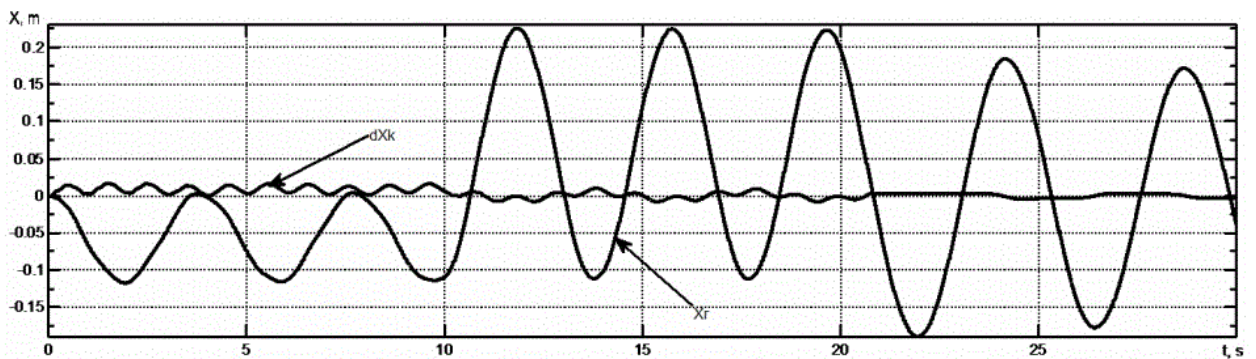


Рисунок 3.10 – Графіки зміни відносних переміщень вантажу x і сторін крана Δx_k .

Проаналізувавши графіки автори роблять висновок, що коливання моменту й швидкості мають три складові: коливання підвішеного вантажу $\omega_0 = 1,25$ рад/с; коливання, обумовлені піддатливістю поперечної балки $\omega_0 = 6$ рад/с; коливання, обумовлені піддатливістю поздовжніх балок, $\omega_0 = 40$ рад/с. Таким чином, спираючись на цей висновок, та знехтувавши коливаннями підвішеного вантажу, т.я. його коливання по відношенню до інших мають незначну величину та проводячи аналогію між конструктивним виконанням машини для чищення виливниць, побудованим на основі мостового крана, для аналізу динамічних процесів під час її переміщення можна прийняти двомасову розрахункову схему. Прийнята двомасова розрахункова система дозволить отримати зручні для аналізу та обчислення формули.

3.3 Порівняльне моделювання динамічних процесів при повздовжньому переміщенні візка машини для чищення виливниць як одно- та двомасової системи

Згідно виконаних досліджень в розділі 3.2 видно, що моделювання динамічних процесів виникаючих при русі візка машини для чищення виливниць як багатомасової системи є доволі складним і вимагає потужної обчислювальної техніки, що в умовах «польової» роботи не завжди є зручним, тому варто звернути увагу на розробку схем з меншою кількістю мас.

Сталевий канат є невід'ємною частиною будь-якого піднімального механізму, а також несучим, найбільш відповідальним і підданим зношуванню елементом піднімальної установки. У математичних моделях врахування ваги канату можна здійснити трьома способами:

1. віднесення певної частини маси канату до його кінців;
2. заміна канату пружною гнучкою ниткою (стрижнем) з розподіленою масою по довжині;
3. допущення, що маса канату зосереджена в декількох точках, рівномірно розподілених по довжині. [27]

Скориставшись другим способом врахування ваги канату можна представити переміщення візка машини для чищення виливниць як одномасову динамічну систему. Таким чином з огляду на відсутність обертових мас при лінійному переміщенні візка машини для чищення виливниць з чистячим механізмом закріпленому на гнучкому сталевому канаті рівняння руху центру мас візка для одномасової динамічної моделі прийме вигляд:

$$m_{\Sigma} \frac{dv}{dt} = F_{дв} - W_c, \quad (3.13)$$

де W_c – загальна сила опору руху візка, Н;

$F_{дв}$ – рушійна поперечна сила, Н;

m_{Σ} – маса візка з урахуванням чистячого пристрою, кг.

У випадку коли візок конструкції мостового типу переміщається не по ідеальному рейковому шляху опір переміщенню візка буде складатися з опору від сил тертя, опору від нахилу рейкового шляху та опору від вітрового навантаження, які в загальному випадку розраховуються за формулами (2.2)-(2.4). Сила $F_{дв}$ залежить від механічної характеристики електродвигуна, яка в свою чергу залежить від типу електродвигуна (постійного струма, змінного струму – синхронний або асинхронний). [28]

В кінематичній схемі переміщення візка машини для чищення виливниць згідно розрахунку виконаного в розділі 2.2 становлено асинхронний крановий електродвигун типу МТФ 011–6, тому його механічна характеристика прийме вигляд наведений на рисунку 3.11

Зі специфіки роботи асинхронних електродвигунів випливає, що максимальній крутний момент на приводному валу візка виникає з перших же секунд роботи електродвигуна, що викликає великі динамічні навантаження за короткий проміжок часу при початку руху та підводі чистячого пристрою до виливниці. Так як машина для чищення виливниць відноситься до кранів металургійного виробництва, то встановлене середнє прискорення візка не має

перевищувати $0,25 \text{ м/сек}^2$. [29] Згідно розрахунку за формулою (2.34) фактичне прискорення складає $0,28 \text{ м/сек}^2$ тобто на 12 % перевищує допустиме. Для того щоб уникнути даного явища варто використовувати частотне регулювання запуску електродвигуна, тим паче що, принципова схема електродвигуна типу МТФ 011–6 виконана з фазним ротором, що дозволяє з мінімальними переналаштуваннями електричної схеми організувати частотне керування приводом переміщення, а отже і плавний пуск електродвигуна.

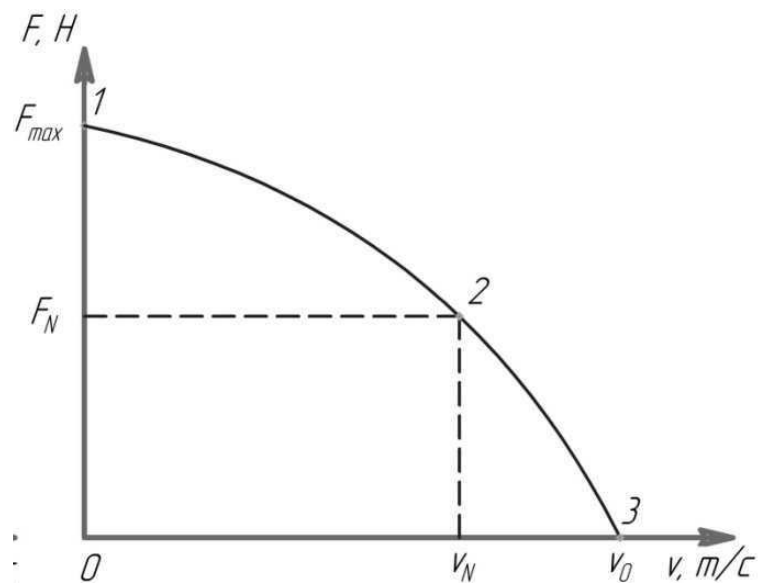


Рисунок 3.11 – Механічна характеристика асинхронного електродвигуна

Виконаємо динамічний аналіз одномасової динамічної моделі прийнявши наступні умови:

- на початку розгону вантаж перебуває в підвішеному стані в нижньому можливим положенні;
- візок рухається нагору по ухилу ходового шляху з наявністю тертя реборд, але без урахування вітрового навантаження;

У ході динамічного аналізу проведено порівняння характеристик привода механізму при розгоні електродвигуна до номінальної швидкості $V_{ном} = 1,1 \text{ м/с}$ і

до нормальної робочої швидкості $V_{роб} = 0,4$ м/с, реалізованої за допомогою системи керування.

Вихідне рівняння одномасової динамічної моделі з урахуванням функції механічної характеристики двигуна має вигляд:

$$m_{\Sigma} \frac{dv}{dt} = A_1 + B_1 \cdot v - W_c, \quad (3.14)$$

де A_1, B_1 – сталі функції механічної характеристики.

За результатами розрахунків отримані графіки (рис.3.11), де основною лінією вказано розгін до номінальної швидкості електродвигуна, а штриховою – до робочої швидкості візка

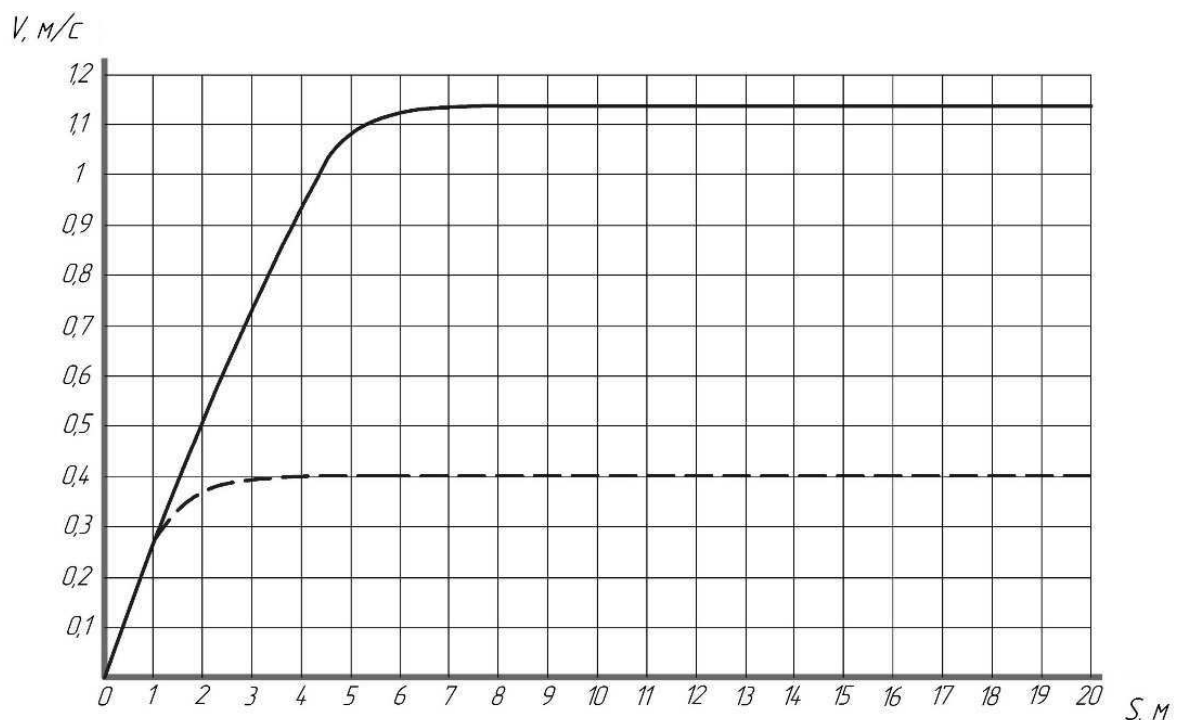


Рисунок 3.12 – Графіки розгону візка машини для чищення виливниць

З аналізу отриманого графіка (рис.3.12) можна зробити висновок, що плавний набір швидкості та рівномірне її встановлення вказують на те, що

одномасова динамічна розрахункова система не враховує розгойдування вантажу, а саме чистячого пристрою, тому для більш детального аналізу динамічних процесів виникаючих при переміщенні візка машини для чищення виливниць варто розглянути двомасову динамічну систему (рис.3.13).

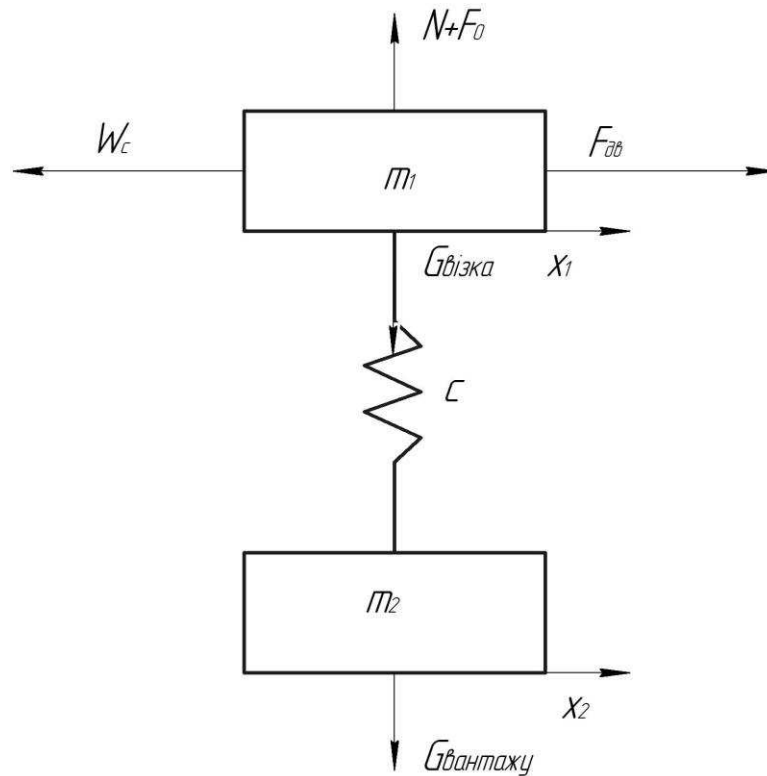


Рисунок 3.13 – Схема до дослідження переміщення візка машини для чищення виливниць як двомасової динамічної системи

Для цього випадку система для дослідження динамічної системи прийме вигляд:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + \frac{m_2 g}{l} (x_1 - x_2) = A_1 + B_1 \cdot \dot{x}_1 - W_c \\ m_2 \ddot{x}_2 + \frac{m_2 g}{l} (x_2 - x_1) = 0 \end{cases}, \quad (3.15)$$

де m_1 – наведена маса візка, кг;

m_2 – маса вантажу, кг;

- x_1 – горизонтальне переміщення візка, м;
 x_2 – горизонтальне переміщення вантажу, м;
 l – довжина підвісу вантажу, м.

Графіки переміщень та коливань швидкостей візка з урахуванням вантажу отримані в результаті розв'язання системи рівнянь при розгоні до номінальної швидкості електродвигуна $V_{\text{ном}} = 1,1$ м/с, представлені на рис. 3.14 таа рис. 3.15

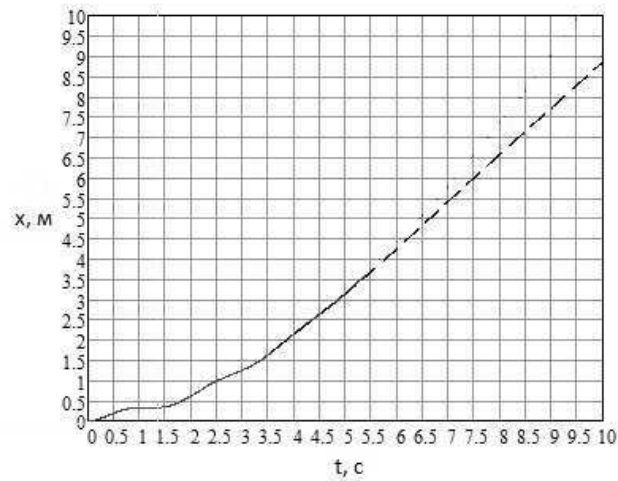


Рисунок 3.14 – Графіки переміщень візка при розгоні електродвигуна до номінальної швидкості

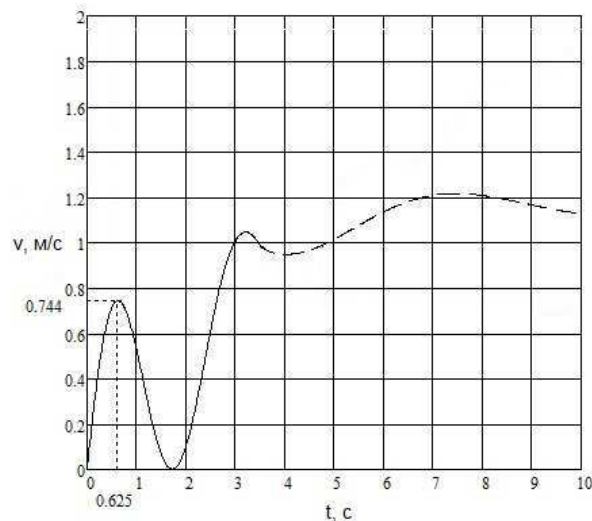


Рисунок 3.15 – Графіки коливання швидкостей при розгоні електродвигуна до номінальної швидкості

З аналізу графіку наведеного на рисунку 3.14 можна зробити висновок, що при початку переміщення візка на першій секунді роботі електродвигуна відбувається відкочування візка на зад, що неприпустимо, так як може викликати

удар чистячого пристрою по стінці виливниці та викликати або його поломку або завдати початок тріщиноутворенню на самій виливниці. Також дане явище викликає до виникнення значних динамічних навантажень, що чітко відображується на рисунку 3.15.

В практиці експлуатації металургійних кранів широко використовують гальмування з використанням режиму противовмикання. Це дозволяє достатньо швидко зупинити кран в заданному місці [30].

Але з аналізу осцилограми навантажень при такому режимі гальмування (рис.3.16) можна зробити висновок, що і дана схема гальмування викликає значні динамічні навантаження на металоконструкції механізму переміщення візка.

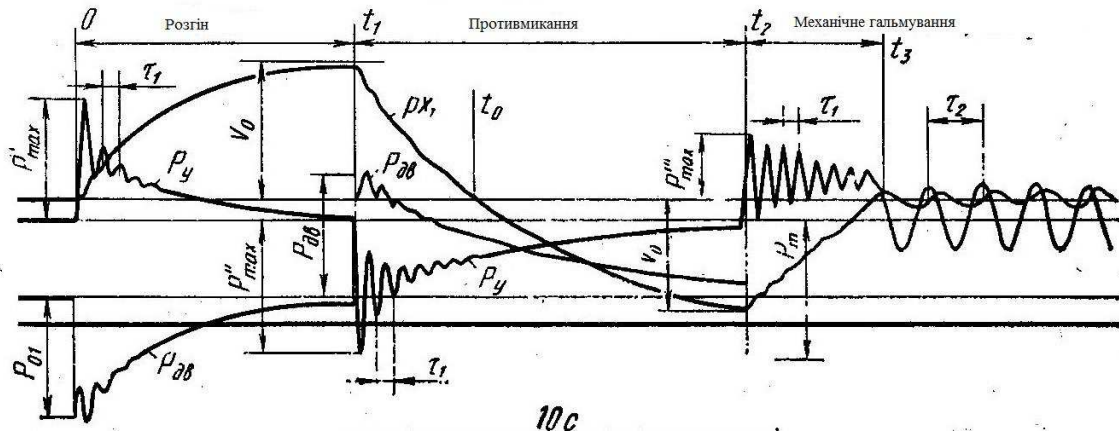


Рисунок 3.16 – Осцилограма навантажень роботи механізму переміщення візка в режимі противовмикання

Також робота по такій схемі можлива тільки з високою кваліфікацією робочого персоналу, що на етапі «кадрового голоду» не завжди можливо виконати. Тому одним із виходом із даної ситуації є використання програмного керування переміщенням візка на базі частотного приводу. Графіки переміщень та коливання швидкостей візка при розгоні до робочої швидкості представлені на рис. 3.17 та рис.3.18 відповідно.

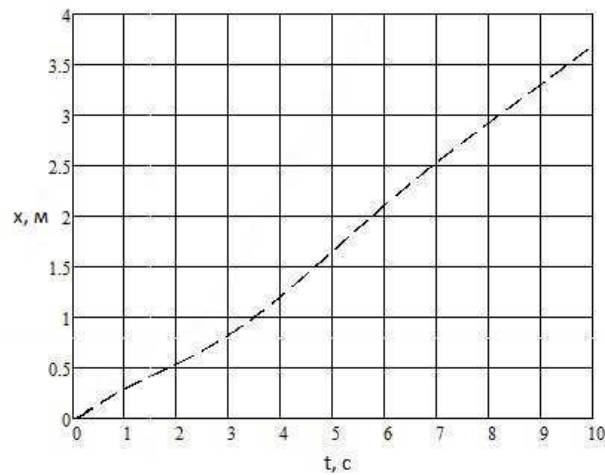


Рисунок 3.17 – Графіки переміщень візка при розгоні до робочої швидкості із застосуванням програмного керування частотним приводом

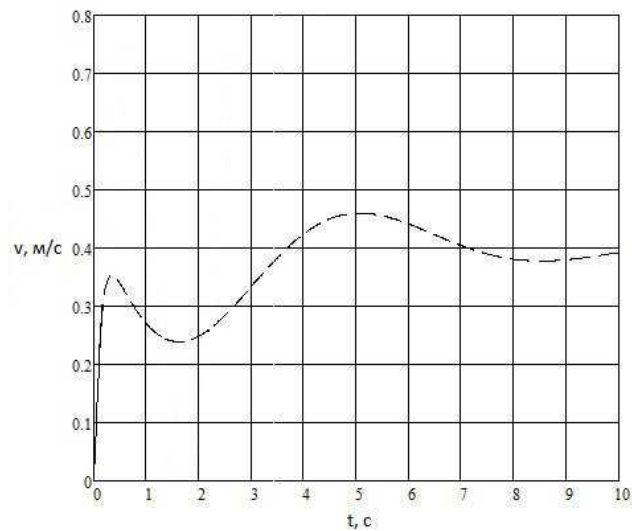


Рисунок 3.17 – Графіки коливання швидкості візка при розгоні до робочої швидкості електродвигуна із застосуванням програмного керування частотним приводом

Як видно з рисунка 3.17 при правильному доборі параметрів регулювання швидкості вдається значно знизити коливання візка при його переміщенні. У цьому випадку регулювання швидкості й заспокоєння коливань може здійснюватися на базі існуючих слідкуючих приводів, зі встановленням у систему додаткових датчиків виміру зміни маси вантажу, за рахунок стирання металевих щіток механізму чищення виливниці, і висоти його підвісу. Шляхом параметрування таку систему керування можна настроїти на різні режими роботи, наприклад, регулювання швидкості переміщення або рушійної сили.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ

Оцінювання стану безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації

Ливарне та прокатне виробництво характеризується складністю й різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку, із чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є основними тільки при нагріванні металу перед прокаткою й вогневому зачищенню поверхні прокату.

Інструкція з охорони праці для робітників механослужби ЦПП, є документом, що встановлює вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечного поведження на робочих місцях і території цеху.

Досить повне подання про рівень механізації можна одержати шляхом певних витрат механічної й ручної праці.

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

де B – рівень механізації праці, %;

M – сума людино-годин механізованої праці;

R – сума людино-годин ручної праці.

- для слюсаря ремонтника: $M=2$ год., $R=6$ год.

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

Результати розрахунків рівня механізації праці для інших професій представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робочих	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			% механізованої праці	% ручної праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо-зварювальник	1	$6 \cdot 1 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	8	25	75
2	Слюсар ремонтник розряду	1	$6 \cdot 1 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	8	25	75
3	Ливарник	4	$6 \cdot 4 = 24$	$2 \cdot 4 = 8$	32	25	75
5	Крановий машиніст	3	$0,5 \cdot 3 = 1,5$	$7,5 \cdot 3 = 22,5$	24	93,75	6,25
6	Стропальник	2	$4 \cdot 2 = 8$	$4 \cdot 2 = 8$	16	50	50

З даних таблиці можна дати висновок, що електро-газозварювальник має – 25% механізованої, 75% – ручної праці; ливарник – 25% механізованої, 75% – ручної праці; слюсар ремонтник 6-го розряду – 25% механізованої, 75% – ручної праці; крановий машиніст – 93,75% механізованої, 6,25% – ручної праці, стропальник 50% – механізованої, 50% – ручної праці.

З дані таблиці можна дати висновок про класифікації професії робітників:

- професії ручної праці – слюсар-ремонтник, електро-газозварювальник, ливарник;
- професії механізованої праці – крановий машиніст;
- професії змішаної праці – стропальник.

4.2 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища

Подача нагрітих виливниць з мартенівського цеху є в основному безпечною операцією. Однак при транспортуванні слід дотримуватись правил техніки безпеки тому що, можливе падіння гарячої окалини, теплові опіки.

В таблиці 4.2 наведена технологічна карта умов праці для ремонтного персоналу цеху підготовки потягів.

Таблиця 4.2 – Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря

Фактори	Нормативное значення, ПДК, ПДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
1 клас безпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,020	2			83,1
2 клас безпеки						
Марганцю оксиди (дезинтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас безпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
Азоту диоксид	2,0	4,0	2			83,1
II. Пил переважно фиброгенної дії, мг/м ³						
Зміст кремнію диоксид – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
III. Шум, дБА	80	97		17		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °C	16-27	42			15	83,1
- швидкість руху повітря, м/сек	0,2-0,5	0,27				83,1
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	682	542			79,8
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом	28,1%	30%	30			
Кількість факторів			5	1	2	

Ступінь небезпеки виробничого процесу при роботі з нагрітими тілами значно вище, ніж при роботі з холодними, що обумовлено високою температурою нагріву.

Оцінка технічного й організаційного рівня – відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці.

Атестація робочого місця:

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 1 фактор 2 ступені, 5 факторів 1 ступеня. По показниках робоче місце ставиться до шкідливих і тяжких умов праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1. Має право виходу на пенсію за списком №1.

До основних шкідливостей відносяться: пил, шум, зміни температури.

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення, які мають місце на ділянці.

Таблиця 4.3 – Технічні засоби захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запиленість	Витяжна вентиляція	КСЗ	Згідно вимірів, м ³ /год.	У місцях утворення пилу
2	Запиленість	Респіратор СИЗОД	ШБ-1М	-	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові, беруши		Придатний до 110дб	Індивідуально
4	Температура Хол період року Тепл період року	Утеплена куртка, ватяні штани, костюм з х/б тканини, черевики костюм з х/б тканини, черевики	Тн Ти	Згідно розміру працюючого	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запиленість + костюм х/б, рукавиці	Пм	-	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечений спецодягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани (ДНАОП 0.00-4.26-99) [31].

Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будинків і приміщень цеху

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робітниках й обслуговує зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все встаткування закрите парасолями (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляє. Також у прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батареї) у які як теплоносії використовують пару з температурою до 120 °С. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодозабезпечення.

Дієвим засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідають вимогам БНіП 2.04.05-91 передбачена вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Значення прийнятих параметрів повітряного середовища, які допускають, у робочій зоні приміщень

Період року	Категорія роботи за важкістю	Період року			Температура повітря непостійних робочих місць, °С
		на постійних робочих місцях			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середньої важкості Пб	21	75	0,2	15
	Важка ІІІ	19	75	0,3	13
Теплий	Середньої важкості Пб	27	70	0,3	21
	Важка ІІІ	26	75	0,2-0,6	19

4.3.2 Виробничі випромінювання

Основним джерелом інфрачервоного випромінювання в цеху є розігріті до температури 200-400⁰С вилівальниці та деякі паливні матеріали, які спалюються. Джерелами теплових випромінювань є все без винятку обертові й механізми, що пересуваються, а також головні привода робочих ліній усіх механізмів.

Для поліпшення умов праці в цехах і захисту працюючих від теплового впливу застосовують наступні способи: теплоізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло, за допомогою водоохолоджуємих екранів, рам, щитів, завіс й ін.; теплоізоляцію й охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів й ін.); природну й механічну вентиляцію; повітряне охолодження замкнених просторів печей, що перебувають у ремонті; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування - щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональну організацію режиму праці й відпочинку.

Ефективним засобом зниження шкідливого впливу теплових виділень є максимальне скорочення часу знаходження нагрітої поверхні у виробничих приміщеннях.

4.3.3 Виробничий шум

Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум приводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини [32].

Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей безударними, зворотно-поступальні рухи - обертальними; демпфірують коливання суміжних деталей й окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, бітумними картонами, азбестом й ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь.

Для ослаблення вібрацій всі агрегати, що створюють вібрації (робочі машини, двигуни, вентилятори й т.п.), установлюють на самостійних фундаментах, віброізолюваних від підлоги й інших конструкцій будинків, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по воздуховодам і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виробляється за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

4.3.4 Освітлення

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне висвітлення. Незадовільне висвітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків й їхніх захворювань.

Характеристика приміщення ділянки:

– характер робіт	середня точність
– розмір об'єкта розпізнавання, мм	від 1 до 5
– розряд зорової роботи	V
– підрозряд роботи	B
– контрастність об'єкта розпізнавання	середня
– тло	середній
– E_H – штучна, лк	200

Для ремонту встаткування передбачене штучне висвітлення.

На промислових підприємствах штучне висвітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного висвітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого висвітлення), евакуаційне (аварійне висвітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого висвітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду висвітлення може використатися для чергового висвітлення. [33]

Штучне висвітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального висвітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого висвітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків. На ділянці є дугові ртутні лампи типу ДРЛ-400, ДРЛ-100. Серед ламп накаливання є світильники типу: «Універсал», «Астра».

На ділянці використається природне й штучне висвітлення.

Прийнята система природного висвітлення - бічна.

Слюсар повинен мати V розряд зорової роботи. При загальній системі висвітлення освітленість становить $E = 200$ лк.

Значення КПО, обумовлене з урахуванням зорової роботи становить $e = e(III) = 1,5$ - при бічному висвітленні, без стійкого сніжного покриву.

Коефіцієнт світлового клімату $m = 0,8$. Коефіцієнт сонячності клімату $C = 0,7$.
Нормований коефіцієнт природної освітленості

$$e_n = e \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 1,38 \%. \quad (4.2)$$

Аварійне висвітлення для продовження роботи

$$E_{\text{ав.раб.}} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot E = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ лк.} \quad (4.3)$$

Аварійне висвітлення для евакуації людей

$$E_{\text{ав.эв.}} = 5\% \cdot E = 0,05 \cdot E = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ лк.} \quad (4.4)$$

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

4.4 Заходи, щодо безпеки праці у цеху

З метою попередження нещасних випадків забороняється:

- починати й вести роботу при яких-небудь несправностях у механізмах;
- самовільно, поза встановленим порядком, надавати руху машині;
- допускати сторонніх осіб до працюючої машини;

Ремонт і регулювання механізмів приводу чищення виливниць робити тільки при зупиненому двигуні й знятій напрузі. Проводка, що підводить струм, повинна бути добре ізольовані й захищена від ушкоджень. Машина, електродвигун й електроапаратура повинні бути надійно заземлені. Всі проходи навколо машини повинні бути вільні від сторонніх предметів. Підлога навколо машини повинна представляти рівну неслизьку поверхню.

Робоче місце, повинне бути добре освітлене.

При монтажі керуватися вимогами безпеки, розробленими монтажними організаціями.

При консервації керуватися вимогами безпеки відповідно ДСТ 9.104-78.

4.4 Засоби пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (не горючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Споруда ділянки машини чищення виливальниць відноситься до III ступеня вогнестійкості (будинку з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Межі вогнестійкості конструкцій:

- несучі й сходові клітки - 1 год;
- самонесучі - 0,25 год;
- зовнішні несучі - 0,25 год;
- внутрішні несучі - 2 год;
- колони - 0,25 год;
- сходові площадки, щаблі, балки, марші сходових кліток – 0,25 год;
- плити, настили й ін. несучі конструкційні перекриття - 0,25 год;

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ВВ – 5(12 шт), ВВ–10 (22 шт.), ВВП–1Д (25 шт), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.). [33]

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

На території комбінату забороняється:

- курити в неналежних місцях, а курити необхідно в спеціально відведених місцях;

- закривати й захищувати фраги, проїзди, підїзди й підходи до будинків, водопроводам і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб не минулий інструктаж пожежного тих мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді встаткування й комунікацій.

Вода в розпиленому стані може застосовуватися для гасіння палаючих нафтопродуктів з температурою спалаху понад 120°C. Витрата води в сталеплавильному цеху залежить від вогнестійкості будинку (II ступінь) і дорівнює 40 л/с на одну пожежу. Тривалість гасіння пожежі становить 3 год.

4.5 Рішення з покращення умов роботи оператора машини для чищення виливниць та розрахунок теплозахисту пульта керування

Умови праці та режим у кабіні керування машини чищення виливниць значно відрізняються по особливостях впливу теплових потоків від умов праці на відкритих місцях.

Головними факторами, що несприятливо впливають на організм операторів, є проникаюче випромінювання, висока температура огорожень повітря в кабінах.

Вихідні дані до розрахунку тепловіддзеркалення стінок кабінки пульта керування:

$$T_{и}=200+273=473^{\circ} \text{ К} \text{ – температура виливниці;}$$

$$T_{в}=25+273=298^{\circ} \text{ К} \text{ – температура повітря;}$$

$$T_{з}=30+273=303^{\circ} \text{ К} \text{ – температура стінки кабінки.}$$

Визначаємо ступінь екранізації за формулою:

$$\mu = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{э}}} = \frac{473}{303} - 1 = 1,56 \quad (4.5)$$

Ступінь чорності стінок kabіни керування, виготовленої із чорного металу складе $\xi=0,94$

Тоді наведений ступінь чорності складе:

а) між виливницею і kabіною:

$$E_{\text{ид}} = \frac{1}{\frac{1}{E_{\text{н}}} + \frac{1}{E_{\text{э}}} - 1}, \quad (4.6)$$

де $E_{\text{н}}$ – чорність джерела випромінювання;

$E_{\text{э}}$ – чорність стінок kabіни.

$$E_{\text{ид}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,07} - 1} = 0,07$$

б) між виливницею і повітрям, для якого можна прийняти $\xi_{\text{в}} = 0,82$, визначимо за формулою:

$$E_{\text{ид}} = \frac{1}{\frac{1}{E_{\text{н}}} + \frac{1}{E_{\text{в}}} - 1}, \quad (4.7)$$

де $E_{\text{н}}$ – чорність джерела випромінювання;

$E_{\text{в}}$ – поглинаюча здатність повітря.

$$E_{\text{ид}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,82} - 1} = 0,75$$

Визначаємо кількість екранів за формулою:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_B}{T_H}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_B}{T_H}\right)^4} \cdot \frac{E_{из}}{E_{ив}} - 1 \quad (4.8)$$

$$n = \frac{1 - \left(\frac{298}{473}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{298}{473}\right)^4} \cdot \frac{0,07}{0,75} - 1 = 0,74;$$

Отже, достатній одношаровий екран з листового металу, щоб забезпечити температуру на зовнішній поверхні в межах бажаної температури 30°C.

Застекління кабіни виконане із двох паралельно вставлених стекол сталеніта, відстань між якими 60 мм. Опромінення на першому склі з боку джерела тепла $t_1 = 130^\circ\text{C}$, другого $t_2 = 40^\circ\text{C}$, температура повітря усередині поста 20°C.

Так як при зміні тепла конвективним потоком переборюється опір двох прикордонних шарів на поверхнях, що обмежують прошарок, то тепловий потік через повітряний прошарок буде:

$$q = \left(\frac{\lambda_{\text{возд}}}{\delta_{\text{возд}}} + 0,5 \cdot \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{луч}} \right) \cdot \Delta t; \text{ Вт / м}^2, \quad (4.9)$$

де $\alpha_{\text{конв}}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (при вільному русі дійсний для вертикальних прошарків);

$\delta_{\text{возд}}$ – товщина повітряного прошарку (0,06 м).

$$\alpha_{\text{конв}} = 2,56 \cdot (t_1 - t_n)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (130 - 20)^{\frac{1}{4}} = \text{Вт / (м}^2 \cdot \text{град)}$$

Променистий тепловий потік паралельними стеклами:

$$q_{\text{луч}} = 1,025 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{403}{100} \right)^4 - \left(\frac{313}{100} \right)^4 \right] = 852,5 \text{ Вт/м}^2,$$

де ступінь чорності

$$\xi_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\xi_1} + \frac{1}{\xi_2} - 1} \quad (4.10)$$

$$\xi_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{0,037} + \frac{1}{0,937} - 1} = 1,025$$

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням:

$$\alpha_{\text{луч}} = \frac{q_{\text{луч}}}{\Delta t} \quad (4.11)$$

$$\alpha_{\text{луч}} = \frac{852,5}{130 - 40} = 9,46 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$$

$$\text{тоді: } q = \left(\frac{0,03}{0,06} + 0,5 \cdot 8,3 + 9,46 \right) \cdot (130 - 20) = 1552 \text{ Вт/м}^2$$

Тепловий потік від внутрішнього скла в навколишній простір поста:

$$q_{\text{луч}} = 0,88 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{273 + 40}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100} \right)^4 \right] = 116,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (4.12)$$

$$\text{де } \xi_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\xi_1} + \frac{1}{\xi_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,937} + \frac{1}{0,3} - 1} = 0,88 \quad (4.13)$$

$$\alpha_{\text{луч}} = \frac{q_{\text{луч}}}{\Delta t} \quad (4.14)$$

$$\alpha_{\text{луч}} = \frac{116,5}{40-20} = 5,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

Коефіцієнт теплопередачі конвекцією:

$$\alpha_{\text{конв}} = 2,56 \cdot (t_2 - t_n)^{\frac{1}{4}} \quad (4.15)$$

$$\alpha_{\text{конв}} = 2,56 \cdot (40 - 20)^{\frac{1}{4}} = 5,41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

$$q_{\text{конв}} = \alpha_{\text{конв}} \cdot \Delta t = 5,41 \cdot (40 - 20)^{\frac{1}{4}} = 5,41 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Загальний тепловий потік складе:

$$q = q_{\text{луч}} + q_{\text{конв}} \quad (4.16)$$

$$q = 116,5 + 108 = 224,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Максимальна швидкість вільного руху повітря між паралельними стеклами:

$$\omega_{\text{max}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{q_c \cdot z}, \quad (4.17)$$

де q_c – тепловіддача з одиниці площі поверхні, що гріє, в 1 сек

$$q_c = \frac{\alpha_{\text{конв}} \cdot V_{\text{СТ}}}{3600}; \quad (4.18)$$

де $V_{ст}$ – різниця між температурою скла й температурою не нагрітого повітря

$$V_{ст} = 130 - 20 = 110^{\circ}\text{C} ,$$

z – висота середньої точки, м.

$$q_c = \frac{8,3 \cdot 110}{3000} = 0,243 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$$

$$\omega_{\max} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{0,218 \cdot 0,45} = 0,6 \text{м}/\text{с}$$

Максимальна температура в поточній точці потоку, де швидкість має максимум: $t_z = V_z + t_n$

Надлишкова температура повітря в крапці де температура має максимум

$$V_z = 103,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_c^2}{z}} \quad (4.19)$$

$$V_z = 103,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,218^2}{0,45}} = 48,8^{\circ}\text{C}$$

$$t_z = 48,8 + 20 = 68,8^{\circ}\text{C}$$

У секунду нагрівається повітря:

$$q = \rho_v \cdot V , \text{кг}/\text{с}, \quad (4.20)$$

де ρ – щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_v – обсяг повітря, $\text{м}^3/\text{сек}$.

$$\text{По } t_{\tau} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{130 + 40}{2} = 85^{\circ}\text{C} \quad \text{знаходимо } \rho_{\text{в}} = 0,955 \text{кг} / \text{м}^3,$$

$$V = f \cdot \omega_{\text{в}}, \quad (4.21)$$

де f – площа поперечного перерізу меж скляного простору при довжині стінки 1м;

$$f = 1 \cdot 0,06 = 0,06 \text{м}^2 ; \quad \omega_{\text{в}} = 0,35 \text{м} / \text{с}$$

$$V = 0,06 \cdot 0,35 = 0,021 \text{м}^3 / \text{с}$$

Тепломісткість повітря нагрітого за одну 1 секунду:

$$Q = C_p \cdot V \cdot \Delta t, \quad (4.22)$$

$$Q = 0,28 \cdot 0,955 \cdot 0,021 \cdot (85 - 20) = 0,36 \text{Вт} / \text{с}$$

$$Q' = 3600 \cdot 0,36 = 1290 \text{Вт}$$

З 1 м² першого ряду стінки за 1 годину передається 1552 Вт тепла; від другого ряду стінки в простір кабіни передається 224,5 Вт/м², а 1290 Вт/м² передається повітрю, що проходить між стінками.

Отже, при природному проходженню повітря 85 % тепла виноситься повітрям, 15% що залишилися витрачаються на нагрівання другого ряду скла і передачу тепла у внутрішній простір кабіни.

При обдуванні меж екранного простору на внутрішній стороні другого скла встановлюється температура 30°C. При цьому тепловіддача через скло знижується з 224,5 до 105,8 Вт/м².

Таким чином при подвійному екрануванні склом із продувом повітрям значно знижується теплонадходження в кабіну керування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням цеху підготовки потягів ПАТ «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких» місць цеху – є незадовільна робота машини для чищення виливниць.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної й патентної літератури встановлено, що для чищення виливниць у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить агрегатам, які мають ті ж самі недоліки, що машина цеху підготовки потягів ПАТ «Запоріжсталь».
3. В результаті запропонованої модернізації щіткового механізму, а саме удосконалення його кінематичної схеми, можливе досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
4. Проведено розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів машини для чищення виливниць, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
5. За результатами виконання дослідницької частини підтверджено переваги використання муфти МЗП як пристрою-запобіжника від перевантажень в кінематичній схемі переміщення візка машини для чищення виливниць.
6. В ході виконання роботи доведено, що дослідження навантажень виникаючих при переміщення візка як багатомасової динамічної системи є занадто складним і не вартим уваги.
7. В дослідницькій частині доведено, що при проведенні перевірного розрахунку механізму пересування візка варто використовувати двомасову динамічну модель, яка дозволяє легко визначати необхідні параметри настроювання системи керування.
8. Результати роботи можуть бути використані на ПАТ «Запоріжсталь», та на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.zaporizhstal.com/pidpriyemstvo/#istorija>
2. Усачов В.П. Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів. Ч. 2 Технологічні основи компоновки ліній металургійних виробництв. К.: ІСДО, 1994. - 416 с.
3. Воденніков С.А., Гаврилко С.О., Кириченко О.Г. Технологічне проектування у чорній металургії: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 386 с.
4. Molds preparation improving methods for steel casting / V. K. Tarasov et al. *Metal and Casting of Ukraine*. 2021. Vol. 29, no. 3. P. 28–35. URL: <https://doi.org/10.15407/steelcast2021.03.028>
5. Арист Л. М., Городецький А. Н., Сімонов О. А. Засоби комплексної механізації у металургійному виробництві. К.: Техніка, 1981. 208 с.
6. Арист Л. М., Гребеник В. М., Городецький А. Н. Механізація робіт у чорній металургії. Механізація робіт у сталеплавильному виробництві. К.: Вища школа, 1989. 287 с.
7. Воденніков С.А., Галицький Ю.П., Воденнікова О.С. Теорія та технологія електросталеплавильного виробництва: навч. посібник. Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2010. 246 с.
8. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник / Д. Ф. Чернега та ін.; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ: Вища школа, 2006. 503 с. ISBN 966-642-310-3.
9. Проектування і обладнання електросталеплавильних і феросплавних цехів: підручник для ВНЗ/ В. А. Гладких та ін. Дніпропетровськ: Системні технології, 2004. 691 с. ISBN 966-7316-90-4.
10. Пересувний пристрій для чищення і ремонту виливниць : пат. 46818 : В08В1/04. № u200906534 ; заявл. 22.06.2009 ; опубл. 11.01.2010. 2 с.

11. Пристрій для очищення виливниць: А.С. 29289. UA. МПК В22D 43/00 (2006). – Шмельков Д. М., Могильний О. П., Боярченко Л. Ф., Олійник В.В., Куделенко І. Є., Бодак О.І., ВАТ "Маріупольський металургійний комбінат ім.Ілліча" – № u200709656; Заявл. 27.08.2007; Опубл. 10.01.2008. – 3 с.
12. Пахаренко В.Л., Марчук М.М. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (металургія, ливарне виробництво): навч. посіб. Рівне, 2009. 182 с.
13. Козуб Ю.Г., Маслійов С.В. Підйомно-транспортні машини: підручник. Старобільськ: ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2018. 277 с.
14. Іванов Г.О., Бабенко Д.В., Полянський П.М. Підйомно-транспортні машини: методичні вказівки. Миколаїв: МНАУ, 2020. 156 с.
15. Маковський О.М, Лях П.Ф, Лук'янов І.О. Розрахунки кранових механізмів із застосуванням електронних таблиць EXCEL: навч. посібник для студентів технічних вузів. Краматорськ: ДДМА, 2004. 176 с.
16. Артюх В. Г. Удосконалення запобіжних пристроїв металургійних машин на основі виключення втомного руйнування витратних елементів : автореф. дисертація. Донецьк, 1998. 20 с.
17. Артюх В. Г. Розвиток теоретичних основ і практика захисту металургійних машин від поломок : автореф. дисертація. Донецьк, 2012. 34 с.
18. Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Теорія механізмів і машин. Деталі машин. Розрахунки механічних передач: навч. посіб. Київ: Київський політехнічний інститут, 2016. 188 с.
19. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: підруч. для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
20. Поліщук Л. К., Слабкий А. В. Підйомно-транспортні машини та механізми: лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 72 с.
21. Колодочні гальма загального призначення типу ТКТ з електромагнітом змінного струму для шківів діаметром 100 до 300 мм. *НТЦ Редуктор.*

- Режим доступу до ресурсу: https://reduktorntc-k.com.ua/produkt/tormoza/tkt/tkt_100-300.shtm. (дата звернення: 12.08.2023).
22. Гальма ТКТ-300/200 (з МО-200). *ТОВ "ГРУПА "ТЕХНОДНІПРО" ✓ ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА.* URL: <https://tehnodnepr.com/ua/p44245165-tormoz-tkt-300200.html> (дата звернення: 12.08.2023).
23. Артюх В. Г. Теоретичні основи захисту металургійних машин від поломок. Обробка матеріалів тиском. 2010. №2. С. 221–226.
24. Орловський І. А., Бут Ю. С. Уточнені математична та імітаційна моделі електроприводу переміщення мостового крана. *Електротехніка та електроенергетика*. 2007. №2. С. 39–51.
25. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Динаміка і оптимізація режимів руху мостових кранів: монографія. К.: КОМПРІНТ, 2016. 310 с.
26. Макурін А. В., Морозов Д. І. Динаміка повздовжнього переміщення мостового крана з урахуванням пружності елементів конструкції. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. - 2011. - № 3. - С. 167-169.
27. Осипова Т. Н. Динаміка підйомної установки з урахуванням ваги и в'язкості канатів. *Машинобудування*. 2017. №20. С. 62–66.
28. Ловейкін В. С., Бортун В. А. Оптимізація режиму пуску приводного механізму за критерієм середньоквадратичного відхилення прискорень. *Технологія і техніка друкарства*. 2011. № 4(34). С. 88–95. URL: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(34\).2011.33497](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(34).2011.33497).
29. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю. О., Голдун В. А., Крушельницький В.В. Динаміка та оптимальне керування рухом мостових кранів: монографія. К.: ЦП „КОМПРІНТ”, 2019. 460 с.
30. Ловейкін В. С., Човнюк Ю. В., Рибалко В. М. Новий метод дослідження динамічних моделей приводів машин з розподіленими параметрами. *Технологія і техніка друкарства*. 2009. № 4(26). С. 101–105. URL:

[https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(26\).2009.57858](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(26).2009.57858) (дата звернення: 12.12.2023).

31. НПА ОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
32. Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с..
33. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
34. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
35. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДА, 2012. – 16 с.

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Форма т
1	Машина для чищення виливниць	1	A1
2	Візок машини для чищення виливниць	1	A1
3	Механізм переміщення візка	1	A1
4	Щітка	1	A1
5	Запобіжні пристрої для підвищення робото спроможності машини для чищення виливниць	1	A1
6	Дослідження схеми дії теплового опромінення на оператора машини чистки виливниць	1	A1

ДОДАТКИ