

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 Удосконалення конструкції зливковогоз з метою підвищення його
роботоздатності

Виконав: магістрант групи 8.1332-дн

Вовк М. В.

(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 – 2024 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 кафедрою А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Вовка Миколи Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Удосконалення конструкції зливковоза з метою підвищення його роботоздатності
керівник магістерської роботи Ph.D., ст. викладач Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” жовтня 2023 року № 1581-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 11 березня 2024 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд науково-технічних рішень підвищення надійності транспортуючого обладнання обтискного стану 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. Загальний вид зливковозу з візком обтискного стану Слябінг 1150 – 1А1; 2. Зливковоз – 1А1; 3. Скат приводний зливковоза – 1А1; 4. Скат неприводний зливковоза – 1А1 5. Строповка приводного ската зливковоза – 1А1; 6. Дослідження коливань у тарільчастих пружинах ходових скатів зливковоза та візка – 1А1; 7. Результати дослідження коливань у тарільчастих пружинах ходових скатів зливковоза та візка – 1А1; 8. Дослідження шляхів зменшення впливу розігрітого зливка на оператора зливкоподачі – 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 – 18.11.2023	
4	Виконання графічної частини проєкту	19.11.2023 – 19.12.2023	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	20.12.2023 – 31.01.2024	
6	Перевірка проєкту консультантами	01.02.2024 – 09.02.2024	
7	Попередній захист проєкту	11.03.2024	
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

Вовк М. В. Удосконалення конструкції зливковоза з метою підвищення його роботоздатності

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, 2024.

Проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень спрямованих на підвищення ефективності ходової частини зливковоза стана Слябінг. Запропонований варіант модернізації пружинних амортизаторів зливковоза. Розроблено методика розрахунку тарільчастих пружин з урахуванням коливальних навантажень на ходові колеса зливковоза.

Ключові слова: амортизатор, гвинтові пружини, тарільчасті пружини, деформація пружини, коливання

ABSTRACT

Vovk M.V. Improvement of the construction of the dump truck in order to increase its efficiency

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, 2024.

The analyzed advantages and disadvantages of the available technical solutions are aimed at increasing the efficiency of the undercarriage of the sluice truck of the Slaybing apartment. The proposed version of the modernization of the spring shock absorbers of the dump truck. A methodology for calculating plate springs has been developed, taking into account the fluctuating loads on the running wheels of the dump truck.

Key words: shock absorber, coil springs, disc springs, spring deformation, oscillations

Зміст

Вступ	7
1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ОБТИСКНОГО СТАНУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ	9
1.1 Огляд та аналіз обладнання для транспортування та кантування зливків на приймальний рольганг	9
1.2 Шляхи зменшення впливу ударних навантажень на вузли зливковоза	22
1.2 Модернізація обладнання та обґрунтування обраних рішень	30
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	33
2.1 Розрахунок тарілчастих пружин механізму пересування зливковоза	33
2.2 Розрахунок тарілчастих пружин механізму пересування візка зливковоза	36
2.3 Вибір електродвигуна механізму пересування зливковоза	38
2.3.1 Визначення опору пересуванню зливковоза	38
2.3.2 Вибір електродвигуна, сполучних муфт і редуктора	39
2.3.3 Перевірка двигуна на нагрів, визначення гальмівних моментів і вибір гальма	44
3 ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	47
3.1 Розробка схеми експериментального дослідження руху зливковозу	47
3.2 Дослідження коливань у тарілчастих пружинах ходових скатів зливковозу та візка	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ	61
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	61
4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища	63
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	64
4.3.1 Мікроклімат	64
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	65
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація	66
4.4 Техногенна безпека	67

	6
4.4.1 Електробезпека	67
4.4.2 Заходи пожежної безпеки	68
4.4.3 Виробничі випромінювання	69
4.4.4 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації	70
4.5 Дослідження шляхів зменшення впливу розігрітого зливка на оператора зливкоподачі	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	81
СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ	85
ДОДАТКИ	86

Вступ

В сучасних умовах промисловості проблема оптимізації та підвищення ефективності технологічних процесів постійно знаходиться в центрі уваги. Одним із ключових аспектів у цьому контексті є оптимізація конструкції технічних пристроїв та засобів, що забезпечують безперервність технологічних процесів.

Відомо, що для подачі зливків з прольоту нагрівальних колодязів до приймального рольгангу обтискного стану використовують два типи технологічного обладнання – кліщові крани та зливковози.

Подача зливків виконується за різними схемами. Наприклад, завантаження зливків у люльку і візок за допомогою колодязевого кліщового крана, далі виконується транспортування зливків до приймального рольгангу зливковозом. При такій схемі розвантаження зливків з люльки виконує сам зливковоз за допомогою механізму перекидання люльки, а з люльки на приймальний рольганг зливковоз вивантажується безпосередньо кліщовим краном. За іншою схемою зливки на рольганг з приймальних колодязів на рольганг розвантажуються безпосередньо мостовим краном.

З огляду на постійну інтенсифікацію виробничого циклу та технічний знос кранового обладнання на ділянці обтискного стану все більше акцентується увага на доставці зливків саме зливковозом, конструкція якого далека від досконалої та потребує постійної уваги конструкторів-механіків з точки зору її удосконалення.

Відомо, що основним недоліками діючої конструкції зливковоза є те, що при завантаженні зливка відбувається удар зливка об раму зливковоза, а пружини, які встановлені на ходових колесах, слабо гасять удар, та відбувається травмування рейок колії корпусом зливковоза. Усуненню даної проблеми і присвячено тему кваліфікаційної випускової роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження роботи ходової частини зливковоза обтискного стану Слябінг 1150.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз раніше проведених досліджень в питаннях удосконалення конструкції амортизаційних пристроїв зливковозів;
- визначити навантаження, що діють на вузли зливковоза, та виконати розрахунок основних його конструктивних елементів;
- розробити схему виконання дослідження руху зливковоза при переміщенні зливків до приймального рольгангу;
- встановити вплив різних типів зливків при їх переміщенні за різними технологічними схемами на ходову частину зливковоза;
- запропонувати заходи захисту оператора ділянки зливкоподачі від теплового впливу від переміщення розігрітого зливка.

Предмет дослідження – конструктивні параметри амортизаційного пристрою ходової частини зливковоза.

Об'єкт дослідження – тарільчасті пружини амортизаторів зливковоза.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України», 25–26 травня 2023 року, м. Запоріжжя, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету. Опубліковано тези доповіді.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 98 сторінок, у тому числі 80 сторінок основного тексту, 25 рисунків, 9 таблиць, 43 найменування використаних джерел на 4 сторінках, 12 додатків.

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

1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ОБТИСКНОГО СТАНУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

1.1 Огляд та аналіз обладнання для транспортування та кантування зливків на приймальний рольганг

Наступним етапом після розливання зливків сталі є їхня прокатка в напіфабрикат – сляби або блюми. Як правило сляби використовують для подальшої прокатки на листову продукцію, а блюми використовують в більшості випадків для сортового прокату [1].

Основним продуктом прокатних цехів ПАТ «Запоріжсталь» є штаба та гарячекатаний та холоднокатаний лист, тому місію обробки зливків після їхньої розливки в цеху покладено на обтискний стан Слябінг 1150. Першим етапом обробки зливків є їхнє нагрівання в рекупераційних колодязях до температури 1250-1300 °С з подальшою їхньою доставкою до приймального рольгангу [2]. На сьогоднішній день основним підйомно-транспортним обладнанням, що відповідає за доставку нагрітих зливків до приймального рольгангу є кліщові крани та зливковози.

В основному слябінги обладнують зливковозами трьох типів [3].

Зливковоз першого типу (рис. 1.1) складається з рами 1, скатів 39 і люльки 9 і забезпечений двома механізмами: пересування візка і повороту люльки. Привод механізму пересування візка здійснюється від електродвигуна 6 через вали 7 із зубчатими муфтами 4 і циліндроконічні редуктори 37, встановлені на осях 20 скатів і закріплені на рамі за допомогою тяги 2 і пружин 3. Механізм забезпечений гальмами 5. Для охолодження двигуна на рамі встановлені вентилятор 35 і повітрофільтр 34. Механізм перекидання люльки складається з електродвигуна 32, гальма 30, валу 36 із зубчатими муфтами 33, 38, циліндрично–глобоїдного редуктора 40, муфти зубчатої 29, колінчастого валу 27, сполученого з віссю 24 люльки шатуном 26, і командоапарата 41.

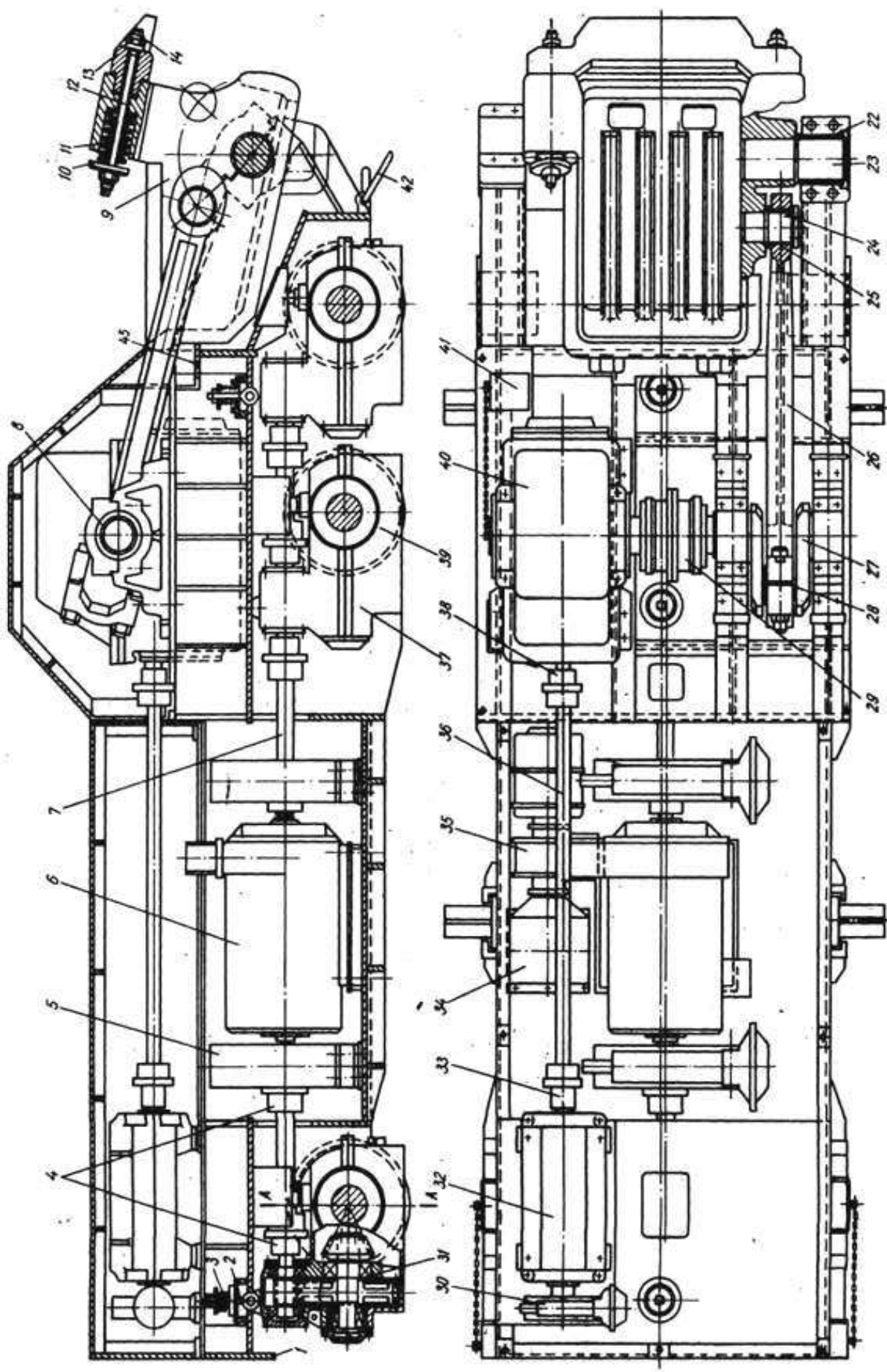


Рисунок 1.1 – Зливковоз першого типу [4] (позиції наведені в тексті)

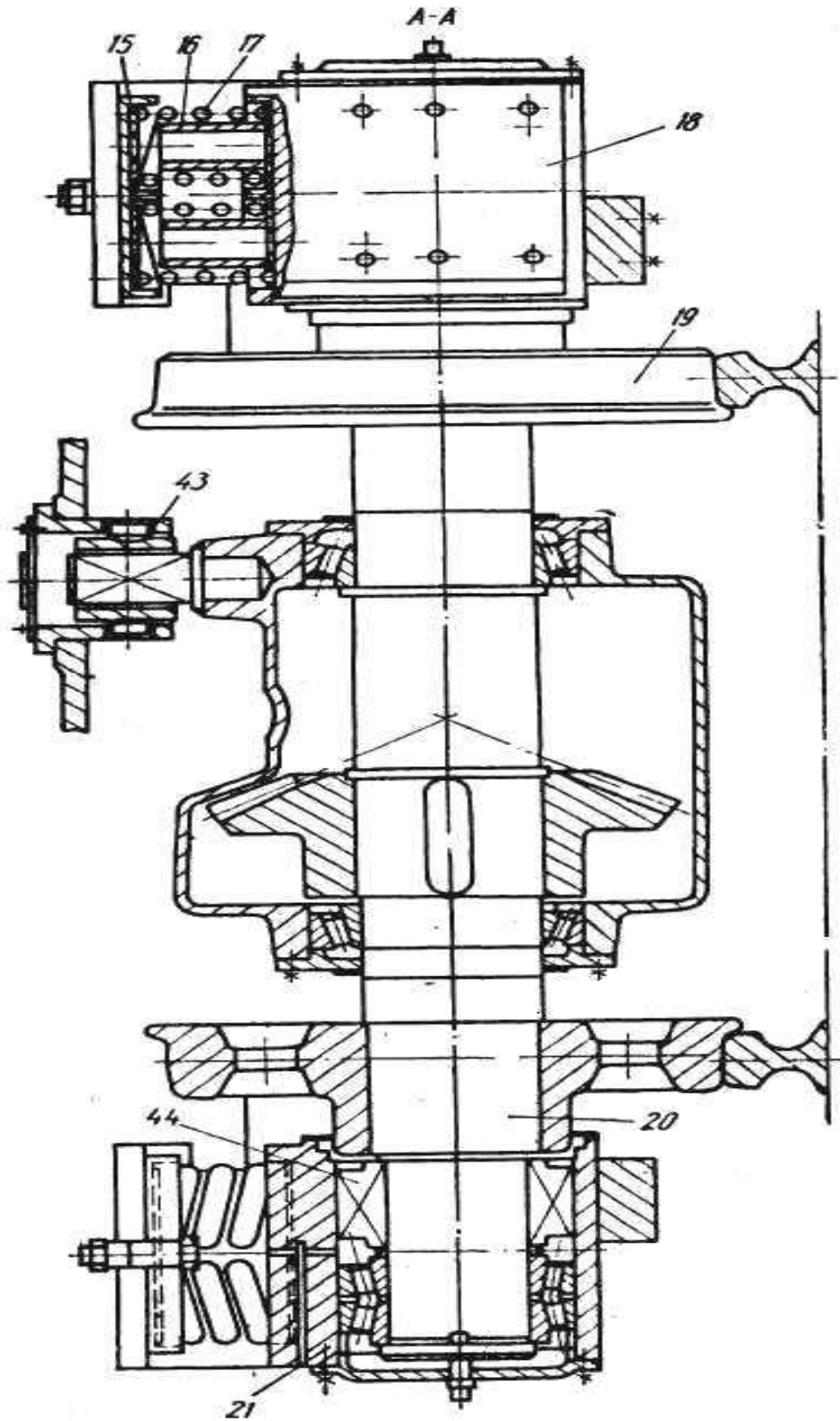


Рисунок 1.1 – Зливковоз першого типу [4] (продовження, позиції наведені в тексті)

Опорна балка 13 притискається до люльки за допомогою шпильок 12, гайок 10,14 і пружин 11. Між рамою і буксами 21 скатів встановлені пружини 17. Вали редукторів 37, 40 і осі 20 скатів встановлено на вальниціях кочення 31, 44, люлька, колінчастий вал і шатун – на вальниціях ковзання – втулці 25 і вкладишах 8, 22 і 28.

Пружини змащують вручну, зубчаті зачеплення редукторів і зубчатих муфт – заливкою масла у ванни, решта вузлів тертя – від централізованої системи густого змащування.

Управління двигунами здійснюється з поста управління; схемою управління передбачена можливість як автоматичного, так і ручного дистанційного керування. Лопата 42 призначена для скидання крупних шматків металу з шляхів зливковоза.

Зливковоз другого типу, показаний на рисунку 1.2, відрізняється в основному від попереднього тим, що має два приводні (передніх) скати 8 і один неприводний (задній) скат 15 і редуктори механізму пересування не підвішені на рамі за допомогою амортизаторів.

Кожен з приводних скатів приводиться від самостійного електродвигуна 13 і 14 через сполучний вал 12 із зубчатими муфтами 10, 11 і конічний – циліндровий редуктор 9, 7, остання шестерня 29 якого встановлена на осі 30 ската.

Управління зливковозом при підході до приймального рольгангу, передача зливка на рольганг і відході від рольганга автоматичне.

У зливковозі третього типу (рис. 1.3) привід механізму переміщення візка складається з електродвигунів 36, 43, сполучного валу 35, глобоїдальних редукторів 34, 44, встановлених на осях 45, 46 скатів 20, 28, і гальм 37, 42. Електродвигуни і установка для їх охолодження електродвигун 33, вентилятор 32 і очисник повітря 31 змонтовані на підмоторній плиті 16, яка з одного боку спирається на опори 47 заднього ската, а з іншої – підвішена на рамі за допомогою осей 14, тяги 73 і пружин 72.

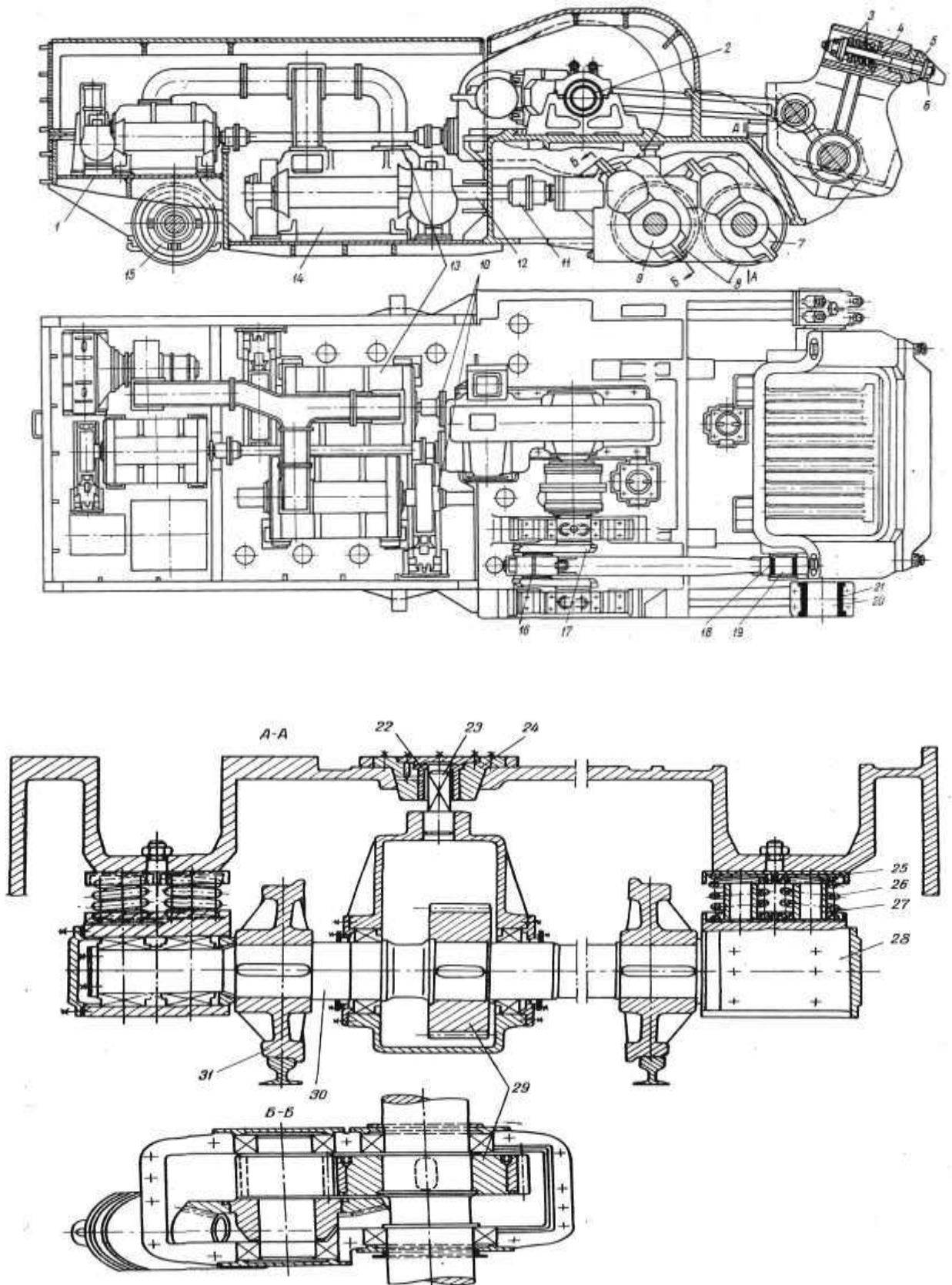


Рисунок 1.2 – Зливковоз другого типу [4] (позиції наведені в тексті)

Редуктор 34 переднього скату сполучений з рамою також за допомогою осі 22, тяга 24 і пружин 26.

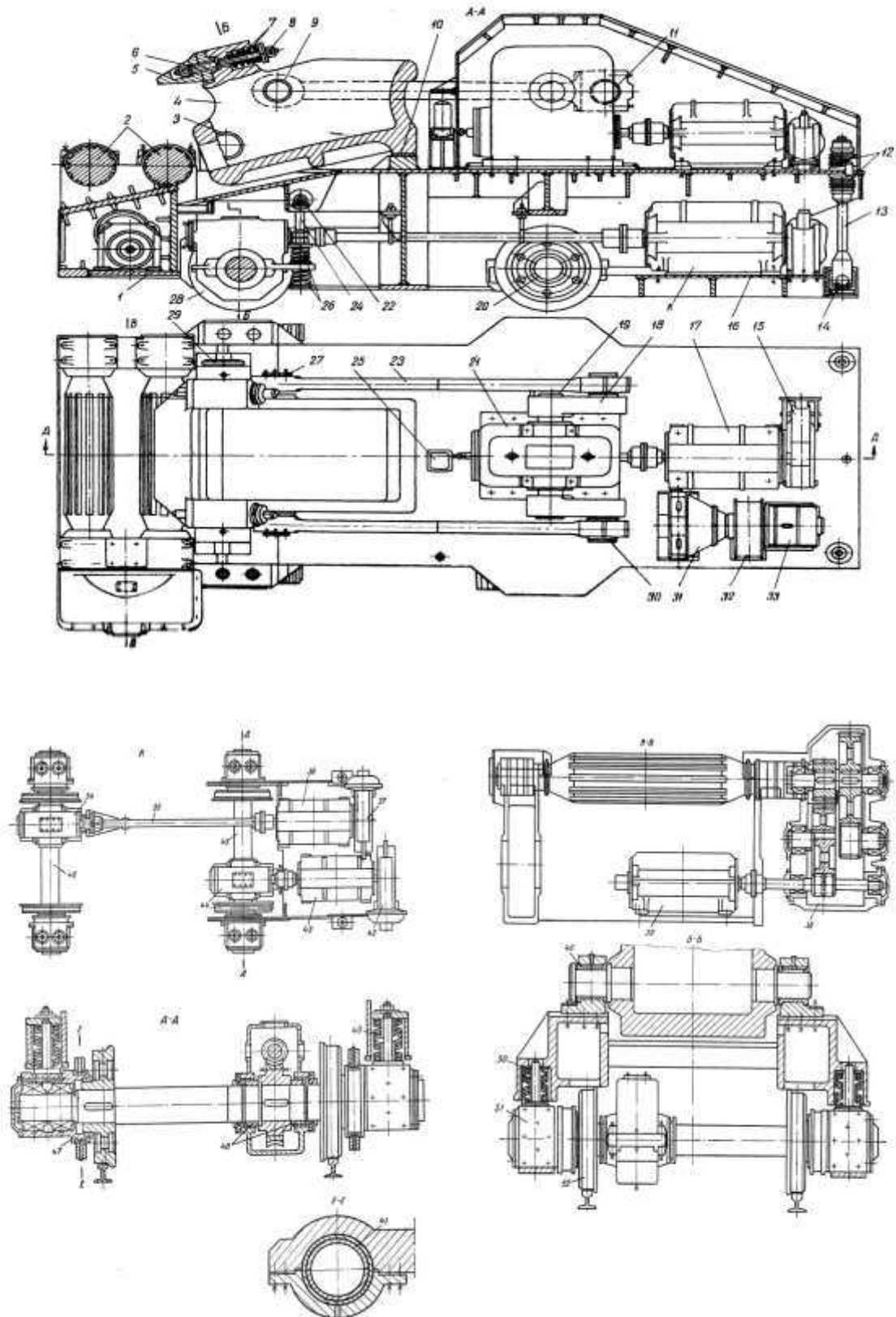


Рисунок 1.3 – Зливковоз третього типу [4] (позиції наведені в тексті)

Привод механізму перекидання люльки здійснюється від електродвигуна 77 з гальмом 15 або через глобоїдальний редуктор 21 і кривошипношатунну передачу (кривошипів 18 і шатунів 23), або, як і у зливковозів першого типу (див. рис. 1.1), через колінчастий вал і шатун.

Командоапарат 25 призначений для обмеження кінцевих положень люльки.

Зливки з люльки на приймальний рольганг передають постановленому на візку двошариковому рольгангу з груповим приводом що складається з електродвигуна 39 і циліндричного редуктора 38, вмонтованого в раму візка. Осі 45, 46 скатів, черв'ячні вали глобоїдальних редукторів 21, 34, 44, ролики 2 і вали циліндрового редуктора 38 встановлені на підшипниках кочення, вал кривошипів 19, шатуни 23, редуктори 34, 44, підмоторна плита 16, люлька 4 – на підшипниках ковзання – вкладишах 11, 40, 41, 48 і втулках 9.

Всі вузли механізмів з'єднані між собою зубчатими муфтами. Змазування глобоїдального редуктора механізму перекидання люльки і редуктора рольганга здійснюється заливкою рідкого мастила в картер, глобоїдальних редукторів механізму переміщення візка – від централізованої системи рідкого змащування, встановленої всередині корпусу візка, решти вузлів тертя – від ручної централізованої станції густого мащення, встановленої зовні рами візка.

Схемою управління передбачено як автоматичне, так і ручне дистанційне керування всіма механізмами зливковоза.

На рисунку 1.4, представлений загальний вид зливковоза блюмінга 1300 конструкцій УЗТМ. Зливковоз призначений для транспортування нагрітих злиwkів масою до 13 т від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу блюмінга. Зливковоз рухається по замкнутому так званій кільцевій рейковій колії. Прямі ділянки колії розташовані один вздовж фронту нагрівальних колодязів, інший на протилежній гілці колії, що знаходиться зовні будівлі нагрівальних колодязів. Закруглені (радіальні) ділянки колії розташовані один збоку від приймального рольганга, інший – за останнім нагрівальним колодязем.

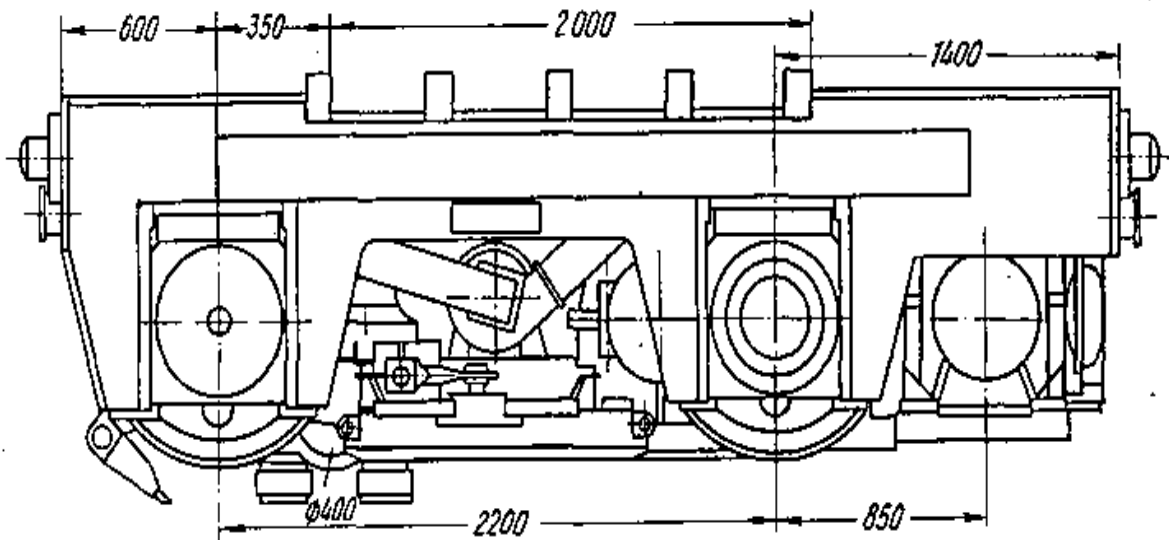


Рисунок 1.4 – Зливковоз блюмінга 1300 конструкцій УЗТМ [4]

Зливковоз є самохідним візком масою 26,5 т з горизонтальною зварною платформою. На відміну від зливковозів, вживаних раніше на блюмінгах, на зливковозі немає вертикальної люльки з перекидачем і зливковий укладається колодязним кліщовим краном на поперечні бруси платформи в горизонтальному положенні вздовж рами візка. Платформа зливковоза спирається на два скати, чотири ходові колеса яких (діаметром 900 мм) торкаються з важкими рейками спеціального профілю, ширина колії 1600 мм. Задній скат (задня вісь з насадженими на неї колесами) приводиться від розташованого під платформою електродвигуна постійного струму типу ДП –62 потужністю $N=46-92$ кВт, $n=625-1250$ хв⁻¹ (ПВ=100%) через циліндровий двоступінчатий редуктор ($i=10,9$). Базова відстань між осями скатів рівна 2200 мм. На прямих ділянках колії зливковоз може рухатися з швидкістю до 5,4 м/с.

Для можливості самостійного руху зливковоза на закруглених ділянках колії (із зовнішнім радіусом закруглення $R=5850$ мм) передбачено два холості бігунки: внутрішній (діаметр – 400 мм), розташований під візком поблизу не приводної осі переднього ската, і зовнішній (діаметр – 575 мм), розташований на кінці осі заднього приводного ската. Відповідно для цих бігунків на кожній закругленій ділянці колії передбачені середня ($R=5000$ мм) і внутрішня ($R=$

3720 мм) рейки, розташовані вище за рейки на прямих ділянках колії. Середній бігунок зроблений без бічних реборд, і його вісь вільно обертається в корпусі з цапфою, що спирається на сферичний дворядний роликовий підшипник. Радіальні зусилля від бігунка корпус передає рамі візка через упорний кульковий підшипник. З боків цього корпусу на вертикальних осях змонтовано чотири направляючі ролики, дотичних попарно з бічними поверхнями головки середньої рейки. При наближенні до закругленої ділянки колії середній бігунок починає спиратися на середню рейку, що поступово підвищується; при цьому передня частина зливковоза підводиться на 30 мм, і передній скат не стикатиметься з рейками. Потім зовнішній бічний бігунок починає спиратися на внутрішню рейку, а ліве колесо приводного ската залишається без опори, оскільки кінець прямої рейки знаходиться на початку цієї ділянки і не продовжується далі по радіусу. Таким чином, при русі по закругленій ділянці колії із швидкістю 1,5 – 2,0 м/с для зливковоза передбачено три опори: праве зовнішнє приводне колесо, лівий бічний бігунок (замість лівого колеса на приводному скаті) і середній бігунок. При цьому зчеплення з рейкою утворюється лише біля одного правого (по руху) колеса (прослизання решти трьох коліс виключене), а чотири бічні ролики середнього бігунка повертатимуть весь зливковоз відповідно радіальному напрямку середньої рейки.

Перехід із заокругленої ділянки на пряму колію відбуватиметься в зворотній послідовності.

Зварна рама (платформа) візка спирається на чотири підшипникові букси ходових коліс діаметром 900 мм через пакети сталевих прокладок.

Для повітряного охолодження обмоток тягового електродвигуна внизу під рамою візка встановлений вентилятор, що приводиться електродвигуном ДП –21 потужністю $N=1,3$ кВт, $n=1460-2920$ мін^{-1} (ПВ = 25%).

Для очищення полотна колії зливковоза від окалини перед переднім скатом зроблений скребок. З обох боків візка під рамою розташовані електромагнітні гальма, якорі яких замикаються із зусиллям до 70 кН (7 тс) при зіткненні з рейками. Живлення електродвигунів здійснюється за допомогою

шарнірного – телескопічного з'єднання з струмознімальниками тролейних проводів, що йдуть збоку вздовж кільцевої колії зливковоза.

При підході до заокругленої передньої ділянки колії зливковоз зупиняється, і зливоч за допомогою бічного стаціонарного штовхача зіштовхується на ролики приймального рольганга стану.

Переваги описаного зливковоза:

1) простота конструкції (відсутність люльки – перекидач зі складним шатунно–кривошипним механізмом для перекидання зливка) і надійність в експлуатації, необхідні для безперебійної роботи;

2) невелика маса зливковоза (26,5 т) і невелика витрата енергії на його пересування;

3) можливість включення в автоматичний цикл кільцевої подачі зливків декількома зливковозами, що забезпечує високу продуктивність блюмінга (до 800 т/ч зливків);

4) можливість укладання зливка на платформу в горизонтальному положенні, відповідному подальшому положенню зливка при транспортуванні його рольгангом до стану для прокатки.

На слябінгах прокатують важкі зливки (16 –30 т), тому укладання зливків, що виймаються, колодязним кліщовим краном з колодязів у вертикальному положенні на горизонтальні візки зливковоза (рис. 1.5), вельми скрутне і викликає удар зливка об раму візка.

На слябінгу конструкції НКМЗ для кільцевої зливкоподачі застосований зливковоз комбінованого типу: колодязним кліщовим краном зливоч встановлюється в люльку 1 зливковоза у вертикальному (похилому) положенні. При підході до приймального рольгангу люлька із зливком за допомогою гідроприводу 2 повертається на 90° навколо осі валу 3; при цьому зливоч укладається на горизонтальну раму 4 зливковоза і потім бічним штовхувачем зіштовхується на приймальний рольганг [4].

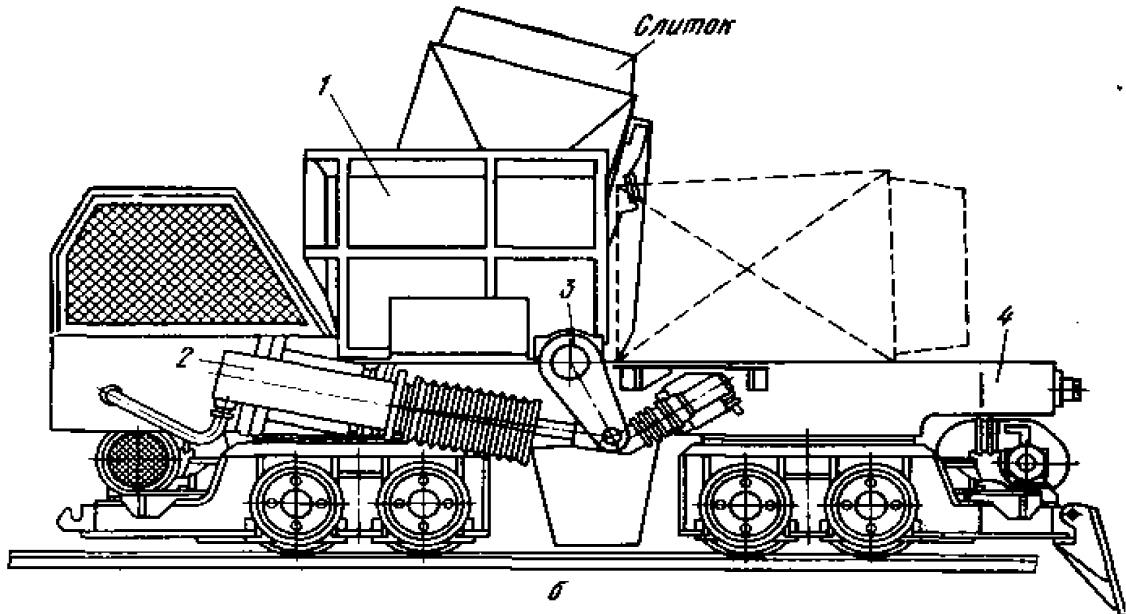


Рисунок 1.5 – Зливковоз слябінгу 1250 конструкцій НКМЗ [4] (позиції наведені в тексті)

До окремої групи відносяться рольганг-візки, які призначені для прийому нагрітих зливків з приймальних рольгангів відділення нагрівальних колодязів і передачі їх на транспортний рольганг.

На станах слябінг встановлюють рольганг-візки двох типів.

Рольганг – візок першого типу (рис. 1.6) є таким, візок, що пересувається по рейках 1, на якому встановлений рольганг з груповим приводом роликів.

Візок складається з рам 33, 41 зварної конструкції, приводного 2 і неприводного 19 скатів і приводу (електродвигуна 5, муфти зубчатої 6, двоступінчатого циліндрового редуктора 7), закріпленого безпосередньо на рамах рольганга за допомогою кронштейнів 11, 16 і пружинних підвісок 9.

Вихідним валом редуктора є вісь 15 приводного ската, на якій встановлено зубчате колесо.

Осі скатів встановлені в буксах 24 на роликопідшипниках 20, знизу букси в рамі утримуються планками 18. Між рамами візка і буксами скатів встановлені пружини 17.

Гальмування візка електричне; гальмом 4 лише фіксується точність зупинки візка.

Рольганг складається із стягнутих траверсами 26 рам 25, 27, що несуть ролики і роликів 21, привід яких здійснюється від електродвигуна 40 через муфту зубчату 39, шестерінчасту передачу 36, 37, трансмісійний вал 30 і конічні шестерні 28, 29, встановлені на трансмісійному валу і цапфах роликів.

Вали 38, 35 і ролики встановлені на дворядних конічних підшипниках кочення, трансмісійний вал – на дворядному конічному підшипнику кочення 32 і підшипниках кочення 31 з витими роликами. Лінійки 22 встановлені на штирях 23, змащування зубчатих муфт, зубчатих зачеплень приводу механізму пересування візка і приводу роликів рольганга – рідке, заливне; підшипників роликів рольганга, букс і планок ковзання 3, 14 – густе, централізоване.

Рольганг–візок другого типу (рис. 1.7) складається з рами 1 зварної конструкції, в якій посадочні місця для опор роликів рольганга мають змінні планки 4, двох скатів 22 і 7, 12, з яких один (7, 12) являється приводним, і рольганга з груповим приводом роликів.

Привод механізму переміщення візка здійснюється від електродвигуна 6 через циліндровий редуктор 10. Вузли приводу і заднього ската з'єднані між собою зубчатими муфтами 5,9,11.

Крайні положення ходу візка регулюються командоапаратом 13. Гальмування візка електричне, гальмо 14 лише фіксує точність зупинки її.

Рольганг складається з роликів 15, опори яких мають з бічних сторін змінні планки 3 і встановлені на пружинних амортизаторах 24, і направляючих лінійок 16.

Ролики рольганга приводяться від електродвигуна 18 через зубчату муфту 20, циліндровий редуктор 21 і сполучні шпинделі 19 із зубчатими муфтами 2.

Скати і ролики рольганга встановлені на підшипниках ковзання. Змащування зубчатих зачеплень приводів механізму пересування візка і рольганга – рідке, заливне; підшипників букс 8, підшипників роликів 15 і пластин 3, 4 – густе, від централізованої ручної станції, встановленої на візку [4].

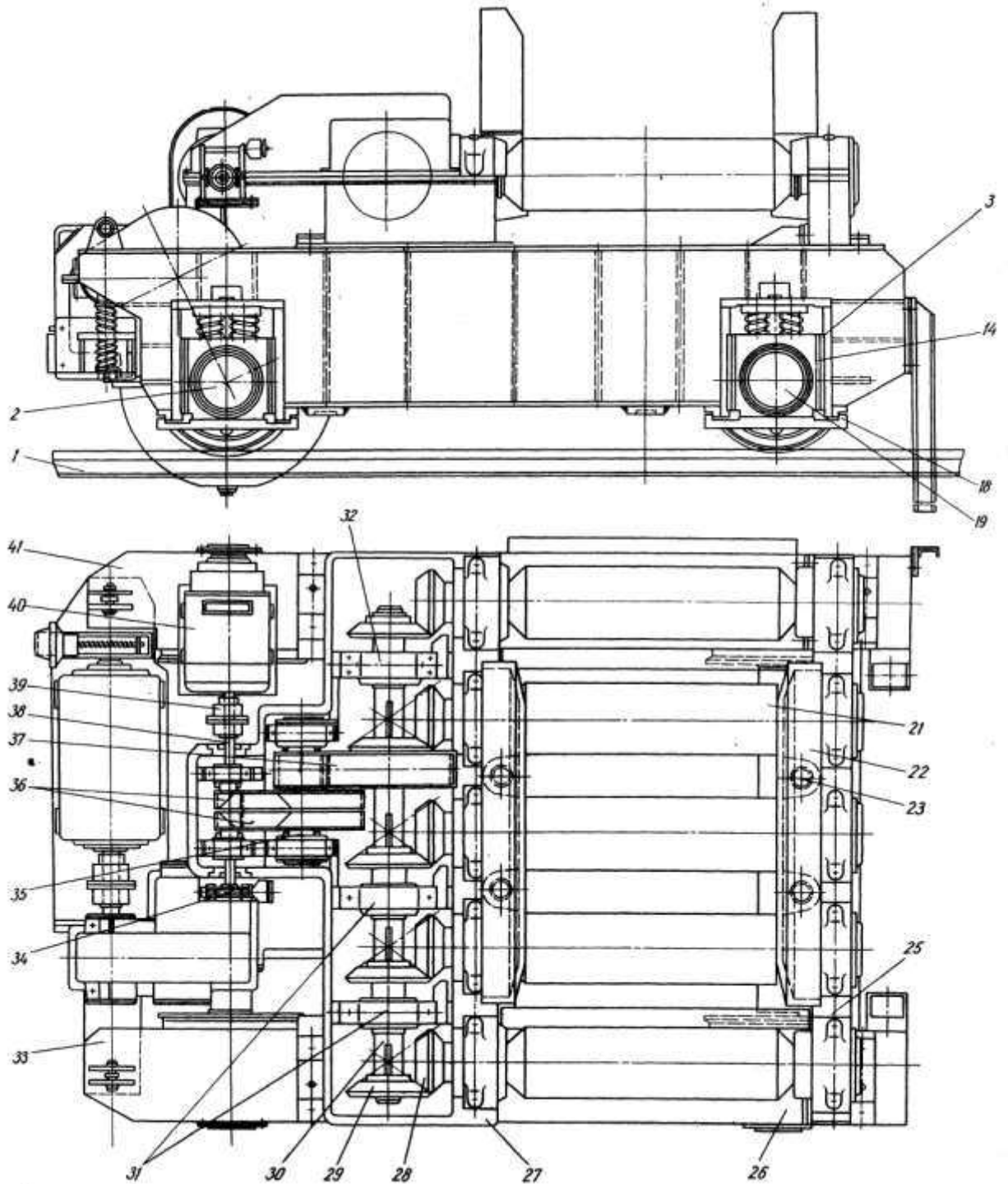


Рисунок 1.6 – Рольганг візок першого типу [4] (позиції наведені в тексті)

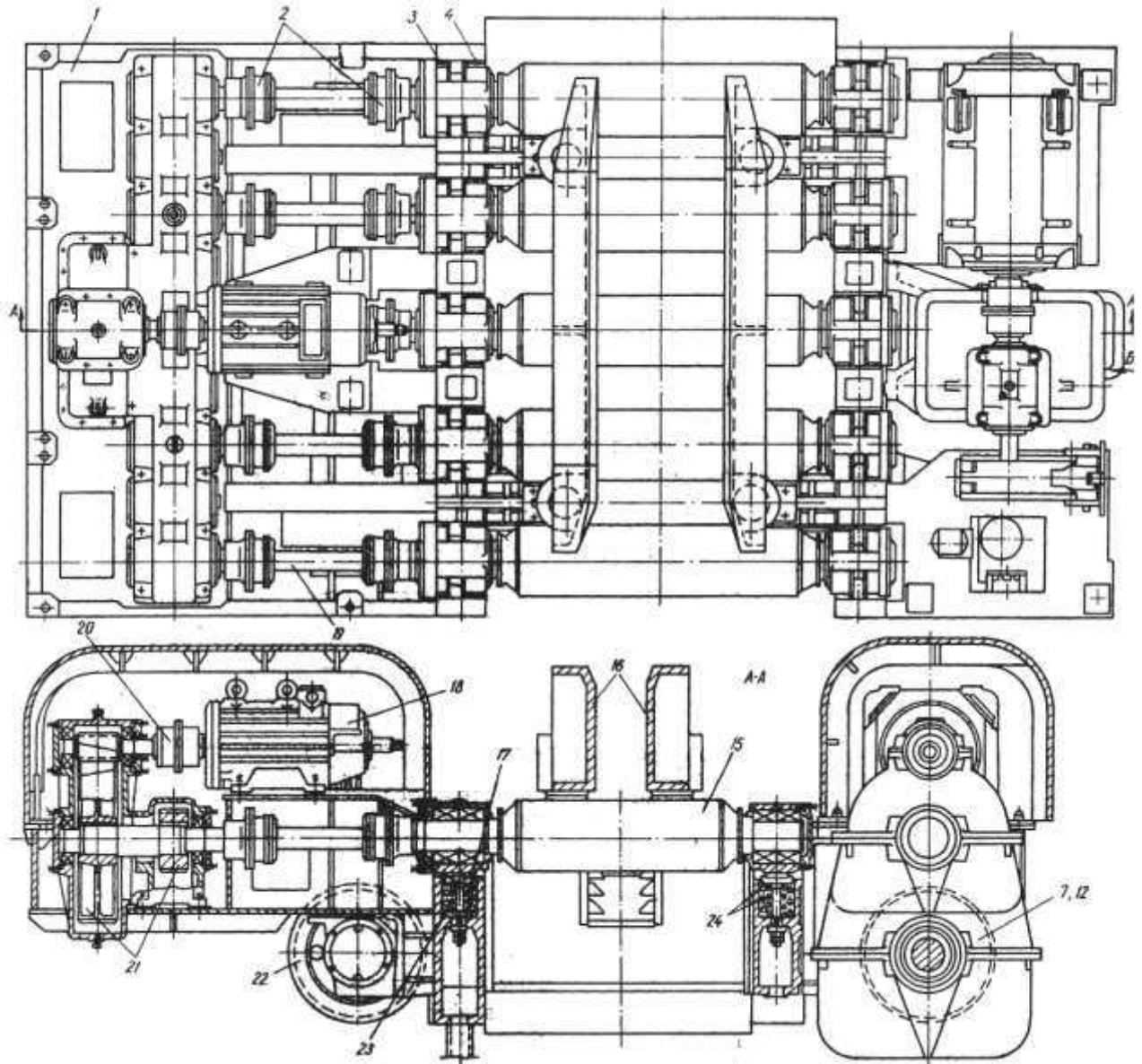


Рисунок 1.7 – Рольганг візок другого типу [4] (позиції наведені в тексті)

1.2 Шляхи зменшення впливу ударних навантажень на вузли зливковоза

Роботоспроможність зливковозу в цілому та його основні показники (продуктивність, витрати ел.енергії) значною мірою залежать від того, наскільки ефективно та злігджено працюють всі механізми зливковозу.

Наведений вище аналіз показав, що на даний час застосовуються різноманітні конструкції зливковозів. Практика їх експлуатації показала, що найбільш ефективними є зливковози з двома приводними скатами та причіпним

візком. Проте і вони ще далекі від конструктивної досконалості та неповною мірою відповідають сучасним вимогам щодо якості регулювання робочої швидкості, остаточної зупинки, що негативно впливає на техніко-економічні показники стану «Слябінг 1150» і, отже, на конкурентоспроможність продукції.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки механізму переміщення злитковозу такої конструкції, яка повною мірою відповідала б сучасним як технологічним, так і експлуатаційним вимогам.

Відомо, що головними показниками, які визначають ефективність роботи зливковозу загалом, є високі чутливість, швидкодія, точність та стійкість проти коливань. Але між ними має бути жорстка узгодженість при управлінні процесом подачі зливків від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу, оскільки необгрунтоване підвищення рівня одного показника може призвести до зниження іншого. У той же час головним завданням є повна і точна зупинка злитковозу у приймального рольгангу. Тільки за цієї умови можуть бути досягнуті високі показники щодо роботи зливковозу.

Робота зливковоза нерозривно пов'язана з механічними коливаннями, які виникають від динамічного навантаження під час посадки кліщовим краном зливка в люльку або візок зливковоза (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Посадка зливка у візок зливковоза кліщовим краном

На зливковозі обтискного стану Слябінг 1150 механізм пересування зливковозу складається з двох пар приводних скатів (передні та задні), які приводяться в рух від електродвигунів. В існуючій конструкції для гасіння механічних коливань використовуються гвинтові пружини (рисунок 1.9)



Рисунок 1.9 – Посадка зливка кліщовим краном в люльку зливковоза: 1 – кліщовий кран, 2 – зливок, 3 – зливковоз, 4 – люлька, 5 – гвинтові пружини

З огляду на високу масу безпосередньо зливковоза і з постійною інтенсифікацією виробничих процесів, яка виражається в збільшенні маси зливка, що прокочується на сляби, останнім часом пружинні амортизатори перестали з поставленою перед ними задачею та потребують технічного рішення, яке б дозволило уникати ударів корпусу зливковоза по рейковим головкам під час посадки зливка.

При процесі переміщення зливка до приймального рольгангу зливковоз можна розглядати як динамічну систему, а саме пружну механічну систему, що має можливість здійснювати коливальний рух. Такі системи можуть бути дискретні та континуальні.

При складанні розрахункових схем зливковоз зі зливком (візок зі зливком) можна розглядати як просту дискретну динамічну система з одним матеріальним об'єктом масою m , який пов'язаний пружинами з нерухомими опорами і здійснює вертикальні коливання під дією змінної сили P (маса зливка) (рис.1.10).

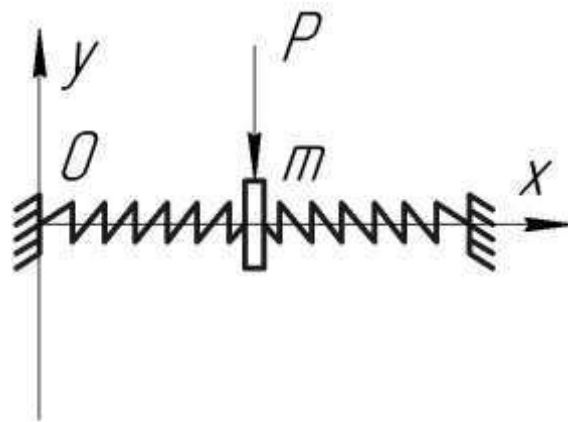


Рисунок 1.10 – Розрахункова схема зливковоза зі зливком у вигляді дискретної динамічної системи

В загальному вигляді варто приймати, що зливковозу зі зливком притаманні всі риси динамічної системи з вільними коливаннями, а саме з такими коливаннями, які викликані початковим відхиленням динамічної системи (посадка зливка в люльку кліщовим краном) і перетікають без подальшого зовнішнього впливу [5].

З іншого боку після посадки зливку в люльку відбувається одночасне переміщення зливковоза, тобто цей випадок можна розглядати як перехідні процеси динамічної системи у вигляді нестационарних коливань. І в цьому випадку важливою задачею є забезпечення затухаючих, а не зростаючих

нестационарних коливань (рис.1.11), що дозволить уникнути аварійних ситуацій пов'язаних з перекиданням зливковоза.

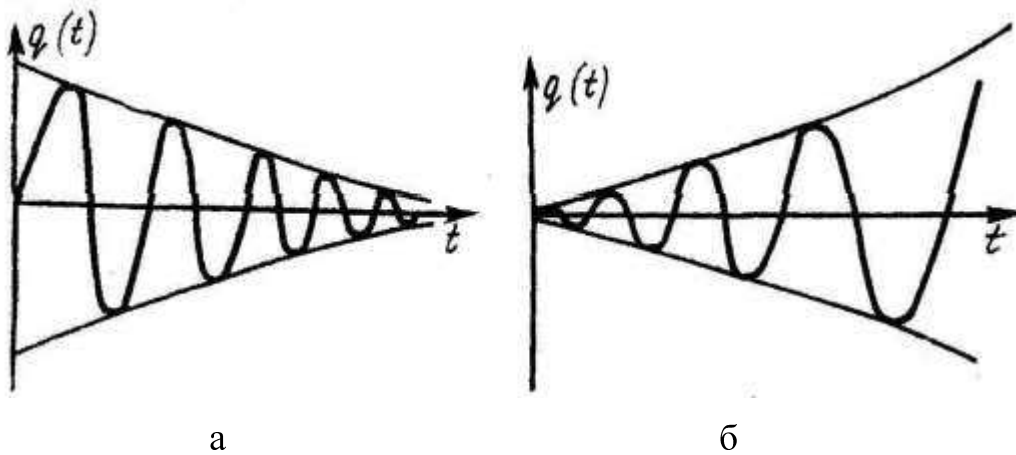


Рисунок 1.11 – Нестационарні коливання: а – згасаючі, б – зростаючі [5]

Для зменшення впливу від динамічних навантажень у формі коливального руху існують три види типових пристроїв [6]:

1. Віброізолятори, пристрої що дозволяють зменшувати вплив механічних коливань шляхом значного зниження частоти власних коливань завдяки пружному елементу;

2. Демпфери – поглинають механічні коливання за рахунок елементів тертя;

3 Амортизатори – комбіновані пристрої, які базуються одночасній дії попередніх двох та захищають від поштовхів та ударів.

До першої групи можна віднести пристрій описаний роботою [7] конструкторське виконання якого наведено на рисунку 1.12. Завдяки розподіленню навантажень у декількох напрямках (частково у вертикальному, а частково у радіальному), відбувається віброізоляція, а саме демпферування механічних коливань від вертикальних навантажень. Принцип дії існуючого амортизатора зливковоза дещо схожий, т.я. пружини в діючій конструкції також встановлено під деяким кутом, що дозволяє перерозподіляти динамічні навантаження.

Запропонована схема в роботі [7] в цьому плані є більш ефективною за рахунок використання трьох пружин і більш рівномірному розподілу динамічної складової, але таке конструктивне виконання є і суттєвим недоліком з точки зору масо-габаритних характеристик і вимагає значного перегляду конструкції корпусу зливковоза.

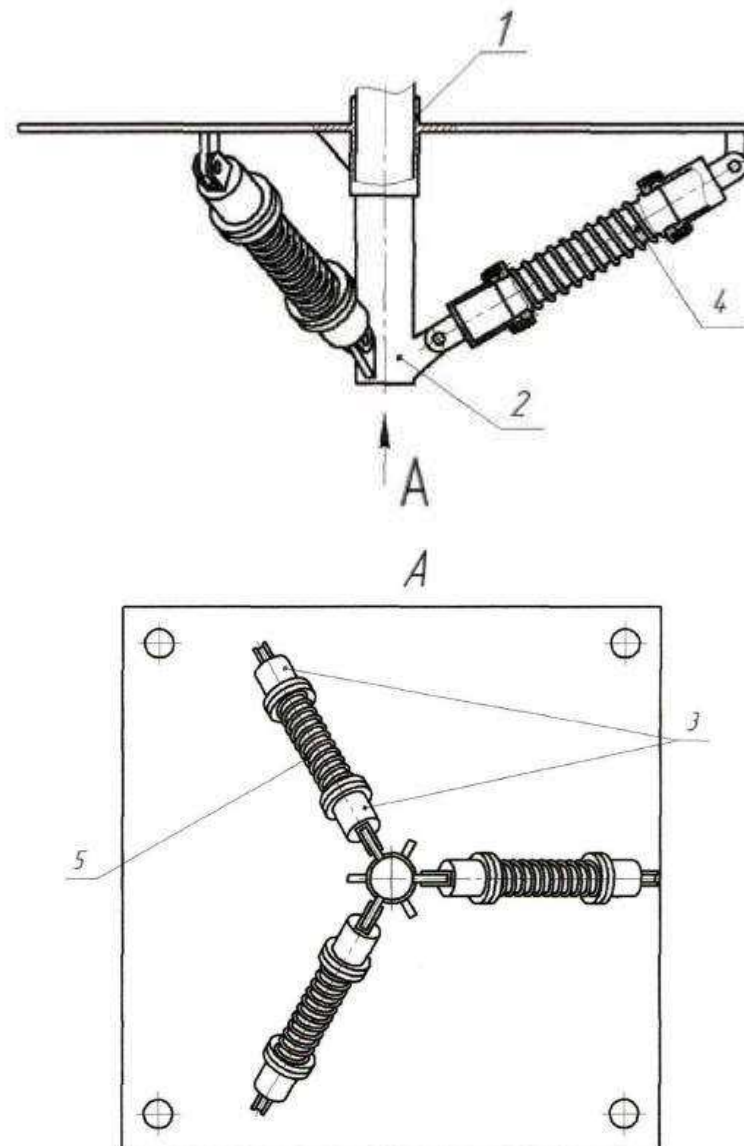


Рисунок 1.12 – Пружинний віброізолятор [7]: 1 – корпус, 2 – стійка, 3 – стакан, 4 – повзунки, 5 – пружини

До другого типу гасників механічних коливань можна віднести пристрій запропонований авторами в роботі [8] та зображений на рисунку 1.13.

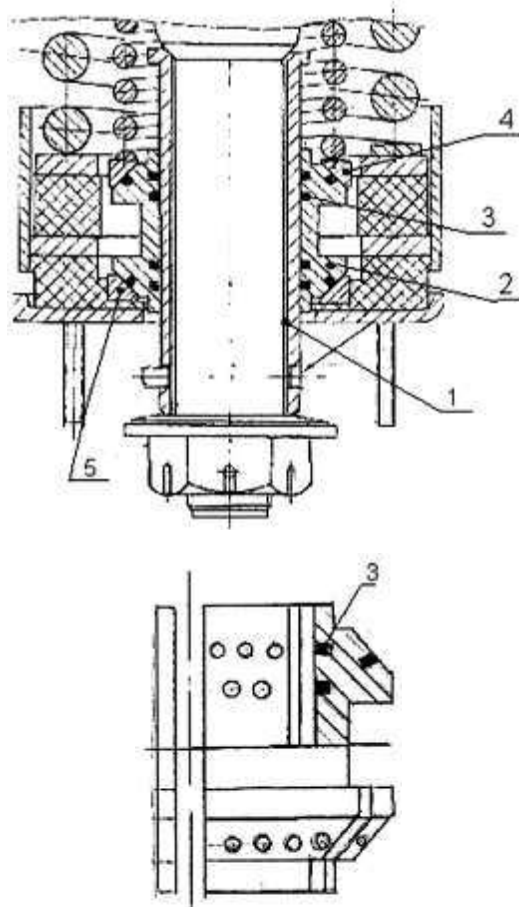


Рисунок 1.13 – Фрикційний демпфер [9]: 1 – втулка (шпінтона), 2 – сухарі, 3 – перфорація, 4, 5 – кільця (конусні)

Згідно запропонованого рішення під час виникнення коливань, сухарі, що представляють собою фрикційні елементи, переміщуються по втулці, викликаючи між собою тертя, таким чином зменшуючи амплітуду коливання. Для запобігання нерівномірного зношення сухарів по відношенню втулки або конусних кілець заздалегідь завбачена перфорація сухаря а також виконуються їхнє розміщення в шаховому порядку. Така конструкція гасника механічних коливань є доволі цікавою, але далекою від конструктивної досконалості, що підтверджується авторами в інших виконаннях цього пристрою та описаних роботою [9].

Під тиском пружини конусні кільця 4 і 5 притискають сухарі 2 до втулки шпінтона 1. В процесі коливань рами візка відносно букси фрикційні сухарі 2 з перфораціями 3, розташованими у шаховому порядку, переміщуються по втулці шпінтона 1, внаслідок чого виникає сила тертя, яка гасить коливання, або зменшує їх амплітуди. В процесі експлуатації нерівномірне зношення 30 поверхні "сухар-втулка", "сухар-кільця", яке залежить від площини контакту, їх взаємного положення та температури в зоні контакту, підвищення якої приводить до схоплення контактуючих поверхонь і впливає на стабільність роботи фрикційного демпфера. Для того, щоб уникнути нерівномірного зношення, поверхні сухаря виконано перфорованими і розташовано у шаховому порядку.

Автори роботи [10] свій винахід (рис.1.14) також відносять до демпферів.

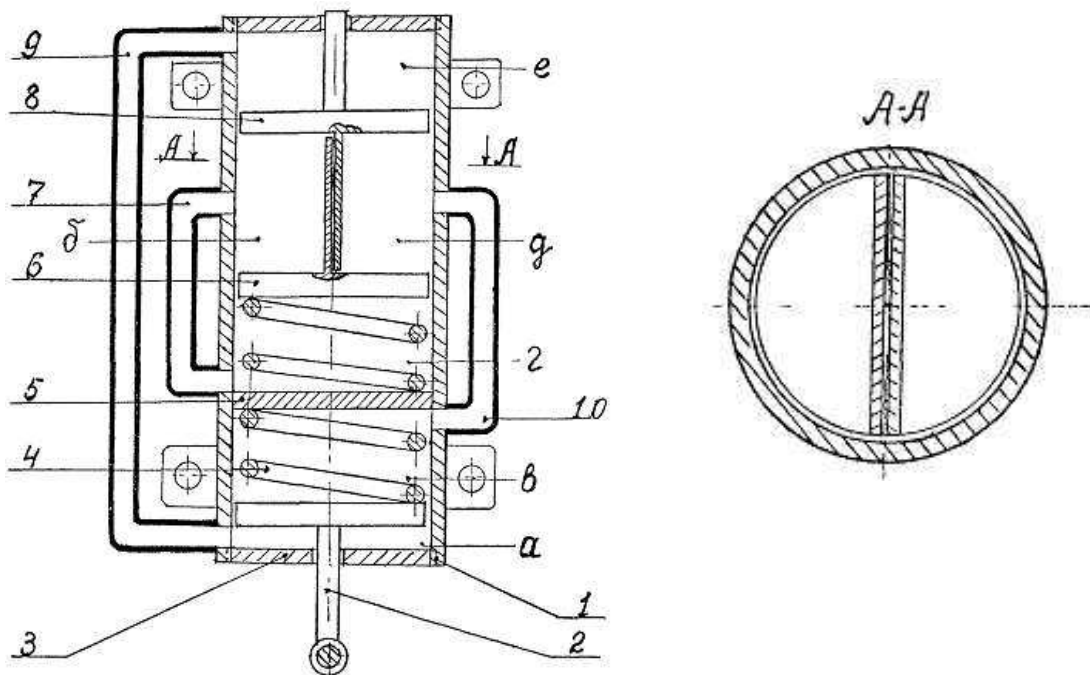


Рисунок 1.14 – Демпфер Яковлева [10]: 1 – циліндр, 2 – шток, 3 – денце, 4 – пружина, 5 – дно, 6, 8 – поршень, 7, 9, 10 – трубопровід

Більш прискіпливий аналіз роботи запропонованого пристрою [10] вказує на те, що за основними ознаками він відноситься до третьої групи гасників

механічних коливань – амортизаторів, т. я. при виконанні свого основного призначення він використовує основні принципи і демпферів і віброізоляторів, поєднуючи їх одночасно в одному пристрої. Вна жаль в доволі екстремальних умовах роботи цеху гарячої прокатки таку конструкцію буде доволі складно реалізувати.

На думку автора цього проєкту найбільш оптимальним конструктивним виконанням гасників механічних коливань в умовах цеху гарячої прокатки буде використання демпфуючих пристроїв заснованих на принципах поглинання енергії коливань за рахунок фрикційних пар.

1.2 Модернізація обладнання та обґрунтування обраних рішень

З ретельного аналізу вищевикладеного матеріалу для компенсації недоліків пружинного амортизатора, де циліндрична пружина навита з пружинного дроту (рис. 1.9) виконує роль компенсатора динамічних навантажень від ваги зливковоза та одночасної дії ударного навантаження від зливка при його встановленні з печі, пропонується замість гвинтових, встановити пакет тарільчастих пружин (рис. 1.15).

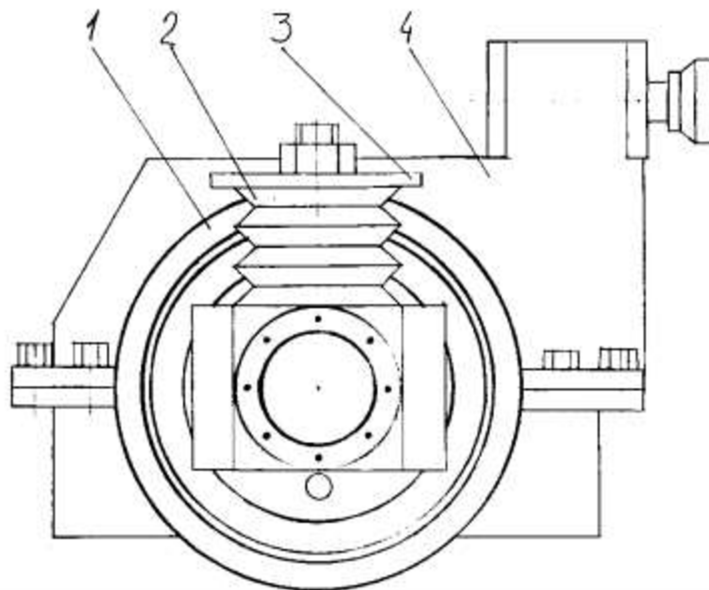


Рисунок 1.15 – Модернізація приводного колеса зливковоза: 1 – ходове колесо, 2 – пакет тарільчастих пружин, 3 – кришка, 4 – корпус редуктора

Тарільчасті пружини (рис. 1.16) як правило використовують при збільшених навантаженнях, коли від пружини потребують компенсації великого зусилля при порівняно невеликій осідці (деформації). На пружини встановлені стандартизовані ряди по зовнішніх діаметрах від 8 до 250 мм. Товщина пружин $s=1,5\text{...}20$ мм, висота внутрішнього конуса $f_3=0,8\text{--}9$ мм, сприймане зусилля $P=5\cdot 10^3\text{--}5\cdot 10^5$ Н·м [11]. З іншими розмірами пружини виготовляються за індивідуальним замовленням згідно методик випробувань описаних в [11-12].

По ступеню точності пружини ділять на пружини нормальної точності, отримані штампуванням без механічної обробки (тип Н, рис. 1.16, а, б), і пружини підвищеної точності, отримані штампуванням з механічною обробкою поверхні обрізання (тип П, рис. 1.16, в) [13].

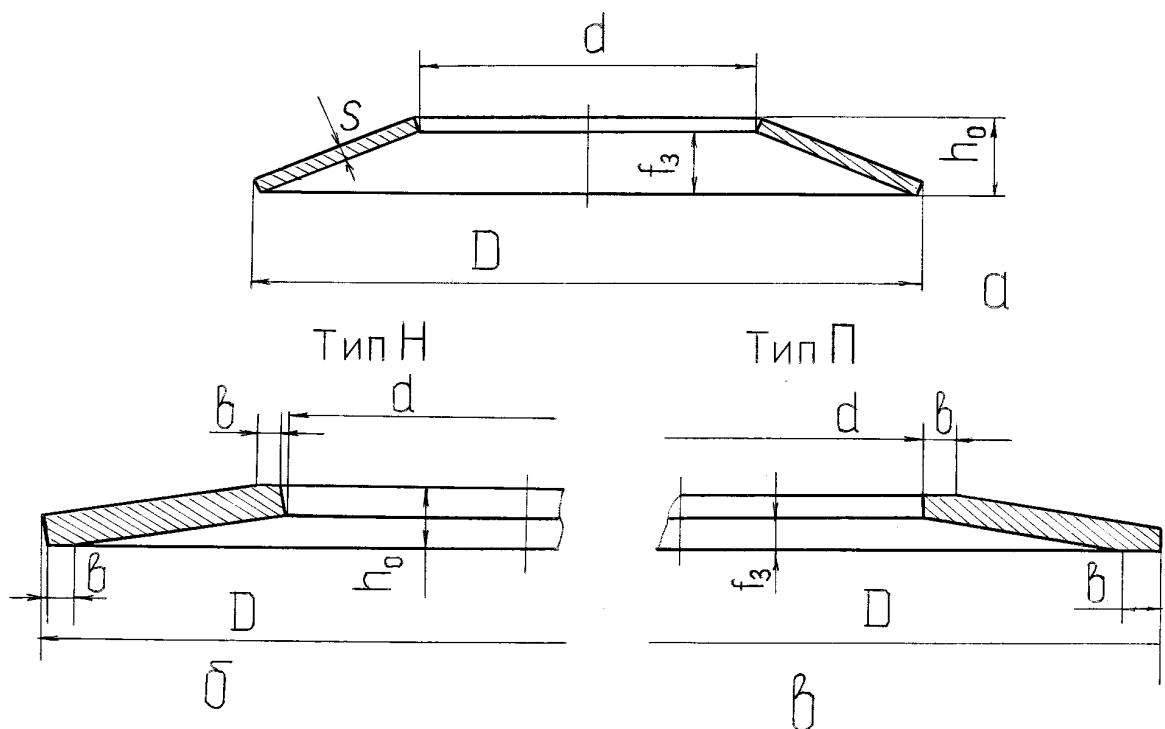


Рисунок 1.16 – Розміри та ескізна коспоновка тарільчастих пружин: а, б – пружини нормальної точності, отримані штампуванням без механічної обробки поверхні обрізання, в – пружини підвищеної точності, отримані штампуванням з механічною обробкою поверхні обрізання

По виконанню пружини підрозділяються на типи: з похилими крайками; з похилими крайками й опорними площинами (при товщині пружини більше ніж 3,0 мм). Залежно від характеристики розрізняють пружини великої твердості ($f_3/s \leq 0,6$) й малої твердості ($0,6 < f_3/s \leq 1,5$), а за умовами роботи – пружини статичної дії – С; динамічної – Д; багаторазової – М.

Основним матеріалом тарілчастих пружин товщиною від 1,25 до 25 мм служить сталь 50 CrV4, а для пружин товщиною вище 25 мм сталь 51 CrMoV4 [11]. Допускається також виготовлення пружин згідно ДСТУ зі сталей 60С2, 50ХФА, 65С2ВА, 70С3А з листового й штабового прокату, які по своїм якостям не нижче сталі 60С2А. Для підвищення несучої здатності пружини обтискають до повного розпрямлення. Пружини термічно обробляють і захищають від корозії.

Для підвищення піддатливості тарілчасті пружини застосовують у вигляді комплекту послідовно встановлених тарілок (послідовне складання), а при необхідності одержання більшої твердості (при недостатній твердості однієї тарілки) використовують паралельне складання [14].

Крім виконання чисто силових функцій тарілчасті пружини можуть активно демпфувати і гасити енергію удару (значно ефективніше, ніж гвинтові пружини). Це пов'язано з тим, що в процесі деформації відбувається ковзання опорних кромок пружин, що приводить до виникнення значних по величині сил тертя, які і поглинають енергію удару або вібрації. Іноді для підвищення ефективності демпфування між опорними поверхнями тарілок встановлюють плоскі шайби, щодо яких і ковзають кромки [15].

Для вирішення поставленої задачі необхідно виконати розрахунок основних конструктивних параметрів пакету тарільчастих пружин, в тому числі схему їхнього складання та дослідити виникнення коливань у тарілчастих пружинах ходових скатів зливковозу та візка в результаті переміщення різних типів злиwkів, що дозволить встановити найбільш несприятливий режим роботи та завчасно приймати превентивні міри для мінімізації його впливу на стан технологічного обладнання.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок тарілчастих пружин механізму пересування зливковоза

Розрахуємо масу, яка тисне на передні і задні скати механізму пересування зливковоза. На передній скат припадає навантаження від загальної маси зливковоза [4]:

$$m_1 = 0,3 \times m^*, \quad (2.1)$$

де m^* – загальна маса зливковоза без ходової частини, яку розрахуємо по формулі

$$m^* = (m_{\text{зливковоза}} + m_{\text{зливка}}) - n \times m_{\text{ската}} \quad (2.2)$$

де $n=2$ число скатів на зливковозі;

$m_{\text{ската}}=7400$ кг – маса ската зливковоза.

Підставивши значення у вираз (2.2) і (2.1), отримаємо

$$m^* = 132700 - 2 \times 7400 = 117900 \text{ кг}$$

$$m_1 = 0,3 \times 117900 = 35370 \text{ кг}$$

Зусилля, яке сприймає пружина в кожній опорній точці (опорних точок дві).

$$m' = 35370 / 2 = 17685 \text{ кг}$$

По [16] вибираємо пружину з такими параметрами :

$R_k=21000$ кгс, сила при максимальній деформації;

$D=250$ мм, зовнішній діаметр пружини;

$D_1=100$ мм, внутрішній діаметр пружини;

$S=12$ мм, товщина матеріалу пружини;

$h_0=18$ мм, висота однієї пружини;

$f_3=5$, коефіцієнт стиснення однієї пружини.

Приймаємо послідовну схему збирання (рисунок 2.11)

Згідно рекомендацій [16] розрахуємо кількість пружин при даній збірці по формулі:

$$n = \frac{F_k}{f_3} \quad (2.3)$$

де $F_k=40$ мм – максимальна деформація комплекту пружин.

Підставивши значення у вираз (2.3), отримаємо

$$n = \frac{40}{5} = 8 \text{ шт.}$$

Розрахуємо висоту комплекту пружин у вільній відстані по формулі

$$H_{ок} = h_0 \times n \quad (2.4)$$

Підставивши значення у вираз (2.4), отримаємо

$$H_{ок} = 18 \times 8 = 144 \text{ мм.}$$

Перевірочний розрахунок не потрібний, оскільки сортамент пружин розрахований відповідно до максимально допустимих навантажень.

Розрахуємо масу, яка тисне на задні скати механізму пересування зливковоза. На задній скат припадає навантаження від загальної маси зливковоза:

$$m_2 = 0,7 \times m^* \quad (2.5)$$

Підставивши значення у вираз (2.5), отримаємо

$$m_2 = 0,7 \times 117900 = 82530 \text{ кг}$$

Зусилля, яке сприймає пружина в кожній опорній точці (опорних точок дві).

$$m// = 82530 / 2 = 41265 \text{ кг}$$

По довіднику вибираємо пружину з такими параметрами:

$R_k = 45000$ кгс, сила при максимальній деформації;

$D = 300$ мм, зовнішній діаметр пружини;

$D_1 = 122$ мм, внутрішній діаметр пружини;

$S = 20$ мм, товщина матеріалу пружини;

$h_0 = 26$ мм, висота однієї пружини;

$f_3 = 6$, коефіцієнт стиснення однієї пружини.

Приймаємо послідовну схему збирання (рисунок 2.1)

Підставивши значення у вираз (2.3), отримаємо

$$n = 7 \text{ шт.}$$

Підставивши значення у вираз (2.4), отримаємо [16]

$$H_{ок} = 182 \text{ мм.}$$

Що відповідає наявним конструкторським можливостям для впровадження на існуючій конструкції зливковогоза.

2.2 Розрахунок тарілчастих пружин механізму пересування візка зливковогоза

Розрахуємо масу, яка тисне на скат механізму пересування візка зливковогоза.

Загальна маса візка зливковогоза без ходової частини, яку розрахуємо по формулі

$$m^* = (m_{\text{візка}} + m_{\text{зливка}}) - n \times m_{\text{ската}} \quad (2.6)$$

де $n=2$ – число скатів візка;

Підставивши значення у вираз (2.6), отримаємо

$$m^* = 37840 \text{ кг}$$

Зусилля, яке сприймає пружина в кожній опорній точці (опорних точок чотири).

$$m' = 37840 / 4 = 9460 \text{ кг}$$

По довіднику вибираємо пружину з такими параметрами:

$R_k = 9900$ кгс, сила при максимальній деформації;

$D = 140$ мм, зовнішній діаметр пружини;

$D_1 = 80$ мм, внутрішній діаметр пружини;

$S = 8$ мм, товщина матеріалу пружини;

$h_0 = 11$ мм, висота однієї пружини;

$f_3 = 3$, коефіцієнт стиснення однієї пружини.

Приймаємо як у випадку зливковоза послідовну схему збирання (рисунок 2.1).

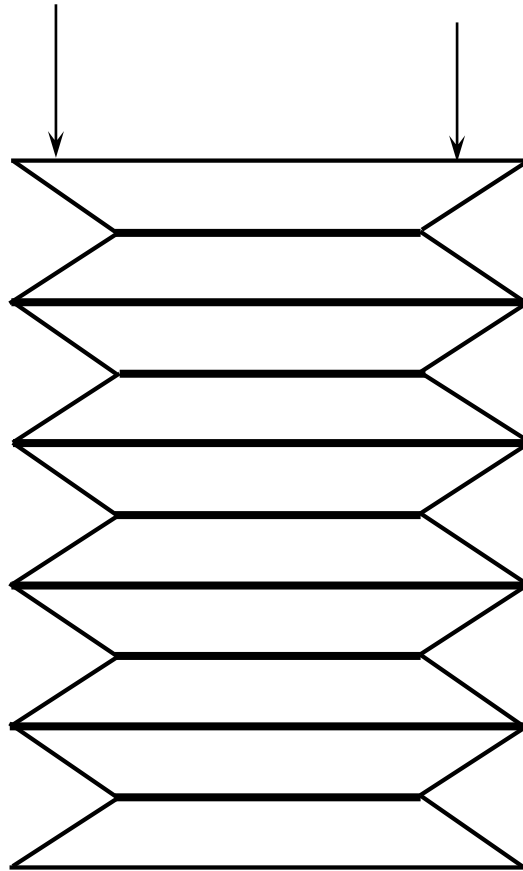


Рисунок 2.1 – Послідовна схема збирання тарілчастих пружин

Розрахуємо кількість пружин, підставивши значення у вираз (2.3), отримаємо

$$n = 17 \text{ шт.}$$

Розрахуємо висоту комплекту пружин у вільній відстані по формулі (2.4) [16]:

$$H_{ок} = 187 \text{ мм.}$$

Що відповідає наявним габаритним та приєднувальним розмірам для впровадження на існуючій конструкції зливковоза.

2.3 Вибір електродвигуна механізму пересування зливковоза

Початкові дані для розрахунку відповідають технічним характеристикам наявної моделі зливковоза та вимогам технологічного процесу:

Маса зливковоза $m=182$ тонни, зливковоз рухається в напівзакритому приміщенні по залізничних коліях. Швидкість руху зливковоза $v=5,6$ м/с. Режим роботи важкий, $PB=100\%$. Діаметр ходових коліс $D_k=1000$ мм.

2.3.1 Визначення опору пересуванню зливковоза

Основні принципи розрахунків підйомно-транспортного обладнання викладені в роботах [17-20], розрахунок зливковоза виконаємо за аналогією з урахуванням особливостей перебігу технологічного процесу

Загальний опір пересуванню зливковоза розрахуємо по формулі

$$F_{\text{пер}} = k_p \cdot m \cdot g \times \frac{f \times d_k + 2 \times \mu}{D_k} \quad (2.7)$$

де $\mu=0,001$ – коефіцієнт тертя (плече реактивної сили) кочення ходових коліс по рейках:

$k_p=2,5$ – коефіцієнт, що враховує додатковий опір від тертя реборд ходових коліс і торців ступиць колеса для підшипників ковзання:

$g=9,8$ м/с² – ускорення – вільного падіння;

$f=0,02$ – коефіцієнт тертя в підшипниках кочення ходових коліс.

Підставивши значення в (2.7), отримаємо

$$F_{\text{пер}} = 2,5 \times 182000 \times 9,81 \times \frac{0,02 \times 0,26 + 2 \times 0,001}{1} = 32137,56 \text{ Н} = 32,13756 \text{ кН.}$$

2.3.2 Вибір електродвигуна, сполучних муфт і редуктора

Статичну потужність редуктора можна розрахувати по формулі

$$P_c = \frac{F_{\text{пер}} \times v}{10^3 \times \eta} \quad (2.8)$$

де $v=5,6$ м/с – максимальна швидкість пересування зливковоза;

$\eta=0,8$ – ККД механізму пересування.

Підставивши значення в (2.8), отримаємо

$$P_c = \frac{32137,56 \times 5,6}{10^3 \times 0,8} = 224,9 \text{ кВт.}$$

Оскільки потужність електродвигуна, що розраховується, дуже велика, то приймемо два електродвигуни для приведення в рух зливковоза обох скатів.

Приймемо двигуни типу [21] ДП –82А, потужністю $N=140$ кВт, напруга $U=220$ В, сила струму $I=970$ А, частота обертання $n=1000$ хв⁻¹, момент інерції ротора $M=2,57$ кгм².

Номінальний момент електродвигуна розрахуємо як:

$$T_{\text{ном}} = 9550 \times \frac{P}{n} \quad (2.9)$$

$$T_{\text{ном}} = 9550 \times \frac{140}{1000} = 1337 \text{ Нм.}$$

Розрахуємо частоту обертання ходового колеса

$$n = \frac{60 \times v}{\pi \times D_K} \quad (2.10)$$

Підставивши значення в (2.10), отримаємо

$$n_k = \frac{60 \times 5,6}{3,14 \times 1} = 107,0 \text{ хВ}^{-1}.$$

Необхідне передаточне число розрахуємо по формулі

$$U = n/n_k \quad (2.11)$$

$$U = 1000/107 = 9,3$$

Округляємо до стандартного найближчого значення $U=9,5$.

Виберемо редуктор по параметрах електродвигуна $n_p=1000 \text{ мін}^{-1}$, $U=8,5$.

Потужність редуктора розрахуємо як

$$P_p = k_p \times P_d, \quad (2.12)$$

де $k_p=1,7$ – коефіцієнт, що враховує умови роботи редуктора.

Підставивши значення в (2.12), отримаємо

$$P_p = 1,7 \times 140 = 238 \text{ кВт}$$

Номінальний момент, передаваний муфтами електродвигуна, приймається рівний моменту статичних опорів, згідно формули

$$T_M^{\text{НОМ}} = T_c = \frac{F_{\text{пер}} \times D_k}{2 \times U_p \times \eta} = \frac{32137,56 \times 1}{2 \times 8,5 \times 0,8} = 2363 \text{ Нм} \quad (2.13)$$

Розрахуємо момент для вибору сполучних муфт, по формулі

$$T_M = T_M^{\text{НОМ}} \times k_1 \times k_2 \quad (2.14)$$

де $k_1=1,2$ – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності механізму;

$k_2=1,3$ – коефіцієнт, що враховує режим роботи механізму.

Враховуючи, що момент, що крутить, передається двигуном на дві муфти (привід центральний з швидкохідним валом) і можливий нерівномірний розподіл навантажень між ними, розрахунковий момент однієї муфти визначаємо як [22]:

$$T'_M = 0,6 \times T_M = 0,6 \times 3686,28 = 2211,768 \text{ Нм} \quad (2.15)$$

Вибираємо пружно втулочно-пальцеву – муфту з моментом, що крутить, 400 Нм, діаметр муфти $D_M=320$ мм і моментом інерції рівним

$$I'_m = 0,1 \times m \times D_M^2 \quad (2.16)$$

де $m=5$ кг – маса муфти.

Підставивши значення в (2.16), отримаємо

$$I'_m = 0,1 \times 0,5 \times 0,32^2 = 0,0012 \text{ кгм}^2$$

Розрахуємо фактичну швидкість пересування зливковоза по формулі

$$v_{\text{пер}}^{\text{ф}} = v \times \frac{U}{U_p} = 5,6 \times \frac{9,5}{8,5} \approx 6 \text{ м/с}$$

Розрахункова фактична швидкість пересування зливковоза відрізняється від найближчого значення 5,6 м/с, менше ніж на 10 %, що допустимо.

Число ходових коліс зливковоза $z=4$, із них число приводних коліс $z_{\text{пр}}=4$. Приймаємо $\varphi=0,13$ – коефіцієнт зчеплення ходових коліс, $k_{\varphi}=1,1$ коефіцієнт запасу зчеплення.

Розрахуємо максимально допустиме значення прискорення зливковоза при пуску по формулі

$$a_{\max} = \left[\frac{z_{\text{np}}}{z} \times \left(\frac{\varphi}{k\varphi} + \frac{f \times d_k}{D_k} \right) - (2 \times \mu + f \times d_k) \times \frac{k_p}{D_k} \right] \times g, \quad (2.17)$$

Підставивши значення в (2.17), отримаємо

$$a_{\max} = \left[\frac{4}{4} \times \left(\frac{0,13}{1,1} + \frac{0,02 \times 0,26}{1} \right) - (2 \times 0,001 + 0,02 \times 0,26) \times \frac{2,5}{1} \right] \times 9,8 = 0,9 \text{ м/с}^2$$

Розрахуємо найменший час пуску, що допускається, по умові зчеплення

$$t_{\text{доп}} = \frac{v}{a_{\max}} = \frac{6}{0,9} = 6,6 \text{ с} \quad (2.18)$$

Розрахуємо середній пусковий момент двигуна по формулі

$$T_{\text{ср.пуск}} = \frac{\phi_{\max} + \phi_{\min}}{2} \times T_{\text{ном}} \quad (2.19)$$

де $\phi_{\max} = 2,5$ – максимальна кратність пускового моменту;

$\phi_{\min} = 1,3$ – мінімальна кратність пускового моменту;

$T_{\text{ном}} = 1337 \text{ Нм}$ – номінальний пусковий момент електродвигуна.

Підставивши значення в (2.19), отримаємо

$$T_{\text{ср.пуск}} = \frac{2,5 + 1,3}{2} \times 1337 = 2540,3 \text{ Нм}.$$

Момент інерції ротора двигуна $I_p=2,57$ кгм², муфт швидкохідного валу $I_m=I_m' \times 2=0.0024$ кгм².

Розрахуємо фактичний час пуску механізму пересування зливковоза без вантажу

$$t_{\Pi} = \frac{\delta \times I \times n}{9,55 \times ((T_{\text{ср.пуск}} + T_c))} + \frac{9,55 \times m \times v^2}{n \times ((T_{\text{ср.пуск}} - T_c)) \times \eta} \quad (2.20)$$

де $\delta=1,2$ —коефіцієнт, що враховує впливи мас приводу механізму, що обертаються (окрім ротора двигуна і муфт).

T_c —момент статичних опорів .

Підставивши значення в (2.20), отримаємо

$$t_{\Pi} = \frac{1,2 \times 2,5724 \times 1000}{9,55 \times (2540,3 + 1195,5)} + \frac{9,55 \times 136000 \times 6^2}{1000 \times (2540,3 - 1195,5) \times 0,8} = 7,62 \text{ с},$$

Розрахуємо момент статичних опорів згідно формули

$$T_c = \left(\frac{F'_{\text{пер}} \times D_k}{2 \times U_p \times \eta} \right) \quad (2.21)$$

де $F'_{\text{пер}}$ — опір пересування зливковоза без вантажу, визначимо як

$$F'_{\text{пер}} = k_p \times m \times g \times \frac{f_{\text{xd}} + 2 \times \mu}{D_k} = 1,7 \times 136000 \times 9,8 \times \frac{0,02 \times 0,26 + 2 \times 0,001}{1} = 16316,4 \text{ Н.}$$

Фактичне прискорення зливковоза без вантажу

$$a_{\phi} = \frac{v_{\text{пер}}}{t_{\text{п}}} = \frac{6}{7,62} = 0,78 \text{ м/с}^2 < a_{\text{max}} = 0,9 \text{ м/с}^2$$

Перевіримо фактичний запас зчеплення. Для цього знайдемо сумарне навантаження на приводні колеса без вантажу

$$F_{\text{пр}} = m \frac{z}{z_{\text{пр}}} \times g = 136000 \frac{4}{4} \times 9,81 = 1332800 \text{ Н.}$$

Розрахуємо фактичний запас зчеплення

$$k = \frac{F_{\text{пр}} \times \varphi}{F_{\text{пер}} + m \times g \times \left(\frac{a}{g} - \frac{z_{\text{пр}}}{z} \times f \times \frac{d_k}{D_k} \right)} \geq 1,2$$

$$k = \frac{1332800 \times 0,13}{16313 + 136000 \times 9,81 \times \left(\frac{0,78}{9,81} - \frac{4}{4} \times 0,12 \times \frac{0,26}{1} \right)} = 1,5 \geq 1,2$$

Умова достатності зчеплення колес з рейками виконується

2.3.3 Перевірка двигуна на нагрів, визначення гальмівних моментів і вибір гальма

Двигун працює в тяжких умовах з підвищеною температурою навколишнього середовища, постійно перегрівається за рахунок високої температури транспортуючих зливків ($\approx 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$). На електродвигуни потрібно встановлювати примусове охолодження (вентилятор). У двигунів передбачено повітряне охолодження від вентилятора типу «Сирокко» ЦС – ПЗ, що приводиться від двигуна $N=4,2 \text{ кВт}$, $n=2200 \text{ хв}^{-1}$.

Максимальне уповільнення зливковоза, що допускається, при гальмуванні розрахуємо по формулі

$$a^T_{\max} = \left[\frac{z_{\text{np}}}{z} \times \left(\frac{\varphi}{k\varphi} - \frac{f \times d_k}{D_k} \right) - (2 \times \mu + f \times d_k) \times \frac{k_p}{D_k} \right] \times g, \quad (2.22)$$

Підставивши значення в (2.22), отримаємо

$$a^T_{\max} = \left[\frac{4}{4} \times \left(\frac{0,13}{1,1} - \frac{0,02 \times 0,26}{1} \right) - (2 \times 0,001 + 0,02 \times 0,26) \times \frac{2,5}{1} \right] \times 9,8 = 11,7 \text{ м/с}^2$$

по довіднику підбираємо $a^T_{\max} = 0,25 \text{ м/с}^2$.

Час гальмування зливковоза без злиwkів

$$t_T = \frac{v}{a^T_{\max}} = \frac{6}{0,25} = 24 \text{ с} \quad (2.23)$$

оскільки час гальмування зливковоза за раз великий, приймаємо почергове (дільничне) гальмування. При підході до упору зливковоз гальмує на трьох гальмівних ділянках.

Опір при русі зливковоза розрахуємо по формулі

$$F^T_{\text{тр}} = m \times g \times \frac{f \times d_k + 2 \times \mu}{D_k} = 136000 \times 9,8 \times \frac{0,02 \times 0,26 + 2 \times 0,001}{1} = 9596,1 \text{ Н.}$$

Момент статичних опорів на гальмівному валу при гальмуванні зливковоза, згідно формули, що гальмо встановлене на валу двигуна і немає ухилу шляху

$$T_{Tc} = \left(\frac{F^T_{\text{тр}} \times D_k \times \eta}{2 \times U_p} \right) \quad (2.24)$$

Підставивши значення в (2.24), отримаємо

$$T_{Tc} = \left(\frac{9596,1 \times 1 \times 0,8}{2 \times 9,5} \right) = 404 \text{ Нм.}$$

Момент сил інерції при гальмуванні зливковогоз без вантажу

$$T_{ин}^T = \frac{\delta \times I \times n}{9,55 \times t_T} + \frac{9,55 \times m \times v^2 \times \eta}{n \times t_T} \quad (2.25)$$

Підставивши значення в (3.25), отримаємо

$$T_{ин}^T = \frac{1,2 \times 2,5724 \times 1000}{9,55 \times 24} + \frac{9,55 \times 136000 \times 6^2 \times 0,8}{1000 \times 24} = 273,22 \text{ Нм.}$$

Розрахуємо гальмівний момент на валу гальма

$$T_{Tp} = 5 T_{Tc} - T_{ин}^T = 404 - 273,22 = 130,76 \text{ Нм}$$

По довіднику вибираємо гальмо типу ТКТ-800 з діаметром гальмівного шківа $D_T = 800$ мм, найбільшим гальмівним моментом $T_T = 920$ Нм, який слід відрегулювати до $T_T = 131$ Нм. Мінімальну довжину шляху гальмування визначимо

$$S = v^2 / k = 62 / 1,2 = 5,16 \text{ м.}$$

що відповідає вимогам технологічного процесу

3 ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка схеми експериментального дослідження руху зливковозу

Для нормальної роботи зливковозу та його зупинки перед приймальним рольгангом потрібно забезпечити швидкість руху злитковозу при підході до приймального рольгангу, що дорівнює 0,3 м/с і нижче. При швидкості вище 0,3 м/с упор не зупинить злитковоз, що призведе до аварії, а отже до простою обтискного стану Слябінг 1150 (зливки будуть подаватися від перших чотирьох груп нагрівальних колодязів за допомогою кліщового кран колодязевого типу). Експеримент з дослідження параметрів переміщення зливковоза має бути побудованим на вимірі швидкості зливковозу на ділянці гальмування (підході зливковозу до упору).

З огляду на важку умови роботи, в якості приладів для вимірювання швидкості зливковоза варто розглянути тахогенератори.

Тахогенераторами вимірюють як кутові, і лінійні швидкості [23]. У першому випадку тахогенератори встановлюють співвісно з валом двигуна або з будь-яким проміжним валом. Іноді вал тахогенератора з'єднується з валом двигуна за допомогою ланцюгової або ремінної передачі. При вимірі лінійних швидкостей на вал тахогенератора насаджується шестерня або шків з гумовим ободом, які перебувають у взаємодії з рухомим об'єктом через рейку або внаслідок сил тертя. Якщо значення лінійної швидкості невелике, між приводною шестернею (шківом) і тахогенератором вводиться підвищуюча зубчаста або ремінна передачі. Необхідність застосування підвищуючої передачі пов'язана з тим, що більшість тахогенераторів дають стійке показання при швидкості обертання понад 5 рад/с [24].

Напруга, що знімається з тахогенератора, пропорційна швидкості його обертання. Нелінійність характеристики постійного струму в залежності від класу тахогенератора становить $\pm 05 \div 1$ %. До переваг тахогенераторів можна

віднести досить високу потужність вихідного сигналу (інколи не потрібне посилення) та простота вимірювальної схеми. Деякі тахогенератори при номінальних оборотах мають великий вихідний сигнал (до 220 В). При цьому гальванометр осцилографа підключається до якірного ланцюга тахогенератора через додатковий опір.

Масштаб запису обертів визначають прямим таруванням. Для цього при швидкості обертання, що встановилася, тахометром кілька разів вимірюють обороти тахогенератора і одночасно записують відповідні відхилення. Потім на підставі отриманих даних будують графік тарування $y = f(n)$, за яким визначають масштаб:

$$m_0 = \frac{n_1}{y_1}, \quad (3.1)$$

де y_1 відхилення, що відповідає оборотам n_1 .

Іноді при вимірах спостерігаються пульсації ЕРС, що спотворюють криву оборотів і роблять її пилкоподібною. Це ускладнює її обробку. Підключенням гальванометра до ланцюга якоря через фільтр можна повністю або частково позбутися спотворень. Схематично тахогенератор показаний рисунку 3.1.

Розроблену схему вимірювання швидкості злитковозу показано на рисунку 3.2. Швидкість вимірюємо за допомогою приладу тахогенератора, який розмістимо в задній частині злитковозу. Тахогенератор з'єднаємо із заднім скатом злитковозу (будь-яким) за допомогою гнучкого троса (трос спідометра автомобіля) закріпленого до валу за допомогою фланця. Живлення тахогенератора та вимірювальної апаратури на зливковозі здійснюється наступним чином.

Зливковоз на ділянці гальмування за допомогою двигунів входить у зачеплення додаткових струмоприймачів із тролями для живлення вимірювальної апаратури (які встановили додатково). З даної ділянки руху

працює датчик вимірювання швидкості руху зливковозу, до цього на робочій швидкості приблизно 5,6 м/с датчик не працює (не працює перетворююча апаратура), тахогенератор включається в роботу на відстані при підході до упору близько 30-35 м.

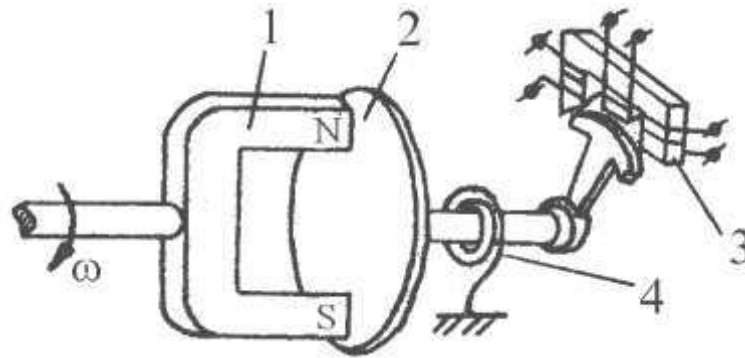


Рисунок 3.1 – Датчик швидкості з індукційним елементом в'язкого тертя: 1 – магніт; 2 – електроприводний диск; 3 – трансформаторний перетворювач; 4 – пружина.

При включенні апаратури тахогенератора вимірюється швидкість зливковозу, яка подається сигналом на підсилювач де відбувається посилення сигналу, потім сигнал подається на транслюючий пристрій (пристрій за принципом дії звичайної рації). Розглянуте обладнання має перебувати в задній частині злитковозу під захисним кожухом.

Наступна апаратура розташована на посту керування №1, приймальна станція, підсилювач сигналу, перетворювач сигналу. Сигнал, що надійшов на приймальну станцію посилюється на підсилювачу сигналу, потім передається на перетворювач сигналу. Сигнал з перетворювача надходить на панель управління (електронне табло швидкості злитковозу), і одночасно подається на командоапарат. Якщо швидкість злитковозу вище 0,3 м/с в командоапараті відбувається сигнал противключення двигунів механізму пересування злитковозу. Якщо сигнал швидкості злитковозу в межах норми, що дорівнює 0,3 м/с і нижче, рух злитковозу триває до повної зупинки на упорі.

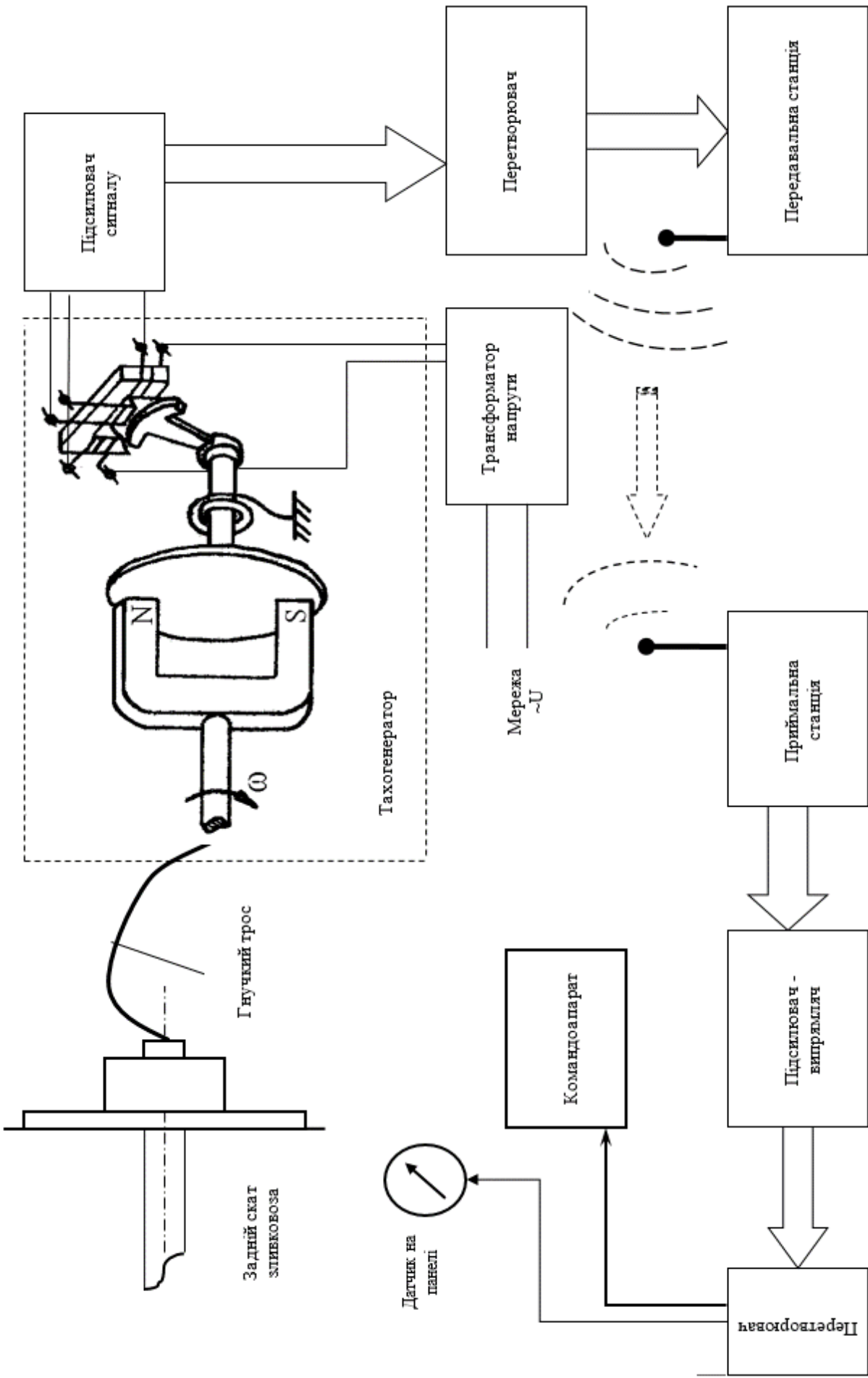


Рисунок 3.2 – Схема вимірювання швидкості злиwkовоза

Після вивантаження злитка злитковоз рухається назад до нагрівальних колодязів, струмоприймачі виходять із зачеплення з троями і схема вимірювання швидкості відключається, до наступного підходу злитковозу до приймального рольгангу.

Дана схема вимірювання дозволяє контролювати швидкість злитковозу при підході до приймального рольгангу (ділянки гальмування) та уникати аварійних ситуацій при управлінні рухом злитковозу.

3.2 Дослідження коливань у тарілчастих пружинах ходових скатів зливковозу та візка

Розглянемо кінематичну схему амортизаторів злитковозу та візка рисунок 3.3. Після спрощення схеми можна зробити динамічний розрахунок з дослідженням коливань в амортизаторах злитковозу та візка (рис. 3.4). Розрахунок зробимо за допомогою програми «Runge Kutta» [25-26], для початку запишемо рівняння пружної сили:

$$F_{\text{пр}} = C_{\text{заг}} \cdot X, \quad (3.2)$$

де $C_{\text{заг}}$ – коефіцієнт жорсткості пружини;

X – деформація пружини,

Рівняння запишемо в іншому вигляді:

$$M\dot{Z} = -C_{\text{заг}}X + C_1X^2 \rightarrow \dot{Z} = -\frac{C_{\text{заг}}}{M}X + \frac{C_1}{M}X^2 \quad (3.3)$$

$$M = m_{\text{зливка}} + m_{\text{зливковоза}} \quad (3.4)$$

$$\dot{Z} = -\frac{C_{\text{заг}}}{m_{\text{зливка}}}X + \frac{C_1}{m_{\text{зливковоза}}}X^2 \quad (3.5)$$

$$m_{\text{зливковоза}} = m_{\Sigma\text{зливковоза}} - m_{\text{механізму пересування}} = 174405 - 29600 = 144405 \text{ кг}$$

$$C_{\text{заг}} = C_{1+1} + C_{2+2} = 40+40+35+35=150 \quad (3.6)$$

$$C = 0,5C_{\text{заг}}$$

$$C_1 = 0,5C_{\text{заг}}$$

Розглянемо навантаження і рух зливковозу зі зливком від найдалшої групи нагрівальних колодязів №14, від найбільш віддаленої групи колодязів час переміщення зливковозу становить 15 секунд, а від ближньої групи нагрівальних колодязів №5, зливковоз переміщується за 5 секунд. Деформація пружини складе $\Delta=12, \Delta=13, \Delta=14, \Delta=14,5, \Delta=13,5, \Delta=12,5, \Delta=16, \Delta=16,5$ мм відповідно, оскільки зливоч подається за допомоги колодязевого крана і влаштовується в люльку слитковоза то початкова швидкість дорівнюватиме 0 ($V_0=0$).

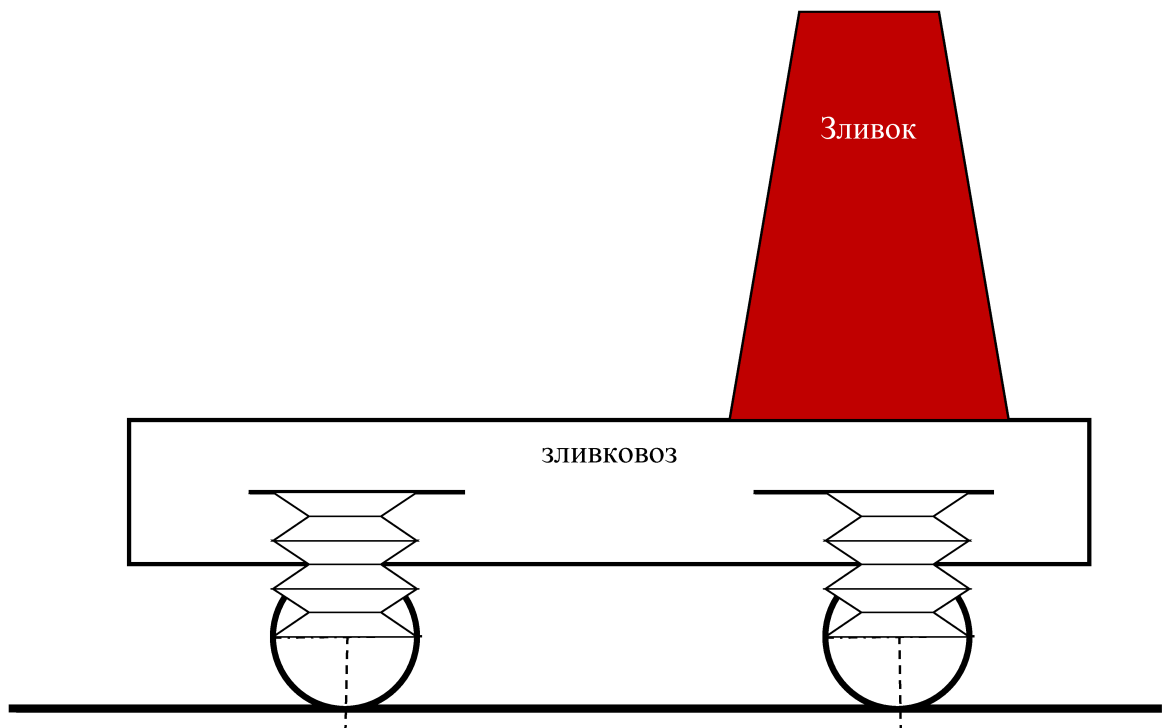


Рисунок 3.3 – Кінематична схема амортизаторів зливковозу

Для візка зі зливком:

$$m_{\text{візка}} = 14840 \text{ кг}$$

$$C = 102$$

$$C_1 = 102$$

Розрахунок проводиться аналогічно попередньому.

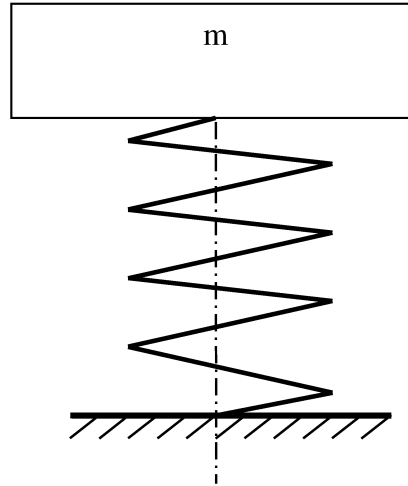


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема амортизаторів злитковозу

$$m_{\text{візка}} = 14840 \text{ кг}$$

$$z = 102$$

$$z_1 = 102$$

Роздруківку програми «Runge Kutta», яка працює в середовищі Excel [27-28], наведено нижче:

```

Dim t0, Tmax, x0, v0, h As Double
Dim N As Integer
Dim ar(1 To 101) As Double
Dim xx(1 To 101), vv(1 To 101), tt(1 To 101) As Double

Private Sub CommandButton1_Click()
t0 = Cells(1, 2).
Tmax = Cells(2, 2).
x0 = Cells(3, 2).Value
N = Cells(5, 2).
v0 = Cells(4, 2).
End Sub

Public Function f1(t, x, v As Double) As Double
f1 = -0.007 * x + 0.006 * x ^ 2
'-0.5 * x - 0.5 * v - 0.015 * v * v * v + 0.025 * t
End Function

```

```

Private Sub CommandButton2_Click()
Dim t1, x1, k1, k2, k3, k4, r1 As Double
Dim v1 As Double
Dim j, l As Integer

h = (Tmax - t0)/N
tk = Tmax
h1 = h
tt(1) = t0
xx(1) = x0
vv(1) = v0
r1 = h1/2

For j = 2 To N + 1
t1 = tt(j - 1)
t1 = t1 + h1
tt(j) = t1
x1 = xx(j - 1)
v1 = vv(j - 1)
k1 = f1(t1, x1, v1) * h1
k2 = x1 + v1 * r1 + k1 * h1 / 8
k3 = f1(t1 + r1, k2, v1 + k1 / 2) * h1
k4 = k3
k3 = f1(t1 + r1, k2, v1 + k3 / 2) * h1
k4 = k4 + k3
t1 = t1 + h1
k3 = f1(t1, x1 + h1 * v1 + h1 * k3 / 2, v1 + k3) * h1
x1 = x1 + h1 * (v1 + k1 / 6 + k4 / 6)
v1 = v1 + (k1 + 2 * k4 + k3) / 6
xx(j) = x1
vv(j) = v1

Next j
Cells(1, 4) = "N"
Cells(1, 5) = "T"
Cells(1, 6) = "X"
Cells(1, 7) = "V"
Cells(2, 4) = 0
Cells(2, 5) = t0
Cells(2, 6) = x0
Cells(2, 7) = v0

For i = 1 To N + 1
Cells(2 + i, 4) = i
Cells(2 + i, 5) = tt(i)
Cells(2 + i, 6) = xx(i)
Cells(2 + i, 7) = vv(i)
Next
End Sub
Private Sub Worksheet_SelectionChange(ByVal Target As Excel.Range)

End Sub

```

Отримані деформації пружин злитковозу від типів злитків, при русі злитковозу від найдальшої групи нагрівальних колодязів №14 наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Деформація пружин зливковозу від типів зливків, при русі зливковозу від групи нагрівальних колодязів №14

Крок	Тип зливка							
	<i>15</i>	<i>1Б</i>	<i>2Б</i>	<i>4А</i>	<i>15*</i>	<i>1Б *</i>	<i>2Б *</i>	<i>4А*</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	12	13	14	14,5	13,5	12,5	16	16,5
2	11,987	11,989	13,99	14,486	12,986	12,487	15,983	16,482
3	11,948	11,957	13,96	14,442	12,944	12,446	15,931	16,429
4	11,884	11,903	13,909	14,37	12,874	12,379	15,845	16,34
5	11,793	11,828	13,839	14,269	12,776	12,285	15,724	16,216
6	11,677	11,731	13,749	14,14	12,651	12,164	15,57	16,057
7	11,536	11,613	13,639	13,982	12,498	12,017	15,382	15,863
8	11,371	11,475	13,509	13,796	12,318	11,844	15,161	15,634
9	11,18	11,315	13,36	13,583	12,112	11,646	14,907	15,373
10	10,965	11,136	13,191	13,343	11,879	11,422	14,621	15,078
11	10,727	10,936	13,004	13,076	11,621	11,174	14,303	14,75
12	10,466	10,717	12,798	12,783	11,338	10,902	13,954	14,39
13	10,182	10,478	12,573	12,465	11,03	10,606	13,576	14
14	9,8756	10,221	12,331	12,121	10,699	10,287	13,167	13,579
15	9,5482	9,9447	12,07	11,754	10,344	9,946	12,731	13,129
16	9,2002	9,6509	11,793	11,362	9,9669	9,5835	12,267	12,65
17	8,8323	9,3398	11,498	10,949	9,5684	9,2003	11,776	12,144
18	8,4454	9,0118	11,187	10,513	9,1492	8,7973	11,261	11,612
19	8,0402	8,6676	10,859	10,056	8,7102	8,3752	10,72	11,055
20	7,6177	8,3078	10,516	9,5798	8,2525	7,9351	10,157	10,474
21	7,1787	7,9331	10,158	9,084	7,7769	7,4778	9,5716	9,8707
22	6,7242	7,544	9,785	8,57	7,2845	7,0043	8,9655	9,2457
23	6,2551	7,1414	9,3981	8,039	6,7764	6,5158	8,3402	8,6008
24	5,7726	6,726	8,9977	7,4918	6,2537	6,0131	7,6968	7,9373
25	5,2776	6,2984	8,5843	6,9297	5,7174	5,4975	7,0368	7,2567

Розраховані деформації пружин зливководу від типів зливків, при русі зливководу від найближчої групи нагрівальних колодязів №5 наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Деформація пружин зливководу від типів зливків, при русі зливководу від групи нагрівальних колодязів №5

Крок	Тип зливка							
	<i>15</i>	<i>1Б</i>	<i>2Б</i>	<i>4А</i>	<i>15*</i>	<i>1Б *</i>	<i>2Б *</i>	<i>4А*</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	16,5
1	12	13	14	14,5	13,5	12,5	16	16,5
2	11,999	12,998	13,998	14,498	13,498	12,499	15,998	16,498
3	11,994	12,994	13,993	14,493	13,494	12,494	15,992	16,492
4	11,987	12,986	13,985	14,484	13,485	12,487	15,983	16,482
5	11,977	12,975	13,973	14,472	13,474	12,476	15,969	16,468
6	11,964	12,961	13,958	14,457	13,46	12,463	15,952	16,451
7	11,948	12,944	13,94	14,437	13,442	12,446	15,931	16,429
8	11,93	12,924	13,918	14,415	13,421	12,427	15,906	16,403
9	11,908	12,9	13,893	14,389	13,396	12,404	15,877	16,373
10	11,884	12,874	13,864	14,359	13,369	12,379	15,845	16,34
11	11,856	12,844	13,832	14,326	13,338	12,35	15,808	16,302
12	11,826	12,812	13,797	14,29	13,304	12,319	15,768	16,261
13	11,793	12,776	13,759	14,25	13,267	12,285	15,724	16,216
14	11,757	12,737	13,717	14,207	13,227	12,247	15,677	16,167
15	11,719	12,695	13,672	14,16	13,184	12,207	15,625	16,113
16	11,677	12,651	13,624	14,11	13,137	12,164	15,57	16,057
17	11,633	12,603	13,572	14,057	13,087	12,118	15,511	15,996
18	11,586	12,552	13,517	14	13,035	12,069	15,448	15,931
19	11,536	12,498	13,459	13,94	12,979	12,017	15,382	15,863
20	11,484	12,441	13,398	13,876	12,919	11,962	15,312	15,79
21	11,429	12,381	13,333	13,81	12,857	11,905	15,238	15,714
22	11,371	12,318	13,266	13,739	12,792	11,844	15,161	15,634
23	11,31	12,252	13,195	13,666	12,723	11,781	15,08	15,551
24	11,246	12,183	13,121	13,589	12,652	11,715	14,995	15,464
25	11,18	12,112	13,043	13,509	12,578	11,646	14,907	15,373

Отримані деформації пружин візка зливковозу від типів злиwkів, при русі зливковозу від найдальшої групи нагрівальних колодязів №14 наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Деформація пружин візка зливковозу від типів злиwkів, при русі візка зливковозу від групи нагрівальних колодязів №14

Крок	Тип злиwка							
	<i>15</i>	<i>1Б</i>	<i>2Б</i>	<i>4А</i>	<i>15*</i>	<i>1Б *</i>	<i>2Б *</i>	<i>4А*</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	12	13	14	14,5	13,5	12,5	16	16,5
2	11,985	12,984	13,982	14,482	13,483	12,484	15,98	16,479
3	11,94	12,935	13,929	14,427	13,432	12,437	15,919	16,417
4	11,864	12,853	13,842	14,336	13,347	12,359	15,819	16,313
5	11,759	12,739	13,719	14,209	13,229	12,249	15,679	16,168
6	11,624	12,593	13,561	14,046	13,077	12,108	15,499	15,983
7	11,46	12,415	13,37	13,847	12,892	11,937	15,28	15,757
8	11,267	12,206	13,144	13,614	12,675	11,736	15,022	15,492
9	11,045	11,966	12,886	13,346	12,426	11,505	14,727	15,187
10	10,796	11,696	12,595	13,045	12,145	11,246	14,395	14,844
11	10,519	11,396	12,273	12,711	11,834	10,958	14,026	14,464
12	10,216	11,068	11,919	12,345	11,494	10,642	13,622	14,048
13	9,8878	10,712	11,536	11,948	11,124	10,3	13,184	13,596
14	9,5341	10,329	11,123	11,52	10,726	9,9314	12,712	13,109
15	9,1565	9,9195	10,683	11,064	10,301	9,538	12,209	12,59
16	8,7557	9,4854	10,215	10,58	9,8502	9,1206	11,674	12,039
17	8,3329	9,0274	9,7218	10,069	9,3746	8,6802	11,111	11,458
18	7,8892	8,5466	9,204	9,5327	8,8753	8,2179	10,519	10,848
19	7,4255	8,0443	8,6631	8,9725	8,3537	7,7349	9,9007	10,21
20	6,9431	7,5217	8,1003	8,3896	7,811	7,2324	9,2575	9,5468
21	6,4433	6,9802	7,5171	7,7856	7,2487	6,7117	8,591	8,8595
22	5,9272	6,4211	6,915	7,162	6,6681	6,1741	7,9029	8,1499
23	5,3961	5,8458	6,2955	6,5203	6,0707	5,621	7,1949	7,4197
24	4,8515	5,2558	5,6601	5,8622	5,458	5,0537	6,4687	6,6708
25	4,2947	4,6526	5,0104	5,1894	4,8315	4,4736	5,7262	5,9052

Отримані деформації пружин візка зливковозу від типів зливків, при русі зливковозу від найближчої групи нагрівальних колодязів №5 наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Деформація пружин візка зливковозу від типів зливків, при русі візка зливковозу від групи нагрівальних колодязів №5

Крок	Тип зливка								
	<i>N</i>	<i>15</i>	<i>1Б</i>	<i>2Б</i>	<i>4А</i>	<i>15*</i>	<i>1Б *</i>	<i>2Б *</i>	<i>4А*</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	12	13	14	14,5	13,5	12,5	16	16,5	
2	11,998	12,998	13,998	14,498	13,498	12,498	15,998	16,498	
3	11,993	12,993	13,992	14,492	13,492	12,493	15,991	16,491	
4	11,985	12,984	13,982	14,482	13,483	12,484	15,98	16,479	
5	11,973	12,971	13,969	14,468	13,47	12,472	15,964	16,463	
6	11,958	12,955	13,951	14,449	13,453	12,456	15,944	16,442	
7	11,94	12,935	13,929	14,427	13,432	12,437	15,919	16,417	
8	11,918	12,911	13,904	14,401	13,407	12,414	15,89	16,387	
9	11,893	12,884	13,875	14,37	13,379	12,388	15,857	16,352	
10	11,864	12,853	13,842	14,336	13,347	12,359	15,819	16,313	
11	11,832	12,818	13,804	14,297	13,311	12,325	15,777	16,27	
12	11,797	12,78	13,764	14,255	13,272	12,289	15,73	16,221	
13	11,759	12,739	13,719	14,209	13,229	12,249	15,679	16,168	
14	11,717	12,694	13,67	14,158	13,182	12,205	15,623	16,111	
15	11,672	12,645	13,618	14,104	13,131	12,159	15,563	16,049	
16	11,624	12,593	13,561	14,046	13,077	12,108	15,499	15,983	
17	11,572	12,537	13,501	13,983	13,019	12,055	15,43	15,912	
18	11,518	12,478	13,437	13,917	12,957	11,998	15,357	15,837	
19	11,46	12,415	13,37	13,847	12,892	11,937	15,28	15,757	
20	11,399	12,348	13,298	13,773	12,823	11,874	15,198	15,673	
21	11,334	12,279	13,223	13,696	12,751	11,807	15,112	15,585	
22	11,267	12,206	13,144	13,614	12,675	11,736	15,022	15,492	
23	11,196	12,129	13,062	13,529	12,596	11,663	14,928	15,395	
24	11,122	12,049	12,976	13,439	12,512	11,586	14,83	15,293	
25	11,045	11,966	12,886	13,346	12,426	11,505	14,727	15,187	

Графіки деформації за отриманими розрахунками наведено рисунку 3.5 – 3.8 відповідно.

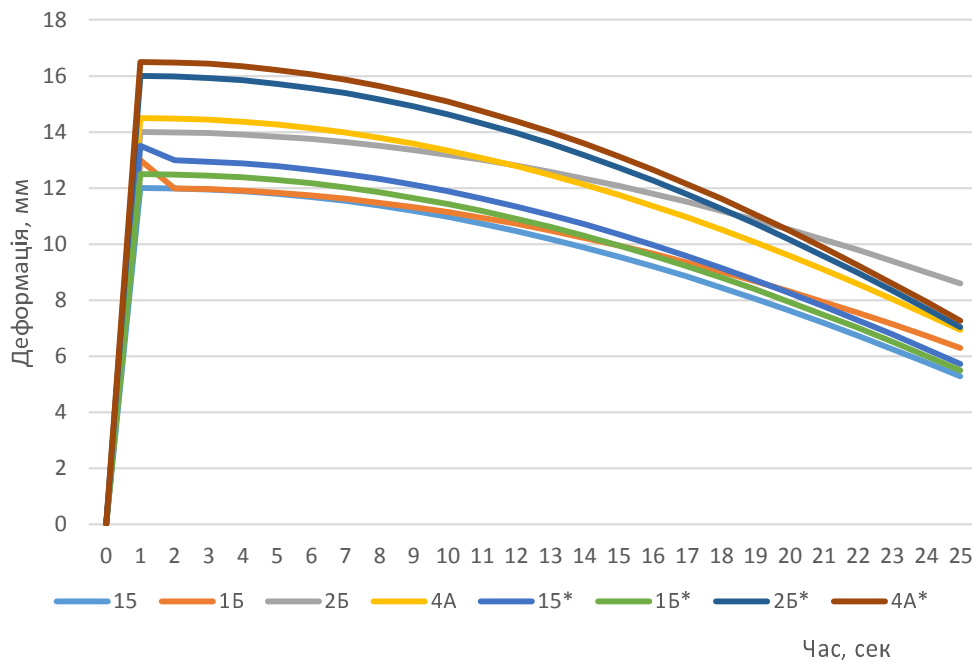


Рисунок 3.5 – Деформація пружин зливковозу від різних типів зливків, при русі зливковозу від групи нагрівальних колодязів №14

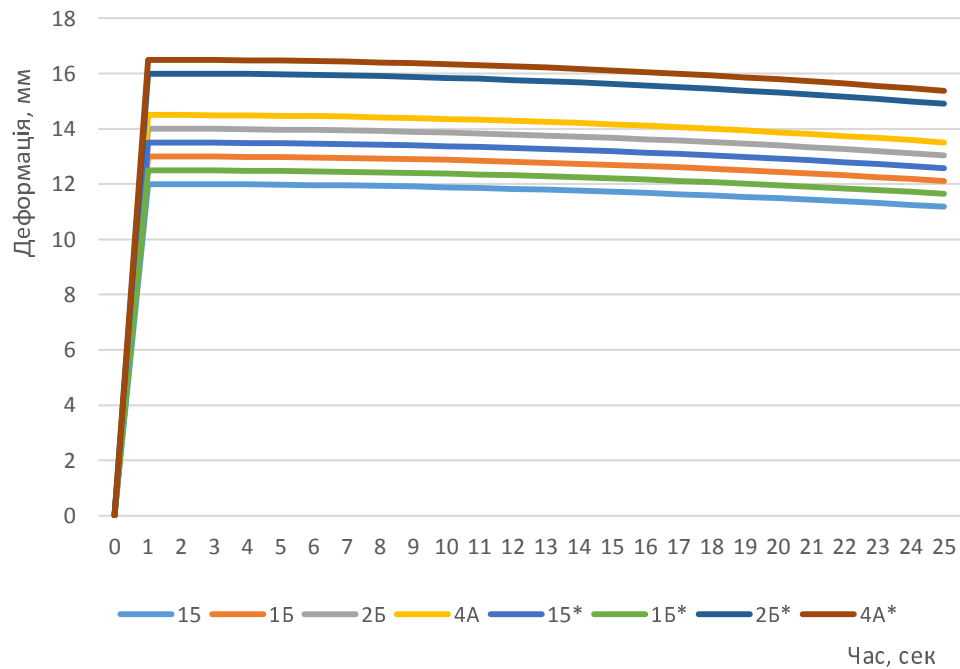


Рисунок 3.6 – Деформація пружин зливковозу від різних типів зливків, при русі зливковозу від групи нагрівальних колодязів №5

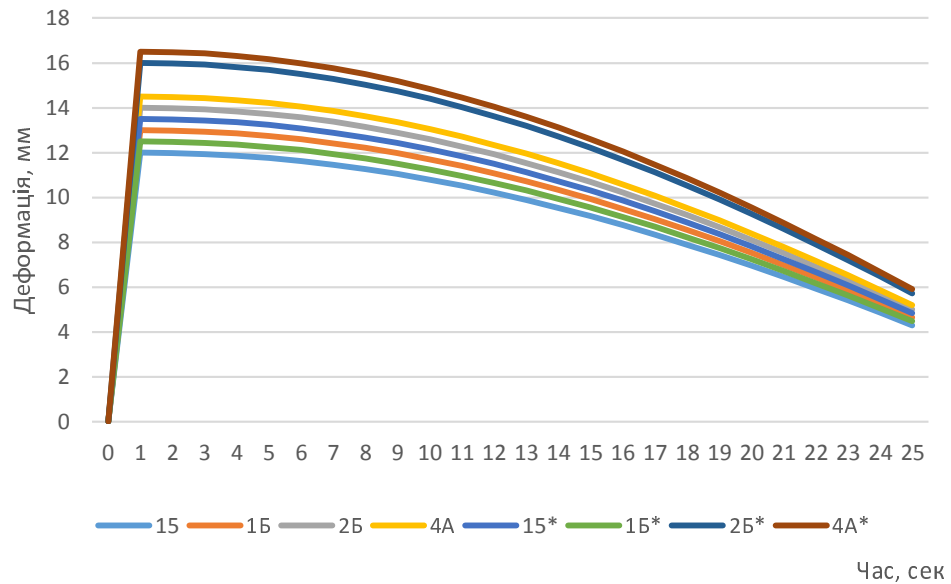


Рисунок 3.7 – Деформація пружин візка зливковозу від різних типів зливків, при русі зливковозу від групи нагрівальних колодязів №14

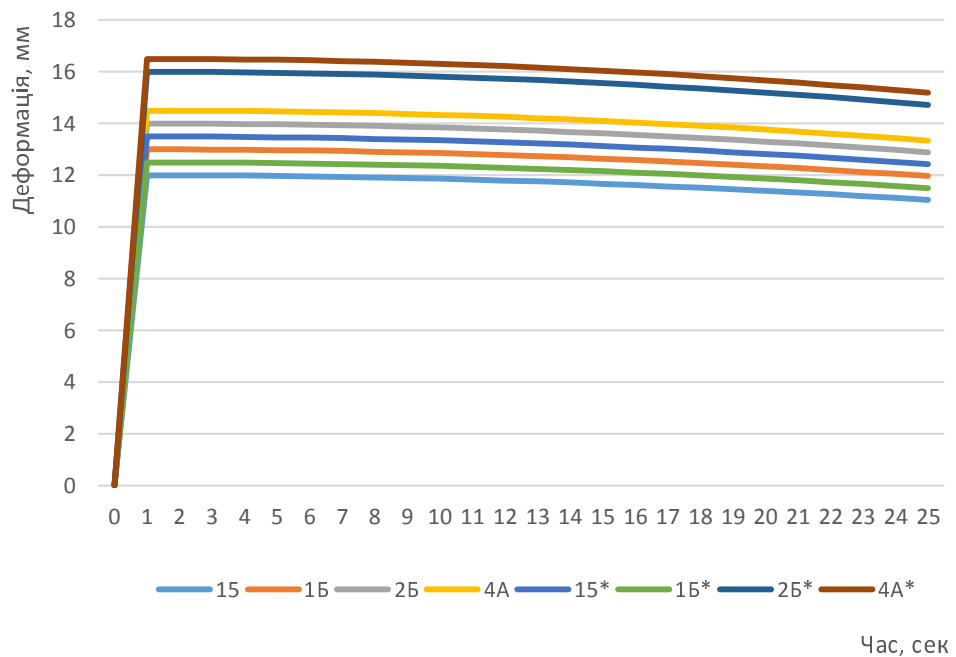


Рисунок 3.8 – Деформація пружин візка зливковозу від різних типів зливків, при русі зливковозу від групи нагрівальних колодязів №5

На підставі отриманих динамічних досліджень можна зробити висновки, що деформація пружин зливковозу та візка буде максимальна при завантаженні та транспортуванні зливку типу 4А* від групи нагрівальних колодязів №14, а отже конструктивні рішення під час розрахунку пакету тарілчастих пружин в розділах 2.1 та 2.2. прийняті вірно.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

В прокатному цеху встановлено різне основне і допоміжне механічне обладнання, рухомі частини та вузли якого представляють певну небезпеку, так як непередбачений контакт з ними може викликати різного роду травми.

Безпека експлуатації машин і механізмів цеху досягається, насамперед, механізацією і автоматизацією виробничого процесу.

Прокатний цех в результаті насиченості різного роду складних машин і механізмів потребує особливої уваги з точки зору створення безпечних і нешкідливих умов праці. При проектуванні прокатного цеху розробляємо заходи захисту від небезпек, які можуть виникнути при підготовці металу до прокатки, при проведенні операцій прокатки, різки, термічної обробки. Такими небезпеками є надлишкове тепло, теплове опромінення, шкідливі речовини: металевий пил, випаровування технологічних змащувачів, металів і різних речовин, шум, вібрації, електричний струм.

Машини та механізми прокатного цеху при експлуатації є для персоналу основною потенційною небезпекою – можливість нанесення механічних травм. Механізація зменшила кількість ділянок, на яких можливе попадання частин тіла у використовувані на виробництві механізми. Механічні травми, переломи, удари можуть бути отримані, якщо робітники намагаються перетнути рольганг у невстановлених місцях. Небезпека виникнення нещасних випадків через неправильно здійснюваного підйому і переміщення вантажів і несправностей кранів і вантажопідіймальних пристосувань. Постійно існує ризик нещасних випадків у зв'язку з використанням механічного транспорту (локомотиви, вагони і вагонетки) [29].

Перелік та величина шкідливих чинників для чергового і ремонтного слюсаря представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для чергового і ремонтного слюсаря відділення обтискного стану Слябінг 1150

Фактори	Норматив не значення, ГДК, ГДР	Факт. значення	III клас шкідливих і небезпечних умов, і характер праці			Час дії фактору % 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 (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3–4 клас безпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	13,5	1,35			83,1
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³						
Зміст кремнію діоксида – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
III. Шум, дБа	80	93		13		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
– температура повітря, °С	16–27	40,5			13,5	83,1
– швидкість руху повітря, м/сек	0, 2–0,5	0,27				83,1
– відносна вологість повітря, %	55	46				83,1
V. Робоча поза						
Нахил корпуса в просторі, обумовлений технологічним процесом, град		перебування в похилому положенні понад				
	28,1	30	30			
Кількість факторів			6	1	2	

Гігієнічна оцінка умов праці згідно таблиці 4.1

Умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

Атестація робочого місця згідно аналізу таблиці 4.1

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 6 факторів 1 ступеня, 1 фактор 2 ступеня. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1. Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах

для чоловіків становить 50 років, для жінок 45 років, дається додаткова відпустка 7 днів, дається молоко, надбавка до заробітної плати до 24 %.

4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

На ділянці прокатного стану, внаслідок роботи основного і допоміжного устаткування, виникає підвищений рівень шуму.

Прокатний стан з усім допоміжним обладнанням розміщений так, що не створюються зворотні і перехресні вантажопотоки. Зміна валків і ремонт здійснюється за допомогою мостових кранів. Всі вантажно-розвантажувальні роботи виконуються згідно [30]. Для доступу до механізмів, розміщених над робочими клітками стану, встановлені спеціальні майданчики, огорожені перилами, доступ до яких забезпечується похилими сходами.

У таблиці 4.2 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення, які мають місце на ділянці стану.

Таблиця 4.2 – Технічні міри захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища [31]

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Витяжна вентиляція	Механічна	До 10000 м ³ /год	Біля джерел виділення
2	Запилованість	Респіратор ЗІЗОД	“Пелюсток” 40	–	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові	шумозахисні навушники НІОТ	Придатний до 110 дБА	Індивідуально
4	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани,	ПФ – 1	До t=-20°С	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	ШБ-1	–	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм з х/б тканини, черевики типу "Праця-М". У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани [31].

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Під вентиляцією розуміють систему заходів і обладнань, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робітників, що їй обслуговується зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природню й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи його кількість у повітрі, усе встаткування закрите парасолями (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою повітреводів з обладнаннями для очищення повітря, що видаляється.

Також у прольоті металургійної ділянки використовують природню вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у яких як теплоносії використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання.

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідних до вимог БНіП передбачена вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.3 – Нормативні допустимі параметри мікроклімату [32]

Категорія робіт	Температура повітря у приміщеннях, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	Темпер. повітря для непостійних робочих, °С
Середня 2б (теплий період року)	27/16	75 при 25°С	0,4	29/15
Важка 3б (теплий період року)	26/15	75 при 24°С	0,5	28/13
Середня 2б (холодний період року)	21/15	75	0,4	23/13
Важка 3б (холодний період року)	19/13	75	0,5	20/12

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення. Застосовуються світлодіодні лампи (LED) потужністю 400 Вт, та світильник – глибоковипромінювач.

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

Розряд зорової роботи: IV, середня точність, $E_H=200$ лк [33].

4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

По походженню шум буває:

- механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ходу;
- аерогідродинамічний, що виникає при великих швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин;
- імпульсний, виникаючий у результаті зіткнення твердих тіл;
- термічний, генеруємий при згорянні газоподібного палива в горілочних і форсуночних пристроях.

Джерелами шуму на ділянці слябінга є: приводи ножиць, рольгангів, робочої кліті, кантувача; також шум виникає при ударах зливка об рольганг, робочі валки, упор ножиць.

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.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей ненаголошеними, зворотно–поступальні рухи – обертальними;

демпфірують коливання соударяючихся деталей і окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, бітумними картонами, повстю, азбестом і 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 будівлі, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітряводам і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

Як індивідуальний захист застосовуються навушники–малогабаритні для захисту від шуму з рівнем 110 дБА [34-35].

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Електробезпека

Електроустаткування й заходи щодо його безпечної експлуатації.

Електроустаткування ділянки відноситься до установок до 1000 В. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захищених пристроїв.

Всі струмоведучі частини ізолювані. Як захисну ізоляцію застосовують теплостійкі лаки, електроізолюючі плівки, емалеві й олійні фарби. Покриття повинні швидко сохнути, добре зв'язуватися з покриваємою поверхнею, щоб утворювати на ній струмонепровідну, вологонепроникну, механічно міцну плівку.

Для захисту від короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, плавкі запобіжники.

На всіх обертових частинах устаткування встановлені захисні щити, кожухи.

Індивідуальні властивості людини та стан навколишнього середовища також роблять помітний вплив на тяжкість ураження.

Згідно з вимогами нормативних документів, безпека електроустановок забезпечується наступними основними заходами [36]:

- 1) недоступністю струмоведучих частин;
- 2) належної, а в окремих випадках підвищеної (подвійної) ізоляцією;
- 3) заземленням або занулення корпусів електроустановок і елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою;
- 4) надійним і швидкодіючим автоматичним захисним відключенням;
- 5) застосуванням знижених напруг (42 В і нижче) для живлення переносних струмоприймачів;
- 6) захисним розділенням ланцюгів;
- 7) блокуванням, попереджувальною сигналізацією, написами і плакатами;
- 8) застосуванням захисних засобів і пристосувань;
- 9) проведенням планово-попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання, апаратів і мереж, що знаходяться в експлуатації.

4.4.2 Заходи пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (не горючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Будівля металургійної ділянки відноситься до 1 ступеня вогнебезпечності й до IV класу по ступені вогнестійкості (будівлі з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів) [37-40].

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносять: вогнегасники ПС –1(10 шт), ПС–2 (14 шт.), ПО–1Д (18 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.).

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 захаращувати фрамуги, проїзди, підїзди й підходи до будівель, водопроводам і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, котрі не пройшли інструктаж пожежного тех мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування.

4.4.3 Виробничі випромінювання

Температурний режим у виробничих приміщеннях або в ізольованих його частинах залежить від величини тепловиділень устаткування, агрегатів, нагрітих напівфабрикатів і готової продукції, а також від сонячної радіації, що проникає в цех через відкриті й заклені прорізи. Частина тепла, що надійшла у цех, віддається назовні, а інше, так званий явне або надлишкове тепло, нагріває повітря робочих приміщень.

Робітники гарячих цехів металургійних підприємств постійно або періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані від нього змінюється в широких межах.

Для поліпшення умов праці в гарячих цехах і захисту працюючих від теплового впливу застосовують наступні способи: теплоізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло, за допомогою водоохолоджуємих екранів, рам, щитів, завіс і ін.; теплоізоляцію й охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів і ін.); природну й механічну вентиляцію; повітряне охолодження замкнутих просторів печей, що перебувають у ремонті; водорозпилення на робочих місцях і в приточних віконних прорізах; 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 нагрітого металу й шлаків у виробничих приміщеннях.

При випромінюванні від відкритих джерел його інтенсивність не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 при поразці не більше 25% поверхні тіла й обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту, у тому числі засобів захисту особи й очей. Фактичне значення складає 162 Вт/м^2 [41].

4.4.4 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів [42].

Аварії залежно від їхніх масштабів можуть бути трьох рівнів – А, Б, В.

На рівні А – аварія характеризується розвитком аварії в межах одного виробництва, цеху, відділення, виробничої дільниці, яке є структурним підрозділом підприємства.

На рівні Б – аварія характеризується переходом за межі структурного підрозділу і розвитком її в межах підприємства.

На рівні В – аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу чинників аварії на населення

розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

Причинами виникаючих аварійних ситуацій є:

- неправильне настроювання стану;
- недотримання технології прокатки, транспортування й змотування штаби;
- незадовільне обслуговування електричного й механічного встаткування;
- порушення правил експлуатації устаткування;
- некваліфіковані дії обслуговуючого персоналу.

Можливі надзвичайні ситуації на реверсивному стані при холодній прокатці сталі наведено в таблиці 4.4.

Найбільш можливими відмовами є поломки електричного й механічного встаткування. Виникнення аварійних ситуацій можливо по незалежних від обслуговуючого персоналу стану й цеху зовнішнім причинам, таким, як відключення електроенергії, порушення водопостачання цеху й т.п.

Наслідками аварійних ситуацій є:

- зрив виробничого завдання;
- збільшення браку й відсортованої продукції;
- підвищення травмобезпеки;
- збільшення ймовірності виходу з ладу іншого устаткування.

Основними заходами, спрямованими на зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій, є:

- дотримання технології виробництва;
- своєчасний профілактичний огляд і ремонт устаткування;
- підвищення кваліфікації персоналу;
- дотримання правил техніки безпеки.

Також рекомендується проводити навчальні заходи щодо локалізації аварійних ситуацій.

Таблиця 4.4 – Оцінка можливих аварійних ситуацій

Відхилення параметрів, виникнення аварійної ситуації	Можливий збиток							Заходи захисту
	Травма людини	Летальна поразка людини	Постійний шкідливий вплив	Відмова устаткування	Зрив завдання робіт	Руйнування будівлі і устаткування	Збиток навколишньому середовищу	
Вихід з ладу головного привода кліті	немає	немає	немає	так	так	немає	немає	Контроль стану й роботи устаткування
Поломка валків	немає	немає	немає	так	так	немає	немає	Дотримання технології прокатки, контроль якості валків
Коротке замикання	так	так	немає	так	так	немає	немає	Застосування захисного заземлення
Вибух у маслопідвалі	так	так	немає	так	так	так	так	Заходи щодо попередження аварій
Пожежа	так	так	немає	так	так	так	так	Дотримання ТБ, забезпечення засобами пожежогасіння, підтримка чистоти приміщень
Відключення електроенергії	так	немає	немає	так	так	так	немає	Аварійне включення додаткової електропідстанції

Імовірність аварії розраховується за формулою [43]:

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.1)$$

де Q_i – імовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.2)$$

де λ_i – інтенсивність відмови i -го елемента;

τ – загальний час роботи даного елемента за аналізований період часу.

Розрахуємо імовірність аварії на ділянці стану 1150 за півтора року. Відомо що $\lambda_i = 9 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ $\tau = 1,5$ року

$$Q_i = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 = 1,35 \cdot 10^{-4}$$

Тоді підставивши отримані значення в формулу (7.11) отримаємо

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - 1,35 \cdot 10^{-4}) = 1 - 0,999 = 0,001 = 0,1\%$$

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

4.5 Дослідження шляхів зменшення впливу розігрітого зливка на оператора зливкоподачі

Розрахуємо щільність випромінювання з поверхні зливка, нагрітого до температури 1200 °С.

Розміри зливка: 3150 × 1600 × 780 мм.

Щільність випромінювання визначаємо по формулі:

$$q = \frac{0,91\sqrt{S}[(T/100)^4 - A]}{r}, \quad (4.3)$$

де S – площа поверхні випромінювання (зливка), м²:

$$S = 3,15 \cdot 1,6 = 5,04$$

T – температура зливка, К:

$$T = 1200 + 273 = 1473$$

$A = 110$ для спецодягу із сукна;

r – відстань до джерела випромінювання, $r = 1,42$ м.

Підставивши числові значення в (4.1), одержимо

$$q = \frac{0,91\sqrt{5,04}\left[(1473/100)^4 - 110\right]}{1,42} = 67585 \text{ Вт/м}^2$$

При випромінюванні від відкритих джерел його інтенсивність не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 при поразці не більше 25% поверхні тіла й обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту, у тому числі засобів захисту особи й очей.

В інших випадках необхідно використовувати дані таблиці 4.5.

Зрівнявши отримане значення щільності випромінювання з табличними величинами видно, що воно в кілька десятків разів перевищує припустимі межі.

В зв'язку з тим, що відстань r від джерела випромінювання до оператора кабіни спостереження мало, то доцільно для захисту від теплового випромінювання зробити теплоізоляцію днища кабіни й поставити захисний екран.

Кількість екранів визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_B}{T_I}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_B}{T_I}\right)^4} \cdot \frac{E_{IE}}{E_{IB}} - 1, \quad (4.4)$$

де $T_B = 298 \text{ К}$ – температура навколишнього середовища;

$T_I = 1473 \text{ К}$ – температура джерела випромінювання;

μ – ступінь екранізації;

$E_{иЕ}, E_{иВ}$ – наведена ступінь чорноти відповідно джерела й екрана й джерела й навколишнього середовища.

Таблиця 4.5 – Припустимий час знаходження людини в зоні теплового випромінювання

Щільність випромінювання, Вт/м ²	Припустима тривалість роботи, хв.	Тривалість перерв, не менше, хв.	Припустимий загальний час протягом робочого дня, %
≤350	Без обмежень	–	100
500	20	5	70
700	15	5	50
1200	10	5	50
2000	5	5	50
2100	4,5	10	30
2800	Виконання роботи без засобів індивідуального захисту заборонене		

Визначаємо ступінь екранізації:

$$\mu = \frac{T_{и}}{T_{Е}}, \quad (4.5)$$

де $T_{Е}$ – задана температура екрана, К. Приймаємо $T_{Е} = 553$ К.

Т. ч.

$$\mu = \frac{1373}{553} = 2,48$$

Наведений ступінь чорноти джерела й екрана:

$$E_{\text{иЕ}} = \frac{1}{\frac{1}{E_{\text{и}}} + \frac{1}{E_{\text{Е}}} - 1}, \quad (4.6)$$

Наведений ступінь чорноти джерела й навколишнього середовища:

$$E_{\text{иЭ}} = \frac{1}{\frac{1}{E_{\text{и}}} + \frac{1}{E_{\text{В}}} - 1}, \quad (4.7)$$

де $E_{\text{и}}, E_{\text{Е}}, E_{\text{В}}$ – ступінь чорноти матеріалів джерела, екрана й навколишнього середовища.

Ступінь чорноти джерела $E_{\text{и}} = 0,8$.

Вибираємо екран із блискучого луженого листового заліза, ступінь чорноти якого $E_{\text{Е}} = 0,05$. Тоді наведені ступені чорноти будуть:

а) між нагрітим злитком і екраном з (4.6)

$$E_{\text{иЕ}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05} - 1} = 0,0494$$

б) між нагрітим злитком і повітрям, для якого можна прийняти $E_{\text{В}} = 0,82$, з (4.7)

$$E_{\text{иЭ}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,82} - 1} = 0,68$$

Визначаємо число екранів з рівняння (4.4):

$$n = \frac{1 - \left(\frac{298}{1473}\right)^4}{\frac{1}{2,48^4} - \left(\frac{298}{1473}\right)^4} \cdot \frac{0,0494}{0,68} - 1 = 1,9$$

Приймаємо подвійний екран із блискучого луженого листового заліза. Отже, ми зменшили температуру з 1100 до 280 °С. Тепер необхідно зробити розрахунок теплоізоляції днища кабіни.

Вихідні дані для розрахунку:

$t_H = 37$ °С – температура підлоги кабіни спостереження;

$t_O = 20$ °С – температура навколишнього повітря;

$t_{II} = 280$ °С – температура робочого простору;

Необхідно знайти товщину шару ізоляції δ_{II} , що забезпечує задану t_H .

Питомий тепловий потік через днище кабіни, Вт/м²:

$$Q = \alpha_1(t_{II} - t_B) = \frac{\lambda_{II}}{\delta_{II}}(t_C - t_H) = \alpha_2(t_H - t_O), \quad (4.8)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від гарячих газів днищу кабіни, Вт/м²К;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від підлоги кабіни навколишньому повітрю, Вт/м²К;

t_B – температура днища кабіни, °С;

t_C – температура між днищем кабіни й шаром теплоізоляції, °С;

λ_{II} – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/м²К.

Коефіцієнти тепловіддачі, Вт/м²К:

$$\alpha_1 = \frac{E_c \cdot C_o [(T_{II}/100)^4 - (T_B/100)^4]}{T_{II} - T_B}, \quad (4.9)$$

де E_c – наведена ступінь чорноти системи днище кабіни – газ;

C_o – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, $C_o = 5,67$ Вт/м²К.

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(t_H - t_O) - 4,74 \cdot 10^{-4}(t_H - t_O)^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(t_H - t_O)^3 \quad (4.10)$$

Підставивши чисельні значення в (4.8), одержимо:

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(37 - 20) - 4,74 \cdot 10^{-4}(37 - 20)^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(37 - 20)^3 = 11,04$$

Знайшовши коефіцієнт α_2 , можна розрахувати питомий тепловий потік по рівнянню (4.6):

$$Q = 11,04(37 - 20) = 187,68$$

Із системи рівнянь (4.6) і (4.7) знаходимо температуру днища кабіни:

$$T_B = \sqrt[4]{\left(\frac{E_c \cdot C_o \cdot T_{II}^4}{100^4} - Q\right) \cdot \frac{100^4}{E_c \cdot C_o}} \quad (4.11)$$

$$T_B = \sqrt[4]{\left(\frac{0,716 \cdot 5,67 \cdot 553^4}{100^4} - 187,68\right) \cdot \frac{100^4}{0,716 \cdot 5,67}} = 546\text{К}$$

Отже

$$t_B = 546 - 273 = 273 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Орієнтовно приймаємо температура між днищем кабіни й шаром теплоізоляції, $^\circ\text{C}$:

$$t_C = 0,75(t_B + t_H) = 0,75(273 + 37) = 232,5$$

Середня температура шару ізоляційного матеріалу, °С:

$$t_{из} = 0,5(t_B + t_C) \quad (4.12)$$

Як ізоляційний матеріал вибираємо мінеральну вату, її теплопровідність знаходимо по формулі, Вт/мк:

$$\lambda_{и} = 0,0053 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{из} \quad (4.13)$$

Т. ч. з формули (4.10)

$$t_{из} = 0,5(278 + 232,5) = 255,25$$

Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати при $t_{из} = 255,25$ °С із (4.13):

$$\lambda_{и} = 0,0053 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 255,25 = 0,051$$

Товщину шару ізоляції $\delta_{и}$ знаходимо з формули (4.6):

$$\delta_{и} = \frac{\lambda_{и}}{Q} (t_C - t_H) \quad (4.14)$$

Підставивши в (4.12) числові значення, одержимо:

$$\delta_{и} = \frac{0,051}{187,68} (232,5 - 37) = 0,05 \text{ м}$$

Отже, днище кабіни спостереження потрібно ізолювати шаром мінеральної вати. Підлога кабіни – дерев'яна з лінолеумом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням прокатного цеху показало, що одним з «вузьких» місць цеху є недостатньо ефективна робота амортизуючої підвіски зливковоза при транспортуванні зливків від нагрівальних колодязів.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної й патентної літератури встановлено, що в якості транспортуючого обладнання для доставки зливіків з печей до обтискного стану використовують рольганг-візки та зливковози, які мають ті ж самі недоліки, що й конструктивний аналог ПАТ «Запоріжсталь».
3. В результаті модернізації пвдвіски зливковоза будуть досягнуті наступні цілі – збільшення терміну служби, уникнення незапланованих простоїв, а отже як наслідок – підвищення продуктивності технологічної лінії в цілому.
4. В ході теоретичних досліджень встановлено, що оптимальними демпферними пристроями, що використовуються для нівелювання впливу дигнамічних навантажень від ваги зливка перед його посадкою в люльку зливковоза, є такі, що використовують принципи тертя при зменшенні механічних коливань, а саме – тарілчасті пружини;
5. Розроблена схема дослідження руху зливковоза дозволить точно контролювати всі необхідні режими переміщення зливковозу при доставці зливків від печей до приймального рольгангу.
6. На підставі проведених досліджень можна стверджувати, що найбільш напруженим режимом є при завантаженні та транспортуванні зливка типу 4А* від групи нагрівальних колодязів №14, згідно цього режиму потрібно виконувати розрахунок амортизаційних пристроїв підвіски зливковоза.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки в прокатному цеху ПАТ «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ніколаєв В.О. Обтискне та сортове виробництво прокату: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА. 2015. 128 с.
2. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
3. Доброносів Ю. К. Механічне обладнання металургійних заводів : конспект лекцій. Краматорськ : Донбас. держ. машинобуд. акад., 2019. 82 с.
4. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. К: Вища шк., 1995. 455 с.
5. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Динаміка машин. К. : КОМПРИНТ, 2013. 227 с.
6. Грибков Е. П. Динаміка та міцність машин : навч. посіб. Краматорськ : ДГМА, 2019. 64 с.
7. Пружинний віброізолятор : пат. 147322 Україна : F16F 7/00. № у 2020 08054 ; заявл. 16.12.2020 ; опубл. 28.04.2021, Бюл. № 17. 3 с.
8. Фрикційний демпфер : пат. 94838 Україна : B61F 5/12. № у 2014 03513 ; заявл. 07.04.2014 ; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23. 2 с.
9. Фрикційний демпфер : пат. 94839 Україна : B61F 5/12. № у 2014 03515 ; заявл. 07.04.2014 ; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23. 2 с.
10. Демпфер Яковлева : пат. 74719 Україна : F16F 9/06. № 20040503914 ; заявл. 24.05.2004 ; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1. 4 с.
11. DIN 2093. Dimensions and quality of conical disc springs. Effective from 1992-01-01. Official edition. 11 p.
12. Тарілчасті пружини шайби DIN 2093 и ГОСТ 3057-90. URL: <https://hennlichshop.com/ua/category/tarelchatye-pruzhiny> (дата звернення: 20.05.2023).
13. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г. Розрахунок пружин, ресор та пружних амортизаторів : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2000. 112 с.

14. Малащенко В. О., Ніколайчук В. В., Тимейчук О. Ю. З'єднання змінної жорсткості : монографія. Рівне : НУВГП, 2020. 97 с.
15. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2–ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
16. ДСТУ EN 16984:2022. Пружини тарілчасті. Розрахунок. Чинний від 2023-12-31. Вид. офіц. 2023.
17. Піпа Б.Ф., Хом'як О.М., Чабан В.В. Підйомно-транспортні пристрої: навч. посіб. К.:КНУТД, 2006. 143с.
18. Григоров О.В., Петренко О.В. Вантажопідйомні машини: навч. посіб. Харків: НТУ «ХП», 2006. 299 с.
19. Ракша С.В., Мелашич В.В., Колісник М.П. Розрахунки механізмів кранів мостового типу: навч. посіб. Дніпропетровськ: Пороги, 2006. 148 с.
20. Огурцов А.П., Сарандачов В.І., Солод В.Ю. Діагностика, динаміка, надійність підйомно-транспортних машин. Дніпропетровськ: Системні технології, 2002. 367 с.
21. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
22. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
23. Погорелов С. В. Автоматизація приводів машин : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 175 с.
24. Погорелов С. Сучасні автоматизовані системи приводів машин : метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 74 с.
25. Беленко В. Д. Динаміка і міцність металургійних машин : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 49 с.
26. Беленко В. Д. Комп'ютерні дослідження машин: : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 66 с.
27. Офісні технології : навч. посіб. / О. Г. Трофименко та ін. Одеса : Фенікс, 2019. 207 с.

- 28.Гірінова Л. В., Сибірякова І. Г. Інформаційні системи та технології. Частина 1. Технічне та програмне забезпечення інформаційних технологій та систем : навч. посіб. Х. : Monograf, 2016. 113 с.
- 29.Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
- 30.НПАОП 0.00–1.75–15. Правила охорони праці під час вантажно–розвантажувальних робіт. На заміну НПАОП 63.11–7.04–84, НПАОП 63.1–1.06–85 ; чинний від 2015–03–03. Вид. офіц. 2015.
- 31.НПАОП 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.ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
- 33.ДБН В.2.5–28–2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5–28–2006.pdf](http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf).
- 34.ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
- 35.Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с.
36. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravyyla-ulashtuvannya-elektroustanovok> (дата звернення: 03.10.2023).
- 37.ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.

38. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>.
39. СОУ 40.1–21677681–60:2012. Протипожежний захист машзалів електростанцій. Правила проектування та експлуатації протипожежного устаткування. На заміну НАПБ 05.030–2001 (ГКД 343.001.003.001–2001) ; чинний від 2012–03–29. Вид. офіц.
40. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001–2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2023–04–07. Вид. офіц. 2014.
41. ДСТУ 2894–94. Пристрої екранувальні для захисту від інфрачервоного випромінювання. Параметри та загальні технічні вимоги. Чинний від 1996–01–01. Вид. офіц. 1994.
42. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
43. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

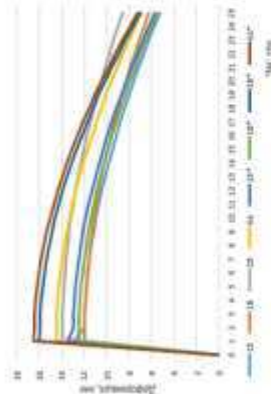
№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Форма т
1	Загальний вид зливковозу з візком обтискного стану Слябінг 1150	1	A1
2	Зливковоз	1	A1
3	Скат приводний зливковоза	1	A1
4	Скат неприводний зливковоза	1	A1
5	Строповка приводного ската зливковоза	1	A1
6	Дослідження коливань у тарільчастих пружинах ходових скатів зливковоза та візка	1	A1
7	Результати дослідження коливань у тарільчастих пружинах ходових скатів зливковоза та візка	1	A1
8	Дослідження шляхів зменшення впливу розігрітого зливка на оператора зливкоподачі	1	A1

ДОДАТКИ

№022717.300 II

Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №14

Table with 25 rows and 13 columns showing deformation data for different types of pours (0-24) and various parameters (1-13).



Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №14



Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №5

Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №5

Table with 25 rows and 13 columns showing deformation data for different types of pours (0-24) and various parameters (1-13).



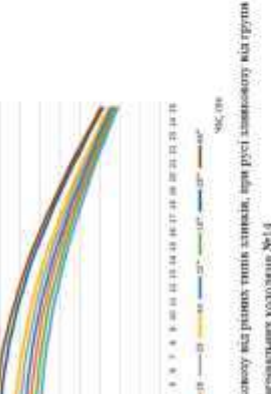
Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №14



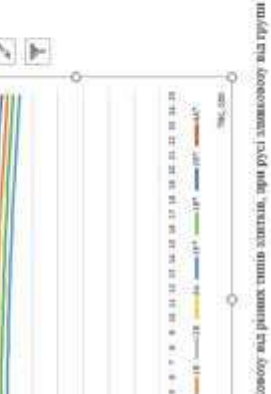
Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №5

Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №14

Table with 25 rows and 13 columns showing deformation data for different types of pours (0-24) and various parameters (1-13).



Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №5



Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №14

Деформація пружини хвилосховища від різних типів зливків, при русі хвилосховища від групи інтерв'яльних колодязів №5

Table with 25 rows and 13 columns showing deformation data for different types of pours (0-24) and various parameters (1-13).

Administrative form with fields for '№022717.300 II', 'Розроблено', 'Виконано', 'Перевірено', 'Затверджено', and 'Дата'.

