

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 БАКАЛАВРА

На тему Модернізація системи зупинки зливковогозобатисного стана 1150 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Кузьменко К. Ю.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Огінський Й.К.

(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. Потєбні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Кузьменка Кирила Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація системи зупинки зливковогозобтискного стана 1150 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»
керівник кваліфікаційної роботи професор, д-р техн. наук Огінський Й.К.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Зливковоз – 1А1; 2. Упор зливковозу пружинний – 1А1; 3. Упор зливковозу гідравлічний – 1А1; 4. Фундамент упору зливковоза – 1А1; 5. Строповка гідроциліндра сильфонного типу – 1А1; 6. Сильфон – 1А1

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
2	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
3	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
4	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.05.2024 – 20.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.05.2024 – 27.05.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проекту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Кузьменко К. Ю. Модернізація системи зупинки зливковогоз обтискного стану 1150 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник Й.К. Огінський. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Виконано аналіз вантажопотоків при реалізації технологічного процесу виробництва слябів та основного механічного обладнання, що приймає в ньому участь. Запропоновано варіант модернізації упору зливковогоз на ділянці приймального рольгангу обтскного стану. Виконано необхідні розрахунки, що обґрунтовують запропоновану модернізацію. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології при виробництві слябів.

Ключові слова: зливкок, зливковоз, упор, сільфон, сляб, приймальний рольганг

ABSTRACT

Kuzmenko K. Yu. Modernization of the Stop System of the Ingot Carrier of the Crimping Mill 1150 in the Conditions of the Rolling Shop of Zaporizhstai PJSC.

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser Yo.K. Oginsky. Zaporizhzhia National University, Enginccring Educational and Scicntific Institute them. Yu.M. Potcbni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The analysis of cargo flows during the implementation of the technological process of production of slabs and the basic mechanical equipment that participates in it. The option of modernization of emptying on the area of the reception roglag of the outskirts state is proposed. The necessary calculations are made to substantiate the proposed modernization. Attention is paid to the issues of technogenic safety and ecology in the production of slabs.

Keywords: ingots, drainage, emphasis, bellows, slab, receiving roller

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальні відомості про діляницю обтискного стану Слябінг 1150	8
1.2 Короткий опис механічного обладнання, що приймає участь в технологічному процесі виготовлення слябів	11
1.3 «Вузькі» місця ділянки реверсивного стану Слябінг 1150	24
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	25
2.1 Огляд існуючих конструкцій зливководів і гальмівних пристроїв, та їх місце в технологічному процесі	25
2.1.1 Зливководи	25
2.1.2 Рольганг–візки	32
2.1.3 Пристрої для зупинки зливководу на заданій ділянці	36
2.2 Опис проєкту модернізації та обґрунтування прийнятих рішень	38
2.3 Розрахунок сильфона	39
2.4 Розрахунок елементів гідроприводу упору зливководу	51
2.5 Розрахунок зворотної пружини упору зливководу	56
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	62
3.1 Розрахунок стропів	62
3.2 Розрахунок фундаменту	67
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	73
4.1. Заходи з охорони праці при капітальному ремонті зливководу	73
4.2 Заходи з пожежної безпеки при капітальному ремонті зливководу	75
4.3 Заходи з промислової санітарії при капітальному ремонті зливководу	77
4.4. Заходи з охорони навколишнього середовища	78
Висновки	80
Список використаної літератури	81
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Для подачі злиwkів з прольоту нагрівальних колодязів до приймального рольгангу обтискного стану застосовуються зливковози. Таке рішення є оптимальним з точки зору безпечної роботи, так як зливковоз управляється дистанційно оператором з пульта управління. Для забезпечення ритмічності виробничого циклу зливковозом необхідна його своєчасна зупинка на заданій ділянці, яка не допускає зіткнення зливковозу з приймальним рольгангом.

Для транспортування злиwkів у світовій практиці використовують різні типи зливковозів. На ПАТ «Запоріжсталь» подача злиwkів здійснюється зливковозом, який рухається вздовж фронту нагрівальних колодязів. Для точності зупинки зливковозу використовують упор.

Відомі різні типи упорів злитковозу: гідравлічний, пружинний та ін. Зливковози та упори мають ряд конструктивних недоліків, які негативно позначаються на ефективності всього технологічного процесу. Так, при навантаженні зливка відбувається удар зливка по рамі зливковоза, і як наслідок, амортизаційні пружини, що встановлені на ходових колесах, слабо гасять удар та швидко виходять з ладу. Також, через високу температуру злиwkів відбувається пересихання гумових ущільнень та витікання робочої рідини, що призводить до втрати функціонального призначення упору – забезпечення зупинки зливковозу на заданій ділянці.

Рішення цієї проблеми є важливим для забезпечення виконання технологічного процесу роботи всієї лінії обтискного стану Слябінг 1150 та є темою спеціальної частини проекту.

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 94 сторінки, з яких 22 рисунки, 4 таблиці, 10 додатків. Бібліографічний список має 33 найменування літературних джерел.

Об'єкт проектування – вузол упору зливковозу приймального рольгангу, прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Ціль роботи – розробка оптимальної конструкції упору зливковоза.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про дільницю обтискного стану Слябінг 1150

На комбінаті «Запоріжсталь» в цеху гарячої прокатки, на обтискному стані Слябінг 1150 здійснюють обтиснення зливків, що надходять із мартенівського цеху, масою 20 т. в чорнові заготовки – сляби розміром: висотою $h = 90 \dots 180$ мм; шириною $b = 1000 \dots 1500$ мм і довжиною $l = 4200 \dots 4700$ мм. Отримані сляби розкатують в тонкий лист за такою технологічною схемою: Слябінг-1150 – стан гарячої прокатки тонкого листа – стан 1680 холодної прокатки.

Основними прогонами обтискного цеху є:

- прогін нагрівальних колодязів;
- становий прогін;
- машинна зала;
- скрапний прогін;
- ад'юстаж – склад слябів;
- слюсарна майстерня.

В першому прогоні розташовані нагрівальні колодязі 1 (рис.1.1), залізничні шляхи 2, 3; шлях 5 для переміщення зливковоза 8 з візком 9. Для обслуговування прогону встановлено кліщові крани 4. До складу обладнання відносяться резервний зливковоз 7, пересувна платформа 6, приймальний рольганг 11 і поворотний стіл 13.

В становому прогоні розташована робоча кліть 10, «Слябінг-1150» це універсальна робоча кліть, яка має горизонтальні робочі валки і вертикальні валки. Привод горизонтальних валків – індивідуальний, складається із двох електродвигунів 21 через універсальні шпинделі 20 з гідравлічним зрівноважуванням. Горизонтальні валки здійснюють обтиснення зливка по товщині.

Обтиснення бокових кромek слябів здійснюються вертикальними валками, котрі приводяться у рух електродвигунами через спільний редуктор.

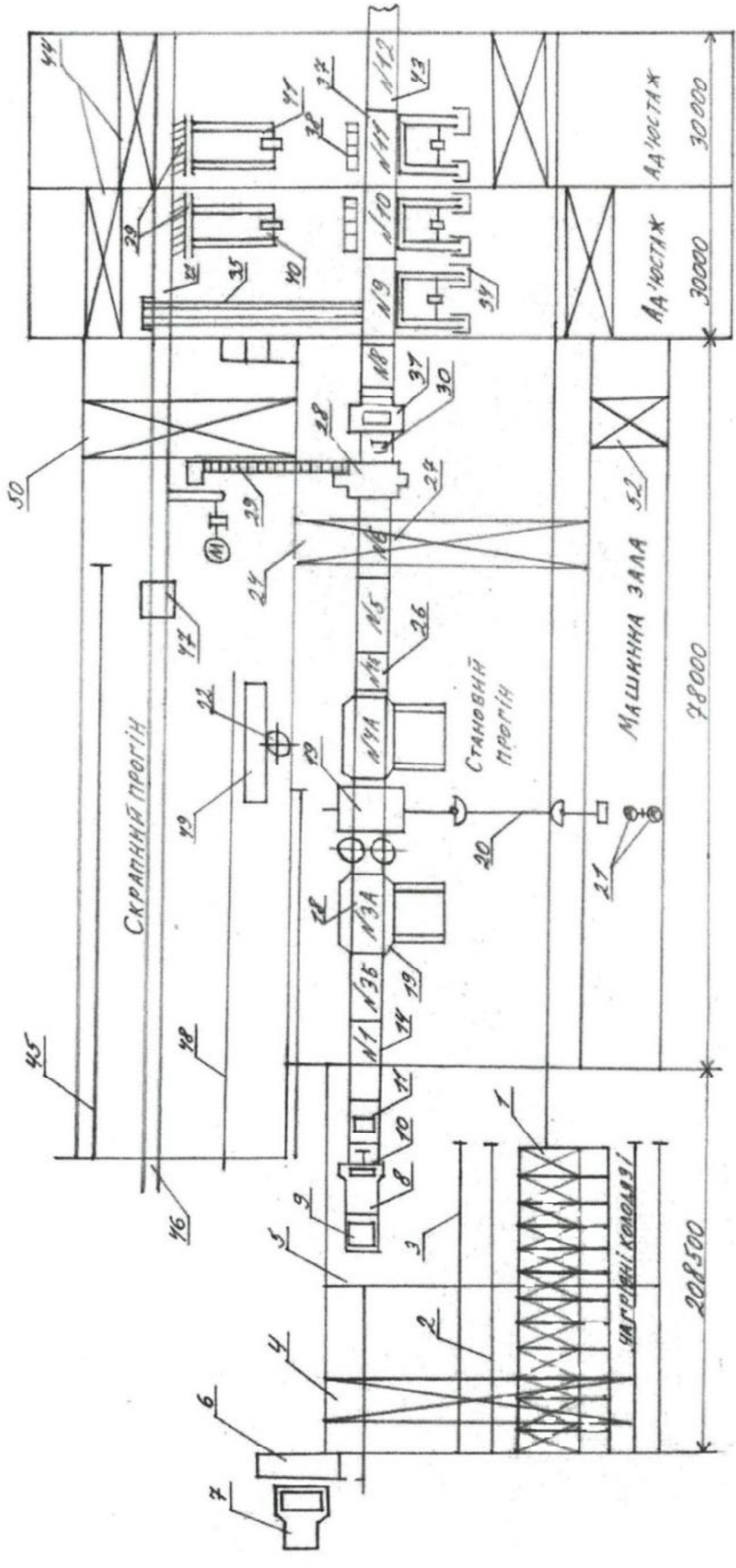


Рисунок 1.1 – Технологічна лінія обіскного стану Слябінг 1150 (позиції наведено в тексті)

Перед і за робочою кліткою встановлено робочі рольганги 16 (3а, 3б), на яких розташовані маніпулятори 17 з кантувачами 18. За робочою кліткою також є рольганги 25 (4а, 4б). Рольганг 4а обладнано маніпулятором 23. Привод роликів робочих рольгангів – індивідуальний. Для транспортування зливків від поворотного столу до робочих рольгангів 3а і 3б є транспортні рольганги 11 і 15.

За робочими рольгангами 4а і 4б розташовані транспортні рольганги 26 і 27, ножиці з паралельними ножами 28 з зусиллям різання 20000 кН і механічний упор 31. Обрізані крайки сляба за допомогою пластинчатого конвеєра подаються на конвеєр 29 для прибирання обрізків в скрапний прогін. За ножицями встановлено стіл 30. Становий прогін обслуговується мостовими кранами вантажопідйомністю 20 тон.

В прогоні ад'юстажу розташовані рольганги №9, №10, №11, №12 з груповим приводом роликів, від одного двигуна через редуктор приводиться в рух секція із десяти роликів. В прогоні встановлено зіштовхувачі 34, холодильники 35 із ланцюговим шлепером, стосоукладач 38, стелажі 37 і завантажувальний грат 39, які обслуговуються зіштовхувачами 40, 41. Сляби із завантажувального грату зіштовхуються на верхній пічний рольганг 42, котрий транспортує до методичних нагрівних печей стану гарячої прокатки тонкого листа 1680. Прогін обслуговується мостовими кранами 44 із спеціальними вантажозахватними пристроями.

Скрапний прогін призначений для прибирання обрізків і циндри від стану. Із двох відстійників 49 циндру і обрізки вивозять вагонами. В прогоні розташована насосно-аккумуляторна станція 22 для зрівноважування валків і шпинделів горизонтальних валків. В маслянопідвалі розташовані станції рідкої і густої систем змащування. Обрізки від ножиць скидаються великим пластинчастим конвеєром в короб. Прогін обслуговується мостовими кранами $Q = 20/2$ т.

Склад зливків призначений для складування гарячих зливків із стриперного відділення під час зупинки стану на ремонт. Зливки знімають за допомогою спеціальних захватів і укладають стосами вздовж складу.

Нагріті зливки приймальним рольгангом 11 подаються на поворотний стіл 13, котрий повертає злинок на 180° , а потім, за допомогою транспортних рольгангів №1, 2, 3, 4 транспортується до робочої кліті 19 для обтиснення до необхідних розмірів. Рольганги – реверсивні. Кількість пропусків зливка між горизонтальними і вертикальними валками робочої кліті залежить від їх ваги і сортаменту слябів. В процесі прокатки спрямування злиwkів у валки здійснюється лінійками маніпулятора 17 і 23, які встановлені над робочими рольгангами перед і за кліттю. З метою рівномірного обтиснення по перетину зливка і видалення циндри з верхньої поверхні зливка, виконується кантування зливка на 180° кантувачем 18. Видалена циндра провалюється під стан на жолоб, по якому водою змивається у відстійник. Із відстійника циндру грейфером завантажують у вагони [1].

1.2 Короткий опис механічного обладнання, що приймає участь в технологічному процесі виготовлення слябів

Слябінги призначені для прокатки гарячих злиwkів в сляби різних розмірів [2].

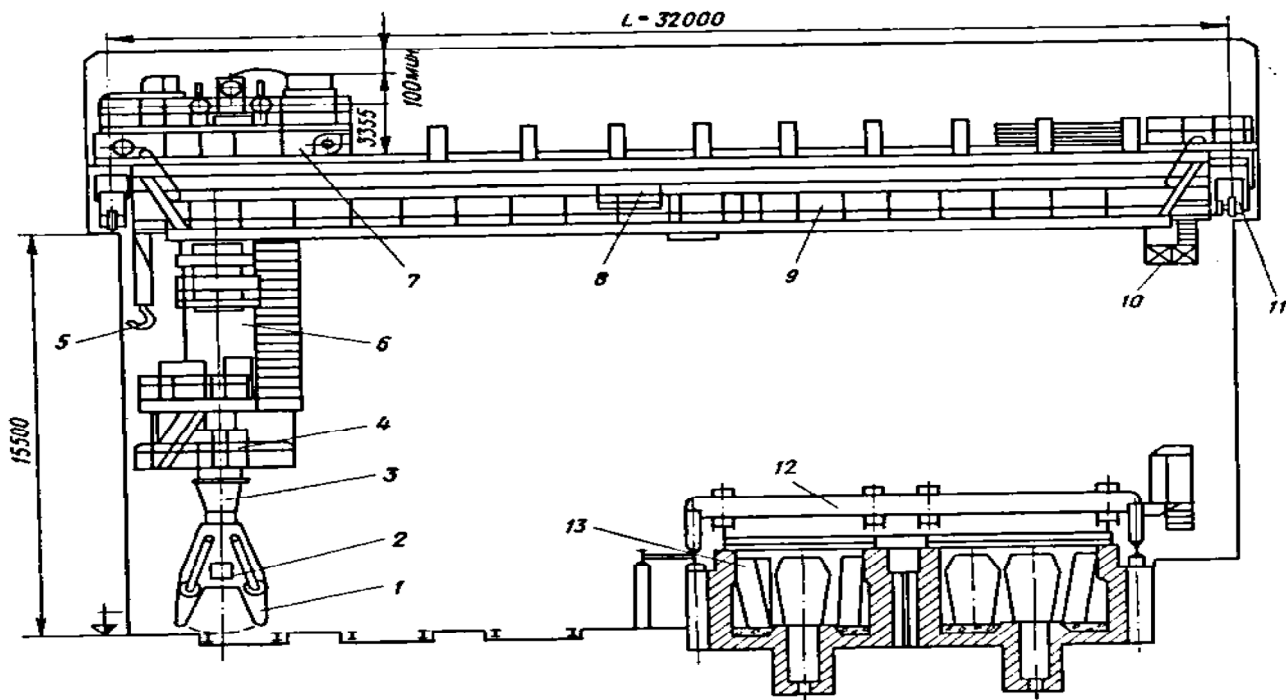
Зняття гарячих злиwkів (табл.1.1) із залізничних платформ, поданих із стріперного відділення, посадка їх у нагрівальні колодязі, виїмка з колодязів та посадка в зливковоз – всі ці операції виконуються спеціальні мостові кліщові крани.

У цехах слябінгів в залежності від ваги злиwkів, що прокочуються застосовують кліщові крани вантажопідйомністю кліщового захоплення і допоміжного гака 200/300, 300/400, 300/500 кН (20/30, 30/40, 30/50. У прольоті нагрівальних колодязів (як і інших цехах) за нульову ($\pm 0,0$) висотну позначку приймають висоту головки рейок залізничної колії. Так як площадка нагрівальних колодязів розташована на висоті близько +3000 мм, то для обслуговування їх необхідно, щоб кліщовий кран був розміщений на великій висоті [позначка підкранової рейки близько +(15-16) м]. Проліт крана (по осях

підкранових рейок) становить 30-32 м. На рисунку 1.2 показаний колодязевий кліщовий кран вантажопідйомністю 300/500 кН (30/50 тс) конструкції заводу Сібтяжмаш. Зварний міст крана є жорсткою рамною конструкцією з кінцевими балками коробчатого перерізу.

Таблиця 1.1 – Типи, розміри злитків та сортамент слябів

№ п/п	Тип зливка, мм.	Переріз зливка, мм.	Вага зливка, т.	Висота зливка, мм.	Розмір сляба				Марка сталі
					Ширина, мм.	Довжина для товщини			
						150	130	115	
1	1	813x915	11,5	2500	710-850	10,2-8,6	11,35-9,9	13,4-11,2	Мст0-4кп
2	8	813 x 915	12,3	2650	710-850	11,4-9,55	12,75-10,6	14,95-12,5	0,8кп, 10кп
3	10	640 x 1100	12,1	2650	950-1060	8,4-7,55	9,7-8,7	11,0-9,8	15-25кп (кс)
4	11	640 x 1270	12,8	2650	1070-1180	7,9-7,15	9,15-8,25	10,3-9,3	08ю
5	12	640 x 1320	14,8	2650	1190-1290	8,2-7,55	9,45-872	10,7-9,83	М16с, Ст3кіст
6	13	640 x 1500	16,6 10,8-12,7	2650 1700-2000	1300-1420	8,4-7,7 7,0-5,53	9,7-8,85 8,1-6,4	11,0-9,93 9,55-7,55	10-30 10-30Г2
7	14	640 x 1500	17,7 11,3-13,2	2650 1700-2000	1450 — 1520	9,3-8,9 7,7-6,25	10,5-10,0 8,65-6,07	10,5-10,0 8,65-6,07	10-70г 35-45Г2
8	15	780 x 1000	10,6-11,1	2100-2200	750-940	11,65-8,2	13,45-9,5	14,75-10,0	25-30ХГСА
9	16	780 x 1170	17,5 12,5-13	2900 2100-2200	950-1110	11,9-10,2 10,3-8,17	13,8-11,3 11,9-9,46	15,5-13,3 13,45-1075	40ХНМА 23Х2НВФА
10	17	780 x 1130	19,9 14,2-14,8	2900 2100-2200	1120-1270	11,6-10,2 10,05-8,15	13,4-11,8 11,6-9,4	15,1-13,3 13,6-10,5	20ГХСНА 5ХВС2
11	18	780 x 1150	16,0-16,9	2100-2200	1280-1420	9,95-8,15	11,5-9,5	12,95-10,7	55-60С2 31-73
12	19	780 x 1600	17,0-18,0	2100-2200	1430-1520	9,5-8,15	10,95-9,4	12,4-10,6	Х18Н10Т ЕІ-811



1 –важелі кліщів ;2-корпус кліщів ;3-колона ;4-механізм повороту;
 5-гак допоміжного підйому (Q = 50 т) ;6-шахта та кабіна оператора; 7-візок
 30/50 т ;8-механізм пересування крана ;9-головна балка ;10-кабіна для огляду тролів ;11-
 кінцева балка ;12-крайковий підлоговий кран ;13-зливков

Рисунок 1.2 – Колодязьовий кліщовий кран вантажопідйомністю 30/50 т

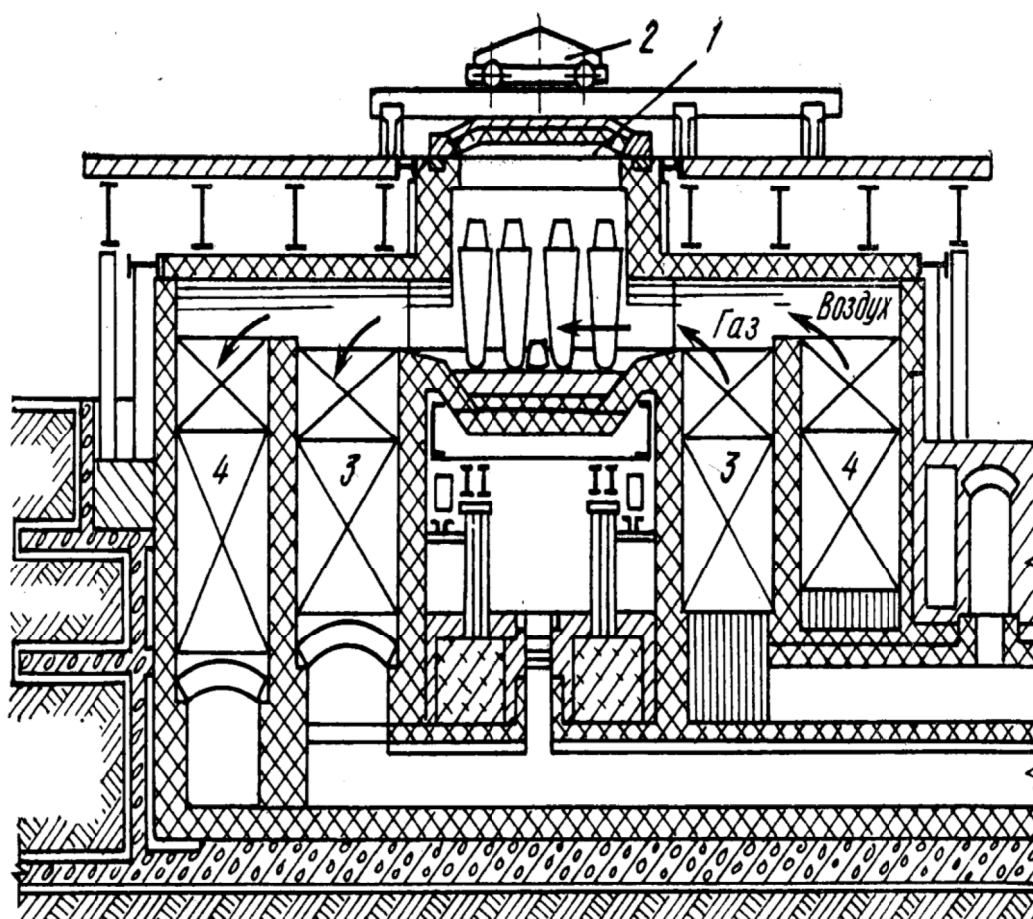
Довжина прольоту нагрівальних колодязів – 236,5 м, ширина – 29 м. У прольоті прокладено три залізничні колії. Перша та друга залізничні колії з боку нагрівальних колодязів служать для подачі гарячих плавок і холодних зі складів зливків, подачі та прибирання цегли при ремонтах колодязів та збирання зварювального шлаку. Третій шлях – зливковозний, обладнаний у прольоті ямою для ремонту злитковозу.

Для обслуговування колодязів по посадці, видачі зливків, по ремонтах встановлено чотири електромостові кліщові крани Q =20/15 т. У прольоті встановлено 11 груп колодязів із загальною довжиною майданчика 190 метрів. Тип нагрівальних колодязів – багатомісні газові, регенеративні з підгрівом газу та повітря (рис.1.3). Паливо – суміш природного та доменного газів калорійністю

– 1100 кКал/мм³. Кожна група колодязів складається з 4-х осередків, що працюють попарно. Місткість однієї камери:

- зливків по 9,1 - 11,1 т.
- 4 зливки по 12,5 – 19,9 т.

Стіни камери викладені динасом; кожна камера накривається кришкою, що служить для неї склепінням. Кришка футерована клиновою шамотною цеглою. Пересування кришок здійснюється рейковим механізмом. Кожен осередок має 4 регенератори, з яких 2 повітряних та 2 газових. Розташовані регенератори з лівого та з правого боку комірки. Верхня частина насадок – динасова, а нижня частина – шамотна. Температура підігріву газу у рекуператорі до 1000 °С, а повітря до 600-800 °С.



1-кришка ;2-механізм для переміщення кришки ;3-газовий регенератор;
4-повітряний регенератор

Рисунок 1.3 – Регенеративні нагрівальні колодязі

Кожен осередок має індивідуальні газопровід та повітропровід діаметром 400 мм, і для інтенсифікації процесу нагріву від загального цехового колектора до кожного осередку підводиться трубою природний газ з постійною витратою. Перекидні пристрої на кожному осередку індивідуальні: на газовому тракті осередку встановлено клапан золотникового типу з водяним затвором, на повітряному – клапан метеликового типу. Надходження повітря в регенератор провадиться через перекидний клапан від відцентрового вентилятора. Надходження газу до регенератора здійснюється через перекидний клапан від загального цехового газопроводу, через колектор. Пропорціонування газу та повітря здійснюється струменевим регулятором співвідношення, що впливає на дроселі в повітропроводі за допомогою кривошипного сервомотора. Регулювання витрати газу здійснюється автоматично за температурою у комірці. Витрата повітря регулюється автоматично з витрат газу.

Постійність тиску в камері досягається автоматичною зміною положення шибера, розташованого біля димаря кожного комірки.

При відкриванні кришок, більш ніж на один метр, відбувається миттєве одночасне відсічення газу та повітря, а при закриванні – відсікання автоматично знімається. Чотири осередки об'єднані в одну групу із загальною димовою трубою (футерованою всередині шамотом) заввишки 50 метрів та загальним дуттьовим вентилятором "Сірокка".

Тривалість нагріву зливків холодного всаду – 6-10 годин, а гарячого – 1,5-4,0 годин і залежить від часу кінця розливу до посадки. Продуктивність однієї групи колодязів 50 – 60 т/год.

Для подачі нагрітих зливків на приймальний рольганг стану в горизонтальному положенні служить двовісний візок-перекидач (зливковоз). Живлення двигуна пересування здійснюється від тролей. Перекидання люльки зі зливком проводиться напівавтоматично. Швидкість пересування злитковозу до 6 м/с. У разі подачі зливків від першої та другої

груп колодязів зливки встановлюються безпосередньо краном у стаціонарний перекидач, який укладає злиток на рольганг.

Становий проліт довжиною – 78 м, шириною – 27 м з кроком колон – 12 м обладнаний двома електромостовими кранами $Q = 30/5$ т і $Q = 75/15$ т, що використовуються також для проведення ремонтних робіт та перевалки валків, прибирання скрапу та інших робіт.

Стан слябінг є реверсивним обтискним станом з універсальною кліттю.

Основні габарити:

Довжина - 9,49 м;

Ширина – 7,47 м;

Загальна висота – 12,5 м;

Висота над рівнем підлоги – 9,28 м.

Річна продуктивність у зливках:

За проектом – 2800000 т;

Досягнута - 3450000 т.

Вага злиwkів, що прокочуються – 20-23 т.

Стан має дві кліті:

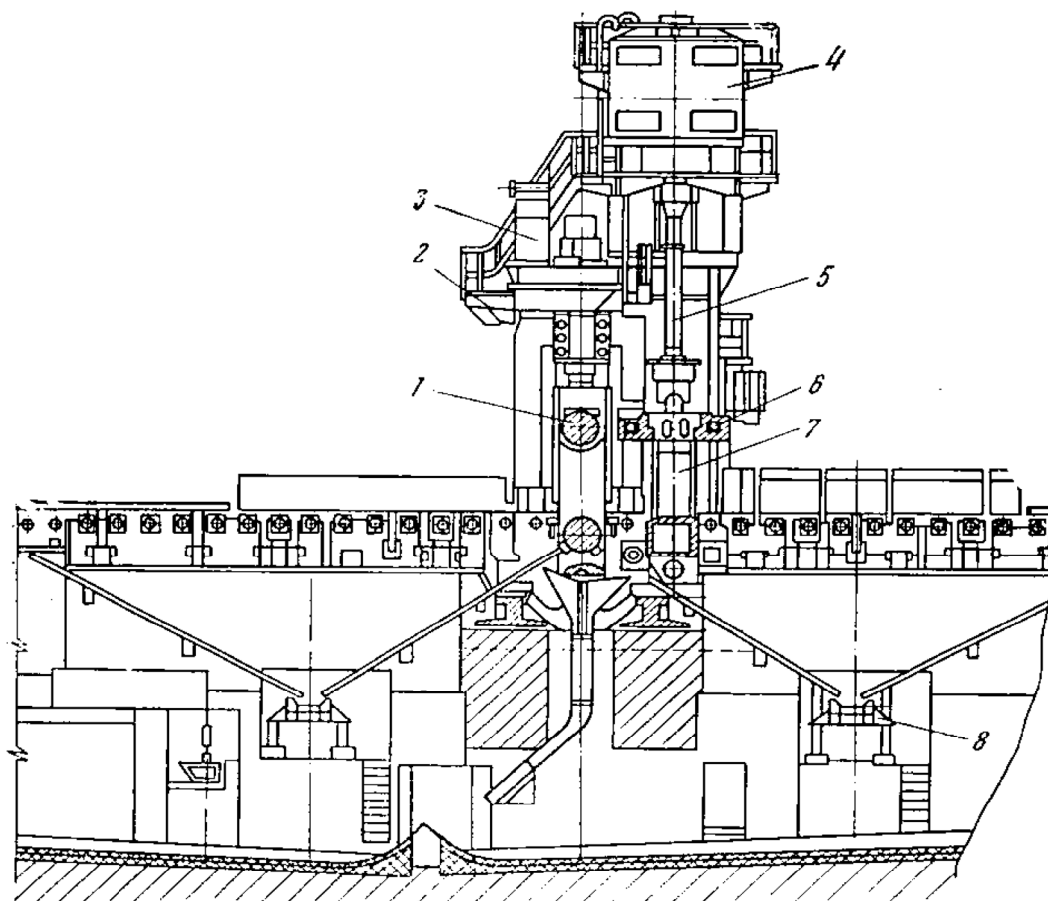
а) кліть горизонтальних валків,

б) кліть вертикальних валків.

Розташування між осями горизонтальних та вертикальних валків – 2200 мм.

Кожен горизонтальний та вертикальний валок приводиться від індивідуального електродвигуна. Для передачі обертання від електродвигуна до валків служать шпинделя з універсальними шарнірами.

Горизонтальні валки встановлюються між двома станинами, спираючись шийками на подушки, розташовані в прорізах рами. Нижній валок нерухомий, а верхній – рухомий, і опорні подушки цього валка пов'язані з натискним пристроями (рисунок 1.4).



1 - горизонтальні валки; 2 - робоча кліть горизонтальних валків; 3 - електродвигуни натискного пристрою; 4 - електродвигуни приводу вертикальних валків; 5 - універсальні шпинделі приводу вертикальних валків; 6 - кліть вертикальних валків; 7 - вертикальні валки

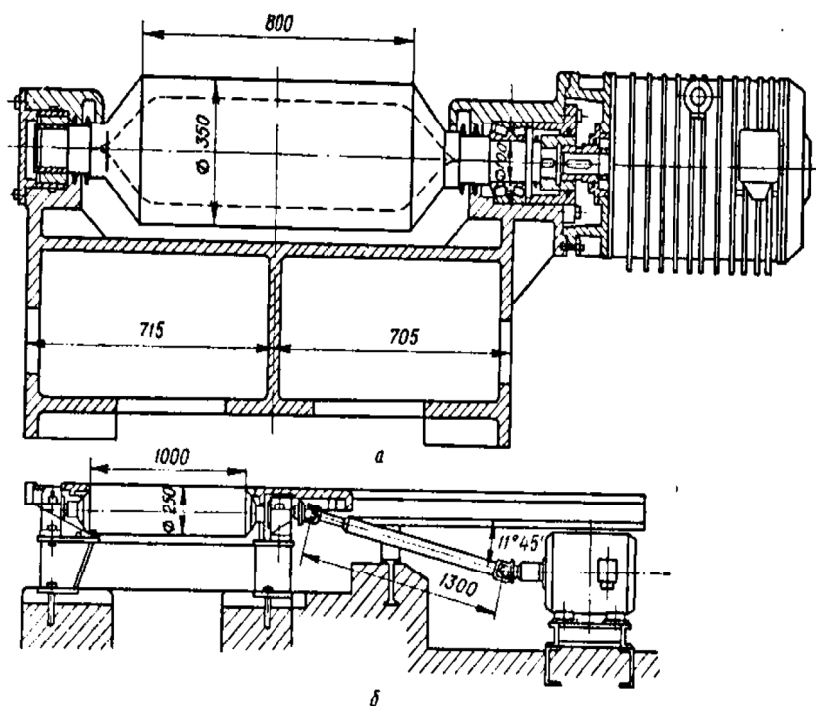
Рисунок 1.4 - Загальний вигляд робочої кліті слябінгу 1150

Натискний пристрій вертикальних валків призначено для встановлення розчину валків за допомогою двох натискних гвинтів кожного валка. Привод здійснюється від двох спарених електродвигунів через циліндричний та черв'ячний редуктори. Гідравлічне врівноважування вертикального валка служить для постійного притискання касети (вертикального), в якій знаходиться вертикальний валок, до п'яти натискних гвинтів. Для кожного валка встановлено один гідроциліндр із робочим ходом плунжера – 640 мм. Плунжер пов'язаний шарнірами з касетою двома тягами.

Всі рольганги встановлені по одній осі - осі прокатки, утворюючи безперервну лінію транспортування металу, що прокочується. Кожен рольганг складається з станини, роликів, трансмісії та приводу. Усі рольганги мають напрямні лінійки. Ролики рольгангів ковані та литі порожнисті. Встановлюються ролики впоперек станини між рамами рольгангів, на опорах у вигляді роликівих вальниць, що насаджені на обидві шийки ролика, в гніздах рам. На одній шийці з приводного боку насаджена конічна шестерня, що входить у зачеплення з відповідною конічною шестернею на трансмісійному приводному валу. Вал із закріпленими конічними шестернями встановлюють у масляній ванні з приводної сторони рольгангів і закривається кришкою. Привод складається з мотора та редуктора. У всіх рольгангів верхня площина роликів знаходиться вище за рівень підлоги цеху на 800 мм. Мастило всіх вальниць – густе від центральної мастильної станції. Мастило конічних шестерень - картерна. Привід роликів робочих рольгангів перед та за станом виробляються від індивідуальних електродвигунів потужністю $N = 80$ кВт, $n = 470$ об/хв типу МП-82 (рисунок 1.5,1.6).

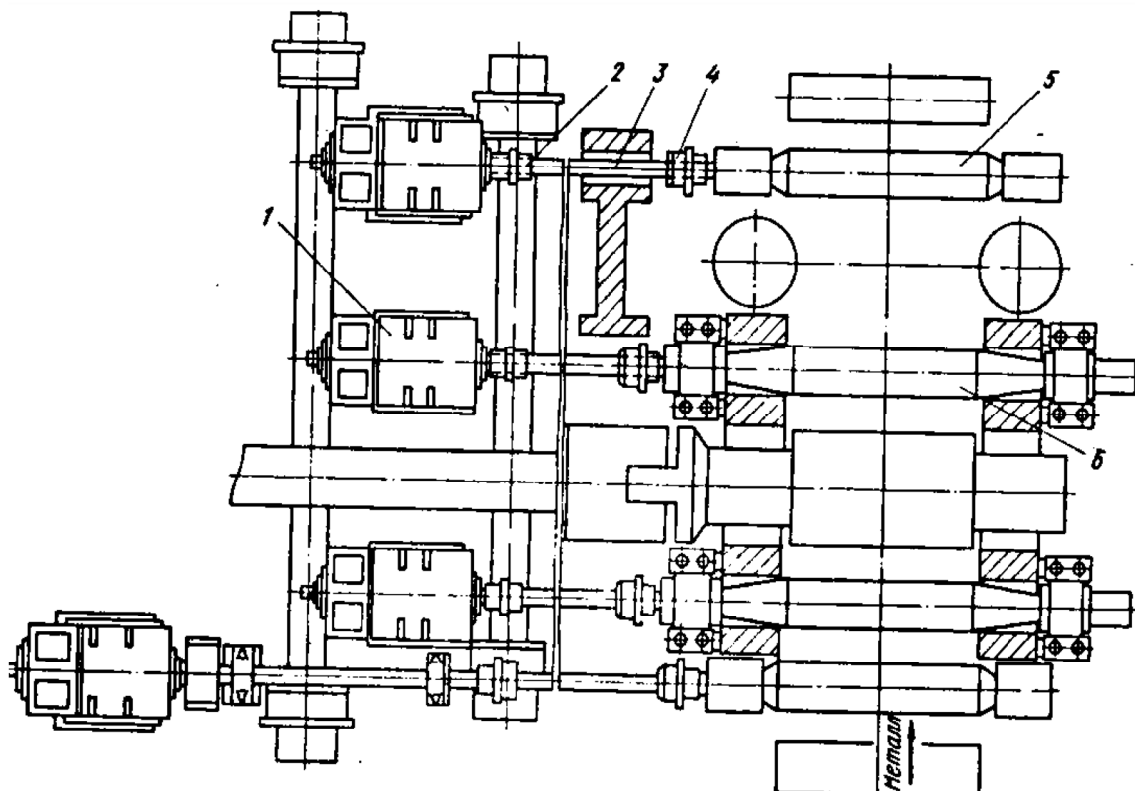
Маніпулятор призначений для точної установки зливка по осі прокатки та вирівнювання гуркоту. Є два маніпулятори по відношенню до осі табору - перед та за табором. Пересування лінійок перед та за станом здійснюється двома електродвигунами через циліндричні редуктори та рейкові зачеплення. Максимальний розчин лінійок 1800 мм. Швидкість руху лінійок – 0,511 м/с. Довжина лінійок 8 м. Висота лінійок перед станом – 1225 мм, за – 875 мм.

Кантувач служить для повертання зливка на 90° або два прийоми на 180° ; при цьому відбувається збиття окалини. Кантувальник розташований між станинами маніпулятора перед станом. На верхній частині корпусу правої лінійки встановлений вал для приведення в рух кантальних гаків. На валу посаджено і закріплено на шпонках чотири важелі, на кінцях яких підвішені на осях кантувальні гаки. Відстань між гаками 1500 мм.



a - від фланцевого електродвигуна через зубчасту муфту;
б - від електродвигуна через карданний вал

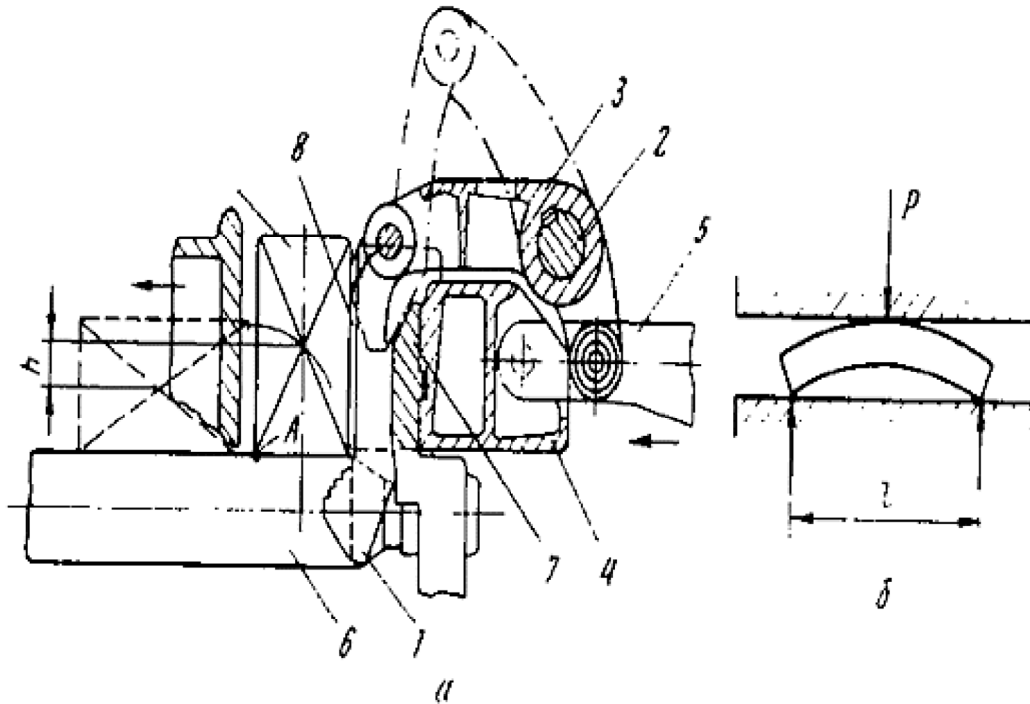
Рисунок 1.5 – Ролики рольгангів з індивідуальним приводом



1 - електродвигун; 2 - зубчаста муфта; 3 - шпindelь; 4 - зубчаста муфта; 5 - ролик

Рисунок 1.6 – Станинне ролики с индивидуальным приводом

Висота підйому гаків 900 мм. Швидкість підйому гаків 0,55 м/с. Кут повороту важелів кантальних гаків $48^{\circ} 12'$. Кут повороту зливка за один підйом 90° . Пересування кантувача здійснюється через редуктор двома електродвигунами типу КПО1250/418 $N = 135$ кВт, $n = 450$ об/хв. На рисунку 1.7 показано пристрій маніпулятора та кантувача.



1 – гаки, що кантують; 2 – вал; 3 – важелі; 4 – лінійка маніпулятора;
5 – штанга; 6 – ролик робочого рольганга

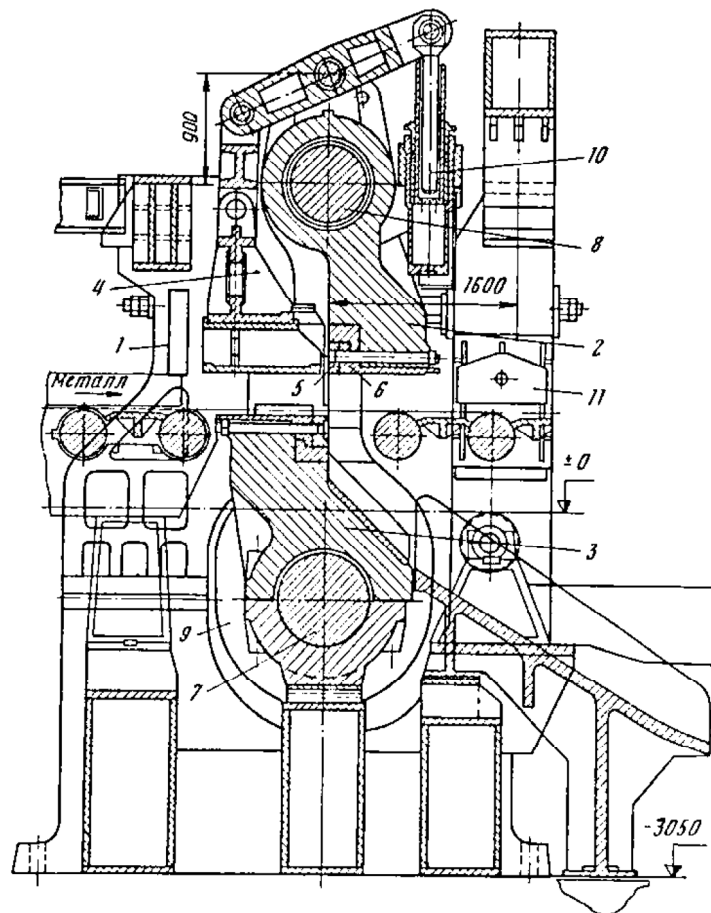
Рисунок 1.7 – Схема крюкового кантувача (а) і схема правки слябів лінійками маніпулятора (б)

Ножиці закритого типу з верхнім різом (рис.1.8) і кривошипно-шатунним механізмом, що працює від електроприводу, до складу якого входять три редуктори та чотири електродвигуни. Потужність ножиць 2000 т. Ножиці призначені для обрізання кінців та різання смуги перетином у межах від 65–200 мм за товщиною та 650–1520 мм за шириною за умови, що поперечний переріз смуги не перевищує 300000 мм^2 для сталей з межею міцності не більше 50 кг/мм^2 800°C . Довжина слябу залежить від фабрикації зливка в межах 1400–4800 мм. Кількість ножів – 2, сталь марки 5ХВ2С.

Розчин між ножами 320 мм. Хід верхнього ножа – 340 мм найбільше різів 4,9–8,6 за хв. Ширина транспортера для збирання обрізків 600 мм, обмежує довжину обрізу та вагу. Залежно від типу сталі, відсотки обрізі перебувають у межах, які вказані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 –Залежність відсотка обрізі від типу сталі

Сталь	Головна частина, %	донна частина, %
Кипляча	5 – 15	2 – 4
Напівспокійна та нестаріюча	3 – 6	2 – 4
Спокійна	14 – 18	2 – 4



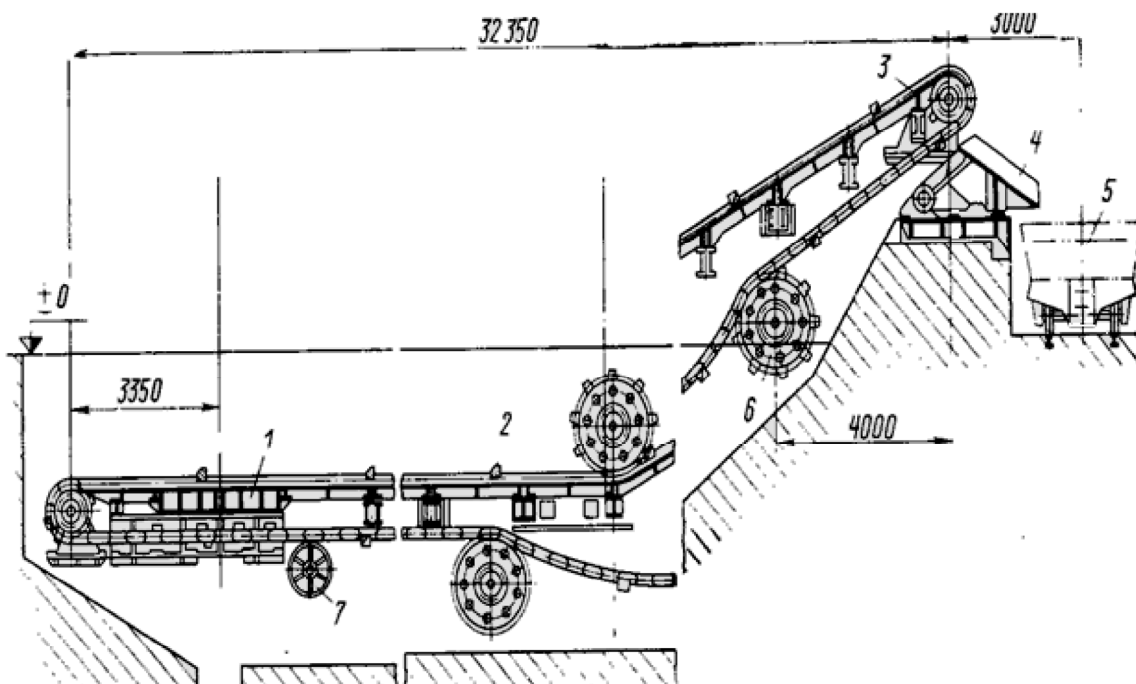
1 - литі станини; 2 - верхній супорт; 3 - нижній супорт ;4 - притиск; 5 - ніж; 6 - змінні планки; 7 - нижній ексцентриковий вал; 8 - вісь верхнього супорта; 9 - боковий шатун; 10 - гідравлічний привід від циліндра з плунжером

Рисунок 1.8 – Ножиці з паралельними ножами та верхнім різом зусиллям 2000 тс конструкції НКМЗ для гарячого різання слябів

Клеймування слябів на бічній грані проводиться за допомогою клеймової машини, що є пневмоциліндром зі штоком, на якому кріпляться обойми з клеймами.

Конвеєр для збирання обрізі служить для подальшої передачі обрізі від транспортера на столі ножиць, що коливається, до коробу охолодження обрізі у скрапному прольоті. Робоча швидкість стрічки конвеєра – 0,49 м/с. Ширина стрічки 1000 м. Привод ланцюга здійснюється від електродвигуна $N = 40$ кВт, $n = 750$ об/хв.

Після обрізання на ножицях обрізок рухається по стрічковому транспортеру на рольгангу, що коливається, потім переходить на конвеєр, дійшовши до кінцевих зірочок, переходить на розподільну плиту пристрою, що скидає. На плиті встановлена направляюча, що повертається, за допомогою якої обрізки направляються в ту або іншу коробку. З коробок обрізь висипається на залізничні платформи або засіки для обрізі в скрапному прольоті (рисунок 1.9).



1-приймальна плита ;2-скребки ;3-привідні зірочки ;4-розвантажувальний жолоб
;5-напівприкрита платформа ;6-напрямна зірочка ;7-ролик

Рисунок 1.9 - Конвеєр для збирання обрізі від ножиць слябінгу

Після прокатки сляби подаються на склад. Довжина прольоту складу слябів – 204 м. Ширина двох прольотів складає 80 м. Склад слябів ємністю 8000 т за проектом, фактично вміщує 26000–28000 т слябів та обладнаний шістьма електромостовими кранами (у кожному прольоті по 3 крани) вантажопідйомністю 20 т.

Вирізані на ножицях сляби можуть надходити в печі ТЛЦ по похилому транспортеру та пічний рольганг або складуватися на стелажах складу слябів. Гарячі сляби, що йдуть на склад слябів, затримуються упорами, розташованими в лінії відведення рольгангу біля складальних столів і зіштовхувачами зсуваються на складальний стіл.

Для зсуву слябів з відвідного рольгангу є два зіштовхувачі, обладнаних 8 пальцями кожен. Кожен робочий хід зіштовхувача 4400 мм забезпечує зіштовхування слябів на складальний стіл, а потім на стелажі. Швидкість зіштовхування 0,362 м/с.

Максимальне зусилля, що штовхає - 20 т. Привод кожного зіштовхувача від моторів типу МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і зубчасті рейки.

Для укладання слябів в стопи та прибирання стоп електрокранами служать штабелюючі столи. Максимальний перебіг стопа 1200 мм. Швидкість підйому стопу – 0,023 м/с. Підйомна сила стопу – 25 т. Укладання слябів у два ряди може проводитися тільки при слябах шириною до 800 мм та довжиною до 2250 мм. Привод кожного стопа здійснюється від мотора МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і два гвинти підйомні діаметром 250 мм. Зібрані в стопи сляби переміщуються на стелажі та забираються електрокранами. Сляби вуглецевих марок забираються на стелажі; легованих марок сталей, що вимагають за технологією уповільненого охолодження або відпалу – відправляються до термічних печей з висувним подом; сталі нержавіючих марок - складуються для подальшої передачі в проліт стругальних верстатів цеху.

Цех має 28 поздовжньо-стругальних верстатів для обдирання нержавіючих слябів, що підлягають перекату на гарячекатаний лист на безперервному тонколистовому стані. Продуктивність стругального відділення 200-250 т/добу.

1.3 «Вузькі» місця ділянки реверсивного стану Слябінг 1150

Подальше зростання продуктивності технологічного процесу виробництва слябів в цей час обмежується:

- недостатньою продуктивністю засобів для подачі злиwkів від нагрівальних колодязів до стана. Зливковоз тільки один. Він рухається вздовж фронту всіх нагрівальних колодязів зі швидкістю до 4,7 м/с, не забезпечує максимальну годинну продуктивність стана.
- двигуни головного привода стана не дозволяють інтенсифікувати режим обтиснень у горизонтальній клітці стана;
- кантувач має ряд конструктивних недоліків і не забезпечує нормальну роботу;
- низькою продуктивністю засобів для збирання обрізи від ножиць у скрапний проліт;
- недостатньою продуктивністю існуючого устаткування складу слябів (штабелюючих пристроїв і кранів);
- вихід з ладу гвинтових пружин скатів зливковоза в наслідок великих динамічних та механічних коливань, встановлення тарільчастих пружин дозволить вирішити це питання.
- низька якість позиціонування і гальмування зливковоза при підході до приймального рольгангу, як наслідок – часті руйнування кінцевого упору й підвищене зношування тертьових і високонавантажених елементів зливковоза;

Саме вирішенню останньої проблеми і буде присвячена спеціальна частина кваліфікаційної роботи.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд існуючих конструкцій зливководів і гальмівних пристроїв, та їх місце в технологічному процесі

2.1.1 Зливководи

Зливковод призначений для транспортування нагрітих злиwkів від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу стану і укладання їх на ролик рольганга [5]. Сортамент злиwkів, що прокатуються на стані Слябінг 1150 представлено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Сортамент злиwkів, що прокатуються на стані слябінг

Тип зливка	Перетин зливка, мм		Висота зливка, мм	Маса зливка, т	Ширина прокатуваних слябів, мм
	верх	низ			
Кипляча, напівспокійна і нестаріюча сталь					
15	720x960	780x1000	2300	11,9	850 –960
1Б	720x1170	780x1200	2300	13,4	970 –1160
2Б	720x1350	780x1400	2350	16	1170 –1360
4А	720x1570	780x1600	2300	17,7	1370 –1520
Спокійна і низьколегована сталь (зливки з прибутковими надставками)					
15 780x1000	720x960	3100	14,4	850 –960	
Спокійна і низьколегована сталь зі вставками ЖСС (без прибуткових надставок)					
1Б	720x1170	780x1200	2450	14	1170 –1360
2Б	720x1350	780x1400	2450	16,3	1370 –1400
4А	720x1570	780x1600	2450	18,6	1370 –1420

Як правило, обтискні стани обладнані зливковозами трьох типів.

Зливковоз першого типу (рис. 2.1) 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.

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 підшипниках кочення 31, 44, люлька, колінчастий вал і шатун – на підшипниках 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 рис. 2.2, схожий конструктивно на попередній та відрізняється в основному тим, що має два приводні (передні) скати 8 і один неприводний (задній) скат 15 і редуктори механізму пересування не закріплені на рамі за допомогою амортизаторів.

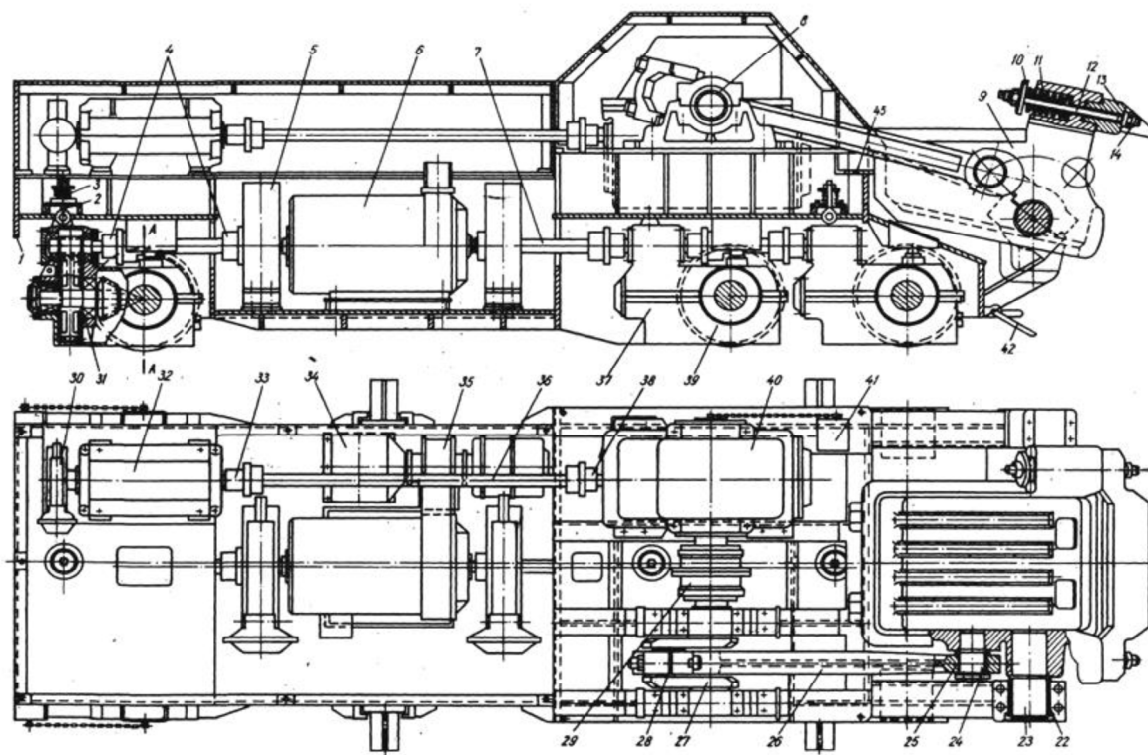


Рисунок 2.1 – Конструкція зливковоз 1-го типу (позиції наведено в тексті) [5]

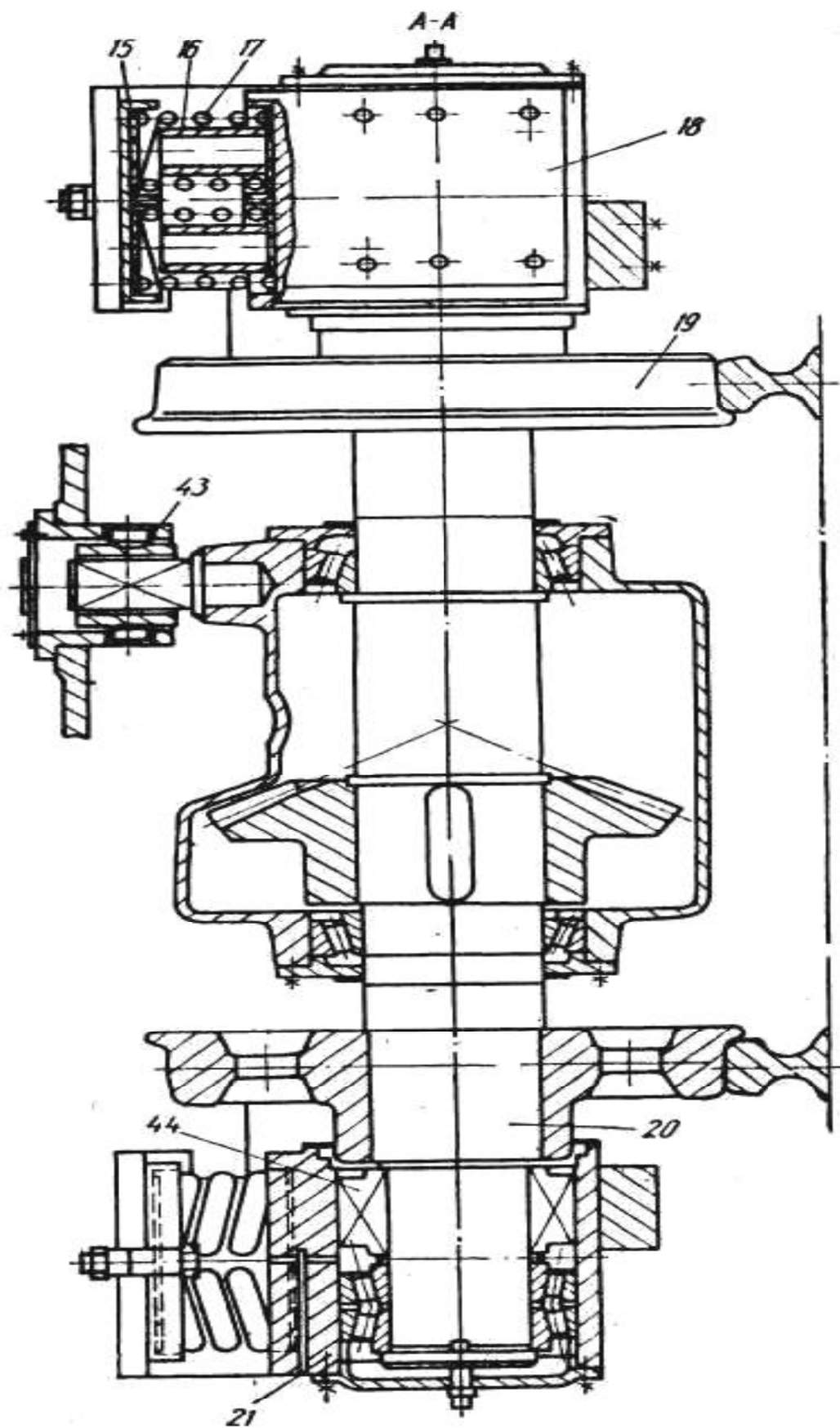


Рисунок 2.1 – Зливковоз першого типу (продовження, позиції наведені в тексті)

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

У зливководі третього типу (рис. 2.3) 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

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

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 зливководів першого типу (див. рис. 2.1), через колінчастий вал і шатун.

Командоапарат 25 призначений для обмеження кінцевих положень люльки.

Зливки з люльки на приймальний рольганг передають постановленому на візку двохроликовому 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.

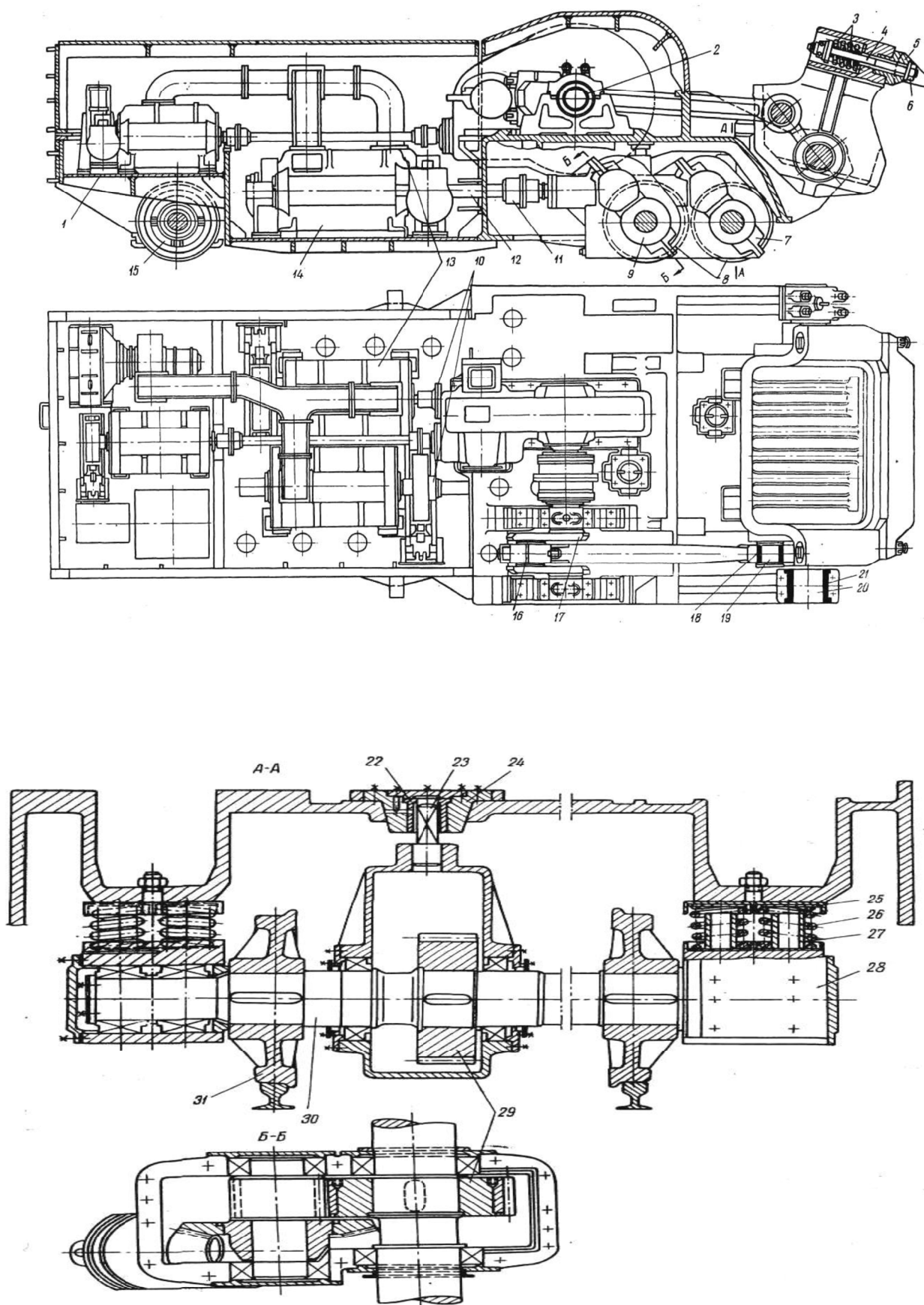


Рисунок 2.2 – Зливковоз другого типу (позиції наведено в тексті)

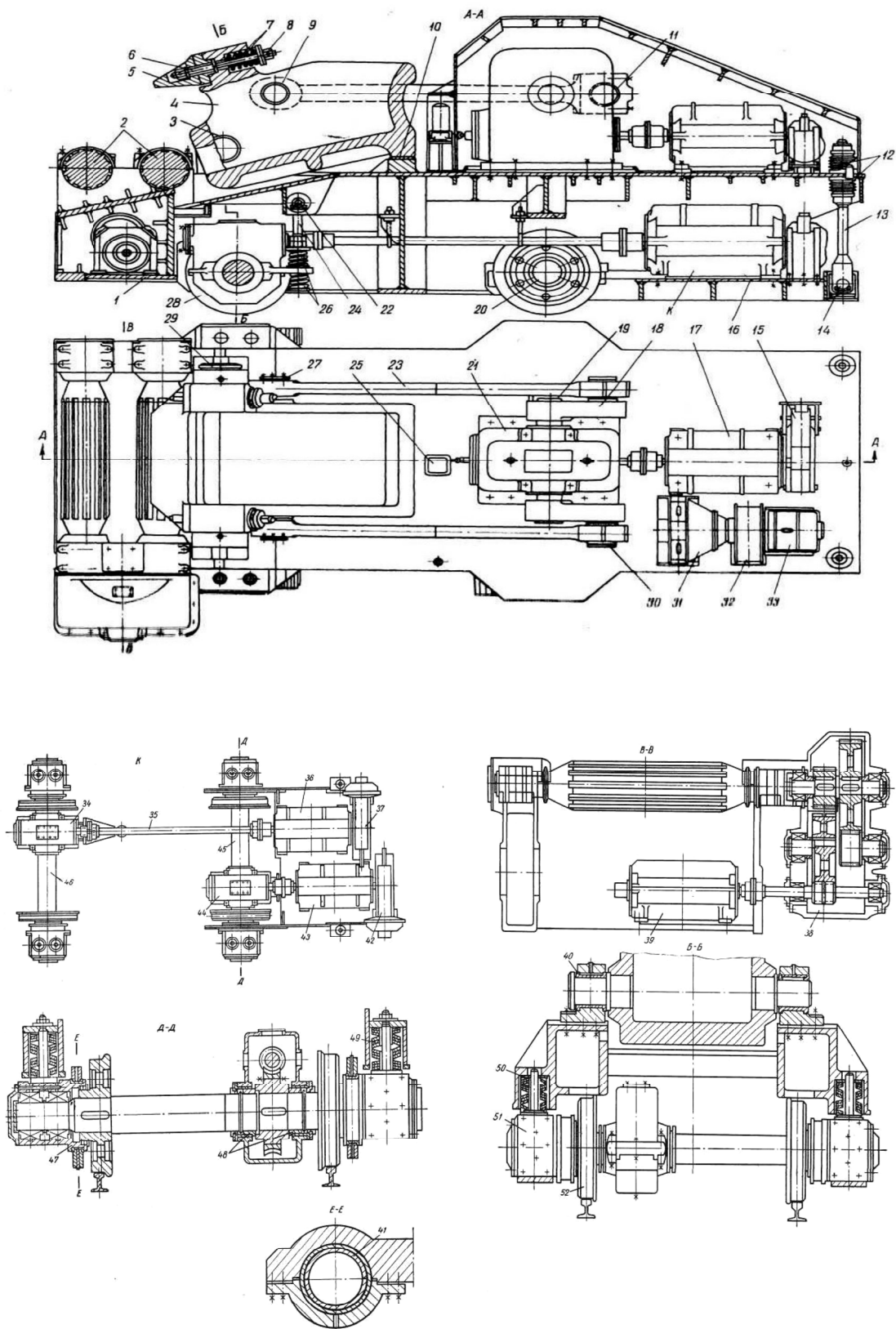


Рисунок 2.3 – Зливковоз третього типу (позиції наведено в тексті)

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.

2.1.2 Рольганг–візки

Рольганг–візки призначені для прийому нагрітих зливків з приймальних рольгангів відділення нагрівальних колодязів і передачі їх на транспортний рольганг.

На станах слябінг можливе встановлення рольганг-візків двох типів.

Рольганг – візок першого типу (рис. 2.4) 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 роликотідшипниках 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. 2.5) 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.

Привід 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.

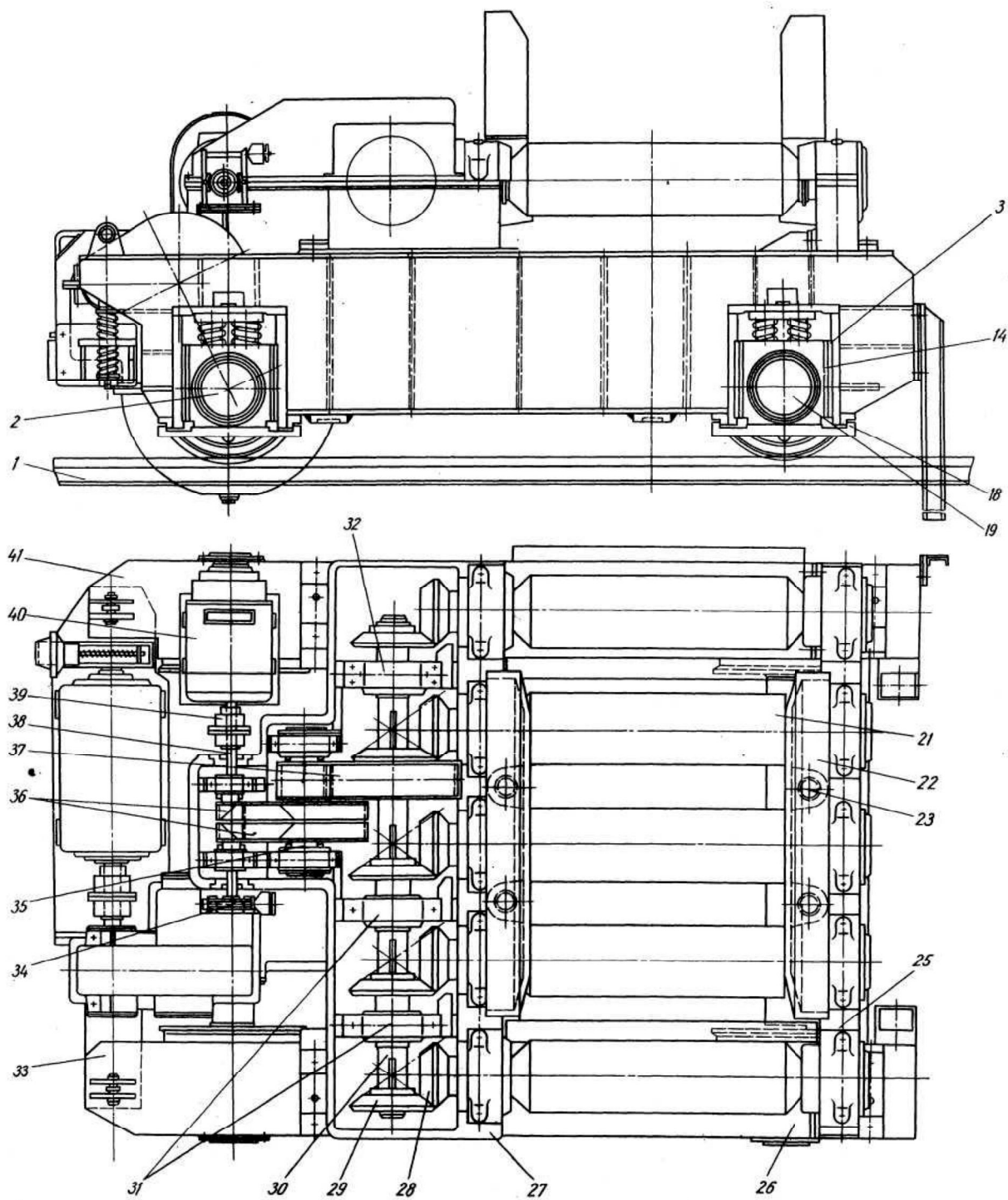


Рисунок 2.4 – Рольганг візок першого типу (позиції наведені в тексті)

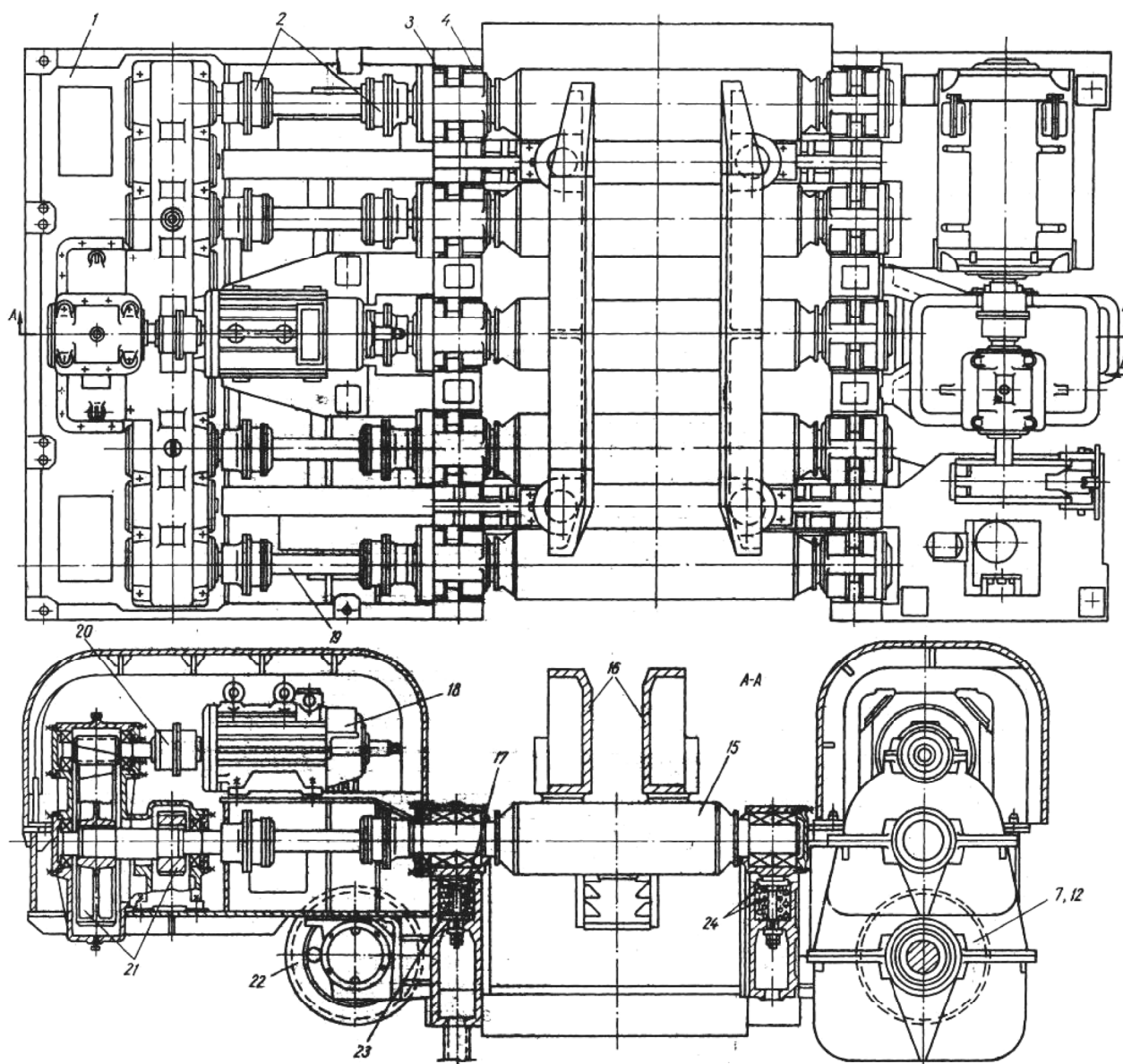


Рисунок 2.5 – Рольганг візок другого типу (позиції наведені в тексті)

2.1.3 Пристрої для зупинки зливковоза на заданій ділянці

Упор призначений для амортизації удару зливковоза й зупинки його на необхідній відстані перед прийомним рольгангом.

Упор зливковоза (рисунок 2.6) складається зі сталевого литого корпусу 1, у якому вмонтовані пружинний 15 і гідравлічний 16 амортизатори, домкрати 23 і вісь 5 з упорним важелем 6 і кронштейнами 3. Упорний важіль з'єднаний із пружинним і гідравлічним амортизатором шарнірно, за допомогою осей 10, 13 і планок 11, 14, прикріплених до упорного важеля болтами.

Упорний важіль і цапфи циліндра гідравлічного амортизатора встановлені у втулках 4, 8 пружинні амортизатори в склянках 17. Механізми упору закриті кришкою 2, на яку опираються рейки 7 шляху зливковоза.

Пружинний амортизатор сприймає удар зливковоза й повертає у вихідне положення упорний важіль і плунжер гідроамортизатора, що також сприймає удар зливковоза й регулює величину зворотного ходу зливковоза після удару об упор. Гвинтові домкрати 23 призначені для підтягнення пружинного амортизатора при установці в корпусі упору гідравлічного амортизатора.

Масильний матеріал до вузлів тертя подається від централізованої системи густого змащування.

Технологічний персонал (машиніст – оператор поста керування) зобов'язаний виконувати такі вимоги:

- використати упор для зупинки зливковоза біля прийомного рольганга при справній гальмовій системі механізму пересування зливковоза й на швидкості при підході до упору не більше 0,5 м/с;
- при роботі упору стежити за плавністю повернення упорного важеля у вихідне положення без відкочування зливковоза від прийомного рольганга й при необхідності робити регулювання амортизаторів;
- вчасно видаляти сторонні предмети зі шляхів зливковоза;

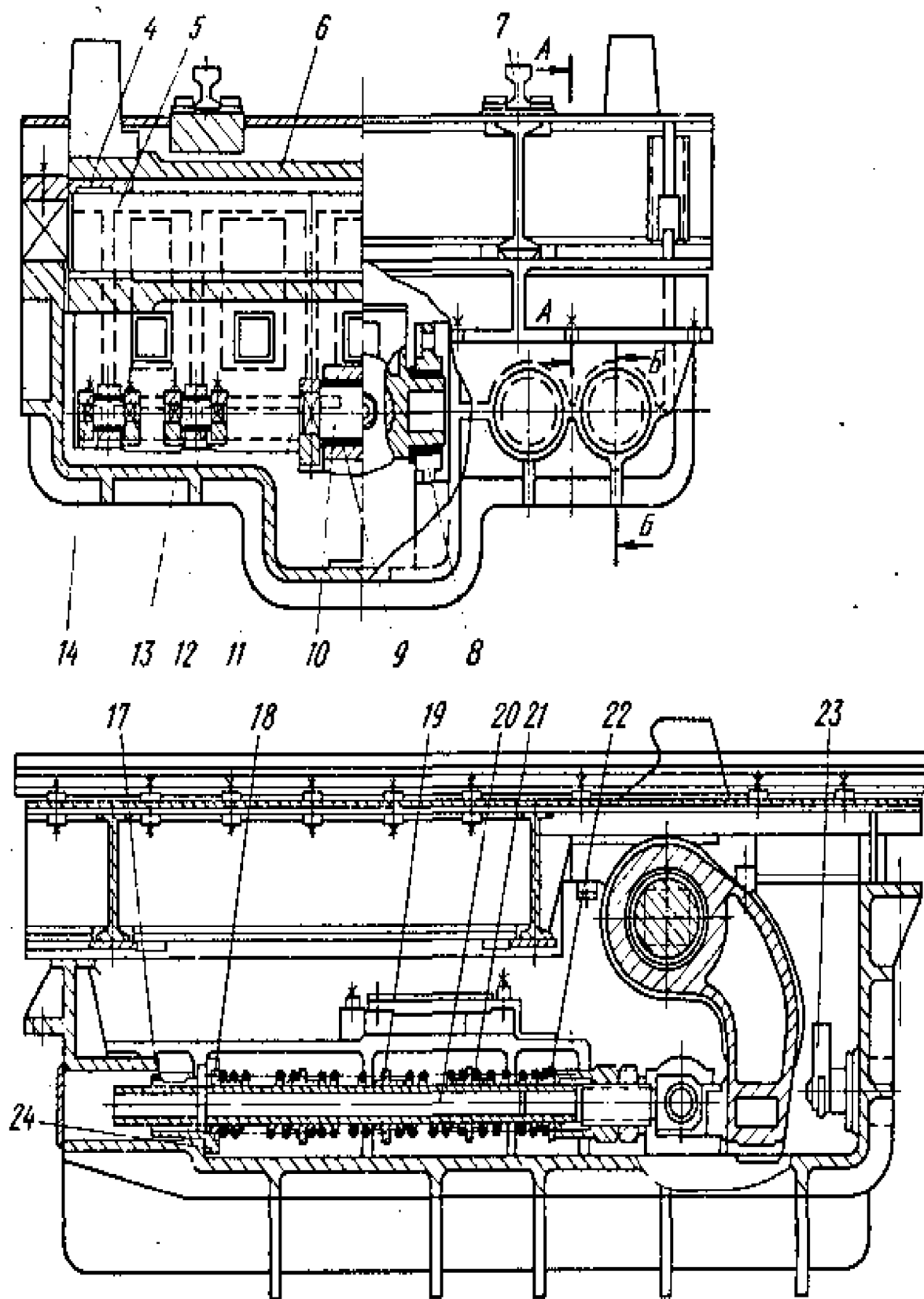


Рисунок 2.6 – Упор зливковоза (позиції наведено в тексті)

2.2 Опис проєкту модернізації та обґрунтування прийнятих рішень

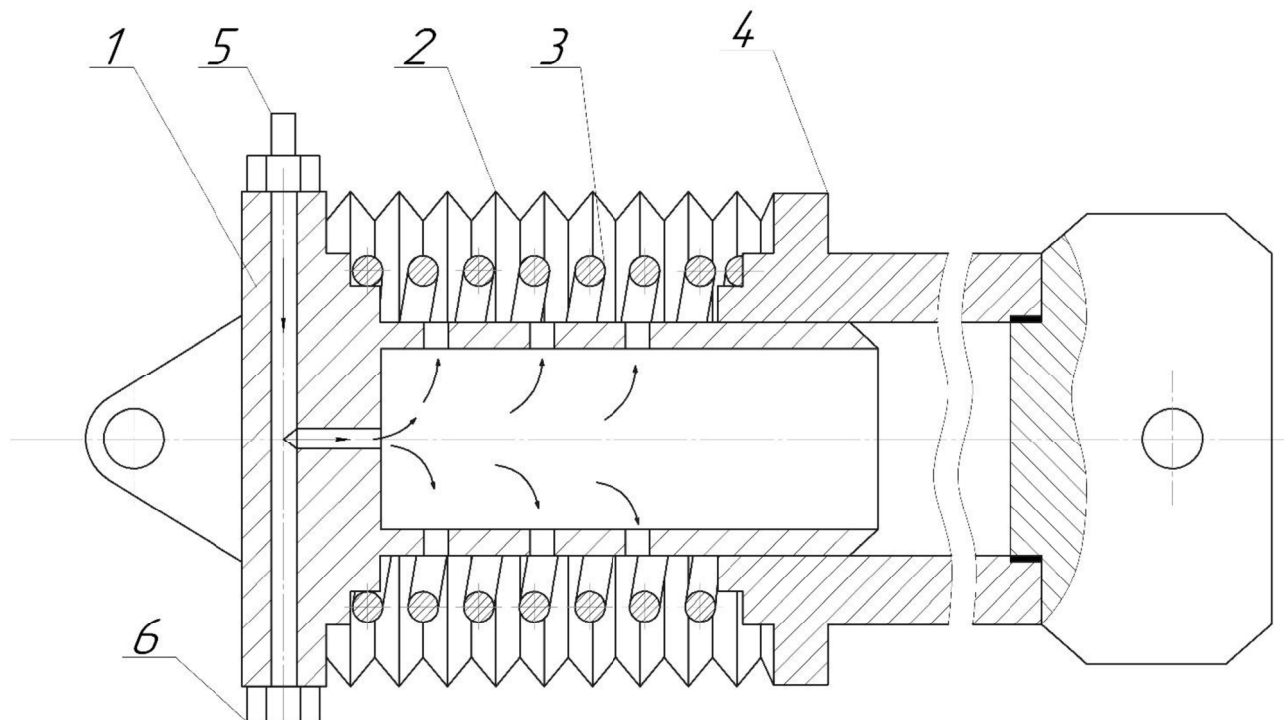
Для зупинки зливковогозана стана слябінг 1150 на металургійному комбінаті «Запоріжсталь» застосовують гідравлічний упор зливковогозана наведений в попередньому розділі, що має такі недоліки:

- через високу температуру зливка умови роботи зливковогозана й упору досить важкі. Зливков температурою більше 1000 °С транспортується зливковозом до прийомного рольганга обтискного стана.
- при зіткненні з упором осипається окалина зі зливка й падає на упор зливковогозана, внаслідок чого відбувається нагрівання корпусу робочого й зворотного гідробуфера. Це приводить до загоряння робочої рідини й гумових ущільнень упору.

Тому в якості модернізації пропонуємо замінити гідравлічні циліндри на гідравлічні зварені сільфони, які виконують функції робочого й зворотного гідробуфера (за допомогою зворотної пружини, що розміщена усередині сільфона).

Останнім часом сільфони використовують як силові двигуни поступального руху при невеликих переміщеннях. Особливо важливе застосування сільфонів у тих випадках, де потрібна висока герметичність і теплотривкість, тому що в сільфонах відсутні ущільнення, і вони можуть працювати навіть на воді. Виготовляються з кольорових сплавів і високоякісних марок сталей. Конструктивно сільфони – це осе симетрична трубчаста гофрована оболонка (рис. 2.7). Завдяки особливостям геометричної форми, сільфони здатні робити значні переміщення під дією тиску. При виготовленні зварених сільфонів матеріал не випробовує великих пластичних деформацій, як при формуванні суцільнотягнутих сільфонів, тому в якості матеріалу для зварених сільфонів використовують нержавіючі сталі у вигляді листів або штаби товщиною 1 мм. Співвідношення зовнішнього й внутрішнього радіусів і число гофр можуть бути будь-якими. Зварені сільфони можуть виготовлятися з

дуже дрібним кроком, що у стислому стані в «складаних» сільфонів може доходити до розміру, рівного подвійній товщині листа.



1 – корпус сільфона; 2 – гофри; 3 – пружина поверхні; 4 – шток; 5 – маслопровід;
6 – заглушка

Рисунок 2.7 – Гідравлічний зварний сільфон

2.3 Розрахунок сільфона

Для розрахунку гідравлічного сільфону скористаємося наступними даними:

- маса зливковоза без зливків – 136 т;
- маса зливка максимальна – 23 т;
- робоча швидкість зливковоза – 5,8 м/с;
- швидкість зливковоза при підході до упору зливковоза – 0,45 м/с;
- зливковоз повинен зупинитися на ділянці руху рівним – 0,15 м.
- час зупинки зливковоза – 1 с.

Визначимо повну масу зливковогоза (враховуючи масу двох злитків):

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{зливковогоза}} + m_{\text{зливка}} + m_{\text{зливка}}, \quad (2.1)$$

де $m_{\text{зливковогоза}} = 136$ тонн – маса зливковогоза без зливків;

$m_{\text{зливка}} = 23$ тонн – максимальна маса зливка .

Підставивши значення в (2.1), одержимо

$$m_{\text{заг}} = 136 + 23 + 23 = 182 \text{ т.}$$

Енергію руху зливковогоза розрахуємо по формулі:

$$E = \frac{m_{\text{заг}} V^2}{2} + \frac{I_{\text{пр}} \omega_{\text{дв}}^2}{2}, \quad (2.2)$$

де $V = 0,45$ м/с – швидкість зливковогоза при підході до упору;

$I_{\text{пр}}$ – момент інерції привода розрахуємо як:

$$I_{\text{пр}} = n'(k I_{\text{дв}}), \quad (2.3)$$

де $n'=2$ – кількість двигунів використовуваних для приводу механізму переміщення зливковогоза (МП –82 N=100кВт $I_{\text{дв}} = 2,575$ кгм²);

$k=1,25$ – коефіцієнт враховуючий моменти інерції передавальних механізмів і коліс;

$I_{\text{дв}} = 2,575$ кгм² – момент інерції ротора двигуна (див. вище);

Підставивши значення у формулу (2.3), одержимо

$$I_{\text{пр}} = 2 \cdot (1,25 \cdot 2,575) = 6,4375 \text{ кгм}^2;$$

$\omega_{дв}$ – кутова швидкість вала електродвигуна розрахуємо по формулі

$$\omega_{дв} = \omega_{до} i, \quad (2.4)$$

де $\omega_{до}$ – кутова швидкість коліс зливкового розрахуємо по формулі

$$\omega_{до} = \frac{V}{R_{кол}}, \quad (2.5)$$

де $R_{кол} = 0,525$ м – радіус коліс зливкового.

Підставивши ці значення в (2.5), одержимо

$$\omega_{до} = 0,45 / 0,525 = 0,86 \text{ рад/с},$$

$i = 9,5$ – передаточне число на колесах від електродвигуна.

Підставивши значення в (2.4), одержимо

$$\omega_{дв} = 0,86 \times 9,5 = 8,17 \text{ рад/с}$$

Після зроблених розрахунків можна розрахувати по (2.2) енергію руху зливкового

$$E = \frac{182000 \times 0,45^2}{2} + \frac{6,4375 \times 8,17}{2} = 18427,5 + 26,297 = 18453,8 \text{ Дж.}$$

Гальмівний шлях дорівнює

$$S_r = V_0 t - at^2 \quad (2.6)$$

де $S_T=0,15$ – гальмівний шлях, м;

$V_0=0,45$ – швидкість зливковоза при підході до упору, м/с;

$t=1$ – час гальмування зливковоза, с;

a – прискорення зливковоза при підході до упору, м/с²;

Після деяких перетворень отримаємо:

$$a = \frac{V_0 t - S_T}{t^2} \quad (2.7);$$

$$a = \frac{0,45 \cdot 1 - 0,15}{1^2} = 0,3 \text{ м/с}^2;$$

Перевіряємо розрахунок по формулі (2.6)

$$0,15 = 0,45 \times 1 - 0,3 \times 1^2 = 0,45 - 0,3 = 0,15$$

Отже, розрахунок виконано правильно.

Розрахуємо силу, необхідну для забезпечення прискорення зливковоза, рівного $0,3 \text{ м/с}^2$, яку потрібно прикласти до зливковозу з боку упору, по формулі

$$F=ma=182000 \cdot 0,3=54600 \text{ Н}=54,6 \text{ кН};$$

Приймемо надлишковий робочий тиск у гідроциліндрі $P_{\text{роб}}=0,4 \text{ МПа}$.

Розрахуємо середній діаметр сільфона гідроциліндра по формулі

$$F= P_{\text{роб}} \cdot S, \quad (2.8)$$

де S – робоча площа сільфона, розрахуємо по формулі

$$S = F/P_{\text{роб}} = 54,6/0,4 \times 10^3 = 0,1365 \text{ м}^2.$$

Знайдемо діаметр сільфона з формули для визначення площі:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,1365}{3,14}} = 0,417 \text{ м}.$$

Прийmemo число гофр сільфона рівним 100, товщина мембран $S' = 1 \text{ мм}$, як матеріал для виготовлення гофр прийmemo нержавіючу сталь, для якої коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,25 \dots 0,3$.

Виконаємо розрахунок робочого ходу сільфона.

Зі світової практики рекомендований робочий хід сільфонів для даного типу обладнання повинен знаходитися в проміжку від 20 мм до 150 мм

Прийmemo максимальний і мінімальний діаметри сільфона:

$$R_{\text{max}} = 215 \text{ мм},$$

$$R_{\text{min}} = 200 \text{ мм}.$$

Розрахуємо максимальне напруження радіального напрямку по зовнішньому краю пластинки, по формулі

$$\sigma_{R_{\text{max}}} = \frac{3P}{4S'} \left[R_H^2 - 2R_B^2 + \frac{R_B^4(m-1) - 4R_B^4(m+1) \ln \frac{R_H}{R_B} + R_H^2 R_B^2(m+1)}{R_H^2(m-1) + R_B^2(m+1)} \right], \quad (2.9)$$

де $S' = 1 \text{ мм}$ – товщина мембрани;

$$m = 1/\nu$$

ν – коефіцієнт Пуассона (див. вище).

$$R_B = R_{\min} = 200 \text{ мм};$$

$$R_H = R_{\max} = 215 \text{ мм};$$

Підставивши ці значення в (2.9), одержимо

$$\begin{aligned} \sigma_{R_{\max}} &= \\ &= \frac{3 \times 4}{4 \times 1^2} \times \left[21,5^2 - 2 \times 20^2 + \frac{20^4 \times (4-1) - 4 \times 20^4 (4+1) \ln \frac{21,5}{20} + 21,5^2 \times 20^2 \times (4+1)}{21,5^2 \times (4-1) + 20^2 \times (4+1)} \right] = \\ &= 3 \times \left[-337,75 + \frac{480000 - 231426,18 + 924500}{3386,75} \right] = 25,865 \text{ кг/см}^2 = 2,5865 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Припустимо напруження для нержавіючої сталі $[\sigma] = 300 \text{ МПа}$;

$$2,5865 < 300 \text{ МПа}$$

Розрахуємо максимальний тангенціальний напрямок напружень по зовнішньому краю пластинки по формулі

$$\sigma_{R_{\max}} = - \frac{3P(m^2 - 1)}{4mS^2} \left[\frac{R_H^4 - R_B^4 - 4R_H^2 R_B^2 \ln \frac{R_H}{R_B}}{R_H^2(m-1) + R_B^2(m+1)} \right], \quad (2.10)$$

Знак « \leftarrow » указує на те, що у верхньому шарі пластини виникає напруження стиску. Підставивши значення у формулу (2.10), одержимо

$$\sigma_{R_{\max}} = - \frac{3 \times 4 \times (4^2 - 1)}{4 \times 4 \times 1^2} \times \left[\frac{21,5^4 - 20^4 - 4 \times 21,5^2 \times 20^2 \times \ln \frac{21,5}{20}}{21,5^2 \times (4-1) + 20^2 \times (4+1)} \right] =$$

$$= -11,25 \times \left[\frac{53675,06 - 53488,36}{3386,75} \right] = -0,62 \text{ кг/см}^2 = -6,2 \text{ МПа.}$$

$$6,2 < 300 \text{ МПа}$$

Розрахуємо максимальний вертикальний прогин, по формулі

$$f_{\max} = \frac{3P(m^2 - 1)}{16m^2 ES} \left[R_H^4 + 5R_B^4 - 6R_H^2 R_B^2 + 8R_B^4 \ln \frac{R_H}{R_B} + \frac{8R_B^6(m+1) - 4R_H^2 R_B^4(m+3)}{R_H^2(m-1) + R_B^2(m+1)} + \frac{4R_H^4 R_B^2(m+1) \ln \frac{R_H}{R_B} - 16R_H^2 R_B^4(m+1) \left(\frac{R_H}{R_B} \right)^2}{R_H^2(m-1) + R_B^2(m+1)} - \frac{4R_H^2 R_B^4 + 2R_H^4 R_B^2(m+1) - R_B^6(m+1)}{R_H^2(m-1) + R_B^2(m+1)} \right] \quad (2.11)$$

Підставивши значення в (2.11), одержимо

$$f_{\max} = \frac{180}{537,6 \times 10^6} \times \left[213675,06 + 8 \times 10^5 - 1109400 + 92570,45 \right] + \frac{\left[256 \times 10^7 - 207088 \times 10^4 + 1709400500 \right] \times 0,07232 - 30946509,41 - 29584 \times 10^4}{3386,75} + \frac{854700250 - 384 \times 10^6}{3386,75} = 3,348 \times 10^{-7} \left[-3154,49 + \frac{3021912941,7}{3386,75} \right] = 0,0289 \text{ см}$$

$$E=2,1 \times 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2.$$

$$20 \text{ мм} > 0,0289 \times 10 = 0,289 \text{ мм} < 150 \text{ мм}$$

Робочий хід дуже малий, тому міняємо радіуси мембран і робимо перерахунок:

$$R_{\max} = 225 \text{ мм} = 22,5 \text{ см};$$

$$R_{\min} = 190 \text{ мм} = 19 \text{ см}.$$

Розрахуємо максимальне напруження радіального напрямку по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.9)

$$\begin{aligned} \sigma_{R_{\max}} &= \\ \frac{3 \times 4}{4 \times 1^2} \times \left[22,5^2 - 2 \times 19^2 + \frac{19^4 \times (4-1) - 4 \times 19^4 (4+1) \ln \frac{22,5}{19} + 22,5^2 \times 19^2 \times (4+1)}{22,5^2 \times (4-1) + 19^2 \times (4+1)} \right] &= \\ = 3 \times \left[-215,75 + \frac{390963 - 2606420 \times 0,16}{3323,75} \right] &= -149,55 \text{ кг/см}^2 = 149,55 \text{ МПа}. \\ 149,55 &< 300 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Розрахуємо максимальний тангенціальний напрямок напружень по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.10)

$$\begin{aligned} \sigma_{R_{\max}} &= - \frac{3 \times 4 \times (15)}{4 \times 4 \times 1^2} \times \left[\frac{22,5^4 - 19^4 - 4 \times 22,5^2 \times 19^2 \times \ln \frac{22,5}{19}}{22,5^2 \times (4-1) + 19^2 \times (4+1)} \right] = \\ = -11,25 \times \left[\frac{125968,06 - 123543,225}{5128,75} \right] &= -5,31 \text{ кг/см}^2 = -5,31 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$$5,31 < 300 \text{ МПа}$$

Розрахуємо максимальний вертикальний прогин, по формулі (2.11)

$$f_{\max} = 3,348 \times 10^{-7} \times [907894,063 - 1096537,5 + 176273,57] +$$

$$+ \frac{[1881835240 - 1847300175 + 1850407031] \times 0,1691 - 150881173,1 - 282275286}{3323,75} +$$

$$+ \frac{925203515,6 - 282275286}{3323,75} = 3,348 \times 10^{-7} \times \left[-123369,867 + \frac{5468907,9}{3323,75} \right] =$$

$$0,050905 \text{ см} = 0,509 \text{ см.}$$

Робочий хід буде дорівнювати:

$$20 \text{ мм} > 0,509 \times 10 = 5,095 \text{ мм} < 150 \text{ мм}$$

Робочий хід малий, тому міняємо радіуси мембран і робимо перерахунок:

$$R_{\max} = 245 \text{ мм} = 24,5 \text{ см};$$

$$R_{\min} = 170 \text{ мм} = 17 \text{ см.}$$

Розрахуємо максимальне напруження радіального напрямку по зовнішньому краю пластинки по формулі (2.9)

$$\sigma_{R_{\max}} =$$

$$\frac{3 \times 4}{4 \times 1^2} \times \left[24,5^2 - 2 \times 17^2 + \frac{17^4 \times (4-1) - 4 \times 17^4 (4+1) \ln \frac{24,5}{17} + 24,5^2 \times 17^2 \times (4+1)}{24,5^2 \times (4-1) + 17^2 \times (4+1)} \right] =$$

$$= 3 \times 3 \times \left[-1178,25 + \frac{250563 - 610471,31 - 867361,25}{15006,25} \right] = 3 \times (1178,25 + 33,816) =$$

$$203,6 \text{ кг/см}^2 = 203,6 \text{ МПа.}$$

$$203,6 < 300 \text{ МПа.}$$

Розрахуємо максимальний тангенціальний напрямок напружень по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.10)

$$\sigma_{R_{\max}} = - \frac{3 \times 4 \times (15)}{4 \times 4 \times 1^2} \times \left[\frac{24,5^4 - 17^4 - 4 \times 24,5^2 \times 17^2 \times \ln \frac{24,5}{17}}{24,5^2 \times (4-1) + 17^2 \times (4+1)} \right] =$$

$$-11,25 \times \left[\frac{276779,06 - 253588,51}{355,75} \right] = 73,3 \text{ кг/див}^2 = 7,33 \text{ МПа}$$

$$7,33 < 300 \text{ МПа}$$

Розрахуємо максимальний вертикальний прогин, по формулі (2.11)

$$f_{\max} = 3,348 \times 10^{-7} \times [777905,063 - 1040833,5 + 244188,5] +$$

$$+ \frac{[965502760 - 1403737447 - 2082534361] \times 0,36546 - 536569603 - 200533921}{3345,75} +$$

$$+ \frac{10412671181 - 144825414}{3245,75} = 3,348 \times 10^{-7} \times \left[-18739,911 + \frac{761164001,9}{3245,75} \right] =$$

$$= 0,722 \text{ см}$$

Робочий хід буде дорівнювати:

$$20 \text{ мм} > 7,22 \times 10 = 7,22 < 150 \text{ мм}$$

Робочий хід малий, тому міняємо радіуси мембран і робимо перерахунок,

$$R_{\max} = 275 \text{ мм} = 27,5 \text{ см};$$

$$R_{\min} = 140 \text{ мм} = 14 \text{ см}.$$

Розрахуємо максимальне напруження радіального напрямку по зовнішньому краю пластинки по формулі (2.9)

$$\begin{aligned} \sigma_{R_{\max}} &= \\ &= \frac{3 \times 4}{4 \times 1^2} \times \left[27,5^2 - 2 \times 14^2 + \frac{14^4 \times (4-1) - 4 \times 14^4 (4+1) \ln \frac{27,5}{14} + 27,5^2 \times 14^2 \times (4+1)}{27,5^2 \times (4-1) + 14^2 \times (4+1)} \right] = \\ &= 3 \times \left[364,25 + \frac{115248 - 518714,86 + 741125}{3248,75} \right] = 3 \times (364,25 + 103,9) = \\ &204,13 \text{ кг/см}^2 = 204,13 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

$$204,13 < 300 \text{ МПа}.$$

Розрахуємо максимальний тангенціальний напрямок напружень по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.10)

$$\begin{aligned} \sigma_{R_{\max}} &= - \frac{3 \times 4 \times (15)}{4 \times 4 \times 1^2} \times \left[\frac{27,5^4 - 14^4 - 4 \times 27,5^2 \times 14^2 \times \ln \frac{27,5}{14}}{27,5^2 \times (4-1) + 14^2 \times (4+1)} \right] = \\ &= -11,25 \times \left[\frac{533498,06 - 1039,698}{3248,75} \right] = 184,3 \text{ кг/см}^2 = 184,3 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

$$184,3 < 300 \text{ МПа}$$

Розрахуємо максимальний вертикальний прогин по формулі (2.11)

$$f_{\max} = 3,348 \times 10^{-7} \times [763994,063 - 889350 + 206366,3522] + \\ + \frac{[1729625765] \times 0,675 - 1059352818 + 959565946,5}{3248,75} = 1,3719 \text{ см}$$

Робочий хід буде дорівнювати:

$$20 \text{ мм} > 1,3719 \times 10 = 13,719 < 150 \text{ см.}$$

Робочий хід малий, тому міняємо радіуси мембран і робимо перерахунок

$$R_{\max} = 300 \text{ мм} = 30 \text{ см};$$

$$R_{\min} = 120 \text{ мм} = 12 \text{ см.}$$

Розрахуємо максимальне напруження радіального напрямку по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.9)

$$\sigma_{R_{\max}} = \\ \frac{3 \times 4}{4 \times 1^2} \times \left[30^2 - 2 \times 12^2 + \frac{12^4 \times (4-1) - 4 \times 12^4 (4+1) \ln \frac{30}{12} + 30^2 \times 12^2 \times (4+1)}{30^2 \times (4-1) + 12^2 \times (4+1)} \right] = \\ = 3 \times \left[612 + \frac{330203,9077}{3420} \right] = 212,56 \text{ кг/см}^2 = 212,56 \text{ МПа.}$$

$$212,56 < 300 \text{ МПа.}$$

Розрахуємо максимальний тангенціальний напрямок напружень по зовнішньому краю пластинки, по формулі (2.10)

$$\sigma_{R_{\max}} = - \frac{3 \times 4 \times (15)}{4 \times 4 \times 1^2} \times \left[\frac{30^4 - 12^4 - 4 \times 30^2 \times 12^2 \times \ln \frac{30}{12}}{30^2 \times (4-1) + 12^2 \times (4+1)} \right] =$$

$$= -11,25 \times [91,88] = 103,375 \text{ кг/см}^2 = 103,375 \text{ МПа}$$

$$103,375 < 300 \text{ МПа.}$$

Розрахуємо максимальний вертикальний прогин по формулі (2.11)

$$f_{\max} = 3,3482 \times 10^{-7} \times [288081,637] +$$

$$+ \frac{1768159042 - 1253499220 + 1073834496}{3420} = 2,5197 \text{ см}$$

Загальний робочий хід буде дорівнювати

$$20 < 0,25197 \times 10 = 25,197 < 150 \text{ см.}$$

Умова виконується, тому остаточно приймаємо параметри гофр $R_{\max} = 300$ мм; $R_{\min} = 120$ мм = 12 см; число гофр $n = 100$ шт.

2.4 Розрахунок елементів гідроприводу упору зливковоза

Визначимо обсяг масла, що витісняється із сильфона при спрацьовуванні зливковоза по формулі

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times h + \frac{\pi (D_{\text{ср}}^2 - d^2)}{4} \times h = \frac{\pi}{4} \times h \times (d^2 + D_{\text{ср}}^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times h \times D_{\text{ср}}^2, \quad (2.12)$$

де d – діаметр штока гідроциліндра, приймаємо $d = 100$ мм;

h – відстань, на яку переміщається шток і гофри гідроциліндра, $h=150$ мм;

D_{cp} – середній діаметр гофр, розрахуємо як:

$$D_{\text{cp}} = \frac{2 \times R_{\text{max}} + 2 \times R_{\text{min}}}{2} = \frac{2 \times 300 + 2 \times 120}{2} = 420 \text{ мм} ;$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \times h \text{ – об'єм гідроциліндра, см}^3;$$

$$\frac{\pi(D_{\text{cp}}^2 - d^2)}{4} \times h \text{ – об'єм сильфона, см}^3.$$

Підставивши значення у формулу (2.12), одержимо

$$V = \frac{3,14}{4} \times 15 \times 42^2 = 20781,63 \text{ см}^3 = 20,782 \text{ л}.$$

Витиснення робочої рідини із сильфона відбувається за час $t=1$ с, тобто витрата масла розрахуємо по формулі:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{2.13}$$

Підставивши значення у формулу (2.13), одержимо:

$$Q = \frac{20,782}{\frac{1}{60}} = 1246,92 \text{ л/хв};$$

По довіднику підбираємо масло для гідросистеми: масло індустріальне 20, у якого в'язкість при температурі $t=50^{\circ}\text{C}$ $(17 \div 20) \times 10^5 \text{ м}^2/\text{с}$, температура

застигання $t_{\text{заст}} = -20^{\circ}\text{C}$, температура спалаху $t_{\text{спалах}} = +170^{\circ}\text{C}$, межа робочих температур $0 \dots 90^{\circ}\text{C}$, щільність при температурі $t = 20^{\circ}\text{C}$ $881 \dots 900 \text{ кг/м}^3$ [11].

Розрахуємо швидкість витікання масла по формулі

$$U = \sqrt{2 \times g \times H} = \sqrt{2 \times g \times \frac{P}{\rho}} \quad (2.14)$$

Підставивши значення у формулу (2.14), одержимо

$$U = \sqrt{2 \times 9,81 \times \frac{4 \times 10^4}{890}} = 30 \text{ м/с.}$$

Розрахуємо діаметр отвору регульованого дроселя, розрахунок будемо вести з формули для визначення витрати масла Q

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \times U \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}} = \sqrt{\frac{4 \times 1246,92}{3,14 \times 30 \times 600}} = 0,297 \text{ дм} = 2,97 \text{ см}$$

Зробимо розрахунок напірного трубопроводу від упору до шайби (дроселю). Діаметр трубопроводу визначимо по формулі

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{V_{\text{ср}}}} \quad (2.15)$$

де $Q = 1246,92 \text{ мм}^3/\text{с}$ – максимальна витрата масла в трубопроводі;

$V_{\text{ср}}$ – середня швидкість витікання масла в трубопроводі, для напірних трубопроводів при тиску до 2,5 МПа, приймаємо $V_{\text{ср}} = 3 \text{ м/с}$ [12].

Підставивши значення у формулу (2.15), одержимо

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{1246,92}{3}} = 93,8 \text{ мм.}$$

Округляємо до стандартного найближчого значення й приймаємо діаметр мастилопроводу, рівний 100 мм.

Діаметр шовного трубопроводу (від шибера до бака) для труб з $V=2$ м/с визначимо по формулі (2.15)

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{1246,92}{2}} = 114,86 \text{ мм.}$$

Округляємо до стандартного найближчого значення й приймаємо діаметр трубопроводу, рівний 125мм [12].

Повернення штока у вихідне положення буде відбуватися з меншою швидкістю чим при роботі, та й витрата масла буде менше. Тому діаметр усмоктувального трубопроводу (від бака до циліндра) прийемо, рівним 100 мм.

Розрахуємо втрати тиску на зворотному клапані по формулі

$$\Delta P_m = \xi \frac{V_{cp}^2}{2} \rho, \quad (2.16)$$

де $\xi=2,2$ – коефіцієнт місцевого опору;

$V_{cp}=2$ м/с – середня швидкість плинину масла в трубопроводі;

$\rho=890$ кг/м³ – щільність робочої рідини.

Підставивши значення у формулу (2.16), одержимо

$$\Delta P_m = 2,2 \times \frac{2^2}{2} \times 890 = 3916 \text{ Па} = 0,00392 \text{ МПа} = 0,0392 \text{ атм.}$$

Зробимо розрахунок зусилля, що повинна розвивати зворотна пружина. Зворотна пружина повинна перебороти падіння тиску на зворотному клапані й тертя в самому циліндрі по формулі:

$$F = \frac{\Delta P_M S_{\text{сильфона}}}{\eta_{\text{цик}}}, \quad (2.17)$$

де $S_{\text{сильфона}}$ – середня робоча площа сильфона;

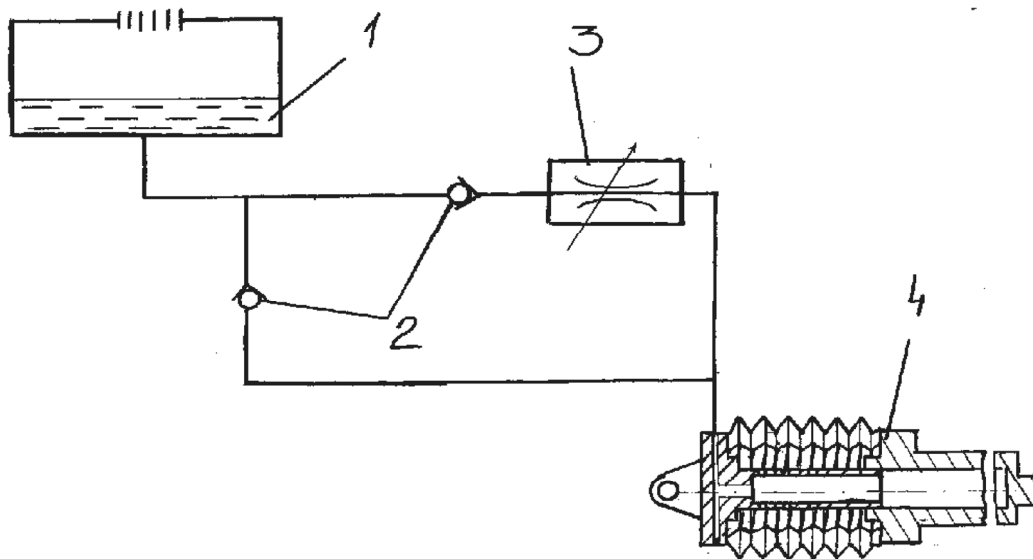
$\eta_{\text{цик}}$ – об'ємний ККД гідроциліндра, що враховує тертя в ущільненнях.

Приймаємо $\eta_{\text{цик}} = 0,99$

Підставивши значення у формулу (2.17), одержимо

$$F = \frac{3,92 \times \frac{3,14 \times 0,42^2}{4}}{0,99} = 0,548 \text{ кН}$$

Схема гідросистеми упору зливковогоза показана на рисунку 2.8.



1–бак з робочої рідиною; 2–клапан; 3–дросель; 4–сильфон

Рисунок 2.8 – Гідросхема упору зливковогоза

2.5 Розрахунок зворотної пружини упору зливковоза

Для розрахунку зворотної пружини прийmemo коефіцієнт $c=8$ [14].

Розрахуємо коефіцієнт впливу кривизни витків по формулі

$$K = \frac{4c + 2}{4c - 2} \quad (2.18)$$

Підставивши значення у формулу (2.18), одержимо

$$K = \frac{4 \times 8 + 2}{4 \times 8 - 2} = \frac{34}{29} = 1,1724$$

З огляду на те, що відношення $D/d=1$, одержимо вираз для визначення діаметра дроту

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8PK}{\pi[\tau]}} \quad (2.19)$$

де p – тиск у сільфоні;

$[\tau]$ – припустиме напруження, що дорівнює $[\tau]=480$ МПа.

Підставивши значення у вираження (2.17), одержимо

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \times 629 \times 10^{-3} \times 1,1724}{3,14 \times 480 \times 10^6}} = 0,0095 \text{ м} = 9,5 \text{ мм},$$

Приймаємо $d=10$ мм.

Розрахуємо напруження τ

$$\tau = \tau_{\max} + \tau_{\text{порівн}} = \frac{M_k}{W_p} + \frac{P}{F} = \frac{8 \times p \times D}{\pi \times d^3} + \frac{4 \times p}{\pi \times d^2} \quad (2.20)$$

Підставивши значення у формулу (2.20), одержимо

$$\tau = \frac{8 \times 629 \times 220}{3,14 \times 10^3} + \frac{4 \times 629}{3,14 \times 10^2} = 360,6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 360 \text{ МПа.}$$

$$360,57 < 480 \text{ МПа}$$

Підбираємо зовнішній і внутрішній діаметр

$$D_H = D + d = 220 + 10 = 230 \text{ мм;}$$

$$D_B = D - d = 220 - 10 = 210 \text{ мм.}$$

Осьову деформацію пружини під дією навантаження P можна знайти як добуток кута закручування витків Q пружини й середнього діаметра D по формулі

$$f = 0,5DQ = \frac{8pD^2z}{Gd^4} = \frac{8pc^3z}{cd} \quad (2.21)$$

де $G = 8 \times 10^4$ МПа – модуль пружності 2-го роду (зрушення) для сталей.

Підставивши значення у вираз (2.21), одержимо

$$f = \frac{8 \times 629 \times 8^2 \times 7}{8 \times 10^4 \times 10^2} = 0,2818 \text{ мм.}$$

Кількість робочих витків пружини визначається

$$Z = \frac{Gdf}{8pc^3} \quad (2.22)$$

Підставивши значення у вираз (2.22), одержимо

$$Z = \frac{8 \times 10^4 \times 10^2 \times 0,2818}{8 \times 629 \times 8^3} = 7$$

Приймаємо $Z = 7$.

Відношення навантаження й пружної осьової деформації пружини є твердістю пружини

$$K = \frac{P}{f} = \frac{Gdf}{8c^3Z} \quad (2.23)$$

Підставивши значення у формулу (2.23), одержимо:

$$K = \frac{8 \times 10^4 \times 10 \times 0,282}{8 \times 8^3 \times 7} = 2230,5 \text{ Н/мм}.$$

Розрахуємо силу, що буде розвивати пружина наприкінці робочого ходу по формулі

$$F = K \times x \quad (2.24)$$

$$F = 2230,5 \times 150 = 334,57 \text{ кН}.$$

Підбираємо параметри пружини

$$d = 22 \text{ мм}, D = 220 \text{ мм}, n = 5.$$

Визначимо гнучкість пружини по формулі

$$\lambda = \frac{4PR^3 nK}{Gr^4} \quad (2.25)$$

Підставивши значення у вираз (2.25), одержимо

$$\lambda = 1,05 \times \frac{4 \times 548 \times 10^{-6} \times 0,11^3 \times 5}{8 \times 10^4 \times 0,011^4} = 0,01308 \text{ м.}$$

Твердість пружини розрахуємо як

$$K = \frac{F}{\lambda} \quad (2.26)$$

Підставивши значення у вираз (2.26), одержимо

$$K = \frac{548}{0,01308} = 41896 \text{ Н/м.}$$

Визначимо повний стиск пружини по формулі

$$\lambda = 0,15 + 0,01308 = 0,16308 \text{ м.}$$

Розрахуємо зусилля при повному стиску, як

$$P = 29945,3 \times 0,1683 = 6832,4 \text{ Н} \quad (2.27)$$

Підставивши значення у вираз (2.27), одержимо

$$P = 41896(0,16308 = 6832,4 \text{ Н.}$$

Визначимо максимальні напруження по формулі:

$$\tau_{\max} = K \frac{2PR}{\pi r^3} \quad (2.28)$$

Підставивши значення у вираження (2.28), одержимо

$$\tau_{\max} = 41896 \times \frac{2 \times 6832,4 \times 0,11 \times 10^{-6}}{3,14 \times 0,011^3} = 380,93 \text{ МПа.}$$

Умова не виконується, отже, робимо перерахунок

$$\tau_{\max} = 380,93 \text{ МПа} > [\tau] = 350 \text{ МПа.}$$

Приймаємо параметри пружини

$$d = 22 \text{ мм}, \quad D = 220 \text{ мм}, \quad n = 7.$$

Визначимо гнучкість пружини по формулі (2.25)

$$\lambda = 1,05 \times \frac{4,2 \times 548 \times 1,331 \times 10^{-3} \times 7}{8 \times 1,464 \times 10^5} = 0,0183 \text{ м.}$$

Твердість пружини розрахуємо по формулі (2.26)

$$K = \frac{548}{0,0183} = 29945,3 \text{ Н/м}.$$

Визначимо повний стиск пружини по формулі

$$\lambda = 0,15 + 0,0183 = 0,1683 \text{ м}.$$

Розрахуємо зусилля при повному стиску, по формулі (2.27)

$$P = 29945,3 \times 0,1683 = 6832,4 \text{ Н}.$$

Визначимо максимальні напруження по формулі (2.28)

$$\tau_{\max} = 1,14 \times \frac{2 \times 5039,8 \times 0,11 \times 10^{-6}}{3,14 \times 0,011^3} = 302,43 \text{ МПа}.$$

Приймаємо для матеріалу пружини сталь 6, у якої межа текучості $\sigma_b = 700$ МПа, а $[\tau] = 0,5 \times \sigma_b = 0,5 \times 700 = 350$ МПа

Умова перевірки виконується, отже, розрахунок виконано правильно [4]

$$302,43 < 350 \text{ МПа}$$

Остаточно приймаємо параметри пружини:

- діаметр дроту – $d = 22$ мм;
- середній діаметр пружини – $D = 220$ мм;
- число витків – $n = 7$;
- матеріал Ст 6.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок стропів

Монтаж сифонного гідроциліндра необхідно виконувати в наступній послідовності:

- виконати розбирання верхньої кришки станини упору зливковогоза;
- виконати демонтаж існуючих гідроциліндрів;
- виконати монтаж сифонного гідроциліндра;
- зібрати верхню кришку станини упора.

На рисунку 3.1 наведено основні приєднувальні розміри сифона.

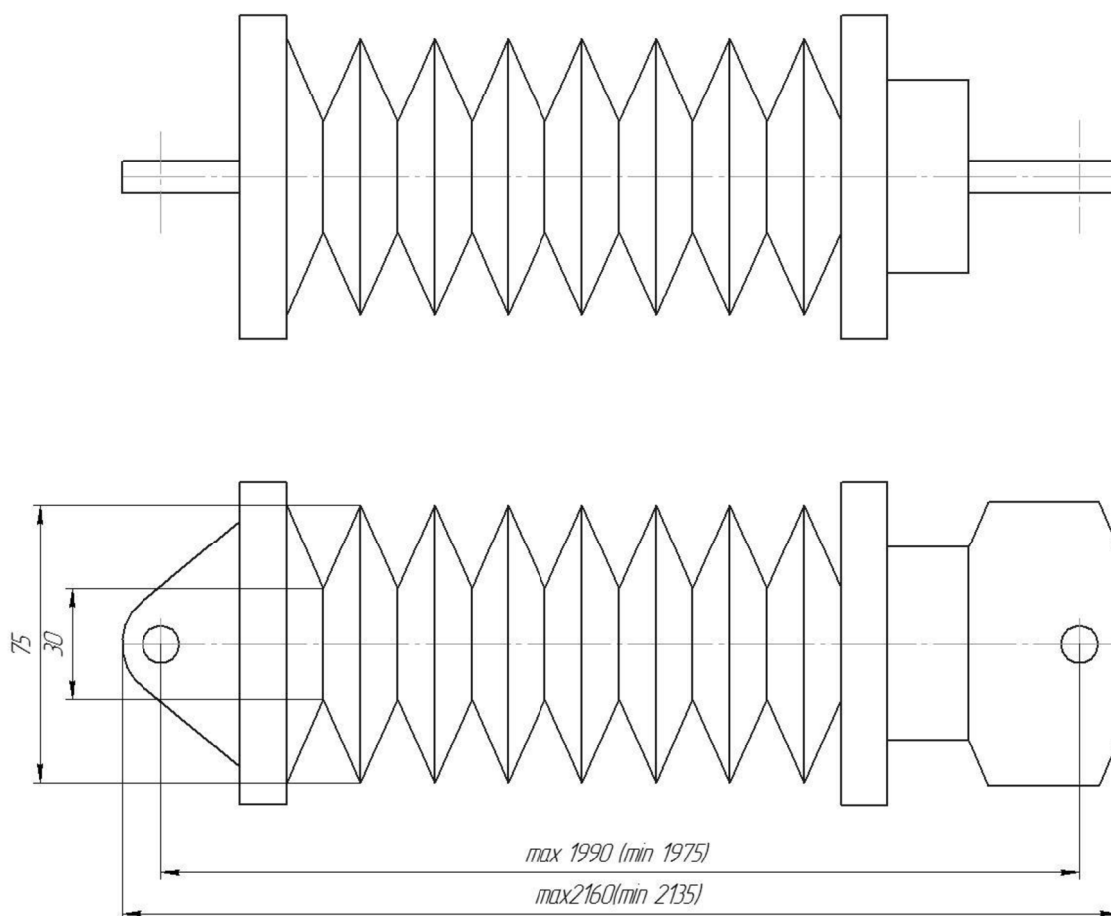


Рисунок 3.1 – Загальний вид гідроциліндра сифонного типу

Розрахуємо стропа, необхідні для виконання монтажу сильфонного гідроциліндра вагою $G_c = 1500 \text{ кг} = 14715 \text{ Н}$ (рис.3.2) за методикою наведеною в роботах [15-17].

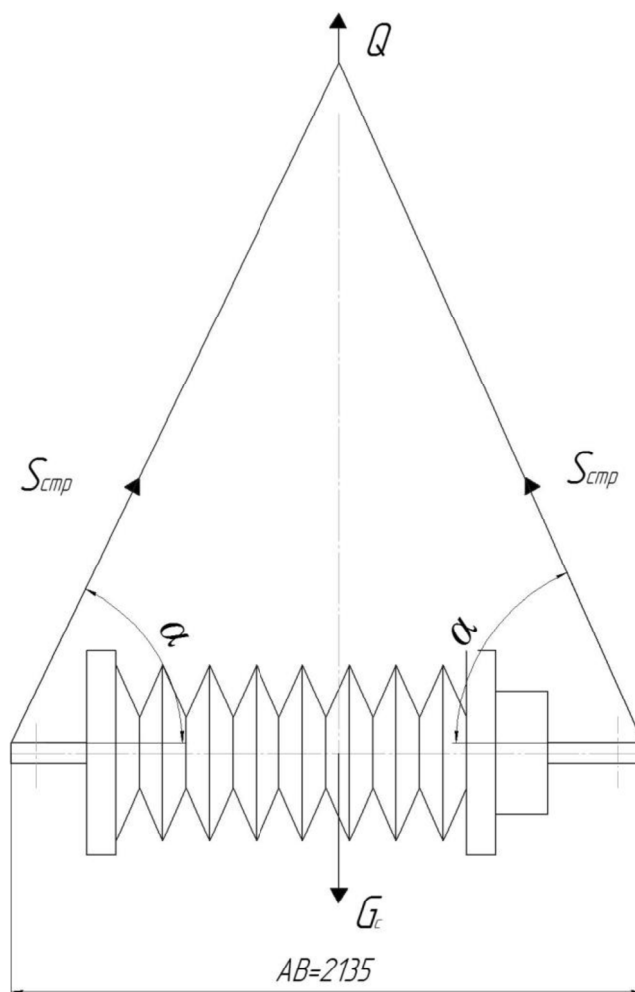


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення типу каната при строповці сильфонного гідроциліндра під час його монтажу

Зусилля в гілці стропа при куті нахилу $\alpha = 60^0$:

$$S_{стр} = \frac{G_c}{n \cdot \sin \alpha} \cdot K_n = \frac{14,715}{2 \cdot \sin 60^0} \cdot 1,0 = 8,5 \text{ кН}, \quad (3.1)$$

де n – число гілок стропа, $n = 2$

K_n – коефіцієнт нерівномірності навантаження на гілці стропа, при
 $n \leq 2, K_n = 1$

Підбор каната стропа здійснюємо по розрахунковому розривному зусиллю:

$$P_{\text{разр}} = S_{\text{стр}} \cdot k = 8,5 \cdot 6 = 51 \text{ кН}, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності, $k = 6$

Приймаємо канат типу ЛК–Р конструкції $8 \times 19(1-6-6/6)-1$ о.с., $d_k=10,0$, розрахункова маса 1000 м каната $M_{1000} = 351,5$ кг, розрахункове розривне зусилля $P_{\text{разр}} = 55,45$ кН, маркувальна група 1960 МПа [18].

Для даного діаметра каната призначаємо затискачі гвинтові Е, діаметр різьблення на скобі М10, розрахунковий діаметр стрижня $d_{\text{ст}} = 0,8 \cdot 10 = 8,0$ мм, кількість стисків вибираємо по таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розташування й число стисків залежно від діаметра каната

Діаметр каната, мм	Число стисків, шт.	Відстань, мм (рис.3.3)	
		Між стисками L_1	Від центра петлі до першого стиску L_2
8,8	3	100	80
12,5	3	100	105
15,5	3	100	130
17,5	3	120	145
19,5	4	125	160
21,5	4	140	175
24,0	5	150	195
28,0	5	180	225
34,4	7	230	270

Розраховуємо число затискачів з умови:

$$2F_{\text{тр}} \geq S_{\text{стр}}, \quad (3.3)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя між канатами;

$S_{\text{стр}}$ – зусилля в гілці стропа.

$$F_{\text{тр}} = n \cdot N_i \cdot f, \quad (3.4)$$

де n – число затискачів;

N_i – нормальне зусилля, створюване одним затискачем;

f – коефіцієнт тертя між канатами, $f = 0,15$.

Нормальний тиск, створюваний одним затискачем:

$$N_i = \frac{\pi d_{\text{ст}}^2 n_{\text{ст}} [\sigma]}{4},$$

де $d_{\text{ст}}$ – розрахунковий діаметр стрижня;

$n_{\text{ст}} = 2$ – кількість стрижнів у затискачі;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу на розрив, $[\sigma] = 120$ МПа [19].

Тоді число затискачів визначаємо з вираження:

$$n = \frac{2 \cdot S_{\text{стр}}}{\pi \cdot d_{\text{ст}}^2 \cdot n_{\text{ст}} \cdot f \cdot [\sigma]} = \frac{2 \cdot 8,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 8,0^2 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 120} = 2,3, \quad (3.5)$$

Приймаємо число затискачів $n = 3$ (згідно рекомендацій з таблиці 3.1).

Визначаємо довжину стропа приймаючи наступні розміри (рис.3.3):

- радіус закруглення $r \approx 2d_k = 2 \cdot 10,0 = 20$ мм? приймаємо $r = 22$ мм;
- відстань від центра закруглення до першого затискача $L = 150$ мм;

– відстань між затискачами $L_1 = 100$ мм.

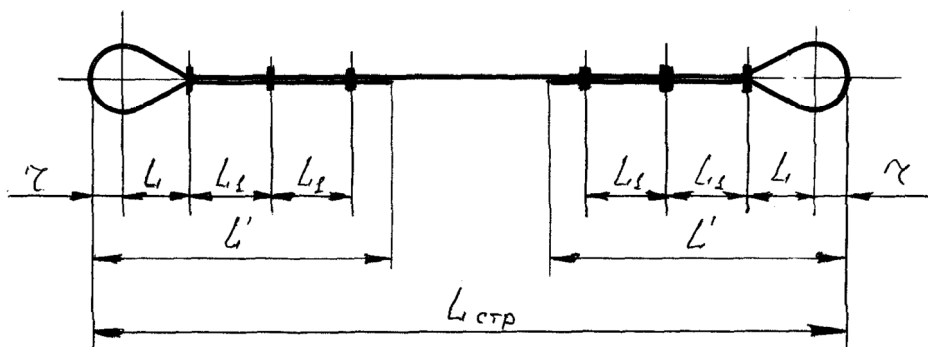


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема до визначення довжини стропа

Тоді довжина ділянки стропа для затискачів і петлі дорівнює:

$$L' = r + L + 2,5 \cdot L_1 = 22 + 150 + 250 = 422 \text{ мм}$$

$$2L' = 2 \cdot 422 = 844 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину стропа $L_{\text{стр}} = 3000$ мм.

Тоді кут нахилу стропа дорівнює:

$$\alpha = \arccos \frac{AB}{2 \cdot L_{\text{стр}}} = \arccos \frac{2135}{2 \cdot 3000} = 69^\circ,$$

При цьому зусилля галузі стропа складе

$$S''_{\text{стр}} = \frac{14,175}{2 \cdot \sin 69^\circ} \cdot 1,0 = 7,59 \text{ кН},$$

$$S''_{\text{стр}} = 7,59 \text{ кН} < S_{\text{стр}} = 8,5 \text{ кН}$$

Умова виконується.

3.2 Розрахунок фундаменту

Фундамент під устаткування призначений для передачі на ґрунт зусиль від ваги встаткування й технологічних навантажень [20].

Для того щоб розрахувати фундамент під упор зливковогоза необхідно визначити загальну вагу устаткування. Вагу устаткування можна умовно розділити на три складові, а саме вага упору зливковогоза, вага рейок, які закріплені на упорі й вага зливковогоза:

- вага упору зливковогоза $G_{\text{упора}} = 75000$ кг;
- вага рельс $G_{\text{рельс}} = 500$ кг;
- вага зливковогоза з візком $G_{\text{зливковогоза}} = 182000$ кг;
- вага 2-х зливків – $P_{\text{тех}} = 46000$ кг

Визначимо загальну вагу устаткування

$$G_{\text{уст}} = G_{\text{упора}} + G_{\text{рельс}} + G_{\text{зливковогоза}} = 75000 + 500 + 182000 = 257500 \text{ кг} \quad (3.6)$$

Фундамент повинен бути спроектований так, щоб дотримувалася умова:

$$\rho = \frac{G_{\text{уст}} + G_{\text{фундамент}} + P_{\text{технологич.}}}{a'' \times b''} + \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{W_i} \leq [\rho], \quad (3.7)$$

де $G_{\text{облад}}$ – загальна вага устаткування встановлюваного на фундамент, кг;

$G_{\text{фундамент}}$ – вага фундаменту, кг;

$P_{\text{техн}}$ – вертикальна складова технологічного навантаження, кг;

a'', b'' – розміри підошви фундаменту, м;

$M_i = m a h = 109200$ кг·м – перекидаючий момент;

$[\rho]$ – допускаємий тиск на ґрунт, кг/см².

Вагу фундаменту визначаємо по формулі:

$$G_{\text{фундамент}} = V_{\text{фундамент}} \times \rho, \text{ кг} \quad (3.8)$$

де $V_{\text{фундаменту}}$ – обсяг фундаменту приймається з розрахунку, що на одну тону встановлюваного устаткування витрачають 3... 5 м³ бетону. З огляду на це приймаємо $V_{\text{фундаменту}} = 257,5 \cdot 3 = 772,5 \text{ м}^3$.

ρ – щільність бетону, приймаємо $\rho = 2,2 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$,

$$G_{\text{фундаменту}} = 772,5 \times 2,2 = 1700 \text{ т.}$$

Фундамент будь-якого устаткування складається із двох основних частин: безпосередньо фундаменту й подошви фундаменту (рис. 3.4) [19].

Розміри самого фундаменту приймається з урахуванням довжини й ширини встановлюваного устаткування.

При габаритних розмірах устаткування, $a=17,3 \text{ м}$, $b=3,9 \text{ м}$, розміри фундаменту прийmemo:

$$a' = a + 0,5 + 0,5 = 18,3 \text{ м},$$

$$b' = b + 0,5 + 0,5 = 4,9 \text{ м},$$

розміри подошви фундаменту

$$a'' = a' + 0,7 + 0,7 = 19,7 \text{ м},$$

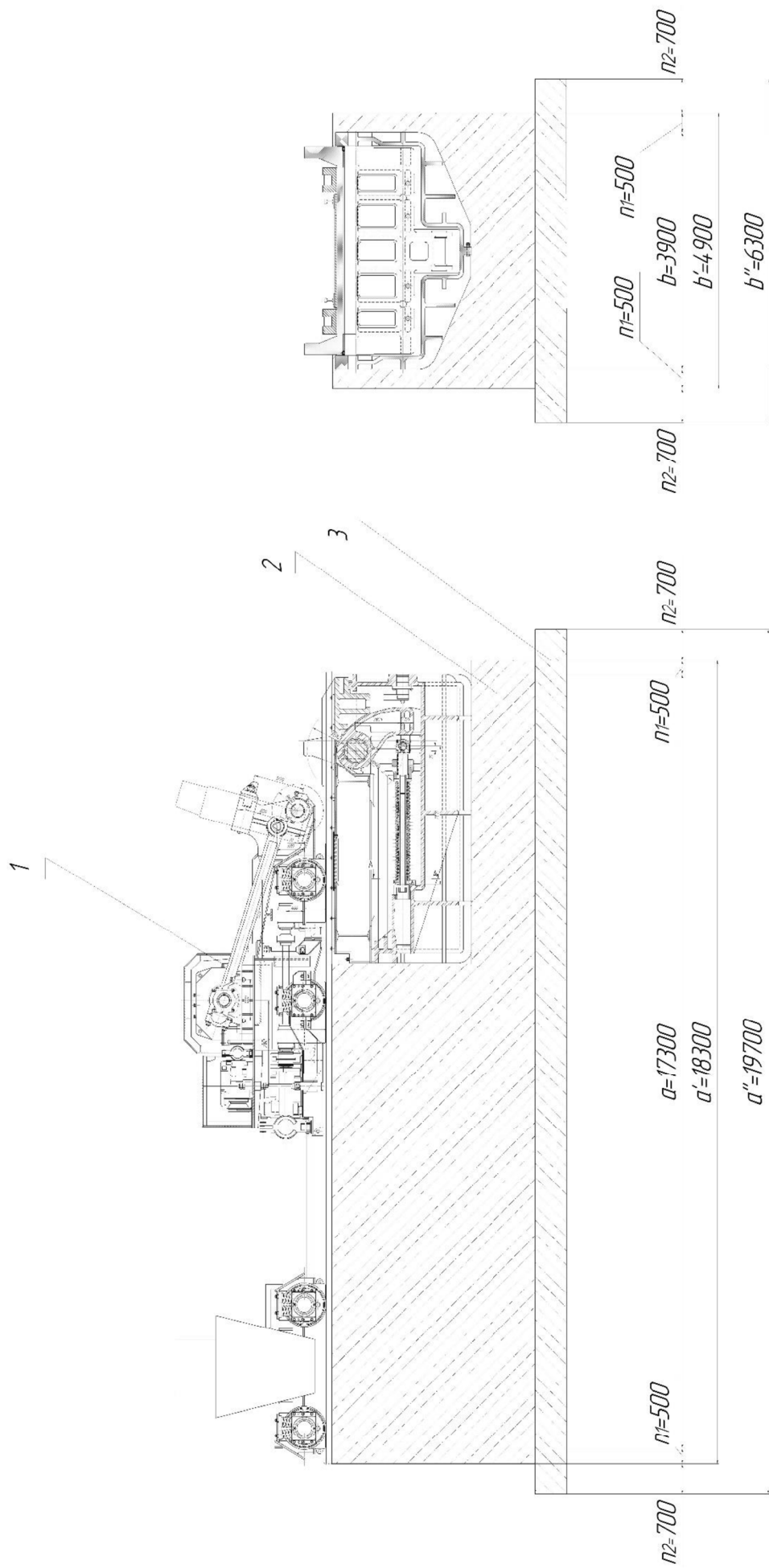
$$b'' = b' + 0,8 + 0,8 = 6,3 \text{ м}.$$

Допускаємий тиск на ґрунт, що залежить від типу ґрунту, для Запорізької області приймаємо $[\rho] = 2 \text{ кг/см}^2$. У розрахунках ще враховується перекидаючий момент, що становить $M_i = 109200 \text{ кг}\cdot\text{м}$, і полярний момент інерції W , рівний:

$$W = \frac{(b'')^2 \times a''}{6} = \frac{6,3^2 \times 19,7}{6} = 130,3 \text{ м}^3.$$

Підставивши всі значення в (3.7), знайдемо діючий тиск на ґрунт:

$$\rho = \frac{257500 + 1700000 + 46000}{1970 \cdot 630} + \frac{109,2 \cdot 10^5}{130,3 \cdot 10^6} = 1,69 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2$$



1 – обладнання; 2 – власне фундамент; 3 – підшва фундаменту

Рисунок 3.4 – Схема до розрахунку фундаменту

Умова (3.7) виконується, тому остаточно приймаємо:

$$a' = 18,3\text{м}, b' = 4,9\text{м}, a'' = 19,7\text{м}, b'' = 6,3\text{м}.$$

Визначимо загальну висоту фундаменту:

$$h_{\text{заг}} = \frac{V_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{772,5}{18,3 \cdot 4,9} = 8,6\text{м} \quad (3.9)$$

Висота підошви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{заг}} = \frac{1}{5} \cdot 8,6 = 1,7\text{м} \quad (3.10)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = h_{\text{заг}} - h_{\text{п}} = 8,6 - 1,7 = 6,9\text{м}; \quad (3.11)$$

Об'єм підошви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 1,7 \cdot 19,7 \cdot 6,3 = 211\text{м}^3 \quad (3.12)$$

Для підошви фундаменту приймаємо бетон Б100 (10 кг/см²)

Об'єм власне фундаменту:

$$V_{\phi} = h_{\phi} \cdot a' \cdot b' = 6,9 \cdot 18,3 \cdot 4,9 = 618\text{м}^3 \quad (3.13)$$

Для фундаменту приймаємо бетон Б200 (20 кг/см²)

Загальний об'єм фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{п}} + V_{\phi} = 211 + 618 = 829\text{м}^3.$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 829 \cdot 2,2 = 1824 \text{ т};$$

Уточнюємо вагу фундаменту:

$$\Delta G_{\phi} = 1824 - 1700 = 124 \text{ т};$$

Уточнюємо тиск на ґрунт:

$$\Delta \rho = \frac{124000}{1970 \cdot 630} = 0,1 \text{ кг/см}^2$$

$$\rho_{\text{факт}} = \rho + \Delta \rho = 1,69 + 0,16 = 1,79 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2$$

Анкерні болти служать для кріплення устаткування до фундаменту. Анкерні болти розділяють на глухі й заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматур фундаменту. Заводні встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті.

Зусилля попереднього затягування анкерних болтів повинне забезпечувати умову стійкості:

$$K_{\text{стійк}} = \frac{M_{\text{в.}}}{M_{\text{п.}}} \geq 1,4$$

$$M_{\text{в.}} = 1,4 M_{\text{п.}}$$

$$M_{\text{в.}} = Q_{\text{болта}} \times a_{\text{болта}} \times n_{\text{болтів}} \times G_{\text{облад}} \times Q_{\text{болта}} / 2 = 1,4 M_{\text{п.}}$$

На рис. 3.5 представлена розрахункова схема.

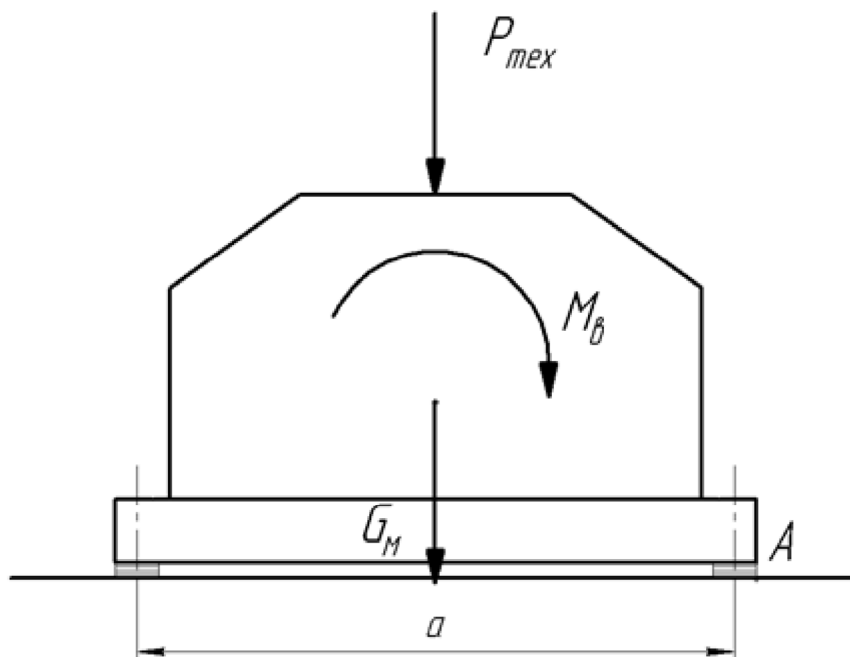


Рисунок 3.5 – Схема до розрахунку анкерних болтів

$$Q_{\text{болта}} = \frac{1,4M_{\text{п.}} - G_{\text{облад}} \times \frac{a_{\text{болта}}}{n_{\text{болтів}}}}{a_{\text{болта}} \times n_{\text{болтів}}}, \text{ кг,}$$

де $a_{\text{болта}}$ – відстань між болтами, м;

$n_{\text{болтів}}$ – число болтів у ряді.

тоді

$$Q_{\text{болта}} = \frac{1,4 \times 364000 - 257500 \times \frac{0,59}{8}}{0,59 \times 8} = 103942,6 \text{ кг;}$$

Визначимо діаметр болта:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{болта}}}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 103942,6}{4 \times 11}} = 97,2 \text{ мм}$$

Обираємо анкерні болти М100.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Заходи з охорони праці при капітальному ремонті зливковоза

До зупинки зливковоза на капітальний ремонт необхідно вивчити і проробити проєкт організації робіт із усіма виконавцями ремонту, ІТР під особистий підпис, які будуть приймати участь в ремонті.

До зупинки зливковоза на капітальний ремонт весь персонал, приймаючий участь в ремонті, зобов'язаний прослухати інструктаж з охорони праці і, згідно діючим інструкціям стосовно професій, вивчити заходи по забезпеченню безпечних методів робіт, які розроблено в відповідних розділах проєкту організації робіт та на доданих кресленнях і в технологічних картах.

Передавання обладнання в ремонт оформляється спеціальним актом з обов'язковими вказівками в ньому необхідних заходів з охорони праці і підписами начальника цеху, начальника відділу охорони праці комбінату, начальника ремонту і представників ремонтних цехів і організацій. До акту необхідно додати схеми відключення обладнання від діючих комунікацій і схему межі ремонтної зони.

До початку ремонту необхідно виконати огороження ремонтної зони з обов'язковим розвішуванням плакатів з попередженням, що в ремонтній зоні працюють люди.

З метою забезпечення безпечного ведення ремонту, а також чіткої взаємодії між виконавцями ремонту і експлуатаційним персоналом, необхідно приміняти біркову систему.

Виконання робіт починають тільки після отримання наряду - допуску і інструктажу з охорони праці з записом в журналі. Робочі місця повинні бути обладнані достатнім освітленням.

Під час піднімання, переміщення і опускання великовагових вузлів всі інші операції на ремонтній ділянці необхідно зупинити і виконавців ремонту відвести в безпечне місце. Забороняється стропувати вантаж працівникам,

котрі не мають спеціального посвідчення. Для стропування необхідно приміняти вантажозахватні пристрої, які пройшли випробування і мають сертифікат.

Особливу увагу необхідно приділити стану ремонтного інструменту. Гайкові ключі необхідно добирати за розмірами гайок. На робочій поверхні ключа не повинно бути скосів, тріщин, задирок. Забороняється використання металевих пластинок між ключом і гайкою.

При роботі з пневматичним інструментом виконувати вимоги інструкції з охорони праці для слюсарів по ремонту обладнання прокатних цехів:

- до роботи з пневматичним інструментом допускаються працівники, які пройшли навчання і інструктаж;
- клапани на рукоятках пневмоінструменту повинні легко відкриватися, швидко закриватися і не пропускати стисле повітря в закритому положенні;
- забороняється тримати інструмент за робочу частину; виконувати заміну робочого елемента без повного відключення пневмоінструменту від мережі стислого повітря; працювати без захисних окулярів; припиняти подавання стислого повітря шляхом перегинання шлангів.

Ремонтний майданчик повинен бути звільнений від зайвого обладнання, підлога повинна бути рівною і чистою. Ремонтний майданчик необхідно обладнати стелажми та іншими пристосуваннями які виключають самовільне зміщення демонтованого обладнання.

Демонтовані вузли необхідно правильно стропувати перевіреними стропами і розробленими методами стропування; правильно укладати розібране обладнання на майданчику: перші вузли розміщувати найдалше, а наступні - по мірі демонтажу. При розміщенні демонтованого обладнання необхідно створювати вільні проходи і вільний доступ до вузлів. Забороняється огляд і ревізію вузлів виконувати в підійнятому стані та при їх переміщенні. При ремонті розлите мастило необхідно засипати піском і прибрати в спеціальний

металевий ящик. Ремонт вузлів виконувати тільки на підлозі при стійкому їх положенні.

Монтаж виконувати у зворотній демонтажу послідовності. При випробуванні обладнання необхідно прибрати весь інструмент і вивести із ремонтної зони робітників; вмикати обладнання, користуючись ключем- біркою [21-23].

4.2 Заходи з пожежної безпеки при капітальному ремонті зливковоза

Основні протипожежні вимоги викладені в [24-26] обов'язкові до виконання адміністрацією, інженерно-технічними працівниками, ремонтниками і службовцями комбінату при виконанні вогневих робіт на території комбінату.

Відповідальність по забезпеченню заходами з пожежної безпеки в діючому цеху при монтажі і ремонті виробничого обладнання, виконанні зварювальних та інших вогневих робіт покладається на керівника цеху.

Ремонтний майданчик, де буде виконуватися ремонт, повинен бути забезпечений первинними засобами пожежотушіння згідно визначеним нормам. З метою створення умов для швидкого і раціонального використання пожежного інвентаря (відра, лопати, пісок та інше) і вогнегасників необхідно установити в доступному місці пожежний щит.

На виконання різних видів тимчасових вогневих робіт структурним підрозділом повинно бути оформлено наряд-допуск, який складається в двох примірниках, підписується начальником цеха і реєструється в спеціальному журналі.

До початку вогневих робіт керівник ремонту разом з пожежною охороною комбінату проводять інструктаж. Прізвища виконавців вогневих робіт повинно записати в спеціальному журналі інструктажів. Робітники, котрі не пройшли протипожежний інструктаж, до ведення вогневих робіт не допускаються.

Виконавці вогневих робіт повинні:

- мати кваліфікаційне посвідчення і посвідчення про проходження навчання і перевірки знань по пожежно-технічного мінімуму;
- отримати інструктаж з безпечного ведення робіт на вказаному об'єкті і розписатися в наряді-допуску на виконання робіт;
- приступити до виконання вогневих робіт тільки після дозволу відповідального за пожежну безпеку на місці ведення вогневих робіт;
- виконувати тільки ту роботу, яка вказана в наряді-допуску на виконання тимчасових робіт;
- вміти користуватися засобами пожежотушіння. У випадку виникнення пожежі терміново прийняти міри по ліквідації загоряння;
- після закінчення вогневих робіт ретельно оглянути місце, усунути можливі причини пожежі.

Відповідальний за пожежну безпеку на місці ведення вогневих робіт зобов'язаний:

- перевірити якість виконання підготовчих заходів, передбачених нарядом-допуском;
- перевірити наявність кваліфікаційних посвідчень і посвідчень про наявність і перевірку знань з пожежно-технічного мінімуму виконавців вогневих робіт; справність інструменту і засобів для ведення вогневих робіт; перевірити наявність і стан первинних засобів пожежотушіння на місці виконання вогневих робіт і засобів індивідуального захисту;
- прочитати інструктаж виконавцям вогневих робіт з пожежної безпеки;
- перевірити підготовку робочого місця для ведення вогневих робіт;
- знаходитися на місці ведення вогневих робіт і контролювати роботу виконавців;
- забезпечити після закінчення вогневих робіт перевірку робочого місця на відсутність можливих джерел загоряння; розписатися в наряді-допуску.

Забороняється зварювати чи різати тару з-під бензина, гасу та інших легкозаймистих речовин. Не рекомендується використання для вогневих робіт

переносного зварювального генератора. Газорізальникам необхідно слідкувати за справністю газових і гасових шлангів. Забороняється виконувати зварювання і різання металу в газонебезпечних місцях.

Ремонтний майданчик необхідно обладнати двома пожежними гідрантами довжиною по 10 метрів з перевіреними і справними шлангами.

Забезпечити правильне зберігання, видавання і перенесення легкозаймистих матеріалів, які використовуються для мийки, деталей, що ремонтуються. Розлите мастило негайно засипати піском і прибрати. Використаний обтиральний матеріал необхідно складати в спеціально приготовлений металевий ящик з щільною кришкою. В кінці зміни необхідно звільнити ящик, так як тривале зберігання обтирального матеріалу може викликати самозаймистість.

4.3 Заходи з промислової санітарії при капітальному ремонті зливковоза

Прокатний цех відноситься до другої групи виробничих процесів з санітарних норм. Вони повинні бути обладнані побутовими приміщеннями, до складу яких надходять: гардеробні, умивальні, убиральні, приміщення для прання і сушіння робочого одягу, приміщення для обігрівання працівників [27, 28].

Побутові приміщення необхідно розташовувати близько до робочих місць, в прибудовуваннях чи в окремих будівлях.

Гардеробні призначені для зберігання чистого і робочого одягу. Умивальні необхідно розташовувати в окремих приміщеннях, суміжних з гардеробними або в приміщенні гардеробних. Душеві необхідно розташовувати в суміжних з гардеробними приміщеннях. Убиральні необхідно розташовувати на відстані до 100 метрів від найбільше віддалених робочих місць. Устаткування і обладнання убиральних регламентовано санітарними нормами.

Для чищення приміщень від забрудненого повітря і подавання в них свіжого використовується природня вентиляція, котра здійснюється внаслідок

різниці температури повітря в приміщенні і в навколишньому середовищі та дії вітру [29].

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Для цього використовується природне й штучне освітлення [30].

Для подавання питної води обладнують спеціальні фонтанчики з насадками. Вода повинна бути сирою, але очищеною і безпечною для вживання, або остудженою кип'яченою. Робочі місця необхідно обладнати пунктами свіже завареного чаю, автоматами газової води. В літній період необхідно забезпечити квасом з біодомішками, які сприяють регулюванню питного режиму. Відстань від робочих місць до питних пунктів не більше 75 метрів.

На виробничих ділянках необхідно виконувати організаційні, гігієнічні і санітарно-технічні заходи з попередження дії шкідливих виробничих факторів.

Для працівників необхідно створити умови для приймання їжі. Поряд із виробничим цехом повинні бути розташовані їдальні, буфети, обладнання яких відповідає санітарним нормам і правилам [31].

4.4. Заходи з охорони навколишнього середовища

Металургійні підприємства необхідно розташовувати з підвітряного боку по відношенню до населених пунктів, щоб газ, пилю і дим не потрапляли на житлові квартали. З цією метою передбачено захисні зони між підприємством і населеним пунктом. До металургійного підприємства мінімальна ширина захисної зони визначається в 1000 метрів за умов організації спеціальних мір з боротьби з викидами в навколишнє середовище. В захисній зоні насаджуються дерева, кущі, створюються газони. Всі вільні ділянки на території металургійного підприємства необхідно озеленювати із розрахунку 10-20 % всієї території [32, 33].

Територію підприємства необхідно тримати чистою, проходи і проїзди в літній період поливати водою.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в прокатних цехах є прокатні стани, відпалювальні печі, правильні агрегати. В процесі експлуатації обладнання створюється накопичення шкідливих речовин, які містять циндру, котрі надходять через аераційні ліхтарі в атмосферу.

В прокатному виробництві використовують воду для охолодження обладнання, яка складає від 30 до 50% загальної кількості води, що використовується підприємством з повним металургійним циклом. Стічна вода створюється при охолодженні валків, їх шийок, підшипників, змивання і транспортування оциндри. Стічна вода містить циндру, мастила, емульсію, кислоти, токсичні речовини.

Вода забруднюється циндрою при гідрозбиванні і гідрозливанні. В обтискному використовується зворотня система водопостачання з очищенням води від технологічних мащень, емульсії і технологічних домішок. Необхідна ступінь чищення досягається поєднанням з додатковим чищенням в горизонтальних відстійниках. Мастило, що спливає на поверхню води, видаляється спеціальними шкребками-транспортерами.

Визначальними факторами є: точне ведення технологічного процесу; систематичний контроль за станом прокатного обладнання; устаткування системи оперативної сигналізації про екстремальні умови технологічного процесу і про стан стоків. Ці фактори є основними в попередженні аварійних ситуацій та викиданні шкідливих речовин.

Рішення питань з охорони навколишнього середовища пов'язані з використанням гідрозмиву циндри. Великі витрати технологічної води при охолодженні прокатного обладнання зумовлено великими тепловими навантаженнями.

Очищена вода відправляється в річки, при цьому контролюється якість очистки, але очисні споруди не повністю очищують промислову воду, тому доцільно створити замкнений цикл водопостачання, при якому очищена вода використовується повторно для технологічного процесу, а не відправляється у річку.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням обтискного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких» місць цеху є незадовільна робота зливковоза, яка проявляється на ділянці зупинки перед приймальним рольгангом.
2. На підставі наведеного огляду і аналізу технічної літератури встановлено, що для зупинки зливковоза в світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить гідравлічного типу, які має ті ж самі недоліки, що і упор металургійного комбінату «Запоріжсталь».
3. Відомо, що основними недоліками відомих конструкцій є упори, встановлені на приймальному рольгангу, які слабо гасять удар при зупинці зливковоза, тому відбувається удар зливковоз по роликам рольгангу.
4. В результаті модернізації упора зливковоза можливе досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
5. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для задовільної роботи обладнання цеху в цілому необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. Підприємство | PJSC "Zaporizhstal". ПАТ «Запоріжсталь». URL: <https://zaporizhstal.com/pidpriyemstvo/> (дата звернення: 30.03.2024).
2. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group. 583 p.
3. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва : навчальний посібник. Кривий Ріг : КНУ, 2017. 169 с.
4. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
5. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навчальний посібник. К: Вища шк., 1995. 455 с.
6. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
7. Панченко В.О., Гусак О.Г., Папченко А.А., Хованський С.О. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів: навч. посіб. Суми: СумДУ, 2015. 151 с. ISBN: 978-966-657-574-9
8. Гідроенергетика. Том 2. Гідравлічні машини: підруч. / Є.І. Сокол та ін. Харків: НТУ "ХПІ", 2020. 534 с.
9. Сухомел Г. Й. Гідравліка. Х-К, 1933. 280 с.
10. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика / Л. Пелевін та ін. КНУБА, 2015. URL: <https://doi.org/10.26884/damu.p15ggg>.
11. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. / Чабанний В.Я. та ін. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. 353 с.
12. Гідравліка, гідро- та пневмопривод. Навчально-методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА/ Укл. В.К. Тарасов, О.В. Новокщорова. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2010. 132 с.

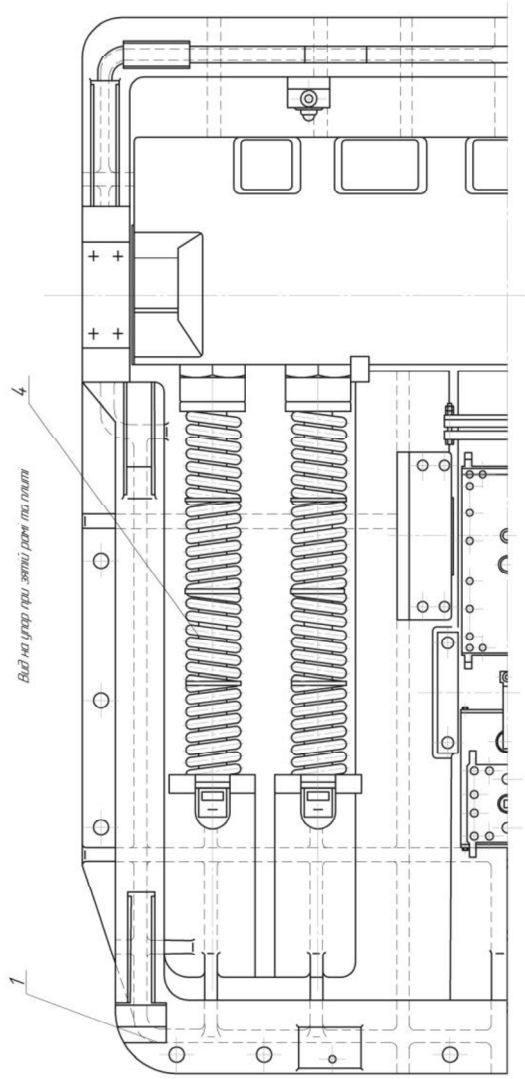
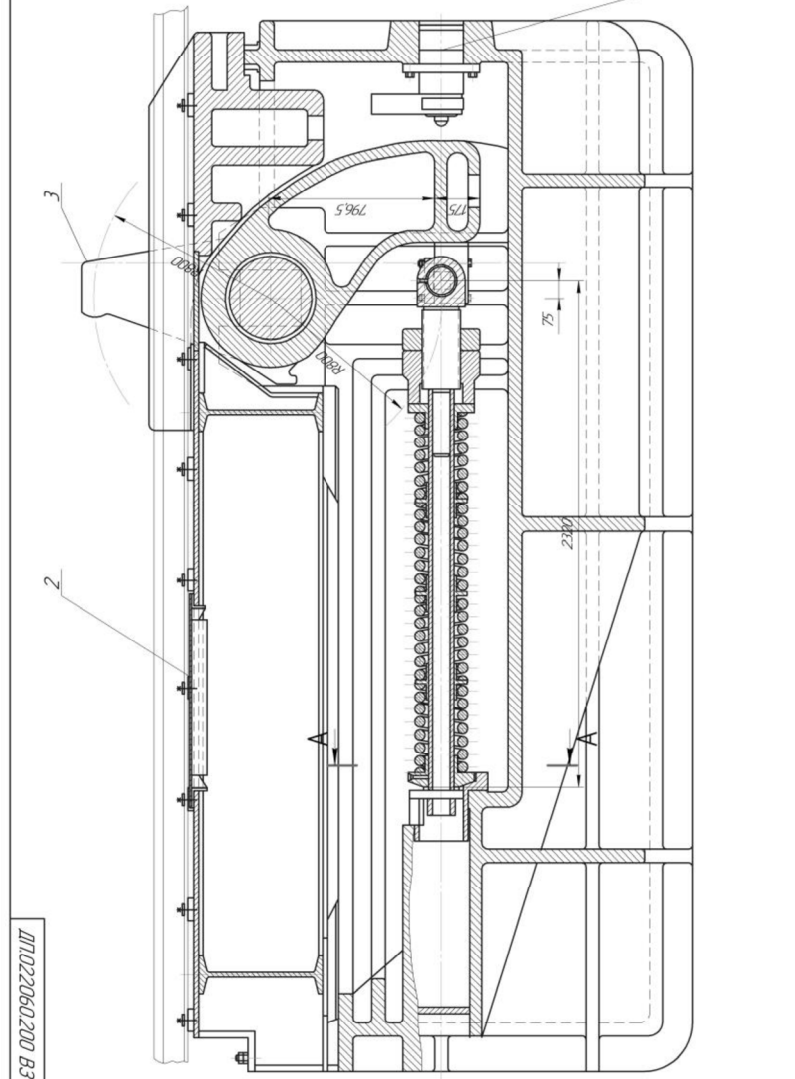
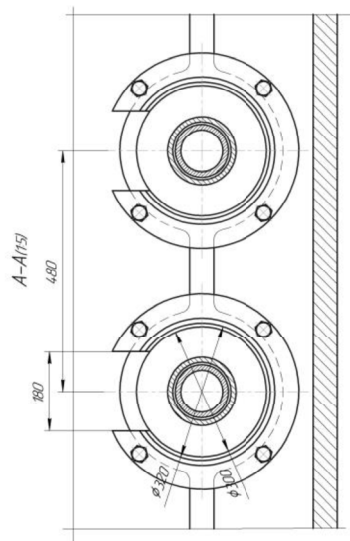
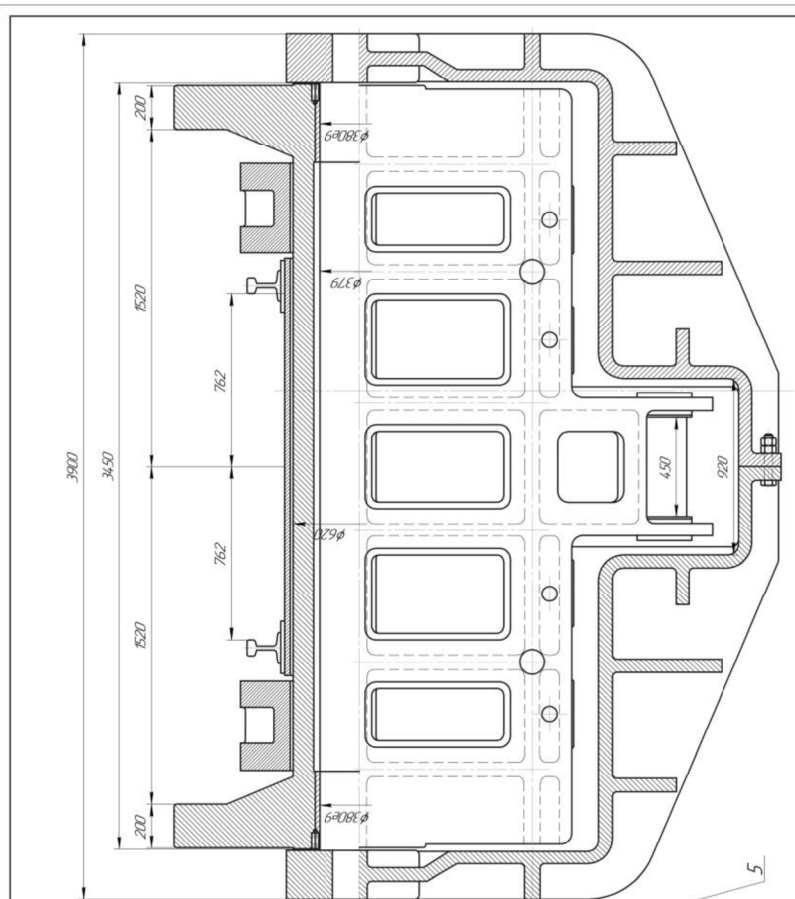
- 13.Мандрус В. І., Лещий Н. П., Звягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. Львів: Світ, 1995. 264 с
- 14.Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
- 15.Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
- 16.Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
- 17.Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
- 18.Погорелов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
- 19.Лещенко О.І., Добровольська С.В., Кудряшов В.О. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Одеса: ДУІТЗ, 2024. 333 с.
- 20.Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : Підручник. – 4-е вид.,перероб. І доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
- 21.НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.
- 22.НПАОП 27.1-1.04-09 Правила охорони праці у прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу
- 23.Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: навч. посіб. / В.О. Шеремет та ін. Дніпропетровськ: ПП „Ліра ЛТД”, 2005. 850 с.
24. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
- 25.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>.
26. 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.
27. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
28. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
29. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024-09-01. Вид. офіц. 2024.
30. 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>.
31. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
32. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
33. 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.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			ДП.022060.100 ВЗ	Креслення загального виду	1	
<i>Збірні одиниці</i>						
		1		Люлька зливковоза	1	
		2		Рама зливковоза	1	
		3		Скат привідний	2	
		4		Скат не привідний	2	
		5		Хитун	1	
		6		Вузол приводу перекидання люльки	1	
<i>Стандартні вироби</i>						
		7		Електродвигун ДП-82А	2	140 кВт
ДП.022060.100						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Кузьменко К.Ю.				Лит.	Лист
Проб.	Огінський Й.К.				Н	Листов
Н.контр.	Васильченко Т.О.				1	
Утв.	Власов А.О.				МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330	
Зливковоз						

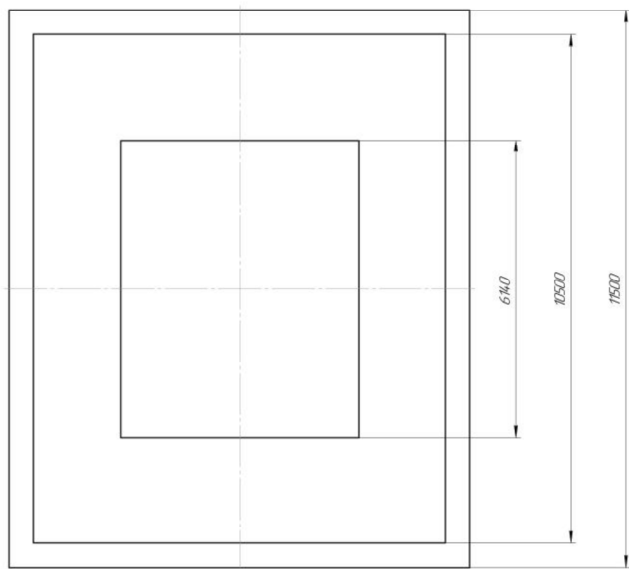
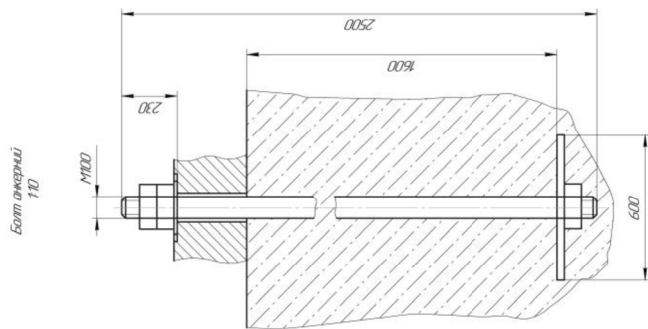
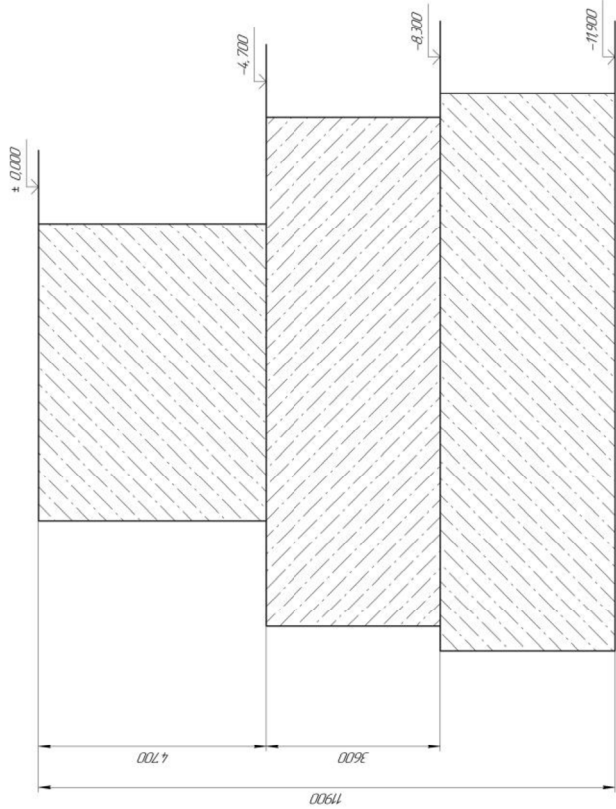
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			ДП.022060.224 ВЗ	Креслення загального виду	1	
<i>Збірні одиниці</i>						
		1		Корпус	1	
		2		Гофри	100	
		3		Зворотна пружина	1	
		4		Шток	1	
		5		Маслопровід	1	
		6		Заглушка	1	
ДП.022060.224						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Кузьменко К.Ю.			Лит.	Лист
Проб.		Огінський Й.К.			Н	Листов
Н.контр.		Васильченко Т.О.			1	
Утв.		Власов А.О.			МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330	
Сильфон						



ДП022060200 В3

ДП022060200 В3		Лист	Кол-во	Масштаб
Упор зліткової гризичини		№	15	1:5
№ змін	№ докум.	Лист	Листів	Т
1	55640	1	1	1
2				
3				
4				
5				
Інженер		М.М. М.М. М.М. М.М.		
Проєктант		М.М. М.М. М.М. М.М.		
Перевірив		М.М. М.М. М.М. М.М.		
Затвердив		М.М. М.М. М.М. М.М.		

ДП022060.300 Ф



Мірна цементна основа; частини фундаменту Б200
Мірна цементна піввада Б50

ДП022060.300 Ф		Фундаментні ступіні		Заливковий	
Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Лист	Листів
1	1:100	1:100	1:100	1	1
№ проєкту	№ документації	№ документації	№ документації	№ документації	№ документації
ДП022060.300	Б.02.01	Б.02.01	Б.02.01	Б.02.01	Б.02.01
Інженер	Проєктувальник	Перевірив	Затвердив	Інженер	Проєктувальник
С.М.С.	С.М.С.	С.М.С.	С.М.С.	С.М.С.	С.М.С.
Дата	Дата	Дата	Дата	Дата	Дата
2023	2023	2023	2023	2023	2023

Лист № 1 з 1	Листів у відрі	Лист № 1 з 1	Листів у відрі
1	1	1	1

