

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 Удосконалення вузла механізму підйому рудно-грейферного  
перевантажувача в умовах доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1331-с

Козачок О. В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Шейко С. П.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**Завдання**

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Козачок Олега Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Удосконалення вузла механізму підйому рудно-грейферного перевантажувача в умовах доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь».  
керівник бакалаврської роботи доцент, к.т.н., Шейко С.П.  
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 доменного 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. Механізм приводу грейфера – 2А1; 2. Вузол промвала – 2А1; 3. Стрповка редуктора головного приводу – 1А1; 4. Термічний захист kabіни кранового машиніста – 1А1.



6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Шейко С.П., к.т.н., доцент		
2	Шейко С.П., к.т.н., доцент		
3	Шейко С.П., к.т.н., доцент		
4	Шейко С.П., к.т.н., доцент		

**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 у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Козачок О. В. Удосконалення вузла механізму підйому рудно-грейферного перевантажувача в умовах доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

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

Проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень спрямованих на підвищення ефективності роботи рудно-грейферного перевантажувача. Проведений розрахунок найбільш навантажених вузлів головного приводу й підйому, та підібраний електродвигун. Виконано розрахунок стропів для монтажу редктора та підібрано заготовку для їхнього виготовлення.

Ключові слова: МЕХАНІЗМ ПІДЙОМУ, БАРАБАН, ПРОМВАЛ, ШТАБЕЛЬ, РУДНИЙ ДВІР

## ABSTRACT

Kozachok O.V. Improvement of the Assembly of the Lifting Mechanism of the Ore Grab Loader in the Conditions of the Blast Furnace Shop of Zaporizhstai PJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser S.P. Sheyko. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The advantages and disadvantages of existing technical solutions aimed at improving the efficiency of the ore grab loader are analyzed. The calculation of the most heavily loaded units of the main drive and lift was carried out, and the electric motor was selected. The calculation of the slings for the installation of the reducer was carried out and the blank for their manufacture was selected.

Keywords: LIFTING MECHANISM, DRUM, INTERMEDIATE SHAFT, STACK, ORE YARD

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО .....	8
1.2 УСТРІЙ ДОМЕННОГО ЦЕХУ ТА ЙОГО ВАНТАЖОПОТОКИ.....	12
1.3 ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ЦЕХУ	14
1.4 «ВУЗЬКІ» МІСЦЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ШЛЯХИ ЇХНЬОГО УСУНЕННЯ ...	17
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 МІСЦЕ ГРЕЙФЕРНОГО КРАНУ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИПЛАВКИ ЧАВУНУ .....	19
2.2 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ УСЕРЕДНЮЮЧИХ МАШИН ВІДКРИТИХ СКЛАДІВ ШИХТОЗАГОТОВЛЕННЯ.....	26
2.3 ОПИС ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ РУДНОГРЕЙФЕРНОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА .....	31
2.4 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ РУДНОГРЕЙФЕРНОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА .....	33
2.4.1 Вибір електродвигуна привода механізму пересування візка рудногрейферного перевантажувача .....	33
2.4.2 Розрахунок вузла ходових коліс механізму пересування візка рудногрейферного перевантажувача .....	37
2.4.3 Проектування проміжного вала механізму підйому грейфера.....	43
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА .....	56
3.1 ТЕХНОЛОГІЯ ЗБОРКИ Й МОНТАЖУ МЕТАЛУРГІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	56
3.2 ЦИРКУЛЯЦІЙНА СИСТЕМА ЗМАЩЕННЯ.....	57
3.3 ТАКЕЛАЖНІ РОБОТИ .....	59
3.3.1 Стропування.....	59
3.3.2 Розрахунок стропування редуктора механізму підйому .....	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	65

	2
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища .	65
4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації доменного цеху .....	65
4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища.	67
4.2 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ ВІД ВИЯВЛЕНИХ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА .....	69
4.3 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ГІГІЄНІ ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧІЙ САНІТАРІЇ.....	70
4.3.1 Опалення й вентиляція.....	70
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень .....	71
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація.....	72
4.4 ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	73
4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки при ремонтних роботах на кранах.....	73
4.4.2 Заходи пожежної безпеки .....	74
4.4.3 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації.....	75
4.5 РОЗРАХУНОК ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ КАБІНИ КРАНОВОГО МАШИНІСТА .....	77
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	80
ДОДАТКИ.....	83

## ВСТУП

Публічне акціонерне товариство металургійний комбінат «Запоріжсталь» – один з найбільших індустріальних гігантів України. Комбінат виробляє гарячекатаний і холоднокатаний лист завтовшки 0,5–7,0 мм з вуглецевих, низьколегованих, легованих і неіржавіючих сталей. Близько 70 % продукції комбінату експортується більш ніж у 70 країн світу.

Найпоширенішими усереднюючими машинами для відкритих складів сировини й шихти є рудно-грейферні перевантажувачі. Вони представляють собою грейферний кран козлового типу з довгим мостом, по якому пересувається грейферний візок. Усереднювачі такого типу є універсальними машинами, пристосованими як для формування штабелю матеріалу, який усереднюють, так і для розробки цього штабеля й відвантаження усередненого матеріалу для наступної переробки. Усереднення досягається пошаровим укладанням матеріалу в штабель при повільному розкритті грейфера й одночасному швидкому пересуванні грейферного візка уздовж моста, поперек складу. Усереднений матеріал відбирається поперек штабелю, врозріз, похилими шарами. Подається матеріал у прийомну траншею за допомогою вагоноперекидача, а руда, концентрат, кокс, торф, вапно подається в проміжну траншею. Для закладки штабеля матеріал береться із траншеї вагоноперекидача й проміжної траншеї. Так само рудногрейферними перевантажувачами вантажаться флюси на рудні тічки аглофабрики, кокс й окатиші в бункери, через прийомну вирву, установлену на короткій опорі крана, у коксовий трансферкар, а відтіля безпосередньо в бункери.

В умовах великого вантажопотоку дуже важливо підтримувати перевантажувачі в постійному робочому стані, виключити аварійні простой встаткування й надмірні витрати часу на ремонти.



# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Загальні відомості про підприємство

Публічне акціонерне товариство “Запорізький металургійний комбінат “Запоріжсталь” ім. С. Орджонікідзе” – одне з найбільш великих промислових підприємств України, продукція якого добре відома й користується попитом у споживачів на внутрішньому ринку й у багатьох країнах світу.

Комбінат робить високоякісний листовий прокат (гарячекатаний і холоднокатаний) товщиною 0,5–0,7 мм із вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей.

Основними споживачами продукції комбінату є підприємства автомобільного, авіаційного, сільськогосподарського, транспортного машинобудування, виробники зварених труб, виробів побутової техніки й інші.

Комбінат займає стійке положення на ринку, рік за роком просуваючись нагору в списку найбільших виробників сталі. Основні зусилля фахівців “Запоріжсталі” спрямовані на освоєння нових ринків і видів продукції, зміцнення позитивного іміджу підприємства, розширення географії поставок. Основа успіху строге дотримання й постійне вдосконалювання технологічних процесів, висока якість випускаємої продукції, чітке виконання договірних зобов'язань, орієнтація на потреби ринку й уміле впровадження ринкових механізмів керування.

Міжнародне визнання “Запоріжсталі” у діловому світі підтверджено міжнародним призом “За кращу торговельну марку–1999”. 16 листопада 1933 року відзначено як день народження комбінату “Запоріжсталі”. У цей день на доменній печі №1 була видана перша плавка чавуну. В 1935 році вступила в лад перша мартенівська піч, в 1937– слябінг.

У наступні роки були уведені в експлуатацію цехи по виробництву гарячого й холодного прокату.



Комбінат “Запоріжсталь” складається з 8 основних і 56 допоміжних цехів. Щорічно підприємство робить 2,5 млн. тонн чавуну, 3,2 млн. тонн сталі й 2,7 млн. тонн прокату.

Основними цехами комбінату є:

- доменний;
- мартенівський;
- прокатні.

Сировина у вигляді руди, коксу й різних добавок надходить в агломераційний цех, що робить агломерат, який, у свою чергу надходить у доменну піч, у якій виплавляється чавун.

Чавун поставляється як готова продукція, а також на подальшу переробку в мартенівський цех. У ливарному відділенні здійснюється фасонне лиття заготівель.

У мартенівському цеху, після добавки всіх складових металу йде розливання розплавленого металу у виливниці, які у свою чергу після охолодження направляються в обтискний цех.

Зливки в обтискному цеху розкатують на сляби, і відправляють в інші прокатні цехи, які випускають великий сортамент.

Допоміжні цехи призначені для обслуговування основних цехів і забезпечення їхньої безперебійної роботи. У цю групу входять: енергетичні, вогнетривкі, транспортні, ремонтні й інші цехи.

Агломераційний цех комбінату вступив у дію 1 серпня 1951 р. У цеху виробляється основний залізорудний агломерат. Майже всі процеси виробництва агломерату автоматизовані. Агломератчики заводу домоглися найбільшої продуктивності праці серед агломераційних фабрик СНД такої ж потужності й роблять агломерат високої якості.

16 листопада 1933 р. уведений у дію доменний цех. Сьогодні в доменному цеху на 5 доменних печах виплавляється 2,3 млн. тонн передільного й ливарного чавуну на залізорудній шихті, що складається з агломерату власного виробництва й окатишів. Використовуючи сучасну технологію доменного

виробництва, комбінат виплавляє чавун високої якості для виробництва сталі, великогабаритного чавунного литва безпосередньо на комбінаті, а також товарного чавуну. Відмінною рисою запорізького чавуну є низький вміст сірки й фосфору, завдяки чому він користується широким попитом на світовому ринку.

Перша мартенівська піч на комбінаті була пущена 21 вересня 1935 р. Нині в мартенівському цеху комбінату працює 9 печей, ємністю 250–500 тонн із загальною продуктивною потужністю 3,8 млн. тонн у рік. Сталь виробляється скрап–рудним процесом на рідкому чавуні. Мартенівські печі опалюються природним газом. Для інтенсифікації виплавки сталі на всіх печах використовується кисень. Сталь продувається аргоном. Виплавлювана сталь – маловуглецева й середньовуглецева конструкційної й звичайної якості, низьколегована – розливається в зливки масою до 20 тонн і використовується для виробництва листового прокату.

Стан слябінг став в дію 1 квітня 1937 р. Обтискний стан слябінг “1150” прокочує зливки масою до 20 тонн із вуглецевої легованої й нержавіючої сталі на сляби товщиною 100–200 мм, шириною 1000–1520 мм, довжиною 1800–4700 мм. Нагрівання злиwkів виконується в регенеративних колодязях. Сляби призначені для перекачу на штабу, у гарячому стані передаються на широкоштабовий стан гарячої прокатки.

Цех холодної прокатки №1 уведений у дію 1 квітня 1939 р. У цеху на безперервному чотирьохклітковому стані «1680», двох однокліткових реверсивних станах «1680» і «1200», двадцятивалковому стані «1700» і двох безперервних вузькоштабових чотирьохкліткових станах «450» і «650» виробляється холоднокатаний лист, штаби й стрічки з маловуглецевої, низьколегованої, легованої й нержавіючої сталі. Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного й поздовжнього різання, що забезпечує поставку холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,5 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 4000 мм, а також рулони масою до 14 тонн.

Цех холодної прокатки №3 вступив у дію у грудні 1963 р. ЦХП №3 має у своєму розпорядженні унікальний стан «2800» для виробництва

великогабаритного холоднокатаного листа товщиною 1,5–5,5 мм, шириною 1000–2300 мм і довжиною до 4500 мм із вуглецевих, легованих і нержавіючих сталей. У складі цеху діє спеціалізоване відділення по виробництву шліфованих і полірованих листів і штаб у рулонах з нержавіючої сталі.

Відділ технічного контролю створений в 1932 р. при будівництві комбінату. У цей час 306 контролерів і 34 інженерно–технічних працівника на 8 ділянках ВТК здійснюють роботу з: вхідного контролю отримуваної сировини й матеріалів (залізорудна сировина, металобрухт, графіт, вогнетриви, піски, вапняк, феросплави, вугілля й ін.), контролю дотримання технологічних процесів і якості відвантажуючої продукції, товарів народного вжитку, претензійну роботу з якості продукції, оформленню документів засвідчуючих відповідність готової продукції вимогам стандартів.

Механічний цех комбінату був уведений в експлуатацію в 1932 р. Сьогодні колектив механічного цеху робить запасні частини й устаткування для цехів комбінату. Служба головного механіка забезпечує ефективну, безаварійну роботу механічного устаткування, утримання будівель і споруджень підприємства при мінімальних витратах трудових і матеріальних ресурсів.

Основним завданням створеного в липні 1946 р. цеху КВПіА є автоматизація теплових процесів на комбінаті. Цех складається з 3–х лабораторій, 10–ти виробничих і 2–х ремонтних ділянок. Основні функції – ремонт і обслуговування засобів і систем виміру й автоматизації параметрів теплотехнічного контролю технологічних процесів.

Центральна лабораторія автоматизації й механізації (ЦЛАМ) створена в жовтні 1960 року. Сьогодні до складу ЦЛАМ входять 10 лабораторій, у т.ч. 3 конструкторські лабораторії по механізації виробничих процесів; 4 конструкторські лабораторії по автоматизації виробничих процесів; лабораторія по виготовленню засобів механізації; лабораторія по виготовленню засобів автоматизації; лабораторія планування й підготовки виробництва. За завданням цехів ЦЛАМ розробляє технічну документацію, виготовляє нестандартне механічне устаткування механізації й полегшує ручну працю; розробляє,



виготовляє й впроваджує автоматизовані системи обліку продукції, системи збору й обробки інформації, проводить у цехах монтаж, налагодження й уведення в промислову експлуатацію засобів механізації й автоматизації.

## 1.2 Устрій доменного цеху та його вантажопотоки

Сировинні матеріали – руда, концентрати, флюси й інші надходять на механізовані склади для усереднення й зберігання. Кокс агломерат і окатиші подають у вагонах безпосередньо до доменних печей, минаючи склади.

Запас матеріалів для забезпечення безперервної роботи доменної печі. Дані склади, іменовані рудними дворами, які слугують також і для усереднення матеріалів по фізико-хімічному складу розташовані паралельно фронту доменних печей.

Вагони, рисунок 1.1, із сировинними матеріалами 1 надходять на рудний двір доменної печі. Далі вагоноперекидач 2 розвантажує вагон у розвантажувальну траншею 4. Далі матеріали за допомогою перевантажувального крана 3, що має грейферний візок 5, подають на склад, де їх пошарово укладають у штабелі 6.

Матеріали, які необхідно подати в рудні бункери бункерної естакади 7, забирають зі штабелів грейфером перевантажувального крана й завантажують у рудні перевантажувальні вагони 8, ці вагони переміщуються по шляху, покладеному по верху естакади, розвантажують матеріали в бункери.

Кокс у коксовий бункер 9 подається в коксовому перевантажувальному вагоні або стрічковим конвеєром. З горловини коксового бункера, під якою розташований гуркіт, великий кокс надходить у вирву ваг, а потім, відповідно до програми завантаження доменної печі, у скіп 10.

За допомогою барабанних затворів 11, шихтові матеріали з бункерів бункерної естакади, відповідно до програми завантаження доменної печі видають у дві кишені вагових вагонів –12, які подають їх до скіпової ями й крізь приймальну вирву 13, вивантажують у скіп 10.

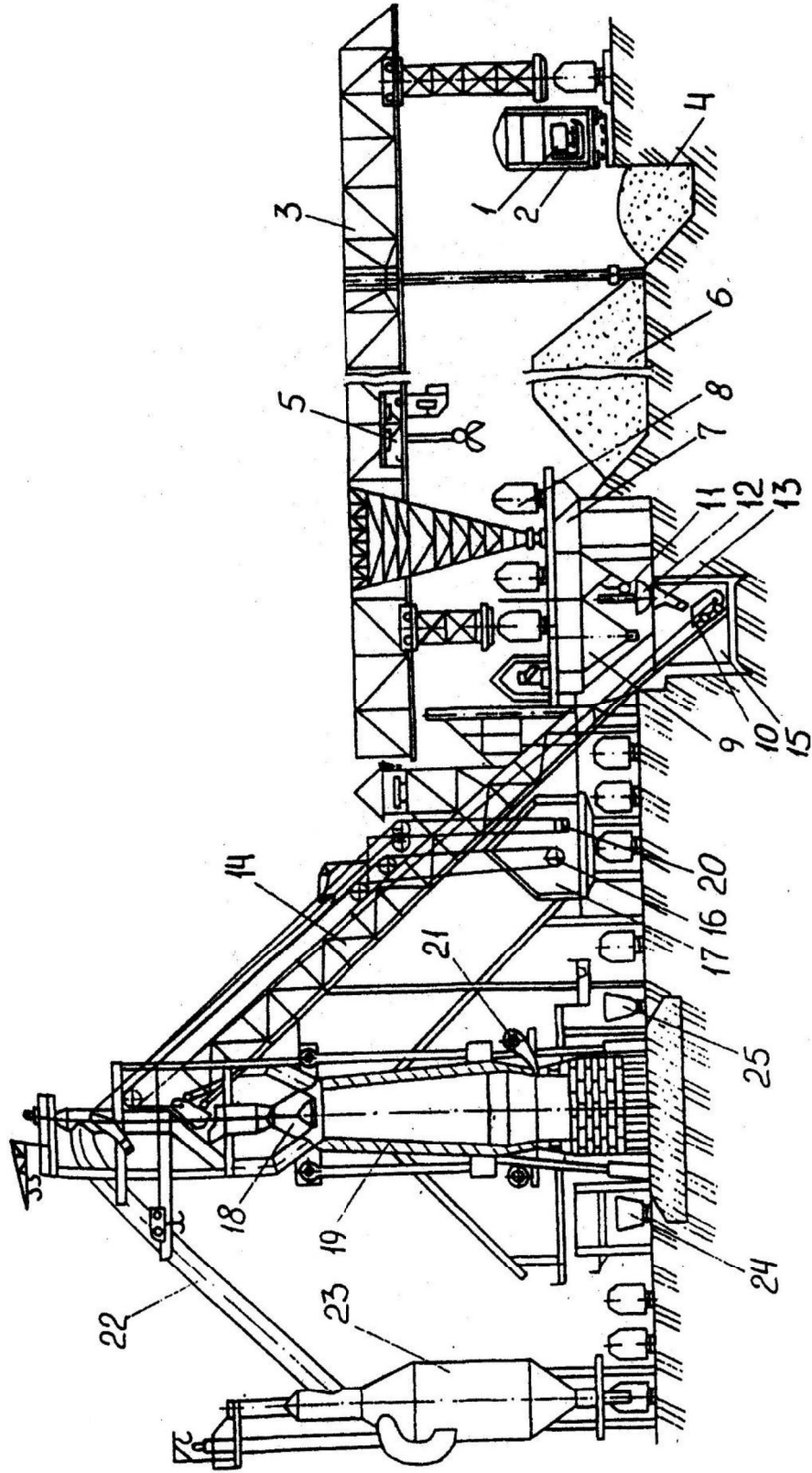


Рисунок 1.1 – Розріз доменної печі з рудним двором (позиції наведено в тексті)

На колошник доменної печі всі шихтові матеріали подають скіповим підйомником. На мосту 14 скіпового підйомника покладено два паралельні шляхи для переміщення двох скіпів. У крайніх положеннях один скіп перебуває в скіповій ямі 15, а другий – у верху, на розвантажувальних кривих моста. Для переміщення скіпів служить лебідка 16, розташована в машинному залі 17 доменної печі.

Зі скіпа матеріал вивантажують у прийомну вирву завантажувального пристрою 18, і він попадає в малий конус обертової вирви розподільника шихти. Після опускання малого конуса матеріал попадає на великий конус. Після вибору подачі (звичайно із чотирьох скіпів) опускають великий конус, і матеріал попадає в доменну піч 19. Маневрування конусами завантажувального пристрою через балансири й тяги здійснюються лебідкою 20.

Природний газ і інші види палива подаються у доменну піч 19 через фурмені прилади 21, розташовані по окружності печі. Доменний газ відводять через газовідводи 22 для очищення до пиловловлювача 23.

Рідкий чавун чавуновозними ковшами 24 подається на розливочну машину або в міксер. Шлаки зливають у чашу шлаковоза 25 і подають на установку для грануляції шлаків.

### 1.3 Характеристики механічного устаткування агломераційного цеху

Основні характеристики механічного обладнання доменного цеху наведено в таблиці 1.1.



Таблиця 1.1 – Перелік і характеристика механічного устаткування доменного цеху

№ п/п	Найменування устаткування	Тип	Кількість	Призначення	Основні показники			
					Продуктивність або вантажопідйомність, т	Загальна потужність двигуна, кВт	Габаритні розміри, м	Маса, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вагоно-перекидач	Баштовий	1	Розвантаження вагонів	150	2×125 2×75 4×75	52,25×11,23×18,9	592
2	Грейферний перевантажувач	Грагчастий	5	Переміщення шихтових матеріалів	30	8×11 8×36	76,2×26,5×18,4	–
3	Рудний перевантажувач	Вагон	1	Транспортування матеріалів	37	2 × 180 2 × 180	13,720 × 2,500 × 3,400	–
4	Скіповий підйомник	С – 10 – 1	1	Підйом шихтових матеріалів на колошник	22,5	2×260	69,80 × 2,795 × 2,850	85,6
5	Розподільник шихти	63-37-10	1	Рівномірний розподіл шихти по окружності колошника	10 м <sup>3</sup>	55	9,305 × 2,500 × 2,500	56,6
6	Засипний апарат	К21-000	1	Підтримка тиску й подачі матеріалів	58	180		76,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Зондовий апарат	Ланцюговий	2	Вимір рівня засипаної шихти	0,6	3,7	$1,438 \times 2,530 \times 1,310$	0,9
8	Машина закриття чавунної льотки	Гідравлічна	2	Забивання чавунної льотки	Зусилля 3800 кН	90	$5,05 \times 4,18 \times 1,935$	28,702
9	Машина розкриття льотки	Гідравлічна	2	Свердління льотк	Зусилля подачі 10 кН	90	$5,345 \times 3,150 \times 4,485$	19,086
10	Маніпулятор	Гідравлічний	1	Демонтаж і монтаж кришок	20 кН	90	–	20,35
11	Чавуновоз	Із грушоподібним ковшем	2	Перевезення розплавленого чавуну			$9 \times 5,8 \times 3,6$	140
12	Шлаковоз	Із зубчастим механізмом	1	Перевезення шлаків	16,5 м <sup>3</sup>	15	$7,8 \times 3,615 \times 3,35$	46,2
13	Розливочні машини	2-х стрічкові	2	Виливка чавунних чушок	204 т/год	28	–	202
14	Газовий пальник	ІЗТМ	4	Примусової подачі газу в камеру горіння	48000 м <sup>3</sup> /год	100	$5,350 \times 2,94 \times 3,100$	5,8
15	Газовий клапан	Ø 1100	8	Регулює витрату газу	Ø 1100	1,3	$2,54 \times 1,875 \times 0,89$	4,1
16	Клапан гарячого дуття	Ø 1100	8	Для відділення повітрянагрівача від магістралі	Ø 1100	2 × 6,4	$1,85 \times 5,1 \times 1,74$	5,1

#### 1.4 «Вузькі» місця технологічного процесу і шляхи їхнього усунення

Одним із основних «вузьких» місць доменного цеху є завантажувальний пристрій доменної печі. Монтаж конусів завантажувального пристрою дуже кропітка робота. Конуси дуже складно відбалансувати та забезпечити прилягання конуса до його чаші.

Відповідно до сучасних подань радикальним рішенням проблеми істотного підвищення стійкості й розширення технологічних можливостей агрегатів завантаження печей є встановлення безконусних завантажувальних пристроїв. При цьому газо-ущільнювальні елементи можуть виконувати у вигляді тарілчастих клапанів порівняно невеликого діаметра більш простих і зручних у виготовленні, монтажі й ремонті, ніж конусні затвори; повністю виключається контактування з потоком шихти шляхом установки над ними шихтових затворів.

У сполученні з більш сприятливими температурними умовами все це сприяє підвищенню герметичності й стійкості клапанів. Завдяки невеликим поперечним розмірам клапанів і затворів, шлюзування шихти можна здійснювати в декількох паралельно розташованих герметичних бункерах, що підвищує пропускну здатність пристрою й створює резервування клапанів – саме тих механізмів, стійкість яких, у першу чергу, могла б лімітувати їхній міжремонтний термін служби.

Можливість вибіркового завантаження дозволяє роздільно подавати в піч компонента шихти. Завдяки цьому обсяг бункерів шихтових трактів може бути істотно менше, ніж обсяг меж конусного простору в традиційному пристрої, що зокрема, скорочує кількість доменного газу, що викидає в атмосферу.

Також «вузьким місцем» у розливанні чавуну є наявність поворотних ринв. Недоліком цієї конструкції є розбризкування чавуну при перетинанні струменя стінкою ринви, що повертається. Даний недолік усувається установкою хитних ринв.

В зв'язку з тим, що оцінка будь-якого виробництва виконується шляхом обліку витрат на виробництво й втрат. Зменшити втрати чавуну при випуску з доменної печі можна досягти застосуванням гідрофікованого устаткування.

Застосування головних ринв ванн за рахунок поліпшення поділу чавуну й шлаків у ньому дозволяє знизити втрати чавуну зі шлаками до 0,1 - 0,2%.

Укриття головних і транспортних ринв кришками забезпечить у першу чергу зниження втрати температури чавуну перед зливом у міксер на 100... 200 °С, що дозволяє при виробництві сталі знизити витрату природного газу на 2 м<sup>3</sup>/т і питому витрату чавуну на 5 кг.

Також у процесі експлуатації встановлено, що руднорейферний перевантажувач трубного типу має певні недоліки в механізмі головного й допоміжного підйому, а також у механізмі пересування візка. Відомо, що в умовах постійного вантажопотоку надмірні витрати часу на ремонт спричиняють тривалі простої встаткування, які в даному виробництві неприпустимі

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Місце грейферного крану в технологічному процесі виплавки чавуну

Сучасний доменний цех рисунок 2.1 містить у собі кілька доменних печей 10, відділення прийомних бункерів 5 і коксовий силос 4, систему подачі шихти до завантажувального пристрою печі: скіпову яму 7, підйомник 8 з машинною будівлею 9, ливарний двір 13, повітрянагрівачі 17, повітряводну станцію 19, систему газоочищення 16, а також склад холодного чавуну, системи доменної грануляції шлаків, відділення готування вогнетривких мас і ремонту чавуновозних ковшів.

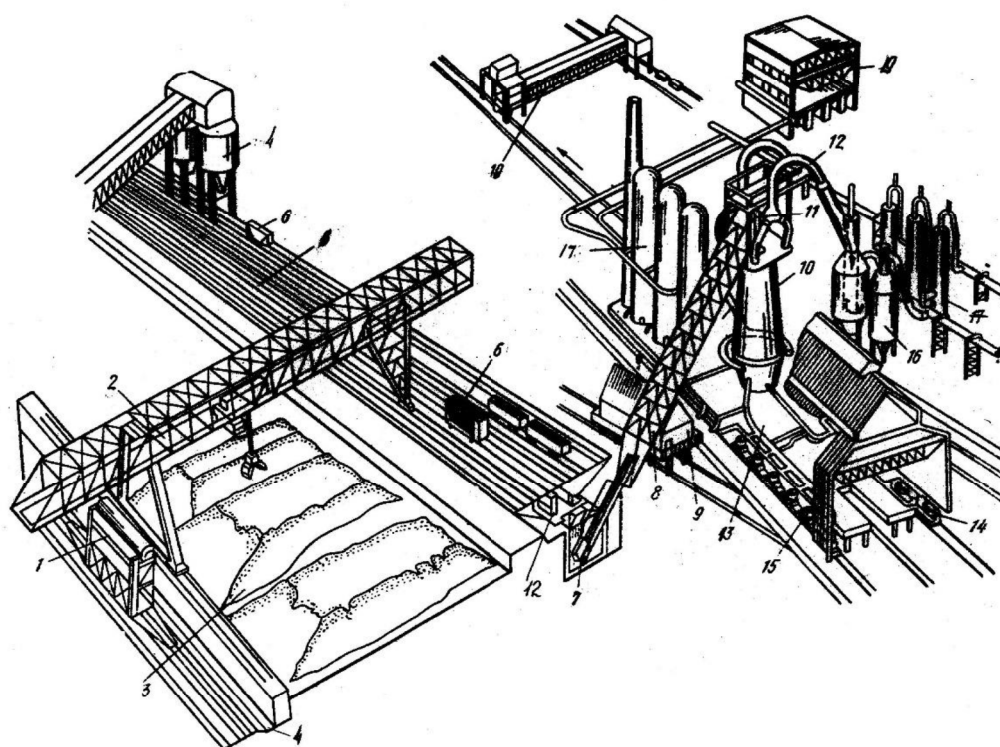


Рисунок 2.1 –Сучасний доменний цех (позиції наведено в тексті)

Доменний цех має склад шихтових матеріалів з вагоперекидачем 1 і перевантажувальним краном 2, який укладає матеріал у штабелі 3, бункерну естакаду з машинами періодичної дії – перевантажувальними вагонами 6 і вагон-вагами, скіпову систему завантаження матеріалу в піч 8. Ливарний двір 13 має



стаціонарні ринви для збирання чавуну й шлаків. Чавун розливають у чавуновозні ковші 14, а шлаки – у шлаковози 15. Чавун надходить на розливочну машину 18, а шлаки на установку грануляції шлаків.

Доменна піч рисунок 2.2 шахтного типу призначена для виплавки чавуну. Основними частинами її є: колошник 1, шахта 2, розпар – найбільш широка циліндрична частина печі 3, заплічка 4, горно 5, лещадь 6 і фундамент 7.

Через верхню циліндричну частину – колошник – завантажують шихтові матеріали в піч і відводять гази, що утворюються в ній. Нижче колошника розташована шахта конічної форми, у якій матеріали, нагріваючись і розширюючись в обсязі, безперешкодно опускаються вниз під впливом власної ваги. Розпар – найбільш широка циліндрична частина печі, з'єднує шахту із заплічками, ліквідує кут, у якому могли б затриматися шматки матеріалу. У заплічках печі відбувається утворення рідких продуктів плавки.

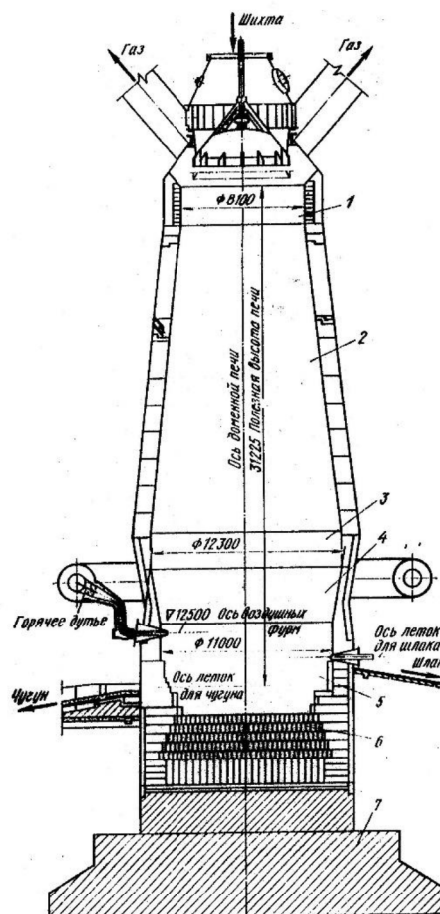


Рисунок 2.2 – Розріз доменної печі (позиції наведено в тексті)



Нижня частина печі, називана горном, ділиться на дві зони: верхню – фурмену, у якій розташовані фурми для вдмухування повітря й палива, і нижню – металопримальника, у яким накопичуються рідкий чавун і шлаки. Підставою або дном горна є лешадь.

Піч має цільнозварений кожух з листової сталі, зсередини футерований вогнетривкою кладкою, яка переходить унизу в кладку лешаді, що опирається на фундамент. Для запобігання від руйнування значна частина кладки прохолоджується металевими холодильниками, у яких циркулює вода. Кладка колошника, що зазнає впливу падаючих шматків матеріалу, захищена металевими плитами.

Над колошником печі встановлено завантажувальний пристрій для завантаження шихти й газовідводи для доменного газу. Нижче рівня чавунних льоток розміщений майданчик ливарного двору з машинами для відкривання й забивання чавунних і жужільних льоток.

Устаткування, що обслуговує доменну піч, ділять на: устаткування подачі шихтових матеріалів, устаткування ливарного двору, устаткування для подачі дуття в доменну піч і устаткування для газоочищення доменної печі.

Подача шихтових матеріалів здійснюється машинами періодичної дії. З огрудкувальних фабрик поїзд вагонів з агломератом, окатишами, рудою й іншими матеріалами доставляють на рейковий шлях 4 бункерної естакади (рис. 2.3).

Вагони 6 розвантажують матеріали в бункери 5, розташовані у два ряди. У випадку подачі матеріалів з рудного двору рудний перевантажувальний вагон 8 переміщається по шляху 3, завантажується матеріалами перевантажувальним грейферним краном і розвозить їх по рудних бункерах 5. Консольний шлях 4 служить для розвантаження матеріалів із саморозвантажних вагонів 17 на склад шихтових матеріалів – рудний двір.

Під бункерами естакади розташований рейковий шлях для вагон-вагів 9, які набирають матеріал з бункерів 5, транспортують до осі підйомника й через

напрямні вирви 10 завантажують по черзі в скіпи 11. Рудні вагони оснащені бункерами з розвантаженням матеріалів в обидва боки.

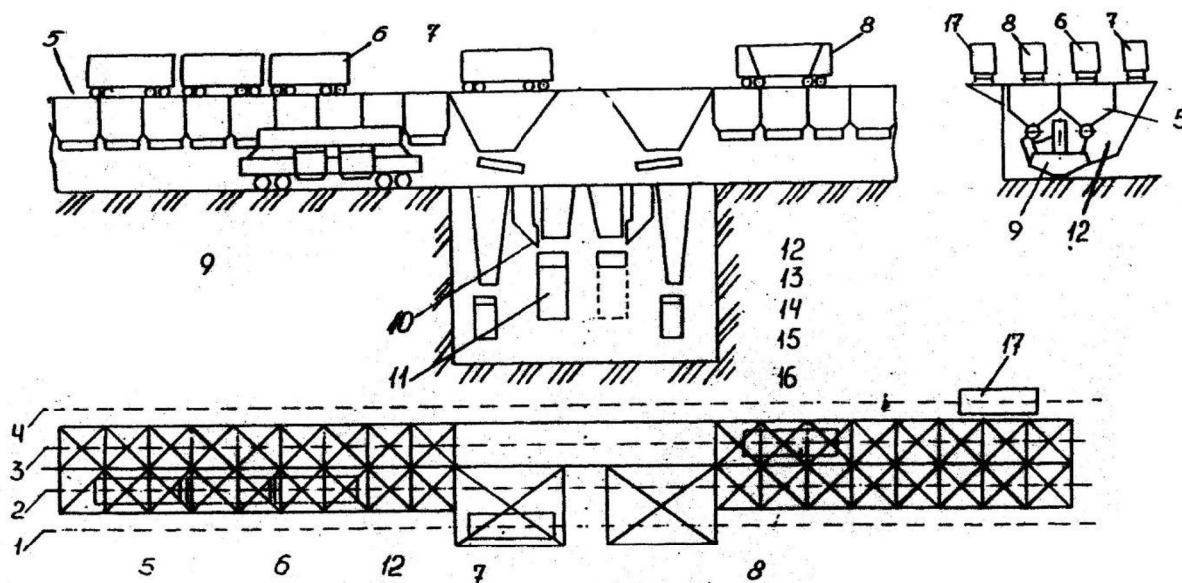


Рисунок 2.3 – Схема подачі шихтових матеріалів до скіпового підйомника (позиції наведено в тексті)

Коксовий силос встановлюють у торці бункерної естакади. Кокс подають у бункери силосу системою конвеєрів з коксохімічного заводу. При подачі коксу з коксового силосу до скіпового підйомника також використовують перевантажувальні вагони 7, які переміщуються по рейковому шляху 1 бункерної естакади й установлюються над коксовими бункерами 12 для завантаження.

З бункерів 12 кокс подається на гуркіт живильника 13. Дрібну фракцію збирають у бункер коксового дріб'язку 15 із затвором і скіпом 16 підйомника коксовому дріб'язку транспортують у верхні бункери коксового дріб'язку.

Велика фракція коксу надходить у вагову вирву 14 коксу й далі через затвор у скіп 11 скіпового підйомника.

На ливарному дворі перебувають ринви для випуску чавуну й шлаків. Ринви оснащені хитними ринвами, по яких чавун і шлаки з псчі надходить у ковші чавуновозів і шлаковозів.

У безпосередній близькості від льотки розташоване устаткування, що обслуговує льотку печі. До такого устаткування відносять пушку для забивання льотки та машину для розкриття чавунної льотки й маніпулятор відкриття кришок ринв.

На рисунку 2.4 показаний комплекс гідрофіцірованого устаткування, що складається з маніпулятора 1 підйому кришок ринв та машини розкриття чавунної льотки 2 розташованих по обидві сторони головних ринв. Пневмогідравлічна машина розкриття льотки – буравлення льотки перфратором ударно-обертальної дії із застосуванням коронки дозволяє розкривати льотки з високоміцної льоточної маси й одержати калібрований канал льотки. При такому каналі не відбувається розбризкування струменя, що зменшує перемішування чавуну й шлаків у головній ринві й знижує втрати чавуну зі шлаками.

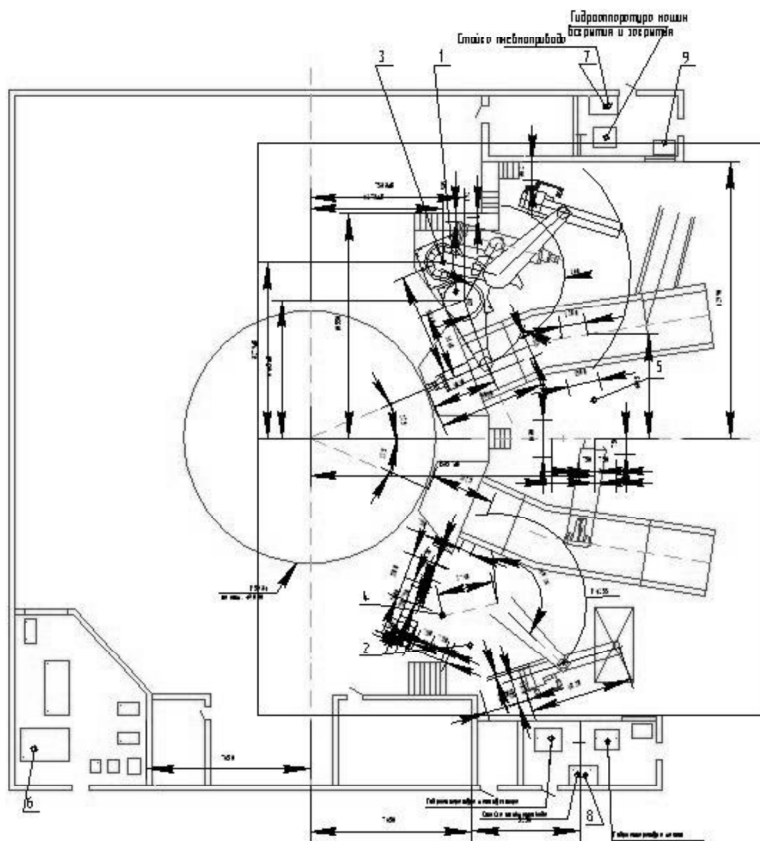


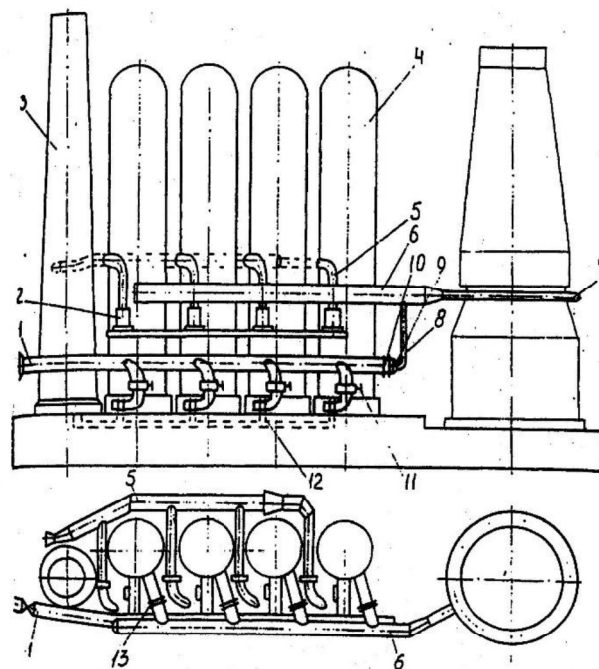
Рисунок 2.4 – Комплекс гідрофіцірованого устаткування (позиції наведено в тексті)



Гідравлічні машини закриття льотки 3, що мають малі габарити дозволяють розмістити машини розкриття й закриття по одну сторону головної ринви. Машина не має механізму притиску (притиск здійснюється механізмом повороту), завдяки чому звільняється простір у районі льотки, не потрібна водоохолоджуєма балка із зацепом для гачка механізму притиску, для електромеханічних машин закриття.

Витрати на експлуатацію машин з гідроприводом становлять 10... 15 % від витрат на експлуатацію машин з електромеханічним приводом.

На рисунку 2.5 показана схема комплексу повітрянагрівальних споруджень доменної печі, основними елементами комплексу є: блок повітрянагрівачів, що полягають із чотирьох апаратів для нагрівання повітря, система газу- і повітропроводів з устаткуванням для керування роботою повітрянагрівачів і подачі гарячого дуття в доменну піч.



1 – повітряпровід холодного дуття, 2 – газовий пальник, 3 – димова труба,  
4 – повітрянагрівач, 5 – газопровід чистого газу, 6 – повітряпровід гарячого дуття,  
7 – кільцева труба, 8 – змішувальний повітряпровід, 9 – запобіжний клапан,  
10 – змішувальний клапан, 11 – клапан холодного дуття, 12 – димовий боров, 13 – клапан  
горячого дуття.

Рисунок 2.5 – Схема комплексу повітрянагрівальних споруджень доменної печі

Ця система складається із трьох відмінних одна від одної по своєму призначенню й пристрою частин: нагрівального тракту, тракту холодного дуття й тракту гарячого дуття. Цими трактами повітрянагрівачі з'єднані між собою, а також з газовою мережею, атмосферою, повітродувними машинами й доменною піччю.

Для транспортування газу і його очищення в доменній печі споруджують систему газовідводів і очисних пристроїв рисунок 2.6.

Газ піддають послідовно грубому, напівтонкому й тонкому очищенню. При грубому очищенні пил осаджується в результаті збільшення обсягу газу й зниження його швидкості, коли газ переходить із меншого перетину в більший. Це відбувається в пилоуловлювачах 2 з радіальним підведенням газу. У цих пилоуловлювачах осаджується до 80% усього пилу й зміст пилу зменшується до  $1 - 2 \text{ г/м}^3$ .

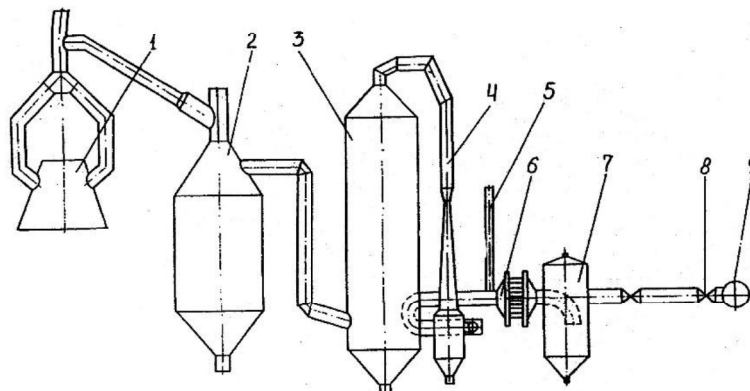


Рисунок 2.6 – Система газовідводів і очисних пристроїв доменної печі  
(позиції наведено в тексті)

Напівтонке очищення газу здійснюють в, так званих, скруберах 3. У скрубери в результаті збільшення обсягу швидкість газу різко знижується й, крім того, у нього вприскують воду. Великі частки осідають у воді, а газ із дрібними частками пилу піднімається нагору. Пил у скруберах захоплюється водою й виноситься з них разом з нею.

Тонке очищення газу здійснюють у трубах-розпилювачах 4, а також у дросельних пристроях 6. У пережим труби, де швидкість газу збільшується в 2 – 3 рази, через форсунки перпендикулярно руху газу подається під високим тиском

вода. Турбулентний рух газу водяний туман, що й утворюється, створює сприятливі умови для зволоження пилу, який осаджується на виході із труби й видаляється у вигляді шламу.

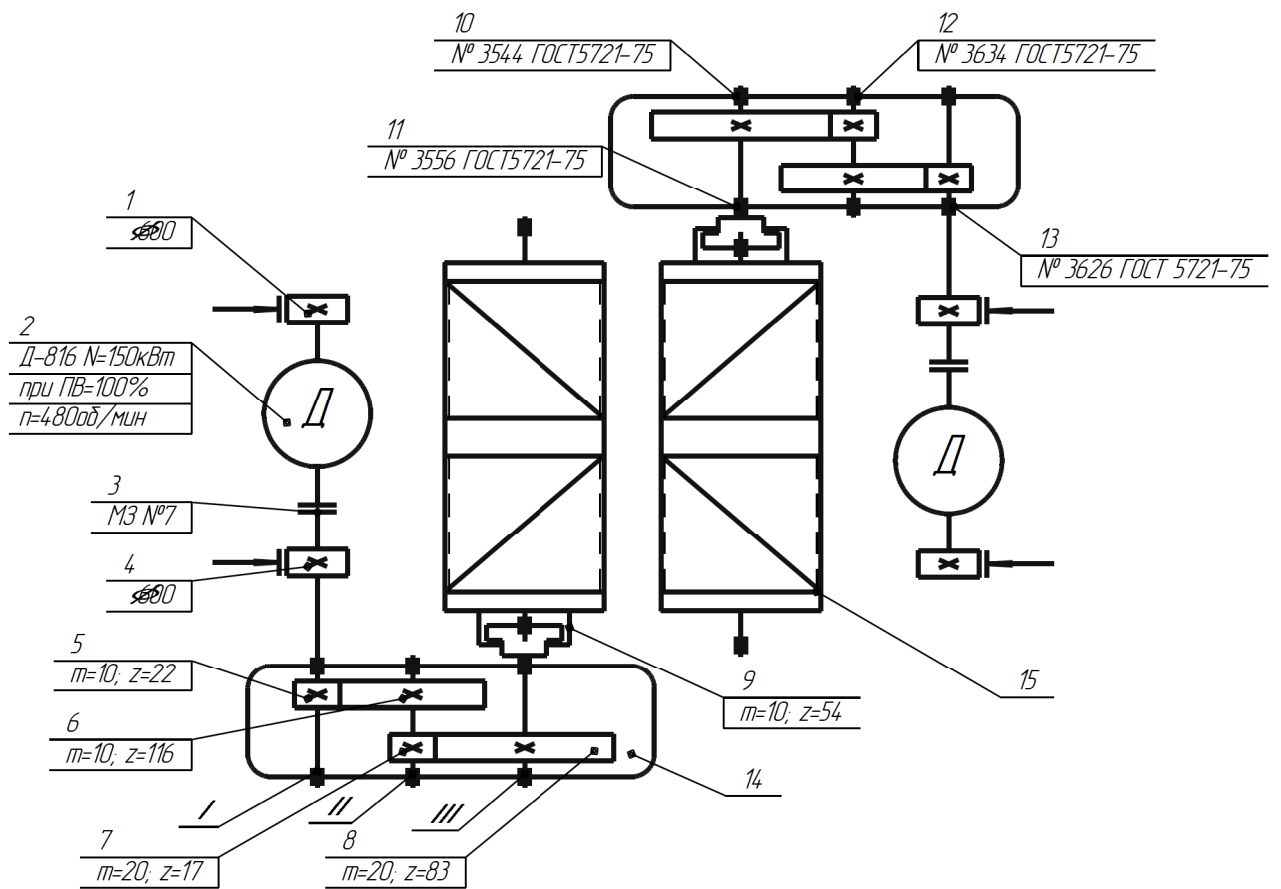
Після труб-розпилувачів встановлюють дросельний пристрій 6, основним призначенням якого є створення підвищеного тиску газів у робочому просторі доменної печі. У дросельному пристрої здійснюється й очищення газу, що досягається рясним зрошенням водою струменя газу в місці пережиму. Розглянутий вище пристрій здійснює очищення газу до вмісту в ньому пилу близько  $0,002 \text{ г/м}^3$ .

## 2.2 Огляд та аналіз конструкцій усереднюючих машин відкритих складів шихтозаготовлення

Найпоширенішими усереднюючими машинами для відкритих складів сировини й шихти є рудногрейферні перевантажувачі. Вони представляють собою грейферний кран козлового типу (рис.2.7) з довгим мостом по якому пересувається грейферний візок. Усереднювачі такого типу є універсальними машинами пристосованими як для формування штабеля усереднюємого матеріалу, так і для розробки цього штабеля й відвантаження усередненого матеріалу для наступної переробки. Усереднення досягається пошаровим укладанням матеріалу в штабель при повільному розкритті грейфера й одночасному швидкому пересуванні грейферного візка уздовж моста поперек складу. Усереднений матеріал відбирається поперек штабеля врозріз похилими шарами. Подається матеріал у прийомну траншею за допомогою вагоноперекидача, руда, концентрат, кокс, торф, вапно подається в проміжну траншею. Для закладання штабеля матеріал береться із траншеї вагоноперекидача й проміжної траншеї. Так само рудногрейферними перевантажувачами вантажаться флюси на рудні тічки аглофабрики кокс й окатиши в бункери через прийомну вирву (установлену на короткій опорі крана)



у коксовий трансферкар. а відтіля безпосередньо в бункери для наступного відвантаження у вагон-ваги й на скіповий підйомник.



1 - гальмо ТКП-600; 2 - електродвигун; 3 - зубчаста муфта; 4 – гальмо ТКП-600; 5 - вал-шестірня першого вузла редуктора; 6 - зубчасте колесо другого вузла редуктора; 7 - вал-шестірня другого вузла редуктора; 8 - зубчасте колесо третього вузла редуктора; 9 - обойма зубчаста; 10 - підшипник третього вузла редуктора; 11 - підшипник третього вузла редуктора; 12 - підшипник другого вузла редуктора; 13 - підшипник першого вузла редуктора; 14 - редуктор; 15 - барабан

Рисунок 2.7 – Кінематична схема механізму головного й допоміжного підйому грейфера

В таблицях 2.1-2.4 наведено основні технічні характеристики механізмів рудногрейферного перевантажувача.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика монтажно – ремонтного устаткування

Кран ручний	
Тип талі	таль пересувна черв'ячна 3,2 ДСТУ 1106 – 74
Вантажопідйомність, т	3,2
Висота підйому, м	3
Підкранова колія	двотавр №22 ДСТУ 8239 – 72
Кран – укосина	
Тип талі	Електродвигун ТЕ 500 – 961 – 20 – 01
Вантажопідйомність, т	5
Швидкість підйому, м/с	0,13 (8 м/хв)
Швидкість пересування, м/с	0,33 (20 м/хв)
Швидкість повороту, об/хв	1
Кут повороту, град.	170
Висота підйому, м	36
Група режиму роботи	4М
Рід струму й напруга, В	змінний, 380
Живлення струмом	від гнучкого токопроводу
Підкранова колія	двотавр №36 ДСТУ 19425 – 74
Талі	
тип талі	електроталь ТЕ1015А
Вантажопідйомність, т	2· 10
Швидкість підйому, м/с	0,13 (8 м/хв)
Швидкість пересування, м/с	0,33 (20 м/хв)
Висота підйому, м	36
Група режиму роботи	4М
Рід струму й напруга, В	змінний, 380
Живлення струмом	від гнучкого токопроводу

Підкранова колія	двотавр №50 ДСТУ 8239 – 72
------------------	----------------------------

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика механізму підйому грейфера

Вантажопідйомність,т		32	
Швидкість підйому,м/с		1,08	
Висота підйому,м		35	
Група режиму роботи		6М	
Рід струму й напруга,В		постійний, 220	
Канат	число галузей каната	підйом	2
		закриття	2
	зусилля каната,кгс		8000
	діаметр каната,мм		33
	конструкція каната		33-Г-В-Н-1764(180) ДСТУ 3079 – 80
	довжина каната,м	підйом	52,5· 2
закриття		151	
Діаметр барабана,мм		1100	
Зуб- чатая пере- дача	тип зубчастої передачі		редуктор циліндричний двоступінч.
	передаточне число		25,72
	повне передаточне число		25,72
Елект- родвигун	тип		Д817 ДСТУ 184 – 71
	кількість		1
	потужність, кВт		220
	число обертів у хвилину		480
Гальмо	тип		ТКП – 600В2
	кількість		4
	діаметр шківа, мм		600
	тип електромагніта		котушка паралельного порушення
	коэф. запасу гальмування		2,5
	розрахунковий торм.момент,кгс· м		475
Кінцеві вимикачі		КУ – 703А 112	
Центро- бежний вентилятор	тип		Ц – 14 – 46№3,15
	продуктивність, м <sup>3</sup> /год.		3500
	тиск, кг/м <sup>2</sup>		90
	обертання		ліве
	кількість		1
Електро- двигун вентиля- тора	тип		4А80ВЧ
	рід струму й напруга, В		380
	потужність, кВт		1,5
	число обертів у хвилину		1500
	кількість		1

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика механізму пересування грейферного візка і моста перевантажувача

		механ. руху. візка		механ. руху перегруз.
Проліт, м		–		76,2
Швидкість пересування, м/с		3,66 (220 м/хв)		0,45 (26,8 м/хв)
Група режиму роботи		6М		4М
Рід струму й напруги, В		постійний, 220		змінний, 380
Коля, мм		3450		760
База, мм		5000		20000
Хід буфера, мм		425		–
Число ходових коліс		4		32
Діаметр ходових коліс, мм		950		900
Тип рейки		КР–80		КР–120
Найбільший тиск ходових коліс, кг		P <sub>3</sub> =28730; P <sub>4</sub> =28650		–
		P <sub>1</sub> =32100; P <sub>2</sub> =33010;		–
букса	підшипники	№3003752		№3544 ДСТУ 5721 – 75
	діаметр цапфи, мм	260		220
Зубчаста передача	тип передачі	одност. зачіп. Новикова		редукт. верт. нависной
	передат. число	7,38		4,82; 5,19; 2,95
	полн. пер. число	7,38		73,8
Електро- двигун	тип	Д810 В2 ДСТУ 184 – 71		МТ 411 – 8В1
	кількість	4		8
	потужність, кВт	55		15 при 4М
	число об/хв	540		710 при 4М
Гальмо	тип	ТКП – 400 В2		ТКП – 300 В2
	кількість	4		8
	діаметр шківів, мм	400		300
	шлях гальмування, м	–		–
	расч.торм.момент, кгс· м	140		50
	тип електромагніта	котушка парал. возбужд.		МП – 301
Кінцеві вимикачі		КУ701А В2		КУ701А В2
Центро- бежний вентилятор	тип	ЦЧ – 46 – №2,5		–
	продуктив. м <sup>3</sup> /год.	1500		–
	тиск кг/м <sup>2</sup>	60		–
	обертання	праве	ліве	–
	кількість	2	2	–

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика рейкових захватів

Робочий хід клина, мм		300
Швидкість підйому клина, м/с		0,2
Швидкість опускання клина, м/с		0,06
Рід струму й напруга, В		постійний 220
Зубчаста передача	тип	редуктор РЦД–350–40–4.В2
	передат. число	40
Електродвигун	тип	Д21 В2 ДСТУ 184 – 71
	Потуж., кВт	4,5
	число обертів	900
Гальмо	Коротко-ходове колодкове зворотної дії	
Кінцевий вимикач		КУ703А В2

### 2.3 Опис та обґрунтування модернізації руднорейферного перевантажувача

У процесі експлуатації встановлено, що руднорейферний перевантажувач трубного типу має певні недоліки в механізмі головного й допоміжного підйому, а також у механізмі пересування візка. Відомо, що в умовах постійного вантажопотоку надмірні витрати часу на ремонт спричиняють тривалі простой устаткування, які в даному виробництві неприпустимі. Так у механізмі підйому, з'єднання вала електродвигуна з валом-шестернею першого вузла редуктора відбувається через зубчасту муфту №7. Одна половина якої напресована на вал двигуна, а інша відповідно на вал-шестерню. У результаті природного зношування зубів (приблизно раз в півроку) муфта потребує заміни. Технологія заміни даної муфти ділиться на наступні етапи.

Грейферний візок виставляється на середину моста, грейфер опускається на штабель (щоб зняти навантаження з механізму підйому), затягується гальмо ТКП-600 (установлене біля редуктора, гальмовий шків якого насаджений на вал-



шестерню першого вузла). Розпускається гальмо ТКП-600 установлене біля електродвигуна. Розбирається муфта, таким чином від'єднується електродвигун від редуктора. Потім електродвигун розвертається по горизонталі на  $40-70^{\circ}$  від осі першого вузла редуктора. Після пророблених підготовчих операцій виконується заміна половини муфти або обох половин відразу (залежно від зношування зубів, для відповідальних деталей допускається 10-15%). Зношені зубчасті втулки спресовують, підігріваючи газовим пальником, потім вал самовільно охолоджується (без примусового охолодження). На остиглий вал напресовують нову (попередньо нагріту зубчасту втулку). Виконується збирання механізму в порядку зворотному розбиранню. Таким чином заміна муфти займає 4-4,5 години. Тому пропонується встановити проміжні вали, заміна яких займе до 1,5 години без застосування газового пальника й із залученням меншого числа ремонтного персоналу.

У механізмі пересування візка (вузол ходового колеса) виробником установлено підшипник №3003752, що у процесі досить тяжких умов експлуатації часто виходить із ладу.

В умові постійного вантажопотоку надмірні витрати часу на ремонт спричиняють тривалі простой встаткування, які в даному виробництві неприпустимі. Тому, на підставі всього перерахованого вище пропонується внести зміни в механізм головного й допоміжного підйому, а саме зробити заміну зубчастої муфти, з'єднуючої електродвигун з валом-шестірнею першого вузла редуктора на проміжний вал, а також виконати заміну підшипника механізму пересування візка на більш надійний.

Для виконання запропонованої модернізації необхідно виконати розрахунок механізму підйому й розрахунок проміжного вала за умови міцності й твердості, а також розрахунок привода візка.

## 2.4 Розрахунок механізмів рудногрейферного перевантажувача

### 2.4.1 Вибір електродвигуна привода механізму пересування візка рудногрейферного перевантажувача

Вихідні дані для розрахунку:

- швидкість пересування візка,  $V=3,66\text{м/с}$ ;
- діаметр цапфи,  $d_{ц}=260\text{мм}$ ;
- маса навантаженого візка,  $m_T=122210\text{кг}$ ;
- потужність електродвигуна,  $P_d=55\text{кВт}$ ;
- число обертів,  $n_d=540\text{ об/хв}$ ;
- повне передаточне число редуктора,  $U=7,38$ ;
- діаметр ходового колеса,  $D=950\text{мм}$ ;
- тип рейки, КР - 80;
- тип гальма, ТКП - 400.

Кінематичну схему механізму пересування візка до розрахунку електродвигуна наведено на рисунку 2.8.

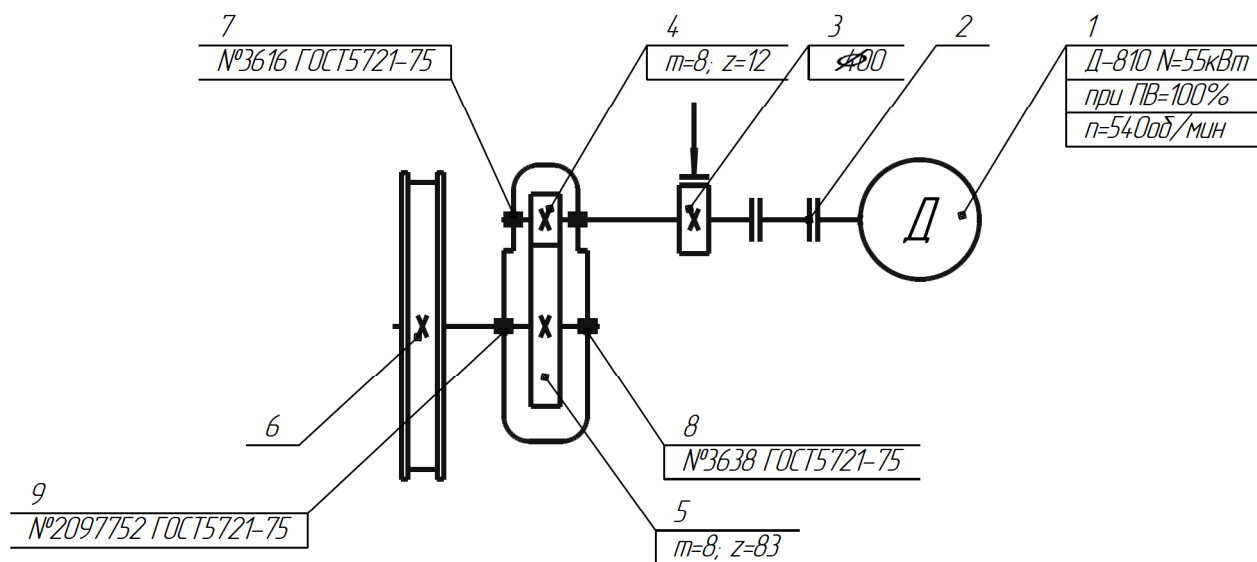
Для визначення потужності електродвигуна необхідно знати загальний опір пересування візка від статичних навантажень, що визначається по формулі (2.1)

$$W_{\text{пер}} = W_{\text{тр}} + W_{\text{ухл}} + W_{\text{в}}, \text{Н} \quad (2.1)$$

де  $W_{\text{тр}}$  – опір від тертя;

$W_{\text{ухл}}$  – опір від ухилу шляху;

$W_{\text{в}}$  – опір від вітрового навантаження.



1 - електродвигун; 2 - проміжний вал; 3 - гальмо ТКП - 400; 4 - вал-шестерня першого вузла редуктора; 5 - другий вузол редуктора; 6 - ходове колесо; 7 - підшипник першого вузла редуктора; 8 - підшипник другого вузла редуктора (зовнішній); 9 - підшипник другого вузла редуктора (внутрішній)

Рисунок 2.8 – Кінематична схема механізму пересування візка

Визначимо опір від тертя по формулі (2.2)

$$W_{\text{пр}} = m_{\text{т}} \times g \frac{f \times d_{\text{ц}} + 2 \times \mu}{D_{\text{к}}} \times \beta, \text{Н} \quad (2.2)$$

де  $m_{\text{т}}=122210$  кг – повна маса навантаженого візка;

$g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$f=0,015$  – коефіцієнт тертя в опорах колеса [1, стор.33];

$d_{\text{ц}}=260$  мм – діаметр цапфи;

$\mu=0,0012$  – коефіцієнт тертя кочення колеса по рейці з опуклою головкою [1, табл.1.28];

$D_{\text{к}}=950$  мм – діаметр ходового колеса;

$\beta =2,5$  – коефіцієнт, що враховує тертя реборд об рейку [1, стор.33].

Підставивши числові значення у формулу (2.2) одержимо

$$W_{\text{пр}} = 122210 \times 9,81 \frac{0,015 \times 260 + 2 \times 0,0012}{950} \times 2,5 = 12311,87 \text{Н}$$

Визначимо опір від ухилу шляху по формулі (2.3)

$$W_{\text{укл}} = m_{\text{т}} \times g \times \sin \alpha, \text{Н} \quad (2.3)$$

де  $m_{\text{т}}=122210$  кг – повна маса навантаженого візка;

$g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$\sin \alpha = \text{tg} \alpha = 0,003$  – ухил шляху [1, табл. 2.10].

Підставивши числові значення у формулу (2.3) одержимо

$$W_{\text{укл}} = 122210 \times 9,81 \times 0,003 = 3596,64 \text{Н}$$

Визначимо опір від вітрового навантаження

Вітрове навантаження на кран визначають за ДСТ 1451 - 77. Розрізняють вітрове навантаження на кран у неробочому й робочому станах. Вітрове навантаження в неробочому стані повинне враховуватися при розрахунку металевих конструкцій, механізмів повороту, пересування, зміни вильоту стріли, осей і валів ходових коліс, пристроїв проти угону й власної стійкості крана. Вітрове навантаження на кран у робочому стані повинне бути враховане при розрахунку металевих конструкцій і механізмів, гальм, при визначенні потужності двигунів, власної й вантажної стійкості.

Вітрове навантаження на кран визначається як сума статичних і динамічних складових. Статична складова, що відповідає сталій швидкості вітру, повинна бути врахована у всіх випадках. Динамічна складова, викликана пульсацією швидкості вітру, враховується тільки при розрахунку на міцність металевих конструкцій і при перевірці стійкості кранів проти перекидання. Відповідно опір



від вітрового навантаження при пересуванні візка буде дорівнювати тільки статичній складовій навантаження тобто  $W_B = F$ .

Визначимо статичну складову вітрового навантаження по формулі (2.4)

$$F = q \times A \times g, \text{ Н} \quad (2.4)$$

де  $q=25 \text{ кг/м}^2$  – швидкісний напір вітру на висоті понад 10 м при робочому стані перевантажувача;

$A=57,22 \text{ м}^2$  – габаритна площа візка з грейфером;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння.

Підставивши числові значення у формулу (2.4) одержимо

$$F = 25 \times 57,22 \times 9,81 = 14034 \text{ Н}$$

Підставивши числові значення у формулу (2.1) одержимо

$$W_{\text{пер}} = 12311,87 + 3596,64 + 14034 = 29942,5 \text{ Н}$$

Визначимо статичну потужність двигуна, необхідну для приведення в дію привода механізму пересування візка по формулі (2.5)

$$P_{\text{ст}} = \frac{W \times V}{1000 \times \eta}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

де  $W_{\text{пер}}=29942,5 \text{ Н}$  – загальний опір пересуванню візка;

$V=3,66 \text{ м/с}$  – швидкість пересування візка;

$\eta=0,8$  – ККД механізму пересування візка [1, табл.1.18].

Підставивши числові значення у формулу (2.5) одержимо

$$P_{ст} = \frac{29942,5 \times 3,66}{1000 \times 0,8} = 136,99 \text{ кВт}$$

Приймаємо статичну потужність одного електродвигуна з розрахунку можливого пересування візка на трьох приводах по формулі (2.6)

$$P_n = \frac{P_{ст}}{3}, (\text{кВт}) \quad (2.6)$$

де  $P_{ст}=136,99$  кВт – статична потужність необхідна для пересування візка з навантаженим грейфером.

Підставивши числові значення у формулу (2.6) одержимо

$$P_n = \frac{136,99}{3} = 45,66 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун [1,табл. III.3.5] Д810В2 ДСТУ 184-71.  
Потужність  $P_d=55$  кВт, число обертів –  $540 \text{ хв}^{-1}$ .

#### 2.4.2 Розрахунок вузла ходових коліс механізму пересування візка рудногрейферного перевантажувача

Вихідні дані для розрахунку:

- потужність електродвигуна,  $P_d=55$  кВт;
- число обертів,  $n=540 \text{ хв}^{-1}$ ;
- швидкість пересування візка,  $V=3,66 \text{ м/с}$ ;
- повне передаточне число редуктора,  $U=7,38$ ;
- діаметр цапфи,  $d_{ц}=260 \text{ мм}$ ;
- діаметр ходового колеса,  $D=950 \text{ мм}$ ;
- діаметр ходового колеса по ребордах,  $D_1=1030 \text{ мм}$ ;

- тип рейки, КР - 80;
- тип гальма, ТКП - 400.

Визначимо навантаження на одне колесо візка по формулі:

$$F = \frac{m_T \times g}{Z_k}, \text{Н} \quad (2.7)$$

де  $m_T=122210$  кг – повна маса навантаженого візка;

$g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$Z_k=4$  – кількість ходових коліс на візку.

Підставивши числові значення у формулу (2.7) одержимо

$$F = \frac{122210 \times 9,81}{4} = 299720 \text{Н}$$

Визначимо розрахункове навантаження на одне колесо по формулі (2.8)

$$F_p = k_1 \times \gamma_1 \times F, \text{Н} \quad (2.8)$$

де  $k_1=1,6$  – коефіцієнт режиму роботи [5,табл. 34];

$\gamma_1=0,98$  – коефіцієнт, що враховує змінність навантаження [5,табл. 34];

$F=299720$  Н – навантаження на одне ходове колесо візка.

Підставивши числові значення у формулу (2.8) одержимо

$$F_p = 1,6 \times 0,98 \times 299720 = 469960,96 \text{Н}$$

Визначимо напруження зминання по формулі (2.9)

$$\sigma_{\text{см}} = m \times \sqrt[3]{\frac{F_p \times E_{\text{пр}}^2}{R_{\text{MAX}}^2}}, \text{МПа} \quad (2.9)$$

де  $m=0,4$  – коефіцієнт, що залежить від відношення найменшого радіуса до найбільшого з радіусів головки рейки й колеса [5,табл.35];

$F_p=469960,96$  Н – розрахункове навантаження на одне ходове колесо;

$E_{\text{пр}}=206 \times 10^3$  МПа – наведений модуль пружності для сталевго колеса сталевї рейки [5,стор.117];

$R_{\text{max}}=500$  мм – найбільший із двох радіусів (колеса або рейки) контактуючих поверхонь.

Підставивши числові значення у формулу (2.9) одержимо

$$\sigma_{\text{см}} = 0,4 \times \sqrt[3]{\frac{469960,96 \times (206 \times 10^3)^2}{500^2}} = 1721,92 \text{Н}$$

Порівнюємо отриманий результат із припустимим [5,прил.LXXI]. При матеріалі колеса сталь 75 НВ 300...400 МПа й з урахуванням точкового торкання ходового колеса з рейкою припустиме напруження буде дорівнювати:

$$\sigma_{\text{зм}}=1721,92 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{зм}}]=2158,2 \text{ МПа}$$

Визначимо еквівалентне навантаження по формулі (2.10)

$$F_E = \sqrt[3]{F_1^3 \times \Delta_1 + F_2^3 \times \Delta_2 + F_3^3 \times \Delta_3}, \text{Н} \quad (2.10)$$

де  $F_1, F_2, F_3$  – навантаження, що відповідають часу їхньої дії  $L_1, L_2, L_3$  за весь термін служби підшипника  $L_h$ ;

$\Delta_1=0,2; \Delta_2=0,5; \Delta_3=0,3$  – відношення тривалості дії навантаження за часом на загальний термін служби підшипника[2,рис.П5].



Визначимо навантаження відповідного часу їхньої дії для підшипника

Для першого періоду роботи підшипника по формулі:

$$F_1 = k_1 \times F_p, \text{Н} \quad (2.11)$$

де  $k_1=0,2$  – коефіцієнт навантаження механізму відповідно часу його роботи за перший період, відповідно до типового графіка завантаження механізму при досить тяжких умовах роботи [2,рис.П5];

$F_p=469960,96\text{Н}$  – розрахункове навантаження на одне ходове колесо.

Підставивши числові значення у формулу (2.11) одержимо:

$$F_1 = 0,2 \times 469960,96 = 93992,2\text{Н}$$

Для другого періоду роботи підшипника по формулі (2.12)

$$F_2 = k_2 \times F_p, \text{Н} \quad (2.12)$$

де  $k_2=0,7$  – коефіцієнт навантаження механізму відповідно часу його роботи за другий період, відповідно до типового графіка завантаження механізму при досить тяжких умовах роботи [2,рис.П5];

$F_p=469960,96\text{ Н}$  – розрахункове навантаження на одне ходове колесо.

Підставивши числові значення у формулу (2.12) одержимо

$$F_2 = 0,7 \times 469960,96 = 328972,7\text{Н}$$

Для третього періоду роботи підшипника по формулі (2.13)

$$F_3 = k_3 \times F_p, \text{Н} \quad (2.13)$$

де  $k_3=1$  – коефіцієнт навантаження механізму відповідно часу його роботи за третій період, відповідно до типового графіка завантаження механізму при досить тяжких умовах роботи [2,рис.П5];

$F_p=469960,96$  Н – розрахункове навантаження на одне ходове колесо.

Підставивши числові значення у формулу (2.13) одержимо

$$F_3 = 1 \times 469960,96 = 469960,96 \text{ Н}$$

Підставивши числові значення у формулу (2.10) одержимо

$$F_E = \sqrt[3]{93992,2^3 \times 0,2 + 328972,7^3 \times 0,5 + 469960,96^3 \times 0,3} = 366195,3 \text{ Н}$$

Визначимо наведене навантаження по формулі (2.14)

$$F = X \times V \times F_E \times K_B \times K_T, \text{ Н} \quad (2.14)$$

де  $X=1$  – коефіцієнт радіального навантаження;

$V=1$  – кінематичний коефіцієнт обертання підшипника (при обертанні зовнішнього кільця підшипника);

$F_E=366195,3$  Н – еквівалентне навантаження;

$K_B=1,5$  – коефіцієнт безпеки [6, табл. 19];

$K_T=1$  – температурний коефіцієнт(при температурі  $t \leq 105^\circ\text{C}$ ).

Підставивши числові значення у формулу (2.14) одержимо

$$F = 1 \times 1 \times 366195,3 \times 1,5 \times 1 = 549292,95 \text{ Н}$$

Визначимо частоту обертання ходових коліс по формулі (2.15)

$$n_k = \frac{60 \times 10^3 \times V}{\pi \times D}, \text{хв}^{-1} \quad (2.15)$$

де  $V=3,66$  м/с – швидкість пересування візка;

$D=950$  мм – діаметр ходового колеса.

Підставивши числові значення у формулу (2.15) одержимо

$$n_k = \frac{60 \times 10^3 \times 3,66}{3,14 \times 950} = 73,17 \text{хв}^{-1}$$

Визначимо необхідне динамічне навантаження підшипника по формулі (2.16)

$$C' = F \times \alpha \sqrt[3]{\frac{60 \times n_k \times L_h}{10^6}}, \text{Н} \quad (2.16)$$

де  $F=549292,95$  Н – наведене навантаження;

$\alpha=10/3$  – коефіцієнт для роликотпідшипника;

$n_k=73,17$  хв<sup>-1</sup> – частота обертання ходового колеса;

$L_h=10000$  ч (при терміні служби 1,5 року) – термін служби підшипника при досить тяжких умовах роботи [5,табл.ХІІ].

Підставивши числові значення у формулу (2.16) одержимо

$$C' = 549292,95 \times 3,333 \sqrt[3]{\frac{60 \times 73,17 \times 10000}{10^6}} = 1708435,54 \text{Н}$$

Вибираємо відповідно до отриманих результатів [6,стор.230] підшипник роликотвий конічний дворядний (ДСТУ 6364 - 78). Особливо легкої серії діаметрів 7, №2097752 з такими розмірами:

$d=260$  мм – внутрішній діаметр підшипника;

$D=440$  мм – зовнішній діаметр підшипника;

$C=2100000$  Н – необхідна динамічна вантажопідйомність підшипника;

$C_0=2590000$  Н – необхідна статична вантажопідйомність підшипника;

$n_{\text{пред}}=630$  хв<sup>-1</sup> – гранична частота обертання при пластичному змащенні.

У результаті проведених обчислень був обраний підшипник з більшою динамічною вантажопідйомністю 2100 кН замість 1860 кН у результаті чого підвищується загальна надійність механізму, збільшується міжремонтний період і знижується ризик аварійного виходу механізму з ладу через руйнування підшипника.

#### 2.4.3 Проектування проміжного вала механізму підйому грейфера

Визначимо вагу, яку підіймає механізм:

$$G = g \times Q, \text{Н} \quad (2.17)$$

де  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;

$Q=32000$  кг – повна маса вантаженого грейфера.

Підставивши числові значення у формулу (2.17) одержимо

$$G = 9,81 \times 32000 = 313920 \text{Н}$$

Визначимо швидкість намотування каната на барабан по формулі:

$$U_{\text{к}} = U_{\text{п}} \times V, \text{м/с} \quad (2.18)$$

де  $V=1,083$  м/с – швидкість підйому грейфера;

$U_{\text{n}}=1$  – кратність поліспасти.



Підставивши числові значення одержимо:

$$U_{\text{к}} = 1 \times 1,083 = 1,083 \text{ м/с}$$

Визначимо максимальний натяг однієї гілки каната [2, стр.5]

$$F_{\text{max}} = \frac{G}{z \times \eta}, \text{Н} \quad (2.19)$$

де  $G=313920\text{Н}$  – вага вантажу;

$z=4$  – число гілок каната;

$\eta=0,98$  – ККД поліспасти.

Підставивши числові значення одержимо

$$F_{\text{max}} = \frac{313920}{4 \times 0,98} = 80082\text{Н}$$

Визначимо розривне зусилля каната [2. стр5]:

$$F_{\text{роз.}} \geq n_{\text{к}} \times F_{\text{max}}, \text{Н} \quad (2.20)$$

де  $n_{\text{к}}=6$  – коефіцієнт запасу міцності;

$F_{\text{max}}=80082 \text{ Н}$  – максимальний натяг однієї гілки каната.

Підставивши числові значення одержимо

$$F_{\text{роз.}} \geq 6 \times 80082 \geq 480492\text{Н}$$

За ДСТ 3079 – 80 обираємо канат, з наступними характеристиками [1,стр 56]:

1. тип – 33 – ТЛК – 0 – 1764 (6 37+1 о.с.)

- 2. діаметр каната – 33 мм
- 3. розривне зусилля – 489,5 кН
- 4. маркувальна група – 1764 МПа

Для розрахунку на міцність і визначення основних розмірів барабана скористаємося наступними вихідними даними:

- діаметр каната,  $d_k=33$  мм;
- висота підйому грейфера,  $H=35$  м;
- матеріал барабана ст.35Л,  $\sigma_t=280$  МПа,  $\sigma_b=500$  МПа;
- максимальне навантаження в несучій гілці каната,  $F_{\max}=80082$  Н.

Визначимо діаметр барабана по дну канавки [2,стор.5]

$$D_{\sigma} = d_k(e - 1), \text{мм} \quad (2.21)$$

де  $d_k=33$  мм – діаметр каната;

$e=35$  – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи [1,табл.2.7].

Підставивши числові значення одержимо:

$$D_{\sigma} = 33(35 - 1) = 1122 \text{мм}$$

По нормальному ряду розмірів барабана приймаємо  $D_{\sigma}=1100$  мм.

Визначимо діаметр барабана по центру каната

$$D = D_{\sigma} + d_k, \text{мм} \quad (2.22)$$

де  $D_{\sigma}=1100$  мм – діаметр барабана по дну канавки;

$d_k=33$  мм – діаметр канату.

Підставивши числові значення у формулу одержимо:

$$D = 1100 + 33 = 1133\text{мм}$$

Визначимо товщину стінки барабана з розрахунку на стиск за умови можливого підйому навантаженого грейфера одним з підйомів (головним або допоміжним), таким чином міцність барабана буде забезпечена, якщо [2, стор.18]:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{4 \times F_{\text{max}}}{P \times [\sigma_3]}, \text{мм} \quad (2.23)$$

де  $F_{\text{max}}=80082 \text{ Н}$  – максимальний натяг однієї гілки канату;

$P=38 \text{ мм}$  – крок гвинтової канавки [1, табл.2.8];

$[\sigma_3]$  – допускаєме напруження.

Допускаєме напруження дорівнює половині межі плинності  $\sigma_T$ , що для сталі 35Л буде дорівнювати 280 МПа. Відповідно  $[\sigma_c]=140 \text{ МПа}$ .

Підставивши числові значення у формулу (2.23) одержимо

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{4 \times 80082}{38 \times 140} = 60\text{мм}$$

Визначимо внутрішній діаметр барабана [2, стор.22]

$$D_{\text{в}} = D_{\text{б}} - 2\delta, \text{мм} \quad (2.24)$$

де  $D_{\text{б}}=1100 \text{ мм}$  – діаметр барабана по дну канавки;

$\delta =60 \text{ мм}$  – товщина стінки барабана.

Підставивши числові значення одержимо:

$$D_{\text{в}} = 1100 - 2 \times 60 = 980\text{мм}$$

Глибину й радіус канавки візьмемо з [1, табл.2.8]:

Глибина  $h=10$  мм;

Радіус  $r=18$  мм.

Визначимо довжину кінцевої гладкої частини барабана по формулі:

$$\Delta = (2...3)P, \text{ мм} \quad (2.25)$$

де  $P=38$ мм – крок гвинтової канавки [1, табл.2.8].

Підставивши числові значення у формулу одержимо:

$$\Delta = 2 \times 38 = 76 \text{ мм}$$

приймаємо відповідно до нормальних лінійних розмірів  $\Delta = 75$  мм.

Визначимо довжину нарізки на половині барабана:

$$l_{\text{п}} = \left[ \frac{H \times m}{\pi \times (D_{\text{б}} + d_{\text{к}})} + 1,5...2 \right] \times P, \text{ м} \quad (2.26)$$

де  $H=35$  м – висота підйому грейфера;

$m=2$  – число несучих гілок;

$D_{\text{б}}=1,1$  м – діаметр барабана по дну канавки;

$d_{\text{к}}=0,033$  м – діаметр канату;

$P=0,038$  мм – крок гвинтової канавки.

Підставивши числові значення у формулу (2.26) одержимо

$$l_{\text{п}} = \left[ \frac{35 \times 2}{3,14 \times (1,1 + 0,033)} + 1,5...2 \right] \times 0,038 = 0,805 \text{ м}$$

приймаємо відповідно до нормальних лінійних розмірів  $l_n=800$  мм.  
Довжину середньої гладкої частини барабана приймаємо  $l_r=250$  мм.

Визначимо загальну довжину барабана по формулі (2.27)

$$L = 2(l_n + \Delta) + l_r, \text{ мм} \quad (2.27)$$

де  $l_n=800$  мм – довжина нарізки на половині барабана;

$l_r=250$  мм – довжина гладкої частини барабана;

$\Delta=75$  мм – довжина кінцевої гладкої частини барабана.

Підставивши числові значення у формулу (2.27) одержимо

$$L = 2(800 + 75) + 250 = 2000 \text{ мм}$$

приймаємо довжину барабана  $L=2000$  мм.

Кріплення каната виконуємо притискною планкою з напівкруглою канавкою для каната діаметром  $d_k=33$  мм. Планка кріпиться болтом М42 зі сталі 3 за ДСТ 1759 – 70 ( $\sigma_T=230$ МПа) [3, табл. 1.2]

Натяг каната в місці кріплення визначимо як:

$$F_0 = \frac{F_{\max}}{e^{f\alpha}}, \text{ Н} \quad (2.28)$$

де  $F_{\max}=80082$  Н – максимальний натяг однієї гілки каната;

$f=0,1 \dots 0,16$  – коефіцієнт тертя між канатом і барабаном [1, с.63];

$\alpha=3\pi \dots 4\pi$  – кут обхвату барабана запасними витками;

Підставивши числові значення у формулу (2.28) одержимо

$$F_0 = \frac{80082}{2,718^{0,1 \times 3 \times 3,14}} = 31222,8 \text{ Н}$$



Визначимо необхідну силу затягування болта по формулі (2.29)

$$F_3 = \frac{F_0}{z(f + f_1) \times (e^{f\alpha_1} + 1)}, \text{Н} \quad (2.29)$$

де  $F_0=31222,8\text{Н}$  – натяг каната в місці його кріплення;

$z=6$  – число болтів у кріпленні;

$f_1=f=0,1\dots0\dots0,16$  – коефіцієнт тертя між канатом і планкою [1,с.63];

$\alpha_1=2\pi$  – кут обхвату барабана витком кріплення каната [1,с.63].

Підставивши числові значення у формулу (2.29) одержимо

$$F_3 = \frac{31222,8}{6(0,1 + 0,1) \times (2,718^{0,1 \times 6,28} + 1)} = 9054,1\text{Н}$$

Визначимо силу згинаючий болт по формулі:

$$F_{\text{и}} = F_3 \times f_1, \text{Н} \quad (2.30)$$

де  $F_3=9054,1\text{Н}$  – сила затягування болта;

$f_1=f=0,1\dots0\dots0,16$  – коефіцієнт тертя між канатом і планкою.

Підставивши числові значення у формулу (2.30) одержимо

$$F_{\text{и}} = 9054,1 \times 0,1 = 905,4\text{Н}$$

Визначимо сумарне напруження в кожному гвинті:

$$\sigma = \frac{z \times 1,3 \times k \times F_3}{\pi \times d_1^2} + \frac{k \times F_{\text{и}} \times l}{0,1 \times d_1^3}, \text{Н} \quad (2.31)$$

де  $z=6$  – число болтів у кріпленні;

$k=1,5$  – коефіцієнт надійності кріплення;

$F_3=9054,1\text{Н}$  – сила затягування болта;

$d_1=36,37\text{мм}$  – внутрішній діаметр різьблення болта [3,табл. 1.5];

$F_{II}=905,4\text{Н}$  – сила згинаюча болт;

$l=25\text{мм}$  – відстань від головки гвинта до барабана.

Підставивши числові значення у формулу (2.31) одержимо

$$\sigma = \frac{6 \times 1,3 \times 1,5 \times 9054,1}{3,14 \times 36,37^2} + \frac{1,5 \times 905,4 \times 120}{0,1 \times 36,37^3} = 59,38\text{МПа}$$

Визначимо допустиме напруження:

$$[\sigma_p] = \frac{0,8[\sigma_T]}{1,5}, \text{МПа} \quad (2.32)$$

де  $\sigma_T=230$  – межа плинності для ст. 3 за ДСТ 1759 – 70 [3,табл. 1.2]

Підставивши числові значення у формулу (2.32) одержимо

$$[\sigma_p] = \frac{0,8 \times 230}{1,5} = 122,67\text{МПа}$$

Зрівняємо отриманий результат із допустимими напруженнями

$$\sigma = 59,38\text{МПа} \leq [\sigma_p] = 122,67\text{МПа}$$

Внутрішні крутні моменти визначаються для кожної ділянки вала методом перетинів так само, як і при інших видах навантажень й деформації. Виходячи з умови рівноваги скручуючих (зовнішніх) моментів і внутрішнього обертового, діючих на розглянуту відсічену частину вала, визначають внутрішні моменти й

будують епюри зміни їхніх величин по довжині вала, що дозволяє в остаточному підсумку робити розрахунки на міцність і жорсткості.

Експериментально встановлено, що при обертанні вала двома моментами, що скручують, прикладеними в площинах кінцевих перетинів, вал буде закручуватися. При цьому один перетин вала, залишаючись плоским, повертається щодо іншого на певний кут  $\varphi$ , у той час як відстань між розглянутими перетинами не міняється, у цьому випадку в поперечних перерізах вала діють тільки дотичні напруження, розподілені по перетину за лінійним законом.

Розрахуємо промвал у самий навантажений момент його роботи, тобто, коли, скручуючий момент, максимальний. При реверсивній роботі привода це буває коли з якоїсь причини не спрацьовують гальма й при опусканні вантажу його починають різко підіймати («контроточить»). У цей момент навантаження на привод максимальні, так як до існуючих навантажень додаються динамічні навантаження. Це відбувається в рідких випадках, т.я. розташовані по обох кінцях промвала два гальма ТКП – 600 обмежують проміжний вал від надмірних динамічних навантажень. Не будемо враховувати критичні навантаження, а порахуємо за максимальним моментом, момент рівний тому який виникає при підйомі вантажу. Його ми розрахували раніше й він дорівнює

$$M_1 = M_{\text{дв}} = 2984,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отже сталевий вал круглого поперечного перетину довжиною  $L=655,5$  мм і довжиною посадочного місця під зубчасту втулку  $l_{\text{п}}=161,5$  мм, навантажений зовнішніми моментами, що скручують,  $M_1, M_2=2,985$  кН·м. Допустиме дотичне напруження,  $[\tau]=110$  МПа, допустимий кут закручування  $[\theta]=0,5$  град/м, модуль зрушення  $G=7 \cdot 10^4$  МПа. Побудуємо епюру обертових моментів  $M_{\text{кр}}$  (рис.2.10) з умови міцності й твердості визначимо діаметри ступінчастого вала і побудуємо епюру кутів закручування [4,стр52].

З розрахункової схеми видно чому рівні обертові моменти на різних перетинах вала (рис.2.9).

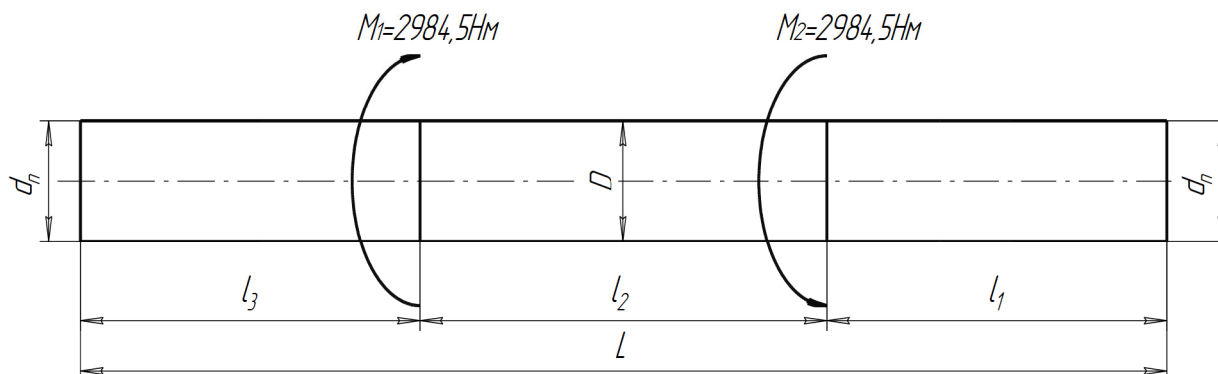


Рисунок 2.9 – Кінематична схема проміжного вала механізму підйому грейфера

Будуємо епюру крутних моментів рисунок 2.10

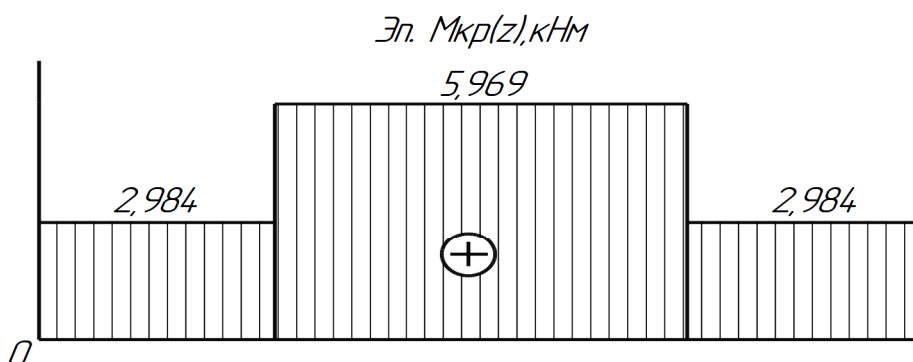


Рисунок 2.10 – Епюри обертових моментів

За умовами міцності й жорсткості виконаємо проектувальний розрахунок, у якому визначимо необхідний діаметр поперечного перерізу суцільного вала. [4, стор. 52]

а) з умови міцності

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times M_{\text{кр. max}}}{\pi \times [\tau]}}, \text{ м} \quad (2.33)$$

де  $M_{кр.маx}=5,969$  кН·м – найбільший крутний момент діючий на вал;  
 $[\tau]=110$  МПа – допустиме дотичне напруження.

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times 5,969 \times 10^{-3}}{3,14 \times 110}} = 0,065 \text{ м}$$

б) з умови жорсткості

$$D = \sqrt[4]{\frac{32 \times M_{кр.маx}}{\pi \times G \times [\theta]}}, \text{ м} \quad (2.34)$$

де  $M_{кр.маx}=5,969$ кН·м – найбільший крутний момент діючий на вал;  
 $G=7 \cdot 10^4$ МПа – модуль зрушення;  
 $[\theta]=0,5$ град/м= $0,872 \cdot 10^{-2}$ радіан – допустимий кут закручування.

$$D = \sqrt[4]{\frac{32 \times 5,969 \times 10^{-3}}{3,14 \times 7 \times 10^4 \times 0,872 \times 10^{-2}}} = 0,0999 \text{ м}$$

Як видно з розрахунку умова жорсткості виявилася визначальною, тому для подальшого підбора діаметра ступінчастого вала використаємо тільки умову жорсткості.

Визначимо діаметр поперечного перерізу вала в місці посадки зубчастої втулки по формулі:

$$d_{II} = \sqrt[4]{\frac{32 \times M_{II}}{\pi \times G \times [\theta]}}, \text{ (м)} \quad (2.35)$$

де  $M_{II}=2,9845$ кН·м – крутний момент діючий на вал у місці посадки зубчастої втулки;  
 $G=7 \cdot 10^4$ МПа – модуль зрушення;



$[\theta] = 0,5 \text{ град/м} = 0,872 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$ . – допустимий кут закручування.

$$d_n = \sqrt[4]{\frac{32 \times 2,9845 \times 10^{-3}}{3,14 \times 7 \times 10^4 \times 0,872 \times 10^{-2}}} = 0,084 \text{ м}$$

Виходячи з конструктивних міркувань і нормальних лінійних розмірів приймаємо діаметр вала  $D=120$  мм, діаметр вала під зубчасту втулку  $d_b=95$  мм.

Побудуємо епюру кутів закручування (рис.2.11) для ступінчастого стрижня. Попередньо обчисливши значення  $\Delta\varphi(z)$  по формулі:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{32 \times M_1 \times l_1}{\pi \times G \times d_n^4}, \text{ рад} \quad (2.38)$$

де  $M_1=M_n=2,9845$  кН·м – крутний момент діючий на вал у місці посадки зубчастої втулки;

$l_1=161,5$  мм – довжина посадкового місця під зубчасту втулку;

$G=7 \cdot 10^4$  МПа – модуль зрушення;

$d_n=95$  мм – діаметр поперечного перерізу вала в місці посадки зубчастої втулки.

$$\Delta\varphi_1 = \frac{32 \times 2,9845 \times 10^{-3} \times 0,1615}{3,14 \times 7 \times 10^4 \times 0,095^4} = 8,615 \times 10^{-8} \text{ рад}$$

Визначимо кут закручування для другої ділянки вала:

$$\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1 + \frac{32 \times M_2 \times l_2}{\pi \times G \times D^4}, \text{ рад} \quad (2.37)$$

де  $\Delta\varphi_1=8,615 \cdot 10^{-8}$  – кут закручування вала на першій ділянці;

$M_2= M_{\text{кр.мах}}=5,969$  кН·м – найбільший обертовий момент діючий на вал;

$l_2=332,5$  мм – довжина другої ділянки (щабля) вала;

$G=7 \cdot 10^4$  МПа – модуль зрушення;

$D=120$  мм – діаметр поперечного перерізу другої ділянки (щабля) вала.

$$\Delta\varphi_2 = 8,615 \times 10^{-8} + \frac{32 \times 5,969 \times 10^{-3} \times 0,3325}{3,14 \times 7 \times 10^4 \times 0,12^4} = 1,394 \times 10^{-3} \text{ рад}$$

визначимо кут закручування для третьої ділянки вала:

$$\Delta\varphi_3 = \Delta\varphi_2 + \frac{32 \times M_3 \times l_3}{\pi \times G \times d_{\text{п}}^4}, \text{ рад} \quad (2.39)$$

де  $\Delta\varphi_2 = 1,394 \cdot 10^{-3}$  – кут закручування вала на другій ділянці;

$M_3 = M_{\text{п}} = 2,9845$  кН·м – обертовий момент діючий на вал у місці посадки зубчастої втулки;

$l_3 = 161,5$  мм – довжина третьої ділянки (щабля) вала;

$G = 7 \cdot 10^4$  МПа – модуль зрушення;

$D = 95$  мм – діаметр поперечного перерізу третьої ділянки (щабля) вала.

$$\Delta\varphi_3 = 1,394 \times 10^{-3} + \frac{32 \times 2,9845 \times 10^{-3} \times 0,1615}{3,14 \times 7 \times 10^4 \times 0,095^4} = 1,394 \times 10^{-3} \text{ рад}$$

На підставі проведених обчислень побудуємо епюру кутів закручування вала рисунок 2.11

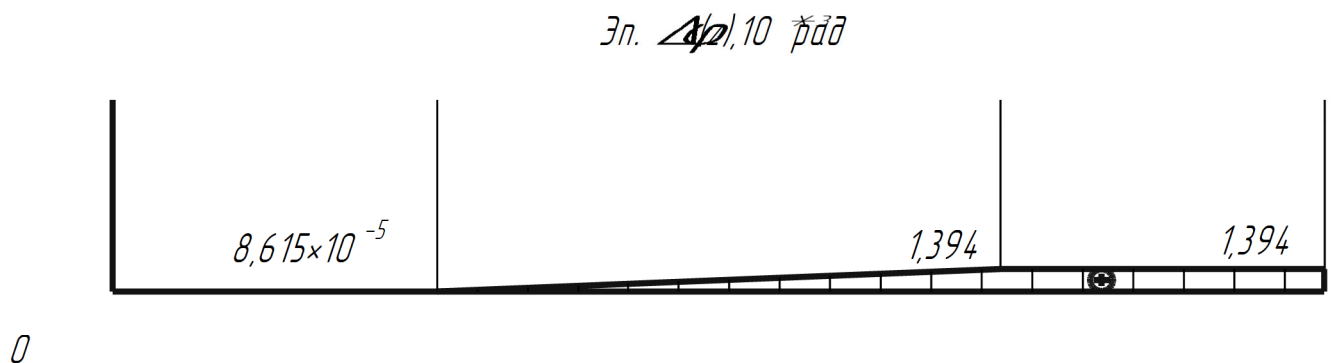


Рисунок 2.11 – Епюри кутів закручування вала

Таким чином, за результатами розрахунку проміжного вала вибираємо діаметр поперечного перерізу вала  $D = 120$  мм і діаметр посадочного місця під напівмуфту  $d_{\text{п}} = 95$  мм, що відповідає умовам запропонованої модернізації.

### 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Технологія зборки й монтажу металургійного устаткування

Надійність машин залежить від якості конструкторських, технологічних і складальних робіт. Погрішності в розмірах, конфігурації, взаємному розташуванні деталей можуть привести до неприпустимого росту сил й аварійних відмов. Для металургійного встаткування такі погрішності часто проявляються при зборці, під якою розуміють сукупність операцій по з'єднанню деталей у виріб.

Технологія зборки залежить від характеру виробництва. У масовому виробництві машини збирають із взаємозамінних деталей на конвеєрах, у серійному на декількох робочих місцях з деталей, що вимагають незначного пригону, а в індивідуальному на тимчасових фундаментах.

Монтаж - це комплекс робіт, пов'язаних з остаточною зборкою, налагодженням і пуском машин в експлуатацію. У сучасних умовах об'єктом монтажу є цех (агрегат) металургійного підприємства, що складається з однієї або декількох будівель, у яких розміщене механічне й електричне устаткування, системи змащення. Кожен об'єкт будують десятки спеціалізованих організацій, об'єднаних за принципом сполученого ведення робіт. Високим темпам монтажу встаткування сприяють два основних фактори: а) організація такої взаємодії суміжних організацій, при якому монтаж починається в можливо ранній термін; б) завчасна установка проектних мостових кранів і спеціальних вантажопідійомних пристроїв.

Необхідність якнайшвидшого переозброєння металургійної промисловості сприяла вдосконалюванню й розвитку організації й розвитку монтажу, технічного обслуговування й ремонту металургійного встаткування. Технічний прогрес в області монтажу агрегатів й устаткування характеризується значним підвищенням рівня індустріалізації й механізації монтажних робіт, застосуванню великоблочного монтажу, підвищенням точності монтажу завдяки застосуванню лазерної техніки, нових методів установки й закріплення встаткування на

фундаментах, прогресивних методів зборки й інших найбільш сучасних і високопродуктивних методів виробництва монтажних робіт.

Науково-технічна революція в металургії значно підвищила вимоги до надійності агрегатів й устаткування. Висока експлуатаційна надійність устаткування досягається завдяки застосуванню найбільш сучасних методів технічного обслуговування й ремонту: централізація ремонтів і ремонтних сил; удосконалюванню організації, планування, виробництва й забезпечення запасними частинами; застосуванню методів підвищення довговічності деталей; індустриальних методів ремонту - крупноузлового й агрегатного; удосконалюванню системи змащення.

Технічний прогрес у чорній металургії забезпечується шляхом подальшої концентрації виробництва, збільшення одиничної потужності агрегатів, інтенсифікації технологічних процесів, впровадження нових процесів й устаткування, механізації й автоматизації виробництва.

### 3.2 Циркуляційна система змащення

Мастильні матеріали діляться на наступні типи:

- рідкі (мінеральні, синтетичні й напівсинтетичні масла, змазуючі рідини);
- пластичні (тверді й спеціальні мастильні матеріали).

Рідкі мастила у вузлі тертя виконують наступні функції:

- зменшують коефіцієнт тертя;
- охолоджують тертьові поверхні;
- захищають тертьові поверхні від корозії;
- виводять продукти зношування із зони тертя.

Залежно від характеру подачі змащення до вузлів тертя розрізняють наступні системи змащень:

- індивідуальну;
- картерну;
- циркуляційну;
- аерозольну.

Циркуляційне рідке мастило, здійснюване під тиском, є самою продуктивною й найбільш сучасною в порівнянні з іншими способами й у більшості випадків задовольняють умовам змащування машин металургійного устаткування. У централізованій циркуляційній системі масло переміщається по мастилопроводах, що утворюють замкнутий кільцевий шлях, змазує тертьові поверхні, проходить ряд агрегатів, де фільтрується, охолоджується й т.д. Змащення рухається під тиском, створюваним насосом. Таким чином, у розглянутій системі змащення масло, вийшовши з бака, проходить через всю магістраль і знову повертається в той же бак. Практично губиться лише невелика кількість масла, що залишилося на поверхнях, що змазують та випаровується й витискається через ущільнення. При циркуляції масло не тільки змазує, але й охолоджує вузли тертя й несе із собою всі сторонні речовини, присутність яких у мастильному шарі неприпустимо.

Циркуляційне змащення при постійному й повторному використанні мастильного матеріалу, що перебуває в безперервній циркуляції, є найбільше економічно вигідним способом централізованого змащення. Однак при виборі системи рідкого мастила машини необхідно враховувати, що устаткування, що складає циркуляційну систему, досить складне, дороге, великих розмірів і вимагає застосування надійних ущільнень у всіх з'єднаннях. Тому централізоване циркуляційне змащення варто застосовувати лише в тих випадках, коли можуть бути використані всі технічні переваги цієї системи.

До циркуляційної системи може бути віднесена будь-яка система подачі рідкого мастила, при якій масло, що відпрацювало, повертається в резервуар або відстійник або перебуває в безперервній рухливості без циркуляції по трубопроводах. У самій системі, розрахованій на змащення багатьох машин, можуть бути більш дрібні циркуляційні системи, не пов'язані з основною системою, що обслуговують деякі окремі машини. Крім того, поряд із застосуванням централізованого змащення можна в одній і тій же машині або в комплексі машин застосовувати й інші способи подачі мастильного матеріалу,



наприклад індивідуальне змащення за допомогою ручних маслянок, змащення зануренням і т.п.

Залежно від способу подачі масла до третьових поверхонь може бути вільна або примусова його циркуляція в системі. При вільній циркуляції подачу здійснюють за допомогою пристроїв, що забезпечують безперервний потік масла. До таких пристроїв відносяться деякі види гнотів, конуси для змазування відцентровим способом, труби для подачі масла самозасмоктуванням і т.п.

### 3.3 Такелажні роботи

#### 3.3.1 Стропування

Стропуванням називається сукупність прийомів обв'язки і зачіпки вантажів для їх підйому і переміщення краном. Стропування виконують за допомогою зйомних вантажозахоплювальних пристроїв, що навішуються на гак крана. Способи стропування вантажів залежать від роду і маси матеріалів, виробів і конструкцій, методів їх укладання в щабель. Стропують конструкції не менш ніж за два кінці, щоб уникнути залишкового прогину їхньої середньої частини і консольних виступів. При стропуванні вантаж повинен знаходитися в стійкому положенні, місця стропування – поза центру ваги вантажу.

Сполучною ланкою між гаковою підвіскою підйомно–транспортної машини та вантажем, що переміщується служать вантажозахватні пристосування. Виготовляють і застосовують вантажозахватні пристосування у вигляді гаків, скоб, захоплень, стропів і траверс.

Захвати бувають кліщові, фрікційні й замкові. Тип захоплення вибирають залежно від виду вантажу. Кліщові й фрікційні захвати замикаються під дією маси вантажу. Замкові захвати з'єднуються з вантажем через монтажний отвір, куди входить рухомий валик. Залежно від способу переміщення валика замкові захвати бувають ручної дії і напіваавтоматичні.

Стропи, виготовлені із сталевих канатів, застосовують для роботи з масовими вантажами. Стропи бувають універсальними кільцевими, полегшеними, одногілкові, багатогілкові. Універсальні кільцеві і одногілкові

стропи застосовують в основному для підвішування довгомірних матеріалів (наприклад, дощок, плінтусів, колод, труб, арматури в пучках, кутової і таврової сталі). Багатогілкові стропи використовують для переміщення деталей і конструкцій з великою опорною поверхнею (плит, фундаментних подушок, сходових маршів) і мають кілька петель в ряду (панелей, блоків, прогонів, ригелів), а також матеріалів, покладених у тару (ящики, контейнери, бункери, піддони). Навантаження на гілки багатогілкових стропів повинне розподілятися рівномірно. Нерівномірний розподіл навантаження призводить до передчасного зносу стропа. У чотирьохгілкових стропах, призначених для переміщення плит, блоків, контейнерів, засобів пакування, гілки стропів повинні бути рівні за довжиною між собою. У стропах для монтажу сходових маршів та інших аналогічних конструкцій довжина гілок залежить від кута нахилу опорної поверхні до основи.

Призначають місця стропування, виходячи з допустимих кутів нахилу нитки вантажозахоплювального пристрою до горизонту. Чим менше цей кут у багатогілкових стропах, тим більше зусилля з'являється на стропі. Зі збільшенням кута знижуються зусилля в стропах, але одночасно збільшується висота стропування вантажу, через що втрачається корисна висота підйому гака

Більш доскональними стропувальними пристроями є траверси, за допомогою яких переміщують великогабаритні вантажі й довгомірні матеріали, монтують великорозмірні і складні по конфігурації конструкції, встановлюють конструкції в проектному положенні з високою точністю. Завдяки наявності несучих поздовжніх балок або ферм, за які закріплюють стропа пристрою, вдається уникнути великого нахилу гілок, чим значно зменшується висота стропування вантажу.

### 3.3.2 Розрахунок стропування редуктора механізму підйому

Розрахунок полягає у виборі каната, а також визначенні довжин строп і висоти стропування. Вихідними даними для розрахунку стропування є: вага

устаткування ( $G_p$ ) і кут між горизонтальною площиною й площиною в якій лежить строп( $\alpha$ ).

Визначимо максимальний натяг у канаті:

$$S_{\max} = \frac{G}{n \cdot \sin \alpha} K_H, \quad (3.1)$$

де  $G_p=60,33$  кН, – вага встаткування (редуктор);

$n=2$  – число строп;

$\alpha =42^0$ – кут між горизонтальною площиною й площиною в якій лежить строп;

$K_H=1,4$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження.

$$S_{\max} = \frac{66,33}{2 \cdot \sin 42^0} \cdot 1,4 = 69,4 \text{ кН}$$

По знайденому зусиллю визначаємо розривне зусилля каната:

$$P_p = k \cdot S_{\max}, \quad (3.2)$$

де  $k=6$  – коефіцієнт запасу міцності каната.

$$P_p = 6 \cdot 69,4 = 416,4 \text{ кН}$$

По знайденому розривному зусиллю визначаємо тип каната використовуюваного в такелажній роботі, по довіднику визначаємо, що для групи маркування 1372 МПа, при діаметрі каната  $d_K=32$  мм, розривне зусилля каната в цілому становить  $[P_p]=458$  кН (канат подвійного звивання типу ЛК–Р конструкції  $6 \times 19(1+6+6/6)+1$  о. с. за ДСТ 2688–80).

$$[P_p]=458 \text{ кН} > P_p=416,4 \text{ кН}$$

Умова виконується.

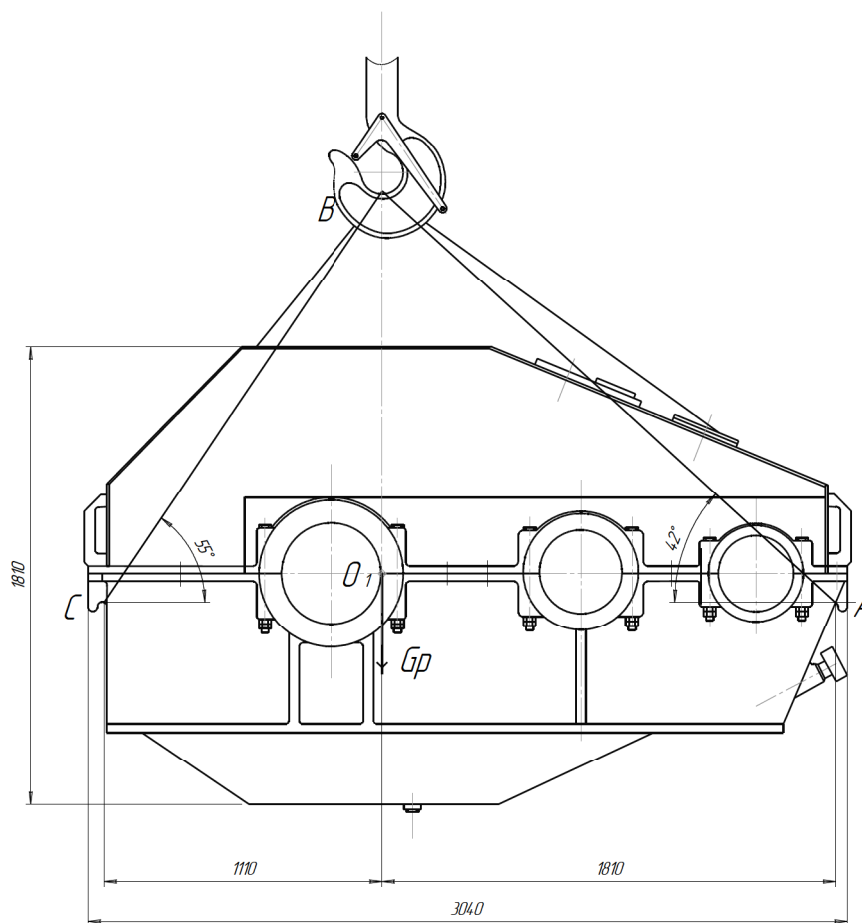


Рисунок 3.1 – Схема стропування редуктора

Як правило строп являє собою канат з обох кінців маючий петлі. Для утворення й утримання петель використовують забатіг або стиски.

Кількість стисків використовуваних при виготовленні стропа залежить від вантажопідйомності й вибирається з довідкових величин.

Визначаємо кількість затискачів  $n_{ст}$ :

$$n_{ст} = \frac{k \cdot F_{кр}}{2 \cdot F_p \cdot f} \geq 3, \quad (3.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт надійності кріплення:  $k = 1,5$ ;

$F_{кр}$  – зусилля в канаті в місці його кріплення, Н (рівне  $S_{max}$ );

$F_p$  – зусилля, що діє уздовж осі різьбової скоби затискача, з урахуванням напружень, що виникають при затягуванні кріплення, Н.

$$F_p = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot \frac{[\sigma_p]}{1,3}, \quad (3.4)$$

де  $d_1 = 25,706$  мм – внутрішній діаметр різьбової частини скоби М30;

$[\sigma_p]$  – допустиме напруження матеріалу скоби на розтягання,  $[\sigma_p] = 1,2 \cdot 10^8$  Па;

$f$  – коефіцієнт тертя каната по канаті,  $f = 0,15 \dots 0,20$ .

$$F_p = \frac{3,14 \cdot 0,025706^2}{4} \cdot \frac{1,2 \cdot 10^8}{1,3} = 47882 \text{ Н}$$

Підставивши отримані значення у вираз (3.3), одержимо:

$$n_{ст} = \frac{1,5 \cdot 69400}{2 \cdot 47882 \cdot 0,2} = 5,43$$

Приймаємо число затискачів  $n_{ст} = 6$ .

Крок розташування стискачів:

$$t = 6 \cdot d = 6 \cdot 30 = 180 \text{ мм.}$$

Визначимо довжину заготовки каната для виготовлення одного стропа:

$$L_{3AG} = 2[L_1 + L_2(n_{СЖ} - 1) + L_3] + L_{СТР}, \quad (3.5)$$

де  $L_1, L_2, L_3$  – довжини частин стиску, обумовлені емпірично (рис.3.2);

$L_{СТР}$  – довжина стропа.



$$L_{\text{СТР BC}} = \frac{CO_1}{\cos \alpha} \cdot 2 = \frac{1110}{\cos 55^\circ} \cdot 2 = 3870 \text{ мм};$$

$$L_{\text{СТР BA}} = \frac{AO_1}{\cos \alpha} \cdot 2 = \frac{1810}{\cos 42^\circ} \cdot 2 = 4870 \text{ мм}$$

$$L_1 = 7 \cdot d_b = 7 \cdot 30 = 210 \text{ мм};$$

$$L_2 = 6 \cdot d_b = 6 \cdot 30 = 180 \text{ мм};$$

$$L_3 = 100 \text{ мм};$$

$$L_{\text{ЗАГ BC}} = 2 \cdot [210 + 180 \cdot (6 - 1) + 100] + 3870 = 6290 \text{ мм}$$

$$L_{\text{ЗАГ BA}} = 2 \cdot [210 + 180 \cdot (6 - 1) + 100] + 4870 = 7290 \text{ мм}$$

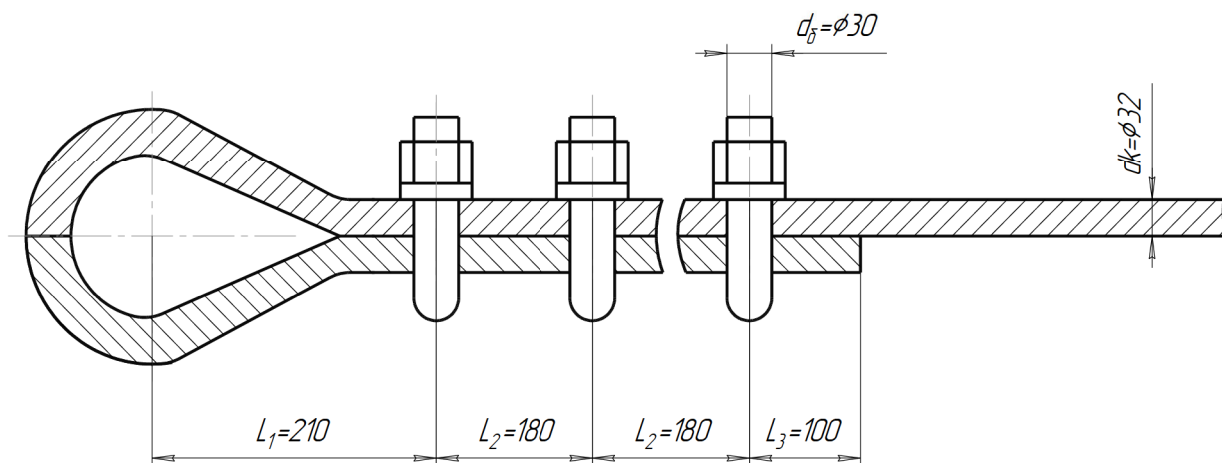


Рисунок 3.2 – Схема стисків стропа

Таким чином приймаємо довжину каната необхідного для виготовлення стропа рівною 7300 мм

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

#### 4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації доменного цеху

Доменне виробництво є основним способом одержання чавуну із залізородного концентрату шляхом відновлення заліза з оксиду. При цьому попутно виділяється колошниковий газ, шлаки й інші побічні продукти. Доменний (колошниковий) газ, що володіє порівняно високою теплою згорання, являє собою суміш газу й пилу з якого до 40 % CO. Окис вуглецю є отруйним газом і навіть при невеликій кількості при влученні в організм людини може привести до летального результату. Із цієї причини засипний апарат і шахта пічі відносяться до I<sup>-1</sup> групи.

Також застосування природного газу для нагрівання кауперів привело до того, що II<sup>-a</sup> група по газобезпеці встановлена для повітрянагрівачів.

Також збільшена запиленість, що виникає через використання сипучих матеріалів, змусила широко використати витяжки й аспіраційні установки для зменшення даного шкідливого фактора.

Ще одним фактором є відсутність певного приміщення, для створення мікроклімату. Багато технологічних процесів, усереднення й перевантаження сипучих матеріалів, здійснюється під відкритим небом. З огляду на мелкодисперстність шихти приводить до великої запиленості території рудного двору й бункерної естакади. Відсутність закритого приміщення не дозволяє вловлювати або осаджувати виникаючу при цьому запиленість.

Для завантаження шихтових матеріалів використовуються двох і три конусні завантажувальні апарати або безконусний завантажувальний пристрій. Які покликані забезпечити завантаження шихтових матеріалів, підтримка тиску в печі й щільність ущільнення. Але через не щільність ущільнень і зварювальних швів на завантажувальному пристрої й колошнику доменної печі дуже велика ймовірність витоку доменного газу.

На ливарному дворі при випуску чавуну й шлаків виникає збільшена загазованість і запиленість через побічні продукти плавки. Зменшити їхня дії покликані головні ринви, що накриваються, і аспірація.

При ремонті встаткування дуже велике значення має ступінь механізації ремонтного процесу. Роботи із припасування, підйому й такелажу повністю механізовані.

Рівень механізації процесу ремонту й обслуговування встаткування ремонтного цеху

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

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

де  $B$  – рівень механізації праці, %;

$M$  – сума людино–годин механізованої праці;

$R$  – сума людино–годин ручної праці.

- для слюсаря ремонтника:

$$B = \frac{3}{5 + 3} \cdot 100\% = 37,5\%$$

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

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино–годин у добу			% механізованої праці	% ручної праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо–зварювальник	3	$6 \cdot 3 = 18$	$2 \cdot 3 = 6$	24	25	75
2	Слюсар ремонтник 6–го розряду	4	$5 \cdot 4 = 20$	$3 \cdot 4 = 12$	32	37,5	62,5
3	Слюсар ремонтник 5–го розряду	5	$6 \cdot 5 = 30$	$2 \cdot 5 = 10$	40	25	75
4	Плавильник 4–го розряду	6	$4 \cdot 6 = 24$	$4 \cdot 6 = 24$	48	50	50
5	Крановий машиніст	3	$0,5 \cdot 3 = 1,5$	$7,5 \cdot 3 = 22,5$	24	93,75	6,25

З даних таблиці можна дати висновок, що електро–газозварювальник – 25% механізованого, 75% ручної праці; слюсар ремонтник 6–го розряду – 37,5% механізованого, 62,5% ручної праці; слюсар ремонтник 5–го розряду – 25% механізованого, 75% ручної праці; плавильник 4–го розряду – 50% механізованого, 50% ручної праці; крановий машиніст – 93,75% механізованого, 6,25% ручної праці.

#### 4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці слюсаря ремонтника, (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Технологічна карта умов праці кранового машиніста рудного двору

Фактори	Норматив не значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактора % у змін
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup>						
1 клас безпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,05			5	83,1
Бензапирен	0,00015	0,0002		1,33		83,1
Нікель	0,05	0,09		1,8		83,1
Марганцю оксид	0,05	0,27			5,4	83,1
2 клас безпеки						
Мідь	1	1,2	1,2			83,1
3 клас безпеки						
Ангідрид сірчистий	10	26			2,6	83,1
Азоту оксид	5	29,3			5,86	83,1
Азоту диоксид	2	8,2			4,1	83,1
II. Пил переважно фиброгенного дії, мг/м <sup>3</sup>						
Зміст кремнію диоксида – 2...10...10%	4,0	172,2			43,05	83,1
III. Шум, Дб						
	80	96			16	100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
– температура повітря, °З	20	30			10	83,1
– швидкість руху повітря, м/сек	0,6	0,86				83,1
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом, град	перебування в похилому положенні понад					
	28,1	30				
Кількість факторів			1	2	6	



## Висновок

На робочому місці присутні 1 фактор 1–го ступеня шкідливості умов праці, 2 фактори 2–го ступені й 6 факторів 3 ступеня, що говорить про особливо важкі й особливо шкідливих умовах праці. Характер й умови праці відносяться до III класу 3–й ступеня.

Передбачено наступні пільги:

- пенсійне забезпечення – список №1;
- доплати становлять – 12%;
- додаткові відпустки – 20 днів;

## 4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища

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

Шкідливості й небезпеці доменного цеху відносяться до фізичної групи ДСТУ 12.4.103–83. До цієї групи відносяться пил, шум, зміни температури всередині цеху.

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани (ДНАОП 0.00–3.01–98).

Для захисту органів подиху робітником видаються респіратори протипилові типу ШБ – 1М "СИЗОД" ДЕСТ 12.01.029–80.

Для захисту органів слуху противошумовые навушники ДЕСТ 12.01.029–80 з межею до 110 дБ.

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

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце встановлення
1	Запиленність	Витяжна вентиляція	КСЗ	–	У місцях утворення пилу
2	Запиленність	Респіратор СИЗОД	ШБ–1М	–	Індивідуально
3	Шум	Навушники протишумові, беруши		Придатний до 110дб	Індивідуально
4	Температура Хол період  Тепл період року	Утеплена куртка, ватяні штани, костюм з х/б тканини, черевики костюм з х/б тканини, черевики	Тн  Ти	–	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запиленність + костюм х/б, рукавиці	Пм	–	Індивідуально

### 4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

#### 4.3.1 Опалення й вентиляція

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робочих і обслуговуваних зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все устаткування закрите зонтами (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляється, згідно вимогам БНіП 2–33–75.

Таблиця 4.4 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої важкості (ДСН 3.3.6.042 – 99).

Період року	Параметри мікроклімату		
	t, °C	W <sub>пов</sub> , м/с	φ, %
Холодний	17/19	0,3	60 – 40
Теплий	20/ 22	0,4	60 – 40

Також у прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини вікна, дверей, воріт, ліхтарі.

#### 4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

По зоровій характеристиці відповідно до вказівок БНіП 2–4–96 визначаємо VI розряд виконуваних у цеху робіт, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, з нормативною освітленістю 80 лк.

В зв'язку з тим, що природне освітлення в будівлі відсутнє, передбачене штучне локалізоване освітлення. Використовуються світильники – глибоковипромінювачі, дугові ртутні лампи (ДРЛ), потужністю 800 Вт, які дозволяють створювати більш рівні освітленості у високих цехах при наявності в повітрі пилу.

У цеху так само передбачене аварійне освітлення, призначене для освітлення основних вузлів виробничого обладнання у випадку несправності основного освітлення. Потужність ламп аварійного висвітлення 500÷700 Вт. Використовуються LED лампи.

### 4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

По походженню шум буває:

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

Джерелами шуму шихтового відділення є: приводи дробарок, конвеєрів, агломерайійної машини, палет; також шум виникає при вивантаженні агломерату.

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

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

Для ослаблення вібрацій всі агрегати, що створюють вібрації (робочі машини, двигуни, вентилятори й т.п.), установлюють на самостійних фундаментах, віброізолюваних від підлоги й інших конструкцій будівлі, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних

матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітряводам і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

Як індивідуальний захист застосовуються навушники—малогабаритні для захисту від шуму з рівнем 110 дБ ДСТ 12.4.051 – 78.

#### 4.4 Техногенна безпека

##### 4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки при ремонтних роботах на кранах

Ручна праця використовується при проведенні поточних і капітальних ремонтів, а так само для усунення дрібних неполадок без зупинки технологічного процесу.

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

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

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

На всіх обертових частинах устаткування встановлені захисні щити, кожухи.

На вантажопідйомному встаткуванні крім перерахованих вище вимог повинні бути встановлені обмежники вантажопідйомності, а також відсутнє мимовільне опускання вантажу.

Робота вантажопідйомних машин і пристроїв для транспортування вантажів у момент пусків повинне супроводжуватися звуковими сигналами.

Дотримання всіх норм і правил техніки безпеки приводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.



#### 4.4.2 Заходи пожежної безпеки

У комплекс протипожежних заходів входять попередження виникнення пожеж, обмеження поширення вогню при виникненні пожежі, створення умов для швидкої локалізації й гасіння пожеж.

Причинами вибухів і пожеж найчастіше є теплові імпульси – електричні іскри й статична електрика. Таким чином по вибухонебезпечності шихтове відділення згідно ДСТУ 2272–93 можна віднести до категорії Д – негорючі речовини в холодному стані. А по пожежонебезпеці (ДБН 1.1–7.2002) до IIIa ступені – будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – металеві незахищені конструкції. Огороджуючі конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з трудногорючими утеплювачами

Для того, щоб виключити можливість виникнення пожежі або вибуху застосовується, герметичне устаткування, організовується контроль за складом повітря в приміщеннях і використовується електроустаткування, що відповідає класу пожаро– і вибухонебезпечності зон.

Особлива увага приділяється заземленню пересувних об'єктів і обертових елементів устаткування.

Розряди атмосферної електрики можуть з'явитися причиною вибухів і пожеж.

Для забезпечення безпеки людей, схоронності будинку, устаткування й матеріалів служать блискавковідводи: стрижневі й тросові.

При захисті від блискавок III категорії імпульсний опір кожного заземлення повинне бути не більше 5,0 Ом.

Пожежний захист і вибухозахист виробничого об'єкта забезпечується правильним вибором ступеня вогнестійкості об'єкта, застосуванням систем активного придушення вибуху, забезпеченням безпечної евакуації людей, застосуванням засобів пожежної сигналізації.

Велике значення при здійсненні мер пожежо– і взривобезпеки має оцінка небезпеки виробництва.

Основні частини будинку ставляться до III-ї ступеня вогнестійкості. Максимальна межа поширення вогню становить 40 см. Для захисту від поширення вогню з однієї частини будівлі в іншу використовуються протипожежні перешкоди – протипожежні стіни й перекриття з мінімальною межею вогнестійкості 2,5 год.

Необхідний час евакуації людей із приміщення при пожежі не обмежується. Як пристрої шляхів евакуації використовуються сходові клітки, що ведуть до коридору із трьома виходами, і зовнішні сходи.

Оскільки в приміщенні можуть виникати пожежі різних класів, передбачені різні засоби гасіння пожеж: є пожежний щит, пожежний рукав, вогнегасники ВВ – 2 і ВП – 10.

Як системи пожежної сигналізації використовуються теплові сповіщачі типу ПОСТ – 1.

#### 4.4.3 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації

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

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

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

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

На рівні В – аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу чинників аварії на населення розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

Причинами виникаючих аварійних ситуацій є:

- неправильне настроювання стану;
- недотримання технології прокатки, транспортування й змотування штаби;

- незадовільне обслуговування електричного й механічного встаткування;
- порушення правил експлуатації устаткування;
- некваліфіковані дії обслуговуючого персоналу.

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

Наслідками аварійних ситуацій є:

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

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

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

Також рекомендується проводити навчальні заходи щодо локалізації аварійних ситуацій.

Імовірність аварії розраховується за формулою:

$$Q = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.2)$$

де  $Q_i$  – імовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.3)$$

де  $\lambda_i$  – інтенсивність відмови  $i$ -го елемента;

$\tau$  – загальний час роботи даного елемента за аналізований період часу.

Розрахуємо імовірність аварії на ділянці рудного двору за півтора року роботи рудно-грейферного перевантажувача. Відомо що  $\lambda_i = 9 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$   $\tau = 1,5$  року

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

Тоді підставивши отримані значення в формулу (7.2) отримаємо

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

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

#### 4.5 Розрахунок звукоізоляції кабіни кранового машиніста

Шумопоглинання кабіни широко використовується на великих металургійних комбінатах.

Звукоізольована кабіна є поглиначем шуму й складається із чотирьох панелей, стелі й підлоги.

$$h = 2100 \text{ мм};$$

$$l = 1080 \text{ мм};$$

$$\text{вікно} = 0,7 \times 0,3 \text{ м.}$$

Панелі й стеля виготовлені з гивенерної рами, до якої із зовнішнього боку приварений сталевий лист. Із внутрішнього боку кріпляться також нерфорові листи. Простір між листами заповнюється мінерально-ватяними плитами ПП-80. основа кабіни складається з гивенерної рами, до якої приварений сталевий лист, на який нанесена противошумова мастика.

Розрахунок зниження шуму.

Зниження шуму кабіною оператора визначається за формулою:

$$R_{\text{каб.}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{доп.}}, \quad (4.4)$$

де  $L_{\text{ш}}$  – постійний рівень звукового тиску на робочому місці;

$L_{\text{доп.}}$  – припустимий рівень звукового тиску на робочих місцях у кабінах.

$$R_{\text{каб.}} = 97 - 80 = 17 \text{ дБ.}$$

Необхідна звукоізолювана придатність конструкцій, що огорожують, вікон і дверей звукоізолюваних кабін, визначається за формулою:

$$R_{н.і} = L_{\text{сер}} - 10\lg V_i + 10\lg S_i - L_{\text{доп}} + 10\lg n, \quad (4.5)$$

де  $L_{\text{сер}}$  – середній рівень звукового тиску в шумних приміщеннях, дБ;

$V_i$  – постійна шумового й ізолюваного в даній лінії частот,  $\text{м}^2$ ;

$S_i$  – площа розглянутого огороження або його елемента, через який проникає шум в ізолюване приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$L_{\text{доп}}$  – припустимий рівень звукового тиску на робочих місцях у кабіні, дБ;

$n$  - загальна чисельність окремих елементів огорожень, які розглядаються.

Розміри вікна:

висота = 0,7 м;

довжина = 0,3 м;

$$S = 0,7 \cdot 0,3 = 0,21 \text{ м}^2. \quad (4.6)$$

$$R_{н.і} = 97 - 10\lg 8000 + 10\lg 0,21 - 80 + 10\lg 1 = 33,45 \text{ дБА.}$$

Відповідно до отриманого результату для зниження шуму кабіни вибираємо одинарне вікно з органічним склом, товщиною 10 мм.



## Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням доменного цеху показало, що одним з «вузьких» місць цеху є недостатньо надійна робота механізму пересування візка рудногрейферного перевантажувача й більша тривалість ремонту механізму підйому грейфера, що призводить до великих простоїв устаткування.
2. На підставі проведеного огляду й аналізу технічної літератури й аналогічного встаткування встановлено, що на аналогічному встаткуванні в механізмі підйому грейфера нема таких проблем, тому що застосовується інша конструкція з'єднання першого вузла редуктора з валом двигуна.
3. Зміна з'єднання вала двигуна з валом–шестірнею першого вузла редуктора приведе до зменшення часу ремонту по заміні муфти, а заміна підшипника в механізмі пересування візка приведе до зменшення ризику аварійних простоїв устаткування пов'язаних з руйнуванням підшипника.
4. Для забезпечення необхідних показників роботи машини варто врахувати вимоги, що стосуються її монтажу й експлуатації, які наведені в розділі 3.
5. Для поліпшення екологічного стану в цеху необхідно врахувати вимоги наведені в розділі 4.
6. 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: 28.03.2024).
2. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group. 583 p.
3. Hrechanyi O., Vasilchenko T., Badlo V., Chuvalskyi M., Padalka O., Parkhomenko V. Analysis of constructive factors affecting the fatigue strength of metallurgical equipment parts. *Системні технології*. 2023. Т. 145. № 2. С. 19–29. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-145-2023-03>.
4. Гречаний О. М., Васильченко Т., Бадло В. В., Чувальський М. В., Падалка О. О., Пархоменко В. В. Аналіз факторів, що впливають на втомну міцність деталей металургійного обладнання. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2023: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції* Дніпро: УДУНТ, 2023. С. 23–26.
5. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
6. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
7. Розрахунки вантажопідйомних та транспортуючих машин / Ф. К. Іванченко та ін. К. : Вища шк., 1978. 576 с.
8. Погорелов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
9. Іванченко Ф. К. Конструкція та розрахунок підйомно-транспортних машин. К. : Вища шк., 1988. 424 с.

10. Проценко О.М. Методичні вказівки до розрахунку силових і кінематичних параметрів приводів у курсовому проектуванні. Суми: Сумський державний університет, 2011. 72 с.
11. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
12. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
13. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
14. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
15. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : Підручник. – 4-е вид., перероб. і доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
16. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
17. Вискребенцев Е.П. Допуски та посадки гладких циліндричних з'єднань у завданнях та прикладах: навч. посіб. Алчевськ: Дон ДТУ, 2005. 214 с. ISBN 966-310-070-2
18. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
19. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=28566](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566).
20. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

21. 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>.
22. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravya-ulashtuvannya-elektroustanovok> (дата звернення: 03.10.2023).
23. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>.
24. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук, та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
25. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.

## ДОДАТКИ



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
Перв. примен.				<u>Документація</u>								
							ДП.021180.100	СК	Складальне креслення			
									<u>Складальні одиниці</u>			
								1		Підшипник	1	
								2	ДП.021180.110	Редуктор	1	
Справ. №												
							3		Напівмуфта	2		
							4		Гальмо ТКП-600	2		
							5		Барабан	1		
							6		Труба зливна	1		
							7	ДП.021180.120	Вузол промвала	1		
									<u>Деталі</u>			
								8		Обойма зубчаста	2	
								9		Шайба	2	
								10		Втулка зубчаста	1	
Підп. и дата												
							11		Шків гальмівний	2		
							13		Прокладка	4		
							14		Прокладка	2		
							15		Прокладка	4		
							16		Упор	4		
							17		Упор	2		
Взам. інв. №												
Інв. № діділ.												
Підп. и дата												
Інв. № подл.												
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.021180.100							
Разрад.	Козачок											
Пров.	Шейко				Механізм підйому грейфера							
Н.контр.	Васильченко											
Утв.	Власов				Лит.	Лист	Листов					
						1	2					
						МОНУ ІННІ ім. Ю. М. Петедні ЗНУ зр. 6.1331-с						

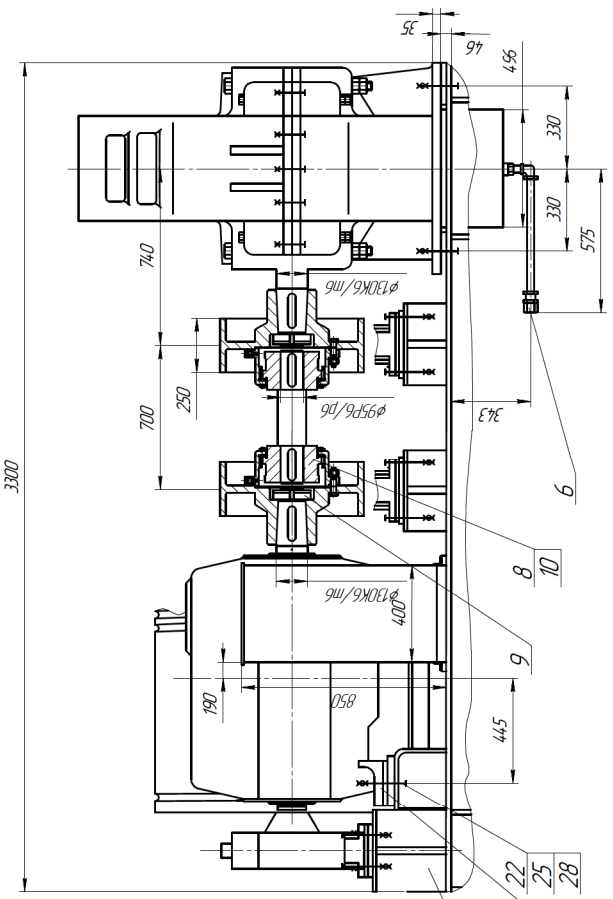
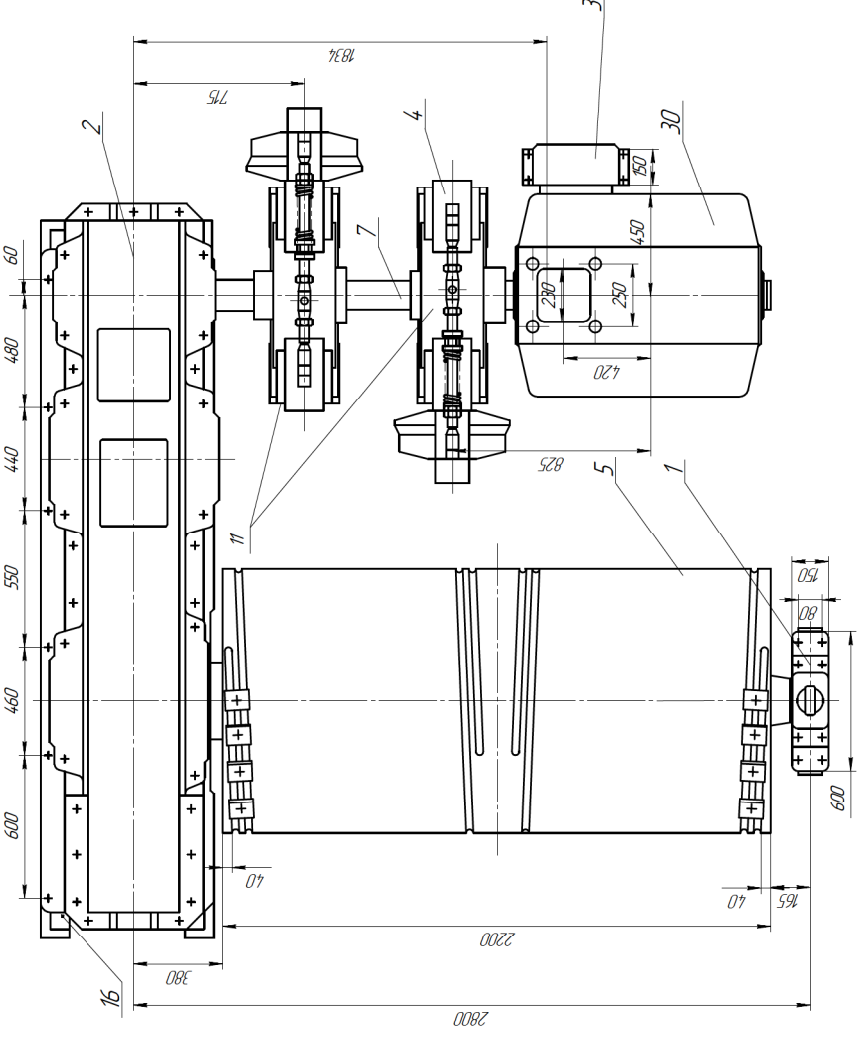
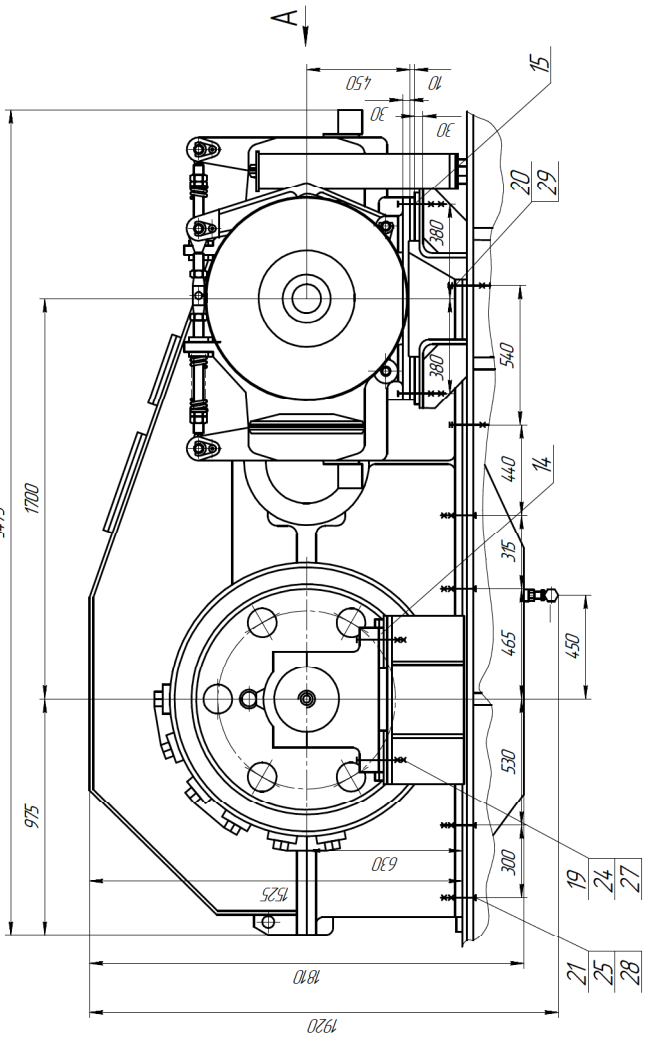
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
		19		<i>Болт ГОСТ 7798-70 M24X110</i>	8	
		20		<i>M30X170</i>	4	
		21		<i>M36X90</i>	2	
		22		<i>M36X140</i>	10	
		23		<i>M36X160</i>	4	
				<i>Гайка ГОСТ 5915-70</i>		
		24		<i>M24.5</i>	16	
		25		<i>M30.5</i>	4	
		26		<i>M36.5</i>	14	
		27		<i>M30.5</i>	8	
		28		<i>M36.5</i>	4	
		29		<i>Шайба 36 ГОСТ 6402-70</i>	14	
		30		<i>Електродвигун Д816-У2 ГОСТ 184-71</i>	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дѣл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ДП.021180.100</i>	Лист
						2

ДП021180.100.СК

A



- Технічна характеристика
- 1. Вантажопідіймальність - 32 т
  - 2. Швидкість підйому - 108 м/с
  - 3. Висота підйому - 35 м
  - 4. Конструкція каната - 33-Г-В-Н-1764 ДСТУ3079-80
  - 5. Передаточне число редуктора - 25,72
  - 6. Тип електродвигуна - ДР1642 ДСТУ184-71
  - 7. Потужність електродвигуна - 150кВт
  - 8. Число одертів вала відгуна - 480 об<sup>-1</sup>
  - 9. Тип гальма - ТКП-600
  - 10. Кінцевий вимикач - КЧ-103А П2

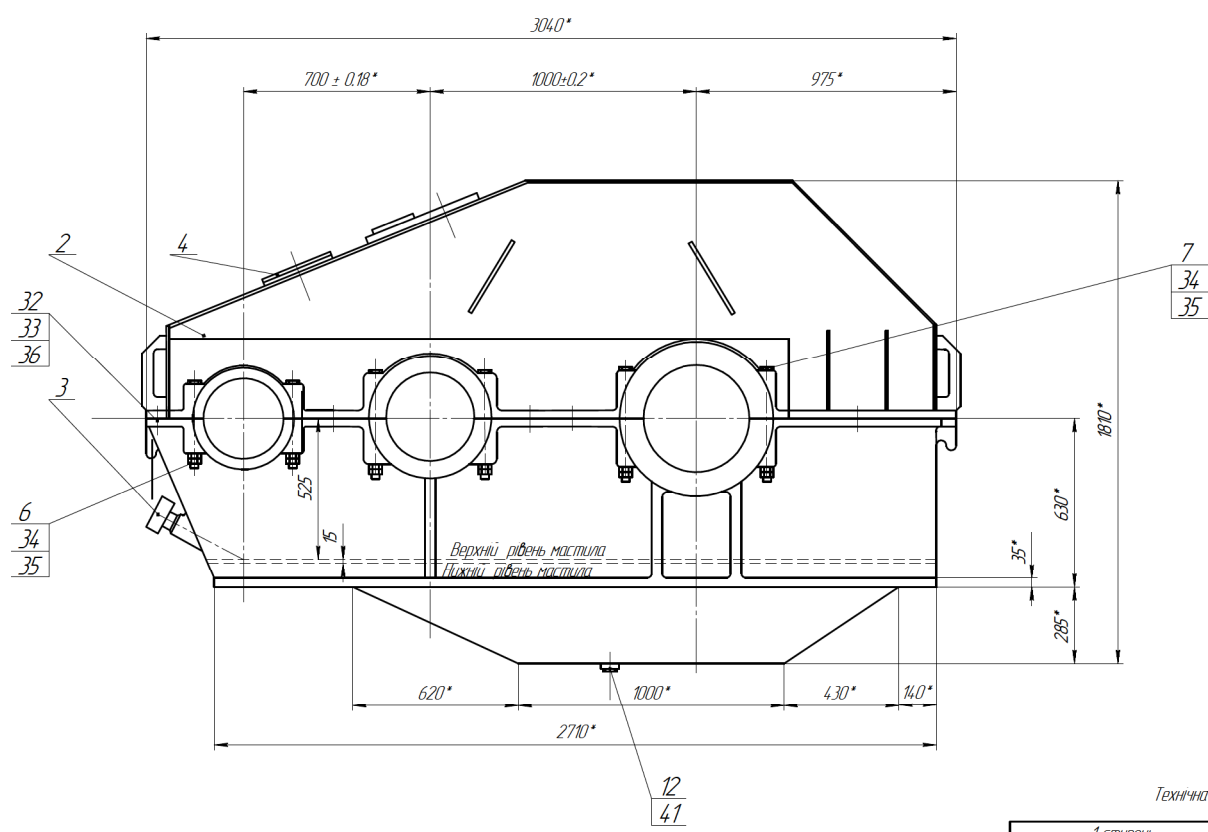
ДП021180.100.СК		Класифікація	
Модель	М. Вироб.	Лист	Масштаб
Розроб.	Коректор	У	1:1
Деталь	Шкала	Лист	1 з 1
Назва	Виконавець	№ в. в. М. Держ. ЗНУ	Згідно з ДСТУ 9396-97
Уніт	Видаток	№ в. в. М. Держ. ЗНУ	Згідно з ДСТУ 9396-97
		Формат А1	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	Перв. примен.			<u>Документация</u>			
				ДП.021180.110 СК	Складальне креслення		
					<u>Сборочные единицы</u>		
			1		Корпус редуктора	1	
			2		Кришка редуктора	1	
			3		Мастиловимірювач №4	1	
			4		Кришка смотрова	2	
					<u>Детали</u>		
			5		Болт спеціальний МЗ6	4	
			6		Болт спеціальний МЗ6	6	
			7		Болт спеціальний МЗ6	2	
			8		Вал зубчастий	1	
			9		Вал-шестерня	1	
			10		Вал-шестерня	1	
			11		Прокладка	1	
			12		Кришка глуха	1	
			13		Кришка глуха	2	
			14		Кришка глуха	1	
			15		Кільце дистанційне	1	
	16		Кільце дистанційне	1			
	17		Кільце	1			
	18		Кільце дистанційне	1			
	19		Кришка наскрізна	1			
<b>ДП.021180.110</b>							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб. Козачок							
Пров. Шейко							
Н.контр. Васильченко							
Утв. Власов							
Редуктор механізму подйому				Лит.	Лист	Листов	
					1	3	
				МОНУ ІННІ ім. Ю. М. Потебні ЗНУ зр. 6.1331-с			



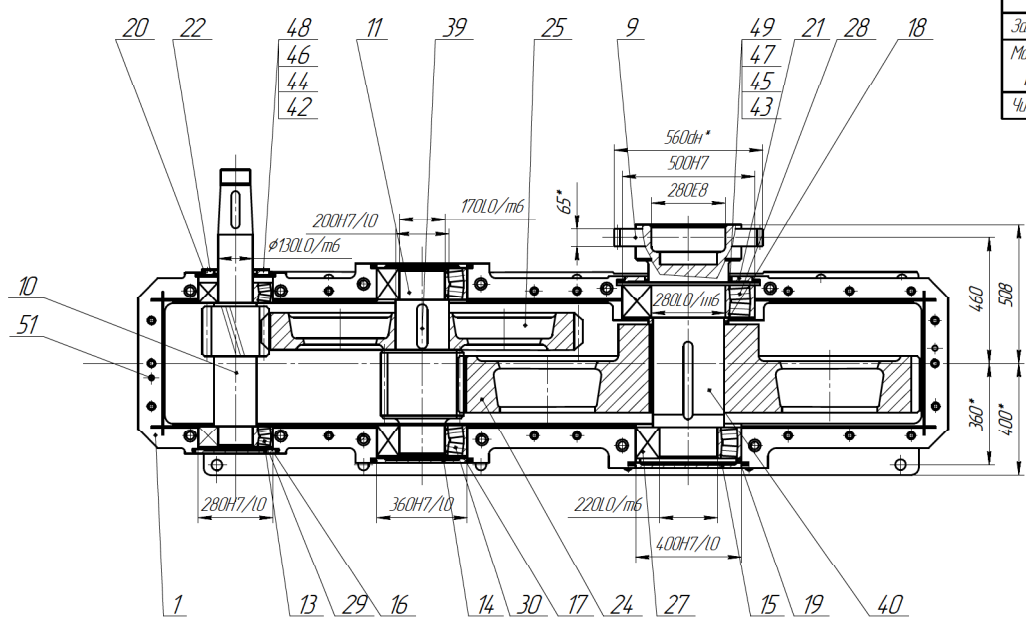






Технічна характеристика

1 ступінь						2 ступінь							
$Z_1$	$Z_2$	$m^*/m^*$	$\alpha$	$\beta$	$u$	$x$	$Z_1$	$Z_2$	$m^*$	$\alpha$	$\beta$	$u$	$x$
22	116	10/10,14	20°	9°22'	5,27	+0,068	17	83	20	20°	0	4,88	+0,3
Ступінь точності						B							
Змощування	Зачеплення			картерне									
	Підшипників			картерне									
	Кількість залитої мастила			308 л	Модка мастила ІІ-50А ДСТУ 20799-75								
Загальне передаточне число						25,72							
Мак. обертовий момент на вихідному валу						90 кНм							
Число обертів вхідного вала						480 хв <sup>-1</sup>							



- Розбіжність контурів корпусу і кришки по фланцям розмирення не більше 4 мм.
- Бічні зазори, мм:  
1 пари. Найменший-0,32, найбільший-1,13  
2 пари. Найменший-0,42, найбільший-1,4
- Перед обкатуванням в редуктор залити масло індустріальне ІІ-50А ДСТУ 20790-75 до верхньої риски мильовимірничі.
- Редуктор обкатати удіж зазначеній на кресленні стрілкою, робоче числі обертів вхідного вала 460 хв<sup>-1</sup> не менш 2-х годин.
- По закінченні обкатування пляма контакту повинна розміститися не менше ніж на 30% висили зідди і 40% ширини зідди.
- Поверхні розмирення і гредені застайних кришок перед остаточною зборкою покрити пастою Т герметик.  
Примітка: вставка яких-небудь ущільнювальних прокладок забораняється.
- При транспортуванні зібраний редуктор ставити на картер не допускється.
- \*Розміри для довідок.

Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10  
Лист 11 з 11  
Лист 12 з 12  
Лист 13 з 13  
Лист 14 з 14  
Лист 15 з 15  
Лист 16 з 16  
Лист 17 з 17  
Лист 18 з 18  
Лист 19 з 19  
Лист 20 з 20  
Лист 21 з 21  
Лист 22 з 22  
Лист 23 з 23  
Лист 24 з 24  
Лист 25 з 25  
Лист 26 з 26  
Лист 27 з 27  
Лист 28 з 28  
Лист 29 з 29  
Лист 30 з 30  
Лист 31 з 31  
Лист 32 з 32  
Лист 33 з 33  
Лист 34 з 34  
Лист 35 з 35  
Лист 36 з 36  
Лист 37 з 37  
Лист 38 з 38  
Лист 39 з 39  
Лист 40 з 40  
Лист 41 з 41  
Лист 42 з 42  
Лист 43 з 43  
Лист 44 з 44  
Лист 45 з 45  
Лист 46 з 46  
Лист 47 з 47  
Лист 48 з 48  
Лист 49 з 49  
Лист 50 з 50  
Лист 51 з 51  
Лист 52 з 52  
Лист 53 з 53  
Лист 54 з 54  
Лист 55 з 55  
Лист 56 з 56  
Лист 57 з 57  
Лист 58 з 58  
Лист 59 з 59  
Лист 60 з 60  
Лист 61 з 61  
Лист 62 з 62  
Лист 63 з 63  
Лист 64 з 64  
Лист 65 з 65  
Лист 66 з 66  
Лист 67 з 67  
Лист 68 з 68  
Лист 69 з 69  
Лист 70 з 70  
Лист 71 з 71  
Лист 72 з 72  
Лист 73 з 73  
Лист 74 з 74  
Лист 75 з 75  
Лист 76 з 76  
Лист 77 з 77  
Лист 78 з 78  
Лист 79 з 79  
Лист 80 з 80  
Лист 81 з 81  
Лист 82 з 82  
Лист 83 з 83  
Лист 84 з 84  
Лист 85 з 85  
Лист 86 з 86  
Лист 87 з 87  
Лист 88 з 88  
Лист 89 з 89  
Лист 90 з 90  
Лист 91 з 91  
Лист 92 з 92  
Лист 93 з 93  
Лист 94 з 94  
Лист 95 з 95  
Лист 96 з 96  
Лист 97 з 97  
Лист 98 з 98  
Лист 99 з 99  
Лист 100 з 100

ДПО2180.110 СК

Редуктор механізму подіому

Лист	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

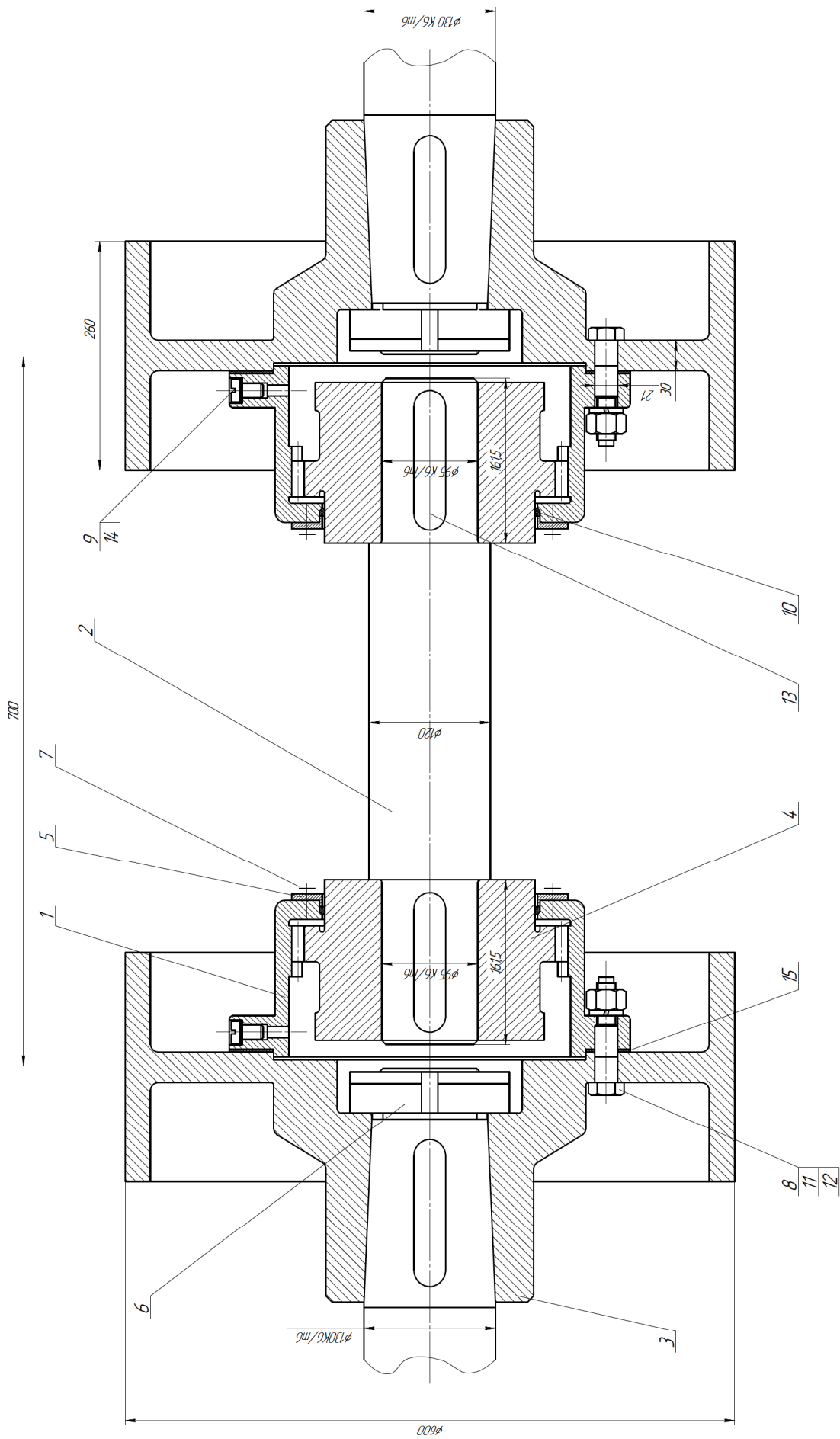
Інв. Лист № докум. Підп. Дата  
Розроб. Козак Шкода  
Проб. Шкода  
Техніч. Шкода  
Начальн. Васильченко  
Міст. Влахов

Лист 1 з 1

№8 м. 10. М. Потебня ЗНУ зр. 6.131-с

Формат А1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	Перв. примен.			Документація			
				ДП.021180.120 СК	Складальне креслення		
					Деталі		
			1		Обойма зубчаста	2	
			2		Вал проміжний	1	
			4		Втулка зубчаста	2	
			3		Гальмівний шків $\varnothing 600$	2	
			5		Кришка	2	
			6		Шайба	2	
			7		Кільце ущільнювальне	2	
					Стандартні вироби		
			8		Болт М20х95 ГОСТ 7805-70	24	
			9		Болт М8х14 ГОСТ 7805-70	20	
			10		Гвинт М12х14 ГОСТ 1491-72	2	
			11		Шайба 20 ГОСТ 6402-70	20	
	12		Гайка М20 ГОСТ 5915-70	20			
	13		Шпонка призматична 32х18х14 ГОСТ 23360-78	2			
	14		Шайба ущільнювальна $\varnothing 14 / \varnothing 18 \delta = 2$ мм	2			
	15		Прокладка	2			
ДП.021180.120							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Козачок				Лит.	Лист	
Пров.	Шейко					Листов	
И.контр.	Васильченко				1		
Утв.	Власов				МОНУ ІННІ ім. Ю. М. Потебні ЗНУ зр. 6.1331-с		
Вузол промвала							



ДП.02.180.120.СК

ДП.02.180.120.СК		Лист	250	из 250
Вызови чертежа		Исполнитель	И.И.И.	Проверено
		Утверждено	И.И.И.	Дата
		Исполнитель	И.И.И.	Дата
		Утверждено	И.И.И.	Дата

Масштаб	Число в знаменателе	Число в числителе	Число в знаменателе	Число в числителе	Число в знаменателе	Число в числителе
1:1						

Канат: тип /К-Р 6х19(1+6+6/6)+1а.с.  
 по ДСТУ 2688-80;  
 $S_{max}=69,4$  кН;  
 $R_p=416,4$  кН;  
 $[R]=458$  кН;  
 $d_k=32$  мм;  
 Довжина заготовки 6290 мм;  
 7290 мм

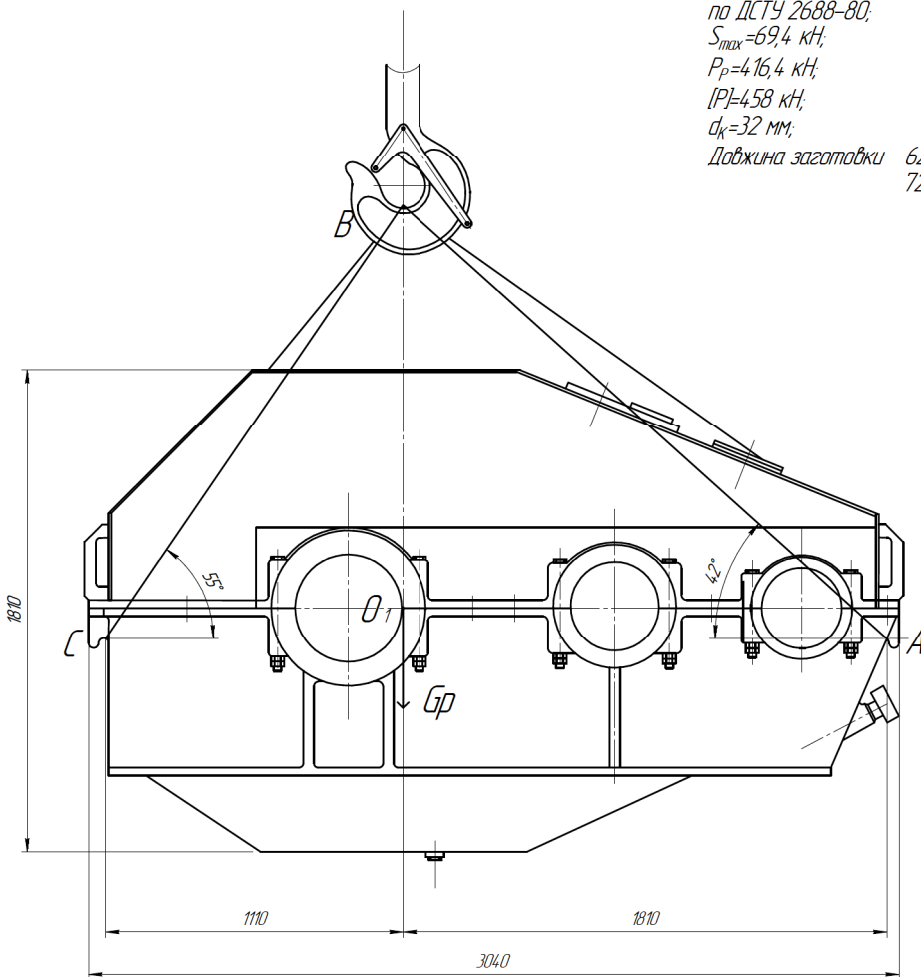
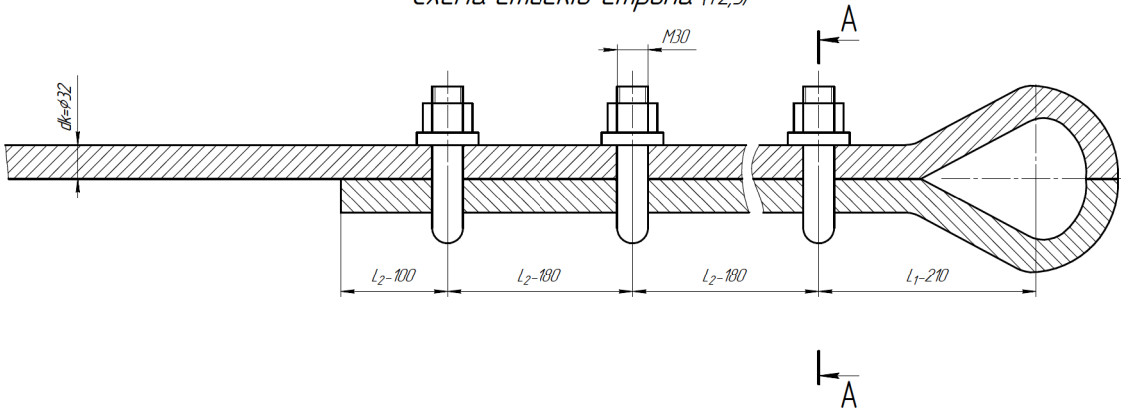
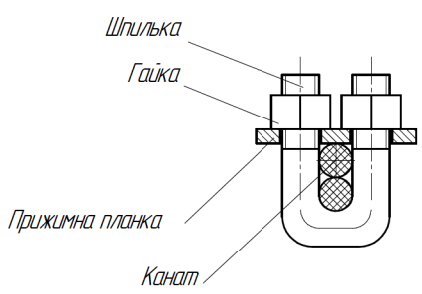


Схема стисків стропи (1:2,5)



A-A (1:4)

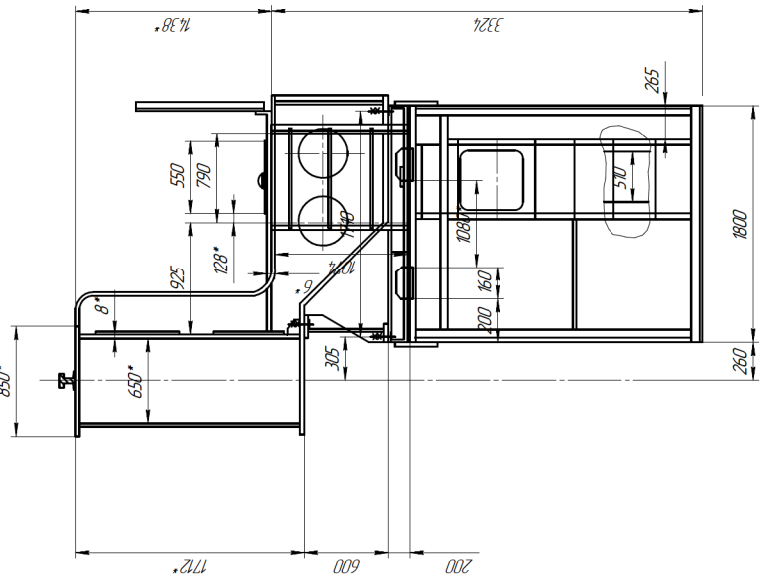
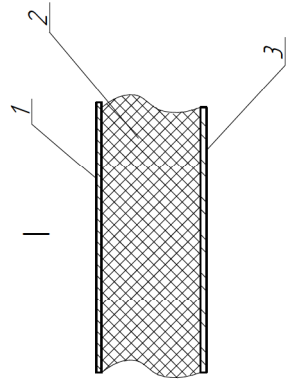
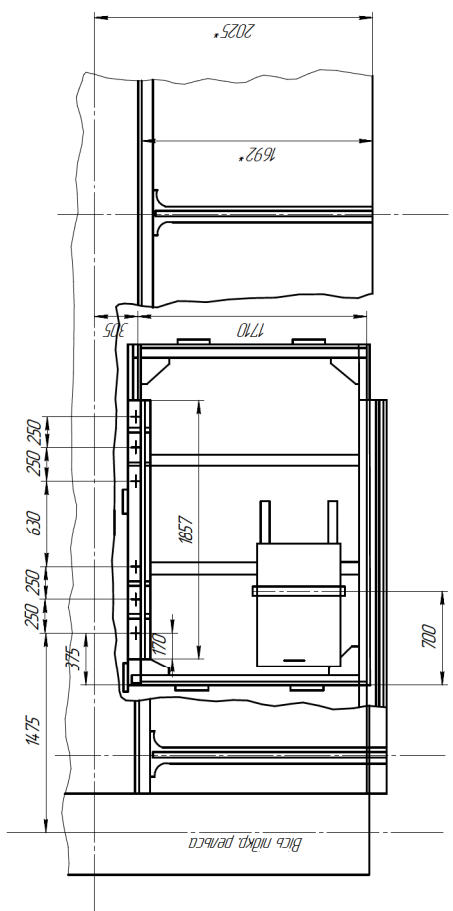
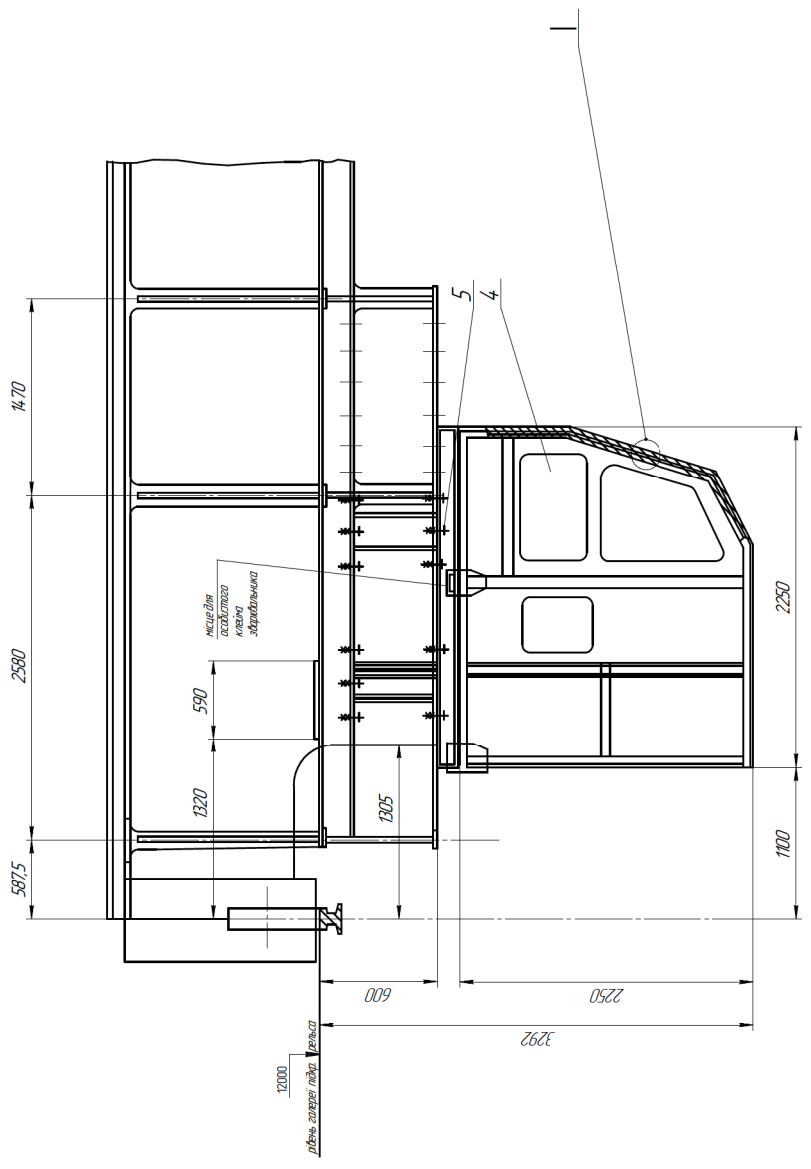


- Шпилька - М30;
- Гайка - М30;
- Кількість стисків - 6 шт;
- Довжина шпильки - 370 мм

				ДПО21180.300 С		
				Схема стропування редуктора		
Лист	№ докум.	Лист	Штук	Лист	Масштаб	Масштаб
1		1	1	1	6:50	1:10
Розроб	Корект	Проєк	Шеква	Лист	1	Листів
Технік	Шеква					
Начальн	Водильченко					
Ініц	Власов					
				ІНН ім. Ю. М. Петрови ЗНУ пр. 6.1331-с Формат А1		

Лист 1 з 1  
 Сторінка 1 з 1  
 Довжина 1110 мм  
 Ширина 1810 мм  
 Площа 200910 мм<sup>2</sup>





Поз	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Сталь-лист 5х1500	1	ДСТ 19903-86
2	Мінеральна вата	1	ДСТ 6786-78
3	Алюмінієвий лист 5х1240-1490	1	ДСТ 4878
4	Скло	6	ДСТ 3008-81
5	Гвинти та шурупів	36	

1. Для вказів на мост крана використовувати спеціальні тачки
2. Зварювання по ДСТ 5264-80, Електроди: ЗС4А по ДСТ 9466-75
3. \* Розміри для відбитку

ДП.021180.4.00.01		Лист	Кількість	Масштаб
Мат.021180.4.00.01	Кабіна крана	У	1	1:10
Розроб	Машиніста	Лист	1	Листовий
Проєкт	Охорона праці	Відп.	1	Відп.
Начальник	Відповідальний	Інж. М. М. Пилипчук		
Узгод.	Узгод.	Інж. В. В. Пилипчук		
Узгод.	Узгод.	Інж. В. В. Пилипчук		