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 приводу підйому грейферного крану цеху водопостачання

Виконав: студент групи 6.1332-с

Обуденіков Б. С.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 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 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____” _____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Обуденікова Богдана Сергійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення вузла приводу підйому грейферного крану цеху водопостачання
керівник кваліфікаційної роботи доцент, Ph.D. Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ грудня 2024 року № 2031-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2025 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи цеху водопостачання
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. Апаратно-технологічна схема цеху водопостачання – 1А1; 2. Грейферний кран КК-20-32 – 1А1; 3. Редуктор Ц2-650 – 1А1; 4. Деталювання –1А1; 4. Схеми стропування – 1А1; 5. Місцева вентиляція – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційої роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	14.04.2025 – 06.05.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	07.05.2025 – 11.05.2025	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	12.05.2025 – 21.05.2025	
4	Виконання графічної частини проєкту	22.05.2025 – 05.06.2025	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2025 – 10.06.2025	
6	Перевірка проєкту консультантами	11.06.2025 – 12.06.2025	
7	Попередній захист проєкту	13.06.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Обуденіков Б. С. Удосконалення вузла приводу підйому грейферного крану цеху водопостачання

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник О. М. Гречаний. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025.

Виконано аналіз технологічного процес цеху водопідготовки. Розглянуті конструктивні особливості вузлів та механізмів грейферного крану козлового типу. Запропоновано варіант модернізації механізму підйому. Виконано необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Розглянуті питання техногенної безпеки та екології в цеху водопідготовки.

Ключові слова: водопідготовка, козловий кран, грейфер, механізм підйому, сталевий канат, барабан, строповка

ABSTRACT

Obudenikov B. S. Improvement of the Drive Unit for Lifting the Grab Crane of the Water Supply Shop

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser O. M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The analysis of the technological process of the water treatment shop was performed. The design features of the nodes and mechanisms of the gantry-type grab crane were considered. A variant of the modernization of the lifting mechanism was proposed. The calculations necessary for the implementation of the modernization were performed. The issues of technogenic safety and ecology in the water treatment shop were considered.

Keywords: water treatment, gantry crane, grab, lifting mechanism, steel rope, drum, sling

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Загальні відомості про технологічний процес та місце в ньому грейферного крану 8
1.2 Опис роботи та коротка технічна характеристика грейферного крана 13
1.3 Аналіз конструктивних недоліків вузла приводу підйому та пропозиції щодо їхнього усунення 18
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 21
2.1 Розрахунок потужності електродвигуна приводу механізму підйому грейферного крану 21
2.2 Визначення основних кінематичних та силових характеристик приводу механізму підйому грейферного крану 22
2.3 Розрахунок найбільш навантажених деталей на міцність 27
2.3.1 Вибір канату 27
2.3.2 Розрахунок барабану на міцність 28
2.3.3 Розрахунок напівосей барабану 29
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 34
3.1 Технічне обслуговування грейферного крану 34
3.2 Вибір системи мащення і мастильних матеріалів механізму підйому грейферного крану. Розробка карти мащення 38
3.3 Розрахунок зусилля напресування маточини на на піввісь 41
3.4 Розрахунок зусилля напресування вальниці на напіввісь 44
3.5 Вибір канату для виготовлення стропа 48
3.6 Підготовка до капітального ремонту грейферного крану 51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
4.1 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів 57
4.2 Розробка заходів захисту від впливів небезпечних і шкідливих виробничих факторів 59

4.3. Заходи з виробничої санітарії 60
4.3.1 Природна й штучна вентиляція 60
4.3.2. Організація природнього та штучного освітлення 62
4.3.3 Облаштування санітарно-побутових приміщень 65
4.4 Заходи пожежної безпеки 66
4.5 Заходи щодо техніки безпеки 68
4.6 Заходи з охорони навколишнього середовища 69
4.7. Розрахунок дефлектора для оптимізації процесу природньої вентиляції 70
Висновки 73
Список використаної літератури 74
ДОДАТКИ 78

ВСТУП

У сучасних умовах інтенсивного розвитку промисловості особливого значення набуває підвищення ефективності роботи вантажопідйомного обладнання, яке є невід'ємною складовою технологічних процесів. Грейферні крани відіграють ключову роль у забезпеченні безперервної роботи багатьох виробничих дільниць, зокрема – у цехах водопостачання, де вони використовуються для транспортування осаду, піску, вапна, шламу та інших матеріалів.

Надійність, безпечність та економічність експлуатації таких агрегатів значною мірою залежить від технічного стану їхніх приводних систем. У зв’язку з цим удосконалення вузла приводу підйому грейферного крана є актуальним завданням, спрямованим на підвищення загальної продуктивності обладнання, зменшення простоїв та витрат на обслуговування.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз існуючої конструкції приводу підйому грейферного крана цеху водопостачання, виявлення його недоліків та розробка технічного рішення щодо його модернізації. У процесі проєктування також враховано питання енергоефективності, надійності та відповідності вимогам охорони праці.

Практична реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити надійність та довговічність вузла приводу, скоротити витрати на ремонт і технічне обслуговування, зменшити споживання електроенергії, а також забезпечити безпечніші умови праці для обслуговуючого персоналу.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 84 сторінки, на яких 16 рисунків, 5 таблиць, 6 додатків. Бібліографічний список має 39 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проєктування – грейферний кран цеху водопостачання ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – удосконалення конструкції приводу підйому грейферного крану.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про технологічний процес та місце в ньому грейферного крану

Служба головного енергетика підприємства бере свій початок ще з етапу будівництва комбінату «Запоріжсталь». У 1932–1933 роках, паралельно з підготовкою до пуску доменної печі №1, на території майбутнього підприємства було зведено низку важливих енергетичних об’єктів. Серед них — цех водопостачання, теплоелектроцентраль (ТЕЦ), газовий цех, а також цех мереж та підстанцій. Ці підрозділи стали фундаментом енергетичного забезпечення комбінату і мають власні трудові традиції та історії. Зокрема, у 2023 році ТЕЦ та цех водопостачання відзначили 90-річний ювілей [1].

Основна функція енергетичних служб «Запоріжсталі» залишається незмінною вже багато десятиліть – це стабільне та безперебійне забезпечення всіх структурних підрозділів комбінату енергоресурсами, а також їх ефективне використання й оптимальний розподіл [1].

Сьогодні у склад служби головного енергетика входять шість спеціалізованих цехів. Їхня діяльність охоплює широкий спектр завдань: виробництво технологічної та енергетичної пари, подачу доменного дуття, генерацію власної електроенергії, утилізацію та повторне використання вторинних енергоресурсів, а також очищення і підготовку хімічно очищеної води для технологічних потреб [1].

Цех водопостачання ПАТ «Запоріжсталь» – невід’ємна частина виробничої інфраструктури підприємства. Саме тут щодня працюють енергетики, які забезпечують стабільне водопостачання для технологічних процесів та господарсько-побутових потреб комбінату [2].

Сьогодні у складі цеху понад 300 фахівців – досвідчених, відповідальних і відданих своїй справі. Завдяки їхній злагодженій роботі водопостачання на підприємстві організоване на високому рівні, а використання водних ресурсів –

раціональне та контрольоване. Нещодавно підрозділ відсвяткував поважну дату – 90 років з дня заснування [2].

Цех водопостачання ПАТ «Запоріжсталь» призначений для очищення забрудненої води та подавання очищеної води на виробництво [2].

Цех складається з дев'яти дільниць, які виконують свої функції (рис. 1.1):

- головна насосна станція призначена для подавання води на комбінат;

- зворотній цикл доменного підприємства призначений для очищення води, яка подається з доменного цеху; забруднена вода, потрапляючи до радіального відстійника, відстоюється та дає осад, що подається насосами до вакуумних фільтрів, де він проходить останнє очищення та вивозиться до рудного двору; очищена вода знову подається на виробництво;

- очисний цикл мартенівського виробництва призначений для очищення води, що багата на залізну руду; вода попадає до згущувачів та дає осад, який викачується насосами на фільтр-преси, де відбувається обезводнення, осад завантажується до вагонів та відправляється до рудного двору; очищена вода знову подається на виробництво;

- очисний цикл ливарного цеху призначений для обезводнення та очищення води ливарного цеху; первинне очищення відбувається на пісколовках, потім на радіальних відстійниках, звідти насосами перекачується до згущувачів, де пісок осідає та подається насосами на фільтр-преси, де відбувається його обезводнення та відправлення до відстійників; грейферним краном пісок завантажується у вагони, вивозиться до звалища;

- очисний цикл окалиновмістких стоків призначений для очищення від окалини та мастил стокових вод, та охолодження освітленої води; вода, що забруднена циндрою та мастилом, проходить через горизонтальні відстійники, звідти грейферним краном вибирається окалина, яка осіла, та вантажиться в бункери для обезводнення, після чого самоскидом відправляється до рудного двору;

- насосна станція прокатного цеху призначена для очищення води та запуску її до виробництва;

- берегові насосні станції №1, №2 призначені для закачування води на комбінат;

- очисний цикл киснево-компресорного цеху призначений для очищення та охолодження води та запуску її знову до виробництва;

- очисна водонасосна станція призначена для очищення питної води; вода, проходячи очищення в хлораторах, освітлювачах, фільтрах подається на комбінат.

Споруда зворотнього циклу окалиновмістких стоків прокатних цехів призначена для очищення від окалини та мастил стокових вод, охолодження освітленої води. Стоки від обладнання чистової та чорнової груп, охолодження штаби та моталок цеху гарячої прокатки тонкого листа, забруднені окалиною та мастилом, крізь первинні відстійники в кількості 7200-8200 $м^3$/год направляються до насосних підкачок. Стокові води зі змістом окалини до 300 мг/л та мастил до 40 мг/л насосами ГРТ – 1600/50 по двом шлангопроводам діаметром 1100 мм потрапляють до горизонтальних відстійників для освітлення та уловлювання мастил. Рівномірне розподілення стоків по секціям регулюється шиберами в лотках.

В секціях відстійника, окалина, що випала, збирається в поглибленій частині, а освітлена вода – через переливний гребінь з протилежного боку поступає по лоткам освітленої води до камери гарячої води, ємкістю 600 $м^3$.

Для охолодження води циркуляційні насоси Д – 5400/30 подають гарячу воду на дві двохсекційні вентиляторні градирні з вентиляторами ІВГ – 70.

З градирень вода потрапляє до камери холодної води, ємкістю 1000 $м^3$, звідти насосами Д – 5000/50 по двом водоводам діаметром 1100 мм попадає на повторне використання в ЦГПТЛ.

Частка освітленої води в кількості 500 $м^3$/год потрапляє на фільтрувальну станцію для доочищення від окалини та мастил, потім залишковим напором направляється на гідрозлив окалини та гідроущільнення насосу ГРТ – 1600/50 насосних підкачок.

Окалину, що сіла в приймальних секціях горизонтальних відстійників,

прибирають після обезводнення, двома козловими кранами КК – 20 – 32 з грейферами у двадцять два залізобетонні бункери для остаточного обезводнення циндри. Потім циндру вантажать козловими кранами в самоскиди та вивозять на дільницю перевантаження для подальшого перевантаження залізнодорожнім краном з грейфером у вагони та відправляють до рудного двору комбінату.

Мастило з кожної секції відстійників поступає через цільові поворотні труби по лотку в дві мастилозбірні секції. Насосами Р3 – 30 мастило відкачують в автоцистерну та вивозять до мазутного сховища ТЕЦ для спалювання.

Склад основного обладнання та споруд:

- горизонтальний залізобетонний відстійник – чотири блока, використовують для освітлення стокових вод та уловлювання мастила;

- кран грейферний КК – 20 – 32 з грейфером - використовують для прибирання циндри із секцій горизонтальних відстійників та бункерів обезводнення;

- мастильні насосні станції – із мастило збірними секціями використовують для відкачування мастила насосами Р3 – 30 та відстояної води насосом ЗК – 9;

- камера гарячої води слугує для збирання освітленої води із горизонтальних відстійників по двом лоткам;

- вентиляторні градирні розприскую чого типу двохсекційні призначені для охолодження зворотної води;

- камери холодної води слугують для збирання охолодженої води з двох двохсекційних градирень по чотирьом трубопроводам діаметром 800 мм;

- насосна станція дренажних вод використовується для відкачування води, яка поступає з дренажних систем горизонтальних відстійників перед очищенням окалини, в камеру охолодженої води;

- бункери для обезводнення окалини – при обезводненні окалини вода з бункерів поступає до бункерних люків, а потім самопливом по трубопроводу в канал для відведення освітленої води;

- закриви поворотні – використовують для змінення витрат води в трубопроводах та припинення руху води в них.

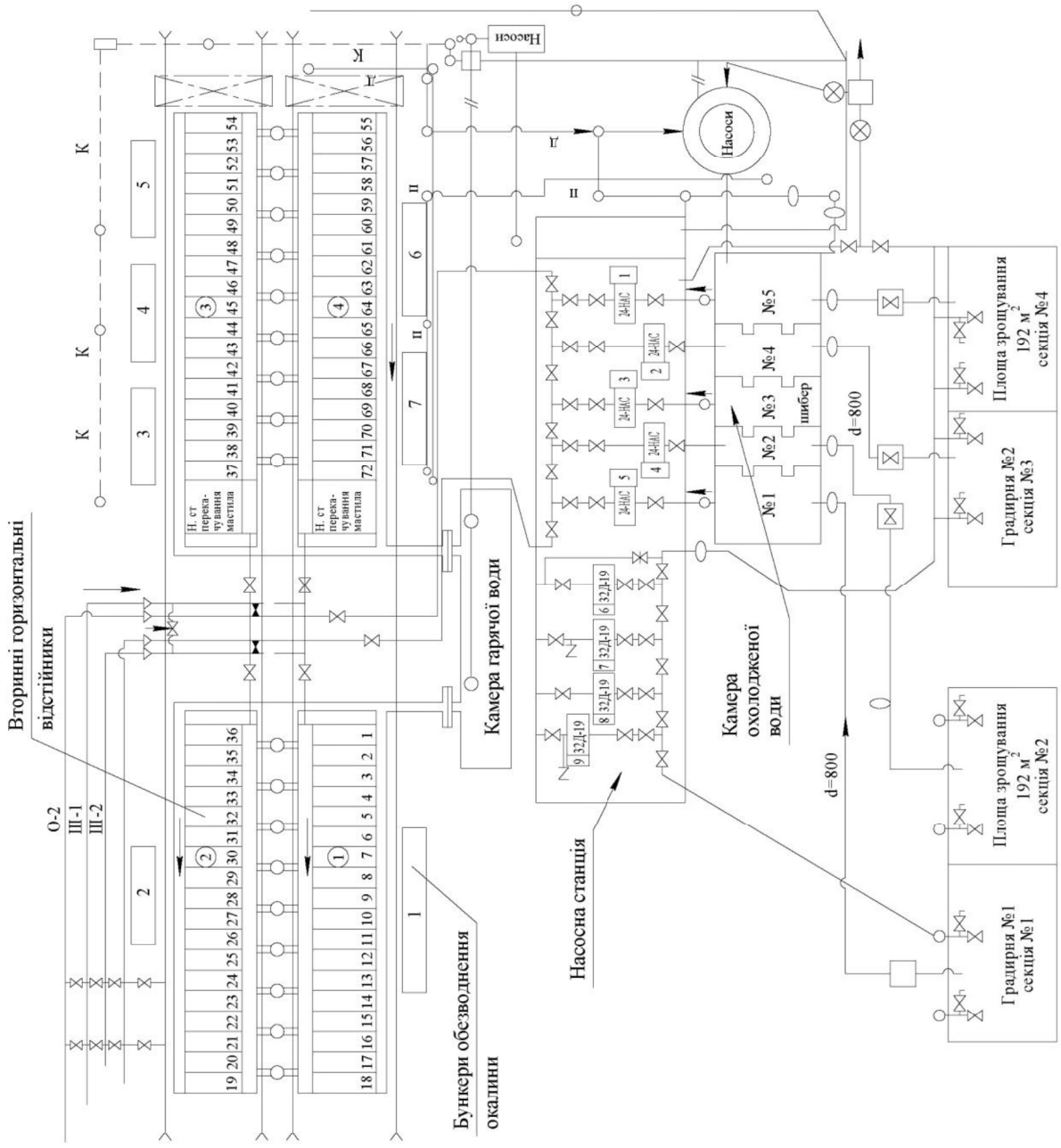


Рисунок 1.1 – Структурна схема цеху водопостачання

1.2 Опис роботи та коротка технічна характеристика грейферного крана

Грейферний кран КК – 20 – 32 (рисунок 1.2) є збірно-розбірною конструкцією [3], яка складається із наступних вузлів:

- мосту;
- ніг жорстких та суставних;
- візків вантажних та ходових;
- лебідок вантажних та тягових.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд грейферного крану козлового типу модель КК – 20 – 32

В залежності від довжини прогону та наявності консолей кран має шість схем збирання.

При двох консольному крані прогоном 32 м встановлюють баласти по 0,8 кг на ходові візки з боку гнучкої та жорсткої опор (рис. 1.3).

Міст крану – просторова форма прямокутного перетину з висотою 2500 мм та шириною 2500 мм по осям [4].

Міст крану складається із окремих панелей з’єднаних між собою болтами М20 [5].

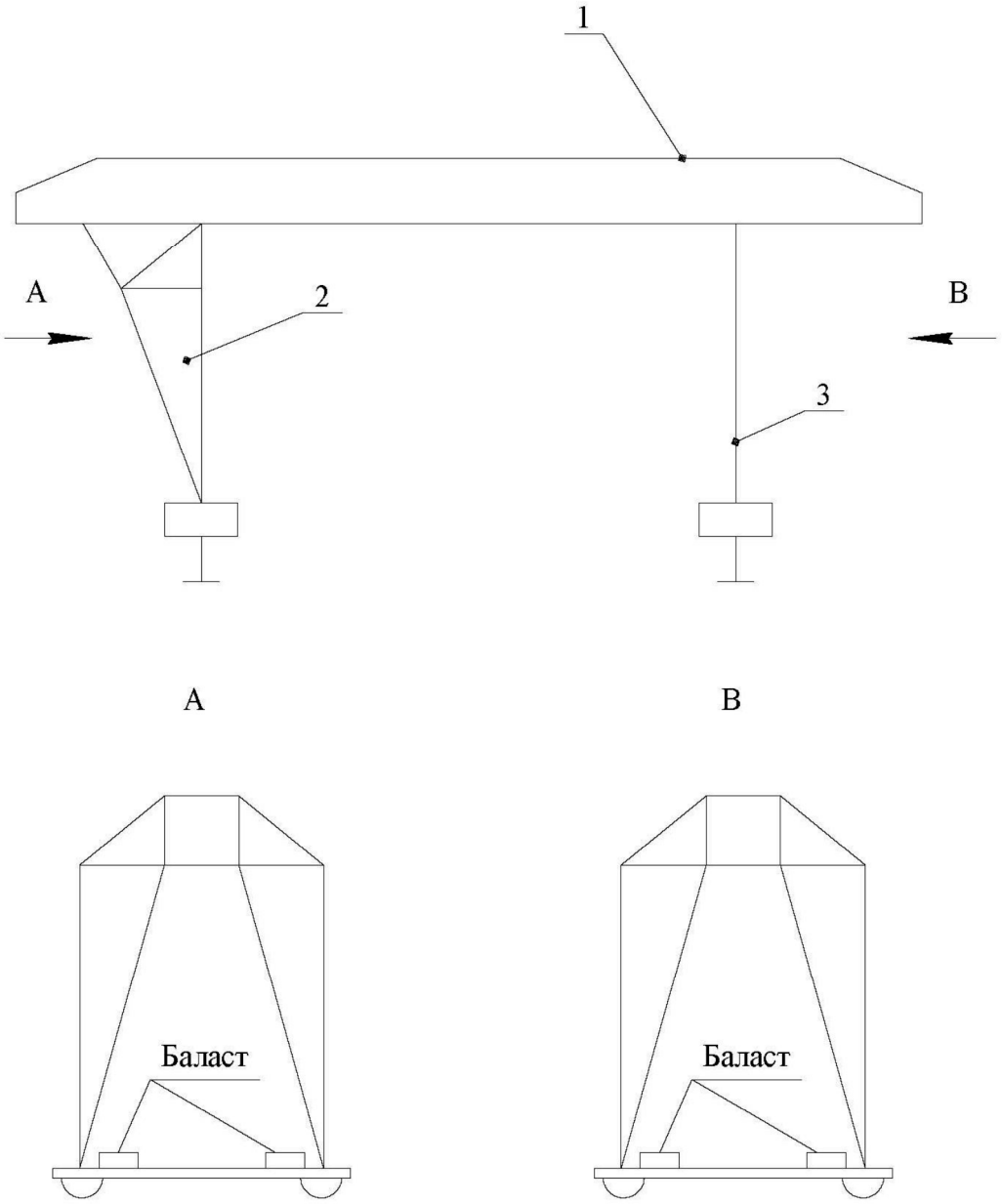


Рисунок 1.3 – Схема розміщення баласту: 1 – міст; 2 – жорстка нога; 3 – суставна нога

Пояси та грати вертикальних та горизонтальних ферм мосту утворені з куткового профілю та швелерів. Пояси виконані із подвоєних кутків 100 × 100 зварених в тавр. До фасонок нижньої ферми мосту за допомогою зварювання прикріплена двотаврова балка №3, по нижній полиці якої пересувається

вантажний візок. З середини, для повздовжнього проходу, розташований дерев'яний настіл із щитів з огорожами. З середини мосту, з боку жорсткої опори, розташовуються майданчики, на яких монтують лебідки в грейферному виконанні підйому грейфера, замикання грейфера та пересування вантажного візка.

Міст крізь провушини за допомогою осей діаметром 100 мм спирається на жорсткі та суставні ноги. Жорстка нога є трикутною пірамідою, кожна грань якої площина ремонтної конструкції. Конструкція суставної ноги є плоскої форми.

Ноги крану прикріплені до опорних візків вісьмома болтами М20. Механізм пересування крану складається з двох двохколісних візків. Кожен візок має індивідуальний привід та складається з рами і ходових коліс діаметром 600мм; відкритої передачі, електродвигуна МТІІ – 211 – 6 (1), гальма ТКГ – 200 (2), редуктора РДЦ – 400 (3), гальмівних кожухів та електродвигуна. Механізм оснащений протиугінними захоплювачами, напівпротиугінними захоплювачами та буферним пристроєм.

Умовну схему механізму переміщення крану показано на рисунку 1.4.

Раму візка зварної конструкції, виготовлюють з двох повздовжніх двотаврових балок №36, з'єднаних за допомогою діафрагм, накладок та лобових листів. В кожній рамі розташовано два отвори для встановлення коліс. На рамі є майданчики для встановлення електродвигуна 1, гальм 2 та редуктора 3. Електродвигун з редуктором з'єднані пружною муфтою, на кожній рамі з боку приводного колеса встановлюються ручні протиугінні захоплювачі, а з боку ходового колеса - напівавтоматичні протиугінні захоплювачі. Ходові візки обладнані буферними пристроями. Канатний вантажний візок спирається на балку шістнадцатьма ходовими колесами діаметром 180 мм. Колеса з'єднані з обоймами, які об'єднуються двома балансирами, які створюють два восьми колісні візка, які з'єднуються між собою стяжками для одночасного натягування тягового канату.

Кожен балансир має дві щоки, які між собою з'єднані шпильками [6]. В щоках балансирів виконано три отвори, два верхніх - для кріплення ходових,

одне нижнє - для кріплення рами блоками діаметром 630 мм поліспасту підйому вантажу.

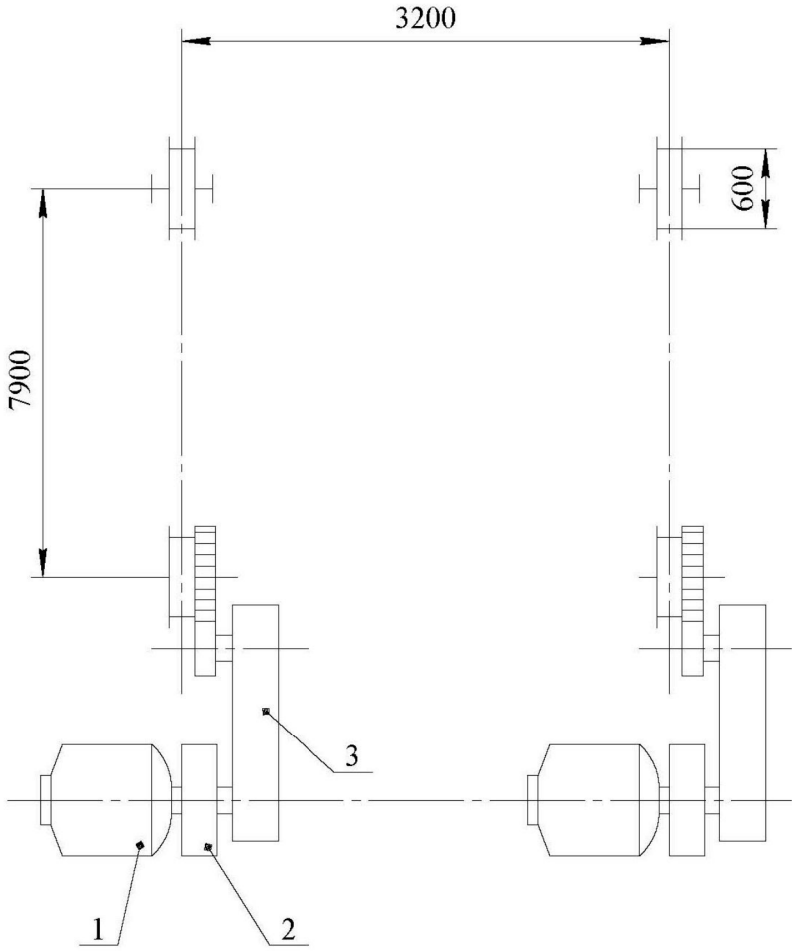


Рисунок 1.4 – Умовна схема механізму переміщення крану: 1 – електродвигун, 2 – гальмо; 3 – редуктор

Таким чином, точки підчепки рами розташовані так, щоб вертикальні навантаження на колеса розподілялись рівномірно. Лебідка підйому вантажу, підйому грейферу та замикання грейферу складається з наступних вузлів:

– зварного гладкого барабану 4, діаметром 450 мм;

– редуктора 3, РМ – 650;

– гальма 2, ТКТГ – 300;

– електродвигуна 1, МТВ – 412 – 8. Р = 22 кВт, n = 715 об/хв.

Електродвигун 1 з редуктором 3 з'єднаний зубчастою муфтою з гальмівним шківом 2, внаслідок чого обертання передається на барабан 4 (рис. 1.5).

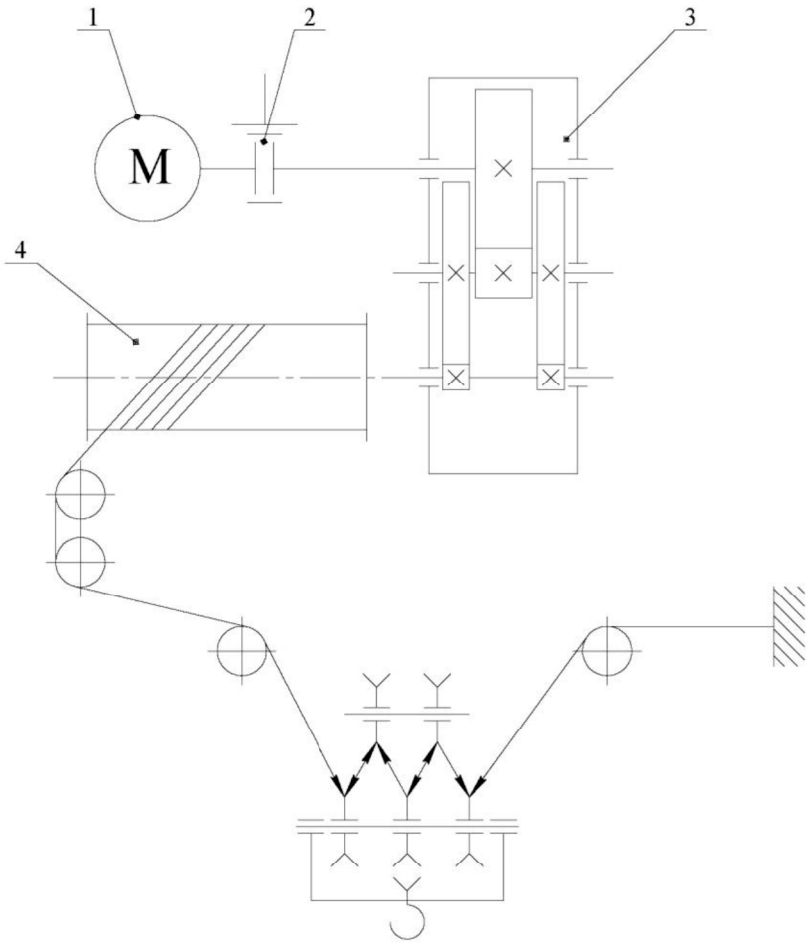


Рисунок 1.5 – Кінематична схема лебідки підйому вантажу, підйому грейферу та замикання грейферу: 1 – електродвигун, 2 – гальмо; 3 – редуктор; 4 – барабан

Лебідка пересування вантажного візка [7] (рис. 1.6) складається з наступних вузлів: зварного нарізного барабана 1 діаметром 325 мм, редуктора 2 РЦД – 400, гальма 3 ТКГ – 200 та електродвигуна 4 МТ 211 – 6 Р = 7,5 кВт, n = 935 об/хв. при ПВ = 25%. Електродвигун з редуктором з'єднані еластичною муфтою з гальмівним шківом. Зусилля від приводу передається на барабан, який намотує або змотує канат, забезпечуючи переміщення візка по рейковому шляху. Гальмо забезпечує надійне утримання вантажу в нерухомому стані при зупинці двигуна, а також сприяє плавному гальмуванню візка під час руху. Редуктор служить для зниження швидкості обертання та збільшення крутного моменту, що передається на барабан. Конструкція лебідки забезпечує надійну та безпечну експлуатацію в умовах тривалих або повторно-короткочасних навантажень [8].

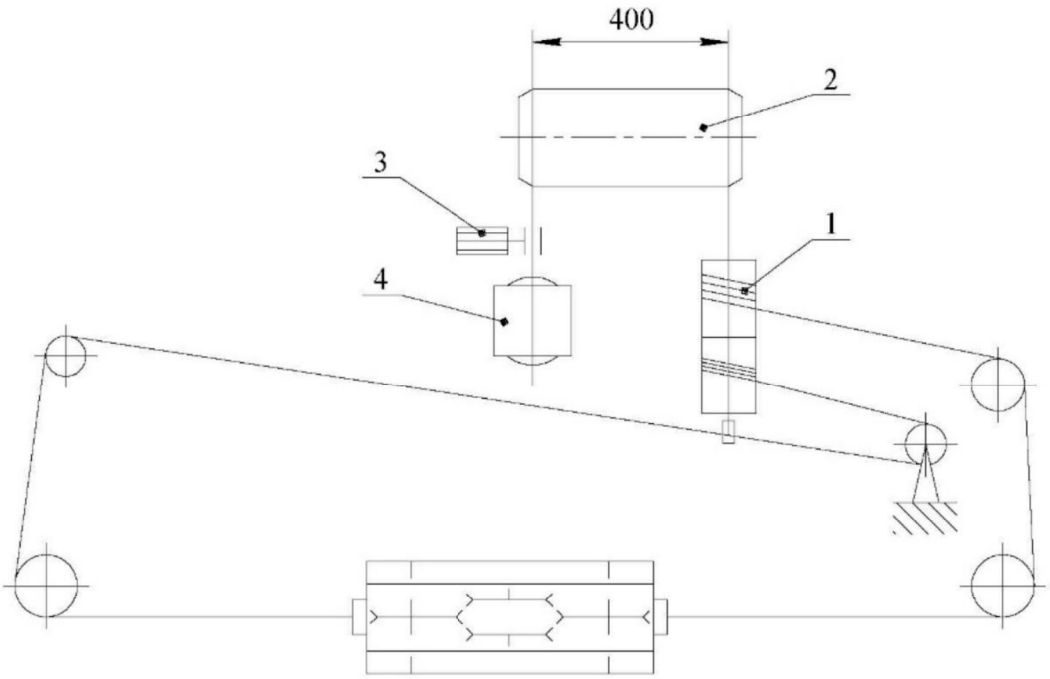


Рисунок 1.6 – Кінематична схема лебідки вантажного візка

1.3 Аналіз конструктивних недоліків вузла приводу підйому та пропозиції щодо їхнього усунення

При виконанні виробничих завдань грейферним краном його механічне обладнання піддається фізичному зносу від взаємодії діючих навантажень.

При планування капітального ремонту грейферного крану необхідно визначити міру зносу основних його деталей, підготувати їх заміну або ремонт.

Характерними вузлами, що піддаються інтенсивному зношуванню грейферного крану є: гальма, ходові колеса, зубчасті муфти, зубчасті зачеплення редукторів, підкранові шляхи.

При роботі крану відбувається знос реборд хоодових колес (рис.1.7). Інтенсивний знос реборд є наслідком неправильного встановлення осі ходових коліс або поганого стану підкранових шляхів. Знос реборд не повинен перевищувати 50% їх товщини. При зносі реборд коліс, який перевищує 50% первинного розміру коліс, колеса необхідно замінити, знос бігової доріжки не

повинен перевищувати 15-20% товщини реборд. Різниця діаметрів двохпарних коліс не повинна перевищувати 0,001 первинного діаметру ходового колеса.



а б

Рисунок 1.7 – Зношення реборд ходових колес: а – нове колесо; б – колесо після тривалого часу експлуатації

При експлуатації зубчастих муфт можлива поява тріщин в тілах напівмуфт. В даному випадку муфту замінюють на нову. Перевірити знос зубів, який не повинен перевищувати 20-25% товщини зуба. При повному зносі зубів – муфти замінити. Якщо є розроблення шпонкових канавок, то їх необхідно відновити ремонтом (наплавлення та проточування).

Зношення голівки рейок підкранових шляхів не має перевищувати 30% від первинного розміру, а за висотою не більше 15% від первинної висоти. При повному зносі рейок – замінити.

При експлуатації гальм зносу підлягають шків та фрикційний матеріал. Зношення тіла шківу від сил тертя не повинно перевищувати 50% товщини його тіла. При зношенні шківу необхідно замінити або відновити шляхом

наплавлення та переточування його поверхні з послідовною термічною обробкою. При огляді шківу необхідно звернути увагу на його поверхню, канавки, глибина борозни не повинна перевищувати 1,5 – 2мм.

При роботі механізму пересування крану та механізмі підйому крану, в редукторах зубці коліс підлягають зносу. Визначають стан зубчастого зачеплення редуктора по шуму та нагріванню, знос не повинен перевищувати 20% первинної товщини. При повному зношенні триби необхідно замінити. З огляду інтенсивності та важкого режиму роботи механізму підйому постає питання підвищення його роботоздатнсоті та надійності.

В приводі механізму підйому конструктивно передбачено редуктор типу РМ – 650. Під час роботи, через великі навантаження, вал і вальниці електродвигуна виходять з ладу, що призводить до простою обладнання під час його заміни. Ці редуктори зняті з виробництва, що також спричиняє проблему у підбиранні деталей до нього. Крім того, через обмежену ремонтопридатність та моральне старіння конструкції редуктора, виникають труднощі з підтриманням його у працездатному стані, що негативно впливає на загальну надійність механізму підйому.

Для збільшення терміну служби вузлів механізму підйому дипломним проєктом пропонується замінити редуктор РМ – 650 на більш надійний Ц2 – 650, так як горизонтальні редуктори типу Ц2, у порівнянні з редукторами типу РМ, які мали широке використання у кранобудівництві, мають у 3–4 рази більшу навантажувальну здатність. Якщо у редукторів типу РМ зубчасті колеса розташовуються несиметрично відносно опор (вальниць), то у редукторів типу Ц2 дві пари зубчастих коліс роздвоєного швидкохідного ступеня створюють роздвоєну шевронну пару, в зв’язку з чим забезпечується їх симетричне розташування відносно вальниць. Така конструкція знижує згинальні навантаження на вали, зменшує ризик перекосів і підвищує довговічність підшипникових опор. Крім того, редуктори типу Ц2 мають кращі показники щодо вібраційної та шумової характеристики, що сприяє підвищенню загального комфорту і безпеки експлуатації обладнання.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок потужності електродвигуна приводу механізму підйому грейферного крану

Для розрахунку необхідної потужності приводу підйому використаємо наступні вихідні дані отримані від цехових ремонтних служб:

- вантажопідйомність $Q = 10$ т
- вага підвіски $G_п = 5$ кН
- швидкість підйому $V_п = 13,2$ м/хв $= 0,22$ м/с
- режим роботи 5М

Вага від маси вантажу розраховується по спрощенній формулі:

$$G=Q\cdot g, \tag{2.1}$$

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

$$G=10\cdot 9,81=98,1 \text{ кН}$$

Тоді необхідна потужність електродвигуна.

$$P=\frac{(G+G_п)\cdot V_п}{\eta_{мех}}, \tag{2.2}$$

де $\eta_{мех}$ – ККД механізму, $\eta_{мех}=0,8\ldots0,85$

Приймаємо $\eta_{мех}=0,8$

$$P=\frac{(98,1+5)\cdot 0,22}{0,80}=28 \text{ кВт}$$

Керуючись рекомендаціями [10, 11] обираємо електродвигун, який має наступну характеристику

- тип — МТН 511 – 8
- потужність при ПВ = 40% — P = 28 кВт
- частота обертання — $n = 705$ хв$^{-1}$
- максимальний момент — $T_{max} = 1020$ Н · м

Кінематичною схемою приводу підйому завбачено встановлення редуктора, таким чином передбачається збільшення крутного моменту з урахуванням передаточного числа редуктора, отже можна підсумувати, що запропонований електродвигун задовольнить умови технологічного процесу, а завдяки встановленому редуктору вдасться уникнути режимів роботи з перевантаженнями.

2.2 Визначення основних кінематичних та силових характеристик приводу механізму підйому грейферного крану

Для розробки кінематичної схеми приводу грейферного крану з урахуванням запропонованої модернізації скористаємося наступними даними:

- потужність електродвигуна — P = 28 кВт
- частота обертання — $n = 705$ хв$^{-1}$
- швидкість підйому — $V_n = 0{,}22$ м/с
- кратність поліспасту — $U_n = 5$
- діаметр барабану — $Д_б = 450$ мм
- кінематична схем — рис.2.1

Колова швидкість обертання барабану визначається як [12]:

$$V_б = U_n \cdot V_n \qquad (2.3)$$

$$V_б = 5 \cdot 0{,}22 = 1{,}1 \text{ м/с}$$

Частота обертання барабану:

$$n_б = \frac{60 \cdot V_б}{\pi \cdot Д_б} \qquad (2.4)$$

$$n_б = \frac{60 \cdot 1,1}{3,14 \cdot 0,45} = 46,7 \text{ хв}^{-1}$$

Передаточне число приводу механізму підйому [13]:

$$U = \frac{n}{n_б} \qquad (2.5)$$

$$U = \frac{705}{46,7} = 15,1$$

Згідно запропонованої модернізації в приводі механізму підйому встановлений двохступеневий циліндричний редуктор [14]:

- тип Ц2 – 650
- потужність тихохідного валу $M_т$ =19 кН·м
- сумарна міжцентрова відстань $a_Σ$ = 650 м
- передаточне число $U_р$ = 16
- основні параметри щаблів редуктора табл.2.1

Таблиця 2.1 – Основні параметри щаблів редуктора

Швидкохідний щабель				Тихохідний щабель			
z_1	z_2	m_n	u_1	z_3	z_4	m_n	u_2
21	66	5	3,14	20	79	8	4

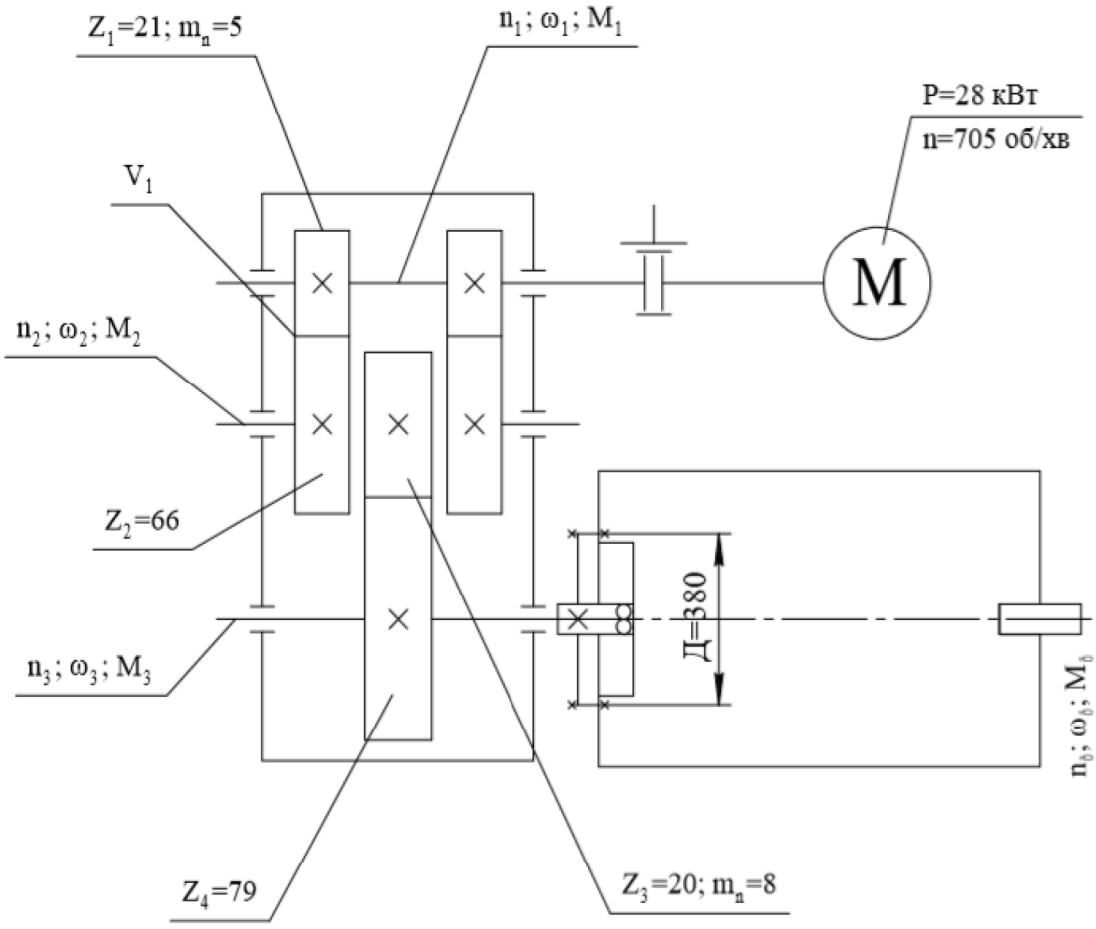


Рисунок 3.1 – Кінематична схема механізму підйому грейферного крану

Швидкість обертання та швидкість (кутова) приводного вала редуктора:

$$n_1=n=705 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega_1=\frac{n_1}{9,55} \qquad (2.6)$$

$$\omega_1=\frac{705}{9,55}=73,8 \text{ рад/с}$$

Параметри обертального руху проміжного валу редуктора:

$$n_2=\frac{n_1}{U_1} \quad (2.7)$$

$$n_2=\frac{705}{3,14}=224,5 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega_2=\frac{\omega_1}{U_1} \quad (2.8)$$

$$\omega_2=\frac{73,8}{3,14}=23,5 \text{ рад/с}$$

Частота обертання та кутова швидкість обертання вихідного валу редуктора до барабану:

$$n_3=n_6=\frac{n_2}{U_2}=\frac{224}{4}=56,12 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega_3=\omega_6=\frac{\omega_2}{U_2}=\frac{23,5}{4}=5,87 \text{ рад/с}$$

Крутний момент, який передається вхідним валом редуктора:

$$M_1=\frac{P}{\omega_1} \quad (2.9)$$

$$M_1=\frac{28}{73,8}=0,38 \text{ кН·м}$$

Крутний момент, який передається проміжним валом редуктора:

$$M_2=M_1 \cdot U_1 \quad (2.10)$$

$$M_2=0,38\cdot3,14=1,193 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Крутний момент, який передається вхідним валом редуктора:

$$M_3=M_6=M_2\cdot U_2 \qquad (2.11)$$

$$M_3=1,193\cdot4=4,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Зусилля болтового кріплення зубчастої обійми до барабану:

$$F_{кр}=\frac{2M_6}{Д} \qquad (2.12)$$

$$F_{кр}=\frac{2\cdot4,8}{380}=25,26 \text{ кН}$$

Дійсна швидкість механізму підйому:

$$V_б=\omega_3\cdot\frac{Д}{2} \qquad (2.13)$$

$$V_б=5,87\cdot\frac{0,45}{2}=1,3 \text{ м/с}=78 \text{ м/хв}$$

Дійсна швидкість механізму підйому:

$$V_n^1=\frac{V_б}{V_n} \qquad (2.14)$$

$$V_n^1=\frac{78}{5}=15,6 \text{ м/хв.}$$

Відхилення швидкості підйому у 18 % після модернізації, дозволить

пришвидчити виконання технологічних операцій без збільшення споживання електроенергії, таким чином прийняті рішення з конструктивного удосконалення вірні та економічно обґрунтовані.

2.3 Розрахунок найбільш навантажених деталей на міцність

2.3.1 Вибір канату

Згідно кінематичної схеми (рис. 2.1) виконаємо підбір сталевого канату, скориставшись наступними експлуатаційними даними:

- вантажопідйомність $G_в = 10$ т
- вага голівок підвіски $G_п = 5$ кН
- число віток в канаті поліспасту $m = 10$
- ККД поліспасту $\eta_{бл} = 0{,}98$
- режим роботи 5М

Максимальне зусилля в одній несучій гілці канату:

$$F_{max} = \frac{G_в + G_п}{m \cdot \eta_{бл}}, \qquad (2.15)$$

де $\eta_{бл}$ – ККД канатного блоку, для блоку на вальницях кочення $\eta_{бл}$=0,98…0,97. Приймаємо $\eta_{бл} = 0{,}98$

$$F_{max} = \frac{100+5}{10 \cdot 0{,}98} = 10{,}714 \text{ кН}$$

Розривне зусилля канату:

$$F_{роз} \geq n_к \cdot F_{max}, \qquad (2.16)$$

де $n_к$ – коефіцієнт запасу міцності канату

Групі режиму роботи механізму 5М відповідає важкий режим роботи, тобто $n_к = 6$

$$F_{роз}=6\cdot10,7=64,2 \text{ кН}$$

По каталогу представленому в джерелі [15] вибираємо канат, який має наступну характеристику

- тип ЛК-Р6х19+1 о.с
- діаметр канату $d_к = 11$ мм
- розривне зусилля $F_{роз} = 66,75$ кН
- маркувальна група $G = 1666$ МПа

2.3.2 Розрахунок барабану на міцність

При розрахунку барабану на міцність варто враховувати його конструктивні особливості, а саме:

- зусилля в канаті $F_{max} = 10,7$ кН
- товщина стінки барабану $\delta = 18$ мм
- крок гвинтової навивки $p = 17$ мм

Розрахункові напруження зминання [16]:

$$G_{зм}\leq[G_{зм}]$$

$$\sigma_{зм}=\frac{F_{max}}{p\cdot G} \qquad (2.17)$$

$$\sigma_{зм}=\frac{10714}{17\cdot18}=35 \text{ МПа}$$

Матеріал барабану – Сталь 35Л

$$G_{зм}=140 \text{ МПа}$$

$$35 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}$$

Умова міцності барабану виконується.

2.3.3 Розрахунок напівосей барабану

Одними з найбільш навантажених деталей вузла барабану в приводі підйому є напівосі, для перевірки яких скористаємося наступними даними:

- зусилля в канаті F = 10,7 кН
- крутний момент на барабані $M_б$ – 4,8 кН · м
- відстань від точки прикладення сили барабану до опор напіввісей:
  - зліва C = 100 мм
  - зправа C’ = 200 мм
- відстань до небезпечних перетинів d = 30 мм
  b = 68 мм
- відстань між опорами барабану a = 1127 мм
- діаметри небезпечних перетинів d_1 = 80 мм
  d_2 = 90 мм
- матеріал напівосей Сталь 45
- термообробка Поліпшення
- межа міцності $G_в$ = 730 МПа
- межа плинності $G_т$ = 390 МПа
- розрахункова схема рис.2.2

Для розрахунку напівосей розглянемо два випадки:

1) коли канат знаходиться з лівого боку
2) коли канат знаходиться з правого боку

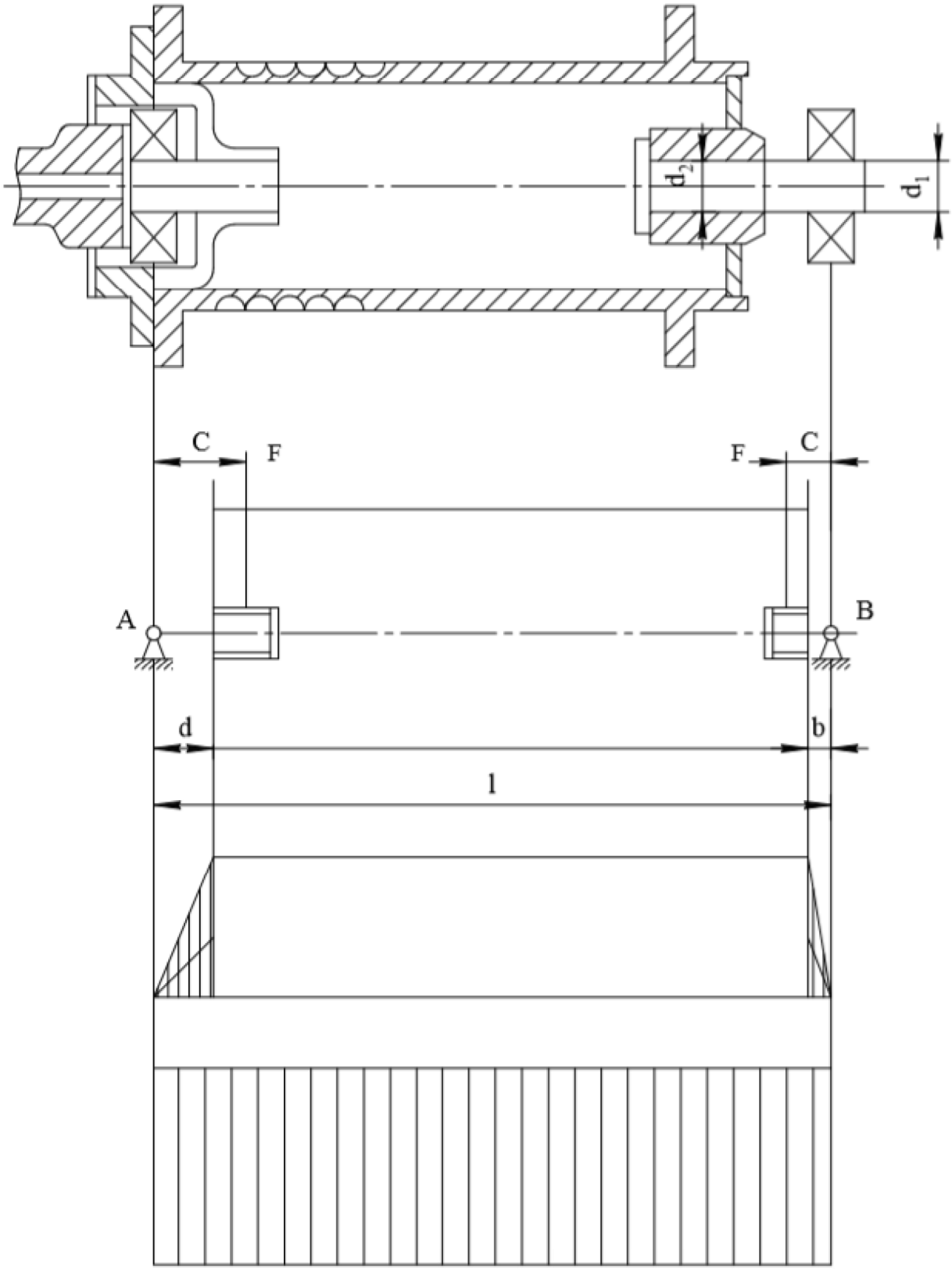


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема напіввісей барабану

Для першого випадку, коли сила, яка діє на барабан прикладена з лівого

боку, реакції в опорах згідно розрахункової схеми знаходяться як:

$$\sum M_a=0;$$

$$F\cdot c\cdot R_b(a-c)=0$$

$$R_b=\frac{F\text{-}c}{a\text{-}c}=\frac{10,7\cdot 0,1}{1127\text{-}0,1}=\frac{1,07}{1,027}=1\text{ кН}$$

$$\sum M_b=0$$

$$-F(d\text{-}c)+R_a\cdot a$$

$$R_b=\frac{F\cdot(a\text{-}c)}{a}=\frac{10,7\cdot(1127\text{-}0,1)}{1127}=9,7\text{ кН}$$

Перевірка:

$$\sum y=0$$

$$R_a\text{-}F+R_b=0$$

$$9,7\text{-}10,7+1=0$$

Момент згину в небезпечному перетині:

$$M_{зг}=R_a\cdot d \qquad (2.18)$$

$$M_{зг}=9,7\cdot 0,03=0,291\text{ кН}\cdot\text{м}$$

Другий випадок – сила, яка діє на барабан прикладена з правого боку, тоді реакції в опорах:

$$\sum M_a=0$$

$$F=(d-c')-R_b\cdot a=0$$

$$R_b=\frac{F(d-c')}{a}=\frac{10,7(1127-0,2)}{1127}=8,8 \text{ кН}$$

$$\sum M_b=0$$

$$-F\cdot c'+R_a\cdot d=0$$

$$R_a=\frac{F\cdot c'}{d}=\frac{10,7\cdot 0,2}{1127}=1,9 \text{ кН}$$

Перевірка:

$$\sum y=0$$

$$R_a-F+R_b=0$$

$$1,9-10,7+8,8=0$$

Момент згину:

$$M_{зг}=R_b\cdot b \qquad (2.19)$$

$$M_{зг}=8,8\cdot0,068=0,6\ кН\cdot м$$

Висновок: в гірших умовах буде знаходитись права напіввісь, так як в небезпечному перетині напівосі буде діяти максимальний момент згину:

$$M_{зг}=0,6\ кН\cdot м$$

Тому далі розраховуватиметься права напівось. Момент опору небезпечного перетину при згинанні [17]:

$$M_{зг}=\frac{\pi d_2^3}{32} \qquad (2.20)$$

$$M_{зг}=0,1d_2^3=72900\ мм^3$$

Момент опору небезпечного перетину при крученні [17]:

$$\omega_p=\frac{\pi d_2^3}{16} \qquad (2.21)$$

$$\omega_p=0,2d_2^3=102400\ мм^3$$

Напруження згину в небезпечному перетині

$$\sigma_{зг}=\frac{M_{зг}}{W_{зг}} \qquad (2.22)$$

$$\sigma_{зг}=\frac{0,6\cdot10^6}{7,29\cdot10^4}=8,3\ МПа$$

Умову виконано, вісь відповідає виробничим вимогам.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Технічне обслуговування грейферного крану

Утримання обладнання в працездатному стані забезпечується шляхом його технічного обслуговування та проведенням планових ремонтів обладнання.

Поточний ремонт виконується для відновлення працездатності обладнання та полягає в заміні вузлів та механізмів під час ремонту спрацьованих деталей та вузлів, елементів металоконструкцій.

Для виконання планових ремонтів складається графік на все експлуатаційне обладнання на рік та на місяць:

– річний графік планових ремонтів обладнання та технічних засобів охорони праці;
– графік планових ремонтів обладнання, які враховуються в плані виробництва на місяць.

Експлуатаційне обладнання розподіляється на дві групи:

– обладнання, враховане в плані виробництва;
– обладнання, зупинка якого не викликає втрат.

Річні графіки планових ремонтів механічного обладнання, яке враховується в плані виробництва комбінату та річний графік планових ремонтів механічного обладнання, зупинка якого не викликає втрат на виробництві, надаються цехами у відділ технічного переоснащення за два місяці до початку запланованого ремонту. Річний графік планових ремонтів механічного обладнання комбінату, який враховується в плані виробництва, відділ технічного переоснащення затверджує у технічного директора у термін 1 місяць до початку запланованого року.

Графік планових ремонтів кранового обладнання складається ЦРМО – 4 на основі графіку ремонтів основних металургійних агрегатів та заявок виробничих цехів, які подаються не пізніше ніж за 20 діб до початку запланованого місяця.

Графік ремонтів кранового обладнання затверджує головний механік комбінату за 10 діб до запланованого місяця.

За основу до складання графіку планових ремонтів беруть:

– дані фактичного стану обладнання;
– дані фактичного завантаження обладнання;
– нормативи тривалості та періодичності ремонтів;
– вимоги Правил технічної експлуатації;

Поточний ремонт механічного обладнання, зупинка якого здійснюється керівництвом цеху без попереднього призначення, є плановим поточним ремонтом.

Капітальні ремонти обладнання виконуються на основі річного графіку планових ремонтів, а також на основі річного графіку планових ремонтів, а також на основі наказів керівництва комбінату.

Матеріали попереднього обстеження та пропозиції щодо об'ємів та тривалості капітального ремонту передаються технічному директору комбінату для розглядання.

На основі попередніх матеріалів представник правління комбінату назначає комісію для поширеного огляду об'єктів ремонту.

До складу комісії входять: технічний директор комбінату, голова, заступник технічного директора, начальник технічного відділу, начальник цеху, головний механік, головний енергетик, начальник проектного відділу, заступник начальника цеху устаткування.

Комісія складає акт технічного огляду об'єкту комбінату: акти технічних об'єктів, капітальний ремонт яких враховується у плані виробництва, перелік дефектів основних конструкторських елементів та проекти планових капітальних ремонтів.

Для організації та керівництва підготовкою та проведення ремонту назначається начальник ремонту.

При проведенні поточного ремонту механічного обладнання начальником ремонту є начальник виробничого цеху або особа, яку назначили цехом.

При проведенні капітального ремонту начальником ремонту назначається представник з числа керівників наказом або розпорядженням технічного директора комбінату.

Документом, який визначає основні об'єми робіт на поточні та капітальні ремонти є відомість дефектів.

Відомість дефектів складається цехом-власником, підписується начальником цеху та його заступником з механічного та електричного обладнання, узгоджується з виконавцем ремонту та затверджується головним механіком або головним енергетиком.

Основним документом, який визначає базову вартість усіх видів ремонту є кошторис, який складається кошторисно-договірнми бюро комбінату на базі відомості дефектів та проектної документації.

Документами, які визначають порядок організації та технологію виробництва робіт всіх видів ремонту є проект організації робіт (ПОР) або план виробничих робіт (ПВР), складається підрядною організацією або ремонтним цехом та затверджується головним механіком і технічним директором підрядної організації.

Заявки на запасні частини складаються цехами.

Технічне завдання на розроблення проектної документації задає цех.

Проектну документацію розробляє проектно-конструкторський відділ комбінату.

Тривалість підготовки до ремонту визначається об'ємом робіт.

Зупинка та передача об'єкту на ремонт.

Зупинка об'єкту на ремонт виконується на основі:

- для капітального ремонту – наказ представника правління комбінату;
- для планових поточних ремонтів об'єктів – графік планових ремонтів комбінату та розпорядження по цеху про проведення ремонту;
- для непланових поточних ремонтів – дані про стан обладнання, які були виявлені періодичними оглядами обладнання, рішення начальника цеху;

– для планових поточних ремонтів вантажопідйомних механізмів на основі графіків ремонтів, затвердженими головним механіком.

Дозвіл на виконання ремонтів обладнання оформляється наряд-допуск або акт-допуск, у відповідності з діючими нормативними актами-.

Виконання ремонтних робіт відбувається на основі ремонтної відомості.

Після зупинки на ремонт, інженерно-технічним персоналом цеху, разом із виконавцями ремонту проводять огляд дільниць та вузлів, які були не придатні для огляду.

У випадку виявлення дефектів або додаткових робіт, не передбачених кошторисно-технічною документацією, складається двосторонній акт на непередбачені роботи, який затверджується начальником ремонту або начальником цеху. Такий акт є підставою для коригування обсягів і вартості ремонтних робіт, а також для включення додаткових заходів до загального плану ремонту.

Під час виконання ремонтних робіт начальник ремонту організовує контроль якості та обсягів робіт, а також їх приймання по вузлах і дільницях. Контроль якості та обсягу робіт здійснюється членами ремонтного персоналу, керівниками підрозділів, спеціалістами, службовцями, а також бригадирами слюсарів. Висновки за результатами контролю відображаються в протоколах оперативних нарад, які регулярно проводить начальник ремонту. У разі виявлення відхилень чи порушень, вживаються коригувальні заходи з відповідним документальним оформленням.

Прийом грейферного крану після завершення ремонту здійснюється персоналом механослужби, енергетичною службою та технічним персоналом цеху. За результатами приймання оформлюються відповідні документи:

– для планових ремонтів об’єктів, що враховуються в плані виробництва – акт, затверджений головним механіком;
– для планових ремонтів об’єктів, що не враховуються в плані виробництва – акт, затверджений начальником цеху;

– для непланових ремонтів та ремонтів, які виконуються силами цеху, акт приймання не складається. У такому випадку керівники зобов'язані зробити відповідний запис в агрегатний журнал про проведення ремонту за встановленою формою.

Оформлена документація зберігається у відповідній ремонтній службі та є підставою для подальшої експлуатації обладнання, а також для аналізу технічного стану при плануванні наступних ремонтів [19-21].

3.2 Вибір системи мащення і мастильних матеріалів механізму підйому грейферного крану. Розробка карти мащення

На працездатність та надійність деталей, коефіцієнт корисної дії (ККД) кранових механізмів і, відповідно, на витрати електроенергії при експлуатації крану, великий вплив створює вибір та режим мащення, яке окрім зменшення тертя запобігає від попадання корозії на взаємодіючі поверхні часток, ущільнює проміжки, відводить тепло від тертьових поверхонь [20].

В механізмі підйому змащуються зубчасті передачі та вальниці валів редуктора, зубчасті муфти, складові гальмів, канати та вальниці блоків.

Для вальниць електродвигуна, редуктора, блоків, піввісей, барабану використовується мащення УНІОЛ-2М (Однорідна гладка мазь від світло-до темно-коричневого кольору). Система мащення закладна (набивна). Цей мастильний матеріал використовується при температурі -30 +150°С. Витрати мащення УНІОЛ-2М менше в 2,5÷4 рази ніж таких як жирова І-13, тавот, ЦП-1. Завдяки додаванню цього типу мастильного матеріалу до вузлів тертя більше ніж в 3 рази підвищується довговічність вузлів, що мають в якості опор вальниці кочення [22].

Технічні характеристики УНІОЛ – 2М

– температура краплепадіння складає 200°С;
– пенетрація при 25°С – 320-380 м 10^{-4};

– в'язкість ефективна при температурі 20°С і середньому градієнті швидкості деформації зсуву $10с^{-1}$, не більше 110 Па · с.

Для мащення закритих зубчастих передач редуктора необхідно застосовувати мінеральне мастило індустріальне І-50. Масло індустріальне І-50 – мастило загального призначення, дистиллятне або суміш дистиллятного із залишковим з сірчистих і малосірчастих нафтопродуктів селективного очищення

Технічні характеристики І – 50

- в'язкість кінематична при 40°С, мм² / с – 90-110;

- температура застигання °С, не вище -15°С.

Для мащення канатів та блоків можна використовувати гудрон (напівгудрон) він не поступається якостями спеціальним канатним мащенням та є значно дешевшим. Гудрон – в'язка рідина або твердий асфальтоподібний продукт чорного кольору з блискучим зламом. Містить парафінові, нафтові і ароматичні вуглеводні (45-95%), асфальтени (3-17%), а також нафтові смоли (2-38%), Система мащення – ручна.

Технічні характеристики гудрону:

– щільність складає від 0,95 до 1,03 г / см3;
– коксованість - від 8 до 26% по масі;
– температура застигання від 12 до 55°С;
– температура займання від 290 до 350 °С.

Зубчасті муфти змащуються спеціальними мастильним матеріалом ОЗП – 1 по ТУ3820117-76. Цей мастильний матеріал має високу здатність мастильної плівки

Технічні характеристики ОЗП – 1:

– температура краплепадіння, не менше 30÷35°С;
– пенетрація при 25°С – 280 – 240 мм.

В якості системи мащення вальниць кочення можна застосовувати централізовану систему пластичного мащення СРГ – 12Е. Режим та точки механізму підйому грейферного крану мащення вказано в карті мащення (рисунок 3.1 та таблиця 3.1) [23].

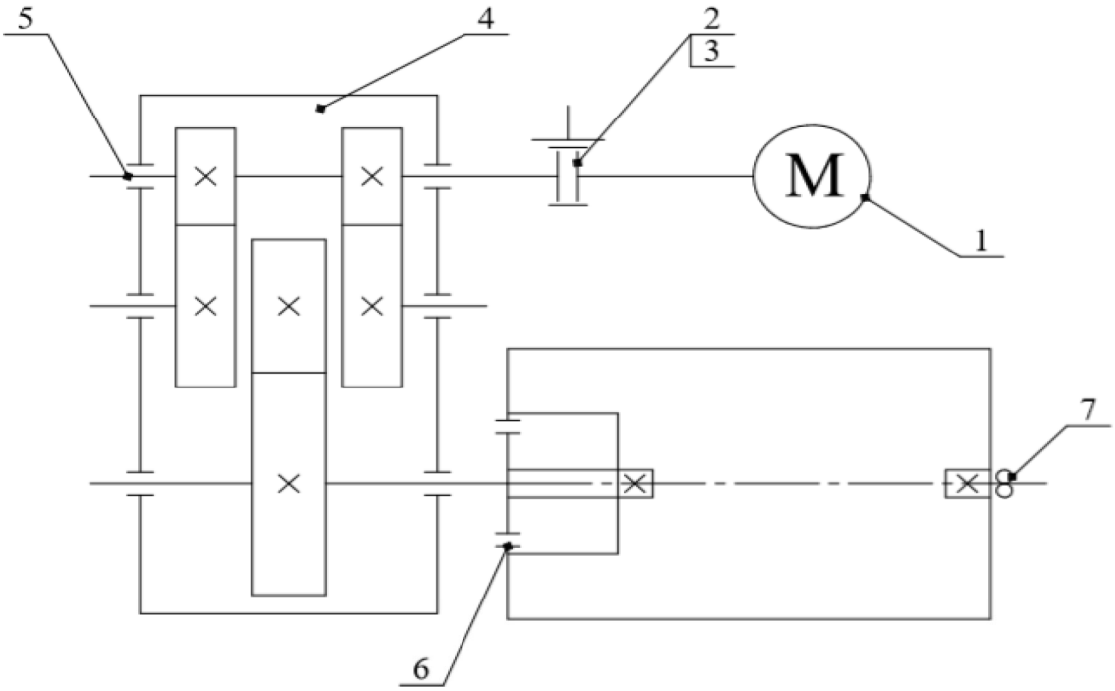


Рисунок 3.1 – Схема точок мащення механізму підйому грейферного крану: 1 – електродвигун; 2, – зубчаста муфта, 3 -- гальмо; 4 – редуктор; 5 – вальниці валів редуктора; 6 – вальниці блоків; 7 – ручки блоків

Таблиця 3.1 – Карта мащення механізму підйому грейферного крану

№	Найменування змащувальних точок	Система мащення	Тип вказаного матеріалу	Режим змащування	Карта	
					1 міс. 6 кг.	В добу
1	Вальниці електродвигуна	Забивка	УНІОЛ – 2М	Міняти раз в 6 міс.	1,2	180
2	Зубчасті муфти	Закладна	ОЗП – 1	Міняти раз в 6 міс.	1,3	180
3	Сустави гальмів	Закладна ручна	Солідол УС – 1	Наповнювати 1 раз в 15 днів	-	-
4	Зчеплення редуктора	Картерна	І – 50	Доливати 1 раз в 15 днів	24	180
5	Вальниці валів редуктора	Закладна	УНІОЛ – 2М	Міняти раз в 6 міс	1,2	180
6	Зубчасті муфти барабану	Забивка	ОЗП – 1	Міняти раз в 6 міс.	0,8	180
7	Канати	Ручна	Напівгудрон	Міняти 1 раз в 10 днів	30	-
8	Підшипники блоків	Забивка	УНІОЛ – 2М	Наповнювати 1 раз в 30 днів	-	-
9	Ручки блоків	Ручна	Напівгудрон	Змащувати 1 раз в 10 днів	-	-

3.3 Розрахунок зусилля напресування маточини на на піввісь

Для забезпечення закріплення маточини на осі використовується посадка з натягом, для розрахунку зусилля нпресування, яке забезпесить такий вид з'єднання скористаємося даними:

- з'єднання виконано по посадці — Ø150 H8/U8
- діаметр з'єднання — d_1 = 160 мм
- довжина з'єднання — l = 175 мм
- внутрішній діаметр вала — d_0 = 0
- найбільший діаметр деталі, що охоплює — Д = 160 мм
- матеріал валу — Сталь 45
- матеріал маточини — Сталь 45
- модуль пружності — $E_1=E_2= 2{,}12\ 10^5$ МПа
- коефіцієнт Пуассона — $\mu_1 = \mu_2 = 0{,}3$
- коефіцієнт тертя:
  при напресуванні — f_n = 0,08…0,1
  при розпресуванні — f_r = 0,2…0,25
- схема напресування — рисунок 3.2

Розрахунки ведемо за відомими методиками наведеними в [24-27]. Параметри шорсткості:

– для отвору: $R_{ZД}$ = 3,2 мкм
$R_{АД}$ = 0,63 мкм

– для валу: $R_{zд}$ = 6,3 мкм
$R_{ад}$ = 1,25 мкм

Вузол виготовлено по системі отвору:

Посадка і квалітет отвору – 8

Посадка і квалітет валу – 8

Граничні відхилення розмірів:

– отвору верхнє ES = 63 мкм

нижнє EI = 0 мкм

– валу верхнє es = 253 мкм

нижнє ei = 190 мкм

Допуск отвору:

$$TD=ES-EI=63-0=63 \text{ мкм}$$

Допуск валу:

$$Td=es-ei=253-190=63 \text{ мкм}$$

Максимальний натяг в з’єднанні:

$$N_{max}=es-EI=253-0=253 \text{ мкм}$$

Мінімальний натяг в з’єднанні:

$$N_{min}=ei-ES=190-63=127 \text{ мкм}$$

Середній натяг:

$$N_{сер}=\frac{N_{max}-N_{min}}{2}=190 \text{ мкм}$$

Допуск натягу:

$$TN=N_{max}-N_{min}=253-127=126 \text{ мкм}$$

Поправка на зменшення мікронерівностей:

$$\gamma_ш=1,2(R_{ZД}+R_{zд})=1,2(6,3+3,2)=11,4 \text{ мкм}$$

$$\gamma_ш=5(R_{АД}+R_{ад})=5(0,63+1,25)=9,4 \text{ мкм}$$

Із отриманих значень для подальших розрахунків приймаємо більше значення $\gamma_ш$ = 10,4 мкм.

Розрахунковий натяг:

$$N_p=N_{max}+\gamma_ш=253+10,4=263,4 \text{ мкм}$$

Допоміжні коефіцієнти:

$$C_1=\frac{1+\left(\frac{d}{d_0}\right)^2}{1-\left(\frac{d}{d_0}\right)^2}-\mu_1=\frac{1+\left(\frac{0}{0,160}\right)^2}{1-\left(\frac{0}{0,160}\right)^2}-0,3=0,7$$

$$C_2=\frac{1+\left(\frac{d}{Д}\right)^2}{1-\left(\frac{d}{Д}\right)^2}-\mu_1=\frac{1+\left(\frac{0,160}{0,63}\right)^2}{1-\left(\frac{0,160}{6,3}\right)^2}-0,3=1,43$$

Питомий тиск на поверхні з’єднання:

$$P=\frac{N_p}{d\left(\frac{d_1}{D}+\frac{d_2}{D}\right)}=\frac{0,2634}{0,160\left(\frac{0,7}{2,12\cdot10^5}+\frac{1,39}{2,12\cdot10^5}\right)}=164,625 \text{ МПа}$$

Зусилля напресування:

$$F_M=f\cdot\pi\cdot d\cdot E_p\cdot P=0,1\cdot 3,14\cdot 0,160\cdot 0,18\cdot 164625=1,489 \text{ кН}$$

Зусилля розпресування:

$$F_p=(1,15\ldots 1,25)F_m$$

$$F_p=1,15\cdot 1,489=1,7 \text{ кН}$$

Зусилля напресування досить значне, тому варто використовувати спеціалізоване обладннання для напресовки деталей, на кшталт гідравлічних пресів.

3.4 Розрахунок зусилля напресування вальниці на напіввісь

Досить відповідальним вузлом барабану механізму підйому є опори напвіосей, які базуються на вальницях кочення і від правильно підібраної посадки апльниці на піввісь залежить роботоздатність механізму в цілому:

- тип вальниці — 2-х рядна сферична №3532
- розміри вальниці — d×D×B=160×290×86 мм
- діаметр вала — $d_в$ = 160 мм
- клас шорсткості — 7
- коефіцієнт Пуассона — $\mu_в = \mu_п = 0,3$
- модуль пружності — $E_в=E_п=2,12\cdot 10^5$ МПа
- зовнішній діаметр внутрішнього кільця — d = 170 мм
- схема напресування — рисунок 3.2

З’єднання виконано по системі отвору. Допуск розмірів внутрішнього кільця:

- Ø160 L6 верхнє ES = 0 мкм
  нижнє EI = -18 мкм

- Ø160 m6 верхнє es = 40 мкм
  нижнє ei = 15 мкм

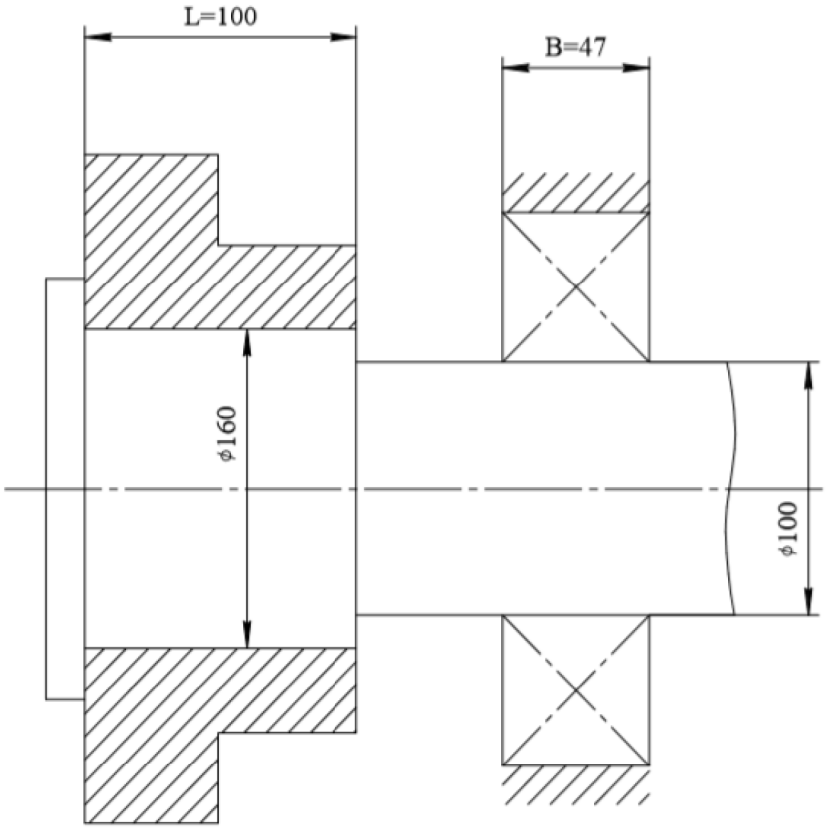


Рисунок 3.2 – Схема напресування маточини і вальниці

Максимальний натяг в з’єднанні:

$$N_{max}=es-EI=40-(-18)=58 \text{ мкм}$$

Мінімальний натяг в з’єднанні:

$$N_{min}=ei-ES=15-0=15 \text{ мкм}$$

Середній натяг:

$$N_{ср}=\frac{N_{max}+N_{min}}{2}=\frac{58+15}{2}=36,5 \text{ мкм}$$

Зменшення натягу внаслідок зменшення висоти мікронерівностей R_{zd} на посадочній поверхні валу при напресуванні вальниці:

$$\gamma=\gamma_1+\gamma_2$$

де γ_1 – величина натягу, що зменшується внаслідок зменшення мікронерівностей на посадочному місці валу:

$$\gamma_1=1,2R_{zd}=1,2\cdot3,2=3,84 \text{ мкм}$$

γ_2 – зменшення посадочного натягу при нагріванні елементів вальниці;

За умови, $\gamma_2 = 0$, тоді $\gamma = \gamma_1 = 3,84$ мкм

Ефективний натяг з'єднання:

$$N_c=N_{сер}-\gamma=36,5-3,84=32,66 \text{ мкм}$$

Питомий тиск при заданому ефективному натягу:

$$P=\frac{N_c}{d\left\{\frac{1}{E_п}\left[\frac{(d_2/d)^2+1}{(d_2/d)^2-1}+\mu_в\right]+\frac{1}{E_в}\left[\frac{(d/d_1)^2+1}{(d/d_1)^2-1}-\mu_в\right]\right\}}$$

$$P=\frac{0,03266}{0,02784}=1,2 \text{ МПа}$$

Зусилля напресування вальниці:

$$F_H=f\cdot\pi\cdot P\cdot d\cdot b$$

де f – коефціцієнт тертя при напресуванні на контактних поверхнях деталей, f = 0,08…1,5

Приймаємо $f_н = 0,1$

$$F_H=0,1\cdot1,2\cdot3,14\cdot160\cdot86=5185 \text{ Н}=5,2 \text{ кН}$$

Зусилля розпресування dfkmybws:

$$F_p=f\cdot P\cdot\pi\cdot d\cdot b$$

де f – коефіцієнт тертя при роз пресуванні на контактних поверхнях деталей

$$F_p=0,25\cdot1,2\cdot3,14\cdot160\cdot86=12962 \text{ Н}=12,96 \text{ кН}$$

Для забезпечення якісної посадки з натягом варто використовувати попереднє нагрівання вальниці. При цьому температуа нагрівання не має перевищувати 100 °С.

Температура нагріву вальниці:

$$t=\frac{N_{max}+\gamma}{d\cdot\alpha}+t_0=\frac{0,058+0,04}{160\cdot12\cdot10^{-6}}+20=71°C$$

де γ_0 – необхідний лінійний проміжок, $\gamma_0 = 0{,}04$ мм

α – коефіцієнт лінійного розширення;

$t_0 = 20°C$ – температура вальниці до нагрівання.

Таким чино, для забезпечення заданого натягу температура нагріву не перевищує визначеного нормативу в 100°С.

3.5 Вибір канату для виготовлення стропа

Важливим етапом сдачі обладнання з ремонту є монтаж на визначених фундаментах, який виконується, як правило сталевими тросами, зібраними в стропи. Розрахунок канату для виготовлення стропів для монтажу обладнання виконаємо за найважчим елементом механізму підйому грейферного крану – редутором. Для монтажу електродвигуна та барабану використаємо стропи виготовлені з аналогічного канату, але за індивідуальними схемами строплення:

- вага редуктора $G = 11000$ Н
- кількість гілок канату $n = 4$
- кут нахилу гілок канату $\alpha = 45°$
- коефіцієнт нерівномірності $К_н = 1{,}3$
- коефіцієнт запасу міцності $К = 8$
- схема строплення редуктора рисунок 3.3

Зусилля в одній гілці канату:

$$F_{max} = \frac{G}{n \cdot \cos\alpha} \cdot К_н$$

де $К_н$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу зусилля між гілками канату

При кількості гілок $n = 4$, $К_н = 1{,}3$

$$F_{max}=\frac{11000}{4\cdot 0,7071}\cdot 1,3=50558,6\ Н=50,6\ кН$$

Розривне зусилля:

$$F_p=K\cdot F_{max}$$

де К – коефіцієнт запасу міцності, який залежить від методу стропування,

К = 8

$$F_p=8\cdot 50,6=404,8\ кН$$

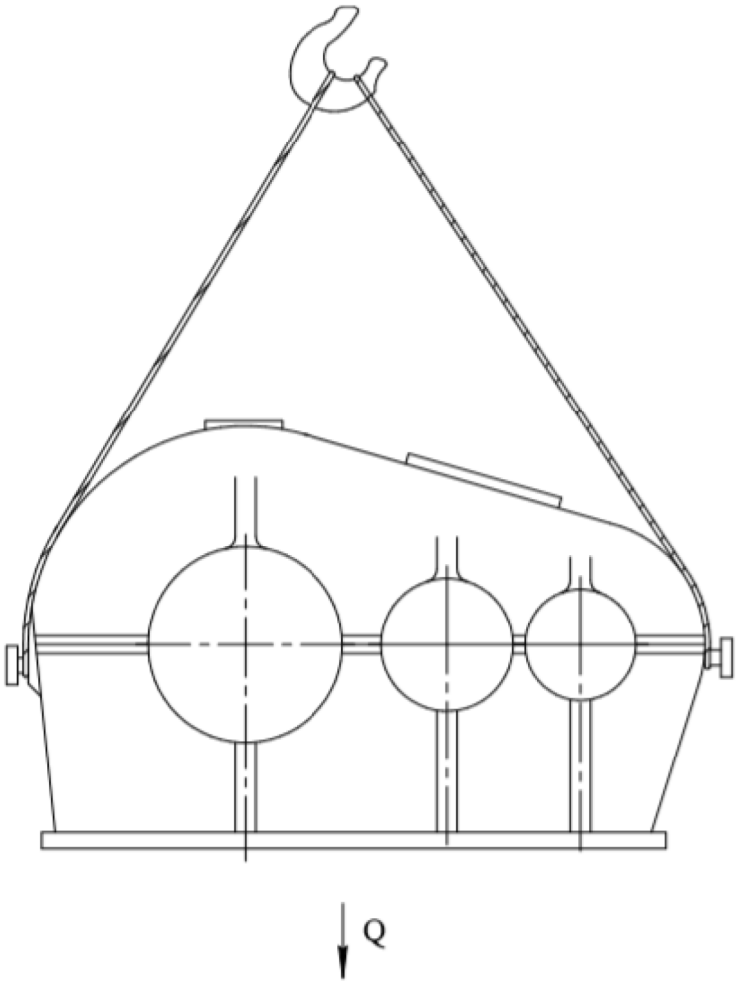


Рисунок 3.3 – Схема стропування редуктора

Обираємо канат, що має наступну характеристику

- тип ЛК-Р6×19+1 о.с.
- діаметр канату $d_к$ = 18 мм
- розривне зусилля $F_{роз}$ = 500 кН
- маркувальна группа $G_в$ = 1600 МПа

Вибір стропа:

- тип СКП – 2,5
- діаметр стропа d_c = 18 мм
- довжина стропа l = 3000 мм
- розривне зусилля $F_{роз}$ = 147,2 кН

Схеми стропування електродвигуна та барабану механізму підйому наведено відповідно на рисунках 3.4 та 3.5

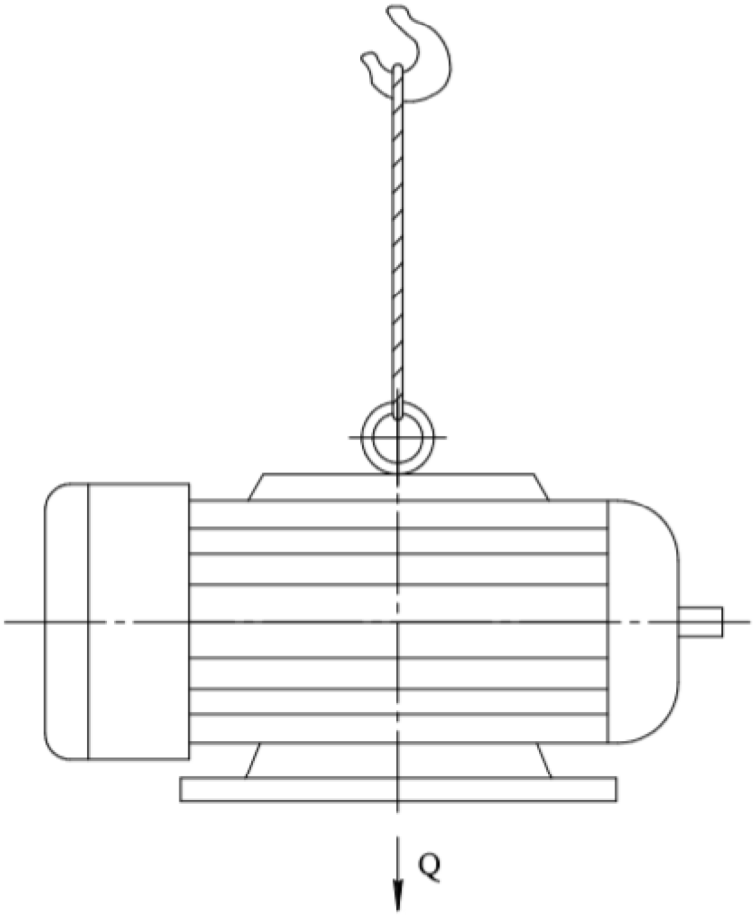


Рисунок 3.4 – Схема стропування електродвигуна

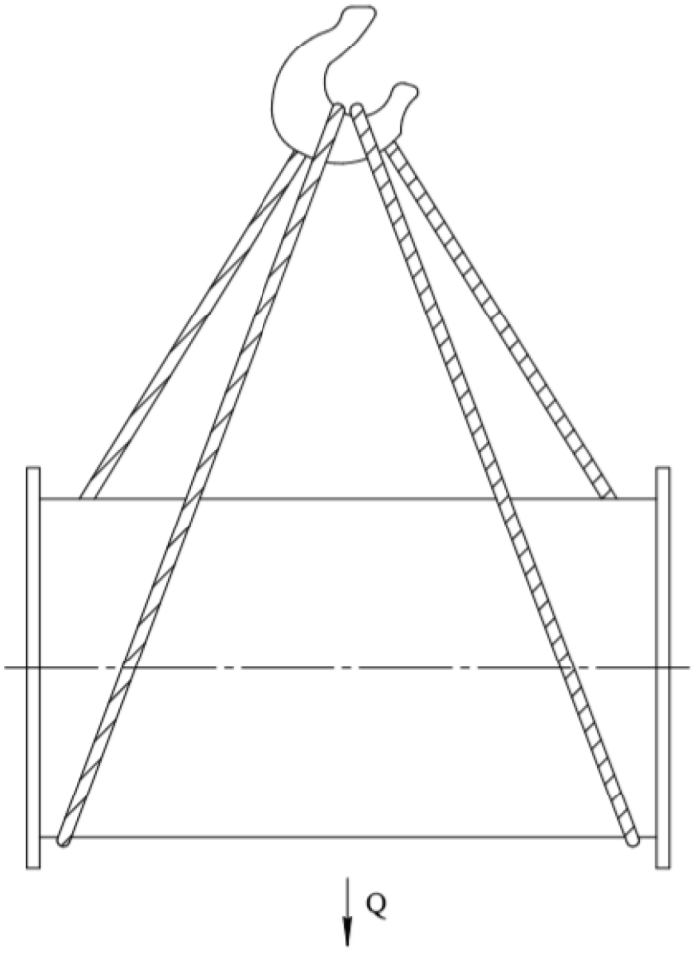


Рисунок 3.5 – Схема стропування барабану

3.6 Підготовка до капітального ремонту грейферного крану

Для орагнізації високоякісних ремонтних робіт при мінімізації простоїв обладнання надзвичайно важливим етапом є підготовчі роботи, що передують безпосередньому початку ремонту. Цей етап включає комплекс взаємопов'язаних дій, від ретельності й узгодженості виконання яких залежить ефективність майбутніх ремонтних заходів.

У підготовчий період ремонтна служба цеху виконує роботи за такими основними напрямами:

- дефектування і кошторисна оцінка (виявлення несправностей, визначення обсягів робіт і витрат);
- конструкторське опрацювання (розробка або коригування технічної документації);
- забезпечення матеріалами (формування заявок на необхідні матеріали, деталі та комплектуючі);
- організаційне планування (координація дій між службами та підрядними організаціями, розробка графіків).

Цех водопостачання передає виконавцю ремонтних робіт повний пакет технічної та проєктної документації, необхідної для проведення капітального ремонту грейферного крану. На основі цієї документації виконавець розробляє Проєкт організації робіт (ПОР) та оперативний графік ремонту, які слугують основою для системного і безпечного виконання всіх ремонтних операцій.

ПОР розробляється для вирішення як технічних, так і господарських завдань, пов’язаних із ремонтом, і включає такі основні розділи:

- перелік виявлених дефектів;
- календарний графік виконання робіт;
- опис раціональних способів виконання ремонтних операцій із використанням сучасних засобів механізації;
- відомість матеріалів, деталей, заготовок і комплектуючих, які слід виготовити власними силами, на заводі чи замовити;
- список необхідного обладнання, інструментів, вантажопідіймальних засобів та транспортних ресурсів;
- рекомендації щодо безпечного виконання робіт.

Для розробки повноцінного ПОР необхідно мати наступні вихідні матеріали:

- установчі креслення грейферного крану;
- план ремонтного майданчика із нанесеними комунікаційними схемами (енергопостачання, водо-, повітря-, паропроводи), а також доступними залізничними та автомобільними під’їздами;

- схема фундаменту з геодезичним обґрунтуванням – у разі демонтажу обладнання з фундаменту;
- технічні умови на монтаж і збирання механізмів, машин та агрегатів.

Розробка Проєкту організації робіт (ПОР) є ключовим етапом підготовки до капітального ремонту, що забезпечує чітку логістику, раціональну послідовність дій, дотримання вимог охорони праці та ефективне використання трудових, технічних і матеріальних ресурсів.

ПОР виконує такі основні функції:

- визначає послідовність реалізації ремонтних заходів відповідно до затвердженої відомості дефектів;
- встановлює перелік операцій, що можуть виконуватись як послідовно, так і паралельно — для скорочення тривалості ремонту;
- задає нормативну тривалість кожного етапу робіт;
- визначає оптимальну чисельність ремонтного персоналу для виконання окремих операцій;
- передбачає засоби механізації та обладнання, необхідні для виконання ремонтних робіт;
- регламентує встановлення переносних і стаціонарних технічних засобів;
- формує графік переміщення вантажопотоків у зоні ремонту;
- враховує вимоги безпеки праці та умови безпечного виконання всіх робіт;
- встановлює загальну тривалість капітального ремонту відповідно до оперативного календарного графіка.

Відомість дефектів є базовим технічним документом, на якому ґрунтується увесь обсяг ремонтних робіт. Вона визначає потребу в матеріалах, запасних частинах, металоконструкціях, технологічному оснащенні, механізмах і допоміжному обладнанні. У документі наводиться перелік деталей, вузлів та агрегатів, що підлягають ремонту, з описом характеру необхідних втручань.

Складання відомості дефектів здійснюється заступником начальника цеху з обладнання та механіком цеху за участю експлуатаційного та ремонтного персоналу, відповідального за технічне обслуговування й періодичні профілактичні огляди.

Для ефективного планування капітального ремонту особлива увага приділяється завчасному дефектуванню обладнання. Відомість дефектів формується завчасно: не пізніше ніж за 6 місяців до початку ремонтних робіт. У разі необхідності виготовлення нестандартних деталей або закупівлі обладнання з тривалими строками постачання, цей документ складається за 12–18 місяців до запланованої дати ремонту.

Відомість дефектів оформлюється у п’яти примірниках, що розподіляються між такими підрозділами:

- цех, в якому буде проводитись ремонт;
- управління головного механіка підприємства;
- кошторисний відділ;
- плановий відділ;
- виконавець ремонтних робіт.

На основі відомості дефектів проєктний або конструкторський відділ здійснює:

- добір необхідної технічної документації (робочих креслень, схем вузлів і агрегатів);
- перевірку актуальності креслень із внесенням відповідних змін;
- розробку ескізів запасних частин з урахуванням технології остаточної обробки;
- створення додаткових ремонтних креслень для елементів, які підлягають відновленню;
- проєкти на модернізацію або реконструкцію окремих вузлів (за потреби в процесі ремонту).

Після узгодження відомості дефектів кошторисний відділ виконує розрахунок витрат на основі діючих прейскурантів, фактичної собівартості

виготовлення запасних частин і металоконструкцій, а також вартості допоміжного обладнання. Результатом є повноцінний кошторис на проведення ремонту, який проходить погодження з замовником і виконавцем робіт та затверджується технічним директором підприємства.

Пакет технічної документації, що включає відомість дефектів, робочі креслення та технічний проєкт, передається виконавцю ремонтних робіт. На їх основі розробляється Проєкт організації робіт (ПОР) і оперативний графік виконання ремонту (календарно-операційний або мережевий).

Оперативний графік є стратегічним інструментом управління ремонтом і має забезпечити:

- чітке визначення послідовності виконання всіх ремонтних операцій;
- терміни доставки конструкцій, матеріалів, механізмів і комплектуючих;
- розрахунок трудомісткості та потреби в робочій силі з урахуванням кваліфікації та часу залучення на об’єкт;
- фінансовий розподіл витрат у часі для забезпечення стабільного фінансування робіт.

Графік дозволяє:

- уникнути прихованих простоїв і втрат продуктивності;
- забезпечити своєчасне постачання всіх необхідних ресурсів;
- організувати злагоджену взаємодію між підрозділами;
- досягти високої ритмічності виконання робіт та скорочення загального строку ремонту.

Окремо складається відомість засобів механізації, інструменту та монтажного обладнання, необхідних для проведення капітального ремонту грейферного крану. Цей документ дозволяє:

- заздалегідь укомплектувати ремонтну бригаду всім необхідним;
- уникнути простоїв через відсутність технічних засобів;
- підвищити якість і безпеку виконання ремонтних робіт;
- забезпечити дотримання технологічної дисципліни на всіх етапах

ремонту.

Комплексний підхід до розробки документації, графіків і матеріально-технічного забезпечення є запорукою успішного, ефективного та безпечного проведення капітального ремонту [19-21].

Таблиця 3.2 – Відомість засобів механізації, інструменту та монтажного обладнання для ведення капітального ремонту грейферного крану

№	Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Призначення, тип, технічна характеристика	Примітка
I Вантажопідйомні устрої					
1	Автокран	шт	1	Q = 5 т	
II Такелажні пристрої					
1	Строп вантажний	шт	2	3,5 м	
2	Строп вантажний	шт	2	7 м	
3	Залізнодорожні башмаки	шт	4		
III Слюсарний інструмент					
1	Кувалда	шт	2		
2	Молоток слюсарний	шт	4		
3	Свердло	(комплект)	1		
4	Рулетка	шт	2		
5	Лінійка	шт	4		
6	Набір ключів	шт	2		
7	Зварювальний інструмент	шт	1		
8	Газоріз	шт	1		
9	Електроди	шт	10		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

У цеху водопостачання технологічні процеси здійснюються як у безперервному, так і в періодичному режимі. Відповідно, дія небезпечних і шкідливих виробничих чинників також має різну тривалість – вони можуть бути постійними або такими, що проявляються епізодично в процесі виконання окремих операцій.

До постійно діючих шкідливих факторів належать:

– вплив шкідливих парів, що утворюються під час експлуатації технологічного обладнання;
– підвищений рівень шуму у виробничих приміщеннях.

До періодично діючих небезпечних і шкідливих чинників відносяться:

– переміщення вантажів вручну або за допомогою вантажопідіймальних механізмів;
– наявність рухомих та обертових частин обладнання;
– вплив екстремальних температур (як низьких, так і високих);
– наявність електричної напруги, що перевищує безпечні значення в окремих електричних ланцюгах [28].

Таким чином, характер і періодичність дії шкідливих виробничих чинників у цеху залежать як від специфіки технологічного процесу, так і від умов експлуатації обладнання. Це потребує системного підходу до забезпечення охорони праці та впровадження ефективних засобів захисту працівників [29]. Оцінка технологічного та організаційного рівня відповідає технічному регламенту організації праці на робочому місці. Умови праці робочому місці слюсаря ставляться до шкідливих і важких (табл. 4.1).

Порушення та екстремальні відхилення (аварії) технологічного процесу та роботи обладнання призводить до прояву випадкових небезпечних та шкідливих факторів. До таких випадкових факторів відносяться: раптовий

прорив водонапірних трубопроводів, обрив силових електричних ліній, потрапляння сторонніх предметів у механізми обладнання тощо.

Таблиця 4.1 – Оцінювання безпечності трудового процесу слюсаря-ремонтника цеху водопостачання

№ п/п	Фактори виробничого процесу	норм. зн (ГДК, ГДР)	Фактичне знач.	III клас - небезпечні умови та характер праці			Вплив фактора, % за зміну
				I ст.	II ст	III ст	
1	Небезпечні хімічні речовини, мг/ м ^{3} Іклас небезпеки: Ікласс небезпеки: аерозоль лугу, мг/м ^{3} Шклас небезпеки:	0,5	0,8	1,6			85
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ^{3}						
3	Вібрація (загальна та локальна), дБ						
4	Шум, дба	80	50			30	80
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, ^{0} С -переміщення повітря, м/с - вологість повітря (відносна), % - випромінювання (інфрачервоне), Вт/ м2	26/15 0,2/0,5 40/60	40 0,05 48	-	4 -	14 -	100 100 100
8	Атмосферний тиск						
9	Тяжкість і напруженість праці						

Основним обладнанням, що генерує електромагнітні поля, є електрообладнання та трансформаторні підстанції.

Основними джерелами небезпеки ураження електричним струмом на ділянці декомпозиції є: машини та механізми з електроприводом. В основному електроустаткування запитується від заводської мережі 380 Ст.

Аналіз факторів виробничого середовища трудового процесу слюсаря-ремонтника цеху водопостачання (табл.4.1) вказує на те, що робоче місце має 2 фактори третього ступеня, 1 фактор другого ступеня, 1 фактор першого ступеня, що відповідає другому списку, пільг з пенсії, доплат відповідно до чинного положення, додаткова відпустка 14 календарних днів, молоко.

4.2 Розробка заходів захисту від впливів небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Для поліпшення умов праці та захисту працюючих від впливу шкідливих факторів застосовуємо: шумо- та віброізоляцію поверхонь робочих місць (кабіна машиніста грейферного крану, посту управління), природну та механічну вентиляцію на робочих місцях та у припливних віконних отворах, спецодяг та захисні засоби індивідуального характеру (щитки, окуляри, екрани). Для зниження негативного впливу теплового випромінювання на працівників організовується раціональний питний режим, що передбачає забезпечення персоналу охолодженою мінералізованою газованою водою.

Зменшення концентрації пилу та шкідливих газів у повітрі досягається за допомогою природної або штучної вентиляції залежно від умов виробничого середовища.

Для захисту від небезпечних зон обладнання – зокрема відкритих частин механізмів, розподільчих електроустановок та джерел теплового випромінювання (наприклад, трубопроводів) – застосовуються захисні

огородження. Вони можуть бути як стаціонарними, так і пересувними, і мають відповідати встановленим нормативним вимогам [30].

Для забезпечення безпеки під час переміщення вантажів використовуються тупикові обмежувальні пристрої, які запобігають виходу вантажу за межі допустимого руху. Подібні засоби також встановлюються на підходах до залізничних колій і вантажно-розвантажувальних майданчиків з метою уникнення аварійних ситуацій.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які використовуються працівниками цеху, відповідають вимогам до різних типів робіт:

- для виконання ремонтних та аварійно-відновлювальних робіт застосовуються ізолювальні захисні костюми;
- для захисту органів дихання використовуються респіратори типу ЩБ ("пелюстка") та "Росток" [31];
- для зниження впливу вібрацій і механічних навантажень використовується спеціальне віброзахисне взуття групи Мв;
- при вантажно-розвантажувальних, монтажних, зварювальних та інших роботах обов’язковим є використання захисних будівельних касок [32].

Комплексне застосування обмежувальних засобів та індивідуального захисту суттєво знижує рівень виробничих ризиків і сприяє збереженню здоров’я працівників.

4.3. Заходи з виробничої санітарії

4.3.1 Природна й штучна вентиляція

Вентиляція, як організований процес повітрообміну, використовується для підтримання нормативних метеорологічних умов у робочих приміщеннях, а також для видалення шкідливих речовин, що утворюються в результаті технологічних процесів.

У контексті слюсарних робіт оптимальними метеорологічними умовами вважаються:

– температура повітря в межах 19–25 °С;
– відносна вологість до 75%;
– швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с у теплий період року.

Ці параметри відповідають встановленим нормативам мікроклімату виробничих приміщень згідно з вимогами [33].

У цеху застосовується механічна та природна вентиляція. Природна вентиляція (аерація) забезпечує повітрообмін у виробничому приміщенні за рахунок природних фізичних факторів – різниці температур повітря всередині й зовні (тепловий тиск) та дії вітру (вітровий тиск). Для посилення вентиляційного ефекту в покрівлі цеху встановлено витяжні шахти та труби, оснащені дефлекторами, які сприяють підсиленню витяжного потоку за рахунок динамічного тиску повітря. Приплив свіжого повітря забезпечується через спеціальні отвори у нижній частині стін приміщення.

Основне призначення вентиляції – підтримання нормативної якості повітряного середовища та забезпечення сприятливих метеорологічних умов у зоні перебування працівників. Система вентиляції виконує дві ключові функції: видалення забрудненого або перегрітого повітря з приміщення та подача свіжого, очищеного повітря ззовні.

Класифікація вентиляційних систем:

1. За способом переміщення повітря:

– Природна вентиляція – забезпечує повітрообмін без використання механічних пристроїв, під впливом температурної та барометричної різниці.
– Механічна вентиляція – використовує вентилятори та інші агрегати для регульованої подачі і видалення повітря. У цеху встановлена механічна система, що дозволяє спрямовано подавати свіже повітря в зони зосередження працівників і видаляти забруднене повітря з місць утворення шкідливих викидів.

2. За зоною охоплення:

– загальнообмінна вентиляція — призначена для розбавлення та видалення шкідливих речовин, вологи чи тепла з усього об’єму приміщення до рівня гранично допустимих концентрацій. Ефективна в умовах рівномірного розподілу шкідливих факторів по всьому простору.
– місцева вентиляція — застосовується для створення сприятливих умов лише в робочих зонах, де безпосередньо перебуває персонал. Особливо актуальна у великих приміщеннях з малою кількістю працівників, де немає доцільності вентилювати весь об’єм.

Раціональне поєднання різних типів вентиляції дозволяє ефективно контролювати мікроклімат у виробничих умовах і знижувати вплив шкідливих факторів на працівників [34].

4.3.2. Організація природнього та штучного освітлення

Освітлення є одним із ключових факторів, що впливають на безпеку, ефективність і комфортність умов праці у виробничому середовищі. Якісний рівень освітленості на робочих поверхнях досягається шляхом дотримання встановлених нормативів, які регламентують освітленість залежно від типу зорової роботи. Класифікація зорової роботи базується на ступені її точності, що визначається розмірами об’єктів, які необхідно розрізняти.

Відповідно до чинних нормативних документів [35], розроблено систему норм освітлення, яка охоплює вісім розрядів зорової роботи – від надточних до грубих операцій. Кожному з цих розрядів відповідають конкретні вимоги до мінімального рівня освітленості.

У виробничому приміщенні цеху реалізовано комбіновану систему освітлення, що включає:

– природне освітлення – через світлові прорізи та світлові ліхтарі, вмонтовані у покрівельні конструкції;

– штучне освітлення — для підтримання стабільного рівня освітленості у вечірній час або за несприятливих погодних умов.

Таке поєднання дозволяє забезпечити нормативну яскравість і рівномірність світлового потоку на робочих місцях, це зі свого боку дозволяє підвищити продуктивність праці та зменшити навантаження на очі працівників.

У цеху робоче місце оператора освітлюємо штучним освітленням шляхом застосування світильника ПВЛП з лампою LED потужністю 150 Вт, світловою віддачею 11600 лм/Вт та терміном служби 900÷3500 годин.

Роботу оператора класифікують як зорову роботу середньої точності IV розряду. Згідно з нормативами [35], для цього виду діяльності передбачено такі рівні освітленості:

– при штучному освітленні — не менше 300 лк;
– при природному боковому освітленні — коефіцієнт природного освітлення (КПО) не менше 1,5%, що відповідає вимогам до встановленого типу освітлювального обладнання.

У приміщеннях, де передбачено постійне перебування працівників (кімнати відпочинку, операторські, пульти керування електропечами, побутові зони тощо), організовується змішане освітлення – поєднання природного та штучного світла.

Для створення оптимальних світлотехнічних умов у цеху використовуються сучасні LED-світильники, які забезпечують енергоефективне освітлення з високою світловіддачею та довгим терміном служби.

Застосування таких джерел світла дозволяє дотримуватися нормативних параметрів освітленості та підвищити комфорт і безпеку праці на робочих місцях.

Розрахунок штучного освітлення машинного залу передбачає вирішення наступних завдань: вибір типу джерела світла, системи освітлення та світильника, проведення світлотехнічних розрахунків, розподіл світильників та визначення споживаної системної освітлення потужності.

При розрахунку загального рівномірного освітлення рекомендується

використовувати метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Світловий потік лампи визначаємо за формулою:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{N \cdot \eta}, (лм) \qquad (4.1)$$

де E = 100 $_{лк}$ – нормована освітленість;

S = 87 м ^{2} – площа приміщення;

K $_з$ = 1,7 - коефіцієнт запасу;

Z = 1,1 – коефіцієнт нерівномірності висвітлення;

N = 16 шт – кількість світильників;

η = 1,1 – коефіцієнт, що враховує світловий потік за умови визначення індексу приміщення і:

$$i = \frac{A \times B}{H_р \times (A + B)} \qquad (4.2)$$

де A = 10,0 м – довжина приміщення;

B = 8,7 м – ширина приміщення;

H $_р$ = 2,5 м – висота підвісу світильників над робочою поверхнею;

Підставивши числові значення формулу (4.2) отримаємо

$$i = \frac{10 \times 8,7}{2,5 \times (10+8,7)} = 1,86$$

Підставивши числові значення формулу 4.1 отримаємо

$$F = \frac{100 \cdot 87 \cdot 1,7 \cdot 1,1}{16 \cdot 1,1} = 924,4 лм$$

Відповідно до проведених розрахунків вибираємо світильники прямого

світла з непрозорим рефлектором зверху, при якому 90 – 100 % світлового потоку потрапляють безпосередньо на робоче місце. Для LED ламп використовуємо світильники прямого світла УПМ-15.

Організація раціонального висвітлення робочих місць – одне з основних питань охорони праці. При поганому освітленні продуктивність праці падає, можливі нещасні випадки, поява короткозорості, швидка стомлюваність.

Висвітлення характеризується кількісними та якісними показниками. До кількісних показників належать: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість.

Для природного освітлення характерна висока дифузність денного світла від небосхилу, що дуже сприятливо для зорових умов роботи.

Природне освітлення поділяють на бічне, яке здійснюється через світлові віконні отвори; верхнє, що здійснюється через аераційні та зенітні ліхтарі, отвори в перекриттях; комбіноване – бічне з верхнім.

Природне освітлення характеризується тим, що освітленість змінюється в надзвичайно широких межах залежно від часу дня, року, метеріологічних факторів.

Штучне освітлення передбачається для всіх виробничих та побутових приміщень, у яких природного світла недостатньо для забезпечення нормативного рівня освітленості, а також для освітлення під час роботи у темний період доби.

4.3.3 Облаштування санітарно-побутових приміщень

Побутові приміщення — це спеціально обладнані зони, призначені для задоволення санітарно-гігієнічних та побутових потреб працівників під час їх перебування на робочому місці. До таких приміщень належать їдальні або кімнати для приймання їжі, санвузли, душові, умивальні, гардеробні, кімнати особистої гігієни, а також пральні.

Цех водопостачання класифікується як виробництво другої групи за умовами праці [36]. У складі побутових приміщень передбачено гардеробну, умивальні та душові. Туалети розміщено як у побутовому блоці, так і безпосередньо на території цеху для забезпечення доступності.

Покриття підлоги у туалетах, умивальних та душових виконується з водонепроникних матеріалів, із передбаченим ухилом до трапів, що забезпечує ефективне відведення води та підтримання санітарно-гігієнічних умов. Стіни на висоту 1,5 м покриті вологостійким матеріалом.

Будівля санітарно-побутового приміщення має два поверхи, ширина будівлі – 38 м. Вона примикає безпосередньо до виробничої будівлі цеху. З метою зберігання одягу працівників застосовуються індивідуальні металеві ящики закритого типу з підключеною вентиляційною системою.

На робочих місцях цеху є кабіни для відпочинку, в яких встановлені лави зі спинками, до цих кабін подається охолоджене повітря. Для забезпечення питного режиму встановлені фонтанчики та автомати газованої води [37].

4.4 Заходи пожежної безпеки

Основним напрямом у системі протидії пожежам є пожежна профілактика – сукупність державних, організаційних і технічних заходів, спрямованих на попередження виникнення пожеж, обмеження їх розповсюдження, створення умов для безпечної евакуації людей та ефективного гасіння загорянь.

Серед найпоширеніших причин пожеж на промислових об'єктах можна виділити:

– необережне поводження з відкритим вогнем;

– технічну несправність обладнання;

– порушення регламенту технологічного процесу;

– неправильну експлуатацію електроустановок;

– порушення режиму пожежної безпеки під час електр- та газозварювальних робіт.

Займання може бути спричинене як неелектричними джерелами, так і електричними несправностями, що потребує ретельного дотримання вимог безпеки в усіх виробничих процесах.

Одним із критичних параметрів, що визначають стійкість будівель до пожежі, є ступінь їх вогнестійкості. Відповідно до положень ДБН В.1.1-7:2002, цех водопостачання класифікується як будівля другого ступеня вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості конструктивних елементів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій (в годинах) залежно від ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Основні будівельні конструкції				
	Несучі стіни, стіни сходових кліток, колони	Сходові майданчики, балки та марші	Зовнішні стіни із навісних панелей	Внутрішні стінки, перего-родки	Плити, настили та інші несучі конструкції перекриттів
	Мінімальні межі вогнестійкості				
II	2,0	1,0	0,25	0,25	0,75

Для запобігання поширенню вогню будівельні конструкції обладнані протипожежними бар’єрами, що виконують функції як поперечних, так і поздовжніх перешкод.

Для безпечної евакуації працівників з приміщень цеху передбачено спеціальні евакуаційні виходи. Оскільки транспортні ворота не відповідають вимогам для евакуаційних проходів, додатково облаштовані окремі спеціалізовані виходи для оперативного виведення персоналу.

Відповідно до вимог пожежної безпеки, водозабір для гасіння пожеж здійснюється через пожежні гідранти, розташовані по периметру цеху. Пожежні насоси здатні створювати робочий тиск 0,6 МПа і мають автоматичний запуск максимум протягом 5 хвилин після спрацювання сигналізації про пожежу.

Обладнання насосів розраховане на забезпечення необхідного витрати

води згідно з нормативами: для внутрішнього пожежогасіння – 20 л/м², для зовнішнього – 30 л/м².

До засобів індивідуального пожежогасіння відносять ручні пінні вогнегасники, що призначені для оперативного локального придушення загорянь. ОВП10 – для гасіння горючих матеріалів в твердому стані, вогнегасники вуглекмслотні (типу ВВ2, ВВ5, ВВ8, ВВ25, ВВ80 – для гасіння електроапаратури.

Для будівель IIступеня вогнестійкості в місцевості із середньою грозовою діяльністю (20 і більше годин на рік), приймемо категорію влаштування блискавкозахисту III. Опорою для монтажу блискавковідводу послужить сама будівля, блискавкоприймачі можуть бути стрижневими, що виготовляються зі сталі будь-якої марки (з довжиною стрижня 200 - 1500 ммі площею перерізу не менше 100 мм²), і тросові, що виготовляються із сталевого багатодротяного оцинкованого троса 5 мм. Заземлювачі виготовляють із сталі будь-якого профілю перетином не менше 100 мм² [38, 39].

4.5 Заходи щодо техніки безпеки

До початку проведення капітального ремонту грейферного крану, в проекті організації робіт повинні розробити організаційні та технічні заходи з охорони праці ремонтних робіт. Працівники цеху під керівництвом начальника ремонту зобов’язані підготувати ремонтний майданчик. Настіл майданчику повинен будти рівним, прибрані всі сторонні предмети.

При зупинці крану на ремонт використовують бірочну систему, в якій жетоном для вмикання є ключ-бірка.

Начальник ремонту видає наряд-допуск бригадиру ремонтної бригади, кран зупиняють над ремонтним майданчиком, встановлюють попереджуючі знаки. Провести інструктаж з охорони праці всіх працівників, які будуть приймати участь в проведенні капітального ремонту. Зробити запис в журналі інструктажів.

Після проведення інструктажу вивісити на дільниці ремонту попереджувальні та забороняючі знаки, плакати з безпечного виконання ремонтних операцій [40].

В підготовчий період необхідно провести очищення обладнання та прибирання території, де буде проводитися ремонт, від сторонніх предметів.

Ремонтний персонал повинен підніматися на кран та спускатися вниз тільки через посадочний майданчик, інструмент необхідно носити в сумках через плече, щоб руки були вільними.

Для проведення ремонту крану необхідно змонтувати підмости, які підвішують. Ремонт обладнання з підмостів проводити тільки в монтажних пасах. Ремонтний персонал повинен бути дуже уважним.

Підмости повинні будти з перилами висотою 1,2 м, а перекриття повинні бути розраховані на вагу демонтує мого обладнання та вагу ремонтного персоналу.

При опусканні демонтуємих вузлів на ремонтний майданчик люди повинні знаходитись за межами зони підйому та пересування вантажу. Ці вузли на майданчику встановлюють на підготовлені стелажі, які з’єднані між собою скобами.

Ремонтний майданчик необхідно забезпечити достатнім освітленням, так як не достаток освітлення може призвести до травматизму.

Під час ремонту обладнання можливе пролиття змазки, яку необхідно ретельно прибрати для уникнення падіння.

Ремонтний персонал повинен мати посвідчення стропальників, щоб не травмуватися під час пересування ремнотного обладнання.

Інструмент повинен бути справним та застосовувати його необхідно за призначенням [37, 38].

4.6 Заходи з охорони навколишнього середовища

Металургійні підприємства необхідно розташовувати з підвітряного боку відносно до населених пунктів, щоб гази і пил не попадали на житлові квартали. З цією метою передбачається зона між підприємством і населеним пунктом. Для металургійних підприємств мінімальна ширина захисної зони 1000 м за умов організації спеціальних заходів по боротьбі з викидами в навколишнє середовище. В захисній зоні необхідно висаджувати дерева, кущі, газони.

Всю вільну територію металургійного підприємства необхідно озеленювати із розрахунку 10-20 % території підприємства. Територію підприємства необхідно тримати чистою, проходи і проїзди в літній період поливати водою.

Під час охолодження обладнання до складу води потрапляють абразивні частки, мастильний матеріал і емульсія. Для зменшення забруднень природних водоймищ устатковано відстійники, в котрих промислова вода очищається: тверді частки осаджуються на дно, хімічні домішки, що знаходяться в ній, нейтралізуються спеціальними компонентами [41]. Очисні споруди не повністю очищають промислову воду, тому необхідно на металургійному підприємстві споруджувати замкнутий цикл водопостачання.

4.7. Розрахунок дефлектора для оптимізації процесу природньої вентиляції

При плануванні природної вентиляції слід враховувати вибір оптимальної швидкості повітря, площу перетину вентиляційних каналів та точний розрахунок гравітаційного тиску, який визначаємо за формулою:

$$H_{гр}=h\cdot(\gamma_{+5}-\gamma_{вн})=12,5\cdot(1,205-1,157)=0,5кг/м^2=5\ Па \qquad (4.3)$$

де h – вертикальна відстань між центрами впускного та випускного отвору каналів, м;

γ_{+5} – питома вага зовнішнього повітря, яке приймається при температурі +5°С, кг/м ^{3};

$\gamma_{вн}$ – густина внутрішнього повітря при температурі приміщення, кг/м ^{3}

Визначимо діаметр дефлектора для видалення приміщення повітря (рисунок 4.1). Продуктивність дефлектора L_g = 4000 м ^{3} /рік, $V_{вітр}$ = 5 м/с, дефлектор встановлений на даху – $\sum\xi = 0{,}5$; l = 5,0 м.

Враховуючи тільки тепловий тиск за графіком (рис.4.2, а), знаходимо d_g = 700 мм, приймаємо найближчий більший d_g = 800 мм. Враховуючи тепловий та вітровий натиски за графіком (рис.4.2, б), знаходимо d_g = 620 мм, приймаємо d_g = 700 мм. Хід рішення показано на рис. 4.2 пунктирними лініями.

При застосуванні гравітаційного тиску, в якості теплового напору швидкість повітря в патрубку розраховується за формулою:

$$V_g = \sqrt{\frac{16 \cdot H_{гр}}{\sum\xi + 0{,}61 + 0{,}02 \cdot l/d_g}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 0{,}5}{0{,}5 + 0{,}61 + 0{,}02 \cdot 5/0{,}8}} = 2{,}55 \text{ м/с}, \qquad (4.4)$$

При використанні тільки вітрового тиску:

$$V_g = \sqrt{\frac{0{,}4 \cdot V^2_{ветр}}{1{,}2 + \sum\xi + 0{,}02 \cdot l/d_g}} = \sqrt{\frac{0{,}4 \cdot 5^2}{1{,}2 + 0{,}5 + 0{,}02 \cdot 5/1}} = 2{,}38 \text{ м/с} \qquad (4.5)$$

При використанні теплового та вітрового напорів:

$$V_g = \sqrt{\frac{16 \cdot H_{гр} + 0{,}4 \cdot V^2_{ветр}}{1{,}2 + \sum\xi + 0{,}02 \cdot l/d_g}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 5 + 0{,}4 \cdot 5}{1{,}2 + 0{,}5 + 0{,}02 \cdot 5/0{,}7}} = 3{,}125 \text{ м/с} \qquad (4.6)$$

Згідно з отриманими розрахунками при використанні теплового та вітрового тисків, вибираємо дефлектор № 8.

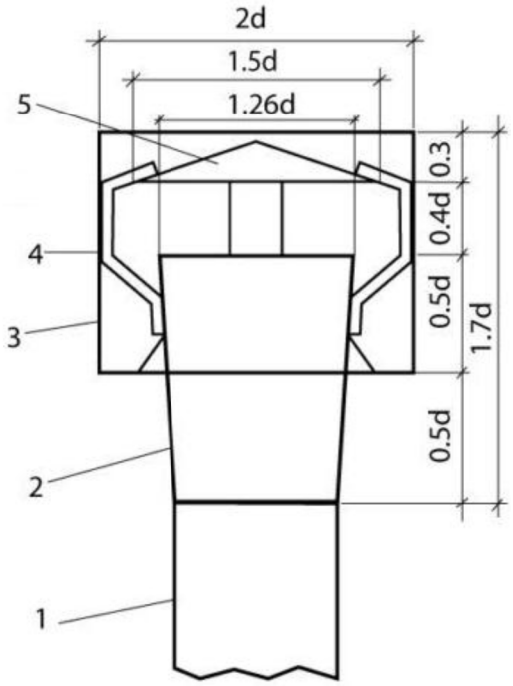


Рисунок 4.1 – Дефлектор ЦАГІ: 1 – патрубок, 2 – дифузор, 3 – корпус, 4 – лапка кріплення парасолі, 5 – парасоля

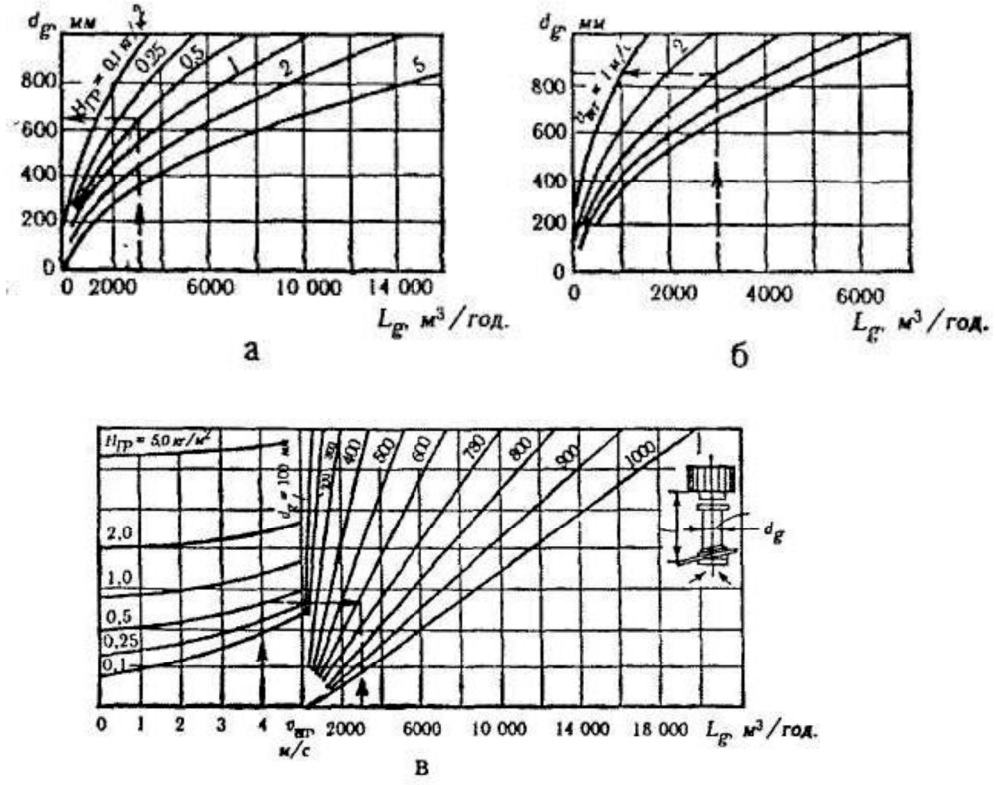


Рисунок 4.2 – Графік для підбору дефлектора ЦАГІ: а – з урахуванням тільки теплового тиску; б – при врахуванні тільки вітрового тиску; в – при врахуванні теплового та вітрового тисків

Висновки

1. Аналіз технологічного процесу цеху водопостачання ПАТ «Запоріжсталь» показало, що одним з найбільш проблемних місць є грейферний кран козлового типу, що пов’язано з недосконалістю конструкції механізму підйому.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для чищення шламових відстійників у світовій практиці використовуються різні типи агрегатів, серед яких перевага належить грейферним кранам, які мають типові недоліки, аналогічні до тих, які притаманні грейферному крану цеху водопідготовки ПАТ «Запоріжсталь».
3. В результаті запропонованої модернізації грейферного крану козлового типу можливе досягнення збільшення продуктивності, терміну служби, а також міжремонтних періодів.
4. Виконані розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей вказують на високу працездатність і надійність запропонованої конструкції приводу підйому грейфера.
5. Для забезпечення роботоспроможності та номінальної продуктивності грейферного крану варто враховувати рекомендації щодо монтажу та експлуатації, що наведені в 3 розділі. Створення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища можливе за рахунок застосування організаційних заходів з 4 розділу.
6. Відповідно до умов та режиму експлуатації грейферного козлового крану виконані розрахунки механізму підйому та обрані основні елементи приводу.
7. Результати роботи не обмежуються використанням тільки на ПАТ «Запоріжсталь», а й мають можливість адаптації під технологічні потреби інших підприємств металургії де використовуються застаралі конструкції кранового обладнання.

Список використаної літератури

1. Енергетики запорізького промислового гіганта відзначають 90-річчя підрозділів. *ZPRZ.CITY*. URL: https://zprz.city/news/view/energetiki-zaporizkogo-promislovogo-gigantu-vidznachayut-90richchya-pidrozdiliv-1 (дата звернення: 21.05.2025).
2. *Facebook*. URL: https://www.facebook.com/zaporizhstal/posts/673919711550029/?locale=uk_UA (дата звернення: 21.05.2025).
3. Волянюк В.О. Підйомно-транспортні машини (системи): конспект лекцій Ч. 1. Київ: КНУБА, 2019. 144 с.
4. Динаміка та оптимальне керування рухом мостових кранів. / В. С. Ловейкін та ін. К, : ЦП „КОМПРІНТ”, 2019. 460 с.
5. Малащенко В.О., Стрілець В.М., Новіцький Я.М.Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. Львів: Новий світ-2000, 2025, 347 с.
6. Піпа Б.Ф., Хом’як О.М., Чабан В.В. Підйомно-транспортні пристрої: навч. посіб. К.:КНУТД, 2006. 143с.
7. Григоров О.В., Петренко О.В. Вантажопідйомні машини: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2006. 299 с.
8. Баладінський В.Л., Гаркавенко О.М., Вольтерс О.Ю. та інш. Пристрої та механізми вантажопідйомних машин: навч. посіб. / – Баладінський В.Л. та інш.К.: КНУБА, 2005. 131 с.
9. Козуб Ю.Г., Маслійов С.В. Підйомно-транспортні машини: підруч. Старобільськ: вид-во ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2018. 277с.
10. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
11. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
12. Гончарук О. М., Стрілець В. М.Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка. Рівне: НУВГП, 2006. 345 с.

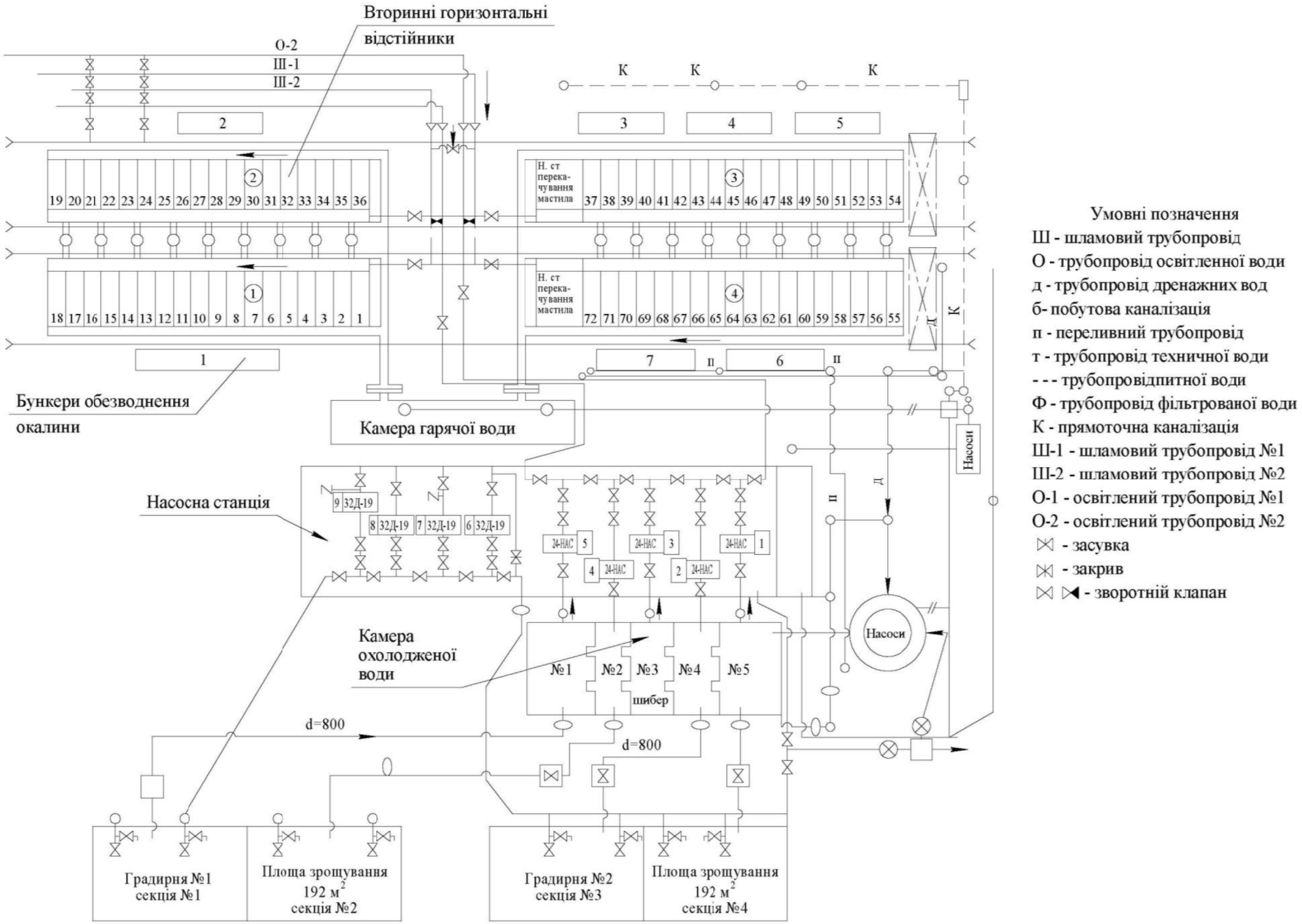
13. Стрелец В. В. Деталі машин і основи конструювання. Суми : Сум. держ. ун-т, 2022. 150 с.
14. Редуктор Ц2-650 купити в Києві, Україні: ціна, характеристики | Ventilator.ua / КВЗ. *ТОВ «Київський Вентиляційний Завод»*. URL: https://ventilator.ua/product/reduktor-c2-650/ (дата звернення: 25.05.2025).
15. ⊳ Купити трос сталевий (канат) в Києві • доступні ціни на сталевий трос (канат) • продаж сталевого каната в Україні. ⊳ *УкрЕкоПродукт – виробництво та продаж сталевих, буксирувальних та сантехнічних тросів (канатів), вантажних строп і шпалер*. URL: https://1kanat.com.ua/catalog/section/kanat-stal-tros/ (дата звернення: 24.05.2025).
16. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», 2021. 106 с.
17. Писаренко О.Г. Опір матеріалів : З основами пружності й пластичності: У 2 ч., 5 кн. Київ : Вища шк., 1995. Т. 4 : Приклади і задачі. 463 с.
18. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
19. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 374 с.
20. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
21. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
22. Максименко О.П., Перемітько В.В., Самохвал В.М. Теорія і практика змащування металургійних машин: навч. посіб. Дніпропетровськ: «Системні технології», 2006, 172 с.
23. Закалов О.В., Закалов І.О. Основи тертя і зношування в машинах: навч. посіб. Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 322 с.

24. Желябіна Н.К., Власов А.О. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: навч.-метод. посіб. Запоріжжя, 2008. 240 с.
25. Желябіна Н. К, Кобрін Ю. Г. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: метод. вказівки Запоріжжя, 2008. 95 с.
26. Дудніков А.А. Основи стандартизації, допуски, посадки і технічні вимірювання. К.: Центр навчальної літератури, 2006. 352 с.
27. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизація та технічних вимірювань: навч. посіб. К.: Кондор, 2004. 796 с.
28. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
29. ДСТУ 2156-93 Безпечність промислових підприємств. Терміни та визначення. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48088 (дата звернення: 25.05.2025).
30. ДСТУ-Н Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25941 (дата звернення: 25.05.2025).
31. ДСТУ 2299-93 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Терміни та визначення. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=92498 (дата звернення: 25.05.2025).
32. 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.

33. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
34. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024-09-01. Вид. офіц. 2024.
35. 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.
36. ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
37. ДБН В.2.2–28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Чинний від 2011–10–01. Вид. офіц.
38. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
39. 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.
40. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
41. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.

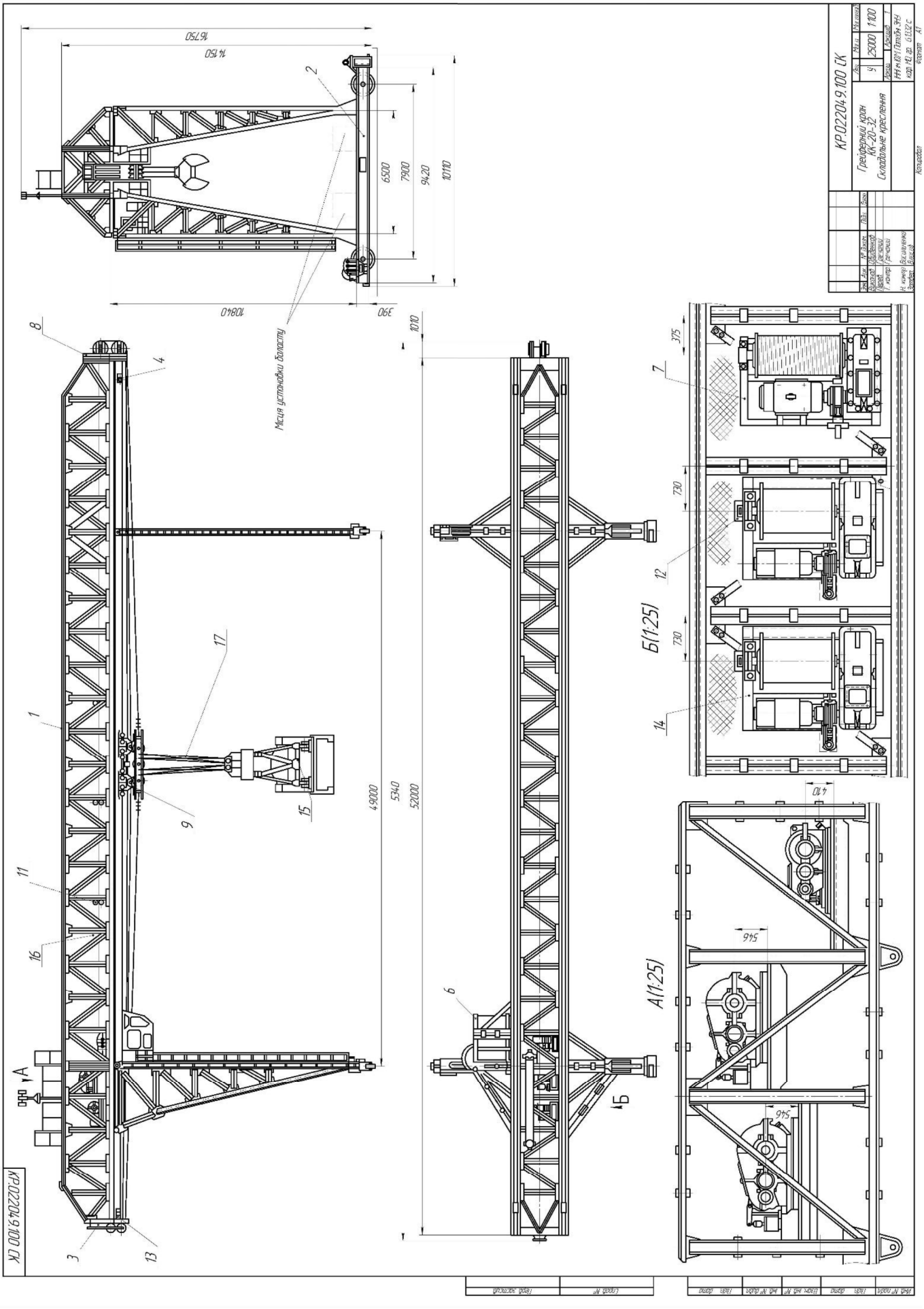
ДОДАТКИ

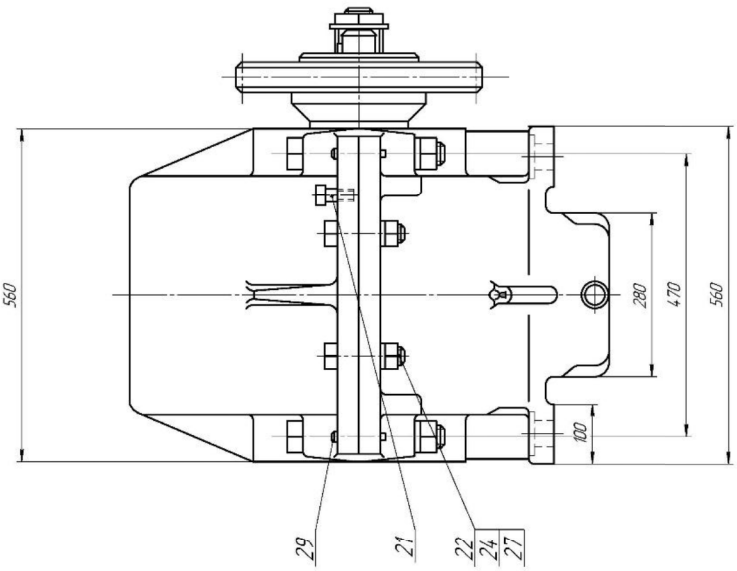


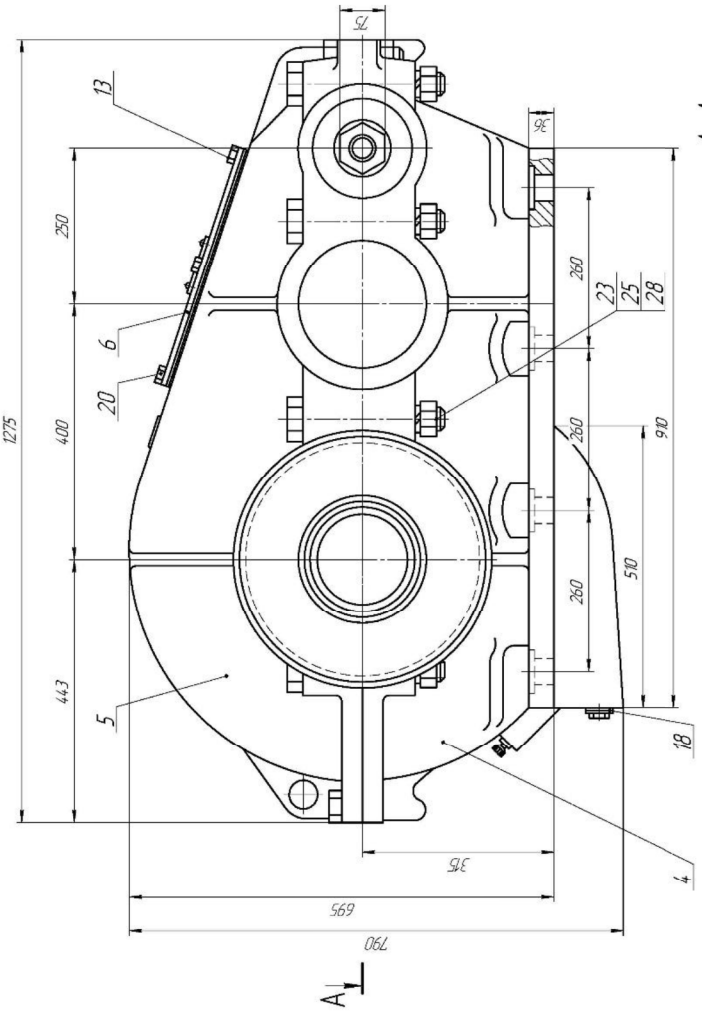
Умовні позначення

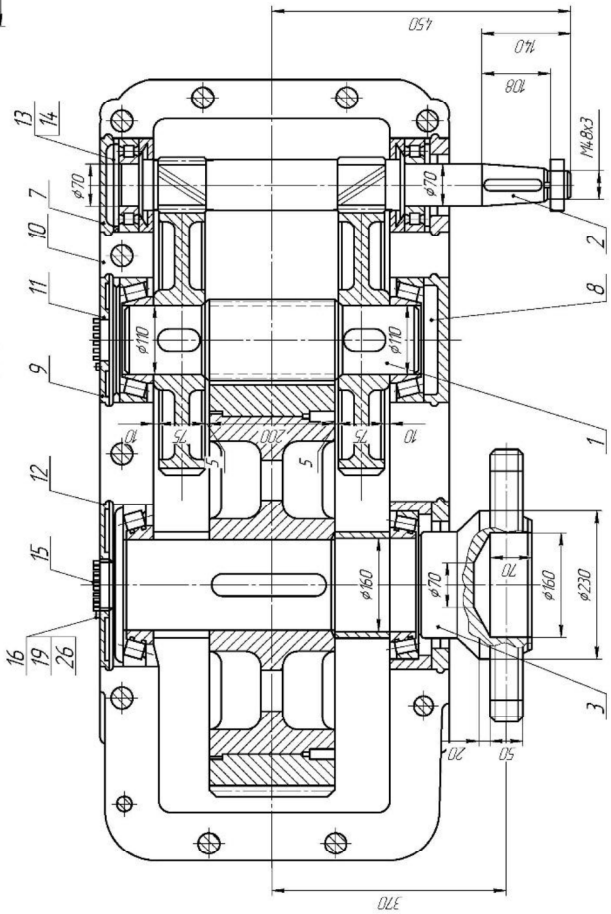
Ш - шламовий трубопровід
О - трубопровід освітленної води
д - трубопровід дренажних вод
б- побутова каналізація
п - переливний трубопровід
т - трубопровід техничної води
- - - трубопровідпитної води
Ф - трубопровід фільтрованої води
К - прямоточна каналізація
Ш-1 - шламовий трубопровід №1
Ш-2 - шламовий трубопровід №2
О-1 - освітлений трубопровід №1
О-2 - освітлений трубопровід №2
⋈ - засувка
⋈ - закрив
⋈ ⋈ - зворотній клапан

Апаратно-технологічна схема цеху водопостачання


КР.02204.9.100 СК
Грейферный кран КК-20-32
Складочные кресления
16750
14150
10840
390
6500
7900
9420
10110
Место установки болту
1010
49000
5340
52000
Б(1:25)
А(1:25)
730
730
375
410
546
546
1
2
3
4
6
7
8
9
11
12
13
14
15
16
17
А
Б







КР.022049.200 СК

Редуктор Ц2-650
Склодольне кріслення

Літ. Маса Масштаб
Н 386 1:4

Аркушів 1

НМУ Україна
ННІ ім. В.П. Полєшкіна УНН,
каф. ПО гр. 6.1332 с

Формат А1

Копіював

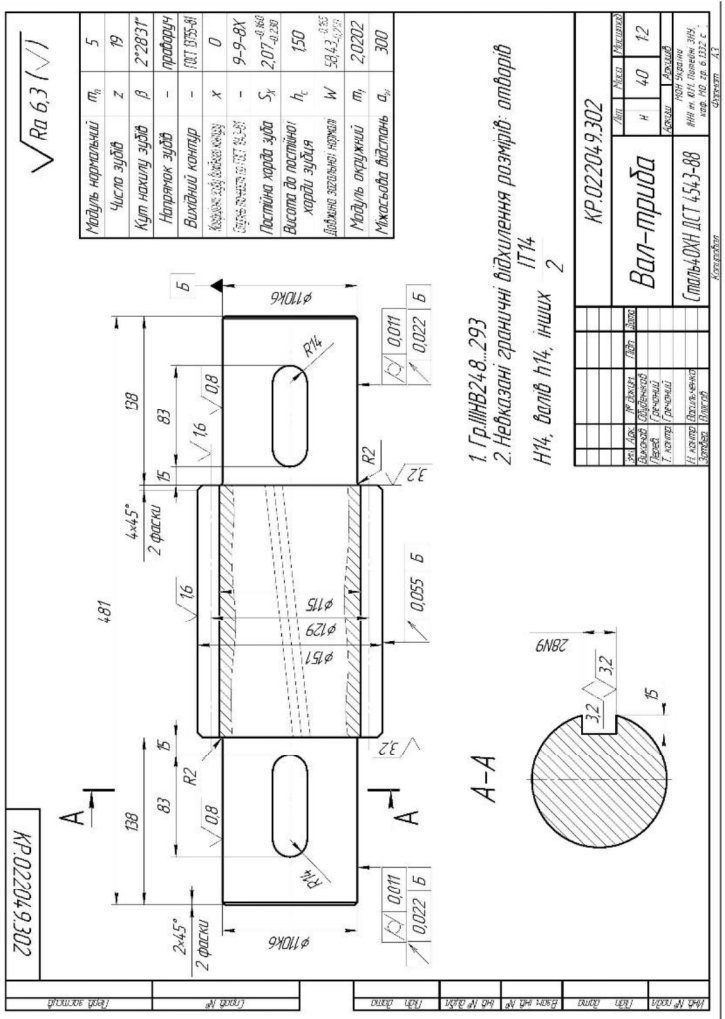
Н. контр. Островерх
Затверд. Ігнатов

Розроб. Яковлєв
Перевір. Ковальчук
Т. контр. Ковальчук

Змін. Лист № докум. Підпис Дата

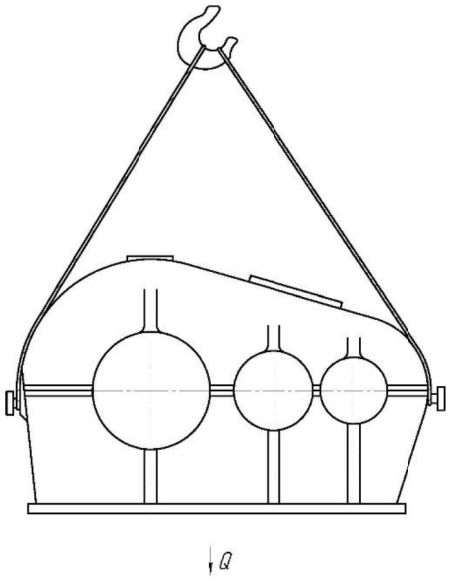
КР.022049.200 СК

Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Перед. № | Перед. застосув.


Ra 6,3
Модуль нормальний m_n 5
Число зубів z 19
Кут нахилу зубів β 2°28'31"
Напрямок зубів – праворуч
Вихідний контур – ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення x 0
Степінь точності 9-9-8Х
Постійна хорди зуба S_x 2,07
Висота до постійної хорди зуба h_c 1,50
Довжина загальної нормалі W 58,43
Модуль окружний m_t 2,02202
Міжосьова відстань a_w 300
1. Гр.IIIHB248...293
2. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших IT14/2
КР.022049.302
Вал-трибо
Сталь40ХН ДСТ 454-88
А–А
Ra 12,5
Модуль нормальний m_n 5
Число зубів z 75
Кут нахилу зубів β 29°32'29"
Напрямок зубів – правий
Міжосьова відстань a_w 250±0,09
1. Гр.IIIHB217...248
2. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших IT14/2
КР.022049.303
Колесо зубчасте
Сталь45Г ДСТ1050-88
Ra 12,5
Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших IT14/2
КР.022049.101
Барабан
Сталь 35Л ДСТ 977-88
Ra 6,3
Модуль нормальний m_n 5
Число зубів z 75
Кут зачеплення 20°
Висота головки зуба h_1 4
Висота ніжки зуба h_2 5
Клас точності – 5
Граничні відхилення сумісних колодязів коронок 0,045
Граничні відхилення товщини коронки S_{rc} 0,120
Граничне биття кола виступів зубів E_p 0,050
1. Гр.IIIHB217...248
2. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших IT14/2
КР.022049.301
Втулка зубчаста
Сталь45 ДСТ 1050-88

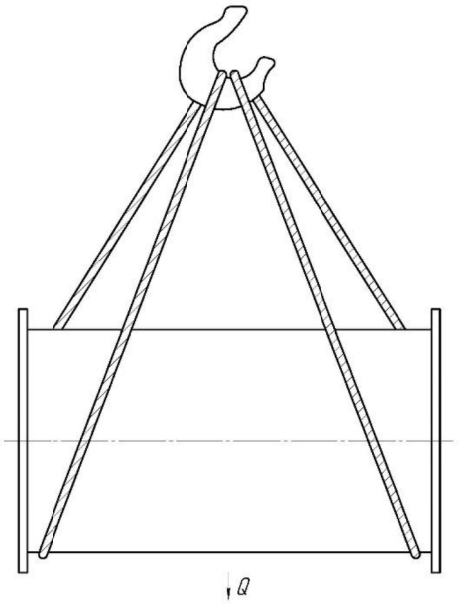
КР.022049.300 М

Схема стропування редуктора



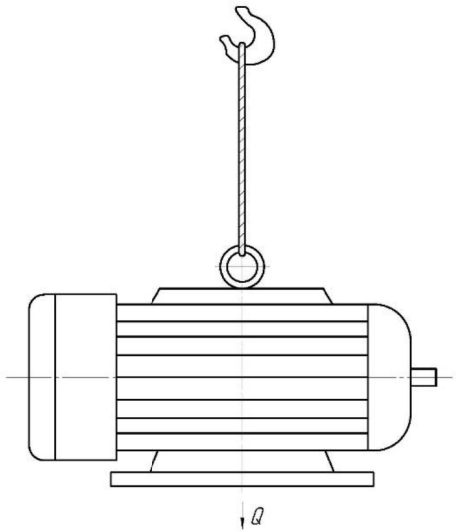
Вага	1,1 кН
Розривне зусилля	$F_{роз}$=500 кН
Діаметр канату	ф18 мм
Тип стропу	СКП-1,2
Довжина петлі	400 мм
Довжина стропу	5000 мм
Тип канату	ЛКР-6х19+10.С
Маркувальна група	σ=1600 МПа

Схема стропування барабана



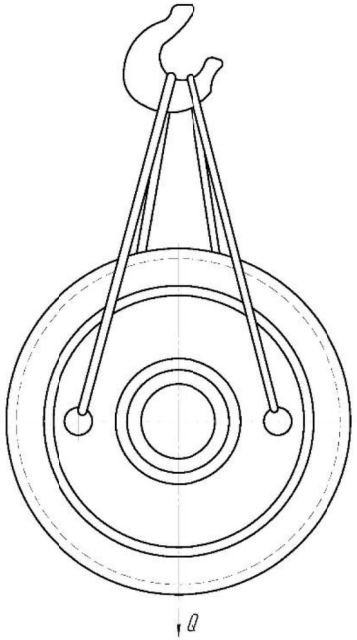
Вага	0,26 кН
Розривне зусилля	$F_{роз}$=34,8 кН
Діаметр канату	ф8,3 мм
Тип стропу	СКП-0,3
Довжина петлі	240 мм
Довжина стропу	2000 мм
Тип канату	ЛКР-6х19+10.С
Маркувальна група	σ=1400 МПа

Схема стропування електродвигуна



Вага	0,15 кН
Розривне зусилля	$F_{роз}$=34,8 кН
Діаметр канату	ф8,3 мм
Тип стропу	СКП-0,2
Довжина петлі	240 мм
Довжина стропу	1200 мм
Тип канату	ЛКР-6х19+10.С
Маркувальна група	σ=1400 МПа

Схема стропування ходового колеса



Вага	0,2 кН
Розривне зусилля	$F_{роз}$=34,8 кН
Діаметр канату	ф8,3 мм
Тип стропу	СКП-0,25
Довжина петлі	240 мм
Довжина стропу	1200 мм
Тип канату	ЛКР-6х19+10.С
Маркувальна група	σ=1400 МПа

КР.022049.300 М

Схеми стропування великовагових деталей

Літ. Маса Масштаб

Аркуш Аркушів 1

Виконав Обуденков

Перев. Гречний

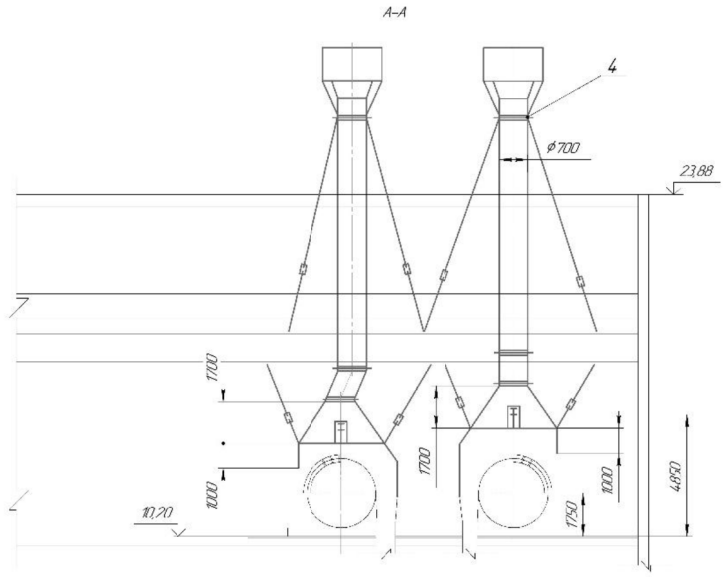
Т. контр. Гречний

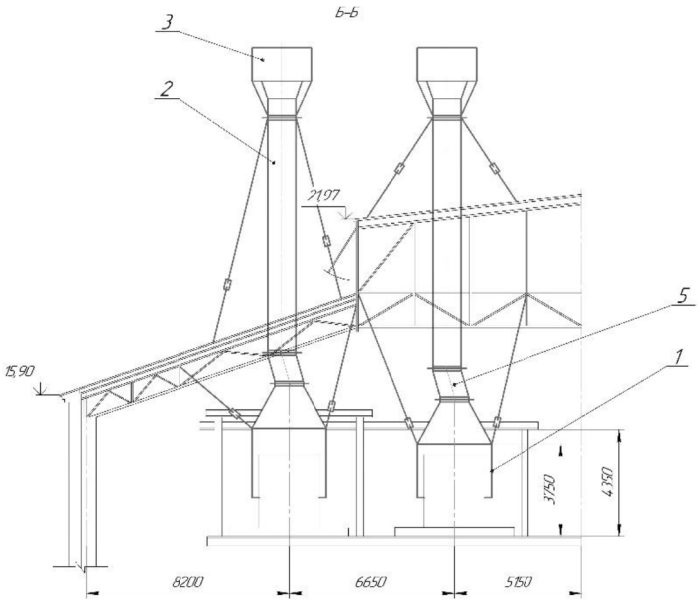
Н. контр. Васильченко

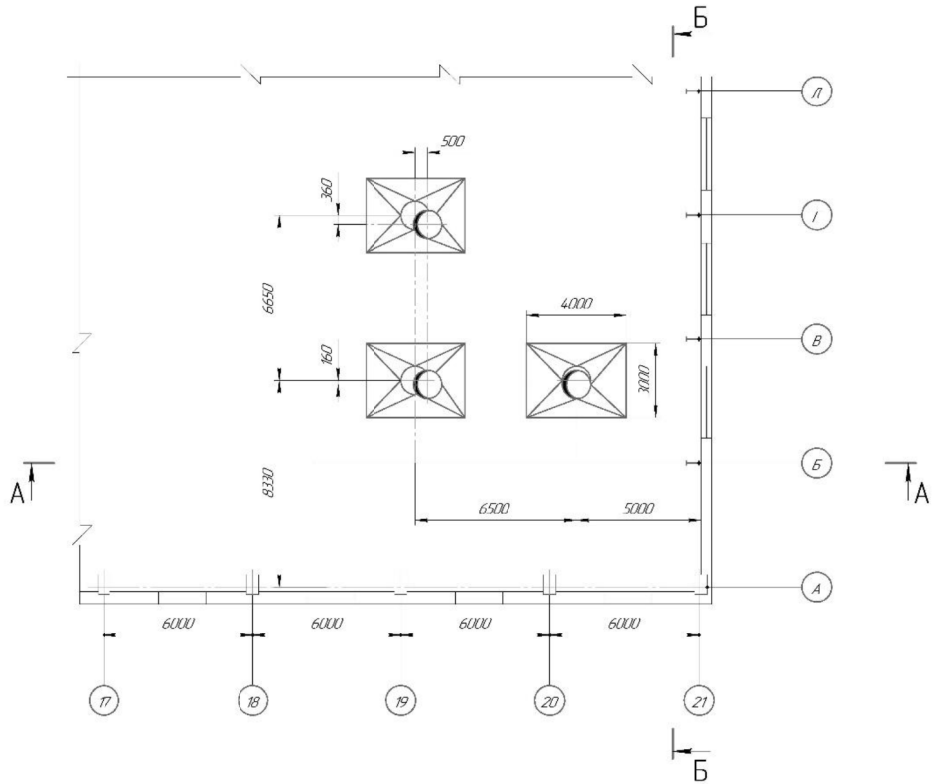
Затверд. Власов

МОН України ВНН ім. Ю.Н. Потебні ЗНУ, каф. УІО, гр. 6.1332 с.

Копіював Формат А1







Поз.	Позначення	Кіл.	Примітка
1	Гаргопля 3000х4000х1700h	3	
2	Повітропровід ф 700	3	
3	Дефлектор ЦАГІ № 8	3	
4	Фланець ф 800	9	
5	Патрубок ф 800 L=12000	3	

1. Вентиляція місцева природна витяжна з дефлекторним спонуканням для видалення парів лугу, що виділяються при роботі фільтрів.
2. Гаргопелі місцевих відсмоктувачів кріпити розпіжками до вузлів верхнього пояса ферм за місцем, разом із розпіжками дефлектори.
3. Після монтажу систему вентиляції пофарбувати лаком за 2 рази.
4. Між фланцевими з'єднаннями прокласти прокладки з азбестового шнура 5 мм змоченого в сурику.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КР.022049.400 ОП
Разраб.	Шубенков				Місцева вентиляція
Пров.	Гриценко				
Т.контр.	Гриценко				
Н.контр.	Васильченко				
Утв.	Власов				

Літ.	Маса	Масштаб
Н		1:100
Аркуш	Аркушів	

МІСІ України
ІІІФФ ім. ІОМ Полтава ЗІТ
кафр. МЕІ, зуч. п.1141 г.

Копіював

Формат А1