МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)
Деталі машин та ТТМ
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)
Магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження роботи зубчастого механізму підйому мостового ливарного крана Q=100+20т.

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Мз 313м

Спеціальності 133 галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Підйомно-транспортні машини та ме
Приворусо Богдан Анатолійович
(прізвище та ініціали)
Керівник Фролов Роман Олександрович
(прізвище та ініціали)
Рецензент Сидоренко Михайло Володимирович
(прізвище та ініціали)

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівельний
Кафедра Деталі машин та ПТМ.
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) підйомно-транспортні машини та механізми
(назва освітньої програми (спеціалізації)

ЗАТВЕРДЖУЮ
в.о. **Завідувач кафедри** Мартовицький Л.М.
«6» 12 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кревсунко Богдан Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження роботи зубчастого механізму підйому мостового мигдального крана Q=100+20т.

керівник проєкту (роботи) Фролов Роман Олександрович ст.викладач,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2024 року №404
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.12.2024р
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Мостовий мигдальний кран вантажопідйомності Q=100+20т.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Розрахунок механізму головного підйому 2. Розрахунок механізму допоміжного підйому 3. Розрахунок механізму пересування крану 4. Розрахунок механізму пересування візка 5. Тензометрична система вантажомірів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
5 креслень формату А1

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Фролов Роман Олександрович ст. викладач		15.10.2024
2	Фролов Роман Олександрович ст. викладач		23.10.2024
3	Фролов Роман Олександрович ст. викладач		31.10.2024
4	Фролов Роман Олександрович ст. викладач		15.11.2024
5	Фролов Роман Олександрович ст. викладач		06.12.2024

7. Дата видачі завдання «11» жовтня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Розрахунок механізму головного підйому	15.10.2024	
2	Розрахунок механізму допоміжного підйому	23.10.2024	
3	Розрахунок механізму пересування крану	31.10.2024	
4	Розрахунок механізму пересування візка	15.11.2024	
5	Тензометрична система зважування	06.12.2024	

Студент _____ Приворотько Б.А
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ Фролов Р.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Р Е Ф Е Р А Т

ПЗ :81с.,18 рис., 12табл., 9джерел.

Об′єкт дослідження – мостовий ливарний кран вантажопідйомності 100/200т.

Мета роботи – розрахунок основних механізмів, втілення тензометричного важільного пристрою.

Метод дослідження - втілення тензометричного важільного пристрою.

На металургійних підприємствах при розливанні стали в виливниці візуально дуже складно визначити кількість металу, що розливається. Із цієї причини можливі так звані «не доливки» (злитки не відповідним стандартним розмірам), які автоматично бракуються. Такі злитки важко реалізувати (продати споживачеві), тому що при подальшій переробці - прокат металу буде виходити не стандартного розміру. Тому щоб споконвічно уникнути цього браку на крані необхідно встановити тензометричну систему зважування. Вона дозволить розливальнику металу рівномірно розподілити метал в виливниці, визначити кількість необхідних виливниць.

КОВШ, ТЕНЗОДАТЧИК, ТРАВЕРСА, ВАГИ, МОСТОВИЙ ЛИВАРНИЙ КРАН, БАЛАНСИР, ПІДВІСКА, КАНАТ, МОСТ, ВІЗОК, КАБІНА, КОЛЕСО, РЕЙКИ, РЕДУКТОР, ЄЛЕКТРОДВИГУН.

ЗМІСТ

Завдання на проект……..2

Реферат……4

Вступ……6

1.Розрахунок механізму головного підйому…….…..10

1.1Схема і кратність поліспаста…….…..10

1.2 Максимальний натяг каната……...11

1.3 Вибір каната……12

1.4 Діаметр барабана і блоків……...13

1.5 Привод механізму підйому……14

1.5.1 Вибір електродвигуна……..15

1.5.2 Вибір редуктора……17

1.5.3 Вибір муфти……..19

1.5.4 Вибір гальма……..21

2.Розрахунок механізму допоміжного підйому……..22

2.1Схема і кратність поліспаста……...22

2.2 Максимальний натяг каната……...23

2.3 Вибір каната. ……...24

2.4 Діаметр барабана і блоків…….....25

2.5 Привод механізму підйому. …….....27

2.5.1 Вибір електродвигуна. …….....28

2.5.2 Вибір редуктора…….....29

2.5.3 Вибір муфти……30

2.5.4 Вибір гальма……....32

3.Розрахунок механізму пересування крана……..……..34

3.1 Схема механізму пересування……....34

3.2 Визначення опорів пересування крана……..35

3.3 Вибір електродвигунів……....36

3.4 Вибір редуктора……...37

3.5 Вибір з єднальних муфт……..39

3.6 Запас зчеплення приводних коліс крана……...40

3.7 Вибір гальма……....42

4. Розрахунок механізму пересування візка ……..….45

4.1 Схема механізму пересування……45

4.2 Визначення опорів пересування візка……...…46

4.3 Вибір електродвигунів……47

4.4 Вибір редуктора……..…48

4.5 Вибір з єднальних муфт……49

4.6 Запас зчеплення приводних коліс візка……52

4.7 Вибір гальма……53

5.Тензометрична система зважування ……55

5.1 призначення системи…….……..55

5.2 Технічні характеристики……....56

5.3 Комплектність……..58

5.4 пристрій і принцип дії……....59

5.5 Пристрій і робота складових частин виробу……....60

5.5.1 Ваговий індикатор ИВ-320……..61

5.5.2 Табло ТВ-330……....62

5.5.3 Модулі DR3000……....62

5.5.4 Виносне табло……...61

5.6 Міри безпеки……....62

5.7 Підключення пристрою……..63

6.Охорона праці ……64

6.1 Заходи з охорони праці……..……..…66

6.2 Заходи з цивільної оборони……...…71

7. Розрахунок економічної ефективності……..……..77

Висновки……...….80

Перелік посилань……...……81

ВСТУП

Ливарні крани призначені для виконання операцій по транспортуванню й заливанню розплавленого металу в міксер або мартенівські печі, розливанню металу в виливниці, а також для допоміжних операцій, пов'язаних з кантуванням ковшів, ремонтом устаткування й збиранням цеху.

По характеру основної виконуваної операції ливарні крани сталеплавильного виробництва підрозділяються на три типи:

– міксерні, що забезпечують заливання рідкого чавуну із чугуновізних ковшів у міксер (посудина-накопичувач рідкого чавуну, установлена на рейкові візки);

– заливальні, виконуючі операції заливання розплавленого чавуну в мартенівську піч, електропіч або конвертер;

– розливальні, що роблять розливання розплавленого металу (переважно стали) в виливниці або в установку безперервного розливання стали (УНРС).

Розливальні крани застосовують також у сталеплавильних, електроплавильних і ливарних цехах машинобудівних заводів.

По конструкції всі три типи ливарних кранів ідентичні й відрізняються головним чином параметрами (вантажопідйомністю, висотою підйом, довжиною прольоту) і деякими особливостями: наприклад, міксерні й заливальні крани обладнаються одноповерховими, а розливні - багатоповерховими кабінами керування, у яких, крім приладів і систем керування, монтується електроустаткування крана. Найбільшу вантажопідйомність мають розливні крани (до 500 т).

Основним вантажозахватним органом ливарних кранів є траверса із двома однорогими пластинчатими гаками, за допомогою яких захоплюються ковші з розплавленим металом.

Допоміжним вантажозахватним органом є гак допоміжного підйому, призначений для виконання операцій по кантуванню ковшів і для виконання допоміжних операцій.

Ливарні крани виготовляються для роботи на постійному струмі напругою 220 в і на змінному струмі напругою 380 *в.* Механізми підйому головного візка й пересування крана розраховані на важкий режим роботи (ПВ 40%), всі механізми допоміжного візка й механізм пересування головного візка розраховані на середній режим роботи (ПВ 25%).

Металева конструкція мосту складається із двох зварених поздовжніх балок коробчастого перетину, зв'язаних одна з іншої двома кінцевими балками також коробчастого перетину. По двом головним балках переміщається візок. Візок має два підйоми головний і допоміжний.

Головний підйом служить для транспортування ковшів з рідким металом, а допоміжний - для кантування ковшів, а також для виробництва різних ремонтних і збиральних робіт. Керування краном здійснюється з теплоізолйованної кабіни, підвішеної до мосту крана, у якій є установка для кондиціювання повітря. У кабіні розміщається апаратура для керування краном.

На металургійних підприємствах при розливанні стали в виливниці візуально дуже складно визначити кількість металу, що розливається. Із цієї причини можливі так звані «не доливки» (злитки, які не відповідають стандартним розмірам), які автоматично бракуються. Такі злитки важко реалізувати (продати споживачеві), тому що при подальшій переробці - прокат металу буде виходити не стандартного розміру. Тому щоб споконвічно уникнути цього браку на крані необхідно встановити тензометричну систему зважування. Вона дозволить розливальнику металу рівномірно розподілити метал в виливниці, визначити кількість необхідних виливниць. В процесі розробки мною спроектовано тензометричний важільний пристрій.

1 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ГОЛОВНОГО ПІДЙОМУ

1.1. Схема й кратність поліспаста.

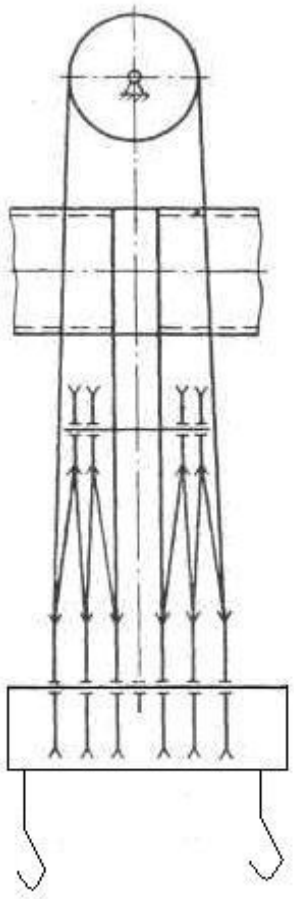


Рис.1. Схема поліспаста.

Кратність поліспаста

$$i_n = \frac{n}{m} = \frac{12}{2} = 6 \qquad (1.1)$$

де n - число гілок на якому висить вантаж, n=12

m - число гілок які прикріплені до барабана, m=2

1.2.Максимальний натяг каната

Приймаємо механізм зі здвоєним поліспастом.

Зусилля в канаті, що набігає на барабан при підйомі вантажу.

$$F_{б} = \frac{Q\,g}{zu_{n}\eta_{o}} = \frac{100000 \cdot 9.81}{2 \cdot 6 \cdot 0{,}99} = 82576H \qquad (1.2)$$

де Q - номінальна вантажопідйомність крана, Q=100000кг;

z-число поліспастів у системі, z=2;

u_n - кратність поліспаста, $u_n = 6$;

η_o - загальний ККД поліспаста й обвідних блоків,

$$\eta_{o} = \eta_{n}\eta_{об} \qquad (1.3)$$

де η_n -ККД поліспаста; $\eta_{об}$ -ККД обвідних блоків;

Оскільки обвідні блоки відсутні, тоді:

$$\eta_o = \eta_n = \frac{1 + \eta_{бл}}{2} = \frac{1 + 0{,}98}{2} = 0{,}99 \qquad (1.4)$$

де $\eta_{бл}$-ККД одного блоку [1,таб 2.1], $\eta_{бл}$ =0,98;

1.3 Вибір каната.

Розрахунок сталевих канатів на міцність розробляється згідно Правилам Держнаглядохоронпраці. Розрахункове розривне зусилля каната:

$$F \geq F_k R = 82576 \cdot 6 = 495456\text{Н} \qquad (1.5)$$

де F_k - найбільший натяг у канаті (без обліку динамічних навантажень). Розрахункове розривне зусилля у канаті при максимальному навантаженні на канат , $F_k = F_б = 82576H$;

R-Коефіцієнт запасу міцності [1,табл. 2.3], R=6 для важкого режиму роботи.

Згідно даних [1,табл. 2.6] вибираємо з ГОСТ 7565-80 канат подвійної свивки типу ЛК-3 конструкції 6х25 діаметром d=32мм, що має при маркировочной групі дротів 1764 МПа розривне зусилля F=559500Н

Канат-32-Г-1-Н-1764 ГОСТ 7565-80

Фактичний коефіцієнт запасу міцності:

$$R_ф = \frac{559500}{82576} = 6{,}7 > R_ф = 6 \qquad (1.6)$$

1.4.Діаметр барабана й блоків.

Мінімальний припустимий діаметр барабана й блоків по осі каната :

$$D_{\min} = d_k e = 32 \cdot 30 = 960 \text{мм} \quad (1.7)$$

де d_k - діаметр каната , d_k =32мм ;

е - коефіцієнт , що залежить від типу вантажопідйомної машини й режиму роботи [1,табл.2.7] е=30

Приймаємо діаметр барабана D=1000мм

По [3,табл.5.2.10] вибираємо блоки $D_{бл}$ =810мм

Довжина каната , що навивається на барабан з одного поліспаста:

$$L_k = Hu_n + \pi D(z_1 + z_2) = 20 \cdot 6 + 3{,}14 \cdot 1 \cdot (2 + 4) = 139м \quad (1.8)$$

де Н- висота підйому вантажу ;

u_n - кратність поліспаста, u_n=6;

D-діаметр барабана по середній лінії навитого каната;

z_1 - число запасних (не використовуваних) витків на барабані

до місця кріплення , z_1=2;

z_2 - число витків каната, що перебувають під затискним

пристроєм на барабані, z_2=4;

Робоча довжина барабана для каната, що звивається з одного поліспаста:

$$L_б = \frac{L_k t}{\pi m(md + D)\varphi} = \frac{139000 \cdot 38}{3{,}14 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 32 + 1000) \cdot 1} = 1630\text{мм} \qquad (1.9)$$

де L_k - довжина каната, що навивається на барабан;

t-крок витка [1,табл.2.8], t=38мм;

m-число шарів навивки, m=1;

d-діаметр каната, d=32мм;

D-Діаметр барабана по середній лінії навитого каната;

φ - коефіцієнт не щільності навивки каната, φ =1;

Прийнявши відстань між правою й лівою нарізками на барабані (довжина не нарізної частини) рівним відстані між осями блоків, тобто $l = b = 0{,}5$м, знайдемо повну довжину барабана

$$L = 2L_b + l = 2 \cdot 1630 + 500 = 3760\text{м} \qquad (1.10)$$

1.5.Привод механізму підйому.

1.5.1.Вибір електродвигуна

Статична потужність двигуна при $\eta = 0{,}85$

$$P_c = \frac{Qgu_Г}{10^3 \eta} = \frac{100000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}07}{10^3 \cdot 0{,}85} = 80{,}78 кВт \qquad (1.11)$$

де Q-Номінальна вантажопідйомність,Q=100т;

$u_Г$ - швидкість підйому вантажу, $u_Г$=0,07 $м/с$

η-ККД механізму [1,табл.1,18], η=0,85

З урахуванням вказівок до формули з [3,табл.2.1.18] вибираємо крановий електродвигун постійного струму Д 814, що має при ПВ = 40% номінальну потужність $P_{ном}$ = 83 кВт і частоту обертання $n = 470$ хв$^{-1}$.

Частота обертання барабана при $D_{расч} = D = 1м$

$$n_\delta = \frac{60 u_Г u_n}{\pi D_{расч}} = \frac{60 \cdot 0{,}07 \cdot 6}{3{,}14 \cdot 1} = 8 мин^{-1} \qquad (1.12)$$

де u_n - кратність поліспаста, u_n=6;

$D_{расч}$ - розрахунковий діаметр барабана, $D_{расч}$ =1 м;

Вибраний двигун перевіряємо за нагрівом $P_{екв} < P_{25}$:

$$P_{екв}=K_{25}\cdot\varphi\cdot P_{ст}=1{,}0\cdot 0{,}86\cdot 83=72 \text{ кВт} < 109 \text{ кВт}; \quad (1.13)$$

де K_{25} – коефіцієнт приведення потужності, для режиму роботи 5М, K_{25}=1,0;

φ – коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність, φ=0,86;

P_{25} – потужність двигуна при ПВ 25%, P_{25}=109 кВт.

1.5.2.Вибір редуктора.

Передаточне число привода

Розрахункове передаточне число привода:

$$u = \frac{n}{n_б} = \frac{470}{8} = 58{,}75 \quad (1.14)$$

У зв'язку з тим, що застосування редуктора з таким передаточним числом викликає деякі проблеми, застосовуємо редуктор та відкриту зубчату передачу.

Вибираємо [4,ст.35] редуктор РМ-850-IX с передаточним числом, u_p =8,23 і потужністю на швидкохідному валу при важкому режимі роботи P_p =396кВт і відкриту зубчату передачу u_p =7,13.

Фактичне передаточне число привода:

$$u = 8{,}23 \cdot 7{,}13 = 58{,}75 \qquad (1.15)$$

1.5.3 Вибір муфти.

Момент статичного опору на валу двигуна в період пуску :

$$T_c = \frac{F_б z D_{расч}}{2u\eta_б\eta_{пр}} = \frac{82576 \cdot 2 \cdot 1}{2 \cdot 58{,}75 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}9} = 1661 Н \cdot м \qquad (1.16)$$

де $F_б$ - зусилля в канаті в барабана, $F_б$=123676Н;

z- число галузей каната закріплених на барабані, z=2;

$D_{расч}$ - розрахунковий діаметр барабана, $D_{расч}$=1м;

u- загальне передаточне число привода механізму, u=58,75.

$\eta_б, \eta_{пр}$ -ККД барабана й привода барабана [1,табл.1.18]

$\eta_б = 0{,}94$, $\eta_{пр} = 0{,}9$

Номінальний момент, переданий муфтою, приймається рівним моменту статичних опорів $T_м^{ном} = T_c = 1661 Н \cdot м.$

Номінальний момент на валу двигуна

$$T_{ном} = 9550\frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{83}{470} = 1686 Н \cdot м \qquad (1.17)$$

де Р- потужність двигуна, Р=83кВт;

n- кутова швидкість, $n = 470 мин^{-1}$.

Розрахунковий момент для вибору з'єднувальної муфти:

$$T_м = T_м^{ном} R1R2 = 1661 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 = 3887 \text{Н} \cdot \text{м} \quad (1.18)$$

де R 1-коефіцієнт враховуючий ступінь відповідальності механізму, R1=1.8;

R 2- коефіцієнт враховуючий режим роботи механізму, R2=1.3.

Вибираємо [3,табл.5.2.39] найближчу по необхідному крутному моменті зубчасту муфту D=200мм,D1=150мм, L=220мм і найбільшим переданим крутним моментом 4000 $H \cdot м$.

Момент інерції муфти $I_м = 0{,}15 кг \cdot м^2$.Момент інерції ротора двигуна й муфти

$$I = I_р + I_м = 10{,}25 + 0{,}15 = 10{,}4 кг \cdot м^2. \quad (1.19)$$

Фактична частота обертання барабана :

$$n_{\delta}^{\phi} = \frac{n}{u_p} = \frac{470}{58,75} = 8 мин^{-1} \quad (1.20)$$

Фактична швидкість підйому вантажу по формулі

$$\upsilon_p^{\phi} = \frac{\pi D_{расч} n_{б}^{\phi}}{60 u_n} = \frac{3.14 \cdot 1 \cdot 8}{60 \cdot 6} = 0.069 \, м/с \quad (1.21)$$

Ця швидкість відрізняється від заданого значення на величину, що укладається в припустимі 10% різниці значення від номінального.

1.5.4.Вибір гальма.

Момент статичного опору на валу двигуна при гальмуванні механізму:

$$T_C^T = \frac{F_б z D_{расч} \eta_б \eta_t}{2 u_t} = \frac{82576 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,85}{2 \cdot 58,75} = 1123 Н \cdot м \quad (1.22)$$

де η_t -ККД привода від вала барабана до гальмового вала;

n_t - частота обертання гальмового вала;

u_t - загальне передаточне число між гальмовим

валом і валом барабана;

$$u_T = \frac{n_T}{n_б} = \frac{470}{8} = 58,75 \quad (1.23)$$

За правилами Держнаглядохоронпраці момент, створюваний гальмом, вибирається з умови

$$T_T \geq T_c^T R_T = 1123 \cdot 2 = 2246 \leq T_T = 2500 H \cdot м \qquad (1.24)$$

де Rт- коефіцієнт запасу гальмування [1,табл.2,9],Rт=2,0

Вибираємо [1,табл.3.5.13] гальмо ТКП-500 з найбільшим гальмовим моментом Тт=2500 $H \cdot м$, діаметром гальмового шківа $D_T = 500 мм$. Регулюванням можна одержати необхідний гальмовий момент Тт=2246 $H \cdot м$

Перевірка двигуна за часом пуску:

$$t_п = \frac{I_{зв} \cdot w_д}{T_п^Ф - T_{ст}} = \frac{12{,}73 \cdot 49{,}2}{2615 - 1649} = 0{,}6c \leq [t_п] = 1...2c \qquad (1.25)$$

де, $I_{зв}$- зведений до вала двигуна момент інерції рухомих мас

$$I_{зв} = \delta(I_р + I_м) + m\frac{D_б^2}{4 \cdot i_п \cdot u \cdot \eta_з} =$$
$$= 1{,}2 \cdot (10{,}25 + 0{,}15) + 107800\frac{1^2}{4 \cdot 6^2 \cdot 58{,}75^2 \cdot 0{,}86} = 12{,}73 кг \cdot м^2 \qquad (1.26)$$

де, m = 10^3(Q+$G_п$) = 10^3(100+7,8) = 107800 кг- маса вантажу, що підіймається;

δ=1,2- коефіцієнт, що враховує момент інерції обертових мас;

$w_д$- кутова швидкість двигуна, $W_д = \frac{П \cdot n_д}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 470}{30} = 49{,}2 c^{-1}$; (1.27)

$Т^ф_п$- середньо пусковий момент двигуна,

$$T_п^ф = \Psi \cdot T_п = \Psi \cdot \frac{10^3 \cdot P_д}{W_д} = 1{,}55 \cdot \frac{10^3 \cdot 83}{49{,}2} = 2615 Н \cdot м \quad (1.28)$$

де, φ-1,5…1,6- середня кратність пускового моменту;

Момент на валу двигуна від маси підвіски і вантажу:

$$T_{ст} = \frac{10^4 Q_{max} \cdot D_б}{2 \cdot i_п \cdot u \cdot \eta_з} = \frac{10_4 \cdot 100 \cdot 1}{2 \cdot 6 \cdot 58{,}75 \cdot 0{,}86} = 1649 Н \cdot м \quad (1.29)$$

Час пуску не перевищує допустимого.

2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ДОПОМІЖНОГО ПІДЙОМУ

2.1. Схема й кратність поліспаста.

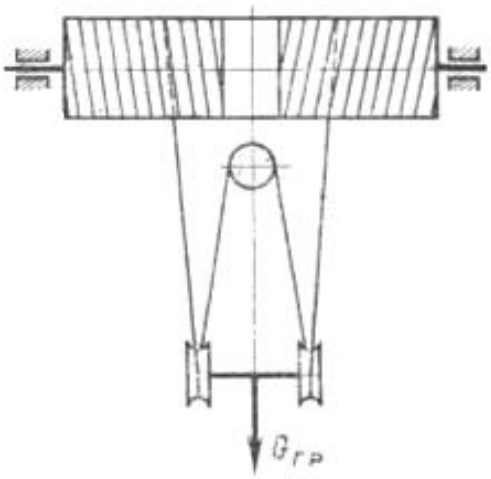


Рис.2. Схема поліспаста.

Кратність поліспаста

$$i_n = \frac{n}{m} = \frac{4}{2} = 2 \qquad (2.1)$$

де n - число гілок на якому висить вантаж, n=4

m - число гілок які прикріплені до барабана, m=2

2.2.Максимальний натяг каната

Приймаємо механізм зі здвоєним поліспастом.

Зусилля в канаті, що набігає на барабан при підйомі вантажу.

$$F_б = \frac{Q\,g}{z u_n \eta_o} = \frac{20000 \cdot 9.81}{2 \cdot 2 \cdot 0{,}99} = 49545H \qquad (2.2)$$

де Q - номінальна вантажопідйомність крана, Q=20000кг;

z-число поліспастів у системі, z=2;

u_n - кратність поліспаста, $u_n = 2$;

η_o - загальний ККД поліспаста й обвідних блоків,

$$\eta_O = \eta_n \eta_{об} \qquad (2.3)$$

де η_n -ККД поліспаста; $\eta_{об}$ -ККД обвідних блоків;

Оскільки обвідні блоки відсутні, тоді:

$$\eta_o = \eta_n = \frac{1 + \eta_{бл}}{2} = \frac{1 + 0{,}98}{2} = 0{,}99 \qquad (2.4)$$

де $\eta_{бл}$ -ККД одного блоку [1,таб 2.1], $\eta_{бл}$ =0,98;

1.3 Вибір каната.

Розрахунок сталевих канатів на міцність розробляється згідно Правилам Держнаглядохоронпраці. Розрахункове розривне зусилля каната:

$$F \geq F_k R = 49545 \cdot 5{,}5 = 272498\text{Н} \qquad (2.5)$$

де F_k - найбільший натяг у канаті (без обліку динамічних навантажень). Розрахункове розривне зусилля у канаті при максимальному навантаженні на канат , $F_k = F_б = 49545H$;

R-Коефіцієнт запасу міцності [1,табл. 2.3], R=5,5 для важкого режиму роботи.

Згідно даних [1,табл. 2.6] вибираємо з ГОСТ 7565-80 канат подвійної свивки типу ЛК-3 конструкції 6х25 діаметром d=22,5мм, що має при маркировочной групі дротів 1764 МПа розривне зусилля F=275000Н

Канат-22,5-Г-1-Н-1764 ГОСТ 7565-80

Фактичний коефіцієнт запасу міцності:

$$R_ф = \frac{275000}{49545} = 5{,}55 > R_ф = 5{,}5 \qquad (2.6)$$

2.4.Діаметр барабана й блоків.

Мінімальний припустимий діаметр барабана й блоків по осі каната :

$$D_{\min} = d_k e = 22{,}5 \cdot 25 = 562{,}5 \text{ мм}$$

(2.7)

де d_k - діаметр каната , d_k =22,5мм ;

е - коефіцієнт , що залежить від типу вантажопідйомної машини й режиму роботи [1,табл.2.7] е=25

Приймаємо діаметр барабана D=500мм

По [3,табл.5.2.10] вибираємо блоки $D_{бл}$ =500мм

Довжина каната , що навивається на барабан з одного поліспаста:

$$L_k = Hu_n + \pi D(z_1 + z_2) = 22 \cdot 2 + 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot (2 + 4) = 53м \qquad (2.8)$$

де Н- висота підйому вантажу ;

u_n - кратність поліспаста, u_n=6;

D-діаметр барабана по середній лінії навитого каната;

z_1 - число запасних (не використовуваних) витків на барабані до місця кріплення , z_1=2;

z_2 - число витків каната, що перебувають під затискним пристроєм на барабані, z_2=4;

Робоча довжина барабана для каната, що звивається з одного поліспаста:

$$L_б = \frac{L_k t}{\pi m(md + D)\varphi} = \frac{53000 \cdot 24}{3{,}14 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 22{,}5 + 500) \cdot 1} = 775\text{мм} \qquad (2.9)$$

де L_k - довжина каната, що навивається на барабан;

t-крок витка [1,табл.2.8], t=24мм;

m-число шарів навивки, m=1;

d-діаметр каната, d=22,5мм;

D-Діаметр барабана по середній лінії навитого каната;

φ - коефіцієнт не щільності навивки каната, φ =1;

Прийнявши відстань між правою й лівою нарізками на барабані (довжина не нарізної частини) рівним відстані між струмками блоків, тобто $l = b =$ 0,5м, знайдемо повну довжину барабана

$$L = 2L_b + l = 2 \cdot 775 + 500 = 2050\text{м} \qquad (2.10)$$

2.5.Привод механізму підйому.

2.5.1.Вибір електродвигуна

Статична потужність двигуна при $\eta = 0{,}85$

$$P_c = \frac{Qgu_Г}{10^3 \eta} = \frac{20000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}16}{10^3 \cdot 0{,}85} = 36{,}9 кВт \quad (2.11)$$

де Q-Номінальна вантажопідйомність,Q=20т;

$u_Г$ - швидкість підйому вантажу, $u_Г$=0,16 $м/с$

η-ККД механізму [1,табл.1.18], η=0,85

З урахуванням вказівок до формули з [3,табл.2.1.18] вибираємо крановий електродвигун постійного струму Д 810, що має при ПВ = 25% номінальну потужність $P_{ном}$ = 49 кВт і частоту обертання $n = 520$ хв$^{-1}$.

Частота обертання барабана при $D_{расч} = D = 0{,}5 м$

$$n_\delta = \frac{60 u_Г u_п}{\pi D_{расч}} = \frac{60 \cdot 0{,}16 \cdot 2}{3{,}14 \cdot 0{,}5} = 12{,}2 мин^{-1} \quad (2.12)$$

де $u_п$ - кратність поліспаста, $u_п$=2;

$D_{расч}$ - розрахунковий діаметр барабана, $D_{расч}$=0,5 м;

Вибраний двигун перевіряємо за нагрівом $P_{екв} < P_{25}$:

$P_{екв}=K_{25} \cdot \varphi \cdot P_{ст}=1{,}0 \cdot 0{,}86 \cdot 49=42{,}1$ кВт < 60 кВт; (2.13)

де K_{25} – коефіцієнт приведення потужності, для режиму роботи 5М, K_{25}=1,0;

φ – коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність, φ=0,86;

P_{25} – потужність двигуна при ПВ 25%, P_{25}=60 кВт.

2.5.2.Вибір редуктора.

Передаточне число привода

Розрахункове передаточне число привода:

$$u = \frac{n}{n_б} = \frac{520}{12,2} = 42,62 \qquad (2.14)$$

Вибираємо [4,ст.35] редуктор РМ-850-II с передаточним числом, $u_р$ =40,17 і потужністю на швидкохідному валу при середньому режимі роботи $P_р$=96кВт.

2.5.3 Вибір муфти.

Момент статичного опору на валу двигуна в період пуску :

$$T_с = \frac{F_б z D_{расч}}{2u\eta_б\eta_{пр}} = \frac{49545 \cdot 2 \cdot 0,1}{2 \cdot 40,17 \cdot 0,94 \cdot 0,9} = 145 Н \cdot м \qquad (2.15)$$

де $F_б$ - зусилля в канаті в барабана, $F_б$=49545Н;

z- число галузей каната закріплених на барабані, z=2;

$D_{расч}$ - розрахунковий діаметр барабана, $D_{расч}$ =0,5м;

u- загальне передаточне число привода механізму, u=40,17.

$\eta_б, \eta_{пр}$ -ККД барабана й привода барабана [1,табл.1.18]

$\eta_б = 0{,}94$, $\eta_{пр} = 0{,}9$

Номінальний момент, переданий муфтою, приймається рівним моменту статичних опорів $T_м^{ном} = T_c = 145 Н \cdot м.$

Номінальний момент на валу двигуна

$$T_{ном} = 9550\frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{49}{520} = 900 Н \cdot м \qquad (2.16)$$

де Р- потужність двигуна, Р=49кВт;

n- кутова швидкість, $n = 520 мин^{-1}$.

Розрахунковий момент для вибору з'єднувальної муфти:

$$T_м = T_м^{ном} R1R2 = 900 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 = 2106 Н \cdot м \qquad (2.17)$$

де R 1-коефіцієнт враховуючий ступінь відповідальності механізму, R1=1.8;

R 2- коефіцієнт враховуючий режим роботи механізму, R2=1.3.

Вибираємо [3,табл.5.2.39] найближчу по необхідному крутному моменті зубчасту муфту D=185мм,D1=135мм, L=220мм і найбільшим переданим крутним моментом 2500 $H \cdot м$.

Момент інерції муфти $I_м = 0{,}08 кг \cdot м^2$.Момент інерції ротора двигуна й муфти

$$I = I_р + I_м = 3{,}65 + 0{,}08 = 3{,}73 кг \cdot м^2. \quad (2.18)$$

Фактична частота обертання барабана :

$$n_б^ф = \frac{n}{u_р} = \frac{520}{40{,}17} = 12{,}9 мин^{-1} \quad (2.19)$$

Фактична швидкість підйому вантажу по формулі

$$\upsilon_р^ф = \frac{\pi D_{расч} n_б^ф}{60 u_п} = \frac{3.14 \cdot 0{,}5 \cdot 12{,}9}{60 \cdot 2} = 0.168 \, м/с \quad (2.20)$$

Ця швидкість відрізняється від заданого значення на величину, що укладається в припустимі 10% різниці значення від номінального.

2.5.4.Вибір гальма.

Момент статичного опору на валу двигуна при гальмуванні механізму:

$$T_C^T = \frac{F_б z D_{расч} \eta_б \eta_t}{2u_t} = \frac{49545 \cdot 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}85}{2 \cdot 40{,}3} = 491 Н \cdot м \qquad (2.21)$$

де η_t -ККД привода від вала барабана до гальмового вала;

n_t - частота обертання гальмового вала;

u_t - загальне передаточне число між гальмовим

валом і валом барабана;

$$u_T = \frac{n_T}{n_б} = \frac{520}{12{,}9} = 40{,}3$$

(2.22)

За правилами Держнаглядохоронпраці момент, створюваний гальмом, вибирається з умови

$$T_T \geq T_c^T R_T = 491 \cdot 2 = 982 \leq T_T = 1400 H \cdot м \qquad (2.23)$$

де Rт- коефіцієнт запасу гальмування [1,табл.2.9],Rт=2,0

Вибираємо [1,табл.3.5.13] гальмо ТКП-500 з найбільшим гальмовим моментом Тт=1400 $H \cdot м$, діаметром гальмового шківа $D_T = 400 мм$. Регулюванням можна одержати необхідний гальмовий момент Тт=982 $H \cdot м$

Перевірка двигуна за часом пуску:

$$t_п = \frac{I_{зв} \cdot w_д}{T_п^Ф - T_{ст}} = \frac{4{,}9 \cdot 54{,}4}{1396 - 723} = 0{,}39 с \leq [t_п] = 1...2 с \qquad (2.24)$$

де, $I_{зв}$- зведений до вала двигуна момент інерції рухомих мас

$$I_{зв} = \delta(I_р + I_м) + m \frac{D_б^2}{4 \cdot i_п \cdot u \cdot \eta_з} =$$
$$= 1{,}2 \cdot (3{,}65 + 0{,}08) + 20405 \frac{0{,}5^2}{2 \cdot 2^2 \cdot 40{,}17^2 \cdot 0{,}86} = 4{,}9 кг \cdot м^2 \qquad (2.25)$$

де, m = 10^3(Q+$G_п$) = 10^3(20+0,405) = 20405 кг - маса вантажу, що підіймається;

δ=1,2- коефіцієнт, що враховує момент інерції обертових мас;

$w_д$- кутова швидкість двигуна, $W_д = \frac{П \cdot n_д}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 520}{30} = 54{,}4 c^{-1}$; (2.26)

$T^ф_п$- середньо пусковий момент двигуна,

$$T_п^ф = \Psi \cdot T_п = \Psi \cdot \frac{10^3 \cdot P_д}{W_д} = 1{,}55 \cdot \frac{10^3 \cdot 49}{54{,}4} = 1396 Н \cdot м \quad (2.27)$$

де, φ-1,5…1,6- середня кратність пускового моменту;

Момент на валу двигуна від маси підвіски і вантажу:

$$T_{ст} = \frac{10^4 Q_{\max} \cdot D_б}{2 \cdot i_п \cdot u \cdot \eta_з} = \frac{10^4 \cdot 20 \cdot 0{,}5}{2 \cdot 2 \cdot 40{,}17 \cdot 0{,}86} = 723 Н \cdot м \quad (2.28)$$

Час пуску не перевищує допустимого.

3 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА

3.1.Схема механізму пересування.

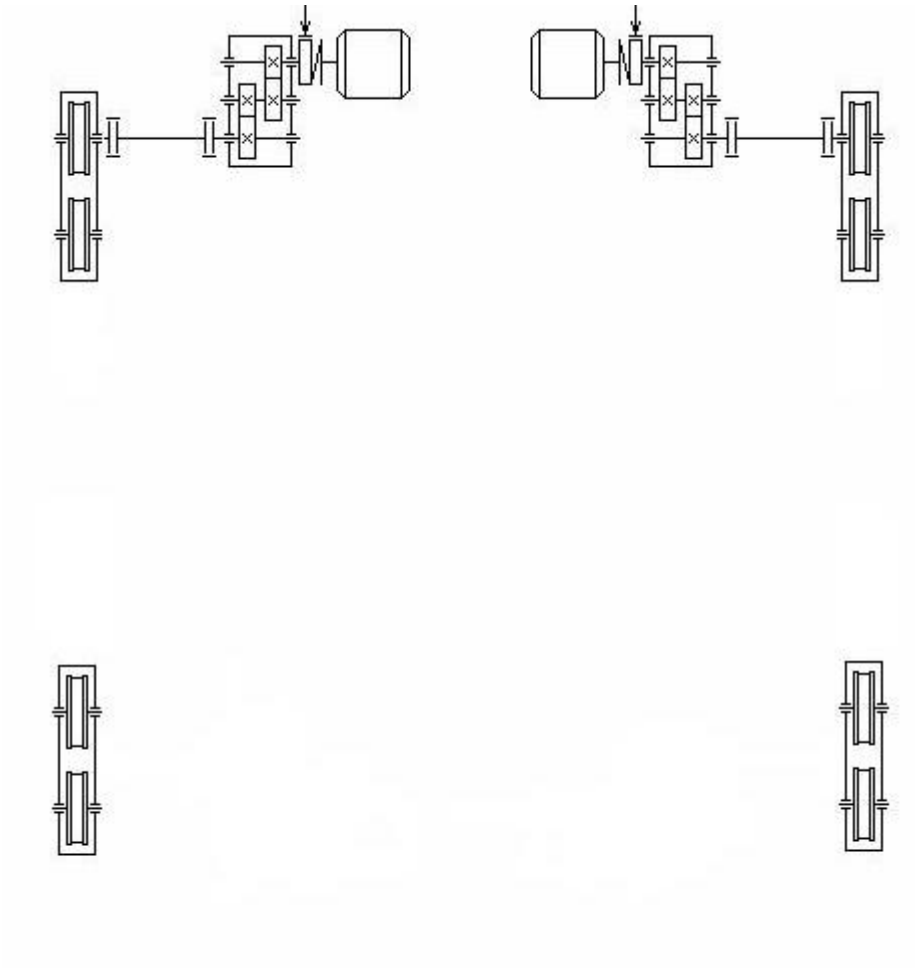


Рис.3 Схема механізму пересування крана.

3.2.Визначення опорів пересуванню крана.

Загальний опір пересуванню крана:

$$F_{пер} = F_{тр} = R_p(m+Q)g\frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 2{,}5\cdot(106600+100000)\cdot$$
$$\cdot 9{,}81\cdot\frac{0{,}02\cdot 0{,}140 + 2\cdot 0{,}0006}{0{,}7} = 28953{,}5\text{Н} \qquad (3.1)$$

де m-маса мостового крана; m=106600кг

Q-Вантажопідйомність крана, Q=100т;

g-прискорення вільного падіння, g=9.81 $м/с^2$

f-коефіцієнт тертя в підшипниках ходових коліс [1,табл.1,27] f=0.02

μ- коефіцієнт тертя катання ходових коліс по рейкам із плоскою головкою [1,табл.1,28], μ =0,0006

D_k - діаметр ходового колеса, D_k=700мм

d_k - діаметр цапфи вала ходового колеса,

d_k=0,2 D_k =140мм

R_p - коефіцієнт враховуючий додаткове опір від тертя реборд ходових коліс і торців маточин колеса, R_p=2,5

3.3.Вибір електродвигуна.

Статична потужність двигуна необхідна для привода механізму пересування крана:

$$P_c = \frac{F_{пер} u_{пер}}{10^3 \eta} = \frac{28953,5 \cdot 1,14}{10^3 \cdot 0,85} = 38,8 кВт \qquad (3.2)$$

де $u_{пер}$ -номінальна швидкість пересування крана ,

$u_{пер}$=1,14 $м/с$

η-ККД механізму[1,табл.1,18], η=0,85

Оскільки в приводі механізму, що розраховується, на механізм пересування повинне бути встановлено два однакових двигуни тому, на кожний з них (з урахуванням нерівномірності) доводиться потужність, рівна (0,45...0,55)Рс.

Потужність одного двигуна роздільного привода;

$$P_{c,1} = (0,45...0,55) P_c = 0,5 \cdot 38,8 = 19,4к9, \qquad (3.3)$$

Вибираємо [1,табл.3,3,5] крановий електродвигун Д41 потужністю Р=18кВт при ПВ=40% із частої обертання $n = 1060 мин^{-1}$. Момент інерції ротора 0,8 $кг \cdot м^2$

Номінальний момент двигуна.

$$T_{ном} = 9550 \frac{P}{n} = 9550 \frac{18}{1060} = 162 Н \cdot м \qquad (3.4)$$

Вибраний двигун перевіряємо за нагрівом $Р_{єкв} < Р_{25}$:

$$Р_{єкв}=К_{25}\cdot\varphi\cdot Р_{ст}=1,0\cdot 0,86\cdot 18=15,5 \text{ кВт} < 23 \text{ кВт}; \quad (3.5)$$

де $К_{25}$ – коефіцієнт приведення потужності, для режиму роботи 5М, $К_{25}=1,0$;

φ – коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність, $\varphi=0,86$;

$Р_{25}$ – потужність двигуна при ПВ 25%, $Р_{25}=23$ кВт.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_k = \frac{60u_{пер}}{\pi D_k} = \frac{60\cdot 1,14}{3,14\cdot 0,7} = 31,12 мин^{-1} \quad (3.6)$$

3.4.Вибір редуктора

Необхідне передаточне число привода

$$u = \frac{n}{n_k} = \frac{1060}{31,12} = 34,06 \quad (3.7)$$

Вибираємо [5,табл.15] редуктор Ц 2-300 з передаточним числом $u_p = 32,42$ і максимальною переданою потужністю $P_p = 14,6 кВт$

Фактична швидкість пересування крана

$$v_{пер}^{ф} = v_{пер}\frac{u}{u_р} = 1{,}14 \cdot \frac{34{,}06}{32{,}42} = 1{,}17\,м/с \qquad (3.12)$$

Перевіряємо обраний редуктор:

$$\Delta V = \frac{V^{Ф}{}_{пер} - V}{V} \cdot 100\% = \frac{1.17 - 1.14}{1.14} \cdot 100\% = 2.5\% \le 5\%$$

Це значення відрізняється від заданого в припустимих межах

3.5.Вибір з єднальних муфт

Номінальний момент, переданий муфтами двигуна, приймається рівним моменту статичних опорів:

$$T_м^{ном} = T_с = \frac{F_{пер} D_k}{2u_р\eta} = \frac{28953{,}5 \cdot 0{,}7}{2 \cdot 32{,}42 \cdot 0{,}85} = 368 Н \cdot м \qquad (3.8)$$

Розрахунковий момент для вибору сполучних муфт:

$$T_м = T_м^{ном} R1R2 = 368 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 = 861{,}1 Н \cdot м \qquad (3.9)$$

де R1-коефіцієнт враховуючий ступінь відповідальності механізму, R1=1.8;

R2- коефіцієнт враховуючий режим роботи механізму, R2=1.3.

Вибираємо [3,табл.5,2,41] зубчасту муфту з гальмовим шківом, діаметр шківа D=200мм, номінальний обертаючий момент Тн=1000 $H \cdot м$

Для трансмісійного тихохідного вала передбачаємо також проміжні муфти.

3.6.Запас зчеплення приводних коліс крана

Перевіряємо фактичний запас зчеплення приводних коліс крана без вантажу.

Знаходимо сумарне навантаження на приводні колеса крана без вантажу.

$$F_{пр} = m\frac{z_{пр}}{z}g = 106600 \cdot \frac{2}{8} \cdot 9{,}81 = 261437\text{Н} \qquad (3.10)$$

де $z_{пр}$ - кількість приводних коліс, $z_{пр}$=2;

z-кількість коліс, z=8;

m-маса крана, m=106600кг

Опір пересуванню крана без вантажу.

$$F'_{пер} = R_p mg\frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 2{,}5 \cdot 106600 \cdot 9{,}81 \cdot$$
$$\cdot \frac{0{,}02 \cdot 0{,}140 + 2 \cdot 0{,}0006}{0{,}7} = 14940\text{Н} \qquad (3.11)$$

Середній пусковий момент двигуна.

$$T_{ср.п} = \frac{\psi_{\max} + \psi_{\min}}{2} \cdot T_{ном} = \frac{3{,}2 + 1{,}2}{2} \cdot 290 = 638 Н \cdot м \qquad (3.13)$$

де $\psi_{\max} = \frac{T_{\max}}{T_{ном}} = \frac{940}{290} = 3{,}2$ - максимальна кратність

пускового моменту електродвигуна;

$\psi_{\min}$ - мінімальна кратність пускового моменту

електродвигуна, $\psi_{\min}$ =1,1…1,4;

$T_{\max}$ - максимальний пусковий момент двигуна

[1,табл.3,3,5], $T_{\max}$ =940 $Н \cdot м$

Момент статичних опорів при роботі крана без вантажу:

$$T_c = \frac{F'_{пер} D_k}{2 u_р \eta} = \frac{14940 \cdot 0.7}{2 \cdot 32.42 \cdot 0.85} = 189 Н \cdot м \qquad (3.14)$$

Загальний момент інерції привода механізму пересування:

$$I = I_р + I_м = 0{,}8 + 0{,}05 = 0{,}85 кг \cdot м^2 \qquad (3.15)$$

де $I_р$ - момент інерції ротора двигуна, $I_р$=0,8 $кг \cdot м^2$

$I_м$ - момент інерції муфт, $I_м$=0,05 $кг \cdot м^2$

Фактичний час пуску механізму пересування без вантажу.

$$t_n = \frac{\delta I n}{9{,}55\left(T_{сп.п} - T_c\right)} + \frac{9{,}55 m v^2}{n\left(T_{сп.п} - T_c\right)\eta} = \\ = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}85 \cdot 1060}{9{,}55 \cdot \left(638 - 189\right)} + \frac{9{,}55 \cdot 106600 \cdot 1{,}14^2}{1060 \cdot \left(638 - 189\right) \cdot 0{,}85} = 3{,}3c \quad (3.16)$$

де δ - коефіцієнт враховуючий вплив обертових мас привода механізму, δ=1,2

Фактичне прискорення крана без вантажу при пуску:

$$a_ф = \frac{v_{пер}^ф}{t_n} = \frac{1{,}17}{3{,}3} = 0{,}35 \, м/с^2 \quad (3.17)$$

Фактичний запас зчеплення.

$$R_\varphi = \frac{F_{пер}\varphi}{F_{пер}^{'} + mg\left(\frac{a}{g} - \frac{z_{пр}}{z} f \frac{d_k}{D_k}\right)} = \\ = \frac{261437 \cdot 0{,}15}{14940 + 106600 \cdot 9{,}81\left(\frac{0{,}35}{9{,}81} - \frac{2}{8} \cdot 0{,}02 \cdot \frac{0{,}140}{0{,}70}\right)} = 2{,}16 > 1{,}2 \quad (3.18)$$

де f- коефіцієнт тертя в підшипниках колеса, f=0,02

φ- коефіцієнт зчеплення ходових коліс із рейками, φ=0,15.

2.7.Вибір гальма

Максимально припустиме замедлення крана за умовою зчеплення коліс із рейками:

$$a_{\max}^{m}=\left[\frac{z_{np}}{z}\left(\frac{\varphi}{R_{\varphi}}-\frac{fd_k}{D_k}\right)+(2\mu+fd_k)\frac{1}{D_k}\right]g=$$
$$=\left[\frac{2}{8}\cdot\left(\frac{0{,}15}{1{,}1}-\frac{0{,}02\cdot 0{,}140}{0{,}70}\right)+\frac{2\cdot 0{,}0006+0{,}02\cdot 0{,}140}{0{,}70}\right]\cdot 9{,}81=0{,}37\,м/с^2 \qquad (3.19)$$

де R_{φ} -коефіцієнт запасу зчеплення, R_{φ}=1,1

Час гальмування крана без вантажу:

$$t_m=\frac{v_{пер}^{ф}}{a_{\max}^{m}}=\frac{1{,}17}{0{,}37}=3{,}1c \qquad (3.20)$$

Опір при гальмуванні крана без вантажу:

$$F_{mp}^{m} = mg\frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 106600 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{0{,}02 \cdot 0{,}140 + 2 \cdot 0{,}0006}{0{,}70} = 5975H \qquad (3.21)$$

Момент статичних опорів на гальмовому валу при гальмуванні крана, у припущенні, що гальмо встановлене на валу електродвигуна й немає ухилів шляхи.

$$T_c^m = \frac{F_{mp}^m D_k \eta}{2u_p} = \frac{5975 \cdot 0{,}70 \cdot 0{,}85}{2 \cdot 32{,}42} = 54{,}8H \cdot м \qquad (3.22)$$

Момент сил інерції при гальмуванні крана без вантажу:

$$T_{ин}^m = \frac{\delta In}{9{,}55t_m} + \frac{9{,}55mv^2\eta}{nt_m} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}85 \cdot 1060}{9{,}55 \cdot 3{,}1} + \\ + \frac{9{,}55 \cdot 106600 \cdot 1{,}17^2 \cdot 0.85}{1060 \cdot 3{,}1} = 178{,}99H \cdot м \qquad (3.23)$$

Розрахунковий гальмовий момент на валу гальма:

$$T_p^m = T_{ин}^m - T_c^m = 178{,}99 - 54{,}8 = 124{,}19H \cdot м \qquad (3.24)$$

Вибираємо [1,табл.3,5,13] гальмо типу ТКП-200 з діаметром гальмового шківа $D_T = 200$мм і найбільшим гальмовим моментом $T_T = 160\,H \cdot м$, який требо відрегулювати до $T_T = 125 H \cdot м$

Мінімальна довжина шляху гальмування по [1,табл.1,26]

$$S = \frac{v^2}{R} = \frac{1{,}17^2}{1{,}1} = 1{,}2м \tag{3.25}$$

Фактична довжина шляху гальмування:

$$S_ф = 0{,}5vt_m = 0{,}5 \cdot 1{,}17 \cdot 3{,}1 = 1{,}8м > 1м \tag{3.26}$$

що відповідає рекомендаціям [1,табл.1,26]

4 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА

4.1.Схема механізму пересування.

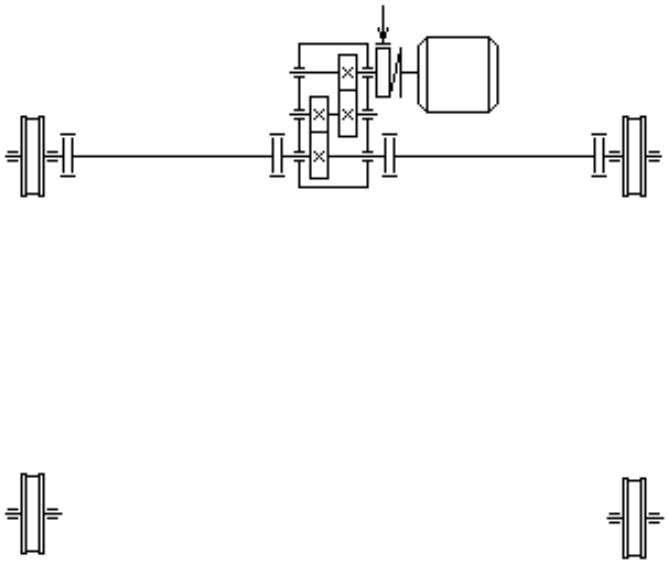


Рис.4. Схема механізму пересування візка.

4.2.Визначення опору пересування візка крана.

Загальний опір пересування візка:

$$F_{пер} = F_{тр} = R_p\left(m+Q\right)g\,\frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 2{,}5\cdot\left(40240+100000\right)\cdot$$
$$\cdot 9{,}81\cdot\frac{0{,}02\cdot 0{,}120 + 2\cdot 0{,}0006}{0{,}6} = 20636{,}3\text{Н} \qquad (4.1)$$

де m-маса візка крана; m=40240кг

Q-Вантажопідйомність крана, Q=100т;

g-прискорення вільного падіння, g=9.81 $м/с^2$

f-коефіцієнт тертя в підшипниках ходових колі [1,табл.1.27] f=0.02

μ- коефіцієнт тертя катання ходових коліс по рейкам із плоскою головкою [1,табл.1,28], μ=0,0006

D_k - діаметр ходового колеса, D_k=600мм

d_k - діаметр цапфи вала ходового колеса, d_k=0,2 D_k =120мм

R_p - коефіцієнт враховуючий додаткове опір від тертя реборд ходових коліс і торців маточин колеса, R_p=2,5.

4.3.Вибір електродвигуна.

Статична потужність двигуна необхідна для приводу механізму пересування візка крана:

$$P_c = \frac{F_{пер} u_{пер}}{10^3 \eta} = \frac{20636{,}3 \cdot 0{,}7}{10^3 \cdot 0{,}85} = 16{,}9 кВт \qquad (4.2)$$

де $u_{пер}$ - номінальна швидкість пересування візка крана ,

$u_{пер}$=0,7 $м/с$

η-КПД механізму[1,табл.1.18], η=0,85

Вибираємо [1,табл.3.3.5] крановий електродвигун Д806 потужністю Р=17кВт при ПВ=40% із частої обертання $n = 640 мин^{-1}$. Момент інерції ротора 1 $кг \cdot м^2$

Номінальний момент двигуна.

$$T_{ном} = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{17}{640} = 253{,}5 H \cdot м \qquad (4.3)$$

Вибраний двигун перевіряємо за нагрівом $Р_{екв} < Р_{25}$:

$Р_{екв}=К_{25}\cdot\varphi\cdot Р_{ст}=1{,}0\cdot 0{,}86\cdot 17=14{,}6$ кВт < 22 кВт; (4.4)

де $К_{25}$ – коефіцієнт приведення потужності, для режиму роботи 5М, $К_{25}=1{,}0$;

φ – коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність, φ=0,86;

$Р_{25}$ – потужність двигуна при ПВ 25%, $Р_{25}=22$ кВт.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_k = \frac{60u_{пер}}{\pi D_k} = \frac{60 \cdot 0{,}7}{3{,}14 \cdot 0{,}6} = 22{,}29 хв^{-1} \qquad (4.5)$$

4.4.Вибір редуктора

Необхідне передаточне число привода

$$u = \frac{n}{n_k} = \frac{640}{22,29} = 28 \qquad (4.6)$$

Вибираємо [3,табл.5.1.49] редуктор ВКУ-965М передаточним числом $u_p = 25$ і максимальною переданою потужністю $P_p = 14,9 кВт$

Фактична швидкість пересування візка крана

$$v_{пер}^{ф} = v_{пер} \frac{u}{u_p} = 0,7 \frac{28}{25} = 0,73 м/с \qquad (4.7)$$

Перевіряємо обраний редуктор:

$$\Delta V = \frac{V^{Ф}_{пер} - V}{V} \cdot 100\% = \frac{0,73 - 0,70}{0,70} \cdot 100\% = 4,1\% \le 5\%$$

Це значення відрізняється від заданого в припустимих межах

4.5.Вибір з єднальних муфт.

Номінальний момент, переданий муфтами двигуна, приймається рівним моменту статичних опорів:

$$T_м^{ном} = T_c = \frac{F_{пер} D_k}{2 u_p \eta} = \frac{20636,3 \cdot 0,6}{2 \cdot 25 \cdot 0,85} = 291 Н \cdot м \qquad (4.8)$$

Розрахунковий момент для вибору сполучних муфт:

$$T_м = T_м^{ном} R1R2 = 291 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}3 = 681 Н \cdot м \qquad (4.9)$$

де R1-коефіцієнт враховуючий ступінь відповідальності механізму, R1=1.8;

R2- коефіцієнт враховуючий режим роботи механізму, R2=1.3.

Вибираємо [3,табл.5.2.41] зубчасту муфту з гальмовим шківом, діаметр шківа D=200мм, номінальний обертаючий момент Тн=1000 $Н \cdot м$

Для трансмісійного тихохідного вала передбачаємо також проміжні муфти.

4.6.Запас зчеплення приводних коліс крана

Перевіряємо фактичний запас зчеплення приводних коліс візка крана без вантажу. Знаходимо сумарне навантаження на приводні колеса візка крана без вантажу.

$$F_{пр} = m\frac{z_{пр}}{z}g = 40240 \cdot \frac{2}{4} \cdot 9{,}81 = 197377{,}2\text{Н} \qquad (4.10)$$

де $z_{пр}$ - кількість приводних коліс, $z_{пр}$=2;

z-кількість коліс, z=4;

m-маса візка крана, m=40240кг

Опір пересуванню візка крана без вантажу.

$$F'_{пер} = R_p mg \frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 2{,}5 \cdot 40240 \cdot 9{,}81 \cdot \\ \cdot \frac{0{,}02 \cdot 0{,}120 + 2 \cdot 0{,}0006}{0{,}6} = 5921{,}3\text{Н} \qquad (4.11)$$

Середній пусковий момент двигуна.

$$T_{ср.п} = \frac{\psi_{\max} + \psi_{\min}}{2} \cdot T_{ном} = \frac{3{,}2 + 1{,}2}{2} \cdot 253{,}5 = 126{,}75 Н \cdot м \qquad (4.12)$$

де $\psi_{\max} = \frac{T_{\max}}{T_{ном}} = \frac{950}{253{,}5} = 3{,}2$ - максимальна кратність пускового моменту електродвигуна;

$\psi_{\min}$ - мінімальна кратність пускового моменту електродвигуна, $\psi_{\min}$=1,1..1,4;

$T_{\max}$ - максимальний пусковий момент двигуна

[1,табл.3.3.5], $T_{\max}$=950 $Н \cdot м$

Момент статичних опорів при роботі крана без вантажу:

$$T_c = \frac{F'_{пер} D_k}{2u_p \eta} = \frac{5921{,}3 \cdot 0.6}{2 \cdot 25 \cdot 0.85} = 83 Н \cdot м \qquad (4.13)$$

Загальний момент інерції привода механізму пересування:

$$I = I_р + I_м = 1 + 0{,}004 = 1{,}004 кг \cdot м^2 \qquad (4.14)$$

де $I_р$ - момент інерції ротора двигуна, $I_р$ =1 $кг \cdot м^2$

$I_м$ - момент інерції муфт, $I_м$ =0,004 $кг \cdot м^2$

Фактичний час пуску механізму пересування без вантажу.

$$t_n = \frac{\delta I n}{9{,}55(T_{сп.п} - T_c)} + \frac{9{,}55 m v^2}{n(T_{сп.п} - T_c)\eta} =$$
$$= \frac{1{,}2 \cdot 1{,}004 \cdot 640}{9{,}55 \cdot (126{,}75 - 83)} + \frac{9{,}55 \cdot 40240 \cdot 0{,}7^2}{955 \cdot (126{,}75 - 83) \cdot 0{,}85} = 5{,}3 с \qquad (4.15)$$

де - δ коефіцієнт враховуючий вплив обертових

мас привода механізму, δ =1,2

Фактичне прискорення візка крана без вантажу при пуску:

$$a_{ф} = \frac{v_{пер}^{ф}}{t_{п}} = \frac{0,73}{5,3} = 0,13 \, м/с^2 \qquad (4.16)$$

Фактичний запас зчеплення.

$$R_{\varphi} = \frac{F_{пр}\varphi}{F_{пер}^{'} + mg\left(\frac{a}{g} - \frac{z_{пр}}{z} f \frac{d_k}{D_k}\right)} =$$

$$= \frac{197377,2 \cdot 0,15}{5921,3 + 40240 \cdot 9,81\left(\frac{0,13}{9,81} - \frac{2}{4} \cdot 0,02 \cdot \frac{0,12}{0,60}\right)} = 2,8 > 1,2 \qquad (4.17)$$

де f- коефіцієнт тертя в підшипниках колеса, f=0,02

φ- коефіцієнт зчеплення ходових коліс із рейками, φ=0,15

4.7.Вибір гальма

Максимальне припустиме загальмовування візка крана за умовою зчеплення коліс із рейками:

$$a_{\max}^{m} = \left[\frac{z_{пр}}{z}\left(\frac{\varphi}{R_{\varphi}} - \frac{f d_k}{D_k}\right) + \left(2\mu + f d_k\right)\frac{1}{D_k}\right] g =$$

$$= \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0,15}{1,1} - \frac{0,02 \cdot 0,12}{0,60}\right) + \frac{2 \cdot 0,0006 + 0,02 \cdot 0,12}{0,60}\right] \cdot 9,81 = \qquad (4.18)$$

$$= 0,70 \, м/с^2$$

де R_φ - коефіцієнт запасу зчеплення, R_φ=1,1

По [1,табл.1.26] приймаємо $a^m_{\max}$=0,7 $м/с^2$

Час гальмування візка крана без вантажу:

$$t_m = \frac{v^\phi_{пер}}{a^m_{\max}} = \frac{0,73}{0,70} = 1,05c \qquad (4.19)$$

Опір при гальмуванні крана без вантажу:

$$F^m_{mp} = mg\frac{fd_k + 2\mu}{D_k} = 40240 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,0006}{0,60} = 2368H \qquad (4.20)$$

Момент статичних опорів на гальмовому валу при гальмуванні візка крана, у припущенні, що гальмо встановлене на валу електродвигуна й немає ухилів шляху.

$$T^m_c = \frac{F^m_{mp} D_k \eta}{2u_p} = \frac{2368 \cdot 0,60 \cdot 0,85}{2 \cdot 25} = 24,1H \cdot м \qquad (4.21)$$

Момент сил інерції при гальмуванні крана без вантажу:

$$T_{ин}^{m} = \frac{\delta In}{9{,}55t_m} + \frac{9{,}55mv^2\eta}{nt_m} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}004 \cdot 640}{9{,}55 \cdot 1{,}05} + \\ + \frac{9{,}55 \cdot 40240 \cdot 0{,}73^2 \cdot 0.85}{640 \cdot 1{,}05} = 134{,}1 H \cdot м \qquad (4.22)$$

Розрахунковий гальмовий на валу гальма:

$$T_{р}^{m} = T_{ин}^{m} - T_{с}^{m} = 134{,}1 - 24{,}1 = 110 H \cdot м \qquad (4.23)$$

Вибираємо [3,табл.5.2.20] гальмо типу ТКП-200 з діаметром гальмового шківа $D_T = 200$мм і найбільшим гальмовим моментом $T_T = 125 H \cdot м$, який варто відрегулювати до $T_T = 110 H \cdot м$

Мінімальна довжина шляху гальмування по [1,табл.1.26]

$$S = \frac{v^2}{R} = \frac{0{,}73^2}{1{,}1} = 0{,}48 м \qquad (4.24)$$

Фактична довжина шляху гальмування:

$$S_ф = 0{,}5 v t_m = 0{,}5 \cdot 0{,}73 \cdot 1{,}05 = 1{,}1 м > 1 м \qquad (4.25)$$

що відповідає рекомендаціям [1,табл.1.26].

5 ТЕНЗОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ЗВАЖУВАННЯ

5.1 Призначення системи.

На металургійних підприємствах при розливанні стали в виливниці візуально дуже складно визначити кількість металу, що розливається. Із цієї причини можливі так звані «не доливки» (злитки, які не відповідають стандартним розмірам), які автоматично бракуються. Такі злитки важко реалізувати (продати споживачеві), тому що при подальшій переробці - прокат металу буде виходити не стандартного розміру. Тому щоб споконвічно уникнути цього браку на крані необхідно встановити тензометричну систему зважування. Вона дозволить розливальнику металу рівномірно розподілити метал в виливниці, визначити кількість необхідних виливниць.

У теперішній час себе дуже зарекомендував «Вимірник важільний ИВ-322» науково-виробничої фірми «СВЕДА, ЛТД». Підприємства, що виробляє цю систему, знаходиться в місті Запоріжжя.

Ваговий вимірник ИВ-322Р с радіоканалом керування й передачі даних призначені для перетворення вхідних аналогових сигналів від силових тензорезисторних датчиків і індикації результатів статичного зважування вантажів у складі ваг мостового ливарного крана
Кліматичне виконання УХЛ 3.1 за ГОСТ 15150-69.

5.2 Технічні характеристики.

Вимірник забезпечує безпосереднє підключення до тензорезисторным мостових датчиків без додаткових елементів сполучення.

Градировка вимірника виробляється без зовнішніх регулювальних елементів зі збереженням коду настроювань у запам'ятовувальному пристрої, захищеному від збоїв по живленню із числом
циклів запису не менш 100000.

Основні технічні характеристики зазначені в табл.5.1

Таблиця 5.1 Основні технічні характеристики.

Характеристика	Значення
Живлення: важільний індикатор ИВ-320 табло ТВ-330	 від акумуляторної батареї напругою 6 В. від мережі постійного струму 220 В, 50 Гц.
Діапазон температур,°С	від -10 до +50
Дальність роботи каналу радіо керування, м, не менш	25
Основна наведена погрішність перетворення сигналу тензодатчика в код, не більше, %	0,01
Зміни коефіцієнта перетворення тензовимірювального каналу від температури, % /10 °С	0,005
Діапазон вхідного аналогового сигналу напруги постійного струму, мВ	0…80 в діапазоні 0…10, 0…20, 0…40, 0…80.
Живлення тензодатчиків	5 В напруга постійного струму
Кількість каналів для підключення тензодатчиків	1
Число тензодатчиків	4 (350 Ом)
Довжина кабелю тензодатчика	50 м максимум (Чотирьох провідного)
Середній час наробітку на відказ, годин	10000
Середній час служби, років	10

Клас захисту вагового індикатора ВЕРБ-320, модуля DR 3000 і виносного табло від поразки електричним струмом за ГОСТ 12.2.007.0-75

Клас захисту табло ТВ-330 від поразки електричним струмом за ГОСТ 12.2.007.0-75

Електричний опір ізоляції силових ланцюгів живлення ТВ-330, замкнутих між собою, щодо корпуса плати контролера ТВ-330 не менш 40 МОм у всьому діапазоні робочих температур.

Ізоляція силових електричних кіл ТВ-330, замкнутих між собою, щодо корпуса плати контролера ТВ-330 витримує протягом 1 хв. дія іспитової напруги 1500 В практично синусоїдальної форми, частотою від 45 до 65 Гц у всьому діапазоні робочих температур.

Ступінь захисту вагового індикатора ИВ-320, табло ТВ-330 і коробки сполучної від впливу навколишнього середовища 1Р65 за ГОСТ 14254-96.

Ступінь захисту модуля DR 3000 і табло виносного від впливу навколишнього середовища 1Р54 за ГОСТ 14254-96.

Вібрації в діапазоні частот від 10 до 55 Гц, амплітудою до 0,35 мм.

5.3 Комплектність.

Індикатор важільний ИВ-320Р 1 шт.

Табло ТВ- 330-5 2 шт.

Табло виносне ТВ- 330-5"Б" 1 шт.

Модуль DR 3000 3 шт.

Антена типу "несиметричний вібратор" 3 шт.

Коробка сполучна 1 шт.

Акумулятор 1 або 2 шт.

Посібник з експлуатації 1 вкз.

5.4 Пристрій і принцип дії.

Вимірник складається з вагового індикатора ИВ-320, модулів приемопередатчиків DR3000 з антенами типу "несиметричний вібратор", цифрового табло ТВ-330, виносного табло, акумуляторної батареї напругою 6 В і коробки сполучної.

Функціональна електрична схема вимірника представлена на рисунку 5.1.

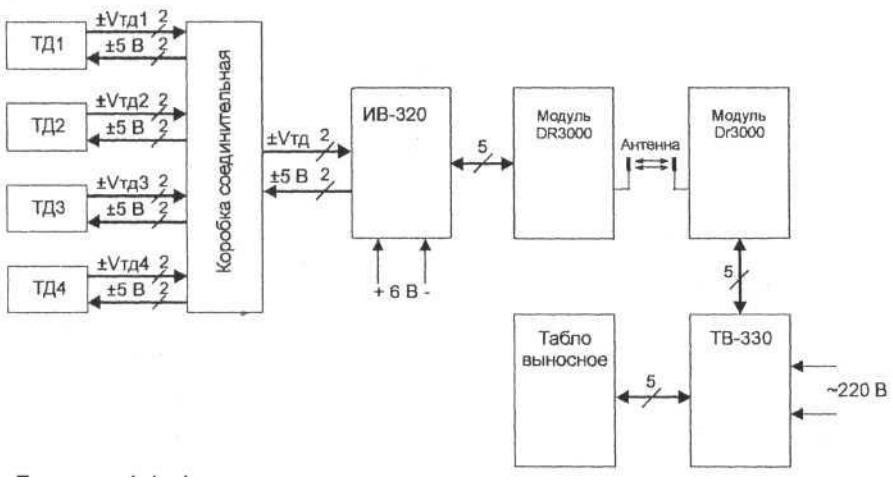


Рисунок 5.1. Функціональна електрична схема вагового вимірника ИВ-322Р.

Тензодатчики, коробка сполучна, вагарні індикатор ИВ-320 і акумулятори монтуються в траверсі мостового ливарного крана. Модулі DR 3000 установлюються на відстані не більше 0,5 м від ИВ-320 і ТВ-330 відповідно. Табло ТВ-330 установлюється в кабіні крановика, а виносне табло в місці, зручному для огляду оператором розливання металу.

Зусилля від ковша з розплавленим металом, переміщуваного мостовим краном, перетвориться тензорезисторным датчиками, вбудованими в траверсу, у вихідні сигнали напруги постійного струму (0-10) мВ, які в коробці сполучної підсумуються й надходять на ваговий індикатор ИВ-320. У ИВ-320 здійснюється їхнє перетворення в цифровий код по заданої програмі, логічна й математична обробка з наступною передачею по радіоканалі на табло ТВ-330 поточного значення маси вантажу, що зважується, і службової інформації. Табло ТВ-330 здійснює відображення поточного значення маси вантажу, що зважується, і службової інформації, її передачу по стандартному інтерфейсі ДО3485 на виносне табло. Виносне табло дублює поточне значення маси вантажу, що зважується, і службову інформацію операторові.

5.5 Пристрій і робота складових частин виробу.

5.5.1 Ваговий індикатор ИВ-320

Загальний вид індикатора представлений на рис 5.2.

Індикатор виконаний у пластмасовому корпусі із кришкою й лицьовою панеллю. На внутрішній стороні кришки закріплена плата контролера й цифровий індикатор. У корпусі, на платі встановлений трансформатор джерела живлення. Через розташовані на нижній стінці табло рознімання серії "DB-9" підключаються тензодатчики (роз’їм Датчик/LOAD CELL) і модуль DR3000 (роз’їм RS 232/485/ SERIAL), а через гермоввод - акумуляторна батарея.

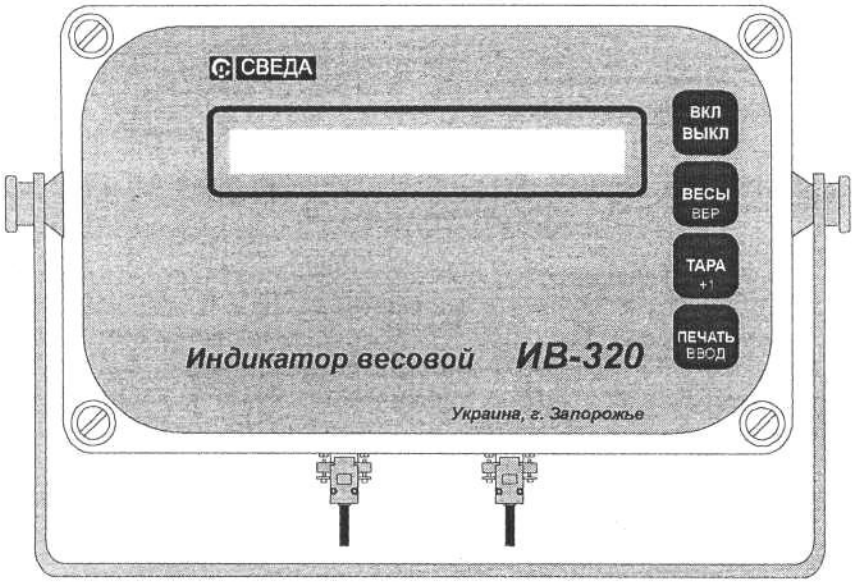


Рисунок 5.2. Загальний вид індикатора.

Розташування розємів на нижній стінці індикатора зображено на рисунку 5.3.

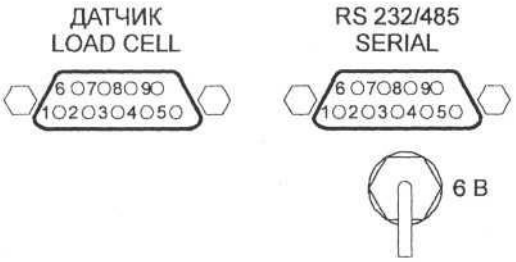


Рисунок .3. Розєми зовнішніх підключенні

5.5.2 Табло ТВ-330

Табло ТВ-330 (рис. 5.4) є приладом, що представляє собою пульт оператора, із клавіатури якого здійснюється настроювання режимів роботи й параметрів вимірника, відображення на індикаторі поточного значення маси вантажу, що зважується, і службової інформації, а також передача даних на виносне табло по стандартному інтерфейсі RS-485.

Табло ТВ-330 виконано в пластмасовому корпусі із кришкою й лицьовою панеллю. На внутрішній стороні кришки закріплена плата контролера й цифровий індикатор. У корпусі, на платі встановлений трансформатор джерела живлення. Через два гермоввода, розташованих на нижній стінці табло, здійснюється підключення мережного кабелю й кабелю зовнішніх підключень.



Рисунок 5.4. Загальний вид табло ТВ-330.

5.5.3 Модулі DR3000

Модулі DR3000 виконані в пилебризгозахищенних пластмасових корпусах із кришками, пристосованими для навісного монтажу. Кришки пригвинчуються чотирма шурупами. Усередині корпуса на стійках закріплені плати модуляторів-демодуляторів.

5.5.4 Виносне табло

Виносне табло виконано на базі табло ТВ-330 і відрізняється відсутністю убудованого джерела живлення й програмним забезпеченням.

5.6 Міри безпеки

До експлуатації вимірника допускається обслуговуючий персонал, що вивчив пристрій і принцип дії пристрою, що пройшов курс навчання правилам безпеки, що діє на об'єкті.

Зняття кришок складових частин вимірника допускається робити тільки при відключеному живленні.

Робота з монтажу, експлуатації, обслуговуванню й ремонту вимірника повинна вироблятися відповідно до "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і правилами техніки безпеки експлуатації електроустановок споживачів до 1000 В "Правилами пристрою й безпечної роботи вантажопідйомних кранів".

5.7 Підключення пристрою.

Зробити підключення вимірника у відповідності зі схемою електричних з'єднань рис 5.5.

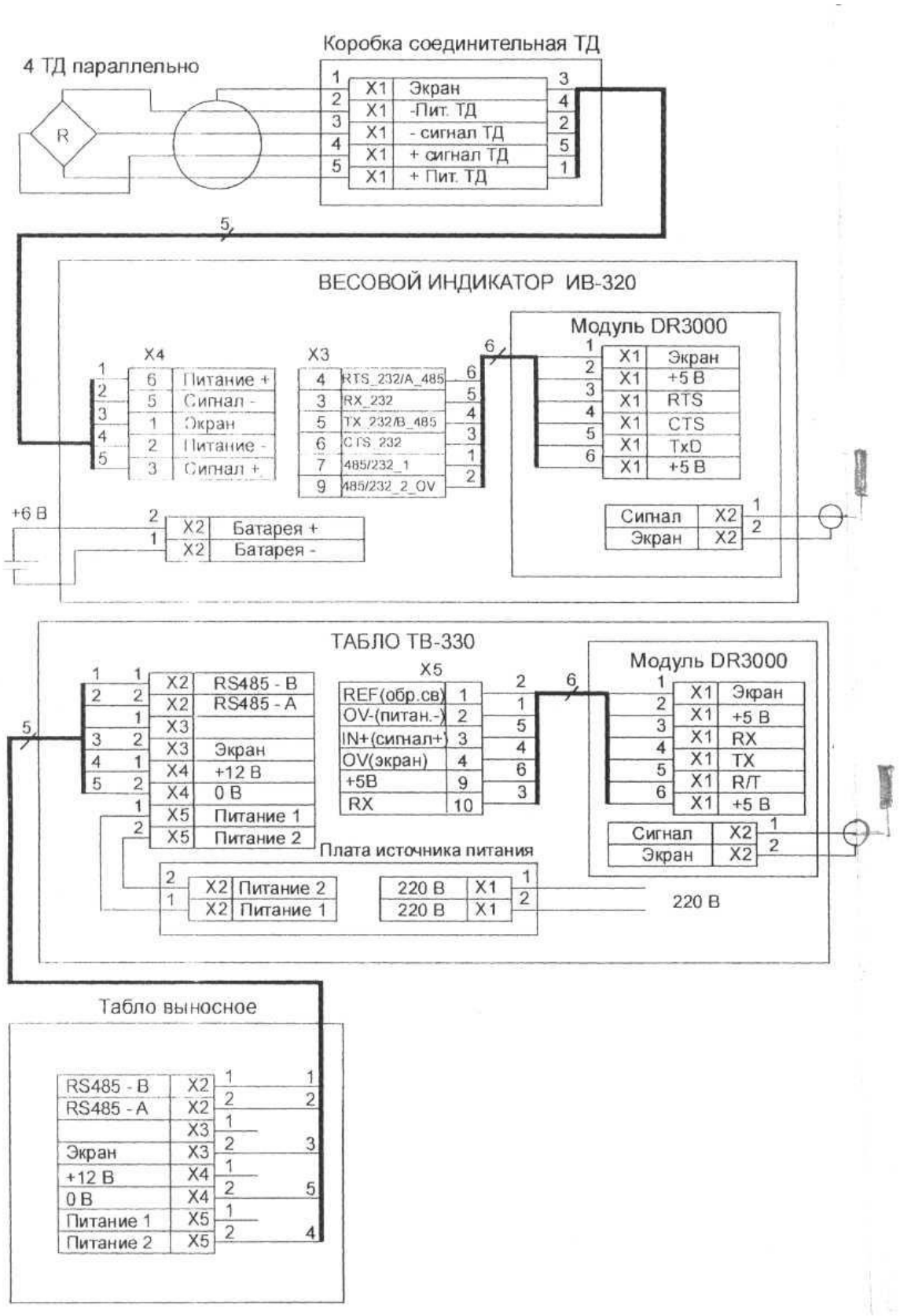


Рис 5.5. Схема електричного з'єднання для підключення вимірника .

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Заходи з охорони праці.

Проведемо аналіз потенційних небезпек, які можуть виникнуть при роботі ливарного мостового крана. Велику небезпеку являє собою обрив каната, так як кран працює з рідким металом, що у свою чергу приводить до розливання метала в робочій зоні крана. Наявність тріщин і деформацій у металоконструкціях крана приводить до руйнування металоконструкції крана.

На механізм головного підйому встановлюється два гальма. Поломка одного гальма приводить до зупинки механізму підйому. Двох - до аварійної ситуації, наслідки якої - падіння ковша з металом на землю й травмування людей.

Забороняється перебувати під краном і в зоні роботи крана в момент роботи самого крана. На всіх робочих площадках повинні бути встановлені попереджувальні таблички, що інформують людей про небезпеку. Категорично забороняється підніматися й спускатися із крана під час його роботи, а також зстрибувати з його.

Не дозволяється одночасно робити краном кілька операцій. Наприклад: підйом ковша й переміщення крана, переміщення крана й візка. Це приводить до розгойдування ковша й виливання металу з нього.

Під час випуску металу в ківш або виливання з ковша крановик зобов'язаний працювати в захисних окулярах, щоб уникнути травмування око яскравим світлом, що випромінюється рідким металом.

Наповнений ківш потрібно перевозити з малою швидкістю, не допускаючи розгойдування.

Під час роботи крана необхідно уважно стежити за масою металу залитого в ківш, щоб не було перевантаження крана. Перевищення паспортної вантажопідйомності може привести до аварії у результаті якої

можуть постраждати люди, а також обрив ковша й руйнування металоконструкції крана.

Не допускається підйом ковша з рідким металом під кутом до вертикалі. При значенні кута 5-7 градусів може відбутися аварійна ситуація, у результаті якої відбудеться виливання рідкого метала на робочу площадку.

Не допускається перелив рідкого металу вище зазначеного рівня. Ківш не повинен доливатися до краю на 150-200 мм.

При тривалій роботі візка без технічного огляду його стану, може відбутися схід візка з рейок, у результаті зношування реборд ходових коліс. Дана ситуація може привести випаданню ковша з гаків утримуючих його.

Під час виготовлення крана потрібно стежити за станом огороджень безпеки, щоб у місцях їхнього зварювання й кріплення не було тріщин і деформацій. Наявність тріщин і неякісного кріплення огородження може стати причиною нещасного випадку.

Наявність поганого висвітлення робочого місця й робочої площадки не допускається, тому що є можливість того, що крановик не побачить які або перешкоди, що виникли на його шляху, а так само поява ситуацій, які можуть привести до аварії.

Не захищені тролейні дроти й струмоприймачі, можуть привести до летального результату. Вони повинні бути обгороджені й повішена попереджуюча про небезпеку табличка. У кабіні крановика на підлозі повинен бути гумовий килим , що захищає його від пробою електроустаткування, яке знаходиться в кабіні.

Для забезпечення безпечної роботи крана передбачені заходи для усунення потенційних небезпек.

Ливарні крани мають бути обладнані обмежниками робочих рухів(кінцевими вимикачами) для автоматичної зупинки:

- механізму підйому в крайнім верхнім і нижнім положенні вантажозахватного пристрою;
- механізму пересування крана ;

- механізму пересування візка.

Спрацювання кінцевого вимикача забороняє рух візка або крана в попередньому напрямку, але дозволяє здійснювати рух у зворотному напрямку.

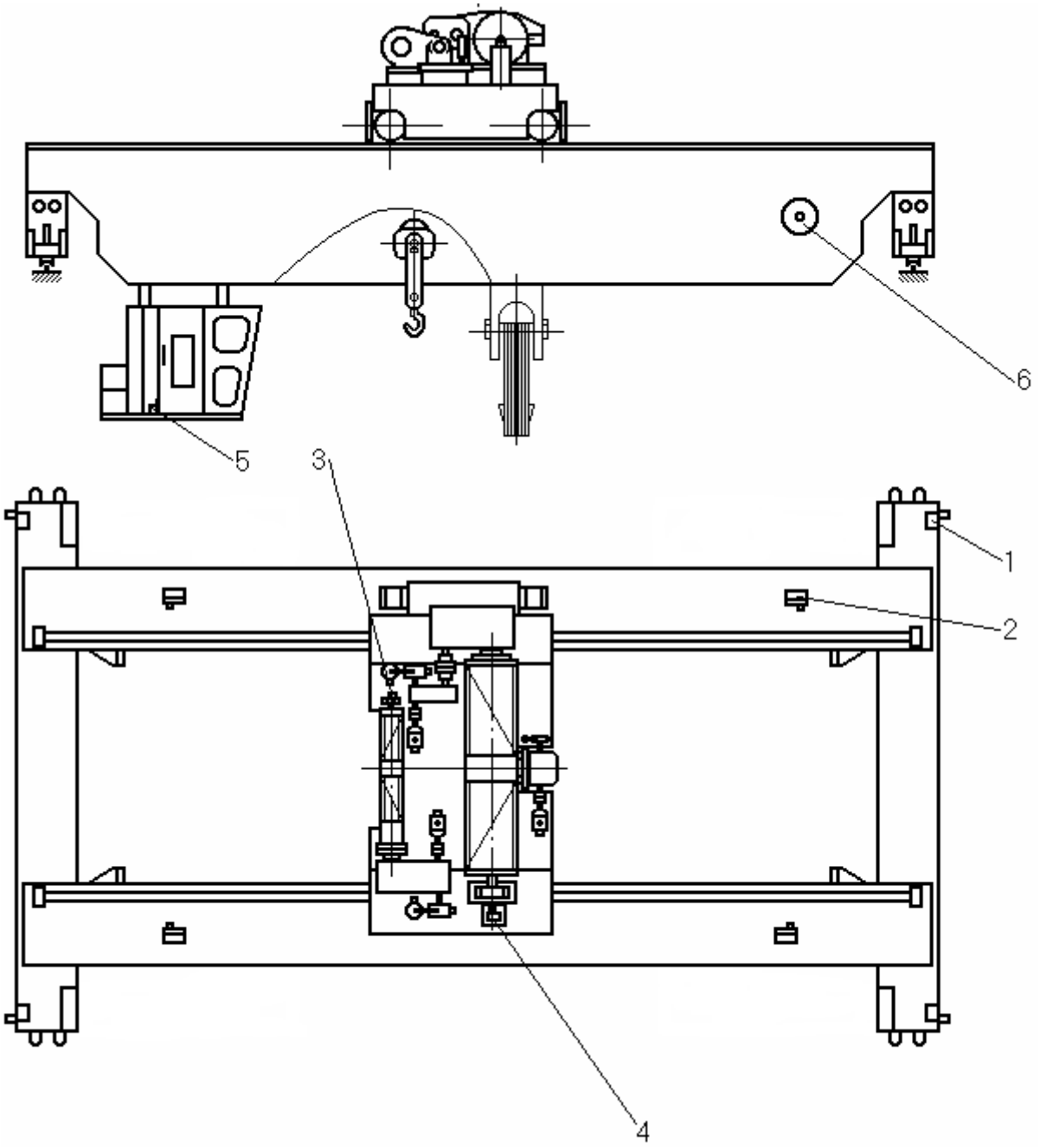
Крани повинні обладнуватися обмежниками вантажопідйомності на механізмах підйому, забезпечує захист механізму від перевантаження щодо номінальної вантажопідйомності, що забезпечує працездатність самого механізму й крана в цілому.

Так само крани оснащені звуковими сигналами, які служать для оповіщення про початок роботи або при аварійних ситуаціях, що виникли на крані.

На крані передбачений захист від падіння вантажу в результаті обриву однієї із трьох фаз мережі живлення. У разі спрацювання захисту електродвигуни механізмів підйому вимикаються та спрацьовують гальма цих механізмів.

На робочому місці крановика повинні бути передбачені всі можливі заходи безпеки. Підлога в кабіні повинна мати настил з неметалевих матеріалів, що виключають ковзання, і бути покрита перевіреним гумовим діелектричним килимом. Кабіна оснащається засобами блокуванням для автоматичного зняття напруги із крана при виході на його галерею, а також блокуванням дверей виходу на галерею й у кабіну керування з посадкової площадки з метою виключення пересування крана з відкритою кабіною; контактними ключами із замками без яких не може бути подана напруга на кран. У кабіні також перебуває кондиціонер для охолодження повітря й створення мікроклімату, тому що кран піддається впливу високих температур. Передбачено витяжку для вентиляції повітря. Кабіна має шумо ізоляцію й захист від вібрацій, для більше комфортної роботи крановика.

Контакти приладів та пристроїв безпеки (кінцевих вимикачів, аварійного вимикача, блокування люка, дверей кабіни тощо) повинні працювати на розрив електричного кола.



1- кінцеві вимикачі для автоматичної зупинки механізмів пересування крана;

2- кінцеві вимикачі для автоматичної зупинки механізмів ходового візка;

3-обмежник підйому механізму головного підйому;

4 - обмежник підйому механізму допоміжного підйому;

5- кінцевий вимикач блокування дверей;

6- дзвінок для сигналізації.

Мал. … Схема крана з усіма запобіжними пристроями.

Ливарний кран та його візок, що пересуваються рейковою колією, для пом’якшення можливого удару в упори або одне об одне мають бути обладнані пружними буферними пристроями.

Легко доступні частини механізмів, що рухаються і можуть бути причиною нещасного випадку, мають бути закриті закріпленими металевими знімними огорожами, що допускають зручний огляд і змащення. Огородженню підлягають:

а) зубчасті, ланцюгові та черв`ячні передачі;

б) з’єднувальні муфти з болтами та шпонками, що виступають, а також усі муфти, що розташовані в місцях проходу;

в) барабани, розташовані поблизу робочого місця крановика або в проходах (огорожа барабанів не повинна утрудняти спостереження за навиванням каната);

г) вали механізму пересування кранів мостового типу з частотою обертання 0,83 об/с і більше.

Огородженню підлягають також усі вали, якщо вони розташовані в місцях, призначених для проходу обслуговуючого персоналу;

Неізольовані струмові частини електрообладнання (в тому числі вимикачі, що подають живлення на тролеї або кабель), розташовані в місцях, де у разі входу (або підходу) працівників автоматично знімається напруга, може не огороджуватися.

На ливарних кранах для безпечного доступу до механізмів, електрообладнання, приладів і пристроїв безпеки та металоконструкцій, вимагають технічного обслуговування, мають бути передбачені галереї, площадки, сходи.

Настил галерей, площадок та проходів виконується з металу або інших міцних матеріалів, що задовольняють протипожежним нормам. Настил стелиться по всій довжині та ширині галереї або площадки.

Металевий настил виконується так, щоб виключалася можливість ковзання (сталеві рифлені, перфоровані листи тощо), у випадку застосування настилів з отворами один із розмірів отвору не повинен перевищувати 20 мм.

Кріплення та розташування канатів на ливарному крані мають виключати можливість спадання їх із барабанів або блоків і перетирання внаслідок дотику з елементами конструкцій або один з одним.

Для забезпечення надійності роботи крана, канати вибирають з відповідним запасом міцності. Так як ливарний кран працює в надважкому режимі, канат обирається з запасом міцності 9.

Всі правила безпеки даного ливарного мостового крана відповідають правилам будови й безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів: ДНАОП 0.00-1.03-02: Затв.20.08.2002 №409/Держ. департамент з нагляду за охороною праці.

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.

Температура, вологість, швидкість руху повітря й зміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень відповідають вимогам ГОСТ 12,1,005-88 «Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

Згідно з ГОСТ 12,1,005-88 забезпечено заходи по очищенню повітря в ливарному цеху. Використовується як природна так і механічна вентиляція. Увипадку природної використовується аерація, яка за рахунок різниці тиску зовнішнього та внутрішнього повітря, температур та напрямку повітря здійснює вентиляцію приміщення природним шляхом. При механічній вентиляції повітря розподіляють у повній відповідності із заданими умовами: чисте повітря попадає в певні ділянки цеху, а забруднений, що видаляється від місць їхнього утворення, відводять на будь-які необхідні відстані. Механічна вентиляція може бути приточеною і витяжною.

Норми повітря на людину за природною канальною вентиляцією становлять: 30 $м^3$/год– коли об’єм приміщення, що припадає на одну людину,

менше 20 м^3, 20 м^3/год– коли об’єм приміщення, що припадає на одну людину, понад 20 м^3.

Таблиця 6.1 Оптимальні норми температури , відносної вологості і швидкості переміщення повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

Сезон року	Категорія робіт	Температура, ˚С	Відносна вологість,%	Швидкість переміщення повітря, м/с
Холодний і перехідний період року	Легка, I	20-23	60-40	0,2
	Середньої важкості, Ia	18-20	60-40	0,2
	Середньої важкості, IIa	17-19	60-40	0,2
	Важка,III	16-18	60-40	0,2
Теплий період року	Легка, I	22-25	60-40	0,2
	Середньої важкості, Ia	21-23	60-40	0,3
	Середньої важкості, IIa	20-22	60-40	0,4
	Важка,III	18-21	60-40	0,5

Для продуктивної та безпечної роботі в цеху необхідно забезпечити робочі місця та площадки освітленням. В даному випадку використовується сумісне освітлення – це освітлення, при якому в світлий час доби одночасно використовується природне та штучне освітлення. Згідно з СниП 11-4-79 «Естественное и искуственное освещение. Нормы проектирования» коефіцієнт природної освітленості і освітлення штучним світлом для характеру зорової роботи середньої точності становить 2,4%. У більшості випадків на промислових підприємствах використовують лампи накалювання. В крановому цеху встановлюємо вакуумні лампи накалювання.

Важливим питанням є забезпечення допустимих норм шуму та вібрацій згідно з ГОСТ 12.1.012-90 « Вибробезопасность. Общие требования» та ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

Послаблення вібрацій досягають наступними конструкційними і технологічними мірами: зрівноваженням, балансуванням обертальних частин для забезпечення плавності роботи машини; виключенням дефектів та розхитаності окремих частин; використання динамічних гасників вібрацій.

Добре вібро ізольована кабіна крана в якій працює крановик. Цей засіб захисту полягає в зменшені передачі коливань від джерела збудження до об'єкту, що захищається, за допомогою засобів віброгасіння.

Найбільш раціональним методом зменшення шуму являється його зменшення в джерелі розповсюдження шуму.

Зменшення механічного шуму досягається шляхом: вдосконалення технологічних процесів та обладнання; використанням замість прямозубих зубчастих зачеплень шевронних; по можливості замінити зубчасті і ланцюгові передачі клинопасовими та зубчасто-ремінними; використання примусового змащення; заміна металевих деталей на деталі з пластмаси або з інших не звучних металів.

Передбачено міри захисту від дії електромагнітних колів у відповідності з ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» та ГОСТ 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Найбільш ефективним методом захисту від електромагнітних випромінювань є встановлення встановленням екранів. Екранують джерело випромінювання або робоче місце. Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (спец одяг, захисні окуляри, гумові рукавиці та інше).

Згідно з вимогами «Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» та ОСП-72/88 «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» крановий цех працює з допустимим нормальним радіаційним фоном.

Виконані вимоги СниП 2.09.04-84 «Санитарно–бытовые помещения». Крановий ливарний цех забеспечен душовими, туалетами, гардеробом та їдальнею з урахуванням кількості працюючих. Всі санітарно-побутові приміщення зв'язані з виробничими приміщеннями утепленими проходами. У цеху й у відділеннях поблизу робочих місць обладнано санітарні пости, які укомплектовані аптечками, медикаментами, носилками й іншими засобами для надання першої долікарської допомоги потерпілим.

Місце де працює ливарний кран повністю забеспечено засобами пожежогасіння. Згідно з СниП 2.09.02-85 «Нормы проектирования. Производственные здания промышленных предприятий». Ливарний цех відноситься до категорії Г. Характеристика речовин, які застосовуються на виробництві: негорючі речовини та матеріали в гарячому розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор і полум'я.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується згідно з вимогами СниП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы проектирования здании и сооружений».

Ступінь вогнестійкості будівель І.

Для будівель І ступеня вогнестійкості необхідно, щоб границя вогнестійкості несучих стін, сходів, колон була не менше 2,5 години, покритя не менше 0,5 год.

Для будівель І ступеня не допускається розповсюдження вогню по всім основним будівельним конструкціям.

Підвищення вогнестійкість будівель и споруд досягнемо шляхом покриттям металоконструкцій жароміцними матеріалами.

Іскри з промислових печей та установок з відкритим вогнем часто являються причинами виникнення пожеж, тому ливарні цехи розташовують з підвітряного боку по відношенню до відкритих складів легко запалювальних речовин.

При плануванні ливарного цеху забезпечені під'їзди для пожежних машин до споруд.

Протипожежний водопровід забезпечує подачу необхідної для гасіння пожежі кількості води під відповідним напором на протязі не менше 3 год. На території цеху встановлено щит пожежної безпеки. До комплекту якого входять: вогнегасники (3 шт.), ящик з піском (1 шт.)покривало розміром 2,4м х 2,4м (1 шт.), гаки (3 шт.), сокири (2 шт.), відра (2 шт.). Ящики для піску повинні мати місткість 1-4 $м^3$ та бути укомплектованими совковою лопатою.

Приміщення категорії Г оснащено п'ятьма порошковими вогнегасниками типу ОП–10, пінним вогнегасником ОУ-5 (для гасіння загорань електродвигунів).

Вибір електроустаткування зроблений згідно ПУЭ залежно від прийнятого класу вибухо - пожежонебезпеки приміщення й установок.

Відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 40 м.

Застосування пожежної сигналізації - автоматичних засобів виявлення пожеж є однією з основних умов забезпечення пожежної безпеки, тому що дозволяє сповістити черговий персонал про пожежу й місце його виникнення.

З метою захисту від електричної дуги при розмиканні й замиканні електричних кіл рубильники розташовані в кожусі або за щитом з вогнестійкого матеріалу, а металеві кожухи заземлені..

Для захисту будинків і споруджень від прямих ударів блискавки застосовані блискавковідводи - пристрої, що сприймають блискавку й відводять її струм у землю. Блискавковідвід складається з несучої частини (опори), блискавка приймача, струмовідводу (спуска) і заземлення. Захисна дія

блискавковідводу заснована на тім, що блискавка вражає найбільш високі й добре заземлені металеві спорудження; спорудження не буде уражено блискавкою, якщо воно повністю входить у зону захисту блискавковідводу. Зона захисту блискавковідводу - частина простору, що примикає до блискавковідводу, що забезпечує захист спорудження від прямих ударів блискавки з достатнім ступенем надійності (99%).

Маючи необхідні початкові дані зробимо розрахунок загальної вібрації, діючої на робоче місце.

Рівень загальної вібрації на частоті 16 Гц складає 111 Дб. Визначаємо допустимий для робітника термін роботи в умовах загальної вібрації з урахуванням шкідливості її частотного складу:

$$V = Vg - k$$

де, V- рівень загальної вібрації, з урахуванням коректуючого додатку ;

Vg- рівень загальної вібрації, Vg=111 Дб;

k –коректуючий додаток, k=0;

$$V=111-0=111\ Дб.$$

Згідно з СН245-71 допустимий рівень вібрації на частоті 16 Гц становить 92 Дб. Допустимий термін роботи в умовах загальної вібрації можливо визначити за допомогою рівняння:

$$V_H = 10 \cdot \lg(t/8) - V$$

де, V_H – допустимий рівень вібрації на частоті 16 Гц, V_H=92;

t- термін роботи;

Звідки, перетворивши і пропотенцювавши, одержимо:

$$t = 8 \cdot 10^{0.1(V_H - V)}, год.$$

Підставивши числові значення одержимо:

$$t = 8 \cdot 10^{0.1(92-111)} = 8 \cdot 10^{-1.9} = 8 \cdot 0.0125 = 0.1, год$$

Допустимий для робітника термін роботи в умовах загальної вібрації з урахуванням шкідливості її частотного складу становить 0,1 год.

Розроблені заходи щодо охорони праці відповідають ГОСТ, СНиП та вимогам методичних вказівок.

6.2 Заходи з цивільної оборони.

Дії персоналу виробництва при можливих аваріях, катастрофах і стихійних лихах. Заходи щодо ліквідації їхніх наслідків і захисту персоналу.

При плануванні заходів щодо ліквідації наслідків стихійних лих, великих аварій і катастроф передбачають організацію оповіщення робітників та службовців працюючої зміни, формувань і населення відомчих будинків про погрозу виникнення або виниклих аварій і стихійних лих. Для цього передбачається використання мережі внутрішнього радіомовлення, телефонної й диспетчерській зв'язку.

Для захисту життя й здоров'я персоналу в умовах аварій, катастроф і стихійних лих варто застосовувати наступні основні заходи цивільної оборони:

- укриття персоналу в пристосовані під потреби захисту населення приміщеннях виробничих, суспільних і житлових будинків, а також у спеціальних захисних спорудженнях;
- евакуацію населення із зон аварій, катастроф і стихійних лих;
- використання засобів індивідуального захисту органів подиху й шкірних покривів;
- проведення заходів медичного захисту;
- проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт у зонах аварій, катастроф і стихійних лих.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації з небезпечними вражаючими впливами проводиться екстрена (невідкладна) евакуація

персоналу. Підставою для ухвалення рішення на проведення евакуації є наявність загрози життю й здоров'ю людей.

Передбачені заходи щодо організації й проведення евакуації робітників, службовців, указують маршрути й пункти евакуації, порядок видачі засобів індивідуального захисту особовому складу формувань, робітником, службовцем. Визначаються сили й засоби для проведення робіт з ліквідації наслідків великих аварій і катастроф, порядок керування, сили й засоби зв'язку, що забезпечують керування.

Заходи щодо підготовки до захисту проводяться завчасно з урахуванням можливих небезпек і погроз. Вони плануються й здійснюються диференційовано, з урахуванням особливостей розселення людей, розташування підприємства, природно-кліматичних і інших місцевих умов.

Найбільш раціональним є такий підхід, коли матеріально-технічні засоби захисту можуть бути використані не тільки для захисту в умовах надзвичайних ситуацій, але й в інтересах забезпечення функціонування об'єктів економіки й обслуговування населення в повсякденній обстановці.

Під час проектування й експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення та довкілля, обов'язково розробляються й здійснюються заходь інженерного захисту з метою запобігання виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Планування й здійснення ряду заходів ГО на об'єктах народного господарства ще в мирний час створюють сприятливі умови для їх стійкої виробничої діяльності під час аварій, катастроф і стихійних лих.

Всі основні заходи щодо захисту людей, устаткування, сировини й виробленої продукції, ліквідації наслідків аварій, катастроф і стихійних лих, відновленню виробничої діяльності об'єкта необхідно планувати з урахуванням часу. Ігнорування цієї вимоги може привести до необґрунтованих втрат людей і матеріальних цінностей.

7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

На металургійних підприємствах при розливанні стали в виливниці візуально дуже складно визначити кількість металу, що розливається. Із цієї причини можливі так звані «не доливки» (злитки не відповідним стандартним розмірам), які автоматично бракуються. Такі злитки важко реалізувати (продати споживачеві), тому що при подальшій переробці - прокат металу буде виходити не стандартного розміру. Тому щоб споконвічно уникнути цього шлюбу на крані необхідно встановити тензометричну систему зважування. Вона дозволить розливальнику металу рівномірно розподілити метал в виливниці, визначити кількість необхідних виливниць.

Ефективність установки системи зважування на крані можна визначити, якщо розрахувати витрати на переробку бракованого металу.

Витрати містять у собі повторний розігрів металу до температури плавлення.

За одну зміну відбувається 6 розливок, після кожної 2-й розливання залишається бракованого металу 5т. Працюють у три зміни по 8 годин. Наприкінці тижня кількість шлюбу становить 90т. Для розігріву 90т металу буде потрібно певна кількість газу.

Визначаємо потрібна кількість газу.

$Q_р=Q_1+Q_2$ - кількість тепла, яку потрібно затратити, що б розплавити метал.

Щоб розплавити метал його спочатку потрібно нагріти до температури плавлення, затративши для цього кількість тепла рівне Q_1:

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (t_{пл} - t_0) = 460 \cdot 90000 \cdot (1539 - 20) = 62886{,}6 МДж$$

де, з - питома теплоємність металу, з=460 Дж/кг·к;

m - маса металу, m=90000 кг;

$t_{пл}$ - температура плавлення металу, $t_{пл}$ = 1539°С;

t_0 – температура металу перед завантаженням у піч, t_0 =20°С;

Для самого процесу плавлення потрібне кількість тепла рівне Q_2:

$Q_2 = L \cdot m = 82 \cdot 62886600=5156701200$ кДж = 5156701,2 Мдж

де, L - питома теплота плавлення, L=82 кДж/кг;

Разом:

$Q_р$= 62886,6+5156701,2=5219587,8 МДж.

Маса газу, необхідна для процесу плавлення:

$m = Q_р/ q$= 5219587800/45000=115990 кг;

де, q- питома теплота згоряння палива (природний газ),

q=45000 кДж/кг.

Знаючи масу, визначимо обсяг газу з формули $m =\rho \cdot V$:

$V=m / \rho$, V=115990/ 4 = 28997,5 $м^3$

де, V- обсяг газу, $м^3$;

ρ- щільність газу, ρ=4 кг/$м^3$.

Для того щоб розплавити 90т металу буде потрібно 28997,5 $м^3$ газу.

Вартість газу витраченого на розігрів:

З = Ц · V = 0,41 · 28997,5 = 11889 грн.

Річні витрати:

З = З · 52 = 11889 · 52=618228 грн. у рік.

де, 52 - кількість тижнів у році.

Річний економічний ефект становить 618,228 тис. гривень у рік.

За рахунок установки вагового вимірника заощаджується час технологічного процесу, тому що появи браку практично виключено й не потрібен час на його виправлення. А також більша економія коштів. Установка вимірника окупається в за 6 місяців. Що у свою чергу є відмінним рішенням для попередження браку.

ВИСНОВКИ

В дипломном проекті був розроблен проект мостового ливарного крана вантажопідйомністю 100+20т. В ході проектування були зроблені розрахунки основних механізмів крана: механізм головного підйому, механізм допоміжного підйому, механізм пересування крана, механізм пересування візка, розробка тензометричного важільного пристрою, зроблено економічний розрахунок ефективності втілення важільного пристрою, зроблено аналіз заходів пожежної безпеки, охорони праці та заходи з цивільної оборони. Графічна частина представлена на окремих аркушах.

Перелік посилань

1. Підйомно-транспортні машини: підручник / за ред. проф. О. В. Григорова. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 360 с

2. Волянюк В. О., Сухомлин О. П. Підйомно-транспортні машини та системи: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 356 с.

3. Любін М. В., Токарчук О. А., Єленіч М. П. Розрахунки підіймальних механізмів та машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2013. 208 с.

4. Волянюк В. О., Сухомлин О. П. Підйомно-транспортні машини та системи: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 356 с.

5. Багєєв В. В., Горобець В. Г. Металеві конструкції підйомно-транспортних машин: навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2015. 216 с.

6. Підйомно-транспортні машини: підручник / за ред. проф. О. В. Григорова. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 360 с

7. Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, Г. В. Клименко. Атлас металоконструкцій ПТМ: навчальний посібник. Запоріжжя: Нац. ун-т "Запорізька політехніка", 2019. 222 с.

8. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання : НПАОП 0.00-1.80-18 : затв. Мінсоцполітики України 19.01.2018. // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18.

9. P. Vovk, I. Chaiun, «Characteristics of the limit state of the rope», IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2021, doi:10.1088/1757-899X/1164/1/012087