

# Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Деталі машин і підйомно-транспортні механізми

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Канатний механізм  $Q = 2 \times 75$  т.»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи Мз-319

Спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

\_\_\_\_\_

Воробка В.О. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник Сидоренко М.В. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

2023

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

Інститут, факультет Машинобудівний  
 Кафедра Деталі машин і підйомно-транспортні механізми  
 Ступінь вищої освіти Бакалавр  
 Спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини та обладнання  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Воробка Віталій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Канатний механізм Q =2x75 Г.»

керівник проєкту (роботи) Сидоренко М.В. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Опис базової машини, 2. Розрахунок механізму підйому, 3. Розрахунок економічного ефекту від реконструкції механізму підйому, 4. Заходи з охорони праці

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

1. Барабан, 2. Канатоукладач, 3. Механізм підйому, 4. Загальний вигляд, 5. Барабан тяговий.



## РЕФЕРАТ

ПЗ: 60 с., 15 рис., 12 табл., 16 джерел.

Об'єкт дослідження – підйомний механізм  $Q = 75$  т. для оперативного перекриття водогону колісним швидкодіючим затвором.

Мета роботи – підвищити експлуатаційну надійність підйомного механізму.

Дипломна робота шляхом розрахунків доказує можливість підвищення експлуатаційної надійності механізму. Підвищення експлуатаційної надійності забезпечується шляхом заміни діючих закордонних редукторів і електродвигуна на нові вітчизняні.

Заходи щодо підвищення експлуатаційної надійності крана економічно обґрунтовані. Економічний ефект у порівнянні з купівлею нового закордонного обладнання складає 69921 грн.

Як наслідок, підвищення експлуатаційної надійності механізму шляхом установки нового вітчизняного обладнання є дійсним та економічно ефективним.

Ключові слова: МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯ, КАНАТ, БАРАБАН, БЛОК, ВІСЬ, ТРАВЕРСА, ПІДШИПНИК, ДВИГУН, РЕДУКТОР, ГАЛЬМО, МУФТА, ОПІР ПЕРЕСУАННЮ, Б'ЄФ.

## ЗМІСТ

Реферат	4
Зміст	5
Вступ	7
1. Опис базової машини	8
2. Розрахунок механізму підйому	11
2.1 Кінематична схема	11
2.2 Схема поліспада	11
2.3 Вибір вантажного каната	12
2.4 Вибір діаметрів барабану і блоків	13
2.5 Вибір електродвигуна	14
2.6 Вибір механічної передачі механізму підйому	15
2.7 Вибір муфти	17
2.8 Вибір гальма	18
2.9 Крутні моменти на валах механізму підйома	19
2.10 Перевірка двигуна за часом пуску	20
2.11 Розрахунок нарізки барабана	22
2.12 Розрахунок кріплення каната до барабана	23
2.13 Перевірка болтів кріплення зубчастої ступиці до барабана	24
2.14 Розрахунок стінки барабана на міцність	25
2.15 Вибір підшипника вилки підвіски	27
2.16 Перевірочний розрахунок траверси підвіски	28
2.17 Розрахунок осі блоків підвіски	30
2.18 Вибір підшипників блоків підвіски	32
2.19 Розрахунок серги підвіски	33
2.20 Розрахунок вилки підвіски	35
3. Розрахунок економічного ефекту від реконструкції механізму підйома	37

3.1 Вихідні данні	37
3.2 Розрахунок показників економічної ефективності	38
3.3 Висновки	43
4.Заходи з охорони праці	44
4.1 Аналіз потенційних небезпек	44
4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	45
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	51
4.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки	55
4.5 Висновки	57
Висновки	58
Перелік використаних джерел	59

## ВСТУП

Механізми підйому спеціалізованого обладнання для ГАЕС має свої особливості. У зв'язку з тим що основною їх роботою є підйом затворів великої ширини механізм підйому слід обладнати двома лебідками розмішених одна відносно іншої на відстані що відповідає ширині затвору. Для запобігання перекосу затворів в пазах і ймовірного заклинювання робота лебідок має бути належним чином синхронізована.

Козлові спеціальні крани є основними вантажопідйомними машинами що використовуються для монтажу і експлуатації ГАЕС, але для оперативного керування водогоном часто використовується стаціонарні механізми підйому. Водозливна плотина ГАЕС являє собою залізобетонну споруду що розділяє верхній та нижній б'єфи, з розміщеними на ній автодорожніми та службовими мостами. З однієї сторони до неї примикає земляна плотина а з іншої – будівля електростанції . Довжина водозливної плотини, кількість затворів, висота їх та вага коливаються в значних межах. Саме тому специфічні умови експлуатації зумовлюють широку різноманітність їх конструкцій. Як правило це механізми з вантажопідйомність 100...500т.

## 1 ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ

Механізм канатний в.п. 2x75 т встановлюється на позначці +85,300 і призначений для оперативного перекриття водоводу плоским колісним швидкодіючим затвором з метою запобігання затоплення будівлі ГАЕС в разі розгерметизації проточної частини насос-турбіни, а також перекриття водоводу при огляді і ремонті агрегату і проточної частини водоводу .

Механізм призначений для експлуатації під шатром з температурою навколишнього середовища від плюс 40°C до мінус 30,7 ° С . Розрахункова сейсмічність ( за шкалою Ріхтера ) - 7 балів.

Основними вузлами механізму є: механізм підйому в.п. 2x75 т, рама механізму, дві установки верхніх блоків, дві підвіски в.п. 75 т кожна і електрообладнання, встановлене в електроприміщеннях.

Рама підйомного механізму являє собою жорстку зварну конструкцію, яка складається із балок коробчастого і двотаврового перетину. Рама встановлюється на естакаді та з'єднується з нею через болтові з'єднання. Для монтажу і демонтажу механізму разом з наметом використовується козловий крана в.п. 2x75 т, а на рамі механізму передбачені транспортні вушка.

Опускання механізмом затвора на поріг здійснюється дистанційно з головного щита управління (далі ГЩУ) або з місцевого пульта управління, розташованого на позначці +81,500 водовипуску Дністровської ГАЕС.

У положенні «постійне» швидкодіючий колісний затвор знаходиться в пазах і утримується підвісками канатного механізму за верхню секцію. При виникненні просадки на величину більше 150 мм, проводиться автоматичне включення механізму на підйом і затвор переміщається в початкове положення. Просадка відстежується командо-апаратом КА-426А-30У2.

При виникненні аварійної ситуації по сигналу з ГЩУ відбувається опускання затвора в потік з номінальною швидкістю 3,47 м / хв. Час закриття

затвора складає не більше 3 хвилин. Перекриття водоводу здійснюється одночасно двома швидкодіючими затворами.

Механізм підйому в.п. 2х75 т складається з двох канатних барабанів діаметром 1100 мм, виконаних з труби-відливки і приводу. Барабан має дві нарізки (права і ліва). Кожна нарізка виконана таким чином, що при крайньому верхньому положенні підвіски залишається два незаповнених витка на витяжку каната, а при крайньому нижньому положенні залишаються навитими два розвантажуючі витка, не рахуючи витків, що знаходяться під притискними планками. Крутний момент барабанів передається від електродвигуна K21R 315MX6 з двома валами фірми VEM motors GmbH (Німеччина) через перший редуктор X2KS-120 / B фірми SEW-EURODRIVE (Німеччина), зубчасті напівмуфти й редуктори Ц2-1000MP3-40-24M-Y2 і

Ц2-1000MP3-40-15M-Y2. Механізм підйому забезпечений двома гальмами ТКГ-400-02 Y2. Кількість гальм подвоєно для гарантованого утримання затвора над забральною балкою. Гальма нормально замкнутого типу, автоматично розмикаються при включенні приводу.

Кожна з установок верхніх блоків діаметром 500 мм включає в себе два обвід-них і один зрівняльний блок. Всі три блоки встановлені на загальній осі і розташовані під барабаном.

Кожна з підвісок в.п. 75 т складається з чотирьох блоків діаметром 500 мм, встановлених на одній осі та затиснутих в кожух. Вісь блоків закріплюється в щоках підвіски. Через два вушка вісь блоків з'єднана з траверсою.

Підвіски обладнані пристроєм висування осі. За допомогою цього пристрою осі підвісок можна вивести з вантажних вушок затвора.

Для контролю просадки, підриву затвора, обмеження верхнього і нижнього положення підвісок, на тихохідному валу редуктора Ц2-1000MP3-40-15M-Y2 встановлюється командо-апарат КА-426А-30 Y2.

Для визначення висоти положення підвісок і передачі інформації на цифровий індикатор, на тихохідному валу редуктора Ц2-1000MP3-40-24M-Y2 встановлений датчик обертів PSM58N.

Для контролю перевантаження і ослаблення каната застосовується обмежувач вантажопідйомності ОГПК-000.02.1237 з датчиками сили ДУ 10-60, які встановлюються під опорами барабанів.

Дані по навантаженнях на реле перевантаження і щодо положень підвісок архівуються системою реєстрації параметрів, з можливістю їх подальшого перенесення на зовнішні носії інформації.

## 2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ

### 2.1 Кінематична схема

Механізм підйому канатний, схема якого представлена на рис. 2.1

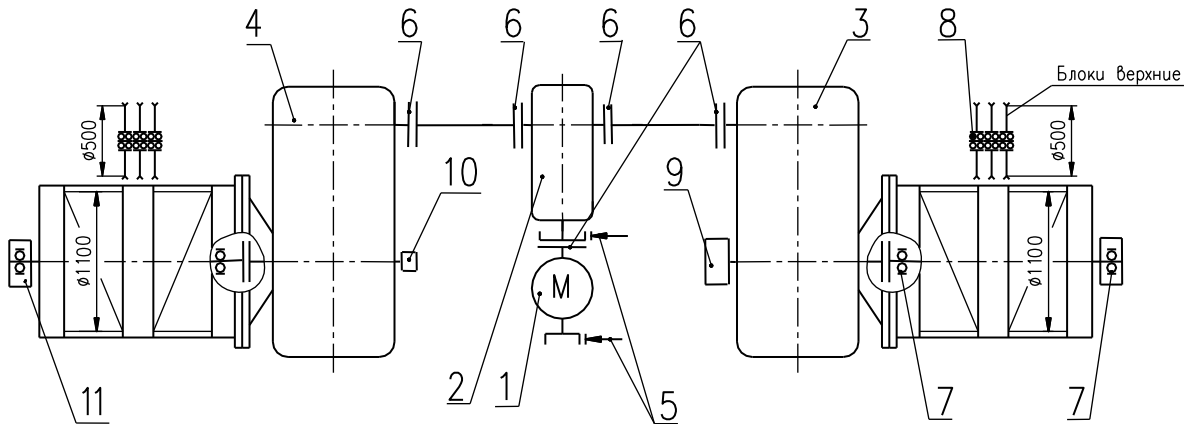


Рисунок 2.1 – Кінематична схема механізму підйому:

1 – електродвигун, 2 – редуктор конічно-циліндричний, 3,4 – редуктор циліндричний, 5 – гальмо, 6 – напівмуфта зубчаста, 7, 8 – підшипникові вузли, 9 – командоапарат, 10 – датчик обертів.

### 2.2 Схема поліспасти

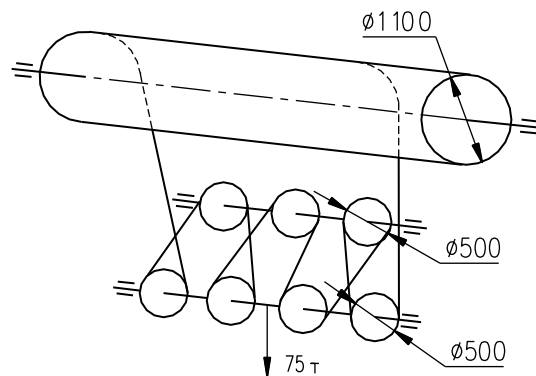


Рисунок 2.2 – Схема запасовки каната механізму підйому в.п. 2x75 т.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Параметри	Позначення	Величина
Група класифікації механізму по ISO 4301/1	M2	
Вантажопідйомність механізму головного підйому, кН (т)	Q	2x75
Розрахункова вага підвіски, кН (т)	G <sub>p</sub>	1,5
Швидкість підйому максимальна задана (Q = 2x75 т), м/хв	V <sub>1</sub>	3,47
Висота підйому, м	H	20
Кількість гілок, на котрих підвішено вантаж	a	8
Кратність поліспасти	m	4
Тип поліспасти	здвоєний	

### 2.3 Вибір вантажного каната

Найбільше зусилля в гілці каната ( $Q_2 = 75$  т)

$$F_{\max} = \frac{Q_1 + G_p}{a \cdot \eta_p} + G_k = \frac{750 + 15}{8 \cdot 0,99} + 0,512 = 97,1 \text{ кН}, \quad (2.1)$$

Вага однієї гілки каната

$$G_k = q \cdot H = 0,0256 \cdot 20 = 0,512 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де:  $q = 0,0256 \text{ кН} \cdot \text{м}$  – вага погонного метра каната

$H = 20 \text{ м}$  – висота підйому

$\eta_p = 0,99$  – КПД поліспасти.

$$F_{\text{розр}} = Z_p \cdot F_{\max} = 3,35 \cdot 97,1 = 325285 \text{ Н} \leq [F]_{\text{гост}} = 327500 \text{ Н}, \quad (2.3)$$

де  $Z_p$  – коефіцієнт, який враховує використання канату. Згідно з правилами будови і безпечної експлуатації вантажопідйомальних кранів для режиму роботи механізму M2 приймаємо  $Z_p = 3,35$  [1];

$F_{\max}$  – найбільше зусилля в канаті, Н.

Обираємо сталевий канат подвійної звивки з органічною серцевиною

Тип каната 25,5-Г-1-Ж-Р-1570 ГОСТ 7665-80

Характеристика канату типу ЛК-3 [1]

Діаметр канату,  $d_K = 25,5$  мм

Маркувальна група - 1570 МПа

Розрахункова вага 1000 м канату - 2426 кг

Розрахункове розривне зусилля  $S_p = 327,5$ кН

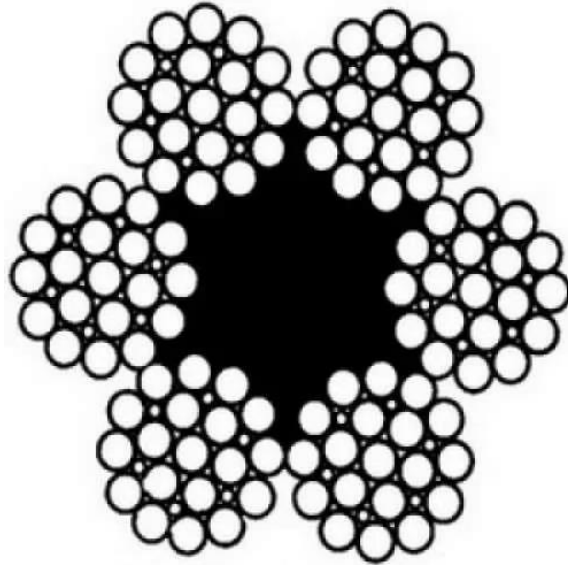


Рисунок 2.3 – Поперечний переріз канату.

#### 2.4 Вибір діаметрів барабана і блоків

Визначимо мінімально допустимий діаметр барабану по середній лінії навитого каната

$$D_1^{\min} = 12,5 \cdot d_k = 12,5 \cdot 25,5 = 318,75 \text{ мм} . \quad (2.4)$$

Конструктивно приймаємо діаметри барабана

по середній лінії каната,  $D_1' = 1100$  мм

Мінімальний діаметр блоків підвіски і верхніх блоків по середній лінії навитого каната

$$D_2^{\min} = h_2 \cdot d_K = 14 \cdot 25,5 = 357 \text{ мм} . \quad (2.5)$$

Конструктивно приймаємо діаметри блоків:

по середній лінії каната  $D_2' = 500$  мм

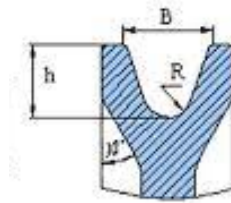


Рисунок 2.4 – Профіль ривчака канатного блоку.

## 2.5 Вибір електродвигуна

Необхідна потужність електродвигуна :

$$P_{cm} = \frac{10 \cdot Q_{max} \cdot V_n}{\eta_z} = \frac{10 \cdot 151,094 \cdot 0,058}{0,89} = 98,46 \text{ кВт}, \quad (2.6)$$

де  $Q_{max} = G_{ep} + G_{вант} = 150 + 1,094 = 151,094$  . - вантажопідйомність маханізма, т.;

$\eta_z$  - загальний ККД механізму підйому;

$$\eta_z = \eta_n \cdot \eta_o \cdot \eta_p \cdot \eta_m = 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 0,89, \quad (2.7)$$

де  $\eta_n, \eta_o, \eta_p, \eta_m$  - ККД, відповідно, поліспасти, барабана, редуктора та муфти.

За каталогом обираємо електродвигун серії 4МТН 280S6 з технічними характеристиками (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Характеристика двигуна 4МТН 280S6 [2].

Параметр	Значення
Потужність $P_d$ , кВт	90
Частота обертання $n_d$ , об/хв	950
Момент інерції ротора $I_p$ , кг · м <sup>2</sup>	3,3
Маса, кг	750

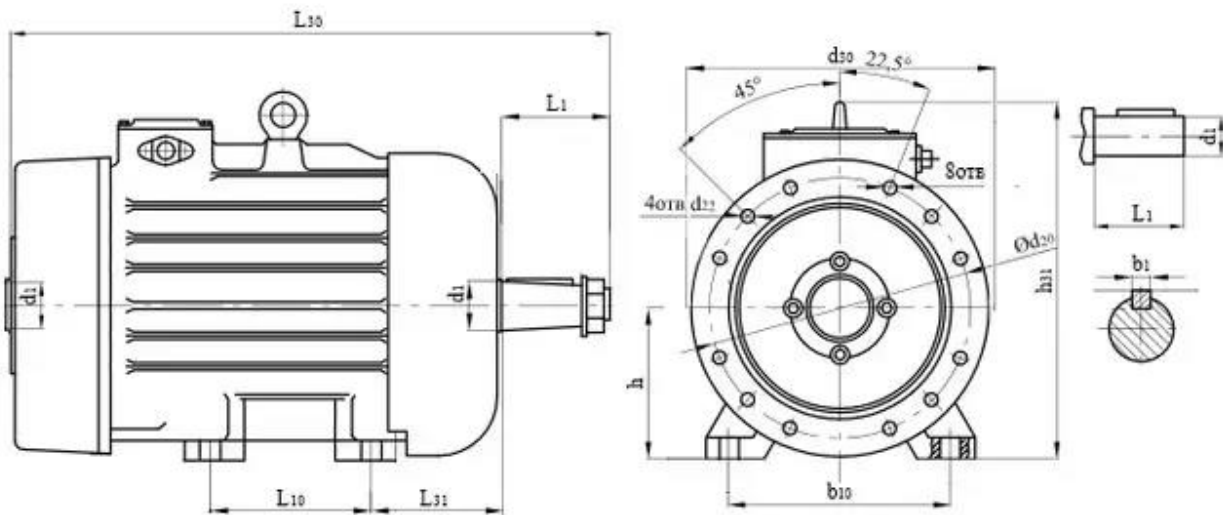


Рисунок 2.5 – Електродвигун 4МТН 280S6.

Таблиця 2.3 – Габаритні характеристики Електродвигуна 4МТН280S6

Марка	Габарити l30*xh31xd30, мм	Діаметр вала d1, мм	Довжина валу l1, мм	Висота вала h, мм	Кріплення по лапах, мм	
					l10	b10
4МТН280S6	1090x740x605	90	170	280	368	457

Перевірка потужності двигуна

$$\Delta P = \frac{P_{cm} - P_{\phi}}{P_{\phi}} \cdot 100\% = \frac{98,48 - 90}{90} \cdot 100\% = 9,4\% \leq 12\%. \quad (2.8)$$

Умова виконується, двигун працює з перевантаженням у 9,4%, що допускається.

## 2.6 Вибір механічної передачі механізму підйому

Обираємо механічну передачу механізму підйому для вантажопідйомності  $Q = 2 \times 75$  т при швидкості підйому  $v = 0,057$  м/с

$$i_3 = \frac{\pi \cdot D'_1 \cdot n_1}{60 \cdot m \cdot v_1} \cdot 10^{-3} = \frac{3,14 \cdot 1125 \cdot 950}{60 \cdot 4 \cdot 0,057} \cdot 10^{-3} = 245,31. \quad (2.9)$$

Обираємо перший редуктор X2KS-120/B,  $i = 6,3$ .

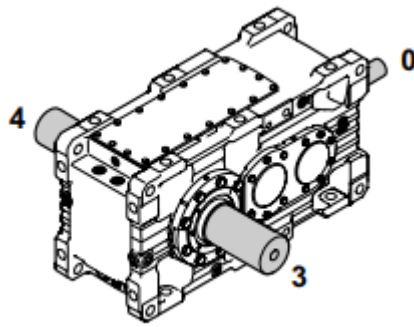


Рисунок 2.6 – Редуктор X2KS-120/B.

Розрахуємо передаточне відношення для другого редуктора:

$$i_p = 245,31 / 6,3 = 38,93. \quad (2.10)$$

Обираємо редуктор циліндричний крановий РК-600-40-12МУ1 та РК-600-40-21МУ1 ( $i_{ном} = 40$ )

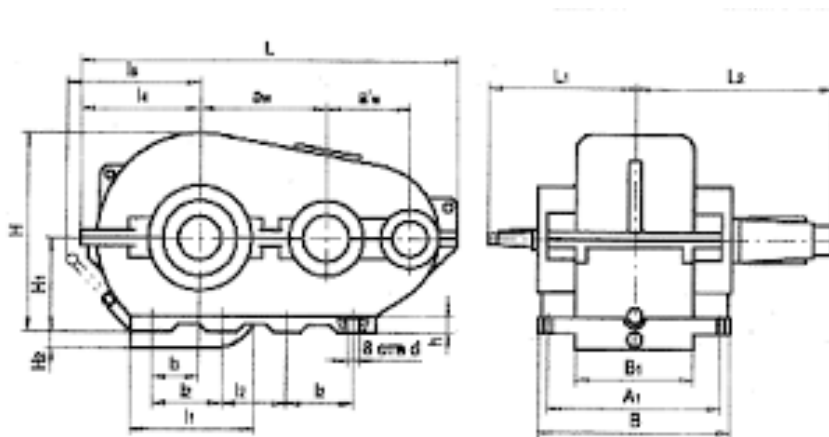


Рисунок 2.7 – Редуктор РК-600.

Таблиця 2.4 – Габаритні розміри редуктор РК-600

AW	AW <sub>T</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
1000	600	1896	550	695,5	1350	870	350	250	639	645
B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	h	Ød		
660	590	660	1172	965	400	200	40	32		

Максимальний крутний момент на тихохідному валу редуктора,  $[M_{k1}] = 46,51 \text{кН} \cdot \text{м}$

Фактична швидкість підйому

$$v_1' = \frac{\pi \cdot D_1' \cdot n_1}{60 \cdot i_{r1} \cdot i_p \cdot m} \cdot 10^{-3} = \frac{3,14 \cdot 1125 \cdot 950}{60 \cdot 40 \cdot 6,3 \cdot 4} \cdot 10^{-3} = 0,055 \text{ м/с} \quad (2.11)$$

Відхилення фактичної швидкості від заданої

$$\Delta v_1 = \frac{v_1 - v_1'}{v_1} \cdot 100\% = \frac{0,057 - 0,055}{0,057} \cdot 100\% = 3,5\% \quad (2.12)$$

Відхилення фактичної швидкості від заданої менше ніж 5%, що свідчить про задовільний вибір передачі.

## 2.7 Вибір муфт

Муфту підбираємо за розрахунковим моментом

$$T_M = T_{ном} \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,3 \cdot 1,1 = H \cdot м, \quad (2.13)$$

де  $T_{ном}$  - номінальний момент, який передає муфта від двигуна до редуктору;

$$T_{ном} = \frac{10^3 \cdot 30 \cdot P_\partial}{\pi \cdot n_\partial} = \frac{10^3 \cdot 30 \cdot 90}{3,14 \cdot 950} = 905 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.14)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності механізму;

$K_1 = 1,3$  - для механізму підйому [5];

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує режим роботи механізму;

$K_2 = 1,1$  - для легкого режиму роботи [5].

За моментом підбираємо для з'єднання вала двигуна з швидкохідним валом редуктора муфту втулково-пальцеву з гальмівним шківом.

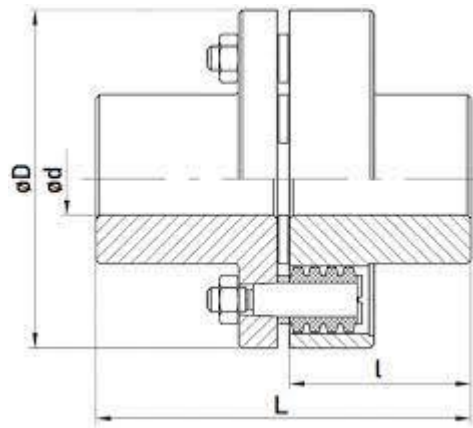


Рисунок 2.8 – МУВП-Т400 – 4000.

Таблиця. 2.5 – Основні параметри муфти втулково-пальцевої з гальмівним шківом МУВП-Т400 – 4000 [5].

Параметр	Значення
Номінальний крутний момент, Н · м	4000
Гальмівний момент, Н · м	2000
Маса муфти, кг	119
Момент інерції муфти, кг·м <sup>2</sup>	1,75

## 2.8 Вибір гальма

Гальма механізму допоміжного підйому вантажу вибираємо за необхідним гальмівним моментом

$$T_r = \frac{10^4 \cdot Q_{\max} \cdot D_o \cdot \eta_z}{2 \cdot U \cdot i_n} \cdot K_r = \frac{10^4 \cdot 151,5 \cdot 1,125 \cdot 0,9}{2 \cdot 252 \cdot 4} \cdot 1,25 = 951,1 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.15)$$

де  $K_r$  - коефіцієнт запасу гальмування.  $K_r = 1,25$  - для легкого режиму роботи [1].

Вибираємо колодкове гальмо з електромагнітом типу ТКГ-400МУ2 з такими технічними характеристиками (табл. 2.6) та регулюємо на розрахунковий гальмівний момент  $T_r=1021$  Нм.

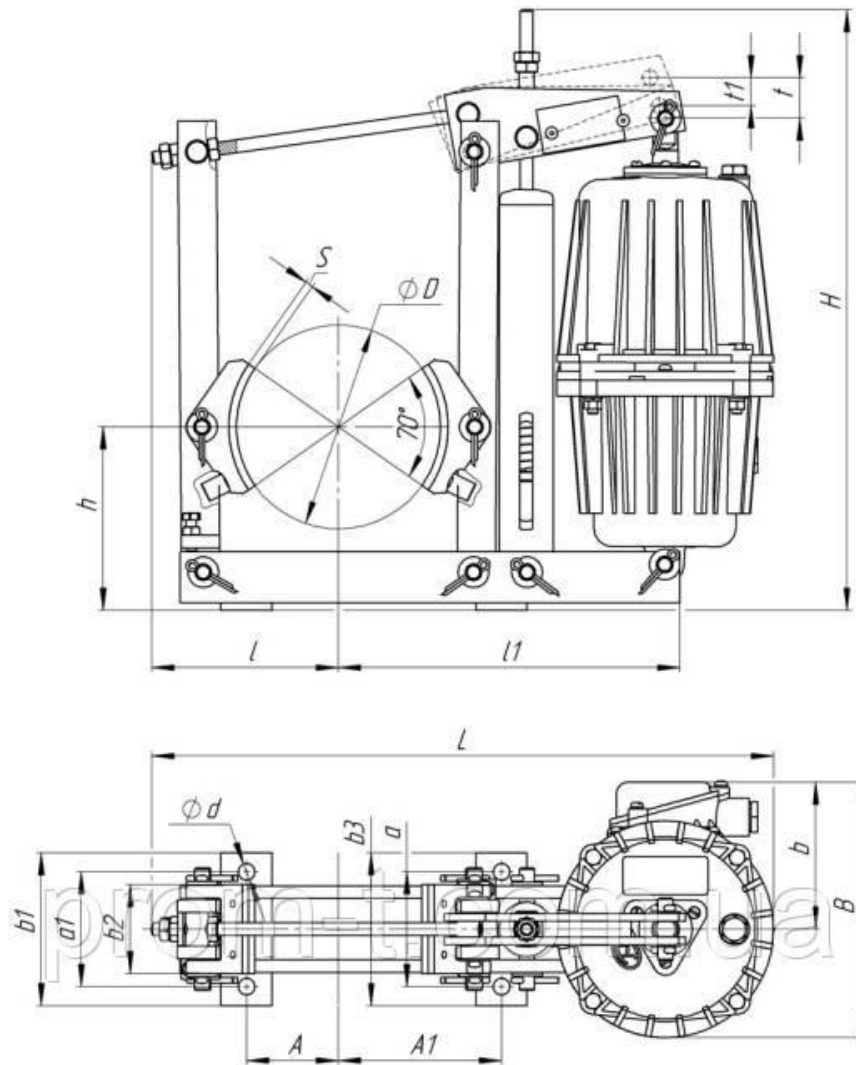


Рисунок 2.9 – Гальмо ТКГ-400.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики колодкового гальма ТКГ-400МУ2 [2].

Параметр	Значення
Діаметр гальмівного шківа, мм	400
Гальмівний момент, Нм	1500
Маса гальма, кг	80

Регулюємо гальмо на розрахунковий гальмівний момент  $T_r=951,1$  Нм.

### 2.9 Крутні моменти на валах механізму підйому

Крутні моменти на валах механізмів для вантажопідйомності  $Q = 2 \times 75$  т при швидкості підйому  $v_1 = 0,057$  м/с.

Крутний момент на барабані

$$M_{k1} = \frac{S \cdot D'_1}{\eta_1} = \frac{97,1 \cdot 1,125}{0,98} = 111,5 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.16)$$

Крутний момент на тихохідному валу редуктора РК-600-40

$$M_{k2} = \frac{M_{k1}}{\eta_3} = \frac{111,5}{0,99} = 112,6 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.17)$$

Крутний момент на швидкохідному валу редуктора РК-600-40

$$M_{k3} = \frac{M_{k2}}{i_1 \cdot \eta_2} = \frac{112,6}{40 \cdot 0,98} = 2,87 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.18)$$

Крутний момент на тихохідному валу редуктора X2KS-120/B

$$M_{k4} = 2 \frac{M_{k3}}{\eta_3} = 2 \frac{2,87}{0,99} = 5,8 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.19)$$

Крутний момент на швидкохідному валу редуктора X2KS-120/B

$$M_{k5} = \frac{M_{k4}}{i_2 \cdot \eta_2} = \frac{5,8}{6,3 \cdot 0,98} = 0,94 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.20)$$

Крутний момент на валу електродвигуна від номінального навантаження

$$M_{k6} = \frac{M_{k5}}{\eta_3} = \frac{0,94}{0,98} = 0,96 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.21)$$

## 2.10 Перевірка двигуна за часом пуску

Провіряємо двигун за часом пуску, с:

$$t_{\Pi} = \frac{I_{зв} \cdot \omega_{д}}{T_{\Pi}^{ср} - T_{ст}} \leq [t] = 1...2 \text{ с}, \quad (2.22)$$

де  $I_{зв}$  – приведений до валу двигуна момент інерції обертових мас деталей, крім валу двигуна та муфти, кг м<sup>2</sup>;

$$I_{зв} = \delta \cdot (I_p + I_M) + m \cdot \frac{D_6^2}{4 \cdot i_{\Pi}^2 \cdot i_p^2 \cdot \eta_3} =$$

$$= 1.2 \cdot (3.3 + 1.75) + 151500 \cdot \frac{1.125^2}{4 \cdot 4^2 \cdot 252^2 \cdot 0.9} = 6,061 + 0,052 = 6,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.23)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт, який враховує момент інерції обертових мас деталей, крім валу двигуна та муфти,  $\delta=1,2$  [10];

$I_p$  – момент інерції ротора двигуна,  $I_p=3,3$  кг м<sup>2</sup> (табл. 2.2);

$I_M$  – момент інерції муфти  $I_M=1,75$  кг м<sup>2</sup> (табл. 2.3);

$m$  – маса піднімаємого вантажу, кг;

$$m = 10^3 \cdot (Q_{гп} + G_{п}) = 10^3 \cdot (150 + 1.5) = 151500 \text{ кг}; \quad (2.24)$$

$T_{ст}$  – момент на валу двигуна від маси вантажу, Нм;

$$T_{ст} = \frac{9810 \cdot (Q_{гп} + G_{п}) \cdot D_6}{2 \cdot i_{\Pi} \cdot U_p \cdot \eta_3} = \frac{9810 \cdot (150 + 1.5) \cdot 1.125}{2 \cdot 4 \cdot 252 \cdot 0.9} = 921,51 \text{ Нм}, \quad (2.25)$$

$\omega_{д}$  – кутова швидкість двигуна, с<sup>-1</sup>;

$$\omega_{д} = \frac{\pi \cdot n_{д}}{30} = \frac{\pi \cdot 950}{30} = 99,43 \text{ с}^{-1}, \quad (2.26)$$

$T_{\Pi}^{ср}$  – середньопусковий момент двигуна, Нм;

$$T_{\text{п}}^{\text{сп}} = \psi \cdot \frac{10^3 \cdot P_{\text{д}}}{\omega_{\text{д}}} = 1.6 \cdot \frac{10^3 \cdot 90}{99,43} = 1448 \text{ Нм}, \quad (2.27)$$

де  $\psi$  – середня кратність пускового моменту для двигунів з фазним ротором;  
 $\psi = 1,5 \dots 1,6$  [2],

Приймаємо  $\psi = 1,6$ .

$$t_{\text{п}} = \frac{6,11 \cdot 99,43}{1448 - 921,51} = 1,15 \text{ с} \leq [t] = 1 \dots 2 \text{ с}. \quad (2.28)$$

Таким чином, умова нормального пуску механізму виконується.

## 2.11 Розрахунок нарізки барабана

Повна кількість витків нарізки

$$z = z_c + z_1 + z_2 = 23 + 2 + 2 = 27. \quad (2.29)$$

Кількість робочих витків нарізки на одному боці барабана

$$z_c = \frac{L_r}{\pi \cdot D'_1} \cdot 10^3 = \frac{80}{3,14 \cdot 1125} 10^3 = 22,6 = 23. \quad (2.30)$$

Корисна довжина каната, намотуємого на один бік барабана

$$L_r = H \cdot m = 20 \cdot 4 = 80 \text{ м}, \quad (2.31)$$

де  $z_1 = 2$  – кількість додаткових (розвантажуючих) витків нарізки барабана, на котрих повинен залишатися канат після опускання підвіски у крайнє нижнє

$z_2 = 2$  – кількість запасних витків нарізки, котрі повинні залишатися пустими після підйому підвіски в крайнє верхнє положення ( на випадок витяжки каната)

Довжина нарізки барабана

$$l_t = z \cdot t = 27 \cdot 29 = 783 \text{ мм} . \quad (2.32)$$

Крок нарізки барабана

$$t \geq 1,125 \cdot d_k = 1,125 \cdot 25,5 = 29 \text{ мм} . \quad (2.33)$$

## 2.12 Розрахунок кріплення каната до барабана

В якості кріплення обираємо болти М24-6gx90.46.0112 ГОСТ 7798-70

Матеріал болтів Сталь 20 ГОСТ 1050-88

Межа текучості матеріалу болтів  $\sigma_t = 240$  МПа

Межа міцності матеріалу болтів  $\sigma_v = 410$  МПа

Допустимим напруженням на розтяг приймається менше з значень:

$$[\sigma] = 0,4 \cdot \sigma_t = 0,4 \cdot 240 = 96 \text{ МПа} . \quad (2.34)$$

$$[\sigma] = 0,2 \cdot \sigma_v = 0,2 \cdot 410 = 82 \text{ МПа} . \quad (2.35)$$

Розрахункове на тяжіння каната в місці кріплення

$$S' = \frac{S}{e^{f\alpha}} = \frac{97100}{2,72^{0,1 \cdot 4 \cdot 3,14}} = 27,63 \text{ кН} , \quad (2.36)$$

де  $f$  – мінімальний коефіцієнт тертя між канатом та поверхнею барабана

$\alpha$  – кут обхвату барабана розвантажувальними витками,  $\alpha = 4\pi$

Необхідний натиск усіх болтів кріплення

$$P = \frac{0,65 \cdot K \cdot S'}{W} = \frac{0,65 \cdot 1,25 \cdot 27,63}{0,35} = 64,14 \text{ кН} , \quad (2.37)$$

де  $K = 1,25$  – коефіцієнт надійності кріплення

$W = 0,35$  – коефіцієнт опору руху каната при затискуванні його планками

Необхідна кількість болтів кріплення

$$Z_{\min} = \frac{4 \cdot P \cdot 10^3}{\pi \cdot d_{in}^2 \cdot [\sigma]} = \frac{4 \cdot 64,14 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20,502^2 \cdot 82} = 2,37, \quad (2.38)$$

де  $d_{in} = 20,502$  мм – внутрішній діаметр різьби М24

Кількість прийнятих болтів кріплення  $Z$  приймаємо рівним  $Z = 3$ , за правилами НПАОП.

### 2.13 Перевірка болтів кріплення зубчастої ступиці до барабана

В якості кріплення обираю болти М30-6gx130.46.0112 ГОСТ 7817-80

Матеріал болтів Сталь 45-ЗГП ГОСТ 1050-88

Межа текучості матеріалу болтів  $\sigma_t = 355$  МПа

Межа міцності матеріалу болтів  $\sigma_v = 600$  МПа

Допускні дотичні напруження зминання (приймається менше з значень)

$$[\tau] = 0,5 \cdot 0,5 \cdot \sigma_t = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 355 = 88,75 \text{ МПа} . \quad (2.39)$$

Допускні напруження зминання

$$[\sigma_{cm}] = 0,5 \cdot \sigma_t = 0,5 \cdot 355 = 177,5 \text{ МПа} . \quad (2.40)$$

Розрахункові дотичні напруження в болтах кріплення

$$\tau = \frac{8 \cdot M_1}{\pi \cdot d_b^2 \cdot D_b \cdot Z_b \cdot K} \leq [\tau] = \frac{8 \cdot 111500}{3,14 \cdot 0,032^2 \cdot 0,84 \cdot 8 \cdot 0,75} = 55,04 \text{ МПа} \quad (2.41)$$

де  $d_b = 32$ мм – діаметр гладкої частини болта

$D_b = 0,84$ м – Діаметр кола, на котрому знаходяться вісі болтів

$Z_b = 8$  – кількість болтів

$K = 0,75$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження

Розрахункові напруження зминання

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot M_1}{d_b \cdot D_b \cdot Z_b \cdot \delta \cdot K} \leq [\sigma_{cm}] = \frac{2 \cdot 111500}{0,032 \cdot 0,84 \cdot 8 \cdot 0,04 \cdot 0,75} = 34,56 \text{ МПа} \quad (2.42)$$

де  $\delta = 40 \text{ мм}$  – довжина поверхні зминання.

## 2.14 Розрахунок стінки барабану на міцність

Відстань між нарізками барабану:

$$l_1 = A - 0,2 \cdot H_{\min} = 490 - 0,2 \cdot 1200 = 250 \text{ мм}, \quad (2.43)$$

де  $A$  - відстань між крайніми блоками підвіски 490мм;

$H_{\min}$  - мінімальна відстань між осями блоків підвіски і барабану.

Довжина ділянки для закріплення барабану  $l_2 = 100 \text{ мм}$ .

Загальна довжина барабану:

$$L_B = 2l_1 + l_2 = 2 \cdot 783 + 250 + 2 \cdot 100 = 2016 \text{ мм} \rightarrow 2020 \text{ мм}. \quad (2.44)$$

Товщину стінки барабану визначаємо із умов стиску, після чого перевіряємо її на стійкість. Так як довжина барабана не перевищує величини  $4D_B$ , то напруженням кручення та згину, що виникають у стінці можна знехтувати.

Визначаємо мінімальну товщину стінки барабану:

$$\delta = \frac{F_{\max}}{[\sigma_{СЖ}] l} = \frac{97100}{120 \cdot 10^6 \cdot 0,029} = 0,0279 \text{ м} = 28 \text{ мм}, \quad (2.45)$$

$$\text{де } [\sigma_{\text{СЖ}}] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{240}{2} = 120 \text{ МПа},$$

де  $n$  - запас міцності для сталевих барабанів  $n = 2$  [7].

Перевірка стінки барабану на стійкість:

$$[\sigma_{\text{СЖ}}] = \frac{F_{\text{max}}}{\delta t} \leq \frac{\sigma_{\text{КР}}}{n_y}; \quad (2.46)$$

$$\sigma_{\text{КР}} = 0,782 \frac{E_B \delta}{L_B} \sqrt{\frac{\delta}{R}}, \quad (2.47)$$

де  $\sigma_{\text{КР}}$  - критичне напруження;

$n_y$  - запас стійкості для сталевих барабанів  $n_y = 1,7$  [7].

$E_B$  - модуль пружності сталевих барабанів  $E_B = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ,

$R$  - середній радіус.

$$\sigma_{\text{КР}} = 0,782 \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,028}{2,02} \sqrt{\frac{0,028}{0,56}} = 509 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$[\sigma_{\text{СЖ}}] = \frac{97100}{0,028 \cdot 0,029} \leq \frac{509 \cdot 10^6}{1,7};$$

$$119,58 \cdot 10^6 \leq 299,41 \cdot 10^6.$$

Умови виконуються. Остаточню приймаємо товщину стінки  $\delta = 28 \text{ мм}$ .

Профіль стінки показаний на рис. 2.10.

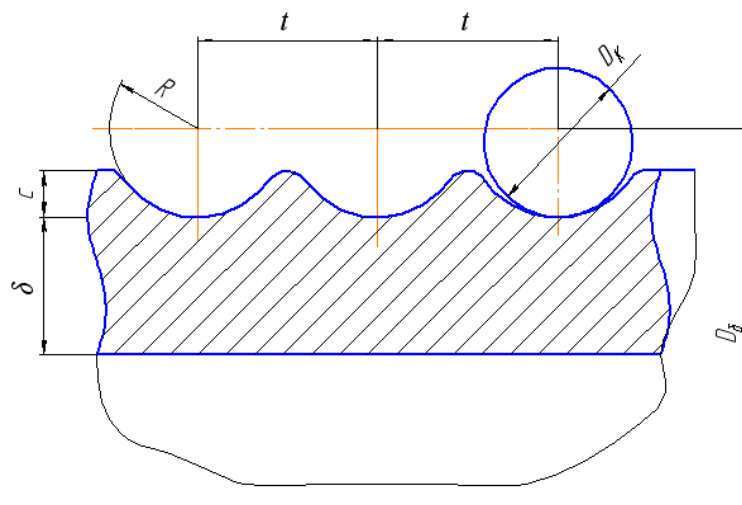


Рисунок 2.10 – Профіль стінки барабану.

## 2.15 Вибір підшипника вилки підвіски

Упорний підшипник вилки підвіски вибирають за статичною вантажопідйомністю і діаметром шийки вилки. На динамічну вантажопідйомність підшипник не перевіряють оскільки вилка здійснює незначний коливальний рух.

Визначимо статичну вантажопідйомність підшипника

$$C_0 = 1,2 \cdot 10^4 \cdot (Q + G_n) = 1,2 \cdot 10^4 \cdot (75 + 1,5) = 918000 \text{Н}. \quad (2.48)$$

За ГОСТ 27057-86 обираємо підшипник упорний роликовий конічний одинарний (рис. 2.11) з такими технічними характеристиками (табл. 2.7):

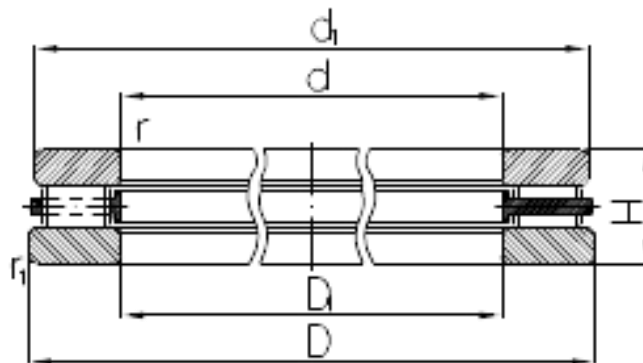


Рисунок 2.11 – ескіз роликового конічного одинарного підшипника.

Таблиця 2.7 – Характеристика підшипника 9236 (ГОСТ 23526-79).

Умовне позначення	d, мм	D, мм	H, мм	r, мм	C <sub>0</sub> Н	маса кг
9236	180	250	56	2,5	2180000	8,25

## 2.16 Перевірочний розрахунок траверси підвіски

Траверсу (рис. 2.12) розраховують на згин з припущенням, що сили, які діють на неї зосереджені, крім того, вважають, що перерізуючі сили незначним чином впливають на момент згину. Матеріал для виготовлення траверси – Сталь 45-2ГП ГОСТ 1050-88 з такими характеристиками:

- межа міцності  $\sigma_B = 570$  МПа;
- межа текучості  $\sigma_T = 315$  МПа.
- - межа витривалості на згин  $\sigma_{-1H} = 290$  МПа.

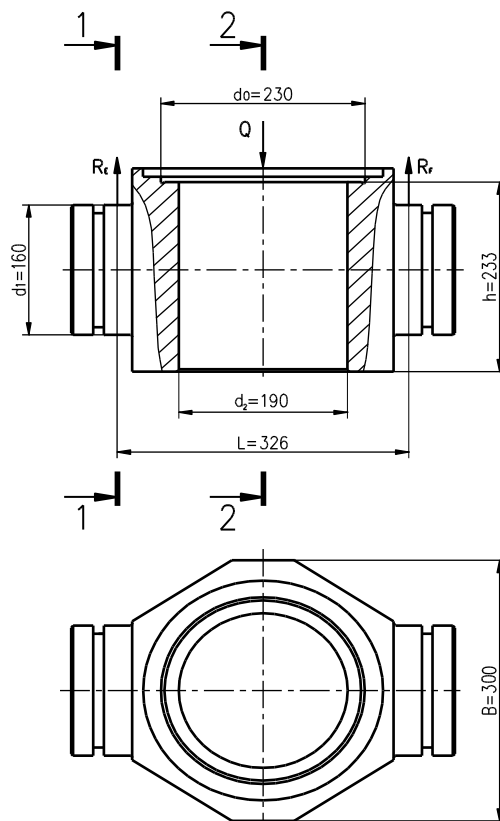


Рисунок 2.12 – Ескіз траверси підвіски

Навантаження на траверсу

$$Q_{max} = Q_1 + G_P = 735750 + 14715 = 750465 \text{ Н} \quad (2.49)$$

Оскільки навантаження  $Q_{max}$  розташоване симетрично відносно опор, опорні реакції дорівнюють:

$$R_A = R_B = \frac{Q_{\max}}{2} = \frac{750745}{2} = 375372 \text{ Н.} \quad (2.50)$$

Згинальний момент в перерізі 2-2:

$$M_B = R_A \frac{l_T}{2} = 375372 \frac{326}{2} = 61\,185\,717 \text{ Нмм.} \quad (2.51)$$

Допустимі напруження для перерізу 2-2:

$$[\sigma_B] = \frac{1,4\sigma_{-II}}{K_\sigma[S]} = \frac{1,4 \cdot 290}{2,6 \cdot 1,6} = 107 \text{ МПа,} \quad (2.52)$$

де  $K_\sigma$  - коефіцієнт концентрації напружень; для перерізу траверси, послабленому отвором  $K_\sigma = 2,6$  [15];

[S] – запас міцності.

Розміри траверси отримані в результаті попередньої ескізної компоновки підвіски з врахуванням існуючих конструкцій. Момент інерції перерізу 2-2 вирахований за методом кінцевих елементів з використанням програмного забезпечення SolidWorks 2011 і складає  $I_X = 6775 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ . Отже момент опору даного перерізу становить (див. рис 2.5):

$$W_B = \frac{I_X}{Y_{\max}} = \frac{6775 \cdot 10^{-8}}{0.1175} = 5.8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3. \quad (2.53)$$

Виконаємо перевірку перерізу 2-2 на міцність:

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_B} = \frac{61185717 \cdot 10^{-3}}{5.8 \cdot 10^{-4}} = 105 \cdot 10^6 \text{ (Па)} < [\sigma]_B. \quad (2.54)$$

Діаметр цапфи.

Діаметр цапфи визначається із двох умов: мцності цапфи на згин та забезпечення допустимих напружень зминання в зоні рухомого контакту цапфи і серги.

Діаметр цапфи із розрахунку на згин.

Згинальний момент в перерізі 1-1:

$$M_r = R_b l_1 = 375372 \cdot 35 = 13138020 \text{ Нмм.} \quad (2.55)$$

Допустимі напруження в перетині 1-1:

$$[\sigma_r] = \frac{1,4\sigma_{-II}}{K_\sigma[S]} = \frac{1,4 \cdot 290}{2,7 \cdot 1,6} = 97 \text{ МПа,} \quad (2.56)$$

де  $K_\sigma$  - коефіцієнт концентрації напружень; для цапфи траверси з галтельним переходом  $K_\sigma = 2,7$  [15];

$$d_u = \sqrt[3]{\frac{M_r}{0,1[\sigma_r]}} = \sqrt[3]{\frac{13,13 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 97}} = 155,3 \text{ мм.} \quad (2.57)$$

Приймаємо  $d_u = 160$  мм.

## 2.17 Розрахунок осі блоків підвіски

Розрахункова схема осі блоків представлена на малюнку рис. 2.13. Розміри, указані на схемі, отримані із попередньої ескізної компоновки з урахуванням[15]. На схемі:

$$R_C = R_D = \frac{K_{II}(Q_{ГЛ} + G_{II}) \cdot 9810}{2} = \frac{1,1(75 + 1,5) \cdot 9810}{2} = 412756 \text{ Н} - \text{розрахункове}$$

зусилля в серзі підвіски,

де  $K_{II} = 1,1$  - коефіцієнт перевантаження для механізму підйома;

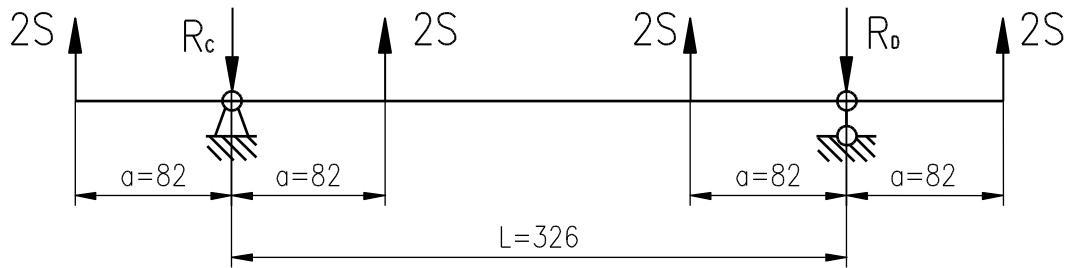


Рисунок 2.13 – Розрахункова схема осі блоків

Максимальний згинальний момент дорівнює

$$M_{\max} = 2 \cdot S \cdot a = 2 \cdot 97,1 \cdot 0,082 = 15924 \text{ Нм}.$$

Визначимо допустимі напруження згину  $[\sigma_{II}]$  для осі, виготовленої із сталі

Сталі 45 ГОСТ 1050-88 з такими механічними властивостями:

- межа міцності $\sigma_B$ , МПа	610
- межа текучості $\sigma_T$ , МПа	360
- межа витривалості на згин $\sigma_{-II}$ , МПа	290

$$[\sigma_{II}] = \frac{1,4\sigma_{-II}}{K_{\sigma} \cdot [S]} = \frac{1,4 \cdot 290}{2,1 \cdot 1,6} = 121 \text{ МПа}, \quad (2.58)$$

де  $K_{\sigma}$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень; для осі, послабленої отворами для змащування  $K_{\sigma} = 2,1$ ;

$[S]$  – коефіцієнт запасу міцності; для групи класифікації механізму М3  $[S] = 1,6$  [15].

Діаметр осі:

$$d'_0 = \sqrt[3]{\frac{M_{\max}}{0,1 \cdot [\sigma_{II}]}} = \sqrt[3]{\frac{15924}{0,1 \cdot 121 \cdot 10^6}} = 0,1097 \text{ м}. \quad (2.59)$$

Приймаємо  $d_0 = 140 \text{ мм}$ .

## 2.18 Вибір підшипників блоків підвіски

Розрахункові навантаження.

Еквівалентне навантаження на один підшипник блока:

$$F_9 = K_G \frac{(Q_{вс} + G_{II}) \cdot K_{II} \cdot 9810}{2 \cdot z_6} = 0,65 \cdot \frac{(75 + 1,5) \cdot 1,1 \cdot 9810}{2 \cdot 4} = 67073 \text{ Н}, \quad (2.60)$$

де  $Q_{вс}$  – номінальна вантажопідйомність, т;

$z_6$  – число блоків у підвісці;

$K'_G$  - коефіцієнт, що враховує змінність навантаження  $K'_G = 0,65$  [15].

Еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = VF_9 K_6 = 1,2 \cdot 67073 \cdot 1,2 = 96585 \text{ Н}, \quad (2.61)$$

де  $V$ - коефіцієнт обертання; при обертанні зовнішнього кільця підшипника  $V=1,2$ ;

$K_6$  – коефіцієнт безпеки; для підшипників підвіски  $K_6=1,2$ .

Необхідна динамічна вантажопідйомність.

Розрахунковий строк служби підшипника  $L_h = 6300$  г [15].

Частота обертання блока:

$$n_6 = \frac{60 \cdot V_{II} (u_n - 1)}{\pi D_{6л}} = \frac{60 \cdot 0,055 (4 - 1)}{3,14 \cdot 0,525} = 6 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.62)$$

Необхідна динамічна вантажопідйомність підшипника:

$$c = \frac{f_h}{f_n} P = \frac{2,3}{1,1} 96585 = 204585 \text{ Н}, \quad (2.63)$$

де  $f_h$ - коефіцієнт довговічності; при  $L_h = 6300$  ч,  $f_h = 2,3$ ;

$f_n$  - коефіцієнт, що визначається за частотою обертання;

при  $n_6 = 6 \text{ хв}^{-1}$ ,  $f_n = 1,1$  [15].

Підшипники обираємо за діаметром осі. По ГОСТ 8338-75 для блоків підвіски прийняті радіальні однорядні кулькові підшипники:

- умовне позначення	320
- внутрішній діаметр $d$ , мм	140
- зовнішній діаметр $D$ , мм	300
- ширина $B$ , мм	62
- динамічна вантажопідйомність $[C]$ , Н	255000
- статична вантажопідйомність $[C_0]$ , Н	224000
- вага, кг	18,3

### 2.19 Розрахунок серги підвіски

Серга (рис. 2.14) розтягується зусиллям  $\frac{Q_{\max}}{2}$ . При постійній ширині  $B$  серги і  $d_0 < d_u$  одним небезпечним перерізом буде А-А. Крім цього перевіряється на міцність переріз Б-Б.

Ширина серги:

$$B = (1,8 \dots 2)d_u = (1,8 \dots 2)160 = 288 \dots 320 \text{ мм.} \quad (2.64)$$

Приймаємо  $B = 320$  мм.

Напруження в перетині А-А:

$$\sigma_A = \frac{Q_{\max}}{2(B - d_u) \cdot b} = \frac{750745}{2(320 - 160)30} = 78,2 \text{ МПа} < [\sigma_p], \quad (2.65)$$

де  $[\sigma_p]$  - допускні напруження в розтягання в серзі виготовленої із сталі 295-09Г2С-12 ГОСТ 19281-81,  $[\sigma_p] = 260 \text{ МПа}$ .

Напруження в перетині Б-Б.

Провушина представляється як товстостінний, навантажений із середини

тиском  $P_b = \frac{Q_{\max}}{2bd_u}$  МПа, а з зовні – тиском  $P_H = 0$ . Відповідно

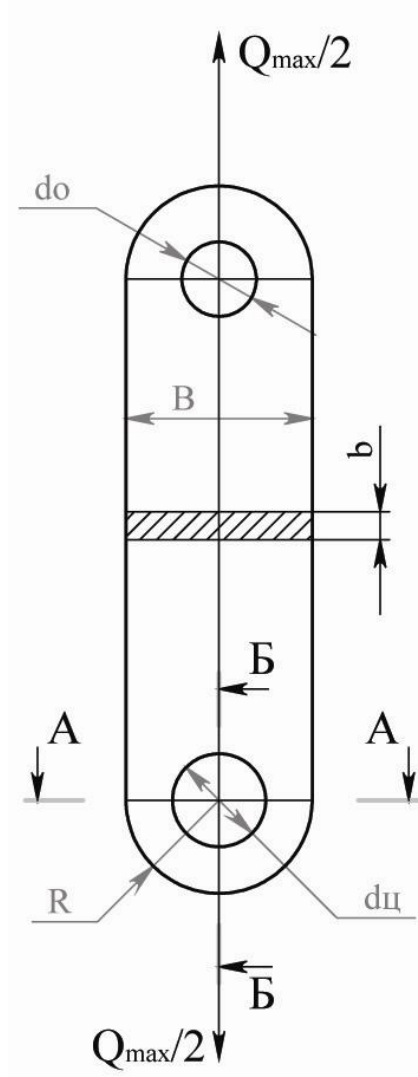


Рисунок 2.14 – Серга

формулам Ляме-Гадоліна [15], в цьому випадку найбільші напруження будуть на внутрішній поверхні:

$$\sigma_B = P_B \frac{D_H^2 + D_B^2}{D_H^2 - D_B^2}. \quad (2.66)$$

Стосовно перерізу Б-Б  $D_H = B$ ;  $u$   $D_B = d_u$ , тоді:

$$\sigma_B = \frac{Q_{\max}}{2b \cdot d_u} \cdot \frac{B^2 + d_{\text{ц}}^2}{B^2 - d_{\text{ц}}^2} = \frac{750745}{2 \cdot 30 \cdot 160} \cdot \frac{320^2 + 160^2}{320^2 - 160^2} = 131 \text{ МПа} \leq 260[\sigma_p]. \quad (2.67)$$

Отже умова міцності виконується.

## 2.20 Розрахунок вилки підвіски

Матеріалом вилки (рис. 2.15) обираємо Сталь 45-2ГП ГОСТ 1050-88 з межею текучості  $\sigma_t = 315$  МПа;

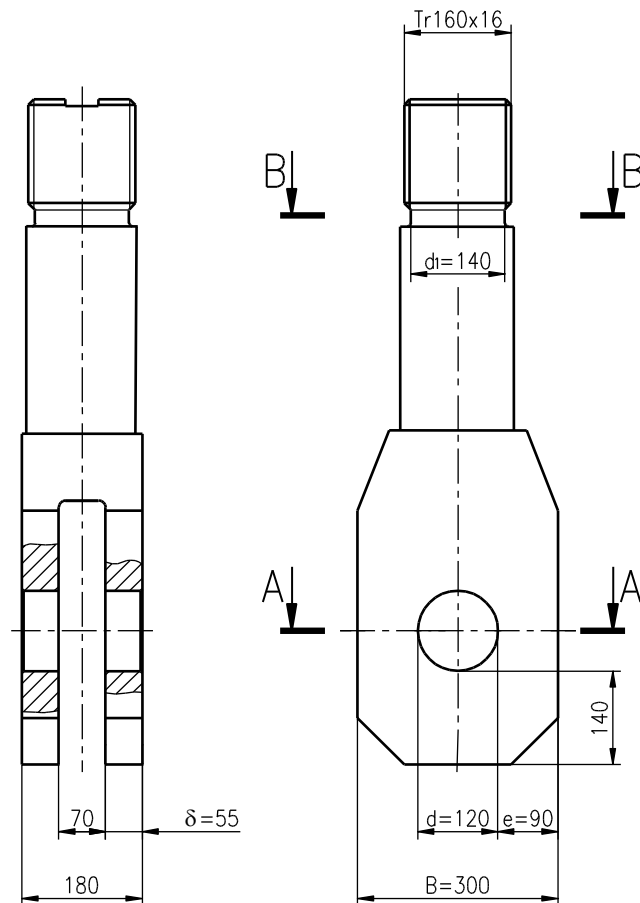


Рисунок 2.15 – Вилка підвіски.

Розміри провусини повинні відповідати наступним умовам:

$$d \leq 0,6 \cdot b = 660 < 760. \quad (2.68)$$

$$b \leq 20 \cdot \delta = 1100 < 2500. \quad (2.69)$$

$$a \geq \eta \cdot e = 135 < 262,5. \quad (2.70)$$

при співвідношенні  $\frac{d}{b} = 0,6$   $\eta = 1,5$

Умова не виконується, отже перевіряємо вилку за напруженням зминання по діаметральній площині

## Напруження зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{1,25 \cdot Q_1}{d \cdot 2\delta} = \frac{1,25 \cdot 750745}{120 \cdot 2 \cdot 55} = 71,1 \text{ МПа} < [\sigma]_{зм}, \quad (2.71)$$

де  $[\sigma]_{зм}$  – допустиме напруження зминання для матеріалу вилки.

$$[\sigma]_{зм} = \frac{\sigma_T \cdot c \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{315 \cdot 0,4 \cdot 1}{1,15 \cdot 1} = 110 \text{ МПа}, \quad (2.72)$$

де  $\sigma_T = 315 \text{ МПа}$  – межа текучості матеріалу вилки;

$c = 0,4$  – коефіцієнт переходу;

$\gamma_c = 1,0$  – коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m = 1,15$  – коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,0$  – коефіцієнт надійності за призначенням.

Визначимо напруження розтягу

$$\sigma_p = \alpha_1 \cdot \frac{1,25 \cdot Q_1}{2 \cdot \delta \cdot (b-d)} = 3,3 \cdot \frac{1,25 \cdot 750745}{2 \cdot 55 \cdot (300-120)} = 47,4 \text{ МПа} < [\sigma]_p, \quad (2.73)$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнт, приймаємий за [5];  $\alpha_1 = 3,3$

$[\sigma]_p$  – допустиме напруження розтягу для вилки.

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T \cdot c \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{315 \cdot 1,2 \cdot 1}{1,15 \cdot 1,15} = 285,8 \text{ МПа}, \quad (2.74)$$

де  $c = 1,2$  – коефіцієнт переходу;

$\gamma_n = 1,15$  – коефіцієнт надійності за призначенням.

### 3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМА ПІДЙОМУ

#### 3.1 Вихідні данні

Оскільки визначення конкурентної спроможності базується на бенчмаркінгу та співвідношенні витрат на базову модернізовану техніку та новий механізм, визначимо вихідні параметри розрахунку

Таблиця 3.1 – Вихідні данні ПТМ

<b>Показник</b>	<b>Значення</b>	<b>Одиниці виміру</b>	<b>Величина показника</b>
1	2	3	4
Вантажопідйомність	Q	т	2x75
Конструктивна вага	G	т	37
Швидкість підйому	V <sub>гл.під.</sub>	м/с.	0,055
Потужність двигуна	W	кВт	90
Режим роботи	ПВ	%	25
Тривалість роб. циклу	t	хв.	3
Строк служби	T	років	25
Кількість робітників	Ч	чол.	1
Ціна ПТМ	Ц	грн.	5920000

Таблиця 3.2 – Планова калькуляція на компоненти приводів підйомного механізму та їх вартість.

Вид обладнання	Тип	Позначення	Величина, грн.
1	2	3	4
Двигун	4МТН 280 S6 У1	$C_{\text{дв.}}^{\text{гл.под.}}$	47500
Гальма	ТКГ-400- МУ2 (2 ед.)	$C_{\text{т.}}^{\text{гл.под.}}$	6500
Редуктор	РК-600-40- 12МУ1	$C_{\text{ред.2}}^{\text{гл.под.}}$	82000
Редуктор	РК-600-40- 21МУ1	$C_{\text{ред.2}}^{\text{гл.под.}}$	82000
Редуктор	X2KS- 120/B	$C_{\text{ред.1}}^{\text{гл.под.}}$	56000

### 3.2 Розрахунок показників економічної ефективності

До показників економічної ефективності відносяться: річний економічний ефект, економія капітальних вкладів, зростання продуктивності праці, за рахунок впровадження спроектованих ПТМ і так далі.

Реконструкції зазнали складові частини механізму підйому, а саме: двигун, редуктори, гальма механізму головного підйому. Розрахунок економічного ефекту даної реконструкції крана полягає у визначенні наскільки вигідно буде провести реконструкцію, ніж придбати новий імпортований механізм підйому. Для цього необхідно знайти різницю коштів, які були б витрачені на придбання нового імпортованого приводу і коштів, витрачених на реконструкцію даного крана.

Як критерій обґрунтування використаємо порівняльну економічну ефективність [10].

Економічний ефект дорівнює:

$$E = \left[ C_1 \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I_1 - I_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1)}{P_2 + E_n} - C_2 - C_3 \right] \cdot A_2, \quad (3.1)$$

де  $A_2$  – річний об'єм введення нових машин.

Так як об'єм виробництва не змінюється внаслідок того що, механізм реконструюється для відповідності його режиму керування затвором, тому річний об'єм виробництва в розрахунковому році дорівнює  $A_2=1$ ;

$C_3=5000$  грн. – ціна проекту;

$C_1$  - ціна механізмів базового механізму, грн.,

$$\begin{aligned} \sum C_{рек.об.} &= C_{дв.}^{зл.под.} + 2 \cdot C_{ред.2}^{зл.под.} + 2C_{т.}^{зл.под.} + C_{ред.1}^{зл.кр.} = \\ &= 47500 + 2 \cdot 6500 + 2 \cdot 115000 + 56000 = 346500 \text{ грн} \end{aligned} \quad (3.2)$$

$C_2$  - ціна механізмів реконструйованого механізму, грн.,

$$\begin{aligned} \sum C_{рек.об.} &= C_{дв.}^{зл.под.} + 2 \cdot C_{ред.2}^{зл.под.} + 2C_{т.}^{зл.под.} + C_{ред.1}^{зл.кр.} = \\ &= 47500 + 2 \cdot 6500 + 2 \cdot 82000 + 56000 = 280500 \text{ грн} \end{aligned} \quad (3.3)$$

$\frac{B_2}{B_1}$  - коефіцієнт врахування збільшення продуктивності одиниці модернізованого

крану по відношенню до базового,

$$B_i = Q \cdot K_{Г} \cdot K_{В} \cdot \frac{\Phi}{T_{ц}} \quad , \quad (3.4)$$

де  $K_{Г1}=K_{Г2}=1$  – коефіцієнт використання механізму за часом;

$K_{В1}=K_{В2}=0,75$  - коефіцієнт використання механізму за вантажопідйомністю;

$\Phi$  – річний фонд робочого часу.

Так як не змінилися: коефіцієнт використання механізму за вантажопідйомністю ( $K_{В1}=K_{В2}=0,75$ ), коефіцієнт використання механізму за часом ( $K_{Г1}=K_{Г2}=1$ ) та річний фонд робочого часу ( $\Phi_1=\Phi_2$ ), тому коефіцієнт врахування збільшення продуктивності одиниці модернізованого механізму дорівнює:

$$\alpha = \frac{B_2}{B_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{179}{179} = 1 \quad , \quad (3.5)$$

$n_1$  — число циклів базового механізму;

$n_2$  — число циклів модернізованого механізму.

Коефіцієнт врахування зміни терміну використання модернізованого механізму порівняно із базовим

$$\frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} = \frac{0,04 + 0,15}{0,04 + 0,15} = 1, \quad (3.6)$$

де  $P_1, P_2$  – частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового та модернізованого механізму, відповідно,

$$P_1 = P_2 = \frac{1}{T} = \frac{1}{25} = 0,04, \quad (3.7)$$

де  $T=T_1=T_2=25$  років – термін експлуатації, відповідно, базової моделі та модернізованого крана;

$E_n=0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень [10].

Економія споживача на поточних витратах експлуатації та відрахуваннях капітальних вкладень за весь термін експлуатації модернізованого механізму порівняно із базовою моделлю

$$\frac{(I_1 - I_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1)}{P_2 + E_n} = \frac{7549}{0,04 + 0,15} = 13727 \text{ грн}, \quad (3.8)$$

де  $I_1, I_2$  – річні експлуатаційні витрати споживача при використанні, відповідно, базового та модернізованого механізму в розрахунку на об'єм продукції (роботи), що виконується за допомогою модернізованого механізму, грн.,

$$I_1 = Z_{зп} + Z_A + Z_E + Z_P, \quad (3.9)$$

де  $Z_{зп}$  – річні витрати на заробітну платню,

$$Z_{3П} = k \cdot n \cdot \Phi \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{н}} = 2 \cdot 1 \cdot 2012 \cdot 13 \cdot 1,4 = 73238 \text{ грн}, \quad (3.10)$$

де  $n=1$  – кількість робочих в одній зміні;

$k=2$  – кількість змін;

$\Phi=2012$  год. – річний фонд робочого часу;

$C_{\text{ч}}=13$  – часова тарифна ставка;

$K_{\text{н}}=1,33\dots 1,58$  – коефіцієнт нарахувань на зарплатню із врахуванням затрат на соціальне страхування [10].

$Z_A$  – сума амортизаційних відрахувань,

$$Z_A = a_{\text{к}} \cdot Ц = 0,04 \cdot 5920000 = 236800 \text{ грн}, \quad (3.11)$$

де  $a_{\text{к}}=4\%$  - норма на капітальний ремонт;

$Ц$  – вартість механізму.

$Z_E$  – річні витрати на електроенергію,

$$\begin{aligned} Z_E &= Ц \cdot \Phi \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot 0,01 \cdot ПВ \cdot P_{\text{м}} = \\ &= 0,65 \cdot 2012 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,01 \cdot 25 \cdot 98 = 7690 \text{ грн}, \end{aligned} \quad (3.12)$$

де  $Ц=0,65$  грн. – вартість 1кВт/год. електроенергії;

$K_{\text{в}}=0,25\dots 0,5$  – коефіцієнт використання календарного фонду часу механізму [10];

$K_{\text{м}}=0,4\dots 0,7$  – коефіцієнт використання потужності [10];

$ПВ=25\%$  - тривалість включення для легкого режиму;

$P_{\text{м}}=98$  кВт – потужність всіх електродвигунів.

$Z_p$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування,

$$Z_p = Z_{\text{то}} + Z_{\text{м}} = 8473 + 3390 = 11863 \text{ грн}, \quad (3.13)$$

де  $Z_{\text{то}}$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування,

$$Z_{mo} = C_p \cdot \chi_{cp} \cdot K_n \cdot t_p = 1,2 \cdot 4,1 \cdot 1,4 \cdot 1230 = 8473 \text{ грн}, \quad (3.14)$$

де  $C_p=1,2$  – середня годинна ставка ремонтного робочого [10];

$\chi_{cp}=4,1$  – середній тарифний розряд ремонтних робіт [10];

$K_n=1,33\dots 1,58$  – коефіцієнт нарахувань на зарплатню із врахуванням відрахувань на соціальне страхування;

$t_p=1230$  год. – річна трудомісткість ТО і Р.

$Z_m$  – витрати на матеріали,

$$Z_m = Z_{mo} \cdot K_m = 8473 \cdot 0,4 = 3390 \text{ грн}, \quad (3.15)$$

де  $K_m=0,2\dots 0,4$  – коефіцієнт витрат на ремонтні матеріали.

Отже, експлуатаційні витрати на старий механізм

$$I_1 = Z_{зп} + Z_A + Z_E + Z_P = 73238 + 236800 + 7690 + 11863 = 329591 \text{ грн}. \quad (3.16)$$

Для механізму після реконструкції:

$$Z_{зп} = k \cdot n \cdot \Phi \cdot C_{\chi} \cdot K_n = 2 \cdot 1 \cdot 2012 \cdot 13 \cdot 1,4 = 73238 \text{ грн}. \quad (3.17)$$

$$Z_A = a_{\kappa} \cdot \zeta = 0,04 \cdot 5920000 = 236800 \text{ грн}, \quad (3.18)$$

$$\begin{aligned} Z_E &= \zeta \cdot \Phi \cdot K_{\kappa} \cdot K_m \cdot 0,01 \cdot ПВ \cdot P_m = \\ &= 0,178 \cdot 2012 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,01 \cdot 25 \cdot 98 = 2105 \text{ грн}, \end{aligned} \quad (3.19)$$

$$Z_{mo} = C_p \cdot \chi_{cp} \cdot K_n \cdot t_p = 1,2 \cdot 4,1 \cdot 1,4 \cdot 1230 = 8473 \text{ грн}. \quad (3.20)$$

$$Z_m = Z_{mo} \cdot K_m = 8473 \cdot 0,2 = 1695 \text{ грн}. \quad (3.21)$$

$$Z_P = Z_{mo} + Z_m = 8473 + 1695 = 10168 \text{ грн}. \quad (3.22)$$

Отже, експлуатаційні витрати на модернізований кран:

$$\begin{aligned} I_2 &= Z_{зп} + Z_A + Z_E + Z_P = \\ &= 73238 + 236800 + 2105 + 10168 = 322311 \text{ грн}. \end{aligned} \quad (3.23)$$

$K_1, K_2$  – питомі капітальні вкладення,

Так як вартість механізму стала, то  $K_1=K_2$ .

Економічний ефект дорівнює:

$$E = [346500 \cdot 1 \cdot 1 + 13727 - 280500 - 5000] \cdot 1 = 74727 \frac{\text{грн}}{\text{рік}} . \quad (3.24)$$

Таблиця 3.3 – Економічні показники ПТМ.

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Величина показника
1	2	3	4
Ціна імпортного обладнання	Ц <sub>1</sub>	грн.	346500
Ціна вітчизняного обладнання	Ц <sub>2</sub>	грн.	280500
Ціна проекту	Ц <sub>3</sub>	грн.	5000
Економічний ефект	Е	грн.	74727

### 3.3 Висновки

Перевірка економічної доцільності модернізації ґрунтується на порівнянні ефективності використання базового механізму та модернізованого. Порівнюється прибуток від заміни імпортного обладнання на вітчизняне з одного боку та витрат на модернізацію з іншого. Економічний ефект складає 74727 грн.

## 4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

В даному розділі наведені основні заходи з охорони праці при модернізації підйомного механізму в.п. 2х75т.

### 4.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна організація робочого місця в наслідок не виконання вимог ергономіки на робочому місці конструктора.

б) Відсутність належного надзору за експлуатацією та обслуговуванням вантажопідійомних машин та механізмів.

в) Недоліки конструктивних рішень у проектуванні систем та вузлів вантажопідійомних машин та механізмів. Ретельний прорахунок вимог безпеки при виконанні вантажопідійомних машин є запорукою попередження небезпек для обслуговуючого персоналу.

г) Потенційні небезпеки, що пов'язані з несправністю виробничого устаткування, непрацездатністю блокуючих та сигналізуючих пристроїв.

Небезпеки можуть виникнути внаслідок неправильної роботи машин і механізмів. Наприклад, втрата працездатності системи стеження за просадкою, вихід з ладу пульту керування механізма, який забезпечує нормальний режим роботи ГАЕС тощо.

д) Незадовільна підготовка майданчиків для проведення вантажно-розвантажувальних робіт або не врахування особливостей вантажів.

е) Механічні травми внаслідок непередбаченого контакту з частинами машин та механізмів, що обертаються або переміщуються в наслідок порушення правил охорони праці.

є) Незадовільне освітлення робочої зони в адміністративних приміщеннях, зокрема, в конструкторських бюро, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а внаслідок і до травмування.

ж) Незадовільні параметри повітряного середовища в адміністративних приміщеннях, зокрема, в конструкторських бюро, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може призвести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

з) Небезпека загоряння внаслідок порушення правил пожежної безпеки, що може привести до пожеж.

і) Незадовільна стійкість промислових об'єктів або неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різноманітного характеру. Причинами яких є незадовільний стан основних споруд та мереж постачання, невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може призвести до тяжких травм або летального наслідку.

#### **4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки**

а) Вимоги до організації робочого місця в офісному приміщенні.

Площу приміщень, в яких розташовують персональні комп'ютери, визначають згідно з чинними нормативними документами. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 на одне робоче місце, яке обладнане ПК, встановлено такі норми:

- площа – не менше 6,0 кв. м;
- об'єм – не менше 20,0 куб. м.

Робочі місця, згідно з п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми» слід розташовувати відносно світлових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Правилами встановлюються висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини і глибини для робочих столів, які мають забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Відповідно до п. 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми» робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом нахилу сидіння та спинки, від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко чиститься і не електризується (п. 4.12 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Робочий стіл для ПК, як правило, має бути обладнаний підставкою для ніг, вимоги до її розмірів та конструкції також прописані в правилах. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, є обов'язковим.

Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

б) Згідно НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузопоемных кранов» керівники відповідних підприємств та організацій повинні забезпечити комплекс заходів щодо безпечного проведення вантажно-розвантажувальних робіт.

Комплекс заходів передбачає згідно з ГОСТ 12.3.020-80 «ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятии. Общие требования безопасности»:

- належний стан машин та механізмів;
- професійна підготовка усіх посадових осіб;
- виконання зазначених правил з охорони праці;
- належний нагляд за виконанням робіт;
- порушення правил з допуску до експлуатації.

З метою реалізації заходів визначаються відповідальні особи за безпечну експлуатацію обладнання, стан вантажозахватних пристосувань та тари. Посадова особа, яка здійснює нагляд за експлуатацією до 20 машин призначається наказом по підприємству з ряду інженерно-технічних працівників за умови перевірки його знань комісією.

При експлуатації більше 50 вантажно-підйомних машин створюються групи фахівців з надзору.

До основних обов'язків таких фахівців належать:

нагляд за технічним станом машин та механізмів;

нагляд за наявністю та знанням правил та інструкцій з безпеки при експлуатації;

нагляд за виконанням ремонтних робіт;

організація чергової та позачергової атестації машин, вантажно-підйомних пристосувань, тари.

Посадова особа, що здійснює нагляд має одноособове право, в разі виявлення суттєвих недоліків, зупинити експлуатацію будь-якої машини або механізму.

Для виключення допуску до експлуатації машин осіб, які на це не мають право, використовуються ключі-бірки. Ключ-бірка маркований індивідуальним номером та номером крану. Робота ключа-бірки пов'язана з системою електричних контактів таким чином, що при його запиранні ланцюги контактора замикаються, а при його вилученні контакти розмикаються та експлуатація крану стає неможливою.

в) Для запобігання виникненню аварійної ситуації через великі габаритні розміри затворів на ГАЕС механізм підйома обладнується двома барабанами рознесеними на відстань ширини затвора для запобігання перекосів і заклинювання.

При реалізації конструктивних рішень слід передбачити високу надійність механізмів підйому, довговічність гальмівних шківів, безвідмовність запобіжників. Вільний доступ до усіх механізмів та електрообладнання досягається конструкцією майданчиків, проходів, галерей.

г) Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування визначені ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Відповідно до цього нормативного документа безпечність виробничого устаткування забезпечується: правильним вибором конструктивних схем, використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного

керування, застосуванням у конструкції засобів захисту, дотриманням ергономічних вимог, включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання устаткування, використанням у конструкції устаткування безпечних та нешкідливих матеріалів.

Елементи устаткування, з якими може контактувати людина не повинні мати гострих країв, кутів, а також нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь. Виділення та поглинання устаткуванням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів (концентрацій) в межах робочої зони. Конструкція устаткування повинна забезпечувати усунення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, інфразвуку, вібрації та різноманітних випромінювань.

Для того, щоб запобігти виникненню небезпеки при раптовому вимкненні джерел енергії всі робочі органи, а також пристрої, які використовуються для захоплення, затискування та підймання заготовок, деталей, виробів тощо, повинні оснащуватись спеціальними захисними пристосуванням. Причому необхідно унеможливити самочинне вмикання приводів робочих органів у разі відновлення енергопостачання.

Для запобігання механічних травм і унеможливлення проникнення людини в небезпечну зону обладнання передбачені блокуючі пристрої, які поділяються на: механічні, електромеханічні та електричні.

При використанні механічного блокування зазвичай, щоб зняти запобіжник, потрібно загальмувати і повністю зупинити привод машини, інакше важіль не дасть зняти запобіжник. А при знятому запобіжному засобі агрегат неможливо запустити. Електромеханічне блокування полягає в тому, що устаткування знеструмлюється. Електричне блокування застосовується в електроустановках з напругою 500В і вище, а також в різних видах технологічного обладнання з електроприводом. Воно забезпечує можливість увімкнення обладнання лише за наявності запобіжників. Зазвичай в запобіжники вмонтовують один із контактів кінцевого вимикача, тому при відкритому або знятому запобіжнику електричний ланцюг розімкнений.

Згідно ГОСТ 12.2.071-90 «ССБТ. Краны грузоподъемные, контейнерные. Требования безопасности.» для забезпечення безпеки виконання робіт вантажопідйомні машини обладнуються запобіжними пристосуваннями автоматичної зупинки механізмів та самої машини при підході машини до кінцевих робочих положень при перевантаженні або знятті електричної напруги. Зокрема, механізм підйому кранів обладнаний електричним кінцевим вимикачем і зупиниться, якщо відстань між вантажозахватним органом та упором балки буде неменше 200 мм. Зупинка механізму пересування крану по рейках здійснюється при спрацювання тих же кінцевих упорів. Обмежувач вантажопідйомності мостових та козлових кранів спрацьовує при перевантаженні у 25%. Для попередження опрокидування стрілових та баштових кранів, встановлюються вимикаючі механізми, які спрацьовують при перевантаженні 10%.

Сигналізуючі пристрої дають інформацію про роботу технологічного обладнання і про зміни в перебігу процесу, запобігають небезпекам, повідомляють про місце їх виявлення. Передбачено застосовувати системи сигналізації, що відповідає вимогам ДСТУ EN 457-2001 «Безопасность машин. Звуковые сигналы опасности. Общие требования, проектирование и испытания». Сигналізація поділяється на оперативну, застережну і опізнавальну.

Технічні характеристики та параметри устаткування повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним та психологічним можливостям людини. Робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію устаткування повинні забезпечувати зручність та безпеку працівникам. Виробниче устаткування необхідно обладнати безпечними та зручними за конструкцією і розмірами проходами, майданчиками, сходами, поручнями і т. п.

В процесі експлуатації устаткування не повинно забруднювати навколишнього середовища шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі.

д) Майданчики для проведення вантажно-розвантажувальних робіт повинні мати рівне та тверде покриття з ухилом не більше ніж 5°, а також природне та штучне освітлення. У місцях проведення вантажно-розвантажувальних робіт

необхідно встановити знаки безпеки, відповідно до ГОСТ 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Безпека під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт значно залежить від групи, класу, та категорії вантажу. В залежності від небезпеки, яка виникає під час навантажування, транспортування та розвантажування всі вантажі поділяються на чотири групи: 1 - малонебезпечні (будматеріали, продукти харчування тощо); 2 - небезпечні за своїми розмірами; 3 - пилові та гарячі (цемент, крейда, вапно, асфальт, бітум і т. п.); 4 - небезпечні за своїми властивостями (пожежо- та вибухонебезпечні, отруйні, токсичні, радіоактивні речовини тощо). Під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт з вантажами третьої та четвертої груп необхідно використовувати засоби індивідуального захисту.

Проведенню таких робіт передують складання карт технологічних процесів на вантажно-розвантажувальні роботи, визначення маршрутів руху транспортних засобів у місцях проведення таких робіт і т.п.

е) Для захисту від механічних травм використовуються захисні огорожі. Згідно з ГОСТ 12.2.062-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные» Ці огорожі рекомендується виконувати зйомними, що дасть змогу їх оглядати та обслуговувати. Огороджуються зубчасті, ланцюгові передачі, поєднувальні муфти, різноманітні вали, барабани, якщо вони встановлені поблизу кабін, майданчиків або драбин.

Важливу роль відіграють захисні щитки на ходових колесах кранів. Зазор між щитками та рейками не повинен перевищувати 10 мм. Функцією щитків є запобігання потраплянню сторонніх предметів під колеса кранів.

### **4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці**

є) Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» у приміщеннях використовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски

на поверхні екранів і клавіатури, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк.

Робоче штучне освітлення приміщення забезпечується комплексом світильників серії ЛПО 3б з дзеркальними решітками (укомплектовані високочастотними пускорегулюючими апаратами ВЧ ПРА), які розташовані під стелею в два рядка. Яскравість світильників робочого штучного освітлення приміщення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90° з вертикаллю в повздовжній та поперечній поверхнях, не більше чим 200 кд/м<sup>2</sup>, захисний кут світильників не менше ніж 40°.

Таблиця 4.1

**Норми освітленості робочого місця оператора відповідно ДБН В.2.5 – 28 – 2006  
«Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования»**

Характеристика роботи	Розміри об'єкту розпізнавання, мм	Розряд зорових робіт	Підрозряд зорових робіт	Загальне освітлення, лк
Високої точності	Більше 0,3	III	б	300

Аварійне та евакуаційне освітлення забезпечується лампами накаливання, які встановлені в найважливіших точках приміщення, коридорів та евакуаційних шляхів. Для аварійного освітлення забезпечується світловий потік в 2лк, для евакуаційного – 0,6лк. Охоронне та чергове освітлення забезпечується рядом галогенних ламп, які забезпечують світловий потік в 0,6лк.

ж) В робочому приміщенні забезпечуються оптимальні параметри мікроклімату відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», СНиП 2.04.05-91\*У «Отопление, вентиляция, кондиционирование. Нормы проектирования», ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Для забезпечення оптимальних метеоумов в адміністративних приміщеннях

(табл. 4.2) влаштовуються системи водяного опалення та кондиціонування повітря.

Таблиця 4.2 - Метеоумови в адміністративних приміщеннях згідно ДСН 3.3.6 - 042 - 99 "Санитарные нормы микроклимата производственных помещений"

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період року	середньої тяжкості	18-20	60-40	0,1
Теплий період року	середньої тяжкості	21-23	60-40	0,1

В теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або кондиціонування СНИП 2.04.05-91 «Отопление вентиляция и кондиционирование», а в холодний період - систему опалення та приточно-витяжну вентиляцію з функцією підігріву зовнішнього повітря.

### ***Розрахунок кондиціонування***

Визначаємо значення прямої ( $q_{в.п.}$ ) та розсіяної ( $q_{в.р.}$ ) сонячної радіації о 17 годині :

$$q_{в.п.} = 344 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

$$q_{в.р.} = 95 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти, що надходить до приміщення через подвійне скління для розрахункової години розраховуємо :

Де  $q_0, q_1$  – кількість теплоти, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які опромінюються та неопромінюються прямою сонячною радіацією відповідно;

$K_1$  – подвійне без перепльотів скління, незабруднене (незалежно від опромінення) = 0,9;

$K_2$  – забруднення скла незначне = 0,95;

$$q_o = (q_{B.L.} + q_{B.P.}) \cdot K_1 \cdot K_2 = (344 + 95) \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 375,35 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^2) \quad (4.1)$$

Площа віконного прорізу, яка опромінюється сонячною радіацією складає :

$$F_{np} = F_{o.o} - F_p = 2,4 - 0,27 = 2,13 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Загальна кількість теплоти, яка надходить до приміщення через віконний проріз :

$$Q_{o,np} = (q_o \cdot F_{np} + q_1 \cdot F_p) \cdot K_{nid} \quad (4.3)$$

Де  $F_n, F_p$  – площа заповнення світлового прорізу, яка опромінюється прямою та розсіяною сонячною радіацією відповідно,  $\text{м}^2$ ;

$K_{nid}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу;

$$Q_{o,np} = (375,35 \cdot 2,13 + 81,23 \cdot 0,27) \cdot 0,8 = 821,43 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^2) \quad (4.4)$$

Виділення теплоти від штучного освітлення :

$$Q_{ocv} = 860 \cdot n \cdot N_{ocv} \quad (4.5)$$

Де  $n$  - коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову, для люмінісцентних ламп,  $n=0,5$ .

$N_{ocv}$  – сумарна потужність джерел освітлення, кВт;

$$Q_{ocv} = 860 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 344 \text{ ккал}/\text{год} \quad (4.6)$$

Розрахунок виділення теплоти людьми :

$$Q_l = 130 \cdot 6 + 130 \cdot 6 \cdot 0,85 = 1443 \text{ ккал/год} \quad (4.7)$$

Загальна кількість теплоти в розрахункову годину в лампі, яку необхідно відвести за допомогою кондиціонування, визначається сумою теплоти джерел теплонадходження :

$$Q_{\text{ваг}} = Q_{\text{о.пр.}} + Q_{\text{осв}} + Q_l = 821,43 + 344 + 1443 = 2608,43 \text{ ккал/год} \quad (4.8)$$

Оскільки площа приміщення складає  $20 \text{ м}^2$ , то найбільш доцільним є використання кондиціонера типу SUZUKI SST- A09 Z з холодопродуктивністю 2600 ккал/год.

Час, необхідний для охолодження приміщення за допомогою цього кондиціонера :

$$\tau = \frac{C \cdot \gamma \cdot v \cdot (t_{\text{вид}} - t_{\text{норм.}})}{1,63 \cdot 3600 \cdot Q_{\text{конд.}}} = \frac{1000 \cdot 1,2 \cdot 90 \cdot (27 - 2,2)}{1,63 \cdot 3600 \cdot 2600} = 0,05 \text{ год.} \quad (4.9)$$

#### 4.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Проведені заходи по пожежній безпеці у відповідності з вимогами НАПБ А.01.001-2004 – «Правила пожежної безпеки України». У відповідності до цього виконані наступні дії:

1. Після проведення аналізу матеріалів, які знаходяться у конструкторських бюро, було з'ясовано що, приміщення у якому проходить розробка проекту належить до категорії Д по вибухо, вибухопожежній та пожежній небезпеці відповідно до СНиП 2.09.02 – 85 «Нормы проектирования. Производственные здания промышленных предприятий».

2. У відповідності до ДБН В.1.1.7 – 2002 «Пожарная безопасность

об'єктів строительства» та категорії лабораторних досліджень по пожежній безпеці, визначено, що дане приміщення належить до III ступеню вогнестійкості.

3. Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються цегла, залізобетон, скло, метал та інші не горючі матеріали. Використання дерева обмежене.

4. На випадок пожежі передбачені шляхи евакуації працюючих – проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено, а їх кількість в будівлі – два. Також передбачений другий (запасний) вихід на зовнішні сходи. Коридори та проходи, призначені для евакуації, мають меншу довжину і мінімальну кількість поворотів. На всьому протязі проходу немає порогів або проміжних щаблів. Важливу роль у забезпеченні безпечного виходу людей відіграє противодимний захист евакуаційних шляхів. Для цього влаштовані відособлені входи в підвали, вхід на сходову клітку з поверхів здійснюють через тамбур - шлюз із підпором повітря, відділені горища від сходових кліток перекриттями з негорючих матеріалів. Евакуаційні переходи обласшовані також вогнестійкими рамами, які являються перешкодою для поширення вогню в переходи.

5. Сходові маршрути спроектовані згідно правил: ширина сходового майданчика рівняється 2.5 метра, які більше припустимого; нахил сходів визначений як 1:1, що допускається за технічними нормами; ширина сходів рівняється 0,7 метра, а висота щабля – 0,25 метра. Евакуаційні виходи спроектовані по вимогах правил вищезгаданого ДБН. Ширина та висота просвітів евакуаційних виходів нормується по НД і визначена, як 2,35 і 1,2 метра відповідно. Двері евакуаційних виходів відкриваються у бік виходу людей з будівлі.

6. Устаткування пристрою, освітлювальні й силові мережі повністю відповідають вимогам пожежної безпеки. Легкозаймисті частини пристрою відповідають вітчизняним стандартам пожежної безпеки. Силові мережі, максимально захищені від можливості загоряння відповідно до вітчизняних стандартів.

7. Для виявлення пожежної небезпеки в приміщенні конструкторських бюро використовується спеціальні системи. В приміщенні під стелею встановлені уловлювачі диму. При виявленні пожежного диму датчики уловлювачів посилають сигнал на систему сигналізації про пожежу. В приміщенні встановлені пожежні сигналізації ( над евакуаційними виходами) зі світловим і звуковим оповіщенням.

8. Встановлені переносні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2 з розрахунку 2 штуки на кожні 20 м<sup>2</sup>.

#### **4.5 Висновки**

Передбачені в офісному приміщенні конструкторського бюро заходи з охорони праці, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу для розробки проекту модернізації механізму підйому. Це досягається шляхом проведення інструктажів з охорони праці, встановлення засобів захисту сигналізації та огорож, засобів обігріву і кондиціонування. Для забезпечення пожежної безпеки передбачено встановлення вогнегасників. Всі заходи відповідають вимогам ГОСТ, ДБН, ДСН, СНиП та іншим нормативним документам. Розглянуті заходи, які забезпечують стійку роботу промислового об'єкта та безпеку персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті було виконано проєктний розрахунок механізму підйома вантажопідйомністю 2х75 т, у зв'язку з необхідністю підвищення його експлуатаційної надійності. Підвищення надійності полягає в заміні старих елементів приводу на нові. Так як підйомний механізм виготовлений за проєктом «Проєкт Гідросталь», то з метою економії було прийнято рішення замінити закордонні приводи на вітчизняні. У ході виконання дипломного проєкту були вирішені наступні задачі:

- розраховано механізм підйому вантажу;
- розраховано економічний ефект від впровадженню заходів щодо підвищення експлуатаційної надійності механізму підйома, який складає 69921грн.;
- вжиті основні заходи з охорони праці.
- Розрахункові характеристики підйомного механізма в незначній ступені відрізняються від базових, тобто відхилення знаходяться в допустимих межах.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – Х.: Вид-во « Форт », 2007. – 256 с.
2. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів усіх форм навчання за напрямом 6.050503 «Машинобудування» спеціальності 7.05050308 «Підйомно-транспортні, дорожні, меліоративні машини і обладнання». / Укл. Л.М. Мартовицький, І.О. Федерякін, В.І. Глушко. – Запоріжжя: 2011 – 280 с.
3. Ф.К. Іванченко «Підйомно-транспортні машини»: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 413с.
4. Методичні вказівки з обґрунтування економічного модуля в дипломних проектах для студентів спеціальності 8.090214 денної та заочної форм навчання /Укл.: І.О. Федерякін, Л.М. Мартовицький. – Запоріжжя: ЗНТУ. 2007 – 34 с.
5. Методичні вказівки до дипломного проектування розділу «Охорона праці» / Укл.: Г.І. Дуднік, В.П. Порохненко, А.А. Потуремець, А.О Писарський, О.В Коваленко, О.М. Савчук. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 60с.
6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Проведення експертного обстеження крану мостового та підвісного однобалочного загального призначення» для студентів спеціальності 8.090214 Укл.: О.М. Руднєв, М.В Сидоренко, Є.В Калиновський студент гр. М-311 – Запоріжжя : ЗНТУ, 2005. – 42 с.
7. М.І. Стеблюк «Цивільна оборона», Навчальний посібник, - К.: Знання, 2003, - 565с.
8. СТП15-96 «Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. Вимоги і правила оформлення». Дата введення І997-01-01.