

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

“Допустити до захисту”
Зав. кафедри БДМБ канд. техн. наук, проф.
_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ
_____ "_____" _____ 2025 р.

Кваліфікаційна бакалаврська робота
на тему:
***"Спроекувати елеватор горячих мінеральних матеріалів
продуктивністю 125 т/год з метою збільшення продуктивності
асфальтозмішувальної установки."***

Виконав: здобувач
групи ГМ-21 спеціальності
133 “Галузеве машинобудування”
_____ Андрій КОВАЛЬ
_____ "_____" _____ 2025 р.

Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи,
к.т.н., професор
_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ
_____ "_____" _____ 2025 р.

Кропивницький
2025

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування",
Освітня програма "Підйомно-транспортні, будівельні,
дорожні, меліоративні машини та обладнання"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Проф. Настоящий В.А.

“___” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Ковалю Андрію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи “Спроекувати елеватор горячих мінеральних матеріалів продуктивністю 125 т/год з метою збільшення продуктивності асфальтозмішувальної установки.”

Керівник роботи к.т.н. проф. Настоящий В.А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від “___”___ 2025 року №___

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи
 1. Продуктивність установки 125 т/год
 2. Матеріал, що транспортується – суміш піску та щебеню попередньо нагріта до температури 200 °С,
 3. Висота підйому вантажу—13,750 м.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).
 1. Огляд сучасного стану питання, пропозиції здобувача до теми кваліфікаційної роботи
 2. Визначення основних технічних показників елеватора,
 3. Розрахунок вузлів та деталей елеватора.
 4. Технологічна частина.
 5. Розробка заходів з охорони праці
 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 1. Загальний вигляд елеватора;
 2. Складальне креслення елеватора;
 3. Складальне креслення вантажний вал;
 4. Складальне креслення натяжний вал;
 5. Складальне креслення ланцюга;
 6. Деталювання;

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахунково-конструкторський	проф. Настоящий В.А.		
Охорона праці	к.т.н. доцент Лізунков		

7. Дата видачі завдання

08.04 2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд сучасного стану питання	<i>11.04.2025</i>	
2	Проектні розробки.	<i>15.04.2025</i>	
3.	Технічні розрахунки.	<i>18.04.2025</i>	
4	Виконання конструкторських креслень	<i>25.04. 2025</i>	
4	Розроблення технологічного процесу	<i>20.05.2025</i>	
5	Розроблення питань з охорони праці.	<i>25.05.2025</i>	
6	Оформлення дипломного проекту	<i>30.05.2025</i>	

Здобувач

(підпис)

Коваль А.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Настоящий В.А.

(прізвище та ініціали)

Вступ

Програма відновлення інфраструктури та автомобільних доріг України, що постраждали внаслідок військових дій, пов'язаних з агресією Росії, викликає потребу у значній кількості будівельних матеріалів в першу чергу асфальтобетонної суміші.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми являється збільшення продуктивності сучасних асфальтозмішувальних установок.

Таким чином необхідно найближчим часом збільшити продуктивність асфальтозмішувальних установок в 1,5—2 рази при зниженні металоємності і питомої енергоємності на 12—18% і, трудомісткості виготовлення виробів на 30—40%.

Розробка асфальтозмішувальної установки продуктивністю 125 т/год являється актуальною проблемою, тому що таке обладнання відповідає розмірному ряду, визначеному відповідними стандартами, розробленими на основі наукових досліджень.

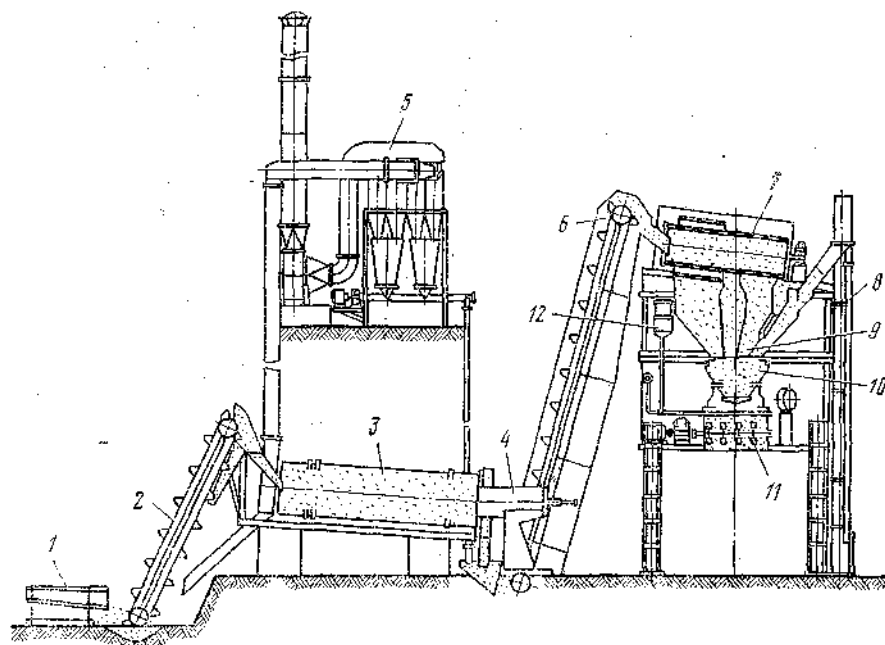
Важливою складовою технологічного процесу приготування асфальтобетонної суміші являється транспортування мінеральних матеріалів (піску, щебня), нагрітих до температури 200 °С. Для здійснення цієї технологічної операції в сучасних асфальтозмішувальних установках переважно використовуються ланцюгові ковшові елеватори.

Темою бакалаврської кваліфікаційної роботи являється розробка “гарячого” елеватора, тобто елеватора для транспортування гарячих мінеральних матеріалів асфальтозмішувальної установки продуктивністю 125 т/год, що надасть можливість подальшої розробки технологічних агрегатів асфальтозмішувальної установки продуктивністю 125 т/год.

					<i>АБЗ 125 00 00 00ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Коваль</i>				<i>Елеватор гарячих мінеральних матеріалів асфальтозмішувальної установки продуктивністю 125 т/год Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Настоящий</i>					<i>Н</i>		1
<i>Н. контр.</i>	<i>Карпушн</i>					<i>ЦНТУ</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Настоящий</i>					<i>зр. ГМ 21</i>		

1. Призначення та галузі використання розробки.

Елеватор асфальтозмішувальної установки продуктивністю 125 т/год призначений для транспортування мінеральних матеріалів, що попередньо нагріті до температури 200 °С, і використовується в технологічних схемах асфальтобетонних змішувачів з вертикальним (баштовим) розміщенням обладнання (рис.1.1)



1- живильник-дозатор; 2- ковшовий елеватор; 3- сушильний барабан; 4- топка;
5- пиловловлююча установка; 6- ковшовий елеватор для гарячих матеріалів; 7- грохот;
8- елеватор для мінерального порошку; 9- бункер; 10- бункер-дозатор;
11- лопатева мішалка; 12- дозатор бітуму

Рисунок 1.1. – Схема асфальтобетонозмішувача з вертикальним (баштовим) розміщенням обладнання продуктивністю 100 т/год.

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Просушування піску, щебеню або гравію, відповідно до заданого складу суміші по фракціях, забезпечується гарячими газами від спалювання палива в сушильному барабані. Просушені і нагріті до 200 °С мінеральні матеріали з розвантажувальної коробки сушильного барабана прямують в приямок ковшового елеватора гарячих матеріалів та в подальший технологічний процес приготування асфальтобетонної суміші.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Мета та задачі кваліфікаційної роботи

Кінцева якість асфальтобетонної суміші насамперед залежить від дотримання технологічного процесу, зокрема від дотримання необхідних температур складових суміші. Для використання в технологічному процесі підвищеної кількості мінеральних матеріалів, нагрітих до температури 200 °С, необхідно збільшення продуктивності “гарячого” елеватора до 125 т/год.

Для цього в свою чергу потрібно вирішити наступні завдання:

- визначити технологічні параметри елеватора, які забезпечать необхідну продуктивність, та розробити його принципову та кінематичну схеми;
- підібрати електродвигун з урахуванням збільшення продуктивності;
- провести міцнісні розрахунки конструкції елеватора та його складових частин з урахуванням збільшення навантажень;
- розробити правила техніки безпеки при обслуговуванні спроектованого елеватора.

					<i>АБЗ 125 00.00.00.0000ПЗ</i>	<i>Лист.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

3. Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційної роботи.

3.1.Опис прийнятої до розробки конструкції елеватора.

Елеватор, що розглядається, призначений для подачі нагрітого до 200 °С піску і щебеня від сушильного агрегату до змішувача.

Принципова схема ковшового елеватора для транспортування гарячих піску і щебеня (“гарячого” елеватора) , наведена на рисунку 3.1

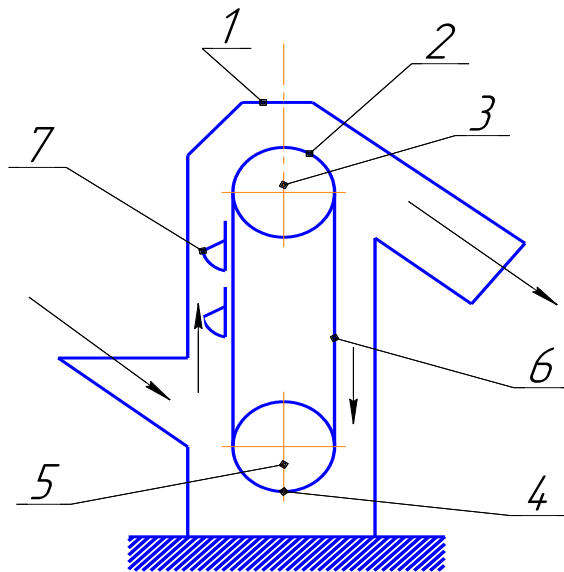


Рисунок 3.1 – Принципова схема ковшового елеватора для транспортування гарячих мінеральних матеріалів (“гарячого” елеватора):

1– рама , 2– ведуча зірочка, 3– опорні ролики, 4 – рухомі опори,
5 – натяжний пристрій, 6 – тяговий ланцюг, 7 – ковші.

Таблиця 3.1. Склад асфальтобетонних сумішей

Компоненти суміші	Затрати від маси готової суміші, %	
	крупнозернистої	дрібнозернистої
Щебінь	$q_{Щ} = 50 \dots 70$	$q_{Щ} = 20 \dots 60$
Пісок	$q_{П} = 26 \dots 42$	$q_{П} = 30 \dots 60$
Мінеральний порошок	$q_{МП} = 0 \dots 3$	$q_{МП} = 3,8 \dots 11,2$
Бітум	$q_{\delta} = 3,8 \dots 5,6$	$q_{\delta} = 4,7 \dots 6,9$

При виготовленні крупнозернистої суміші потрібна продуктивність елеватора

$$П = \frac{125}{0,9} \cdot \frac{100 - 5 - 10}{100} = 118 \text{ т/год}$$

При виготовленні дрібнозернистої суміші

$$П = \frac{125}{0,9} \cdot \frac{100 - 5 - 3}{100} = 127,7 \text{ т/год} \approx 130 \text{ т/год}$$

Необхідна погонна ємкість ковшів $\text{дм}^3/\text{м}$

$$i_n = \frac{П}{3,6 \cdot \psi \cdot \rho \cdot v}, \text{ Н / м} \tag{3.2}$$

де П- потрібна продуктивність елеватора, т/год

v- швидкість руху ковшів

ψ - коефіцієнт заповнення ковшів

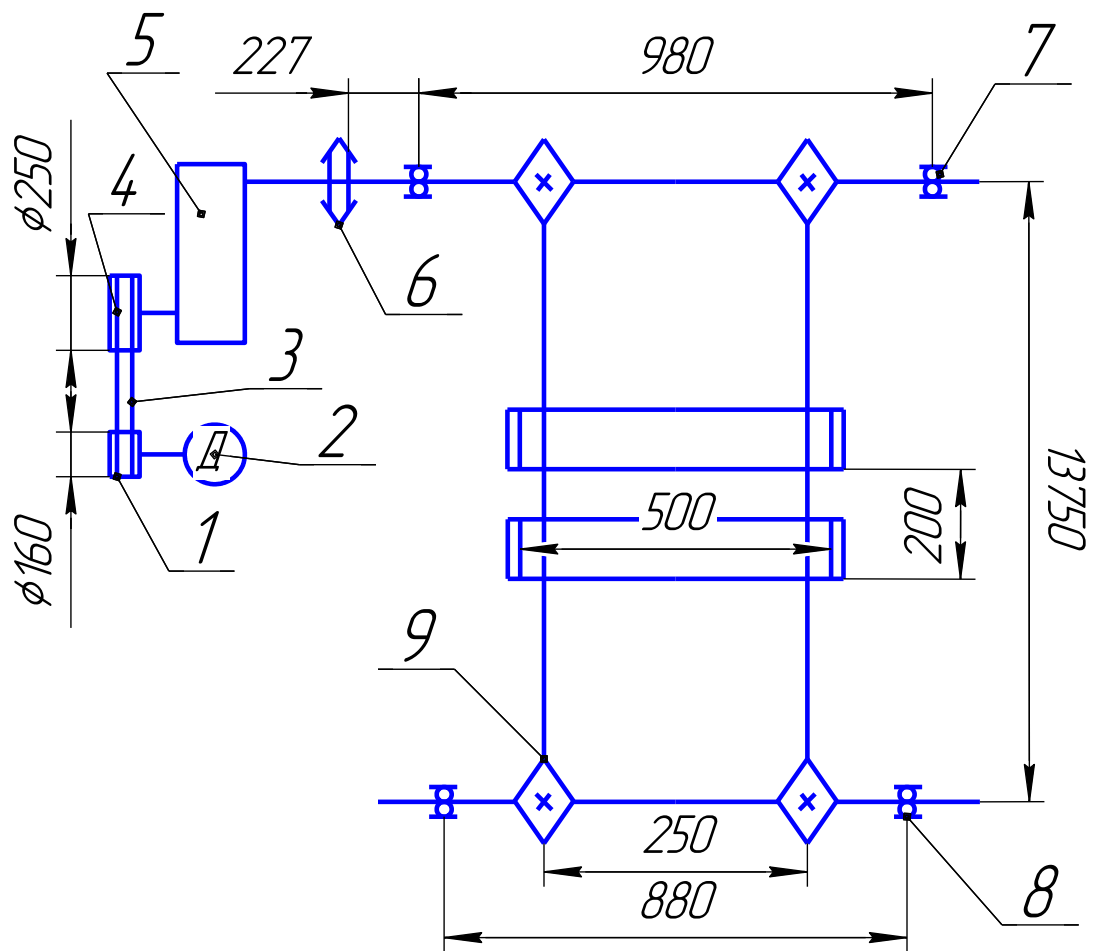
ρ - густина вантажу $\text{т}/\text{м}^3$

Згідно рекомендацій ДСТУ ISO 7190:2013 приймаємо

V=0,7 м/с

Ψ =0,8

R=1,6 $\text{т}/\text{м}^3$ (для суміші піску та щебеня)



1 – ведучий шків; 2 – двигун; 3 – клиновидний пас; 4 – ведений шків; 5 – редуктор; 6 – ланцюгова муфта; 7, 8 – підшипники; 9 – зірочка

Рисунок 3.2 – Кінематична схема елеватора для транспортування гарячих мінеральних матеріалів.

4. Розрахунок проектного елеватора для транспортування гарячих мінеральних матеріалів

4.1 Вибір електродвигуна елеватора

Необхідну потужність $N_{необх}$, кВт, двигуна визначаємо за формулою [3]

$$N_{необх} = 1,2 \frac{W_o \cdot V}{1,02 \cdot \eta}, \quad (4.1)$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу потужності;

W_o – тягове зусилля, кН;

η – ККД приводу;

$$\eta = \eta_{л.п.} \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{з.м.} \cdot \eta_p \cdot \eta_{к.п.}, \quad (4.2)$$

$\eta_{л.п.}$ – ККД ланцюгової передачі; $\eta_{л.п.} = 0,9$ [4];

η_n – ККД підшипників кочення; $\eta_n = 0,99$ [4];

$\eta_{з.м.}$ – ККД зубчатої муфти; $\eta_{з.м.} = 0,99$ [5];

η_p – ККД редуктора; $\eta_p = 0,97$ [4];

$\eta_{к.п.}$ – ККД клинопасової передачі; $\eta_{к.п.} = 0,94$ [4].

$$\eta = 0,9 \cdot 0,99^2 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,74 \approx 0,8. \quad (4.3)$$

Тягове зусилля складається з суми зусиль завантаженої і незавантаженої гілок.

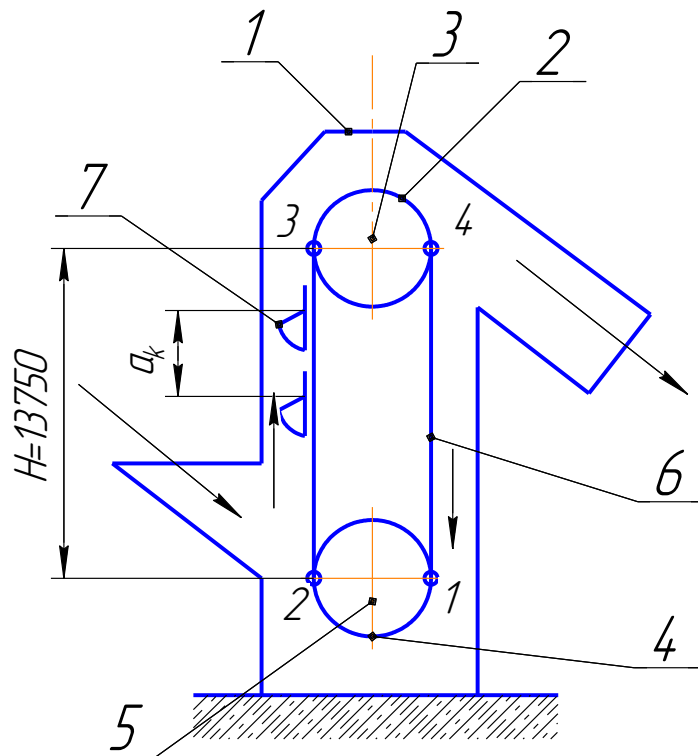
Накреслимо на рисунку 4.1 розрахункову схему.

На незавантажену гілку діє навантаження q_x , Н/м, від власної ваги ланцюга і ковшів [3]

$$q_x = Z \cdot q_l + \frac{P_k}{a_k}, \quad (4.4)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $q_{л.}$ – маса 1 п.м ланцюга, Н/м; $q_{л.}=82$;
 $P_{к}$ – маса ковша, Н; $P_{к}=106$;
 Z – кількість ланцюгів, шт; $Z=2$;
 $a_{к}$ – крок ковшів, м; $a_{к}=0,2$.



1 – рама; 2 – ведуча зірочка; 3 – опорні ролики приводу; 4 – ведена зірочка; 5 – натяжний пристрій; 6 – тяговий ланцюг; 7 – ківш

Рисунок 4.1 – Розрахункова схема гарячого елеватора

$$q_x = 2 \cdot 82 + \frac{106}{0,2} = 694. \quad (4.5)$$

На навантажену гілку, крім того, діє вага матеріалу q_m , Н/м, що знаходиться в ковші [3]

$$q_m = \frac{Q}{0,36 \cdot v}, \quad (4.6)$$

де Q – продуктивність екскаватора, т/год; $Q=120$.

$$q_m = \frac{120}{0,36 \cdot 0,7} = 476. \quad (4.7)$$

Тоді, погонне навантаження q_B , Н/м, на завантаженій гілці матиме значення

$$q_B = q_x + q_m = 694 + 476 = 1170 . \quad (4.8)$$

Позначимо натяг в точці 1 схема зображена на рисунку 4.1, через S_1 . Тоді, натяг S_2 , Н, в т. 2 дорівнює [3]

$$S_2 = k \cdot S_1 + k_3 \cdot q_m, \quad (4.9)$$

де k_3 – коефіцієнт зачерпування; $k_3 = 3$ [3];

k – коефіцієнт, що враховує опір на натяжній зірочці; $k = 1,1$ [6].

$$S_2 = 1,1 \cdot S_1 + 3 \cdot 476 = 1,1 \cdot S + 1428 . \quad (4.10)$$

Приймаємо $S_1 = 1500$ Н [5]. Тоді

$$S_2 = 1,1 \cdot 1500 + 1428 = 3078 . \quad (4.11)$$

Натяг ланцюга S_3 , Н, в точці 3 [3]

$$S_3 = S_2 + q_e \cdot H = 3078 + 1170 \cdot 13,75 = 19166 . \quad (4.12)$$

Натяг ланцюга S_4 , Н, в точці 4 [3]

$$S_4 = S_1 + q_x \cdot H = 1500 + 694 \cdot 13,75 = 11043 . \quad (4.13)$$

Визначаємо тягове зусилля W_o , Н, за формулою

$$W_o = (S_3 - S_4) \cdot k_1, \quad (4.14)$$

де k_1 – коефіцієнт опору на приводному блоці; $k_1 = 1,03$.

$$W_o = (19166 - 11043) \cdot 1,03 = 8367 = 8,367 . \quad (4.15)$$

Тоді необхідна потужність електродвигуна $N_{необх}$, кВт, матиме значення

$$N_{необх} = 1,2 \frac{8,367 \cdot 0,7}{1,02 \cdot 0,8} = 8,6 . \quad (4.16)$$

Отже, необхідно встановлювати двигун з потужністю N не менше 9 кВт, тому приймаємо двигун 4A132M4У3 потужністю 11 кВт який забезпечить роботу елеватора .

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

4.2. Розрахунок вантажного валу

4.2.1 Розрахунок вала на міцність

Визначимо зусилля S_{4p} , S_{3p} , кН, на блоці [3]

$$S_{4p} = S_4 = 11,043, \quad (4.17)$$

$$S_{3p} = \frac{W}{k_1} + S_4, \quad (4.18)$$

де W – тягове зусилля, кН;

$$W = \frac{1,02 \cdot N_{номп} \cdot \eta}{V_n} = \frac{1,02 \cdot 8,6 \cdot 0,8}{0,7} = 10,02. \quad (4.19)$$

Тоді

$$S_{3p} = \frac{10,02}{1,03} + 11,043 = 20,77. \quad (4.20)$$

Визначимо урівноважену частину окружного зусилля P_m , кН, на муфті [3]

$$P_m = k \cdot P_o, \quad (4.21)$$

де k – кривошипний ефект муфти; $k = 0,2$ [3];

P_o – окружне зусилля на муфті, кН.

$$P_o = \frac{2M_{кр}}{d_o}, \quad (4.22)$$

$\dot{I}_{эд}$ – крутний момент на тихохідному валу, кН·м;

$$M_{кр} = 9,75 \frac{N_{необх.м.}}{n_m}, \quad (4.23)$$

n_m – частота обертання тихохідного валу редуктора, об./хв;

$N_{необх.м.}$ – необхідна потужність на тихохідному валу редуктора, кВт.

					АБЗ 125 00.00.00.0000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$n_m = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (4.24)$$

D – ділильний діаметр натяжної зірочки, м; $D = 0,54423$.

$$n_m = \frac{60 \cdot 0,7}{\pi \cdot 0,54423} = 25, \quad (4.25)$$

$$N_{необх.т.} = N_{необх} \cdot \eta_{к.п.} \cdot \eta_p = 8,6 \cdot 0,94 \cdot 0,97 = 7,8, \quad (4.26)$$

$$M_{кр} = 9,75 \frac{7,8}{25} = 3,04; \quad (4.27)$$

d_o – діаметр ділильного кола ланцюгової муфти, м; $d_o = 0,31234$;

ТАКИМ ЧИНОМ

$$P_o = \frac{2 \cdot 3,04}{0,31234} = 19,47. \quad (4.28)$$

$$P_m = 0,2 \cdot 19,47 = 3,89. \quad (4.29)$$

Визначимо вертикальні сили P_1, P_2 , Н, що діють на вал

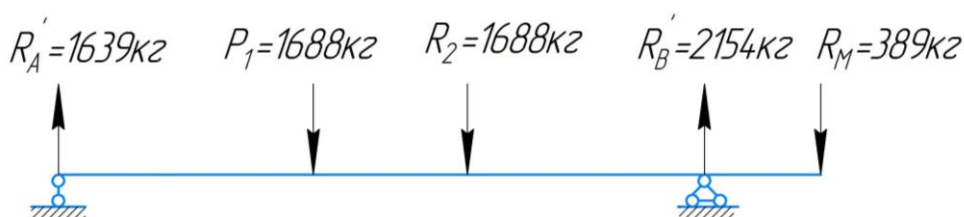
$$P_1 = P_2 = \frac{S_{3p} + S_{4p} + P_g}{2} + P_s, \quad (4.30)$$

де P_g – маса валу, кН; $P_g = 0,82$;

P_s – маса зірочки, кН; $P_s = 0,56$.

$$P_1 = P_2 = \frac{20,77 + 11,04 + 0,82}{2} + 0,56 = 16,88. \quad (4.31)$$

Складемо розрахункову схему вантажного вала.



Визначимо за допомогою рівнянь статки величини опорних реакцій

R_A, R_B , кН,

$$\sum M_B = R_A \cdot 0,974 - P_1 \cdot 0,6125 - P_2 \cdot 0,3625 - P_M \cdot 0,197 = 0, \quad (4.32)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_A = \frac{1}{0,974}(16,88 \cdot 0,6125 + 16,88 \cdot 0,3625 + 3,89 \cdot 0,197) = 17,68, \quad (4.33)$$

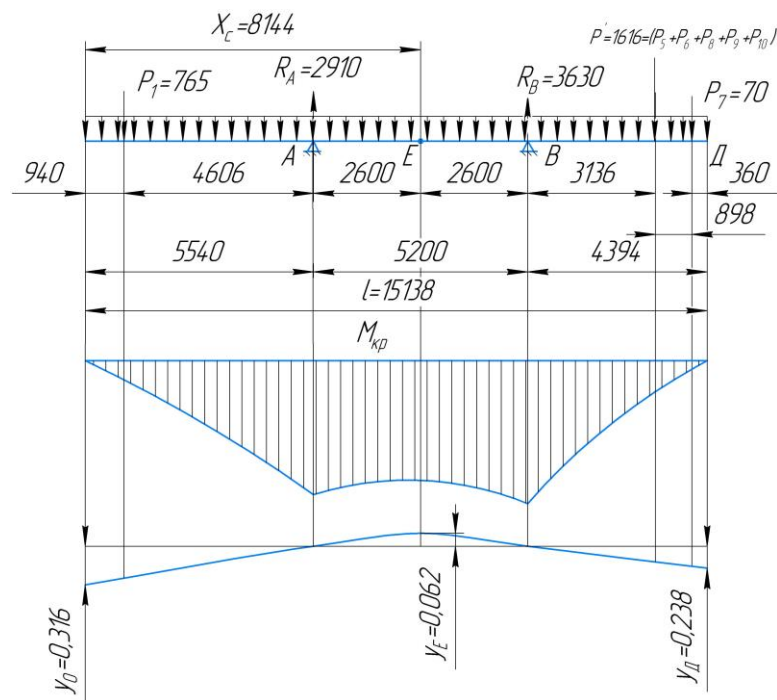
$$\sum M_A = -R_B \cdot 0,974 - P_M \cdot 1,171 + P_2 \cdot 0,6125 + P_1 \cdot 0,3615 = 0, \quad (4.34)$$

$$R_B = \frac{1}{0,974}(-3,89 \cdot 1,171 + 16,88 \cdot 0,6115 + 16,88 \cdot 0,36155) = 12,19, \quad (4.35)$$

Перевірка $\sum y = 0$ повинна дорівнювати нулю.

$$\sum y = R_A + R_B + R_M - R_1 - R_2 = 17,68 + 12,19 + 0,389 - 16,88 - 16,88 = 0. \quad (4.36)$$

Побудуємо епюру згинальних моментів



$$M_A = 0, \quad (4.37)$$

$$M_1 = R_A \cdot 0,177 = 17,68 \cdot 0,177 = 3,1294, \quad (4.38)$$

$$M_2 = R_A \cdot 0,292 = 17,68 \cdot 0,292 = 5,1626, \quad (4.39)$$

$$M_E = R_A \cdot 0,3615 = 17,68 \cdot 0,3615 = 6,3913, \quad (4.40)$$

$$M_D = R_A \cdot 0,6115 - P_1 \cdot 0,25 = 17,68 \cdot 0,6125 - 16,88 \cdot 0,25 = 6,5913, \quad (4.41)$$

$$\begin{aligned} M_3 &= R_A \cdot 0,681 - P_1 \cdot 0,3195 - P_2 \cdot 0,0695 = \\ &= 17,68 \cdot 0,681 - 16,88 \cdot 0,3195 - 16,88 \cdot 0,0695 = 5,4738' \end{aligned} \quad (4.42)$$

$$\begin{aligned} M_4 &= R_A \cdot 0,797 - P_1 \cdot 0,4355 - P_2 \cdot 0,1855 = \\ &= 17,68 \cdot 0,797 - 16,88 \cdot 0,4355 - 16,88 \cdot 0,1855 = 3,6085' \end{aligned} \quad (4.43)$$

$$M_5 = R_A \cdot 0,938 - P_1 \cdot 0,5765 - P_2 \cdot 0,3265 =$$

$$= 17,68 \cdot 0,938 - 16,88 \cdot 0,5765 - 16,88 \cdot 0,3265 = 1,3412', \quad (4.44)$$

$$M_B = R_M \cdot 0,197 = 3,89 \cdot 0,197 = 0,7663, \quad (4.45)$$

$$M_6 = R_M \cdot 0,125 = 3,89 \cdot 0,125 = 0,4863, \quad (4.46)$$

$$M_C = 0. \quad (4.47)$$

Максимальний крутний момент в точці D $M_{MAX} = 6,5913$ кН·м. Вал ослаблений канавкою шпони. Схема перерізу вала в точці D зображена на рисунку 4.2

Визначаємо моменти опору перерізу валу згинання $W_{зг}, м^3$, та кручення $W_{кр}, м^3$, [7]

$$W_{зг} = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} = \frac{\pi \cdot 11^3}{32} -$$

$$\frac{2,8 \cdot 0,82(11 - 0,82)^2}{2 \cdot 11} = 120 = 1,2 \cdot 10^{-4} \quad (4.48)$$

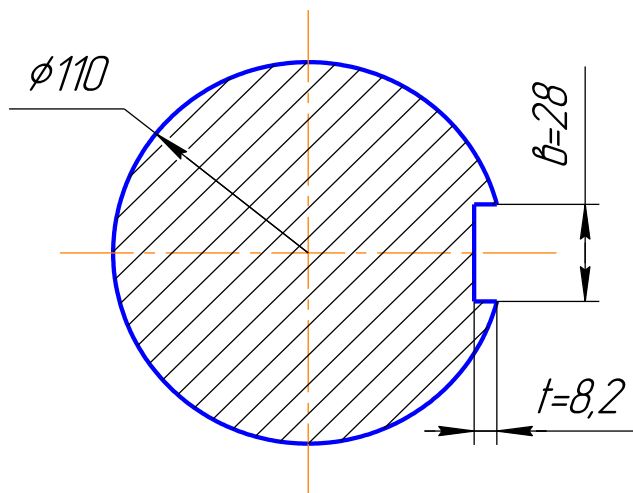


Рисунок 4.2 – Схема перерізу вала

$$W_{кр} = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} = \frac{\pi \cdot 11^3}{16} -$$

$$\frac{2,8 \cdot 0,82(11 - 0,82)^2}{2 \cdot 11} = 250 = 2,5 \cdot 10^{-4} \quad (4.49)$$

Визначимо максимальне σ_{32} $\tau_{кр}$ МПа ,

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_{32}} = \frac{6,5913}{1,2 \cdot 10^{-4}} = 54927 = 54,9, \quad (4.50)$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{3,04}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 12160 = 12,2, \quad (4.51)$$

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_{32}^2 + 3\tau_{кр}^2} = \sqrt{54,9^2 + 3 \cdot 12,2^2} = 58,8. \quad (4.52)$$

З урахуванням коефіцієнта динаміки максимальне напруження $\sigma_{д.мах}$, МПа , буде дорівнювати

$$\sigma_{д.мах} = 2 \cdot 58,8 = 117,6. \quad (4.53)$$

Коефіцієнт запасу міцності за межею текучості обчислюється за формулою

$$n_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_{д.мах}} = \frac{360}{117,6} = 3,06, \quad (4.54)$$

що більше допустимого значення 1,8.

Перевіримо вал на міцність σ_ϵ , МПа , в перерізі під підшипником

$$\sigma_\epsilon = \frac{32}{\pi d^3} \sqrt{M_{32}^2 + M_\kappa^2} = \frac{32}{\pi \cdot 0,010^3} \sqrt{0,7663^2 + 3,04^2} = 31,9. \quad (4.55)$$

З урахуванням коефіцієнта динаміки

$$\sigma_{\epsilon,д} = 2 \cdot 31,9 = 63,8. \quad (4.56)$$

Запас міцності за межею текучості

$$n_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\epsilon,д}} = \frac{360}{63,8} = 5,6, \quad (4.57)$$

що не перевищує допустимі значення 1,8.

Отже, міцність валу забезпечується.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

4.2.3. Розрахунок вала на витривалість

Граничне σ_{zp} , МПа, на витривалість визначимо з умови [3]

$$\sigma_{zp} = \frac{\varepsilon \cdot \sigma_{-1} \cdot \beta}{K_\delta \cdot n} \geq \sigma_{np}, \quad (4.60)$$

де ε – масштабний фактор [8];

σ_{-1} – межа витривалості матеріалу на згин, МПа;

K_δ – ефективний коефіцієнт концентрації напруження в перетині [8];

n – запас міцності по втомі [3]; $n=2$;

β – коефіцієнт, залежний від чистоти обробки [8].

Визначаємо межу витривалості σ_{-1} , МПа, матеріалу на згин [3]

$$\sigma_{-1} = 0,25 \cdot (\sigma_B + \sigma_T) + 50, \quad (4.61)$$

де σ_B – межа міцності матеріалу, МПа [9]; для сталі 45 $\sigma_B = 610$;

σ_T – межа текучості, МПа; $\sigma_T = 360$.

$$\sigma_{-1} = 0,25 \cdot (610 + 360) + 50 = 292,5. \quad (4.62)$$

Значення коефіцієнтів ε , K_δ , β заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів ε , K_δ , β

Коефіцієнт	Переріз						
	1	2	Е	Д	3	4	5
ε	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70
K_δ	1,50	1,50	1,46	1,46	1,50	1,50	1,50
β	1,00	1,00	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00

Приведене номінальне напруження σ_{np} , МПа, обчислимо за формулою

$$\sigma_{zp} = \frac{32}{\pi \cdot d^3} \sqrt{M_{зг}^2 + M_k^2}, \quad (4.63)$$

$$\sigma_{zp1} = \frac{32}{\pi \cdot 0,105^3} \sqrt{3,1294^2 + 0^2} = 27,5, \quad (4.64)$$

$$\sigma_{\text{зр}2} = \frac{32}{\pi \cdot 0,108^3} \sqrt{5,1626^2 + 0^2} = 41,7, \quad (4.65)$$

$$\sigma_{\text{зр}E} = \frac{32}{\pi \cdot 0,11^3} \sqrt{6,3913^2 + 1,52^2} = 50,2, \quad (4.66)$$

$$\sigma_{\text{зр}Д} = \frac{32}{\pi \cdot 0,11^3} \sqrt{6,5913^2 + 1,52^2} = 51,7, \quad (4.67)$$

$$\sigma_{\text{зр}3} = \frac{32}{\pi \cdot 0,108^3} \sqrt{5,4738^2 + 3,04^2} = 50,6, \quad (4.68)$$

$$\sigma_{\text{зр}4} = \frac{32}{\pi \cdot 0,105^3} \sqrt{3,6085^2 + 3,04^2} = 41,5, \quad (4.69)$$

$$\sigma_{\text{зр}5} = \frac{32}{\pi \cdot 0,10^3} \sqrt{1,3412^2 + 3,04^2} = 33,5. \quad (4.70)$$

Перевіримо умову (4.60)

$$\sigma_{\text{зр}1}^6 = \frac{0,70 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,5 \cdot 2} = 68,5 > \sigma_{\text{зр}1} = 27,5, \quad (4.71)$$

$$\sigma_{\text{зр}2}^6 = \frac{0,70 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,5 \cdot 2} = 68,5 > \sigma_{\text{зр}2} = 41,7, \quad (4.72)$$

$$\sigma_{\text{зр}E}^6 = \frac{0,69 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,46 \cdot 2} = 69,1 > \sigma_{\text{зр}E} = 50,2, \quad (4.73)$$

$$\sigma_{\text{зр}Д}^6 = \frac{0,69 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,46 \cdot 2} = 69,1 > \sigma_{\text{зр}Д} = 51,7, \quad (4.74)$$

$$\sigma_{\text{зр}3}^6 = \frac{0,7 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,5 \cdot 2} = 68,5 > \sigma_{\text{зр}3} = 50,6, \quad (4.75)$$

$$\sigma_{\text{зр}4}^6 = \frac{0,7 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,5 \cdot 2} = 68,5 > \sigma_{\text{зр}4} = 41,5, \quad (4.76)$$

$$\sigma_{\text{зр}5}^6 = \frac{0,7 \cdot 292,5 \cdot 1}{1,5 \cdot 2} = 68,5 > \sigma_{\text{зр}5} = 33,8. \quad (4.77)$$

Оскільки умова $\sigma_{\text{нр}} \leq \sigma_{\text{нр}}^6$ виконується, вал задовольняє умові витривалості.

					АБЗ 125 00.00.00.0000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

4.2.4. Розрахунок підшипників вантажного вала

Проводимо розрахунок підшипників 3620 по ДСТУ 520:2014 «Підшипники кочення. Загальні технічні умови». Визначимо навантаження, що діють на підшипники вантажного вала.

Схема навантаження вала при напрямку зусилля R_M вниз, показана на рисунку 4.3.

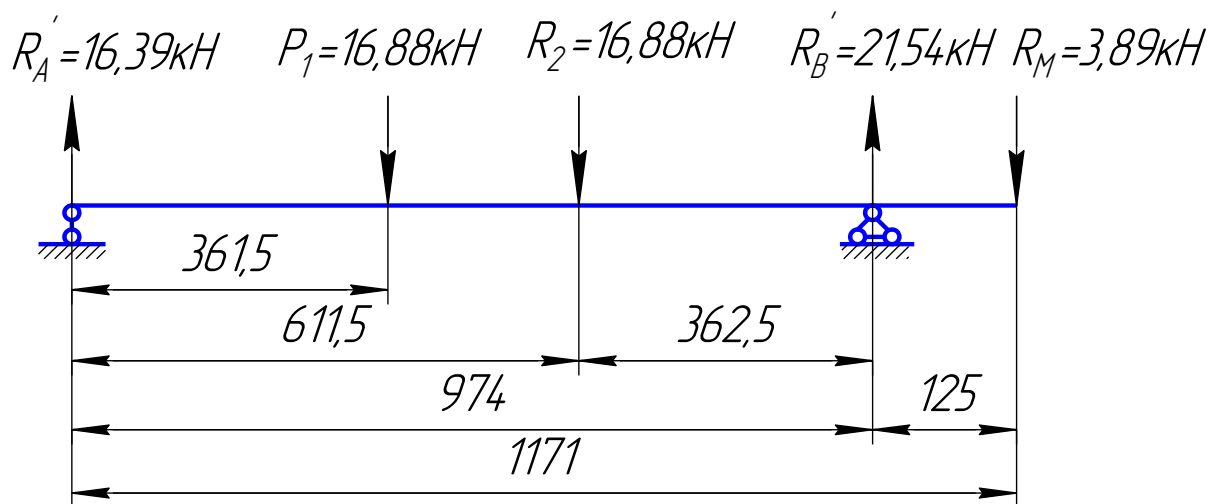


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема навантаження вала

Реакції опор R'_A , R'_B , кН, (навантаження на підшипники) визначимо з рівнянь статки.

$$\sum M_B = 0; \sum M_B = R'_A \cdot 0,974 - P_2 \cdot 0,3625 - P_1 \cdot 0,6125 + P_M \cdot 0,125 = 0, \quad (4.78)$$

$$R'_A = \frac{1}{0,974} (16,88 \cdot 0,3625 + 16,88 \cdot 0,6125 - 3,89 \cdot 0,125) = 16,39, \quad (4.79)$$

$$\sum M_A = 0; \sum M_A = P_1 \cdot 0,3615 - P_2 \cdot 0,6115 - R'_B \cdot 0,974 + P_M \cdot 1,171 = 0, \quad (4.80)$$

$$R'_B = \frac{1}{0,974} (16,88 \cdot 0,3615 + 16,88 \cdot 0,6115 + 3,89 \cdot 1,171) = 21,54. \quad (4.81)$$

Вибираємо найбільше навантаження показане на рисунку 4.3.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок підшипників проводимо на максимальне навантаження, тобто $R = R_B = 21,54$ кН.

Дев'яностовідсотковий ресурс підшипників $T_{p\gamma=90}$, год, визначимо за формулою [10]

$$T_{p\gamma=90} = \frac{10^6 \cdot T_{p_{cp}}}{60 \cdot n}, \quad (4.82)$$

де $T_{p_{cp}}$ – середній ресурс підшипників, млн. об.;

n – частота обертання вантажного валу, об./хв; $n=25$.

Визначимо середній ресурс підшипників $T_{p_{cp}}$, млн.об.

$$T_{p_{cp}} = \left(\frac{C}{Q} \right)^p, \quad (4.83)$$

C – динамічна вантажопідйомність, кН; для підшипників 3620 ДСТУ 3012-95 $C = 53061$;

p – степеневий показник; для роликкових підшипників $p=3,3$;

Q – приведенне радіальне навантаження, кН [3];

$$Q = R \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_T, \quad (4.84)$$

K_k – кінематичний коефіцієнт [3]; $K_k = 1,0$;

K_s – коефіцієнт динамічності [3]; $K_s = 2,5$;

K_T – температурний коефіцієнт [3]; $K_T = 1,03$.

$$Q = 21,54 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,03 = 55,46. \quad (4.85)$$

$$T_{p_{cp}} = \left(\frac{530,61}{55,46} \right)^{3,3} = 1724. \quad (4.86)$$

Тоді

$$T_{p\gamma=90} = \frac{10^6 \cdot 1724}{60 \cdot 25} = 1149333. \quad (4.87)$$

З урахуванням коефіцієнта абразивного зношування, рівного 0,02,

$$T_{p\gamma=90} = 1149333 \cdot 0,02 = 22986. \quad (4.88)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже, довговічність підшипників 3620 ДСТУ 520:2014 складає 22986 год.

4.3 Розрахунок ланцюгового контура

Визначимо запас міцності ланцюга на розрив [3]

$$n_{л} = \frac{S_p}{S_{max}} \geq [n], \quad (4.89)$$

де S_p – руйнуюче навантаження, кН; для ланцюга М112-2-100-1-12-1-2-2 $S_p = 112$ [18];

$S_{max} = S_{zp}$ – максимальний натяг ланцюга, кН; для двох ланцюгів $S_{max} = 20,77$.

Для одного ланцюга $S_{max} = 20,77 / 2 = 10,385$ кН.

$[n]$ – допустимий запас міцності; $[n] = 8$ [3].

$$n_{л} = \frac{112}{10,385} = 10,7 \geq [n] = 8. \quad (4.90)$$

Для пластинчастих ланцюгів відповідно до основного критерію працездатності зносостійкості шарнірів ланцюга – несуча здатність передачі може бути визначена з умови, щоб контактне напруження в шарнірах не перевищувало допустимих значень.

Допустима корисна сила $P_{л}$, кН, визначається за формулою

$$P_{л} = \frac{P_{ол}}{K_3} \geq S_{zp}, \quad (4.91)$$

де $P_{ол}$ – допустима корисна сила, яка може передаватися ланцюгом в середніх експлуатаційних умовах, кН;

K_3 – експлуатаційний коефіцієнт.

						АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата			

4.4. Визначення координати центру тяжіння елеватора

Складемо вагову відомість дані наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Вагова відомість елеватора

Найменування	Маса G, кН	X, м	$G \cdot x, \text{êÍ} \cdot \text{ì}$
Башмак	7,65	0,940	7,1910
Кожух	15,70	7,240	113,6680
Робочий орган	21,00	7,7140	161,9940
Корпус	4,40	13,880	61,0720
Вантажний вал	3,10	14,514	44,9934
Двигун	1,00	13,940	13,9400
Кришка	0,70	14,734	10,3138
Частина майданчика	5,20	13,460	69,9920
Редуктор	3,62	14,480	52,4176
Лоток до майданчика	3,24	13,040	42,2496
_	65,61		577,8314

Розрахункова схему елеватора в транспортному положенні зображена на рисунку 4.4.

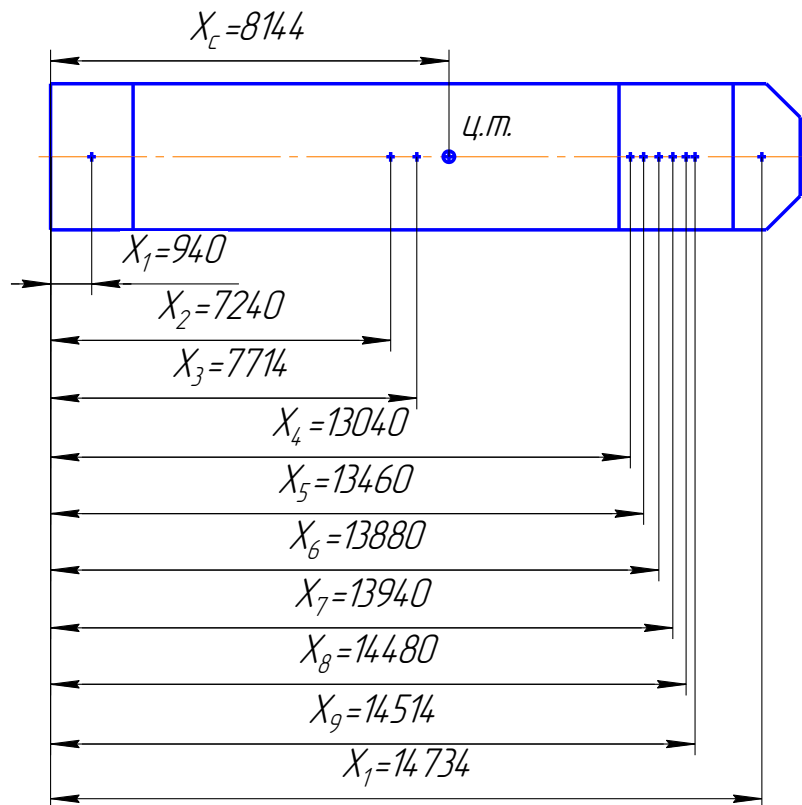


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема елеватора в транспортному положенні

Визначуваний центр тяжіння елеватора X_c , м, без урахування маси майданчика і лотка

$$X_c = \frac{\sum(G \cdot x)}{G} = \frac{465,5898}{57,17} = 8,144. \quad (4.97)$$

Позначимо центр тяжіння на схемі, яка зображена на рисунку 4.4.

4.5 Розрахунок вантажозахватних петель при підйомі елеватора, що знаходиться в горизонтальному положенні

Накреслимо схему розташування вантажозахватних петель на рисунку 4.5.

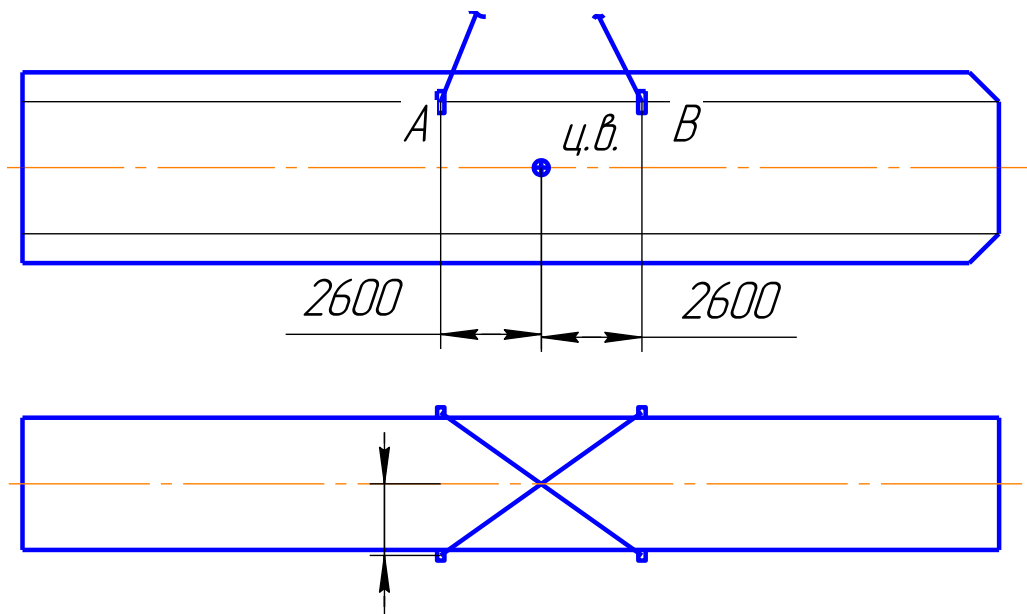


Рисунок 4.5 – Схема розташування вантажозахватних петель

Приймаємо, що петлі розташовані симетрично центру тяжіння на відстані 2600, мм, від нього.

Накреслимо на рисунку 4.6 розрахункову схему і визначимо зусилля, що діють на петлю.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ		Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата			

Приймаємо, що кут $\alpha = 45^\circ$

Обчислимо кут β , градус,

$$\beta = \arctg \frac{c}{b} = \arctg \frac{2,6}{0,44} = 80. \quad (4.98)$$

Визначимо зусилля S_y, S_z, S_x , кН,

$$S_y = \frac{G}{4} = \frac{57,17}{4} = 14,29. \quad (4.99)$$

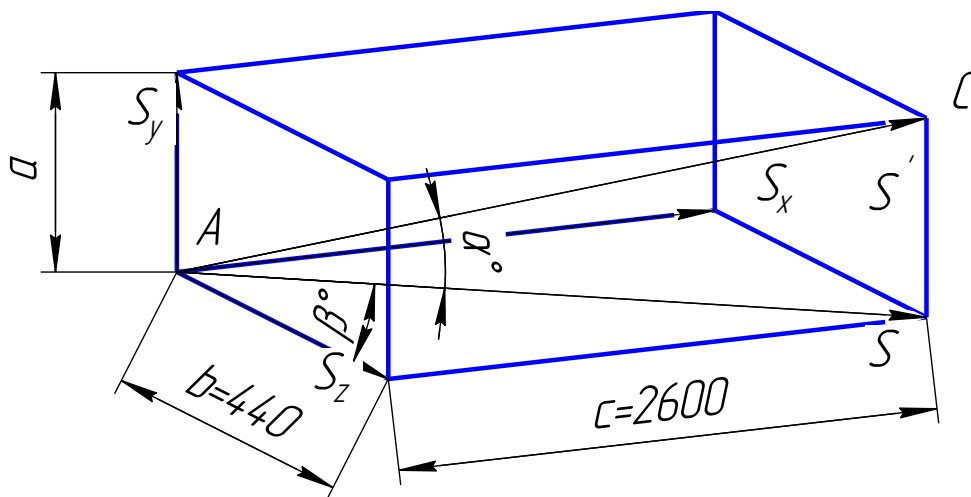


Рисунок 4.6 – Схема дії зусиль на вантажозахватну петлю

$$S' = \frac{S_y}{\sin \alpha} = \frac{14,29}{\sin 45^\circ} = 20,20, \quad (4.100)$$

$$S = S' \cdot \cos \alpha = 20,20 \cdot \cos 45^\circ = 14,28, \quad (4.101)$$

$$S_z = S \cdot \cos \beta = 14,28 \cdot \cos 80^\circ = 2,48, \quad (4.102)$$

$$S_x = S \cdot \sin \beta = 14,28 \cdot \sin 80^\circ = 14,06. \quad (4.103)$$

Накреслимо на рисунку 4.7 розрахункову схему вантажозахватної петлі.

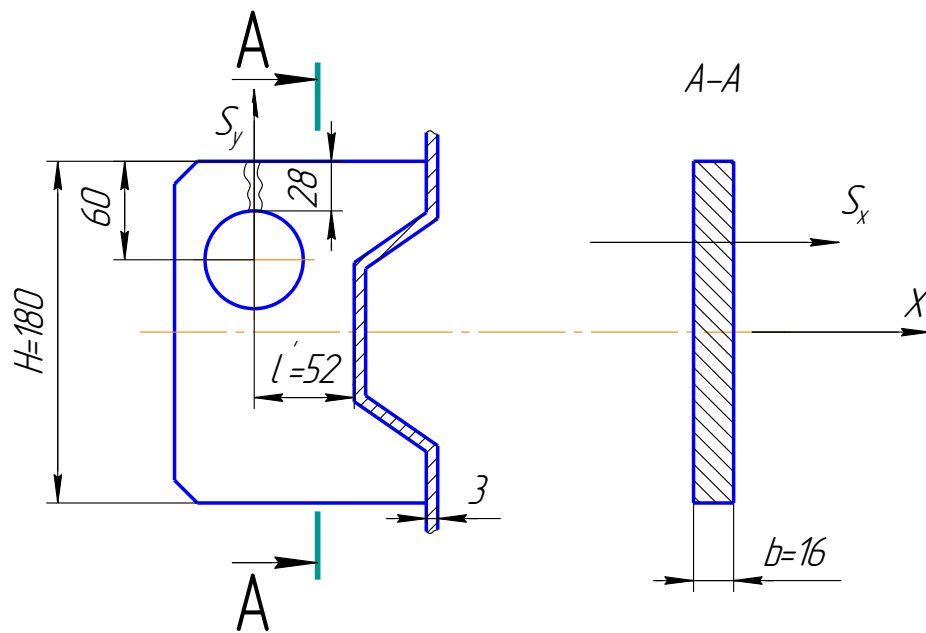


Рисунок 4.7 – Розрахункова схема вантажозахватної петлі

Розрахункова схема зварного шва показана на рисунку 4.8

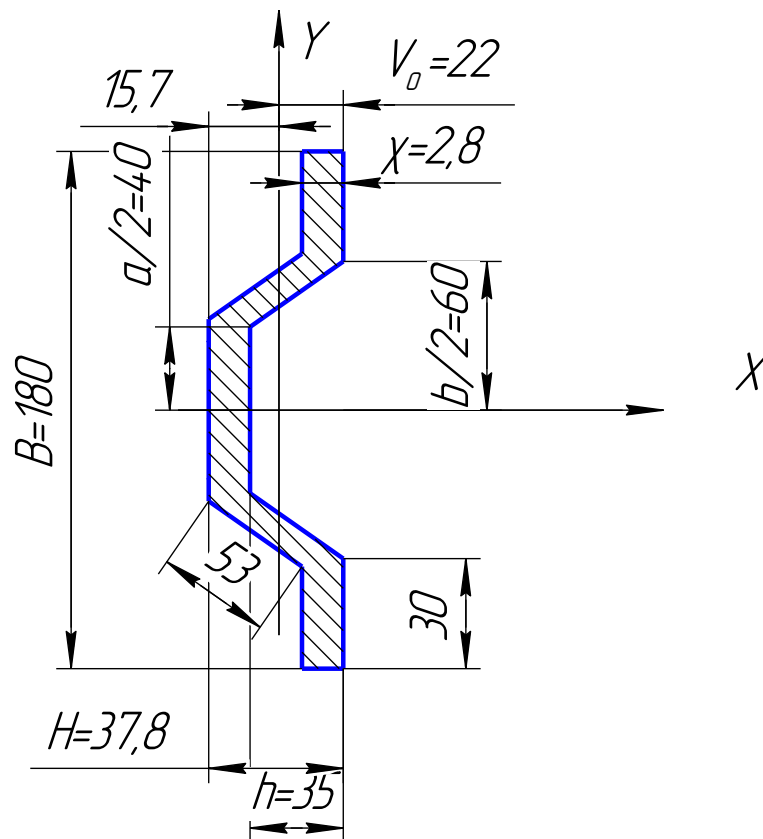


Рисунок 4.8 – Поперечний перетин зварного шва

Визначимо міцність зварних швів. Обчислимо напруження σ_3 , МПа, від сили S_x . Згинаюче напруження, визначимо за формулою

$$\sigma_3 = \frac{M_x}{W_{з.ш.}}, \quad (4.104)$$

де M_x – згинальний момент, кН·м;

$W_{з.ш.}$ – момент опору зварних швів перетину, м³.

Як видно з рисунків 4.7 та 4.8 згинальний момент обчислюється за формулою

$$M_x = S_x \cdot (l + X_c). \quad (4.105)$$

Визначимо товщину зварного шва χ , м,

$$\chi = 0,7 \cdot \Delta = 0,007 \cdot 4 = 0,028. \quad (4.106)$$

Обчислимо координату центру тяжіння фігури перетину зварного шва V_o , м, за формулою [11]

$$V_o = \frac{3BH^2 - h^2(b+2a)}{6BH - 3h(a+b)} = \frac{3 \cdot 0,18 \cdot 0,0378^2 - 0,035^2(0,12 + 2 \cdot 0,08)}{6 \cdot 0,18 \cdot 0,0378 - 3 \cdot 0,035(0,08 + 0,12)} = 0,0216. \quad (4.107)$$

Визначимо момент інерції фігури I_x , м⁴, за формулою [11]

$$I_x = I_u - F \cdot V_o^2, \quad (4.108)$$

де I_u – осьовий момент інерції перетину, м⁴;

F – площа поперечного перерізу зварного шва, м².

$$I_u = \frac{BH^3}{3} - \frac{h^3}{12}(b+3a) = \frac{180 \cdot 37,8^3}{3} - \frac{3,5^3}{12}(12+24) = 195 = 1,95 \cdot 10^{-6}, \quad (4.109)$$

$$F = ((0,003 + 0,0053) \cdot 2 + 0,008) \cdot 0,028 = 6,8 \cdot 10^{-4}, \quad (4.110)$$

$$F \cdot V_o^2 = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,022^2 = 0,33 \cdot 10^{-6}, \quad (4.111)$$

$$I_x = 1,95 \cdot 10^{-6} - 0,33 \cdot 10^{-6} = 1,62 \cdot 10^{-6}. \quad (4.112)$$

Обчислимо момент опору W_x , м³, поперечного перетину шва

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W_x = \frac{I_x}{V_o} = \frac{1,62 \cdot 10^{-6}}{0,022} = 73,6 \cdot 10^{-6}. \quad (4.113)$$

Так, як шов двосторонній, то момент опору зварних швів дорівнює

$$W_{з.ш.} = 2 \cdot W_x = 2 \cdot 73,6 \cdot 10^{-6} = 147 \cdot 10^{-6}. \quad (4.114)$$

$$\sigma_u = \frac{14,06(0,052 + 0,022)}{147 \cdot 10^{-6}} = 7,1. \quad (4.115)$$

Знайдемо напруження зсуву τ_x , МПа,

$$\tau_x = \frac{S_x}{2 \cdot F} = \frac{14,06}{2 \cdot 6,8 \cdot 10^4} = 10,3. \quad (4.116)$$

Визначимо сумарне напруження σ_c , МПа, з урахуванням коефіцієнта динаміки, який рівний 2-ом

$$\sigma_c = K_d \sqrt{\sigma_u^2 + 4\tau_x^2} = 2 \sqrt{7,1^2 + 4 \cdot 10,3^2} = 43,6. \quad (4.117)$$

Коефіцієнт запасу міцності n_m , за межею текучості

$$n_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_c} = \frac{220}{43,6} = 5,05. \quad (4.118)$$

Що значно більше допустимих значень. Отже, міцність зварних швів забезпечується.

Проушину вантажозахватного вуха перевіримо на зріз від дії сили S'

$$\tau_{зр} = \frac{S'}{2 \cdot F_{зр}}, \quad (4.119)$$

де $F_{зр}$ – площа зрізу, м²;

$$F_{зр} = b \cdot l = 0,016 \cdot 0,028 = 4,5 \cdot 10^{-4}. \quad (4.120)$$

Визначимо Напруження зрізу з врахуванням коефіцієнта динаміки, яке за [9] не повинно перевищувати 55 МПа,

$$\tau_{зр} = 2 \cdot \frac{20,20}{2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4}} = 44,8. \quad (4.121)$$

Перевіримо перетин А-А зображений на рисунку 4.7 від дії сил S_y, S_x .

Обчислимо напруження згину σ_y , МПа, від дії сили S_y

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_x}, \quad (4.122)$$

де M_y – згинальний момент, від дії сили S_y , кН·м;

W_x – момент опору перетину, м³.

$$M_y = S_y \cdot l' = 14,29 \cdot 0,052 = 0,743, \quad (4.123)$$

$$W_x = \frac{b \cdot H^2}{6} = \frac{1,6 \cdot 18^2}{6} = 86,4 = 86,4 \cdot 10^{-6}, \quad (4.124)$$

$$\sigma_y = \frac{0,743}{86,4 \cdot 10^{-6}} = 8,6. \quad (4.125)$$

Визначимо напруження згину σ_x , МПа, від дії сили S_x

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_y}, \quad (4.126)$$

$$M_x = S_x \cdot l' = 14,60 \cdot 0,052 = 0,7311, \quad (4.127)$$

$$W_x = \frac{H \cdot b^2}{6} = \frac{18 \cdot 1,6^2}{6} = 7,7 = 7,7 \cdot 10^{-6}, \quad (4.128)$$

$$\sigma_x = \frac{0,7311}{7,7 \cdot 10^{-6}} = 94,9. \quad (4.129)$$

Сумарне напруження σ_c , МПа, з урахуванням коефіцієнта динаміки

$$\sigma_c = 2\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = 2\sqrt{94,9^2 + 8,6^2} = 190,5. \quad (4.130)$$

Запас міцності за межею текучості

$$n_m = \frac{220}{190,5} = 1,15. \quad (4.131)$$

Так, як розрахунок вівся з урахуванням коефіцієнта динаміки, то такий запас міцності допускається. Отже, міцність вантажозахватних петель забезпечується.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ			Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата				

4.6. Розрахунок вантажозахватних петель при установці елеватора у вертикальне положення

На рисунку 4.9 накреслена розрахункова схему підйому елеватора. Найбільше напруження виникає в петлі у момент підняття елеватора із землі. З чотирьох петель при піднятті найбільше навантаження отримують дві як показано на рисунку 4.9.

Визначимо зусилля Q , кН, яке виникає в петлі при підйомі

$$Q = \frac{P \cdot l \cdot K_d}{L} = \frac{65,61 \cdot 8,144 \cdot 1,5}{15,138 \cdot 2} = 26,47. \quad (4.132)$$

У небезпечному перетині В-В петля може гнутися. Визначимо згинальний момент M_{32} , кН·м,

$$M_{32} = Q \cdot a = 26,47 \cdot 0,03 = 0,7941. \quad (4.133)$$

Момент опору W_x , м³, небезпечного перетину

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 1,6^2}{6} = 5,12 = 5,12 \cdot 10^{-6}. \quad (4.134)$$

Напруження в петлі σ_{32} , МПа, від згинального моменту

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} = \frac{0,7941}{5,12 \cdot 10^{-6}} = 155. \quad (4.135)$$

Запас міцності за межею текучості

$$n_m = \frac{[\sigma]_m}{\sigma_{13}} = \frac{220}{155} = 1,42. \quad (4.136)$$

Що в межах допустимих норм. Отже, міцність петлі при установці елеватора забезпечується.

Визначимо напруження в зварному шві τ_{36} , МПа,

$$\tau_{36} = \frac{Q}{F_{36}}, \quad (4.137)$$

де F_{36} – площа зварного шва, м².

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

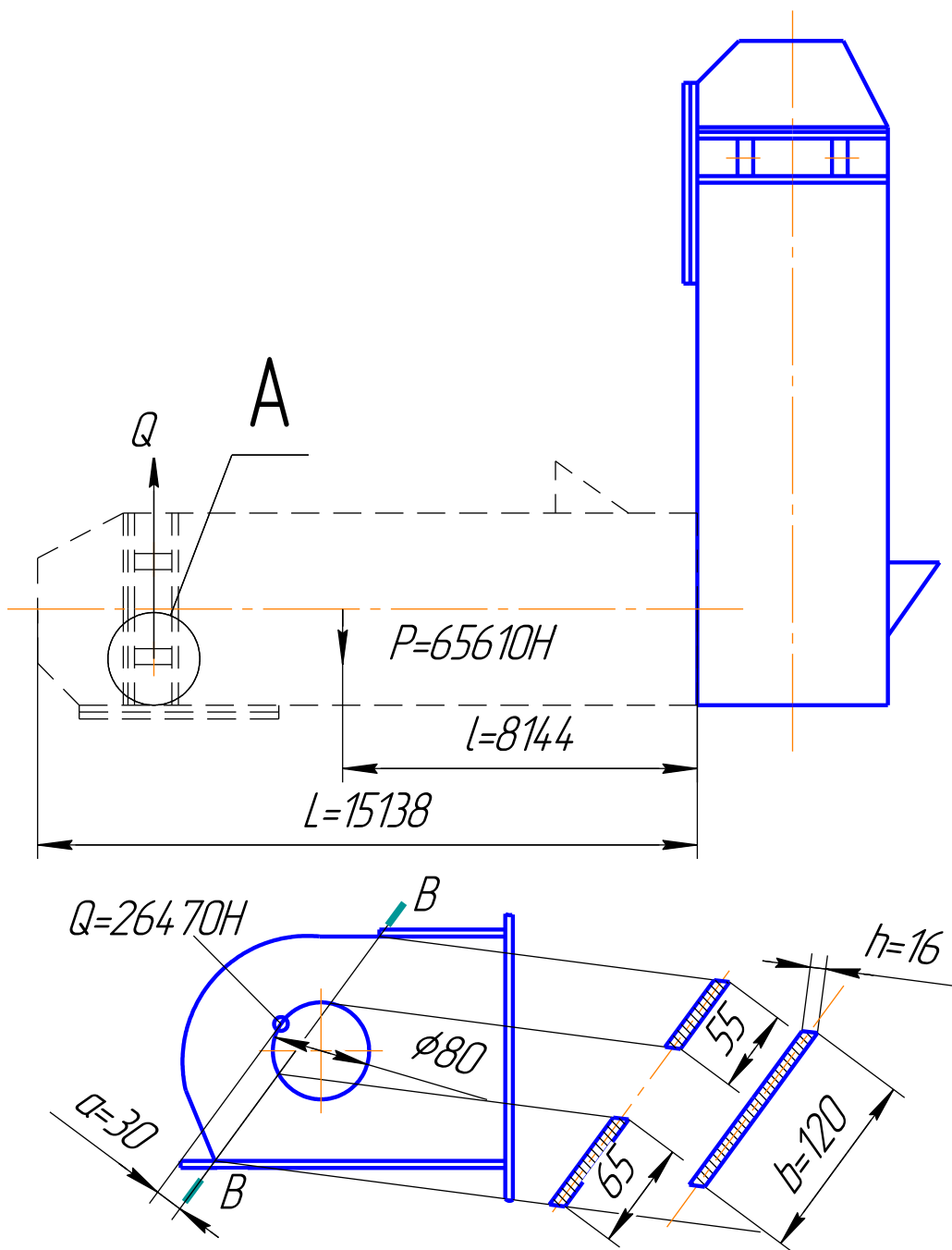


Рисунок 4.9 – Розрахункова схема підйому елеватора у вертикальне положення

$$F_{36} = (0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,165) + (0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,045) + (0,7 \cdot 0,003 \cdot 0,148) = 10,5 \cdot 10^{-4} \quad (4.138)$$

$$\tau_{36} = \frac{26,47}{2 \cdot 10,5 \cdot 10^{-4}} = 12,6 \quad (4.139)$$

$$\tau_{36} = 12,6 \ll [\tau_{36}] = 55 \quad (4.140)$$

Отже, міцність зварного шва забезпечується.

					Лист.
АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ					
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	

4.7. Розрахунок корпусу елеватора

4.7.1 Розрахунок корпусу на стійкість в робочому положенні

Розрахунок на стійкість проводиться за формулою [12]

$$\sigma_{\text{корп}} = \frac{P}{F_{\text{пер}}}, \quad (4.141)$$

де P – навантаження корпусу елеватора;

$F_{\text{пер}}$ – площа поперечного перетину елеватора.

Корпус елеватора розглянемо як стійку з одним затисненим кінцем.

Розрахункова схема корпусу наведена на рисунку 4.10.

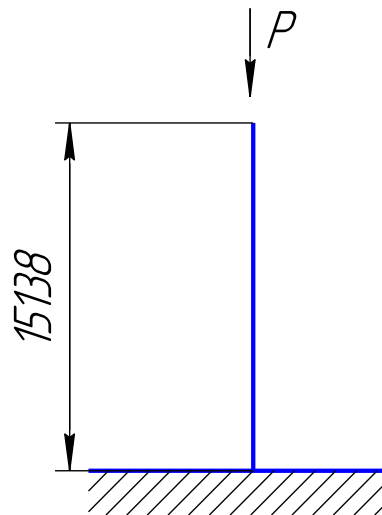


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема елеватора

Ескіз елеватора накреслений на рисунку 4.11.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

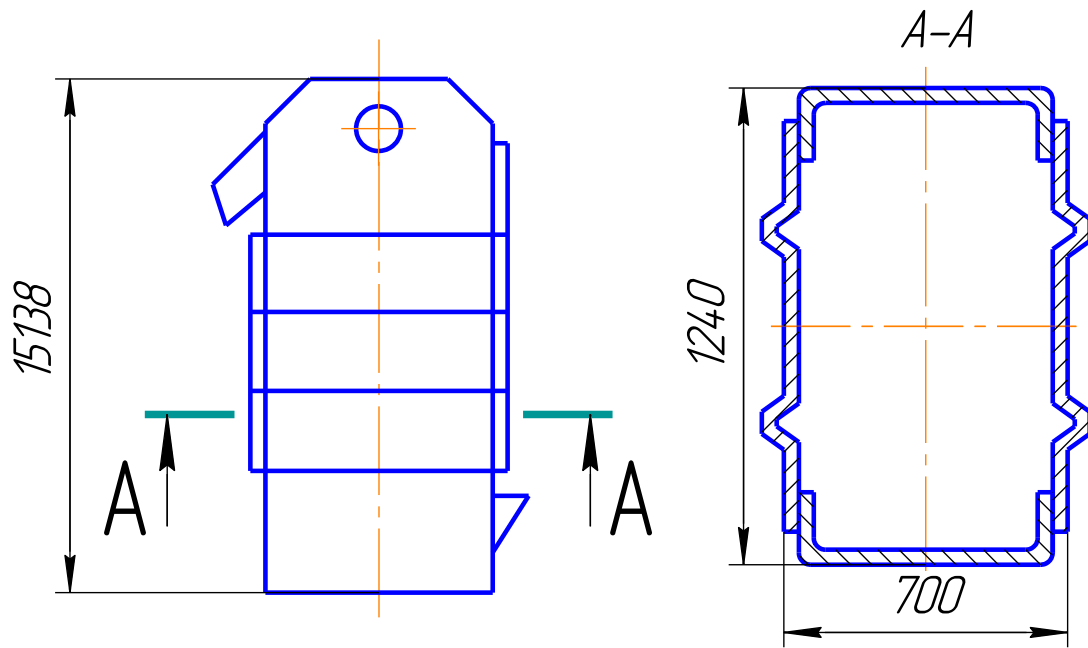


Рисунок 4.11 – Ескіз елеватора

Перевіримо на стійкість найбільш навантажений перетин А-А. Визначимо яке навантаження, P , кг, несе перетин від власної ваги (без башмака) і навантаження від натягуювантажного ланцюга, яка передається на кожух через опори вантажного валу.

$$P = \delta' + R'_A + R'_B = 57,96 + 16,39 + 21,54 = 95,89. \quad (4.142)$$

Визначимо розрахункову гнучкість корпусу, λ [12]

$$\lambda = \frac{M \cdot l}{i_{\min}}, \quad (4.143)$$

де M – коефіцієнт довжини; $\lambda = 2$ [12];

l – довжина корпусу, м; $l = 15,138$;

i_{\min} – мінімальний радіус інерції перетину, м;

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F_{\text{пер}}}}, \quad (4.144)$$

I_{\min} – мінімальний момент інерції перетину корпусу, м⁴;

$F_{\text{пер}}$ – площа перерізу корпусу, м².

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок проводимо для перетину А-А, який зображений на рисунку 4.11. Накреслимо розрахункову схему перерізу елеватора яка показану на рисунку 4.12.

$$I_{\min} = I_x = 4 \cdot (I_1 + F_1 \cdot y_1^2) + 2 \cdot (I_2 + F_2 \cdot y_2^2) + 2 \cdot (I_3 + F_3 \cdot y_3^2). \quad (4.145)$$

Обчислимо моменти інерції I_i , м^4 , елементів перерізу, та їхні площі F_i , м^2

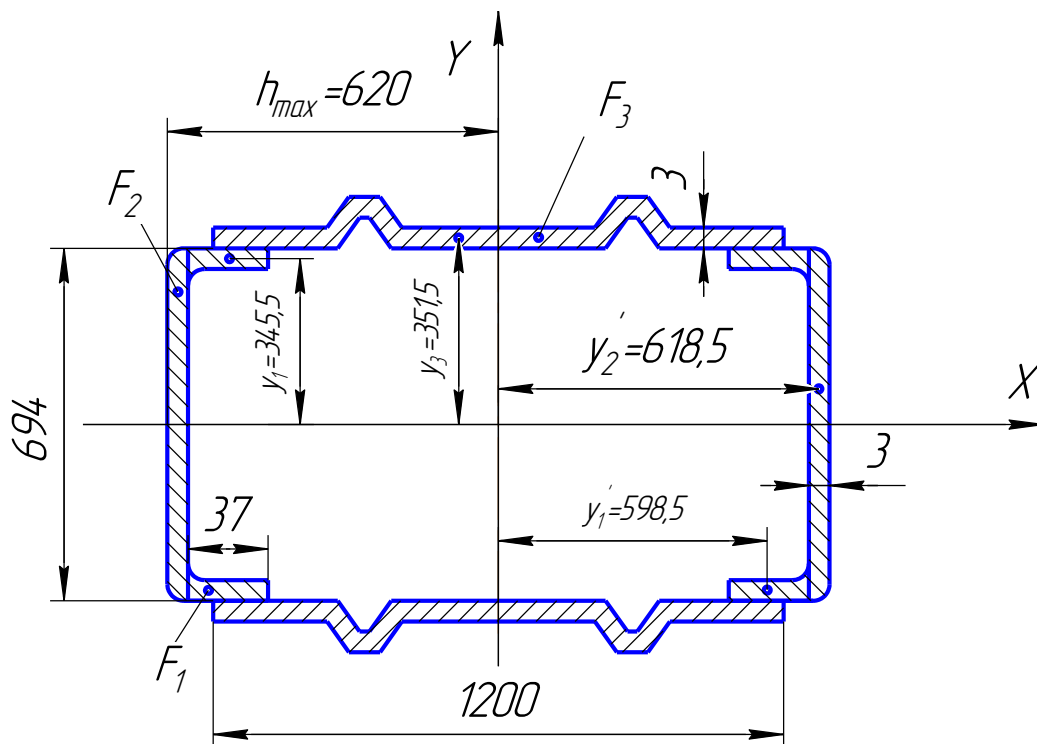


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема перерізу елеватора

$$I_1 = \frac{3,7 \cdot 0,3^3}{12} = 0,008 = 0,008 \cdot 10^{-8}, \quad (4.146)$$

$$F_1 = 3,7 \cdot 0,3 = 1,11 = 1,11 \cdot 10^{-4}, \quad (4.147)$$

$$I_2 = \frac{0,3 \cdot 69,4^3}{12} = 8356 = 8356 \cdot 10^{-8}, \quad (4.148)$$

$$F_2 = 69,4 \cdot 0,3 = 21 = 21 \cdot 10^{-4}, \quad (4.149)$$

$$I_3 = \frac{120 \cdot 0,3^3}{12} = 0,27 = 0,27 \cdot 10^{-8}, \quad (4.150)$$

$$F_3 = 120 \cdot 0,3 = 36 = 36 \cdot 10^{-4}, \quad (4.151)$$

$$I_{\min} = I_x = 4 (0,008 \cdot 10^{-8} + 1,11 \cdot 10^{-4} \cdot 0,34552) + 2 (8356 \cdot 10^{-8} + 21 \cdot 10^{-4} \cdot 0^2) + 2 (0,27 \cdot 10^{-8} + 36 \cdot 10^{-4} \cdot 0,35152) = 110970 \cdot 10^{-8} \quad (4.152)$$

$$F_{\text{пер}} = 4 \cdot 1,11 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 21 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 36 \cdot 10^{-4} = 118,4 \cdot 10^{-4} \quad (4.153)$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{110970 \cdot 10^{-8}}{118,4 \cdot 10^{-4}}} = 0,306 \quad (4.154)$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 15,138}{0,306} = 99 \quad \lambda < 100 \quad (4.155)$$

Критичне напруження, σ_K , МПа, визначимо по Ясинському [12]

$$\sigma_K = a - b \cdot \lambda \quad (4.156)$$

при цьому для сталі 3, при гнучкості від $\lambda = 40$ до $\lambda = 100$ коефіцієнти a і b можуть бути прийняті: $a = 336$, МПа, $b = 1,47$ МПа, [12]

$$\sigma_K = 336 - 1,47 \cdot 99 = 190,5 \quad (4.157)$$

$$\sigma_{\text{корп}} = \frac{P}{F_{\text{пер}}} = \frac{95,89}{118,4 \cdot 10^{-4}} = 8,1 \ll \sigma_K = 190,5 \quad (4.158)$$

Отже, стійкість корпусу елеватора забезпечується.

4.7.2 Розрахунок корпусу на міцність в робочому положенні

Визначимо напруження стиску σ_{cm} , МПа, з урахуванням коефіцієнта динаміки

$$\sigma_{cm} = \frac{K_d \cdot P}{F_{\text{пер}}} = \frac{2 \cdot 95,89}{118,4 \cdot 10^{-4}} = 16,2 \quad (4.159)$$

Обчислимо коефіцієнт запасу міцності за межею текучості n_m ,

$$n_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_{cm}} = \frac{220}{16,2} = 13,6 \quad (4.160)$$

Коефіцієнт запасу міцності значно більше допустимого 1,5.

Отже, міцність корпусу елеватора в робочому положенні забезпечується.

										Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	АБЗ 125 00.00.00.000073					

4.7.3. Розрахунок корпусу елеватора на міцність при навантажувально-розвантажувальних роботах

Розглянемо елеватор як балку на двох опорах (опорами вважаємо вантажозахватні петлі), навантажену рівномірно розподіленим навантаженням від ваги корпусу, робочого органу і зосередженими силами від ваги решти вузлів елеватора.

Розрахункова схема навантаження елеватора накреслена на рисунку 4.13
Знайдемо рівномірно розподілене навантаження g , кН/м,

$$q = \frac{G_2 + G_4 + G_3}{l}, \quad (4.161)$$

де G_2 – вага кожуха, кН; $G_2=15,7$;

G_4 – вага корпусу, кН; $G_4=4,40$;

G_3 – вага робочого органу, кН; $G_3=21$;

l – довжина елеватора, рівна $l=15,138$.

$$q = \frac{15,7 + 4,4 + 21}{15,138} = 2,7. \quad (4.162)$$

$$P_1 = G_1 = 7,65. \quad (4.163)$$

$$P' = G' = (P_5 + P_6 + P_8 + P_9 + P_{10}) = 16,16. \quad (4.164)$$

$$P_7 = G_7 = 0,70. \quad (4.165)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

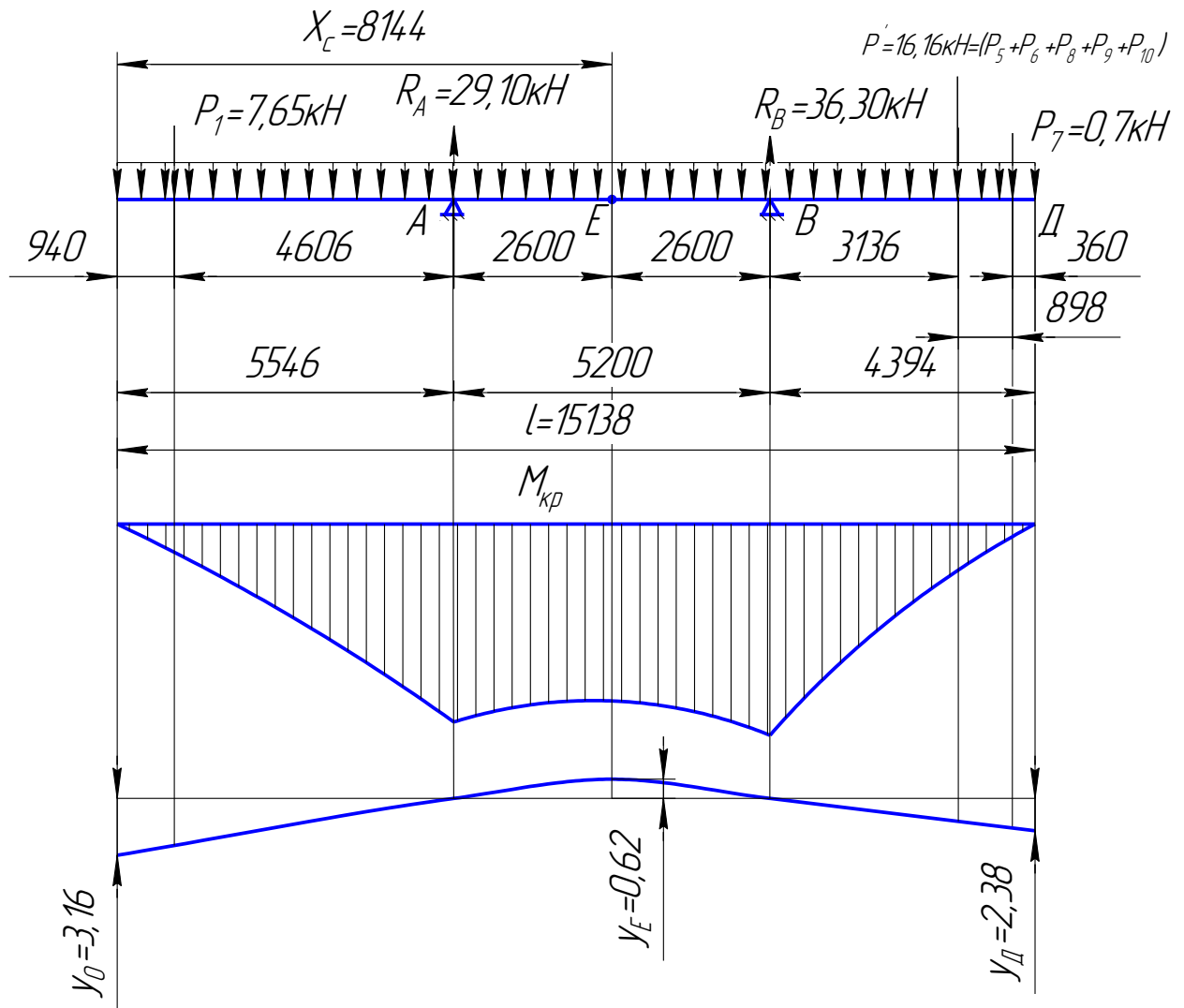


Рисунок 4.13 – Розрахункова схема елеватора на міцність

Визначимо величину опорних реакцій R_A та R_B , кг, з рівнянь статки

$$\sum M_A = -P_1 \cdot 4,604 - \frac{q \cdot 5,546^2}{2} - R_B \cdot 5,2 + \frac{q \cdot 9,594^2}{2} + P' \cdot 8,336 + P_7 \cdot 9,234 = 0 \quad (4.166)$$

$$R_B = \frac{1}{5,2} \left(-7,65 \cdot 4,604 - \frac{2,7 \cdot 5,546^2}{2} + \frac{2,7 \cdot 9,594^2}{2} + 16,16 \cdot 8,336 + 0,70 \cdot 9,234 \right) = 36,30 \quad (4.167)$$

Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-------	----------	-------	------

АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ

Лист.

$$\sum M_B = -P_1 \cdot 9,804 - \frac{q \cdot 10,744^2}{2} - R_A \cdot 5,2 + \frac{q \cdot 4,394^2}{2} + P_7 \cdot 3,136 + P_7 \cdot 4,034 = 0 \quad (4.168)$$

$$R_A = \frac{1}{5,2} \left(0,765 \cdot 9,804 + \frac{2,7 \cdot 10,744^2}{2} - \frac{2,7 \cdot 4,394^2}{2} - 16,16 \cdot 3,136 - 0,7 \cdot 4,034 \right) = 29,10 \quad (4.169)$$

Будуємо епюру згинальних моментів M , кН·м,

$$M_1 = -\frac{q \cdot 0,94^2}{2} = -\frac{2,7 \cdot 0,94^2}{2} = -1,1929, \quad (4.170)$$

$$M_A = -\frac{q \cdot 5,544^2}{2} - P_1 \cdot 4,604 = -\frac{2,7 \cdot 5,544^2}{2} - 7,65 \cdot 4,604 = -76,7141, \quad (4.171)$$

$$M_E = -\frac{q \cdot 8,144^2}{2} - P_1 \cdot 7,204 + R_A \cdot 2,60 = -\frac{2,7 \cdot 8,144^2}{2} - 7,65 \cdot 7,204 + 29,10 \cdot 2,60 = -68,9890 \quad (4.172)$$

$$M_B = -\frac{q \cdot 10,744^2}{2} - P_1 \cdot 9,804 + R_A \cdot 5,20 = -\frac{2,7 \cdot 10,744^2}{2} - 7,65 \cdot 9,804 + 29,10 \cdot 5,20 = -79,5159 \quad (4.173)$$

Максимальний згинальний момент M_{\max} , кН·м,

$$M_{\max} = M_B = -79,5159. \quad (4.174)$$

Визначимо напруження згину $\sigma_{\text{зі}}$, МПа, за формулою

$$\sigma_{\text{зі}} = \frac{M_{\max}}{W_y}, \quad (4.175)$$

де W_y – момент опору перерізу корпусу відносно осі Y , м³, схема показана на рисунку 4.12

$$W_y = \frac{I_y}{h_{\max}}, \quad (4.176)$$

I_y – момент інерції перетину кожуха, м⁴;

$$I_y = 4 \cdot (I_1' + F_1 \cdot y_1'^2) + 2 \cdot (I_2' + F_2 \cdot y_2'^2) + 2 \cdot (I_3' + F_3 \cdot y_3'^2), \quad (4.177)$$

$$I_1' = \frac{0,3 \cdot 3,7^3}{12} = 1,3 = 1,3 \cdot 10^{-8}, \quad (4.178)$$

					АБЗ 125 00.00.00.0000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$I_2 = \frac{69,4 \cdot 0,3^3}{12} = 0,16 \cdot 10^{-8}, \quad (4.179)$$

$$I_3 = \frac{0,3 \cdot 120^3}{12} = 43200 \cdot 10^{-8}, \quad (4.180)$$

$$I_y = 4 \cdot (1,3 \cdot 10^{-8} + 1,11 \cdot 10^{-4} \cdot 59,85^2) + 2(0,16 \cdot 10^{-8} + 21 \cdot 10^{-4} \cdot 61,85^2) + 2(43200 \cdot 10^{-8} + 36 \cdot 10^{-4} \cdot 0^2) = 262977 \cdot 10^{-8}, \quad (4.181)$$

h_{\max} – максимальна відстань від центру тяжіння до найбільш віддалених волокон, м; $h_{\max} = 0,62$.

$$W_y = \frac{262977 \cdot 10^{-4}}{0,62} = 4241 \cdot 10^{-6}. \quad (4.182)$$

$$\sigma_{32} = \frac{79,5159}{4241 \cdot 10^{-6}} = 18,7. \quad (4.183)$$

З урахуванням коефіцієнта динаміки

$$\sigma_{32}^0 = K_0 \cdot \sigma_{32} = 2 \cdot 18,7 = 37,4. \quad (4.184)$$

Запас міцності за межею текучості

$$n_m = \frac{220}{37,4} = 5,9, \quad (4.185)$$

що значно більше допустимого значення 1,5.

Отже, міцність елеватора при навантажувально-розвантажувальних роботах, забезпечується.

4.7.4 Розрахунок корпусу на жорсткість при навантажувально-розвантажувальних роботах

Визначимо прогини, користуючись методом початкових параметрів [12]

$$EI_y = EI_{y_0} + EI\theta_0 x + \sum M \frac{(x-a)^2}{2!} + \sum P \frac{(x-a)^3}{3!} + \sum \frac{q(x-a)^4}{4!}, \quad (4.186)$$

де $I_y = I$ – момент інерції, м⁴; $I_y = 262977 \cdot 10^{-8}$;

y – прогин в будь-якій точці балки, м;

y, θ_0 – прогин і кут повороту, визначається з умови закріплення на опорах;

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

x, a – абсциса точок, в яких визначається прогин і прикладається навантаження, м;

M – зосереджені моменти; $M = 0$;

P – зосереджені сили, кН;

q – рівномірно розподілене навантаження, кН/м.

Значення y , м, та θ_0 , рад., визначаємо з умови закріплення на опорах.

У нашому випадку прогин рівний нулю при X , рівному 5,544 м і 10,744 м.

Опора "А" – $x = 5,544$ м; $y = 0$.

$$O = EI_{y_0} + EI\theta_0 \cdot 5,544 + 0 - 7,65 \frac{(5,544 - 0,94)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{2,7(5,544 - 0)^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}, \quad (4.187)$$

$$EIy_0 + EI\theta_0 \cdot 5,544 = 230,7, \quad (4.188)$$

$$y_0 + 5,544\theta = \frac{230,7}{2 \cdot 10^8 \cdot 262977 \cdot 10^{-8}}, \quad (4.189)$$

$$y_0 + 5,544 \cdot \theta_0 = 0,000438, \quad (4.190)$$

$$y_0 = 0,000438 - 5,544 \cdot \theta_0. \quad (4.191)$$

Опора "В" – $x = 10,744$; $y = 0$

$$O = EI_{y_0} + EI\theta_0 \cdot 10,744 + 0 - \frac{7,65(10,744 - 0,94)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{29,10(10,744 - 5,544)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{2,7(5,544 - 0)^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}, \quad (4.192)$$

$$EIy_0 + EI\theta_0 \cdot 10,744 = 2018,60, \quad (4.193)$$

$$y_0 + 10,744\theta = \frac{2018,60}{2 \cdot 10^8 \cdot 262977 \cdot 10^{-8}}, \quad (4.194)$$

$$y_0 + 10,744 \cdot \theta_0 = 0,00384, \quad (4.195)$$

$$y_0 = 0,00384 - 10,744 \cdot \theta_0. \quad (4.196)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вирішимо систему двох рівнянь з двома невідомими і знайдемо значення y_0, θ_0

$$\begin{cases} y_0 = 0,000438 - 5,544 \cdot \theta_0 \\ y_0 = 0,00384 - 10,744 \cdot \theta_0 \end{cases}, \quad (4.197)$$

$$0 = 0,003402 - 5,2\theta_0, \quad (4.198)$$

$$\theta_0 = 0,00065, \quad (4.199)$$

$$y_0 = 0,000438 - 5,544 \cdot 0,00065 = -0,00316. \quad (4.200)$$

Визначимо прогин в точці "Д", $x = 15,138$, м,

$$\begin{aligned} EI_{y_0} = & EI(-0,00316) + EI \cdot 0,00065 \cdot 15,138 - \frac{7,65(1513,8 - 0,94)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \\ & + \frac{29,1(15,138 - 5,544)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{36,30(15,138 - 10,744)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{16,16(15,138 - 13,88)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} - \\ & - \frac{0,7(15,138 - 14,778)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{2,7(15,138 - 0)^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}, \end{aligned} \quad (4.201)$$

$$EIy_0 = 0,00668EI - 4766,14, \quad (4.202)$$

$$y_0 = 0,00668 - \frac{4766,14}{2 \cdot 10^8 \cdot 262977 \cdot 10^{-8}}, \quad (4.203)$$

$$y_0 = -0,00238. \quad (4.204)$$

Визначимо прогин посередині прольоту АВ, тобто в точці "Е", $x = 8,144$ м,

$$\begin{aligned} EI_{y_e} = & EI(-0,00316) + EI \cdot 0,00065 \cdot 8,144 - \frac{7,65(8,144 - 0,94)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \\ & + \frac{29,10(8,144 - 5,544)^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{2,7(8,144 - 0)^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}, \end{aligned} \quad (4.205)$$

$$EIy_e = 0,00213EI - 886,32, \quad (4.206)$$

$$y_e = 0,00213 - \frac{886,32}{2 \cdot 10^8 \cdot 262977 \cdot 10^{-8}}, \quad (4.207)$$

$$y_e = 0,00062. \quad (4.208)$$

На рисунку 4.13 будемо прогини в характерних точках.

Визначимо допустимий прогин $[y]$, м, за формулою

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$[y] = \left(\frac{1}{500} \dots \frac{1}{700} \right) l, \quad (4.209)$$

де l – довжина прольоту, м; $l = 5,20$.

$$[y] = \left(\frac{1}{500} \dots \frac{1}{700} \right) 5,20 = 0,0104 \dots 0,0074. \quad (4.210)$$

$$y_e = 0,00062 < [y] = 0,0074. \quad (4.211)$$

Отже, жорсткість елеватора при навантажувально-розвантажувальних роботах забезпечується.

4.8 Розрахунок на міцність болтів кріплення майданчиків обслуговування гарячого елеватора

Розрахункова схему майданчика обслуговування показана на рисунку 4.14

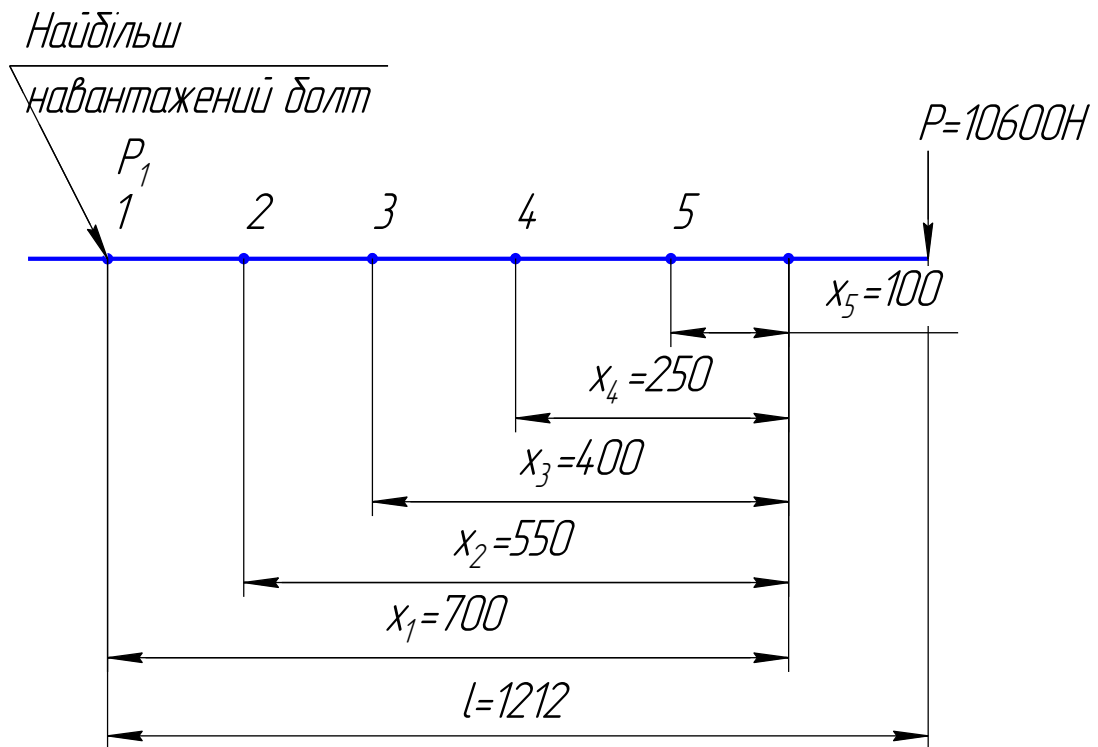


Рисунок 4.14 – Розрахункова схема майданчика обслуговування

Визначимо зусилля P , H , що діє на майданчик

$$P = Q_2 + 1,0 + Q_3 + 1,0 \cdot 4 + Q_4 + 1,0 = 880 + 1000 + 2620 + 4000 + 1100 + 1000 = 10600 \quad (4.212)$$

Розглянемо найбільш навантажені болти М12 і визначимо навантаження E_1, H , на ці болти за формулою

$$P_1 = \frac{M_{32} \cdot x_1}{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 + X_5^2}, \quad (4.213)$$

де M_{32} – згинальний момент, кН·м;

$$M_{32} = P \cdot l \cdot K_0 = 10600 \cdot 1,212 \cdot 1,5 = 19271. \quad (4.214)$$

$$P_1 = \frac{19271 \cdot 0,70}{0,70^2 + 0,55^2 + 0,40^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 13200. \quad (4.215)$$

Напруження розтягування осі σ_p , МПа, в різьбі М12.

Площа перетину болта М12, $F_0 = 0,0008 \text{ м}^2$.

$$\sigma_p = \frac{P_1}{F_0} = \frac{13200}{0,0008} = 16,5. \quad (4.216)$$

Що значно менше допустимого значення 132 МПа.

Отже, міцність кріплення майданчиків обслуговування гарячого елеватора, забезпечується.

5. Розділ «Охорона праці».

Заходи з охорони запропоновано по відомим державним стандартам та методикам такими як «ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві» та наведені в додатку 1.

					Лист.
					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	

Висновки

Проведений розрахунок гарячого елеватора асфальтозмішувальної установки показав можливість збільшення продуктивності “гарячого” елеватора, який використовується в технологічному процесі для транспортування мінеральних матеріалів, нагрітих до температури 200 °С, до 125 т/год, що підтверджується:

– двигун 4A132M4УЗ, потужністю 11 кВт, частотою обертання 1500 об./хв, забезпечує роботу елеватора;

– міцність вантажного валу забезпечується, $n_{\tau} = 5,6 > [n]_{\tau} = 1,8$;

– міцність шпонок вантажного валу забезпечується $\sigma_{зм} = 67,4 \text{ МПа} < [\sigma]_{зм} = 120 \text{ МПа}$;

– жорсткість вантажного валу забезпечується;

– вал задовольняє умовам витривалості;

– довговічність підшипників 3620 по ДСТУ 520:2014 «Підшипники кочення. Загальні технічні умови» складає 22986 год;

– міцність ланцюга забезпечується;

– розрахунок вантажозахватних петель при підйомі елеватора, що знаходиться в горизонтальному положенні, показав що їх міцність забезпечується $n_{\tau} = 1,15$;

– міцність вантажозахватних петель, при установці елеватора у вертикальне положення, забезпечується, так як запас міцності за межею текучості $n_{\tau} = 1,15$, що в межах допустимих норм;

– стійкість корпусу елеватора забезпечується, оскільки напруження стискання значно менше критичного напруження $\sigma_{ст} = 8,1 \text{ МПа} \ll \sigma_{к} = 190,5 \text{ МПа}$;

– міцність корпусу елеватора в робочому положенні забезпечується $n_{\tau} = 13,6$, що значно перевищує допустимі 1,5;

Лист.

АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ

Зм. Лист. № докум. Підп. Дата

– забезпечується міцність корпусу елеватора при навантажувально-розвантажувальних роботах так, як запас міцності за межею текучості рівний 5,9, що перевищує допустиме значення 1,5;

– жорсткість корпусу елеватора при навантажувально-розвантажувальних роботах забезпечується, оскільки розрахунковий прогин менше допустимого $y_E = 0,00062м < [y] = 0,0074м$;

– міцність болтів кріплення майданчиків обслуговування гарячого елеватора забезпечується $\sigma_p = 16,5 МПа < [\sigma]_p = 132 МПа$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Список літератури

1. ДСТУ ISO 7190:2013 «Підйимально-транспортне механічне устаткування безперервної дії. Елеватори ковшові.» Київ МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ
2. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин: підручник [В.С. Бондарєв, О.І. Дубинець, М.П. Колісник та ін.]. – К.: Вища шк., 2009. – 734 с.
3. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлице. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
4. Дирда В.І. Довідковий посібник розрахунків механізмів сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин: навчальний посібник / В.І. Дирда, Ю.М. Овчаренко - Дніпропетровськ, 2003. – 52 с.
5. Деталі машин: підручник / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
6. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення : навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х. : НТУ «ХПІ», 2009. – 248 с.

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вступ.....	.....
1. Призначення та галузі використання розробки.....	.....
2. Мета та задачі кваліфікаційної роботи .....	.....
3. Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційної роботи.....	.....
3 Визначення основних технічних показників елеватора.....	.....
4. Розрахунок проектного елеватора для транспортування гарячих мінеральних матеріалів.....	.....
5. Розділ «Охорона праці».....	.....
Висновки.....	.....
Список літератури.....	.....
Додатки.....	.....

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

5. Технологія машиодування

5.1 Призначення деталі та вибір виду заготовки

Виготовлення заготовок – це один із основних етапів машинобудівного виробництва, що визначає витрати матеріалів і енергії, трудомісткість виготовлення виробу та його якість.

В сучасному машинобудуванні існує багато способів виготовлення деталей та заготовок. Велика різноманітність, з одного боку, дає змогу суттєво підвищити якість деталей машин та ефективність їх виготовлення, з іншого – створює значні труднощі у виборі найкращого варіанта. При виборі виду заготовки необхідно брати до уваги конфігурацію, розміри, масу, матеріал, кількість, необхідну точність, шорсткість, якість поверхні, бажаний напрямок волокон готової деталі та інше.

Розробляючи технологічний процес виготовлення деталі необхідно дотримуватись двох принципів:

- технічного – полягає в забезпеченні виконання вимог які вказані на кресленні деталі;

- економічний – базується на виготовленні деталі з мінімальними витратами парці та з найменшою собівартістю.

В якості виробу на який будемо розробляти технологічний процес приймемо вал лопатевого змішувача.

Він наведений на кресленні АБЗ 125. 01.09.004

Оскільки проєктована деталь буде виготовлятися в малих кількостях (одиничний тип виробництва), то в якості заготовки будемо використовувати сортамент круглого прокату.

В проведених розрахунках було прийнято матеріал для виготовлення валу – Сталь 45 ДСТУ 7806:2015 з наступним поліпшенням.

						Лист.
					АБЗ 125 00.00.00.000073	
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2 Визначення припусків на механічну обробку

Припуск – це шар металу, який необхідно зняти з поверхні заготовки при виготовленні деталі, відповідно до вимог креслення і отримання необхідної точності та шорсткості.

Для досягнення необхідного квалітету точності та шорсткості поверхні необхідно провести операції по чорновому і чистовому проточуванні кожного діаметра вала, а також його шліфування (поверхні з шорсткістю $\sqrt{Ra1,25}$). Сума припусків на вище перелічені операції даватиме нам загальний припуск на механічну обробку деталі.

Припуски на чорнову та чистову обробку, а також на шліфування будемо визначати за таблицями довідника [1,2] дослідно-статистичним методом. Суть методу полягає у визначенні операційних припусків за таблицями, що розроблені для різних видів заготовок, в залежності від діаметру та довжини.

Визначимо припуски для вибору заготовки для виготовлення вала. Визначені операційні припуски заносимо до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Операційні припуски на механічну обробку вала

Операція та проміжні величини	Значення	
	Розмір, мм	Припуск, мм
1 Розмір поверхні за кресленням	90	–
2 Припуск на шліфування	–	–
3 Розмір після чистового обточування	90	–

Продовження таблиці 5.1

Операція та проміжні величини	Значення	
	Розмір, мм	Припуск, мм
4 Припуск на чистове обточування	–	3
5 Розмір після чорнового обточування	93	–
6 Припуск на чорнове обточування	–	5
7 Загальний припуск	–	8
8 Розмір заготовки	98	–

Заготовку для виготовлення вала показано на рисунку 5.1.

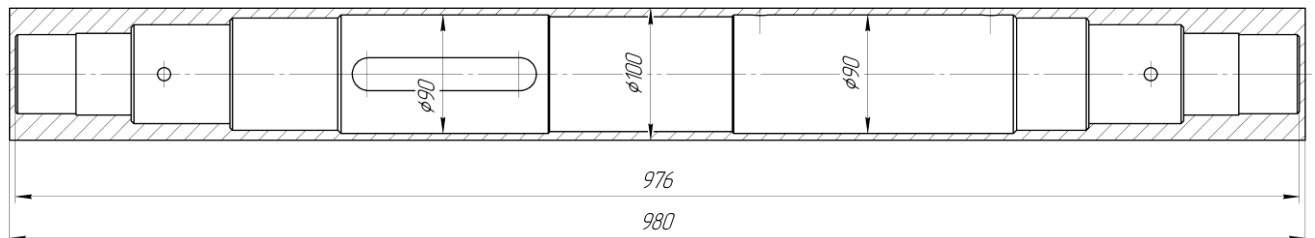


Рисунок 5.1 – Заготовка для виготовлення вала

Врахувавши припуски на фрезерування торців, остаточно приймаємо в якості заготовки круглий прокат $\varnothing 100$ мм та довжиною 980 мм.

5.3 Розробка маршрутів виготовлення валу та схем базування

Маршрут виготовлення деталі – це укрупнений план обробки заготовки. Метою цього етапу є призначення загального плану обробки деталей, побудова технологічного маршруту та попередній вибір обладнання. В подальшому, в разі зміни типу виробництва деталі, програм виготовлення

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

деталей та іншого, цей маршрут може змінюватись. В якості початкового матеріалу використовуються заводські маршрутні технологічні процеси.

При розробці маршруту виготовлення деталі слід враховувати наступні рекомендації:

- в останню чергу потрібно обробляти ті поверхні, до яких висувається найбільша кількість вимог, щодо якості поверхонь та їх точності;
- від підготовлених на перших операціях технологічних баз планують обробку наступних поверхонь;
- при проектуванні маршруту обробки необхідно, по можливості, скорочувати кількість переустановок деталі, та шлях транспортування деталі;
- технологічний контроль необхідно проводити в кінці технологічного процесу чи перед термічною обробкою деталі, якщо вона має місце.

Виходячи з конструктивного призначення проекрованої деталі, можемо зробити висновок, що ця деталь відносяться до класу з відповідальними поверхнями. Відповідальними є:

- поверхні діаметром $\varnothing 60_{js6} \pm 0,0095$ мм – поверхні на які насаджуються підшипники;

Для забезпечення необхідної точності та якості поверхонь складемо план технологічних операцій та виберемо базові поверхні.

При складанні плану технологічних операцій будемо користуватися кресленням та типовим технологічним процесом виготовлення деталі типу “вал”.

Запишемо технологічні операції, необхідні для виготовлення валу:

- відрізна операція – відрізати заготовку, із круглого прокату $\varnothing 100$ мм, довжиною 980 мм;
- фрезерна операція – фрезерувати торці заготовки 1 в розмір $976 \pm 1,6$ мм;
- свердлильна операція – центрувати торці 1 і свердлити отвори 2;
- різьбонарізна – нарізати різьбу в отворах 2;

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

- токарна операція – точити начорно поверхні 3, 5 і 6;
- токарна операція – точити начорно поверхні 13, 15, 16 і 18;
- токарна операція – точити начисто поверхні 13, 14, 15, 16 і 17, точити фаски 19, 21, 22 і 23 і канавку 20;
- токарна операція – точити начисто поверхні 3, 4, 5, 6 і 7 точити фаски 8, 10, 11 і 12 і канавку 9;
- свердлильна операція – свердлити отвори 24 на поверхнях 5 і 15;
- свердлильна операція – свердлити отвори 25 на поверхні 3;
- фрезерна операція – фрезерувати шпонковий паз 26 на поверхні 13;
- термічна – гартування 840°C (вода) + відпуск 400°C; HB200...210;
- шліфувальна операція – шліфувати поверхню 17;
- шліфувальна операція – шліфувати поверхню 7;
- слюсарна операція – притупити гострі кромки і зачистити задирки;
- контрольна операція – контролювати геометричні розміри деталі.

Перед свердлильними операціями необхідно провести розмітку центрів отворів з обов’язковим їх кернуванням.

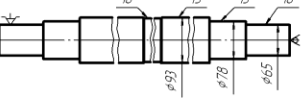
Для забезпечення виконання вище перелічених операцій з необхідною точністю та якістю поверхні, важливим є правильність вибору базування деталі при виконанні тієї чи іншої операції. Для деталі типу ”вал“ базовими поверхнями можуть бути центрові отвори та поверхні заготовки.

Базування, при виготовленні валу, враховуючи план технологічних операцій, будемо проводити згідно таблиці 5.2.

За планом технологічних операцій та прийнятими базовими поверхнями можемо розробити маршрут виготовлення валу. Маршрут виготовлення валу оформимо у вигляді маршрутної-операційної карти за ДСТУ 2391:2010.

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000013</i>	<i>Лист.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 5.2 – Базування заготовки при виготовленні вала

Назва операції	Зміст операції	Базові поверхні	Схема базування
Відрізна	Відрізати заготовку довжиною 980 мм	Зовнішня поверхня	
Фрезерна	Фрезерувати торці вала 1 в розмір $976 \pm 1,6$	Зовнішня поверхня	
Свердлильна	Центрувати торці 1 свердлити отвори 2 і нарізати в них різьбу	Зовнішня поверхня	
Токарна	Точити начорно поверхні 3, 5 і 6	Зовнішня поверхня центровий отвір	
Токарна	Точити начорно поверхні 13, 15, 16 і 18	Зовнішня поверхня центровий отвір	
Токарна	Точити начисто поверхні 13, 14, 15, 16 і 17, канавку 20, фаски 19, 21, 22 і 23	Зовнішня поверхня центровий отвір	
Токарна	Точити начисто поверхні 3, 4, 5, 6 і 7, канавку 9, фаски 8, 10, 11 і 12	Зовнішня поверхня центровий отвір	
Свердлильна	Свердлити отвори 24	Зовнішня поверхня	
Свердлильна	Свердлити отвори 25	Зовнішня поверхня	
Фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз 26	Зовнішня поверхня	
Термічна	гартування 840°C (вода) + відпуск 400°C ; НВ 200...210	—	
Шліфувальна	Шліфувати поверхні 7 і 17	Зовнішня поверхня центровий отвір	

Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-------	----------	-------	------

– для фрезерування шпонкового пазу – вертикально-фрезерний верстат; закріплювати заготовку на верстаті будемо за допомогою лещат ДСТУ EN 1143-1:2019; фрезерування виконуватимемо шпоночною фрезою Ø25 мм ДСТУ ISO 240:2015;

– шліфування будемо проводити на круглошліфувальному верстаті моделі ЗБ161; для закріплення заготовки на верстаті – патрон повідковий і обертовий центр ДСТУ ІЕС 60745-1:2010; в якості ріжучого інструменту приймемо шліфувальний круг ПП 200×50×32 24А 10-П С2 7 К5 30 м/с А1 кл ДСТУ ISO 603-4:2019.

Для розмітки будемо використовувати: плиту розміточну, циркуль розміточний, креслярки, транспортир, керна.

Для контролювання геометричних розмірів готового вала та якості поверхонь будемо користуватися наступним контрольно-вимірвальним інструментом: лінійки 0-300, 0-500 і 0-1000 ДСТУ ГОСТ 427:2000, калібр М10×1,5-7Н, штангенциркуль ШЦ-I; 0-125; 0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009, зразки шорсткості поверхонь ДСТУ 8324:2015, мікрометр МК 50-75 ГОСТ 6307-90, твердомір.

Вибрані верстати, пристосування, ріжучий та вимірвальний інструмент запишемо в маршрутно-операційну карту.

5.5 Визначення режимів різання

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі необхідним є визначення режимів різання для механічної обробки кожної поверхні заготовки, так, як правильно визначені режими різання при механічній обробці деталі забезпечують оптимальне значення норм часу на виконання операції при допустимих зусиллях різання і потужності. До основних показників режимів різання відносять:

– глибина різання t , мм;

											Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	АБЗ 125 00.00.00.000073						

- подача різання S , мм/об.;
- швидкість різання V , м/хв;
- частота обертання шпинделя верстата n , об./хв.

Величина режимів різання визначається за емпіричними формулами або вибирається за спеціальними таблицями. Визначені чи обрані величини режимів різання необхідно порівняти з технічними даними верстата, на якому буде проводитися та чи інша механічна обробка.

Для прикладу розрахунку візьмемо поверхню 13 і визначимо для неї показники режиму різання для чорнового проточування заготовки.

Дана поверхня буде оброблятися на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62, який має наступну технічну характеристику:

- частота обертання шпинделя верстата n , об./хв – 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500-2000;
- подача різання S , мм/об. – 0,47, 0,52, 0,57, 0,61, 0,7, 0,78, 0,87;
- найбільша допустима сила механізму поздовжньої подачі P_x , Н – 3600;
- потужність електродвигуна N , кВт – 10;
- потужність на шпинделі $N_{шп}$, кВт – 7,6-8,5.

Визначення величин режиму різання, при механічній обробці поверхонь 3 і 13, будемо проводити за таблицями [1].

Глибина різання, при величині припуску на чорнову обробку поверхонь 3 і 13 рівного 5 мм, становитиме $t = 2,5$ мм.

Відповідно до “Нормативів”, по таблиці “Подача для чорнового зовнішнього проточування” рекомендована подача, при чорновому проточуванні сталюї круглої заготовки Ø100 мм різцем, із розміром державки 25×25 мм, і глибиною різання до 3 мм, лежить в межах $S = 0,8-1,0$ мм/об.. Із рекомендованого проміжку, вибираємо значення, найближче до

						Лист.
					<i>AБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

стандартного, для даного верстату, згідно його технічної характеристики. Тоді, $S = 0,87 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання, для обробки сталі з часовим опором розриву $\sigma_g = 750 \text{ МПа}$, при глибині різання $t = 2,5 \text{ мм}$ і подачі $S = 0,78 \text{ мм/об.}$, становить $V = 73 \text{ м/хв}$ – при куті у плані $\varphi = 45^\circ$ та $V = 65 \text{ м/хв.}$ – при $\varphi = 90^\circ$.

Визначимо силу подачі P_x , Н, яка виникатиме при вибраному режимі. За таблицею “Сила подачі” при проточуванні поверхні із глибиною різання $t = 2,5 \text{ мм}$, подачею $S = 0,87 \text{ мм/об.}$, різцем, з кутом у плані рівним $\varphi = 45^\circ$ та швидкістю різання $V = 73 \text{ м/хв}$, сила подачі значно менше найбільш допустимої сили поздовжньої подачі, для токарно-гвинторізного верстата 1К62, яка становить $P_x = 3600 \text{ Н}$. Отже, вибрані показники не обмежуватимуть режим різання верстата.

За встановленою швидкістю різання визначаємо необхідну частоту обертання шпинделя станка n , об./хв, за наступною формулою

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (5.1)$$

де V – швидкість різання, м/хв; згідно вибраного режиму різання, $V = 73 \text{ м/хв}$;

D – діаметр заготовки, мм; згідно таблиці 5.1 $D = 100 \text{ мм}$.

Тоді, необхідна частота обертання шпинделя станка n , об./хв, для чорнового проточування поверхні 13, буде рівна

$$n = \frac{1000 \cdot 73}{3,14 \cdot 100} = 232,5. \quad (5.2)$$

Отриману частоту обертання шпинделя узгоджуємо із паспортними даними верстата. Отже, приймаємо частоту обертання шпинделя рівною $n = 250 \text{ об./хв}$.

Тоді фактична швидкість різання V , м/хв, буде рівна

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 250}{1000} = 78,5. \quad (5.3)$$

Перевіряємо підібраний режим різання за потужністю. За таблицею “Потужність, яка потрібна на різання” для обробки сталі з часовим опором розриву $\sigma_g = 750 \text{ МПа}$, при глибині різання $t = 2,5 \text{ мм}$, подачі $S = 0,87 \text{ мм/об.}$ і швидкості різання $V = 78,5 \text{ м/хв}$, потужність на шпинделі, дорівнює $N_{\text{шп}} = 4,1 - 4,9 \text{ кВт}$.

Згідно з паспортними даними верстата, потужність на шпинделі допускається $N_{\text{шп}} = 7,6 - 8,5 \text{ кВт}$. Можна зробити висновок, що обрані показники режиму різання допустимі.

Отже, для чорнової проточки поверхонь 3 і 13, на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62, прийняті наступні показники режиму різання:

- глибина різання t , мм – 2,5;
- подача різання S , мм/об. – 0,87;
- швидкість різання V , м/хв – 78,5;
- частота обертання шпинделя верстата n , об./хв – 250.

Для механічної обробки решти поверхонь, визначення показників режимів різання проводяться аналогічним методом.

5.6 Нормування часу на виготовлення валу

Нормування часу на окремі операції при виготовленні вала будемо проводити за рекомендаціями [1].

Час, необхідний для проведення оброблювальної операції T , хв, визначається згідно наступної формули

$$T = T_{\text{он}} + T_{\text{дон}}, \quad (5.4)$$

де $T_{\text{он}}$ – операційний час, хв; визначається за формулою

						АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата			

$$T_{on} = T_o + (30 - 50)\% \cdot T_o, \quad (5.5)$$

T_o – основний час, необхідний на виконання цієї чи іншої операції, хв; може бути визначений за емпіричними формулами в залежності від діаметра заготовки і довжини поверхні, що обробляється, або згідно наступної формули

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (5.6)$$

L – довжина поверхні, що обробляється, мм; визначаємо згідно креслення деталі;

i – кількість проходів на одній поверхні;

n – частота обертання шпинделя, об./хв приймаємо згідно визначених показників режиму різання;

S – подача різання, мм/об.; приймаємо згідно визначених показників режиму різання;

$T_{дон}$ – допоміжний час, пов'язаний з технічним обслуговуванням та фізичними потребами, хв; визначається за формулою

$$T_{дон} = (5 - 8)\% \cdot T_{on}. \quad (5.7)$$

Розрахунок основного технологічного часу, необхідного для виконання операцій, за формулою (5.6), проведемо лише для чорнового обточування поверхонь 3 і 13. Основний технологічний час T_o , хв, необхідний для проведення решти операцій, під час виготовлення валу, визначимо за емпіричними формулами.

Отже, основний час $T_{овідр}$, хв, необхідний для відрізання заготовки, визначимо наступним чином

$$T_{овідр} = 0,19 \cdot 10^{-3} \cdot B^2, \quad (5.8)$$

де B – сторона або діаметр заготовки, мм.

Тоді основний час $T_{овідр}$, хв, дорівнює

									Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	АБЗ 125 00.00.00.000073				

$$T_{o_{відр}} = 0,19 \cdot 10^{-3} \cdot 100^2 = 1,9. \quad (5.9)$$

Операційний час $T_{on_{відр}}$, хв, згідно формули (5.5) дорівнює

$$T_{on_{відр}} = 1,9 + 0,4 \cdot 1,9 = 2,66. \quad (5.10)$$

Тоді згідно формули (5.7) допоміжний час $T_{дон_{відр}}$, хв, буде рівний

$$T_{дон_{відр}} = 0,065 \cdot 2,66 = 0,17. \quad (5.11)$$

Час, необхідний для відрізання заготовки $T_{відр}$, хв, згідно формули (5.4) дорівнює

$$T_{відр} = 2,66 + 0,17 = 2,83. \quad (5.12)$$

Час, необхідний для фрезерування торців вала 1 і 2, $T_{фрез}$, хв, дорівнює

$$T_{o_{фрез1}} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot B = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 0,4, \quad (5.13)$$

$$T_{on_{фрез1}} = 0,4 + 0,4 \cdot 0,4 = 0,56, \quad (5.14)$$

$$T_{дон_{фрез1}} = 0,065 \cdot 0,56 = 0,04, \quad (5.15)$$

$$T_{фрез1} = 0,56 + 0,04 = 0,6, \quad (5.16)$$

$$T_{фрез2} = T_{фрез1} = 0,6, \quad (5.17)$$

$$T_{фрез1,2} = 0,6 \cdot 2 = 1,2. \quad (5.18)$$

Час необхідний для розмітки розташування центрових отворів і 2 приймемо рівним $T_{розм1} = 5$ хв.

Час, необхідний для свердління центрових отворів на торцях 1 і 2, $T_{центр}$, хв, визначається за формулою

$$T_{o_{центр}} = 0,52 \cdot 10^{-3} \cdot D_{отв} \cdot L, \quad (5.19)$$

де $D_{отв}$ – діаметр центрального отвору, мм;

L – глибина отвору, мм;

$$T_{o_{центр1}} = 0,52 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 12,2 = 0,04, \quad (5.20)$$

$$T_{on_{центр1}} = 0,04 + 0,4 \cdot 0,04 = 0,056, \quad (5.21)$$

Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		Лист.
					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	

$$T_{\text{дон}_{\text{центр}1}} = 0,065 \cdot 0,056 = 0,004, \quad (5.22)$$

$$T_{\text{центр}1} = 0,056 + 0,004 = 0,06, \quad (5.23)$$

$$T_{\text{центр}2} = T_{\text{центр}1} = 0,06, \quad (5.24)$$

$$T_{2\text{центр}} = 0,06 + 0,06 = 0,12. \quad (5.25)$$

Час, необхідний для свердління отворів 2, $T_{\text{свердл}}$, хв, рівний

$$T_{\text{о}_{\text{свердл}2}} = 0,52 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 28 = 0,12, \quad (5.26)$$

$$T_{\text{он}_{\text{свердл}2}} = 0,12 + 0,4 \cdot 0,12 = 0,17, \quad (5.27)$$

$$T_{\text{дон}_{\text{свердл}2}} = 0,065 \cdot 0,17 = 0,01, \quad (5.28)$$

$$T_{\text{свердл}2} = 0,17 + 0,01 = 0,18, \quad (5.29)$$

$$T_{\text{свердл}2} = 0,18 \cdot 4 = 0,72. \quad (5.30)$$

Час, необхідний для нарізання різьби в отворах, $T_{\text{різьб}}$, хв, визначається наступним чином

$$T_{\text{о}_{\text{різьб}}} = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot D_{\text{отв}} \cdot L, \quad (5.31)$$

де $D_{\text{отв}}$ – діаметр отвору, мм;

L – глибина на яку нарізається різьба, мм;

$$T_{\text{о}_{\text{різьб}2}} = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 22 = 0,08, \quad (5.32)$$

$$T_{\text{он}_{\text{різьб}2}} = 0,08 + 0,4 \cdot 0,08 = 0,11, \quad (5.33)$$

$$T_{\text{дон}_{\text{різьб}2}} = 0,065 \cdot 0,11 = 0,01, \quad (5.34)$$

$$T_{\text{різьб}2} = 0,11 + 0,01 = 0,12, \quad (5.35)$$

$$T_{\text{різьб}2} = 0,12 \cdot 4 = 0,48. \quad (5.36)$$

Час, необхідний для чорнового проточування поверхні 3, $T_{\text{чорн}3}$, хв, рівний

$$T_{\text{о}_{\text{чорн}3}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{571 \cdot 2}{250 \cdot 0,87} = 5,25, \quad (5.37)$$

						<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			

$$T_{оп_чорн3} = 5,25 + 0,4 \cdot 5,25 = 7,35, \quad (5.38)$$

$$T_{доп_чорн3} = 0,065 \cdot 7,35 = 0,48, \quad (5.39)$$

Повний час, необхідний для чорного проточування поверхні 3 $T_{чорн3}$, хв, дорівнює

$$T_{чорн3} = 7,35 + 0,48 = 7,83. \quad (5.40)$$

Визначимо час $T_{чорн5}$, хв, для чорного проточування поверхні 5. Так, як проточування відбувається в три проходи, будемо мати

$$T_{о_чорн5} = T_{о_чорн5}^1 + T_{о_чорн5}^2 + T_{о_чорн5}^3 = 2,53 + 2,4 + 2,26 = 7,19, \quad (5.41)$$

$$T_{о_чорн5}^1 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 93 \cdot 160 = 2,53, \quad (5.42)$$

$$T_{о_чорн5}^2 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 88 \cdot 160 = 2,4, \quad (5.43)$$

$$T_{о_чорн5}^3 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 83 \cdot 160 = 2,26, \quad (5.44)$$

$$T_{оп_чорн5} = 7,19 + 0,4 \cdot 7,19 = 10,07, \quad (5.45)$$

$$T_{доп_чорн5} = 0,065 \cdot 10,07 = 0,65. \quad (5.46)$$

Повний час, необхідний для чорного проточування поверхні 5 $T_{чорн5}$, хв, буде рівний

$$T_{чорн5} = 10,07 + 0,65 = 10,72. \quad (5.47)$$

Визначимо час $T_{чорн6}$, хв, для чорного проточування поверхні 6. Так, як проточування відбувається в три проходи, будемо мати

$$T_{о_чорн6} = T_{о_чорн6}^1 + T_{о_чорн6}^2 + T_{о_чорн6}^3 = 1,17 + 1,1 + 1,03 = 3,3, \quad (5.48)$$

$$T_{о_чорн6}^1 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 78 \cdot 88 = 1,17, \quad (5.49)$$

$$T_{о_чорн6}^2 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 73 \cdot 88 = 1,1, \quad (5.50)$$

$$T_{о_чорн6}^3 = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 69 \cdot 88 = 1,03, \quad (5.51)$$

$$T_{оп_чорн6} = 3,3 + 0,4 \cdot 3,3 = 4,62, \quad (5.52)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000073	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_{он_{чист13}} = 3,83 + 0,4 \cdot 3,83 = 5,36, \quad (5.65)$$

$$T_{дон_{чист13}} = 0,065 \cdot 5,36 = 0,35. \quad (5.66)$$

Час, необхідний для чистового проточування поверхні 14 $T_{чист14}$, хв,
дорівнює

$$T_{чист14} = 1,76 + 0,11 = 1,87, \quad (5.67)$$

$$T_{о_{чист14}} = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 90 \cdot 82 = 1,25, \quad (5.68)$$

$$T_{он_{чист14}} = 1,25 + 0,4 \cdot 1,25 = 1,76, \quad (5.69)$$

$$T_{дон_{чист14}} = 0,065 \cdot 1,76 = 0,11. \quad (5.70)$$

Час, необхідний для чистового проточування поверхні 15 $T_{чист15}$, хв,
дорівнює

$$T_{чист15} = 1,34 + 0,09 = 1,43, \quad (5.71)$$

$$T_{о_{чист15}} = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 78 \cdot 72 = 0,96, \quad (5.72)$$

$$T_{он_{чист15}} = 0,96 + 0,4 \cdot 0,96 = 1,34, \quad (5.73)$$

$$T_{дон_{чист15}} = 0,065 \cdot 1,34 = 0,09. \quad (5.74)$$

Час, необхідний для чистового проточування поверхні 16 $T_{чист16}$, хв,
дорівнює

$$T_{чист16} = 1,36 + 0,09 = 1,45, \quad (5.75)$$

$$T_{о_{чист16}} = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 65 \cdot 88 = 0,97, \quad (5.76)$$

$$T_{он_{чист16}} = 0,97 + 0,4 \cdot 0,97 = 1,36, \quad (5.77)$$

$$T_{дон_{чист16}} = 0,065 \cdot 1,36 = 0,09. \quad (5.78)$$

Час, необхідний для чистового проточування поверхні 17 $T_{чист17}$, хв,
дорівнює

$$T_{чист17} = 0,7 + 0,05 = 0,75, \quad (5.79)$$

$$T_{о_{чист17}} = 0,17 \cdot 10^{-3} \cdot 62 \cdot 46 = 0,5, \quad (5.80)$$

$$T_{он_{чист17}} = 0,5 + 0,4 \cdot 0,5 = 0,7, \quad (5.81)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

Повний час, необхідний для фрезерування шпонкового пазу 26, $T_{фрез26}$, хв, буде рівний

$$T_{фрез26} = 1,13 + 0,07 = 1,2. \quad (5.105)$$

Час необхідний для виконання термічної операції приймемо рівним $T_{терм} = 10$ хв.

Визначимо час $T_{шлиф7}$, хв, необхідний для шліфування поверхні 7 за наступною формулою

$$T_{ошлиф7} = 0,184 \cdot 10^{-3} \cdot D_{нов} \cdot L = 0,184 \cdot 10^{-3} \cdot 60,5 \cdot 46 = 0,51, \quad (5.106)$$

$$T_{оншлиф7} = 0,51 + 0,4 \cdot 0,51 = 0,71, \quad (5.107)$$

$$T_{доншлиф7} = 0,065 \cdot 0,71 = 0,05. \quad (5.108)$$

Повний час, необхідний для шліфування поверхні 7 $T_{шлиф7}$, хв, буде рівний

$$T_{шлиф7} = 0,71 + 0,05 = 0,76. \quad (5.109)$$

Час $T_{шлиф17}$, хв, необхідний для шліфування поверхні 17 рівний $T_{шлиф17} = T_{шлиф7} = 0,76$.

Під час розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, важливим, з економічної точки зору, є визначення часу, необхідного для проведення сукупності технологічних операцій.

Визначивши час необхідний для виконання кожної операції, можемо знайти час необхідний для виготовлення вала.

Час, необхідний для виготовлення вала T , хв, знаходиться як сума часу необхідного для виконання кожної окремої операції.

Тобто T , хв, дорівнює

$$\begin{aligned} T = & T_{відр} + T_{фрез1,2} + T_{розм2} + T_{2центр} + T_{свердл2} + T_{різьб2} + T_{чорн3} + T_{чорн5} + \\ & + T_{чорн6} + T_{чорн13} + T_{чорн15} + T_{чорн16} + T_{чорн18} + T_{чист13} + T_{чист14} + \\ & + T_{чист15} + T_{чист16} + T_{чист17} + T_{чист3} + T_{чист4} + T_{чист5} + T_{чист6} + T_{чист7} + \end{aligned} \quad (5.110)$$

						АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата			

6. Охорона праці

6.1. Характеристика технологічного обладнання щодо небезпеки і шкідливого впливу на персонал

Ковшовий гарячий елеватор вертикального типу, призначений для транспортування складових матеріалів які входять в склад асфальтобетонної суміші. Як всі технологічні машини елеватор має свої недоліки які негативно впливають на роботу та здоров'я обслуговуючого персоналу. До шкідливих факторів можна віднести: пил, вібрація, електричний струм, висота, шум.

Пил – під час транспортування матеріалів (які ретельно просушені в сушильному барабані) утворюється пил який негативно впливає на легені та дихальні шляхи обслуговуючого персоналу.

Шум, вібрація – в процесі роботи елеватора рухомі частини утворюють шум та вібрацію які можуть викликати в персоналу такі хвороби як туговухість та віброхворобу.

Електричний струм – в випадку пошкодження ізоляції на стумопровідних частинах елеватора, можливе ураження електричним струмом.

Висота – так як висота елеватора понад 15 м, тому не виключається можливість падіння персоналу з елеватора під час його обслуговування. Також існує можливість випадкового торкання до рухомих частин елеватора, в результаті чого можливо травмуватися.

					<i>АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ</i>	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

6.2 Технічні засоби з техніки безпеки передбачені в конструкції елеватора для безпечної його експлуатації

На відміну від стрічкових конвеєрів які в переважній більшості відкриті, елеватор оснащений пилозахисним кожухом, який захищає від розсипання матеріалу, і його контакту з людиною, що дозволяє запобігти травмуванню та отримання людиною опіків. Також за допомогою кожуха можливо уникнути контакту з рухомими частинами елеватору. Опорні ролики елеваторів утримують від розгойдування ланцюги з ковшами і забезпечують її рух в заданому напрямі. Елеватори забезпечуються датчиками, що сигналізують про розрив ланцюга, і стопорними пристроями, що захищають тяговий орган від зворотного ходу. Електродвигун приводу елеватора оснащено зубчатою муфтою, що запобігає виходу з ладу двигуна при невеликому перенавантаженні.

6.3. Інженерні розрахунки з техніки безпеки

Захисне заземлення призначається для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках до 1000В змінного струму з ізолюваною нейтраллю та постійного струму з ізолюваною середньою точкою, а також із напругою вищою ніж 1000В, змінного і постійного струмів із будь-яким режимом нейтралі.

В електроустановках напругою до 1000В із глухо заземленою нейтраллю захисне заземлення виконують приєднанням частин установки, що заземлюють до заземленого нейтрального проводу електромережі. При ушкоджені ізоляції створюється коротке замикання однієї фази через нейтраль та електроустановка автоматично вимикається.

Фізична суть захисного заземлення полягає у тому, що навмисно створене між металевим корпусом устаткування та землею електричне з'єднання має досить малий опір порівняно з тілом людини. Цей опір дозволяє

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

знизити силу струму, що проходить через тіло людини, до допустимого значення.

Відповідно до вимог ПУЕ найбільш допустимий опір заземленого пристрою установок напругою до 1000В з ізольованою нейтраллю складає 10 Ом при сумарній потужності джерел живлення даної мережі не більше 100кВт та 4 Ом в інших випадках.

Для вертикальних електродів використовують сталеві стрижні діаметром 10-16мм, довжиною до 5м або кутову сталь із товщиною полиці до 4мм та довжиною до 3м. Улаштовують штучні заземлення в ряд чи по контуру. З метою усунення взаємного екранування відстань між вертикальними електродами повинна бути не меншою від їх довжини.

Для зв'язку між собою вертикальних заземлень або як самостійні заземлення використовують горизонтальні електроди круглу сталь діаметром, не менше 10мм чи сталеві смуги перерізом, не меншим ніж 40мм і товщиною не менше від 4мм.

Для монтажу заземленого пристрою з вертикальних та горизонтальних електродів спочатку викопують траншею глибиною 0.7-0.8м. Вертикальні електроди забивають таким чином, щоб верхній кінець виступав над дном траншеї на 10-20см для можливості з'єднання з горизонтальними електродами.

Визначення розрахункового питомого опору ґрунту ρ_B , Ом·м, для вертикальних електродів

$$\rho_B = \rho_{BUM} \psi_B, \quad (6.1)$$

де ψ_B - розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів;

ρ_{BUM} - питомий опір ґрунту, виміряний у лабораторних умовах, Ом·м.

Приймаємо $\rho_{BUM} = 120$.

					АБЗ 125 00.00.00.0000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\rho_B = 120 \times 1,3 = 156. \quad (6.2)$$

Визначення опору R_B , Ом, протікання вертикальних електродів із круглої сталі

$$R_B = \frac{\rho_B}{2\pi l} \left(Ln \frac{2l}{d} + 0,5 Ln \frac{4t_1 + l}{4t_1 - l} \right), \quad (6.3)$$

де l – довжина вертикального електрода, м; $l = 2$;

d – зовнішній діаметр електрода, м; $d = 0,04$ м.

Тоді

$$R_B = \frac{156}{2 \times 3,14 \times 2} \left(Ln \frac{2 \times 2}{0,04} + 0,5 Ln \frac{4 \times 1,6 + 2}{4 \times 1,6 - 2} \right) = 40,8. \quad (6.4)$$

Кількість паралельно встановлених заземлювачів n , шт, розраховуємо за формулою

$$n = \frac{R_B}{R_3 \eta_B}, \quad (6.5)$$

де η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

Тоді

$$n = \frac{40,8}{10 \times 0,59} = 6,9. \quad (6.6)$$

Довжина горизонтального електрода l_r , м, при рядовому влаштуванні

$$l_r = a \times (n - 1), \quad (6.7)$$

де a - відстань між вертикальними електродами, м;

n - прийнята кількість вертикальних електродів.

Тоді

$$l_r = 2 \times (7 - 1) = 12. \quad (6.8)$$

Визначення розрахункового питомого опору ґрунту ρ_r , Ом, для горизонтального електрода

$$\rho_r = \rho_{BUM} \Psi_r, \quad (6.9)$$

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

6.5 Техніка безпеки при обслуговуванні елеватора

При обслуговуванні ковшового гарячого елеватора слід дотримуватися наступних правил та вимог:

- при роботах на висоті обов’язково використовувати страховку;
- забороняється відкривати захисні кожухи привідної передачі чи корпусу елеватора при його роботі;
- уникати контакту з матеріалом що транспортується та металевими частинами які можуть нагріватися в процесі роботи;
- уникати контакту з деталями які можуть знаходитися під струмом;
- при ремонтних роботах вивішувати табличку «Не вмикати працюють люди».

6.6. Список літератури до розділу.

1. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно- будівельних спеціальностей / За ред. В. В. Сафонова.– Київ: Основа, 2020.– 480 с.
2. Охорона праці в будівництві: Навч. посіб. посібник / за редакцією Коржика Б. М. і Іванова В.М. - Харків: Форт, 2010. - 388 с.
3. Ярошевська В. М., Чабан В.Й. Охорона праці в будівельній галузі: Навч. посіб. - Рівне: НУВГП, 2005. - 313 с.
4. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.
5. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах».

					АБЗ 125 00.00.00.000ПЗ	Лист.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

