

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

“ ____ ” _____ 2025 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Кран мостовий магнітний з удосконаленими гальмами _____
механізму пересування _____

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-13

_____ Карпенко Богдан Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: доцент каф. ПГМ, к.т.н., доц. Неженцев О.Б. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ к.т.н., доц. Неженцев О.Б. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування _____ к.т.н., доц. Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті не
має запозичень з праць інших авторів без відпо-
відних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2025 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
(підпис)

“ _____ ” _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

_____ Карпенко Богдан Вікторович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Кран мостовий магнітний з удосконаленими гальмами механізму пересування

керівник проєкту: Неженцев Олексій Борисович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ _____ ” _____ 2025 року № _____

2. Термін подання студентом проєкту: 04.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: вантажність - 25 т; проліт – 34,5 м; швидкість підйому вантажу - 0,31 м/с; швидкість пересування крана - 2,0 м/с; висота підйому вантажу - 12 м; група класифікації (режим роботи) крана – А6 (ТВ=40%)

4. Зміст пояснювальної записки: вступ; призначення та опис конструкції мостового магнітного крана; розрахунок механізму підйому (25 т); розрахунок механізму пересування мостового крана; модернізація гальм механізму пересування мостового магнітного крана; висновки; список літератури; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

1. Кран мостовий магнітний в/п 25 т (загальний вид) – ф. А1

2. Візок вантажний магнітний – ф. А1

3. Механізм пересування крана – ф. А1

4. Гальмо колодкове – ф. А1

5. Схеми технічних рішень гальмівних пристроїв щодо модернізації крана – ф. А1

6. Деталювання гальма: – ф. А3 (3 креслення), ф. А4 (1 креслення)

7. Технологічний процес виготовлення деталі – ф. А1

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	доц. Неженцев О.Б.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Літературний і патентний пошук за темою дипломного проекту	24.11.2024	
2	Розрахунок механізму підйому та механізму пересування мостового крана	11.01.2025	
3	Модернізація гальмівних пристроїв	16.05.2025	
4	Технологія виготовлення деталі	25.05.2025	
5	Охорона праці	30.05.2025	
6	Графічна частина дипломного проекту	31.05.2025	
7	Захист	16-18.06.2025	

Студент

_____ (підпис)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Богдан КАРПЕНКО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Олексій НЕЖЕНЦЕВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Кран мостовий магнітний з удосконаленими гальмами механізму
пересування _____

Київ – 2025 рік

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1. Призначення та опис конструкції мостового крана	10
2. Розрахунок механізму пересування крана.....	12
2.1. Кінематична схема механізму.....	12
2.2. Розрахунок ходових коліс.....	13
2.3. Вибір електродвигуна.....	15
2.4. Вибір редуктора.....	16
2.5. Перевірка двигуна на час розгону і умову відсутності буксування приводних коліс.....	17
2.6. Вибір гальма.....	20
3. Модернізація гальм механізму пересування мостового магнітного крана.....	22
4. Технологія обробки деталі.....	47
4.1. Завдання на розробку технологічного процесу.....	47
4.2. Вибір заготовки.....	47
4.3. Розробка маршрутного технологічного процесу.....	48
4.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання.....	55
4.5. Оснащення операцій.....	56
4.6. Розрахунок вартості.....	56
5. Охорона праці.....	60
Висновки.....	67
Список літератури.....	69
Додаток. Специфікації	73

ВСТУП

Мостові магнітні крани використовуються для підймання і переміщення металевих виробів, конструкцій, прокату в цехах металургійних і машинобудівних заводів, складах металів та ін. Без магнітних мостових кранів робочий процес або суттєво ускладниться (а тому і збільшиться в ціні), або буде майже неможливим для сучасних потреб виробництва. Беручи це до уваги, кранові гальмівні пристрої мають велике значення для забезпечення плавних перехідних процесів, продуктивної експлуатації при переміщенні багатотонних вантажів. А головне - для безпечних перевантажувальних операцій. Тому модернізація традиційних нормально-замкнених колодкових гальм є дуже актуальним завданням.

Метою дипломного проєкту є розрахунок і проектування мостового магнітного крана вантажопідйомністю 25 т, та модернізація гальм механізму пересування крана шляхом використання переваг дискових гальм.

Для реалізації цієї мети було виконано наступні завдання: розрахунок механізму пересування крана та механізму підйому вантажів, проведення патентного і літературного пошуку з конструкцій гальм, аналіз останніх досягнень в сфері гальмівних пристроїв, модернізація гальм механізму пересування мостового магнітного крана.

В графічній частині дипломного проєкту виконано наступні креслення: кран мостовий магнітний, механізм пересування крана, візок вантажний, колодкове гальмо, схеми технічних рішень дискових гальмівних пристроїв, деталювання дискового гальма, технологічний процес виготовлення деталі гальма.

					ПД.ПГМ.25.ВС.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		9

кості кранів. Вісімдесят відсотків усіх кранів мають режим роботи 4-ї групи (середній режим). Технічні вимоги і робочі параметри всіх без винятку кранів та окремих їх механізмів регламентуються відповідними державними (галузевими) стандартами.

Круглі електромагніти відрізняються підвищеною вантажопідйомністю і використовуються для захоплення металобрухту, скрапу або слябів. Це електромагніти з литого герметичного корпусу, виготовлені зі сталі з високою магнітною проникністю.

Як правило, вантажопідйомні електромагніти призначені для транспортування холодного вантажу, але можуть бути виготовлені в термостійкому виконанні, що дозволяє працювати з вантажами температурою до 650°C, а також у виконанні для роботи в підводних умовах. Крім цього, є різновиди електромагнітів дозволяють проводити специфічні технологічні операції, наприклад: вивантаження скрапу з вагонів або зачистку вагонів від скрапу, транспортування пачок і бунтів з арматури, кола, катанки, перевантаження листової сталі в пачках, підйом рулонів, бухт і труб великого діаметру.

					ПД.ПГМ.25.01.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		11

2.2 Розрахунок ходових коліс

2.2.1 Вагу моста можна визначити згідно за графіком [1, стор. 145]:

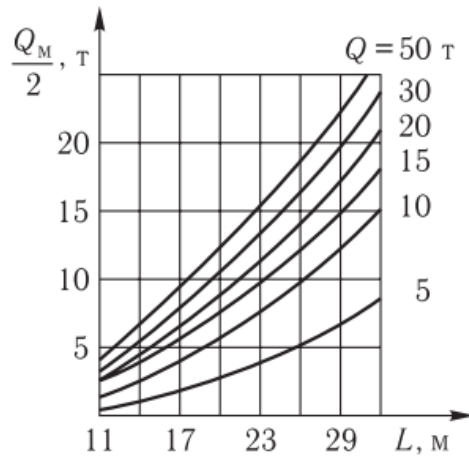


Рисунок 2.2 – Графіки для визначення маси металевих конструкцій зі Ст3

Згідно за даним графіком маса мосту буде:

$$Q_M = 55 \text{ т.}$$

Відповідно вага буде:

$$G_M = Q_M * g = 55 * 10^3 * 9.81 = 539550 \text{ Н.} \quad (2.3)$$

2.2.2 Вагу кранового візка можна визначити залежно від вантажності згідно з графіком на рис. 3.3 [1, ст. 110, рис. 2.33]:

$$Q_B = 11.5 \text{ т.}$$

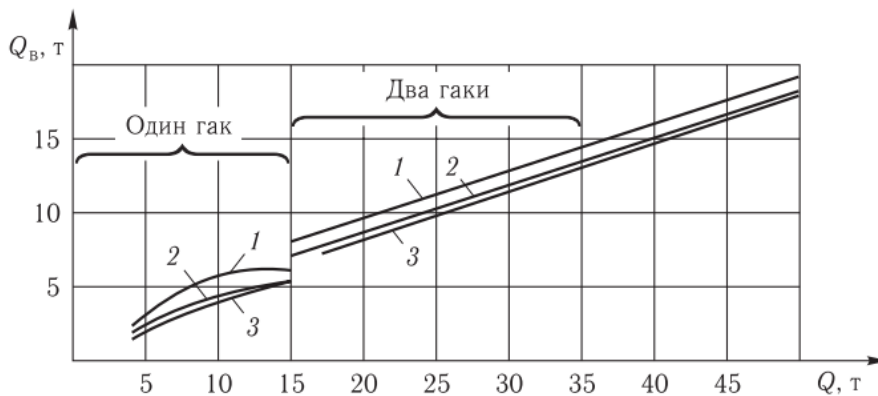


Рисунок 2.3 – Графік залежності власної маси візка від вантажності

Тоді:

$$G_B = Q_B * g = 11.5 * 10^3 * 9.81 = 112915 \text{ Н.} \quad (2.4)$$

2.2.3 Масу кабіни беремо за $Q_K = 2000$ кг, тоді вага кабіни буде:

$$G_{KB} = Q_K * g = 2000 * 9.81 = 19620 \text{ Н.} \quad (2.5)$$

Тоді:

$$\frac{R_K}{R_1} = \frac{280}{400} = 0,7. \quad (2.10)$$

Відповідно:

$$m = 0.44.$$

2.2.9 Визначаємо місцеве контактне напруження зминання в разі точкового контакту:

$$\begin{aligned} \sigma_{зв} &= m * \sqrt[3]{\frac{F_p * E_{зв}^2}{R_{max}^2}} = 0.44 * \sqrt[3]{\frac{227004 * (2.1 * 10^{11})^2}{0.4^2}} = \\ &= 1747 \text{ МПа} < [\sigma_{зв}] = 2156 \text{ МПа}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

де $E_{зв} = 2.1 * 10^{11}$ Па – зведений модуль пружності для сталі; R_{max} – більший з двох радіусів R_1, R_K (в нашому випадку це R_1)

Умова міцності виконується.

2.3 Вибір електродвигуна

2.3.1 Сила опору під час пересування крана в період усталеного руху з номінальним вантажем:

$$\begin{aligned} W_{ст} &= (G + G_0) * \left(\frac{f * d + 2 * k}{D_K} * k_p + \alpha_y \right) = \\ &= (245250 + 672085) * \left(\frac{0.015 * 0.12 + 2 * 6 * 10^{-4}}{0.56} * 1.1 + 0.001 \right) = \\ &= 6323 \text{ Н}, \end{aligned} \quad (2.12)$$

де $f = 0.015$ – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс [1, ст. 111]; $k = 6 * 10^{-4}$ – коефіцієнт тертя кочення колеса по плоскій рейці [1, ст. 112, табл. 2.14]; $k_p = 1.1$ – коефіцієнт тертя реборд [1, ст. 112, табл. 2.15]; $\alpha_y = 0.001$ – розрахунковий уклон підкранової колії, укладеної на металевих балках із залізобетонним фундаментом.

2.3.2 Загальний опір у період пуску крана з номінальним вантажем з урахуванням інерційних сил:

$$\begin{aligned} W_{заг} &= W_{ст} + 1.3 * (Q + Q_K) * a = 6323 + 1.3 * (25000 + 68500) * 0.2 = \\ &= 30633 \text{ кН}, \end{aligned} \quad (2.13)$$

де $[a] = 0.2 \text{ м/с}^2$.

2.3.3 Потужність на валу двигуна, необхідна для пересування крана з вантажем:

$$P_p = \frac{W_{\text{заг}} * V_3}{10^3 * \eta_M * \psi_{\text{ср}}} = \frac{30633 * 2}{10^3 * 0.85 * 1.7} = 42.4 \text{ кВт.} \quad (2.14)$$

де $\psi_{\text{ср}} = 1.7$ – середнє значення кратності пускового моменту асинхронного електродвигуна з фазним ротором; $V_3 = 2 \text{ м/с}$ – швидкість переміщення крана згідно з технічним завданням.

3.3.4 Потужність одного двигуна роздільного приводу:

$$P_{p1} = 0.5 * P_p = 0.5 * 42.4 = 21.2 \text{ кВт.} \quad (2.15)$$

3.3.5 З каталогу вибираємо двигун МТФ 412-8 з наступними характеристиками [1, стор. 650, додаток ХХХІІ]:

- Потужність: $P = 22 \text{ кВт}$
- Частота обертання: $n_d = 720 \text{ об/хв}$ ($\omega = \frac{\pi * n_d}{30} = \frac{\pi * 720}{30} = 75.4 \text{ рад/с}$)
- Максимальний момент на валу: $M_{п \text{ max}} = 900 \text{ Нм}$
- Момент інерції ротору: $I_p = 0.75 \text{ кг * м}^2$

2.4 Вибір редуктора

2.4.1 Частота обертання ходових коліс крана:

$$n_k = \frac{60 * V_3}{\pi * D_k} = \frac{60 * 2}{\pi * 0.56} = 68.21 \text{ об/хв.} \quad (2.16)$$

2.4.2 Знаходимо загальне передаточне число механізму:

$$u_p = \frac{n_d}{n_k} = \frac{750}{68.21} = 11. \quad (2.17)$$

2.4.3 Потужність, яку розвиває один двигун під час усталеного руху крана з номінальним вантажем:

$$P_{\text{ст}} = 0.5 * \frac{W_{\text{ст}} * V_3}{10^3 * \eta_M} = 0.5 * \frac{6323 * 2}{10^3 * 0.85} = 7.44 \text{ кВт.} \quad (2.18)$$

2.4.4 Розрахункова потужність, яку передає один редуктор під час усталеного руху крана з номінальним вантажем:

$$P_{ред} = k'_p * P_{ст} = 2.25 * 7.44 = 16.74 \text{ кВт}, \quad (2.19)$$

$k'_p = 2.25$ – коефіцієнт, який залежить від умов роботи редуктора

2.4.5 З каталогу вибираємо редуктор Ц2-350 з наступними характеристиками [1, ст. 670]:

- Передатне число: $u_{р.ф} = 12.41$
- Потужність редуктора $P_{ред} = 17.6$ кВт

2.4.6 Фактична частота обертання ходових коліс:

$$n_{к.ф} = \frac{n_d}{u_{р.ф}} = \frac{750}{12.41} = 60.43 \text{ об/хв}. \quad (2.20)$$

2.4.7 Фактична швидкість пересування крана з номінальним вантажем:

$$V_{зф} = \frac{\pi * D_k * n_{к.ф}}{60} = \frac{\pi * 0.56 * 60.43}{60} = 1.77 \text{ м/с}. \quad (2.21)$$

2.4.8 Як видно з кінематичної схеми механізму (рис. 2.1) вал двигуна з'єднується із вхідним валом редуктора за допомогою двох муфт і проміжного вала. По діаметрах валів, що з'єднуються, та максимальному крутному моменту приймаємо муфту МЗ-7. З'єднання вала двигуна зі швидкохідним валом редуктора за допомогою зубчастої муфти з гальмівним шківом 120 мм, маховий момент муфти $I_{м1} = 4.6 \text{ кг} * \text{м}^2$.

2.5 Перевірка двигуна на час розгону і умову відсутності буксування приводних коліс

2.5.1 Із умови обмеження прискорення в пусковий період допустима тривалість пуску привідних механізмів:

$$t_{п.н} = \frac{V_{зф}}{[a]} = \frac{1.77}{0.2} = 8.85 \text{ с}. \quad (2.22)$$

де $[a] = 0.2 \text{ м/с}^2$ – рекомендоване граничне прискорення для машинобудівних кранів.

2.5.2 Сила опору під час пересування ненавантаженого крана в період усталеного руху:

$$W_{\text{ст}} = G_0 * \left(\frac{f * d + 2 * k}{D_{\text{к}}} * k_p + \alpha_y \right) = \quad (2.23)$$
$$= 672085 * \left(\frac{0.015 * 0.12 + 2 * 6 * 10^{-4}}{0.56} * 1.1 + 0.001 \right) =$$
$$= 4633 \text{ Н.}$$

2.5.3 Зведений до вала двигуна статичний момент опору пересуванню механізму приводу опори А ненавантаженому крані:

$$M_{\text{ст.п}} = \frac{W_{\text{ст}} * D_{\text{к}}}{2 * u_{\text{р.ф}} * \eta_{\text{м}}} = \frac{4633 * 0.56}{2 * 12.41 * 0.85} = 123 \text{ Нм.} \quad (2.24)$$

2.5.4 Сумарний момент інерції муфти з гальмовим шківом та муфти загального призначення:

$$\sum I_{\text{м}} = I_{\text{м1}} + I_{\text{м2}} = 4.6 + 2.5 = 7.1 \text{ кг * м}^2, \quad (2.25)$$

де $I_{\text{м2}} = 2.5 \text{ кг * м}^2$ – момент інерції муфти загального призначення

2.5.5 Колеса лівої опори А сприйматимуть найменші навантаження, тому для них треба забезпечити умови руху без буксування під час пуску:

$$R_A = \frac{\frac{L}{2} * G_{\text{м}} + l_{\text{к}} * G_{\text{кб}} + l_1 * G_{\text{в}}}{L} = \quad (2.26)$$
$$= \frac{\frac{34.5}{2} * 539550 + 2.5 * 19620 + 1.5 * 112915}{34.5} =$$
$$= 276106 \text{ Н.}$$

2.5.6 Рухома маса крана, навантаженого номінальним вантажем та віднесена до опори А:

$$m_A = \frac{R_A}{g} = \frac{276106}{9.81} = 28145 \text{ кг.} \quad (2.27)$$

2.5.7 Зведений до валу двигуна момент інерції рухомих мас, віднесених до механізму приводу опори А, для ненавантаженого крана:

$$I_{\text{зв}} = \delta * (I_{\text{р}} + \sum I_{\text{м}}) + \frac{m_A * R_{\text{к}}^2}{u_{\text{р.ф}}^2 * \eta_{\text{м}}} = 1.15 * (0.75 + 7.1) + \frac{28145 * 0.28^2}{12.41^2 * 0.85} = \quad (2.28)$$
$$= 25.88 \text{ кг * м}^2.$$

2.5.8 Пусковий момент двигуна механізму пересування, встановленого біля опори B , необхідний для розгону ненавантаженого крана:

$$M_{п.ср} = \frac{I_{зв} * \omega}{t_{п.н}} + M_{ст.п} = \frac{25.88 * 75.4}{8.85} + 123 = 343.5 \text{ Нм.} \quad (2.29)$$

2.5.9 Тривалість пуску двигуна механізму пересування, встановленого біля опори B , в період пуску номінально навантаженого крана:

$$t_{п} = \frac{I_{зв} * \omega}{M_{п.ср} - M_{ст.п}} = \frac{25.88 * 75.4}{343.5 - 123} = 8.85 \text{ с.} \quad (2.30)$$

2.5.10 Тривалість пуску приводу, встановленого біля опори A , в період пуску ненавантаженого крана беремо таким самим, тобто $t_{п} = 8.85 \text{ с}$. Тоді середній пусковий момент на валу двигуна цього механізму в період пуску ненавантаженого крану:

$$M_{п.ср} = \frac{I_{зв} * \omega}{t_{п}} + M_{ст.п} = \frac{25.88 * 75.4}{8.85} + 123 = 343.5 \text{ Нм.} \quad (2.31)$$

2.5.11 Прискорення під час розганяння ненавантаженого крана:

$$[a] = \frac{V_{3\phi}}{t_{п}} = \frac{1.77}{8.85} = 0.2 \text{ м/с}^2. \quad (2.32)$$

2.5.12 Щоб забезпечити необхідний запас зчеплення ($k_{зч} = 1.2$) під час розганяння ненавантаженого крана, треба, щоб прискорення в цей період не перевищувало:

$$a_{п \text{ max}} = \left(\frac{z_{пр}}{z_{к}} * \left(\frac{\varphi}{k_{зч}} + \frac{f * d}{D_{к}} \right) - \frac{f * d + 2 * k}{D_{к}} * k_{п} \right) * g = \quad (2.33)$$
$$\left(\frac{2}{4} * \left(\frac{0.12}{1.2} + \frac{0.015 * 0.12}{0.56} \right) - \frac{0.015 * 0.12 + 2 * 6 * 10^{-4}}{0.56} * 1.1 \right) * 9.81 = 0.32 \text{ м/с}^2$$

де $z_{пр} = 2$ – кількість привідних коліс; $\varphi = 0.12$ – коефіцієнт зчеплення ведучих коліс з рейками

2.5.13 Перевіряємо умову буксування:

$$[a] = 0.2 \text{ м/с}^2 < 0.32 \text{ м/с}^2 = a_{п \text{ max}} \text{ – умова виконана} \quad (2.34)$$

2.6 Вибір гальма

2.6.1 Із умови запобігання юзу привідних коліс ($k_{зч} = 1.2$) під час гальмування ненавантаженого крана максимально допустиме прискорення привідного механізму, встановленого біля опори А:

$$a_{\Gamma} = \left(\frac{z_{\text{пр}}}{z_{\text{к}}} * \left(\frac{\varphi}{k_{зч}} - \frac{f * d}{D_{\text{к}}} \right) - \frac{f * d + 2 * k}{D_{\text{к}}} \right) * g = \quad (2.35)$$
$$= \left(\frac{2}{4} * \left(\frac{0.12}{1.2} - \frac{0.015 * 0.12}{0.56} \right) + \frac{0.015 * 0.12 + 2 * 6 * 10^{-4}}{0.56} \right) * 9.81 = 0.29 \text{ м/с}^2$$

2.6.2 З умови дотримання максимально допустимого прискорення тривалість гальмування приводу, встановленого біля опори А:

$$t_{\Gamma} = \frac{V_{3\phi}}{a_{\Gamma}} = \frac{1.77}{0.29} = 6,1 \text{ с.} \quad (2.36)$$

2.6.3 Допустиме значення шляху гальмування залежить від відношення зчіпної ваги крана до власної ваги крана [1, стор. 120, таблиця 2.18]:

1) Зчіпна вага крана:

$$G_{\text{к.зч}} = G_0 * \frac{z_{\text{пр}}}{z_{\text{к}}} = 672085 * \frac{2}{4} = 336042,5 \text{ Н.} \quad (2.37)$$

2) Відношення ваг:

$$\frac{G_{\text{к.зч}}}{G_0} = \frac{1}{2}. \quad (2.38)$$

3) Тоді при коефіцієнту зчеплення $\varphi = 0.12$:

$$S_{\Gamma} = \frac{V_{3\phi}^2}{3250} = \frac{(1.77 * 60)^2}{3250} = 3,47 \text{ м.} \quad (2.39)$$

2.6.4 Мінімально допустима тривалість гальмування:

$$t = \frac{2 * S_{\Gamma}}{V_{3\phi}} = \frac{2 * 3.47}{1.77} = 3,92 \text{ с.} \quad (2.40)$$

2.6.5 Опора пересуванню візка в період гальмування:

$$W_{\text{ст.г.н}} = R_A * \frac{f * d + 2 * k}{D_{\text{к}}} - \alpha_y = \quad (2.41)$$
$$= 276106 * \frac{0.015 * 0.12 + 2 * 6 * 10^{-4}}{0.56} - 0,001 =$$
$$= 1479,14 \text{ Н.}$$

2.6.6 Зведений до валу електродвигуна момент інерції рухомих мас візка в період гальмування:

$$\begin{aligned} I_{зв.г.н} &= \delta * (I_p + \sum I_M) + \frac{m_A * R_K^2}{u_{р.ф} * \eta_M} = \\ &= 1.15 * (0.75 + 7.1) + \frac{28145 * 0.28^2}{12.41^2 * 0.85} = \\ &= 25,88 \text{ м * кг}^2. \end{aligned} \quad (2.42)$$

2.6.7 Зведений до валу двигуна привідного механізму, встановленого біля опори А, статичний момент сил опору пересуванню під час гальмування ненавантаженого крана:

$$M_{ст.г.н} = \frac{W_{ст.г.н} * D_K}{2 * u_{р.ф} * \eta_M} = \frac{1479.14 * 0.56}{2 * 12.41 * 0.85} = 39,26 \text{ Нм.} \quad (2.43)$$

2.6.8 Гальмівний момент на валу двигуна:

$$M_{Г} = -I_{зв.г.н} * \frac{\omega}{t_{Г}} + M_{ст.г.н} = -25.88 * \frac{75.4}{6.1} + 39.26 = -280,63 \text{ Нм.} \quad (2.44)$$

2.6.9 За значенням цього моменту вибираємо колодкові гальма типу ТТ-250 [1, стор. 674] з електрогідроштовхачем. Найбільший гальмівний момент гальма 400 Нм, діаметр гальмівного шківка 250 мм, ширина колодки 105 мм.

					ПД.ПГМ.25.02.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		21

3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЛЬМ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ МОСТОВОГО МАГНІТНОГО КРАНА

Гальмівні процеси сучасних мостових кранів не сильно змінилися в своїй суті, але тим не менш сучасні технології, матеріали, дослідження дають змогу модернізувати конструкцію крана. З точки зору гальмування були зроблені значні кроки щодо модернізації електроприводу [2, 3], так само існують певні успіхи щодо модернізації металоконструкції для зменшення динамічних навантажень [4, 5], але в процесах гальмування існує ще один учасник: гальмо.

Гальма же потребують додаткової уваги оскільки в більшості вантажопідйомних кранах використовуються колодкові гальма, які мають певні недоліки: нерівномірність стирання фрикційних поверхонь гальмівних накладок, що призводить до погіршення плавності гальмування; радіально діючі на вал сили; неодночасного спрацювання гальм в механізмах пересування крана з роздільним приводом [6]. Для вирішення даних недоліків існують різні спроби модернізації, як наприклад наступні гальма:

1) Колодкове гальмо [7] (рис. 3.1, рис. 3.2) містить основу 1, гальмові важелі 2, гальмові колодки 3, з'єднувальну тягу 4, затискну пружину 5 з тягою, яка складається з двох різної довжини частин, нижньої 6 - довшої з отвором 7 у верхній частині тяги та верхньої 8 - коротшої з отвором 9 у нижній частині тяги, шарнірно з'єднаних між собою болтом 10, який проходить через отвори 7 та 9 у частинах тяги і закріплений гайкою 11, шайбами 12 (рис. 3.2) та проходить через отвір 13 кронштейна 14 важеля 2, триплечий важіль 15, привід 16.

Тягу затискної пружини виконано з двох різної довжини частин, нижньої - довшої та верхньої - коротшої, шарнірно з'єднаних між собою болтом через отвори у верхньому та нижньому, відповідно, їх кінцях, що забезпечує прямолінійне (практично безконтактне з отвором у кронштейні гальмівного важеля) переміщення нижньої (більшої за довжиною) частини тяги затискної пружини [7].

Таке конструктивне рішення підвищує надійність роботи колодкового гальма за рахунок того, що знижується, практично виключається, зношення тяги затискної пружини та отвору у кронштейні гальмівного важеля, адже переміщення нижньої

частини тяги затискної пружини як при замиканні, так і при розмиканні колодкового гальма, відносно отвору у кронштейні гальмівного важеля, буде прямолінійним (безконтактним) [7].

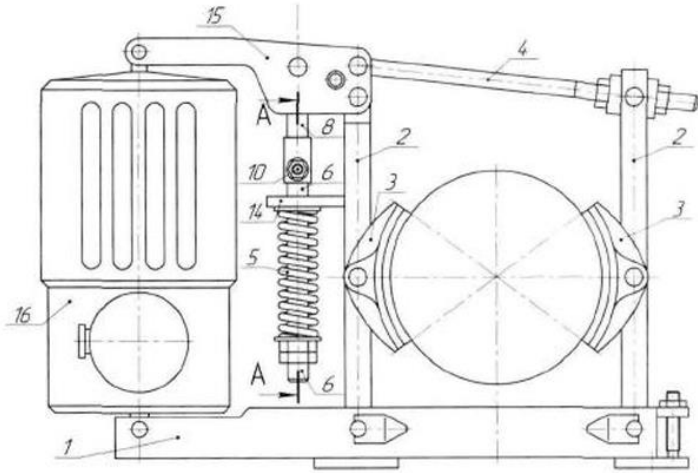


Рисунок 3.1 – Колодкове гальмо [7]

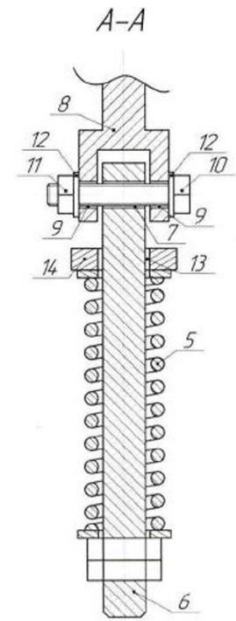


Рисунок 3.2 – Розріз А-А на рис. 3.1

Процес розімкнення гальма: після подачі живлення на привід 16 гальма триплечий важіль 15 переміщує з'єднувальну тягу 4, що призводить до відхилення важелів 2 та розімкнення гальмових колодок 3. Тяга затискної пружини 5, яка складається з двох різної довжини частин, нижньої 6 - довшої та верхньої 8 - коротшої, шарнірно з'єднаних між собою болтом 10 гайкою 11 і шайбами 12, при цьому також переміщується через отвір 13 кронштейна 14 важеля 2. Враховуючи те, що триплечий важіль 14 переміщується під кутом до осі тяги затискної пружини 5, верхня 8 (коротша) частина цієї тяги також переміщується разом з триплечим важелем 15 та переміщує за собою нижню 6 (довшу) частину тяги, яка переміщується прямолінійно та безконтактно з отвором 13 кронштейна 14, так як верхня частина 8 тяги затискної пружини 5 має можливість повернутися відносно нижньої частини 6 тяги затискної пружини 5 за рахунок їх шарнірного з'єднання між собою через болт 10, закріпленого шайбами 12 та гайкою 11. В результаті такого переміщення не здійснюється контактування (тертя) нижньої 6 частини тяги замикаючої пружини 5 з отвором 13 кронштейна 14 важеля 2 і їх зношення не відбувається [7].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

2) Колодкове гальмо [8] містить (рис. 3.3): основу 1, два гальмівні важелі 2 і 3, встановлені на основі, гальмівні колодки 4 і 5 з фрикційними накладками 6 і 7, з'єднувальну тягу 8, затискну пружину 9 з тягою 10, триплечий важіль 11, привід 12 та гальмівний шків 13, який складається з обода (рис. 3.4, рис. 3.5), виконаного з двох частин 14 і 15, маточини 16, лопатей вентилятора 17, дисків 18 і 19 з отворами 20 у них. У частинах 14 і 15 обода гальмівного шківа 13 виконані горизонтальні наскрізні вентиляційні отвори 21 та вертикальні вентиляційні отвори 22, що з'єднані між собою і порожниною 23 між ободом 14 і 15 і маточиною 16 гальмівного шківа 13. Гальмівні колодки 4 і 5 (рис. 3.6) виконано двосекційними із зазором Δ між секціями. Кожна із секцій гальмівної колодки складається з основи 24, ребер 25, з'єднаних між собою П-подібною рамкою 26 з кронштейном 27 кріплення до важелів 2 і 3.

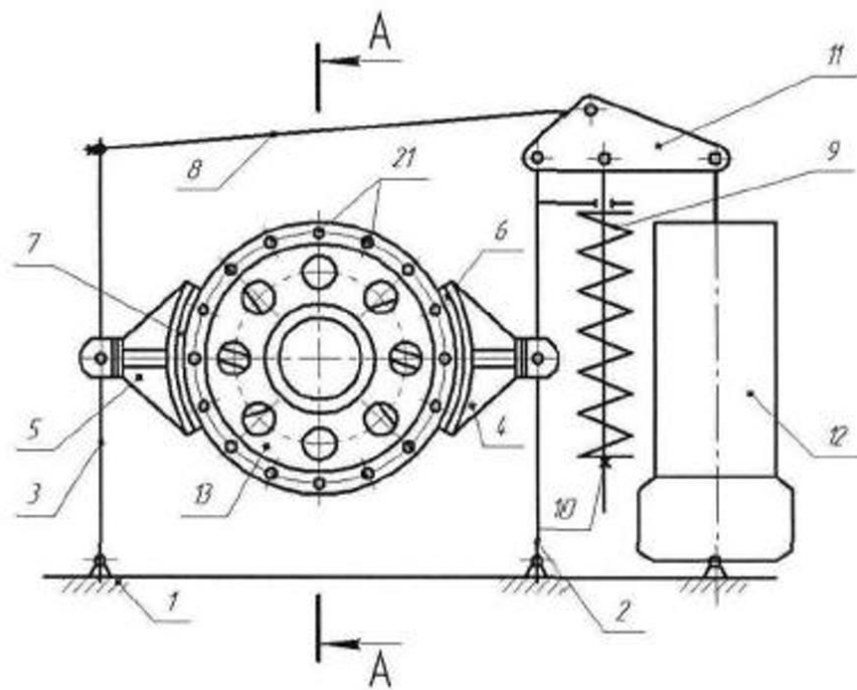


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення колодкового гальма [8]

Колодкове гальмо [8]. працює наступним чином. У ході процесу гальмування, який розпочинається після того, як відключено живлення від приводу 12 (рис. 3.3) і затискна пружина 9, розтискаючись, діє через тягу 10 на триплечий важіль 11, примушуючи його передати зусилля та привести у рух з'єднувальну тягу 8 та гальмівні важелі 2 і 3 з гальмівними колодками 4 і 5. Останні вступають в контакт сво-

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

їми фрикційними накладками 6 і 7 із зовнішніми поверхнями двох частин 14 і 15 (рис. 3.4) обода гальмівного шківів 13. На поверхнях пар тертя: гальмівний шків 13 - фрикційні накладки 6 і 7 гальмівних колодок 4 і 5, генерується деяка кількість теплоти, яка частково призводить до підвищення температури пар тертя, а частково відводиться від них зовні шляхом конвекції та випромінюванням [8].

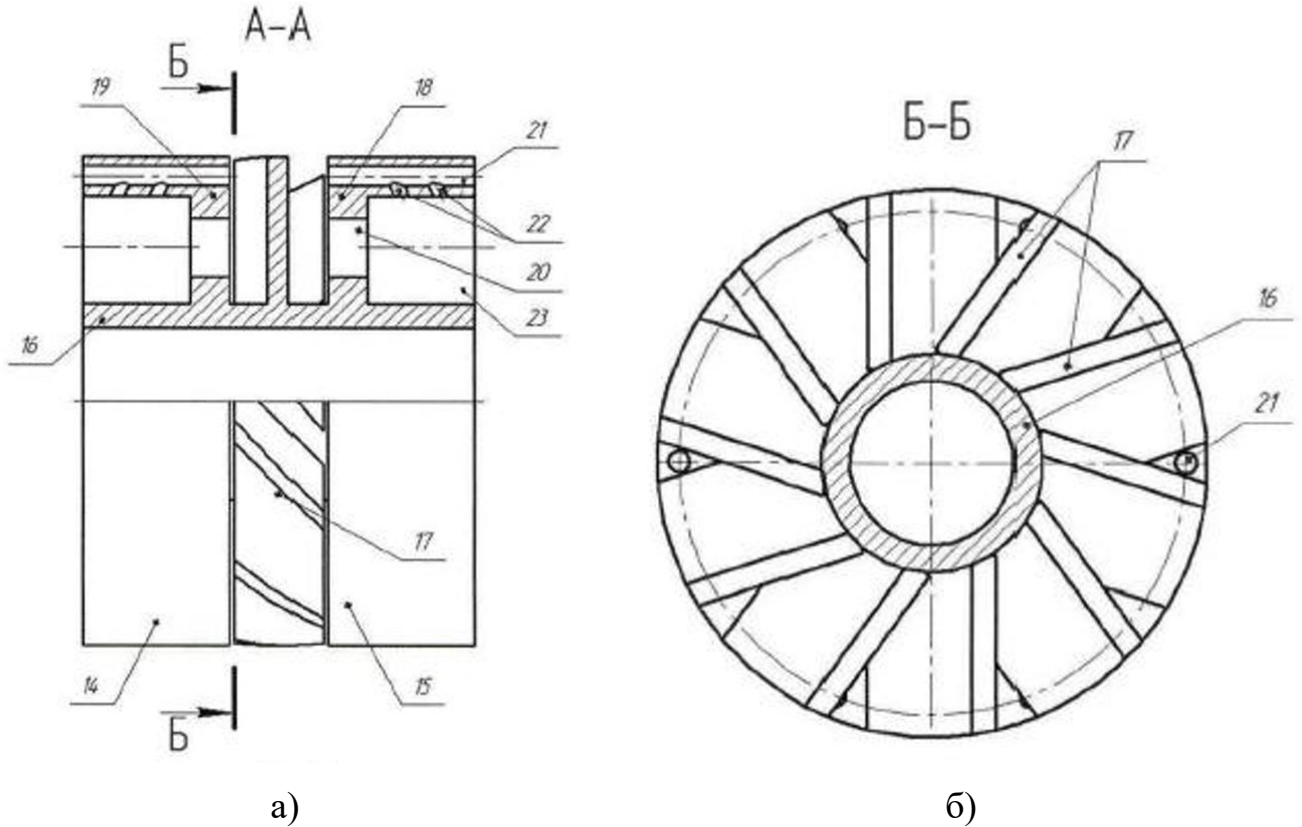


Рисунок 3.4 – Схема гальмівного шківів: а) переріз А-А на рис. 3.3; б) переріз Б-Б на рис. 3.4(а)

У ході процесу розгальмовування колодковим гальмом, що розпочинається після того, як подано живлення до приводу 12 (рис. 3.3) і який діє через свій шток на триплечий важіль 11, примушуючи його передати зусилля розімкнення гальма та привести у рух з'єднувальну тягу 8 та гальмівні важелі 2 і 3 з гальмівними колодками 4 і 5. При цьому останні виходять з контакту та своїми фрикційними накладками 6 і 7 із зовнішніми поверхнями двох частин 14 і 15 (рис. 3.4) обода гальмівного шківів 13, відбувається примусове відведення теплоти від пар тертя: гальмівний шків 13 - фрикційні накладки 6 і 7 гальмівних колодок 4 і 5, шляхом того, що лопаті вентилятора 17 захоплюють і спрямовують потоки повітря у горизонтальні наскрізні вентиляційні отвори 21 та вертикальні вентиляційні отвори 22 у частинах

14 і 15 обода гальмівного шківів 13, та у отвори 20 у дисках 18 і 19. Одночасно відбувається обдув та відведення теплоти від секцій гальмівних колодок 4 і 5 з їх фрикційними накладками 6 і 7, чому сприяє їх конструктивне виконання у вигляді двох секцій із зазором Δ між ними та наявність ребер охолодження 25 (рис. 3.5) [8].

Як наслідок, при кожному розгальмовуванні колодкового гальма відбувається тепловідведення від пар тертя: гальмівний шків 13 - фрикційні накладки 6 і 7 гальмівних колодок 4 і 5, що приводить до стабілізації температури поверхні пар тертя і стабілізації коефіцієнта тертя та величини гальмівного моменту.

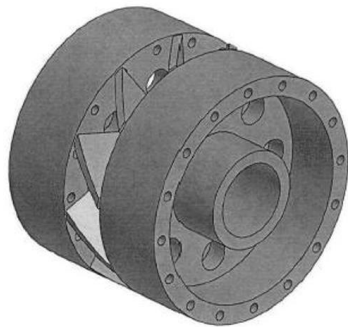
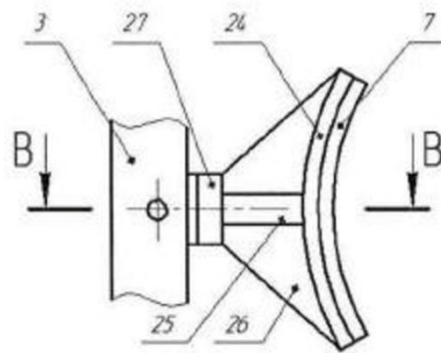
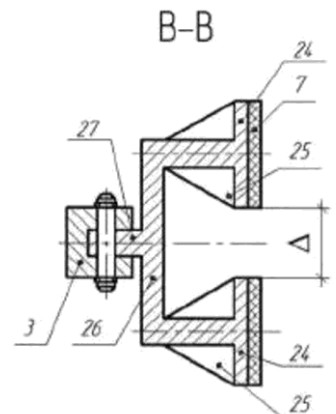


Рисунок 3.5 – Ізометричний вид гальмівного шківів



а)



б)

Рисунок 3.6 – Гальмівна колодка: а) основний вид; б) переріз В-В

Тим не менш для вирішення проблем колодкових гальм доцільно використовувати дискові гальма, які мають не тільки рівномірний розподіл тиску по всій фрикційній поверхні, що вирішує проблему, розглянуту в попередніх прикладах модернізації колодкових гальм, а також мають додаткові переваги: в них відсутні радіально діючі на вал сили, а осьові сили не сприймаються валом і підшипниками механізмів [6]. Також дискові гальма більш компактні за колодкові. Більше того, при заміні колодкового гальма з великим моментом інерції на дисково-колодкове гальмо з малоінерційним диском можна отримати зменшення динамічних зусиль в приводі на величину до 10% при однакових шляхах та часі гальмування [9].

Дискові гальма поділяються на: однодискові, багатодискові без підсилення, багатодискові з підсиленням, дисково-колодкові та автоматичні, які замикаються під дією вантажа.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Однодискові гальма мають перевагу в компактності (оскільки там використовується тільки один диск), а також вони являють собою компромісний варіант між багатодисковими та дисково-колодковими гальмами з точки зору нагрівання та площею контактної поверхні (а тому і середнім варіантом в плані коефіцієнта тертя). Варіантом, який добре показує цей компроміс являє собою наступне дискове гальмо [10], зображене на рис. 3.7.

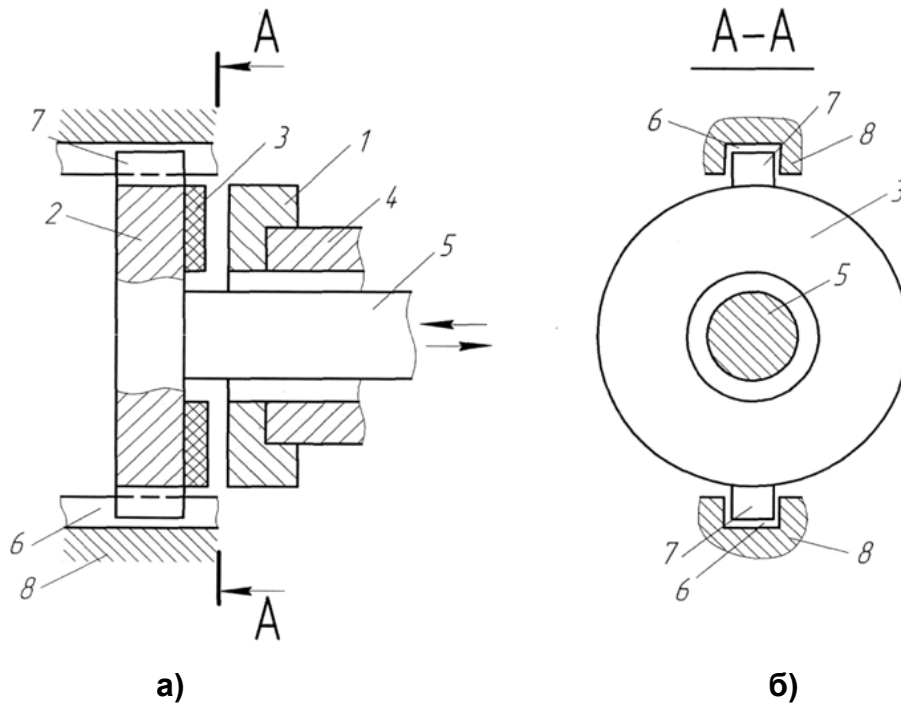


Рисунок 3.7 – Однодискове гальмо [10]: а) загальний вид; б) переріз А-А загального виду

Суть корисної моделі [10] пояснюється кресленнями (рис. 3.7), де зображено загальний вид дискового гальма. Дискове гальмо містить гальмівний диск 1, гальмівну колодку 2 з виступами 7, гальмівну накладку кільцеподібної форми 3, порожнистий вал 4, приводний шток 5, спрямовуючі прорізи 6, що виконані у корпусі дискового гальма 8.

Дискове гальмо функціонує наступним чином. При гальмуванні на шток 5 від силового органу подається зусилля, яке змушує шток 5, разом з гальмівною колодкою 2 з виступами 7 та гальмівною накладкою 3, вздовж прорізей 6 виконаних в корпусі гальма 8, переміщуватись у напрямі зближення з гальмівним диском 1. В результаті, гальмівна накладка 3 вступає у фрикційну взаємодію з гальмівним диском 1 і реалізує силу тертя, що забезпечує гальмівний вплив на порожнистий вал 4

та ходову частину транспортного засобу, яка безпосередньо має зв'язок з порожнистим валом 4. В результаті, транспортний засіб гальмується [10].

Завдяки тому, що гальмівна накладка має кільцеподібну форму, яка дорівнюється площі однієї сторони гальмівного диска, вона забезпечує значно більшу площу контакту з гальмівним диском, в порівнянні з прототипом, що забезпечує підвищення коефіцієнта тертя, в порівнянні з найближчим аналогом. Крім того, друга сторона гальмівного диска, що не бере участі у фрикційній взаємодії з гальмівною накладкою, позитивно впливає на інтенсивність охолодження гальмівного диска, що також впливає на підвищення коефіцієнта тертя [10].

Розглянемо також варіант однодискового гальма, зображеного на рис. 3.8 [11].

Суть корисної моделі [11] пояснюється кресленнями, де на рис. 3.8,а зображено загальний вигляд дискового гальма, на рис. 3.8,б - переріз А-А рис. 3.8(а), на рис. 3.9 – гальмівні колодки кільцевої форми.

Дискове гальмо містить гальмівний циліндр 1, гальмівні важільні механізми 2, кронштейни 3, які з одного боку прикріплюються до гальмівних важільних механізмів, а з другого - до рами візка, гальмівні черевики 4, на яких встановлені гальмівні колодки 5 кільцевої форми, та гальмівний диск 6, що кріпиться на осі колісної пари 7 [11].

Дискове гальмо функціонує наступним чином. При замиканні гальма у гальмівний циліндр 1 поступає стиснене повітря, тиск якого перетворюється у силу на штоках гальмівного циліндру 1, яка за допомогою гальмівних важільних механізмів 2 через кронштейни 3, прикріплені з одного боку до гальмівних важільних механізмів 2, а з другого боку - до рами візка, передається на гальмівні черевики 4 з встановленими на них гальмівними колодками 5, що притискуються до поверхні гальмівного диска 6. В процесі гальмування гальмівні колодки 5 та гальмівний диск 6 інтенсивно нагріваються до високих температур, під впливом яких відбувається термічне деформування гальмівних колодок 5, зменшення коефіцієнту тертя та підвищення лінійної інтенсивності зношування. Завдяки тому, що гальмівні колодки 5 та гальмівні черевики 6, на яких вони встановлені, мають кільцеву форму з площею, що дорівнює робочій площі гальмівного диска 6, площа взаємодії коло-

док 5 з диском 6 значно збільшується, тим самим зменшуючи контактний тиск та температуру взаємодії фрикційних елементів, підвищуючи коефіцієнт тертя між колодкою 5 та диском 6 і зменшуючи лінійну інтенсивність зношування елементів тертя дискового гальма. Припинення гальмування здійснюється завдяки випуску стисненого повітря з гальмівного циліндра 1 у атмосферу. При цьому зворотна пружина переміщує його поршень у вихідне положення і одночасно через гальмівні важільні механізми 2 та кронштейни 3 відводить гальмівні черевики 4 з гальмівними колодками 5 від гальмівного диска 6 [11].

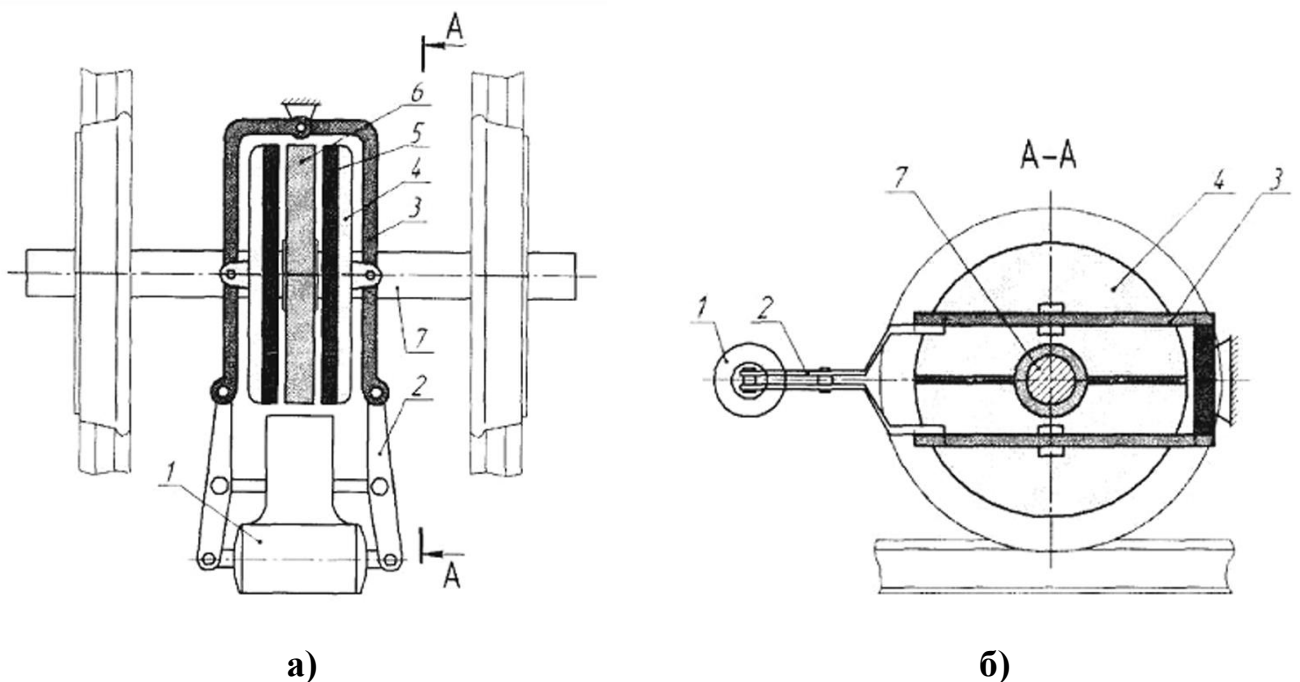


Рисунок 3.8 – Однодискове гальмо [11]: а) загальний вид;
б) переріз А-А загального виду

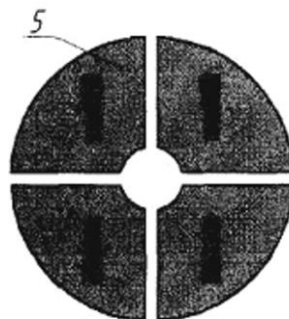


Рисунок 3.9 – Гальмівні колодки кільцевої форми

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Така конструкція, при якій гальмівні колодки та гальмівні черевики мають кільцеву форму з площею, що дорівнює робочій площі гальмівного диска, і для фіксації яких використовуються кронштейни, які з одного боку прикріплені до гальмівних важільних механізмів, а з другого - до рами візка, дозволить отримати максимально можливу площу контакту гальмівних колодок з гальмівним диском, зменшити контактний тиск та температуру взаємодії і, тим самим, підвищити коефіцієнт тертя між колодками та диском, а також зменшити інтенсивність зношування елементів тертя дискового гальма [11].

Завдяки своїй компактності, однодискові гальма також вбудовуються в електродвигуни, що дає ще більшу компактність конструкції та відсутність в потребі додаткових механізмів для контролю гальма. Але використання таких електродвигунів пов'язане з труднощами в експлуатації, а саме потреби розбирати частину двигуна для перевірки стану гальмівних поверхонь.

Наприклад, на рис. 3.10 показане однодискове гальмо, яке вбудоване в електродвигун загального призначення серії АО [12, стор. 137–138]. В задній щиток 1 електродвигуна вмонтовані котушка гальмівного електромагніту 7 та п'ять замикаючих пружин 6. Якір 5 електромагніту, який одночасно є і гальмівним диском, може рухатися поступово вздовж направляючих пальців 2. Фрикційне кільце 4 приклеєно до диску 3 вентилятора, закріпленого на валу циліндричного ротора. Для живлення котушки магніту постійним струмом при двигуні змінного струму використовують селенові виправлячі. Осідання пружин (а відповідно, і гальмівного моменту) регулюється за допомогою підкладених під пружини (в гнізда в задньому щитку) регулювальних шайб [12, стор. 137–138].

Слід додати, що однодискові гальма через щільне прилягання гальмівних поверхонь мають проблеми з тепловідводом, що може вплинути на рівномірність прилягання гальмівних поверхонь, зменшити площину контакту і, відповідно, змінити коефіцієнт тертя, від зміни якого, в свою чергу, може достатньо помітно змінитися процес гальмування.

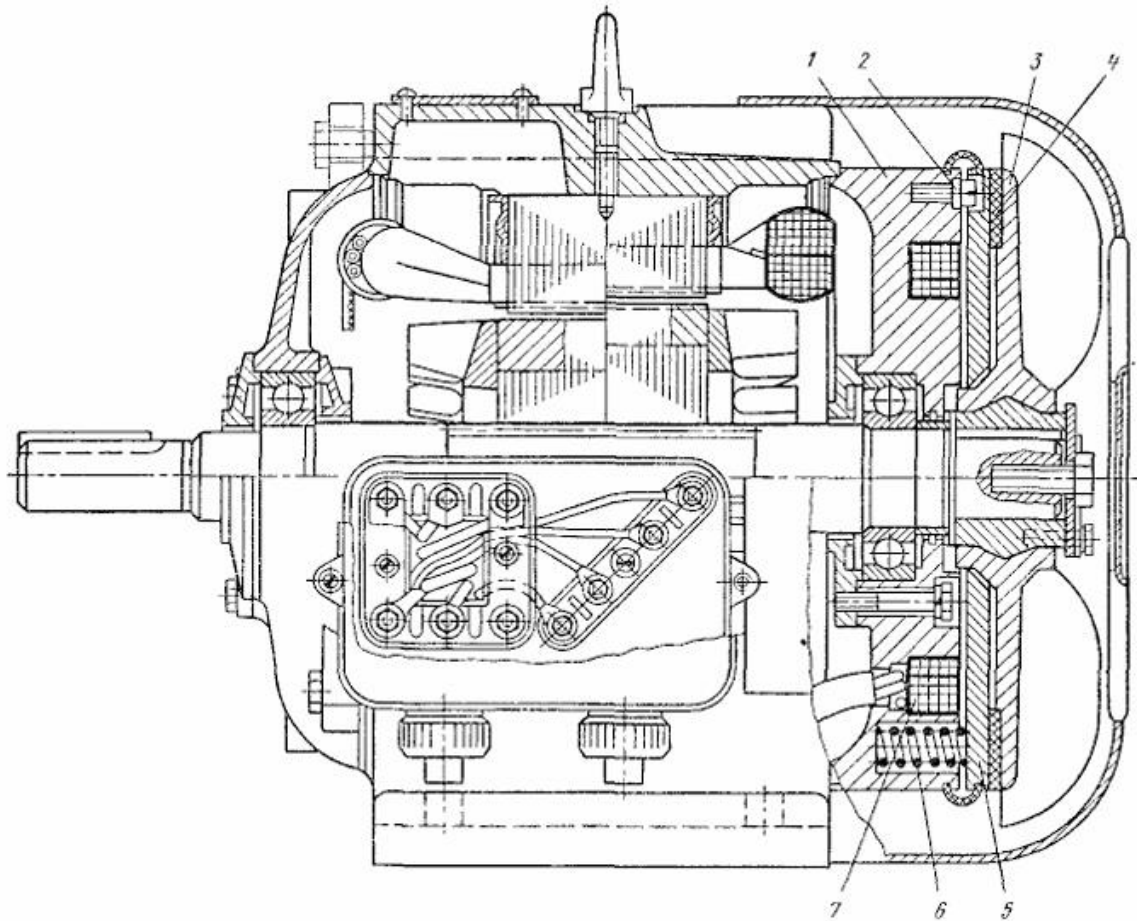


Рисунок 3.10 – Однодискове гальмо, вбудоване в електродвигун загального призначення АО

Багатодискові гальма використовують декілька дисків для гальмування, що збільшує гальмівну поверхню та знижує навантаження на кожен окремий диск, через що довговічність окремих дисків, як і колодок, значно підвищується. Недоліком такого типу гальма є труднощі з тепловідводом через закриту конструкцію гальмівних поверхонь, що може несприятливо вплинути на працездатність гальма через зменшення контактної поверхні, термічні деформації і як наслідок - перегріву однодискових гальм. Тому такі гальма часто потребують додаткових технічних рішень для достатнього охолодження.

Розглянемо один з прикладів багатодискового гальма [13] і те, як в ньому спробували подолати наслідки перегріву. Суть конструкції багатодискового гальма [13] закритого типу пояснюється схемою на рис. 3.11. Дискове гальмо містить гальмовий гідропривід, який складається з головного гальмового циліндру 1 та робочого контуру 2, і гальмові механізми, які включають супорти 3, на яких встанов-

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

лені гальмівні колодки 4, та гальмівні диски 5, що кріпляться на осі колеса машини 6 за допомогою шліців 7. Закритий тип конструкції гальма забезпечується ковпаками 8, герметично прикріпленими до внутрішнього ободу колеса 9.

Дискове гальмо функціонує наступним чином. При натисканні на поршень головного гальмового циліндра 1, тиск, що утворюється, за допомогою робочого контуру 2 передається до супортів 3, на яких закріплені гальмові колодки 4. Поршні супортів 3 притискають гальмові колодки 4 до пакету гальмових дисків 5, які встановлені на осі колеса 6 за допомогою шліців 7, що дозволяє дискам 5 рухатися вздовж осі обертання до притискання один до одного, що утворює гальмівний момент, який розподіляється поміж дисків 5 [13].

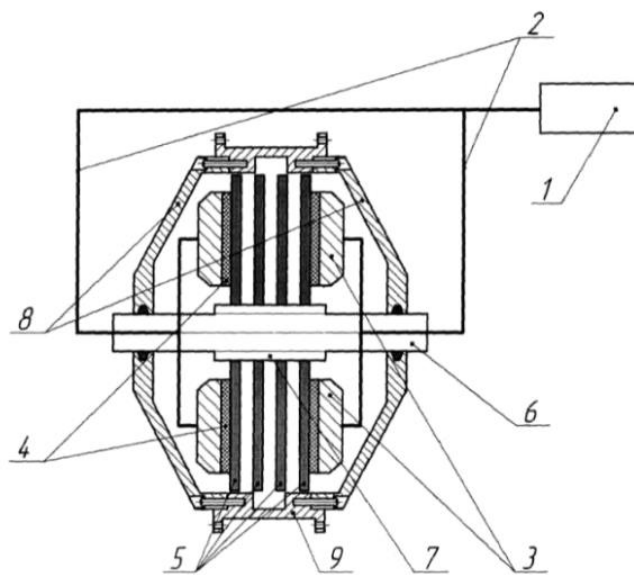


Рисунок 3.11 – Багатодискове гальмо

В процесі гальмування колодки 4 та гальмові диски 5 інтенсивно нагріваються до високих температур, що є причиною деформацій робочих елементів дискового гальма, внаслідок чого зменшується контурна площа контакту гальмових колодок 4 та гальмового диску 5 і, як наслідок, зменшується коефіцієнт тертя. Завдяки тому, що у дисковому гальмі використовується кілька гальмових дисків і, як мінімум, чотири супорти 3 з встановленими на них гальмівними колодками 4, значно зменшується деформація робочих фрикційних елементів і, як наслідок, значно збільшується величина контурної площі контакту, яка позитивно впливає на коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування [13].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Цікавою також є конструкцій дискового гальма (див. рис. 3.12) [14]. Гальмо містить співвісні рухомий корпусний елемент 1 та нерухомий корпусний елемент 2, обертові відносно один одного. Керуючий елемент 3 має можливість осьового переміщення тільки паралельно спільній осі обертання рухомого корпусного елемента 1 та нерухомого корпусного елемента 2. Муфта 4 зв'язана з нерухомим корпусним елементом 2 з можливістю осьового переміщення та з керуючим елементом 3. Пакет 5 фрикційних дисків містить принаймні два фрикційних диска, частина яких зв'язані з рухомим корпусним елементом 1 з можливістю тільки осьового переміщення, а інші зв'язані з нерухомим корпусним елементом 2 з можливістю тільки осьового переміщення. Підсилювальна подушка 6, що являє собою замкнену еластичну оболонку, яка заповнена робочим тілом без початкового тиску, має можливість контактувати з муфтою 4 та пакетом 5 фрикційних дисків [14].

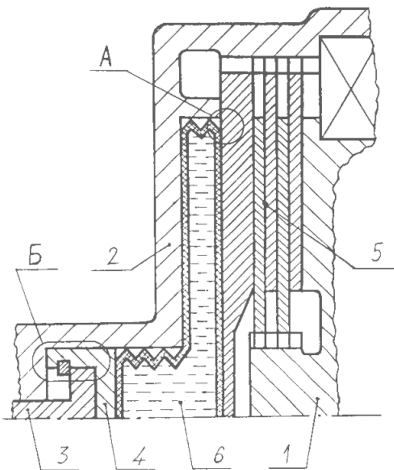


Рисунок 3.12 – Дискове гальмо у розрізі

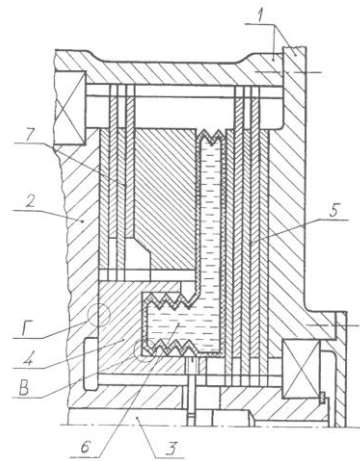


Рисунок 3.13 – Дискове гальмо з прилаштованим до нього додатковим пакетом фрикційних дисків

До дискового гальма може бути прилаштований додатковий пакет 7 фрикційних дисків (див. рис. 3.13) таким чином, що його перший фрикційний диск має можливість контактувати з підсилювальною подушкою 6, перший та всі непарні фрикційні диски зв'язані з муфтою 4 з можливістю тільки осьового переміщення, а всі інші фрикційні диски зв'язані з рухомим корпусним елементом 1 з можливістю тільки осьового переміщення [14].

Замкнена еластична оболонка 8 (див. рис. 3.14 – виноска А) підсилювальної подушки 6 може мати жорстку вставку 9. Муфта 4 може бути виконана як єдине

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

ціле з керуючим елементом 3 (див. рис. 3.14 – виноска Б). До муфти 4 може бути прилаштована накладка 10 (див. рис. 3.14 – виноска В), яка має, наприклад, антифрикційні властивості [14]. Муфта 4 може бути зв'язана з нерухомим корпусним елементом 2 пружними елементами 11 (див. рис. 3.14 – виноска Г).

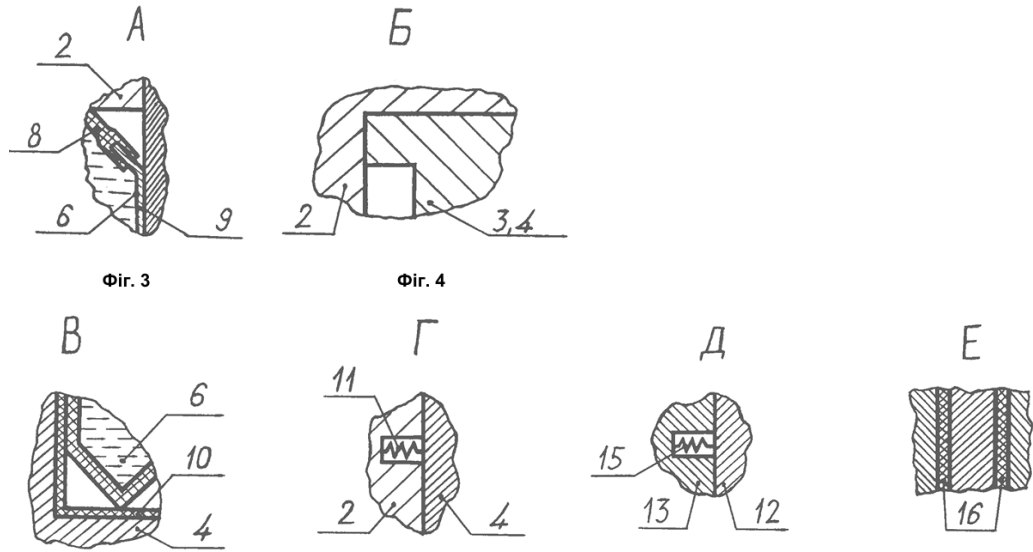


Рисунок 3.14 – Виноски до рисунків 3.12, 3.13, 3.15

Муфта 4 може бути виконана складеною з двох частин 12, 13 (рис. 3.15), співвісних з рухомих корпусним елементом 1, таким чином, що частина 12 муфти 4 зв'язана з нерухомим корпусним елементом 2 з можливістю тільки осьового переміщення та має можливість контактувати з підсилювальною подушкою 6, а частина 13 муфти 4 має можливість обмеженого обертального переміщення відносно нерухомого корпусного елемента 2 та при гальмуванні взаємодіє з нерухомим корпусним елементом 2 через розпірні вузли 14, наприклад, виконані у вигляді кулачків, виконаних як єдине ціле з частиною 13 муфти 4 та з нерухомим корпусним елементом 2 [14]. Частини 12, 13 муфти 4 можуть бути зв'язані між собою пружними елементами 15 (рис. 3.14 – виноска Д). До фрикційних дисків пакета 5 та додаткового пакета 7 можуть бути прилаштовані накладки 16 (рис. 3.14 – виноска Е), які мають, наприклад, фрикційні властивості [14].

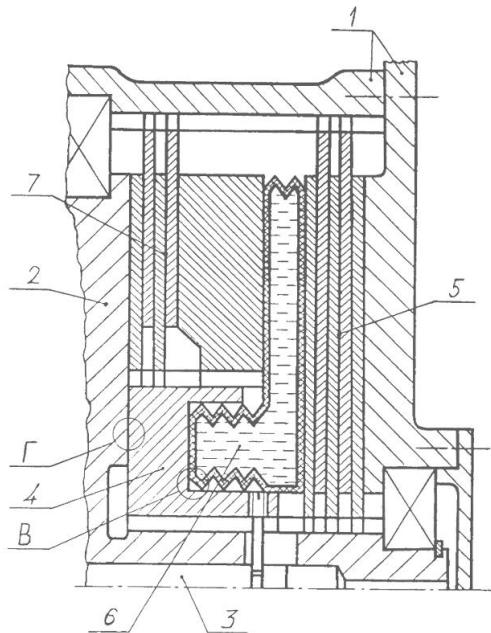


Рисунок 3.15 – Дискове гальмо з прилаштованим додатковим пакетом фрикційних дисків та виконанням муфти складеною з декількох співвісних частин, одна з яких при гальмуванні взаємодіє з нерухомим корпусним елементом через розпірні вузли

Дискове гальмо, що пропонується, працює таким чином. При вмиканні дискового гальма (рис. 3.12) керуючий елемент 3 через муфту 4 натискає на підсилювальну подушку 6 та створює при цьому тиск всередині підсилювальної подушки 6, під впливом якого замкнена еластична оболонка підсилювальної подушки деформується до вибирання зазорів між фрикційними дисками пакета 5. Після цього виникає осьова сила, пропорційна тиску всередині підсилювальної подушки 6 і площині контакту підсилювальної подушки 6 з пакетом 5 фрикційних дисків. (При цьому коефіцієнт підсилення керуючого зусилля залежить від відношення площини контакту підсилювальної подушки 6 з пакетом 5 фрикційних дисків до площини контакту підсилювальної подушки 6 з муфтою 4.) Пакет 5 фрикційних дисків сприймає вказану осьову силу та створює гальмовий момент за рахунок взаємного тертя фрикційних дисків, що входять до нього [14].

У випадку прилаштування до дискового гальма додаткового пакета 7 фрикційних дисків (рис. 3.13) цей додатковий пакет 7 сприймає осьову силу, пропорційну тиску всередині підсилювальної подушки 6 і площині контакту підсилювальної подушки 6 з додатковим пакетом 7 фрикційних дисків, та створює гальмовий момент за рахунок взаємного тертя фрикційних дисків, що входять до нього [14].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

У разі виконання замкненої еластичної оболонки 8 підсилювальної подушки 6 (рис. 3.14 – виноска А), маючої жорстку вставку 9, підсилювальна подушка 6 контактує з пакетом 5 фрикційних дисків жорсткою вставкою 9. У випадку виконання муфти 4 як єдиного цілого з керуючим елементом 3 (рис. 3. 14 – виноска Б) керуючий елемент 3 з муфтою 4 сумісно натискають на підсилювальну подушку 6 при вмиканні дискового гальма [14].

У разі прилаштування до муфти 4 накладки 10 (рис. 3.14 – виноска В) з антифрикційними властивостями при деформації під час вмикання дискового гальма ділянка замкненої еластичної оболонки підсилювальної подушки 6 взаємодіє з муфтою 4 через накладку 10. При цьому за рахунок антифрикційних властивостей накладки 10 зменшується знос вказаної ділянки замкненої еластичної оболонки підсилювальної подушки 6 [14].

У випадку зв'язку муфти 4 з нерухомим корпусним елементом 2 пружними елементами 11 (рис. 3.14 – виноска Г) при знятті керуючого зусилля з керуючого елемента 3 пружні елементи 11 повертають муфту 4 у вихідне положення і запобігають згадану муфту 4 при відсутності керуючого зусилля від самочинних переміщень [14].

У разі виконання муфти 4 складеною з двох частин 12, 13 (рис. 3.15), співвісних з рухомим корпусним елементом 1, при вмиканні дискового гальма керуючий елемент 3 через частину 12 муфти 4 натискає на підсилювальну подушку 6 та створює при цьому тиск всередині підсилювальної подушки 6, під впливом якого замкнена еластична оболонка підсилювальної подушки деформується до вибирання зазорів між фрикційними дисками пакета 5 та додаткового пакета 7. Після цього виникають осьові сили, пропорційні тиску всередині підсилювальної подушки 6 і площинам контакту підсилювальної подушки 6 з пакетом 5 та додатковим пакетом 7 фрикційних дисків. Пакет 5 фрикційних дисків сприймає осьову силу та створює гальмовий момент за рахунок взаємного тертя фрикційних дисків, що входять до нього. Додатковий пакет 7 фрикційних дисків також сприймає осьову силу і також створює додатковий гальмовий момент за рахунок взаємного тертя фрикційних дисків, що входять до нього. При цьому фрикційні диски додаткового пакета 7, які

зв'язані з частиною 13 муфти 4 з можливістю тільки осьового переміщення, спричиняють обмежене обертальне переміщення частини 13 муфти 4 відносно нерухомого корпусного елемента 2. Після вибирання зазорів між частинами 12, 13 муфти 4 за рахунок взаємодії частини 13 муфти 4 з нерухомим корпусним елементом 2 через розпирні вузли 14 виникає додаткове осьове зусилля, котре через частину 13 муфти 4 діє на частину 12 муфти 4 та додатково підвищує тиск всередині підсилювальної подушки 6. Таким чином виникає ефект самопідсилення [14].

У випадку зв'язку частин 12, 13 муфти 4 між собою пружними елементами 15 (див. фіг. 8) при знятті керуючого зусилля з керуючого елемента 3 пружні елементи 11 повертають частини 12, 13 муфти 4 у вихідне взаємне положення і запобігають згадані частини 12, 13 муфти 4 при відсутності керуючого зусилля від самочинних взаємних переміщень [14].

У разі прилаштування до фрикційних дисків пакета 5 та додаткового пакета 7 накладок 16 (рис. 3.14 – виноска Е) при гальмуванні фрикційні диски пакета 5 та додаткового пакета 7 взаємодіють через накладки 16 [14].

Прилаштування до дискового гальма додаткового пакета фрикційних дисків, перший фрикційний диск якого має можливість контактувати з підсилювальною подушкою, перший та всі непарні фрикційні диски зв'язані з муфтою з можливістю тільки осьового переміщення, а всі інші фрикційні диски зв'язані з рухомим корпусним елементом з можливістю тільки осьового переміщення забезпечує додаткове збільшення сумарного коефіцієнта підсилення гальма без зменшення його стабільності та без збільшення осьового розміру гальма [14].

Виконання замкненої еластичної оболонки підсилювальної подушки або її ділянок профільними та(або) гофрованими забезпечує збільшення деформації еластичної оболонки при гальмуванні та, відповідно, дає принципову можливість збільшення сумарного коефіцієнта підсилення гальма або за рахунок збільшення радіальних розмірів підсилювальної подушки та пакета фрикційних дисків без збільшення осьового розміру гальма, або шляхом збільшення кількості фрикційних дисків у пакеті без зменшення зазорів між ними в розгальмованому стані [14].

Виконання замкненої еластичної оболонки підсилювальної подушки або її ділянок армованими та(або) маючими жорсткі або пружні вставки забезпечує збільшення рівномірності тиску підсилювальної подушки на пакет фрикційних дисків та на додатковий пакет фрикційних дисків і, таким чином, сприяє збільшенню стабільності сумарного коефіцієнта підсилення гальма [14].

Жорсткий зв'язок муфти з керуючим елементом або виконання як єдиного цілого з ним спрощує конструкцію гальма та, відповідно, підвищує його надійність, а також збільшує плавність гальмування за рахунок зменшення зазорів між елементами, що передають керуюче зусилля [14].

Прилаштування до муфти накладок може забезпечувати покращення умов взаємодії муфти з іншими елементами дискового гальма і, таким чином, сприяє підвищенню надійності роботи дискового гальма [14].

Зв'язок муфти з нерухомим корпусним елементом пружними елементами дає можливість запобігати згадану муфту при відсутності керуючого зусилля від самочинних переміщуваль, які можуть призвести до випадкових короточасних вмикань дискового гальма, а також автономно повертати згадану муфту в вихідне положення після зняття керуючого зусилля, що підвищує надійність та стабільність роботи гальма [14].

Виконання муфти складеною з декількох співвісних з рухомим корпусним елементом частин, одна з яких зв'язана з нерухомим корпусним елементом з можливістю тільки осьового переміщення та має можливість контактувати з підсилювальною подушкою, а хоча б одна із залишившихся частин має можливість обмеженого обертального переміщення відносно нерухомого корпусного елемента та при гальмуванні взаємодіє з іншими частинами муфти та з нерухомим корпусним елементом через розпірні вузли, наприклад, виконані у вигляді кулачків, жорстко зв'язаних або виконаних як єдине ціле з частинами муфти та з нерухомим корпусним елементом, забезпечує додаткове збільшення сумарного коефіцієнта підсилення гальма, а також зменшення переміщення елемента, до якого оператор прикладає керуюче зусилля, і, отже, до зменшення інтервалу часу між реакцією оператора і початком гальмування та до збільшення точності оцінки гальмового шляху, що, в

що дисково-колодке гальмо містить (див. рис. 3.16): два робочі гальмівні диски 1 і 2 із забірними отворами 3 і випускними отворами 4 для проходження атмосферного повітря. Диски встановлені на валу 5 та з'єднані між собою шпильками 6 з болтами 7, гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11, крильчатку 12, посаджену на підшипник кочення 13 [15].

Дисково-колодке гальмо працює наступним чином. При русі машини відбувається процес обертання робочих гальмівних дисків 1 і 2 (рис. 3.16), встановлених на валу 5, а також обертання за рахунок відцентрових сил крильчатки 12, посаженої на підшипник кочення 13. При цьому через забірні отвори 3 гальмівних дисків 1 і 2 атмосферне повітря надходить до порожнини між внутрішніми поверхнями гальмівних дисків 1 і 2 та попадає на крильчатку 12, за рахунок якої здійснюється "омивання" внутрішніх поверхонь дисків 1 і 2, що призводить до їх охолодження та стабілізації коефіцієнта тертя. Атмосферне повітря виводиться до навколишнього середовища через випускні отвори 4 в робочих гальмівних дисках та через проміжки між з'єднувальними шпильками 6 з болтами 7 [15].

В процесі гальмування машини дисково-колодковим гальмом, який розпочинається після того, як під впливом притискних нормальних зусиль гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11 вступають у фрикційний контакт з зовнішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2, атмосферне повітря продовжує надходити до порожнини між внутрішніми поверхнями дисків 1 і 2 та на крильчатку 12, що обертається на підшипнику кочення 13, та продовжує здійснювати "омивання" внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1 і 2, що призводить до охолодження. Процес тепловідведення від внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1 і 2 буде продовжуватися і після зупинки машини через те, що крильчатка 12 буде продовжувати обертатися на підшипнику кочення 13 за рахунок сили інерції до того часу, поки швидкість її обертання не стане рівною нулю. Це дозволяє збільшити час примусового тепловідведення від внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1 і 2 [15].

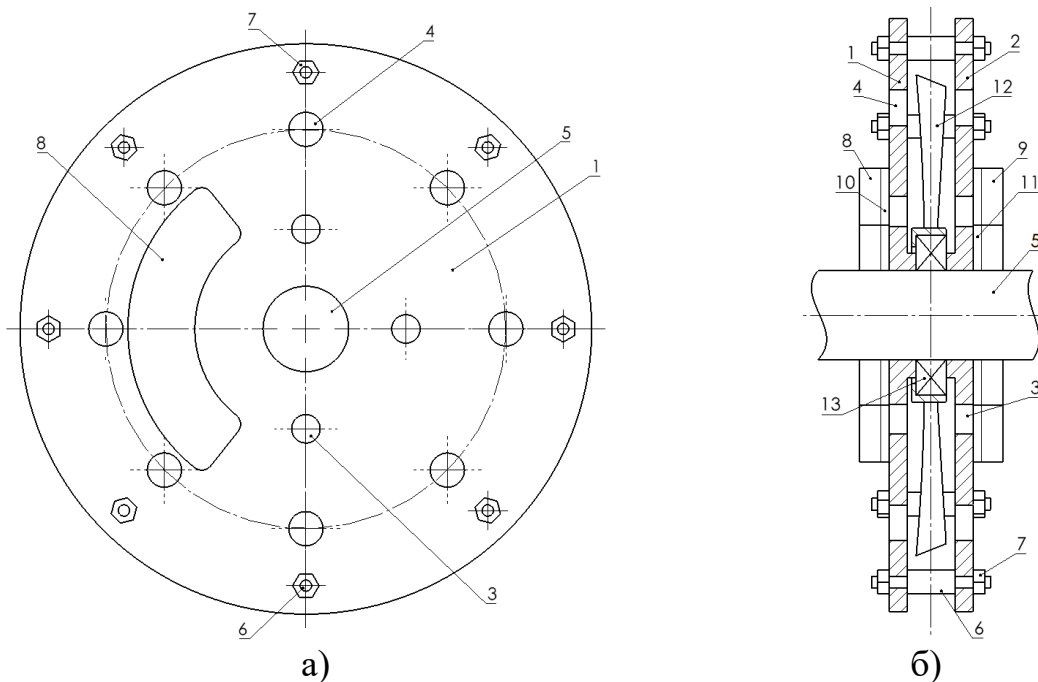


Рисунок 3.16 – Дислово-колодкове гальмо [15]

Запропоноване технічне рішення дозволяє істотно інтенсифікувати процес примусового охолодження гальмівних дисків і підвищити ресурс пар тертя дисково-колодкового гальма [15].

Ще одним яскравим технічним рішенням для подолання перегріву та інтенсифікації примусового тепловідведення від зони тертя гальмівних дисків та фрикційних накладок є колодкове гальмо [16] на рис. 3.17. Задача тепловідведення вирішується тим, що дисково-колодкове гальмо, що містить вал, гальмівні колодки з фрикційними накладками, гальмівний диск, який складається з двох робочих гальмівних дисків, що мають забірні отвори для проходження атмосферного повітря та з'єднані між собою перемичками, а між робочими гальмівними дисками розміщується додатковий диск, який поєднаний з маточиною та з'єднується з робочими дисками перемичками, згідно з корисною моделлю, у додатковому диску виконано по колу паз, що утворює повітряний зазор, а перемички між робочими дисками і додатковим диском з'єднані з внутрішніми поверхнями робочих дисків у зоні, протилежній зоні тертя фрикційних накладок колодок із зовнішньою поверхнею робочих дисків, причому робочі диски з'єднані з додатковим диском наскрізними отворами, виконаними також у перемичках [16].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Дисково-колодкове гальмо працює наступним чином: У ході процесу зупинки транспортного засобу дисково-колодковим гальмом, який розпочинається після того, як під впливом притискних нормальних зусиль N гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11 вступають у фрикційний контакт з зовнішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2, відбувається нагрів пар тертя: робочих дисків 1 і 2 - фрикційних накладок 10 і 11 гальмівних колодок 8 і 9. Тепло з робочих дисків 1 і 2 "перетікає" через перемички 7 та отвори 13, 14, 15, 16, 17, 18 в них до додаткового диска 5, який також нагрівається, та виводиться назовні через паз 6. При обертанні робочих гальмівних дисків 1 і 2, встановлених на валу 4, за рахунок відцентрових сил через забірні отвори 3 робочих гальмівних дисків 1 і 2 атмосферне повітря надходить до порожнини між внутрішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2 та зовнішніми поверхнями додаткового диска 5, за рахунок чого здійснюється "омивання" внутрішніх поверхонь робочих гальмівних дисків 1 і 2, зовнішніх поверхонь додаткового диска 5 та зовнішніх поверхонь перемичок 7, що призводить до охолодження та стабілізації коефіцієнта тертя пари тертя: робочих дисків 1 і 2 - фрикційних накладок 10 і 11 гальмівних колодок 8 і 9. Атмосферне повітря попадає також в порожнину паза 6 додаткового диска 5, "омиваючи" його внутрішні поверхні та виводячи при цьому назовні тепло, яке надходить до паза 6 через тепловідвідні наскрізні отвори 13, 14, 15, 16, 17, 18 в перемичках 7. Атмосферне повітря з порожнини між внутрішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2 та зовнішніх поверхонь додаткового диска 5 виводиться до навколишнього середовища через проміжки між перемичками 7. Запропонована корисна модель дозволяє істотно інтенсифікувати процес охолодження робочих гальмівних дисків і підвищити ресурс пар тертя дисково-колодкового гальма [16].

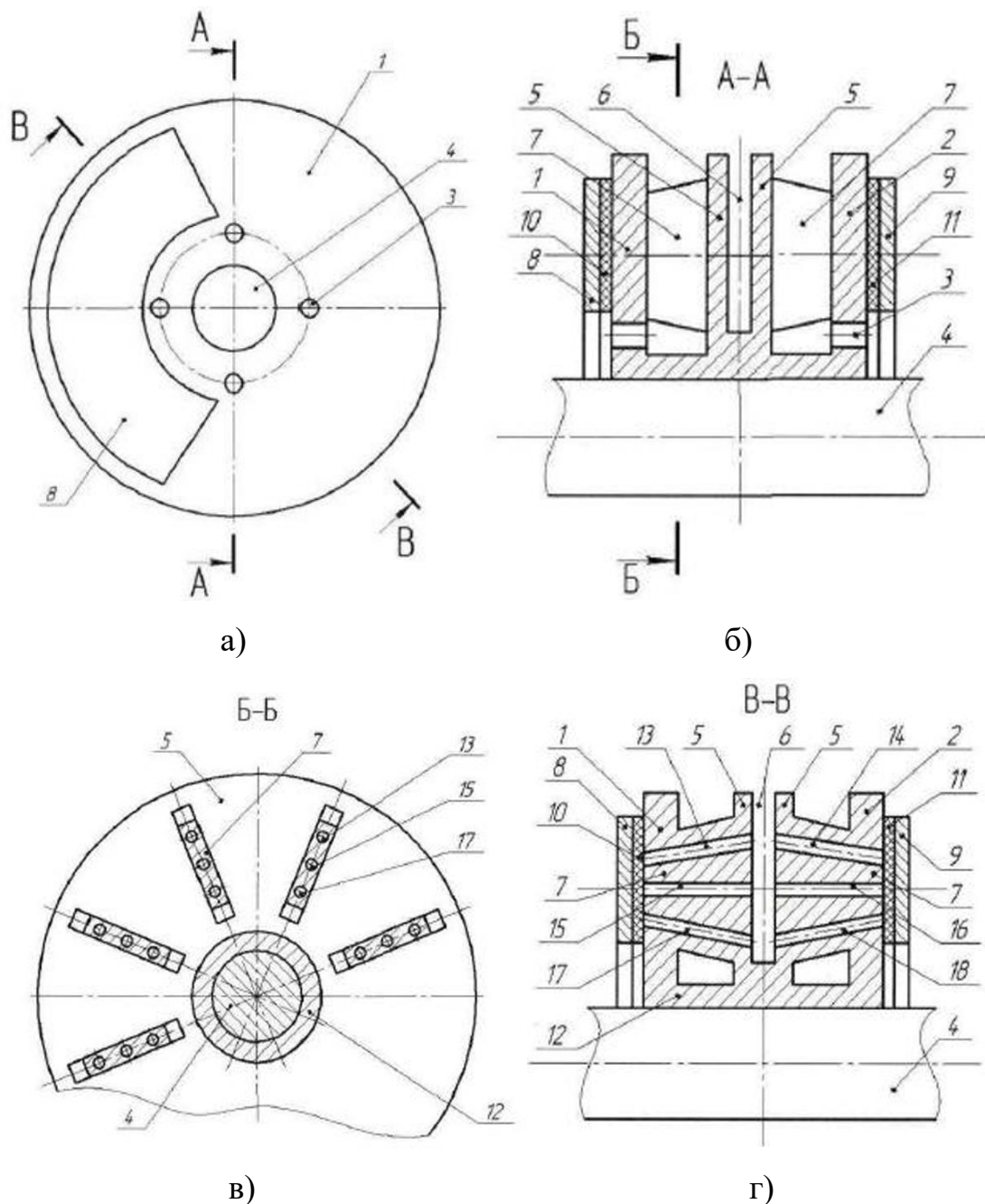


Рисунок 3.17 – Дислово-колодке гальмо [16]: а) вигляд збоку; б) переріз А-А; в) переріз Б-Б; г) переріз В-В

Представляє інтерес конструкція дискового гальма Осеніна [17], що показана на рис. 3.18. Середня несуча частина гальма, яка відповідає другому шару матеріалу, виконана відокремленою, з міцного матеріалу у формі кільця 1, яке також наділене теплоізоляційними властивостями. Перший та третій шар матеріалу виконані відокремленими гальмівними дисками 3 і 4, які різняться за фрикційними властивостями. Між гальмівним диском 3 та кільцем 1 встановлено першу теплоізолюю-

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

чу прокладку 2. Між другим гальмівним диском 4 та кільцем 1 встановлено другу теплоізолюючу прокладку 2. Гальмівні диски 3 і 4, теплоізолюючі прокладки 2 та кільце 1 з'єднані між собою за допомогою нероз'ємного з'єднання, наприклад за допомогою клею. В гальмівних дисках 3 і 4 виконані канали 5 для проходу атмосферного повітря [17].

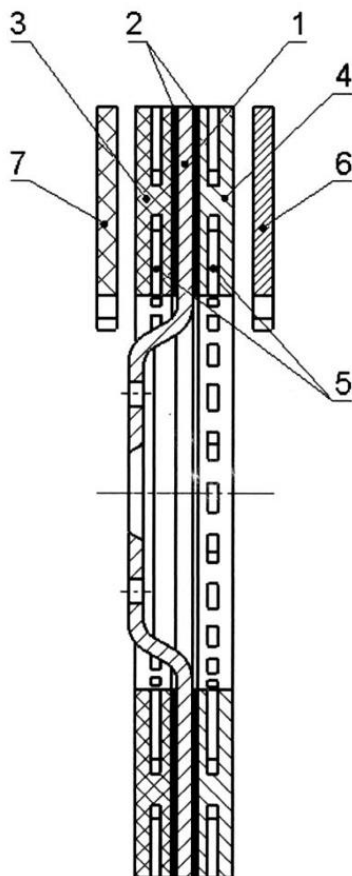


Рисунок 3.18 – Дискове гальмо Осеніна [17]

Дискове гальмо створює два вузла тертя. Перший вузол тертя створюють гальмівна колодка 7 та гальмівний диск 3. Другий вузол тертя створюють гальмівна колодка 6 та гальмівний диск 4. Перший вузол тертя сформований з матеріалу на основі карбону.

Другий вузол тертя сформований на основі матеріалів, які мають високий коефіцієнт тертя при температурах, приблизно, до 300°C, реалізує максимальну силу тертя [17]. Гальмівні колодки 6 і 7, які взаємодіють з гальмівними дисками, відповідно, 4 і 3, виготовлюється з матеріалу, який є сумісним з матеріалом гальмівних дисків 4 і 3. Вони можуть бути виготовлені з однакового матеріалу, або з різних, все залежить від ступеня сумісності з матеріалами гальмівних дисків [17].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Два вузли тертя обумовлені тим, що характеристики тертя у них будуть різні, завдяки різним властивостям матеріалів, з яких вони виготовлені.

Таким чином, завдяки теплоізолюючим прокладкам 2 та кільцю 1, що має теплоізоляційні властивості, та двом системам вентилявання 5 досягаються потрібні характеристики теплоізоляції. Кільце 1, що виконане з міцного матеріалу та має теплоізоляційні властивості, також сприяє вирішенню задачі.

Робота дискового гальма здійснюється таким чином [17]. При гальмуванні перший та другий вузли тертя нагріваються до температури, яка відповідає їх природним властивостям та рівню енергії гальмування. В першому вузлі тертя, в якому знаходяться фрикційні матеріали на основі вуглецю, досягається більший рівень температури, відносно до другого вузла тертя, в якому знаходяться звичайні матеріали [17].

"Перетіканню" тепла від одного гальмівного диска до другого гальмівного диска запобігає теплоізоляційний бар'єр, який містить: систему вентиляції 5; теплоізоляційну прокладку 2; кільце 1; теплоізоляційну прокладку 2; систему вентиляції 5. Таким чином, перший вузол тертя та другий вузол тертя працюють у температурних режимах, які не виходять за межу допустимої температури роботи кожного з вузлів тертя та обумовлені їх природними властивостями та рівнем енергії гальмування. При гальмуванні перший та другий вузли тертя одночасно починають брати участь у створенні супротиву переміщенню гальмівного диска відносно гальмівних колодок. Перший вузол тертя, що сформований з матеріалу вуглецю, який має високі характеристики при температурах 300°C та більше, працює в режимі розігріву і поступово збільшує силу тертя [17].

Другий вузол тертя, який сформований з матеріалів, що мають високі характеристики тертя при температурах до 300°C, реалізує максимальну силу тертя.

При досяганні температури 300°C та вище, спостерігається перерозподіл участі в процесі гальмування між першим та другим вузлами тертя. Перший вузол тертя реалізує максимальний супротив в гальмуванні, а другий вузол тертя зменшує свою участь у гальмуванні і вона стає адекватною тій частині в роботі, що виконує

					ПД.ПГМ.25.03.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		45

другий вузол тертя у гальмуванні. Таким чином, фрикційні матеріали виправляють недоліки один одного.

Враховуючи, що гальмівні диски теплоізовані на заданому рівні та вентилюються, тому кожний з них працює при оптимальній температурі, яка обумовлена його природними властивостями та енергією гальмування [17].

За результатами патентного та літературного пошуку можна зробити висновок, що дискові гальма, не дивлячись на свої суттєві переваги та значну кількість розроблених технічних рішень, мають недостатню кількість досліджень які би дали розуміння цих переваг, а також недоліків в парадигмі експлуатації вантажопідіймальних машин, що являє собою причиною для подальшого дослідження даних гальм в майбутній магістерській роботі.

					ПД.ПГМ.25.03.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		46

4. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

4.1 Завдання на розробку технологічного процесу

Назва деталі	- «Кришка»
Службове призначення	- Деталь є елементом конструкції гідравлічного дискового гальма
Матеріал	- Сталь 45
Замовлення	- 500 шт

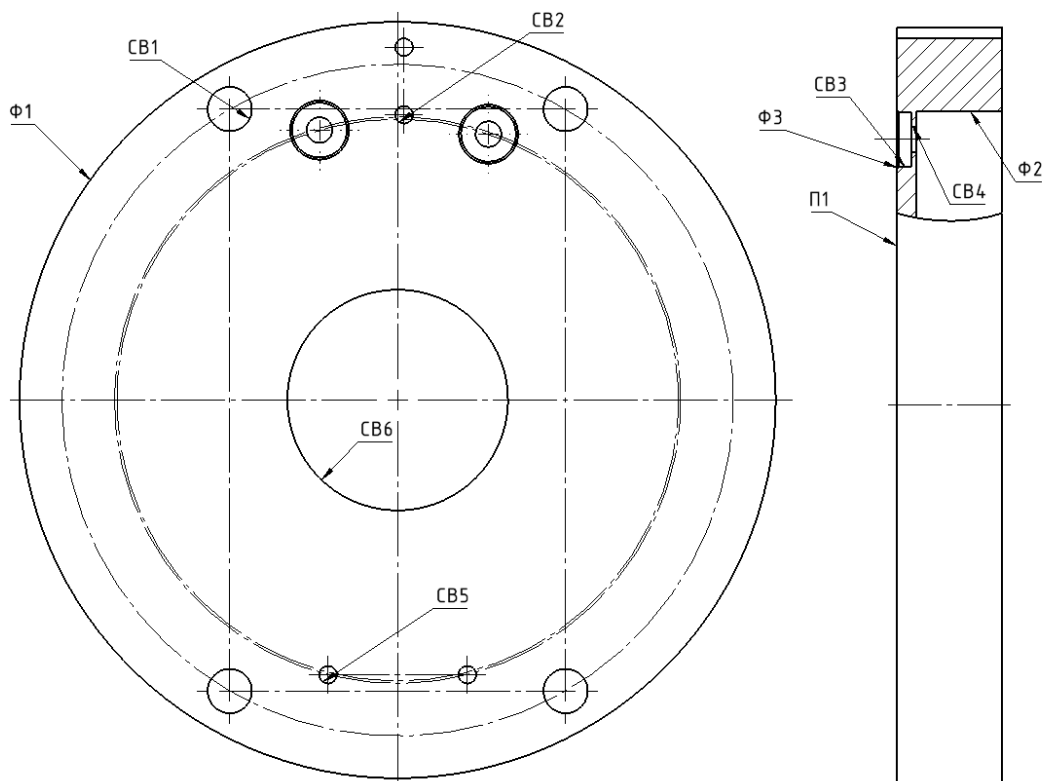


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі «Корпус»

При обробці даної деталі необхідно забезпечити симетричність отворів відносно центральної вертикальної вісі.

Найточніші розміри даної деталі це $\varnothing 143H9$, $\varnothing 52H9$, 2 отвори $\varnothing 6H8$, 4 отвори $\varnothing 4H7$, 2 отвори $\varnothing 10.5H7$. Всі інші поверхні обробляються по 12 квалітету.

4.2 Вибір заготовки

При виборі методу отримання заготовки в першу чергу враховують матеріал деталі, тип виробництва, якість поверхонь заготовки та її точність, а також можливості наявного обладнання. В нашому випадку найдоцільнішим є купівля сталеві плити.

Призначення припусків виконується табличним методом [18-21].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

47

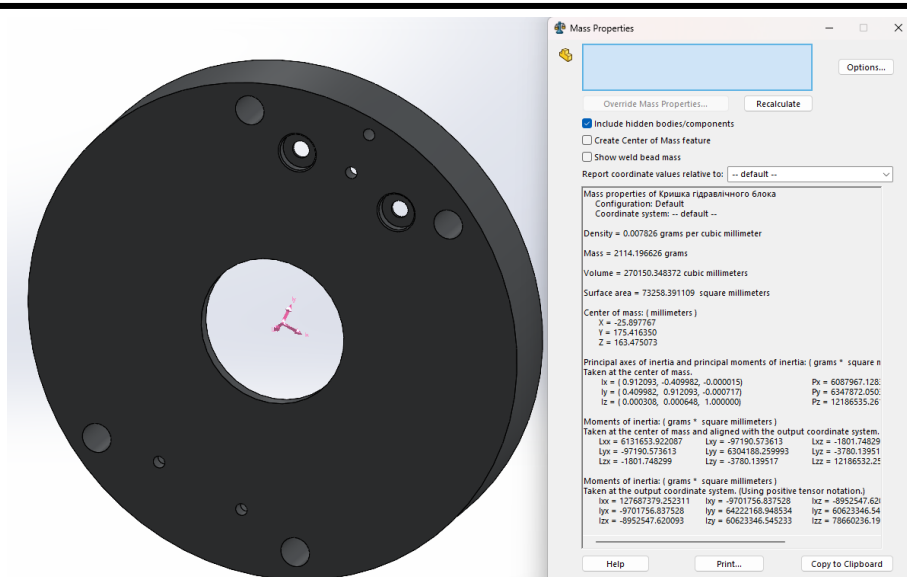


Рисунок 4.2 – 3D модель заготовки деталі (визначено масу – 7.3кг)

4.3 Розробка маршрутного технологічного процесу

Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, які об'єднані загальним службовим призначенням деталі. Типовими елементами конструкції є: циліндричні внутрішні поверхні та сукупність площин. Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід технологічних послідовностей оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів і параметрів шорсткості робочих поверхонь [18-21].

Для опису маршруту оброблення деталі необхідно ідентифікувати поверхні (рис. 4.3).

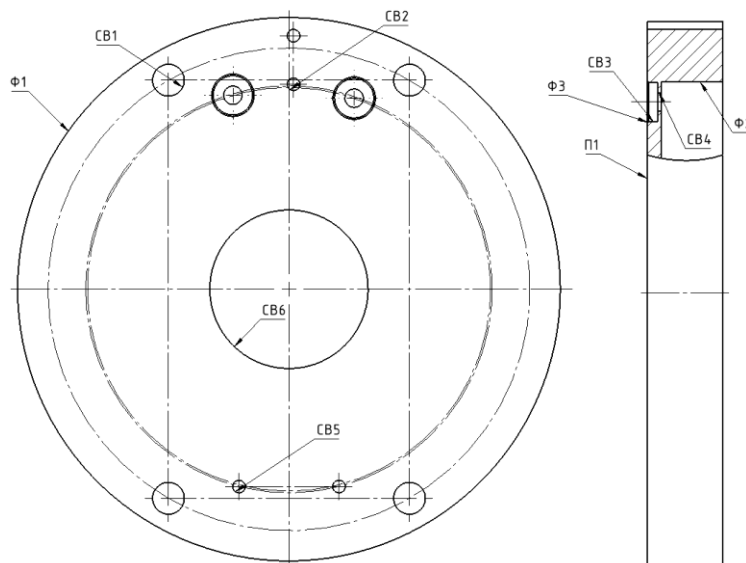


Рисунок 4.3 – Нумерації поверхонь деталі

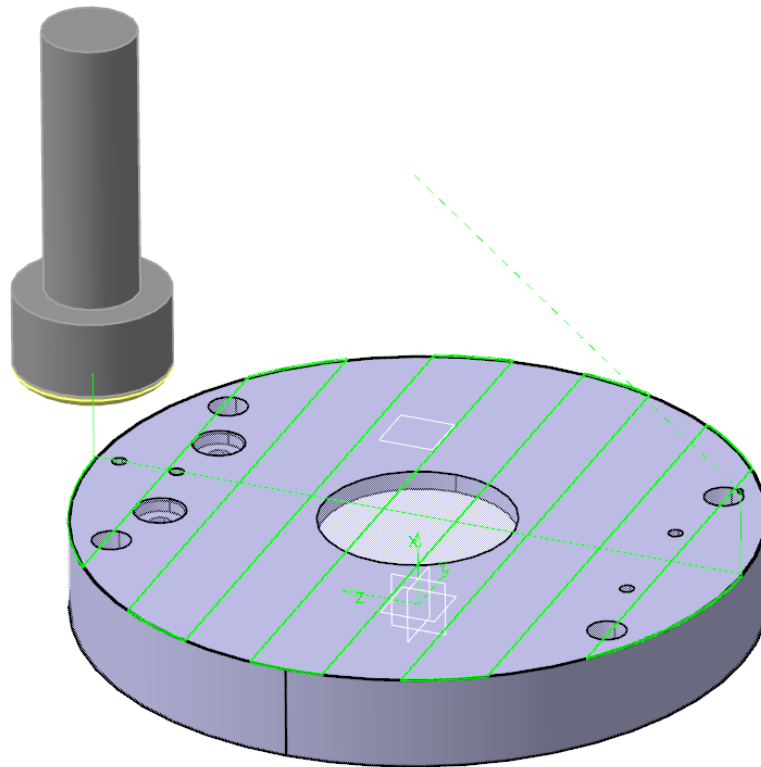
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Таблиця 4.1 – Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь деталі

Назва поверхні	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Типова технологічна послідовність оброблення поверхні	Характеристики якості поверхонь після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості Ra, мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості мкм
П1	12	Ra0.63	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12	Ra0.63
Ф1	12	Ra2.5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12	Ra2.5
Ф2	12	Ra2.5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12	Ra2.5
Ф3	12	Ra2.5	Зенкування	12	Ra2.5
СВ1	12	Rz40	Свердління	12	Rz40
СВ2	12	Rz40	Свердління	12	Rz40
СВ3	12	Rz40	Свердління	12	Rz40
СВ4	12	Rz40	Свердління	12	Rz40
СВ5	12	Rz40	Свердління	12	Rz40
СВ6	12	Ra2.5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12	Ra2.5

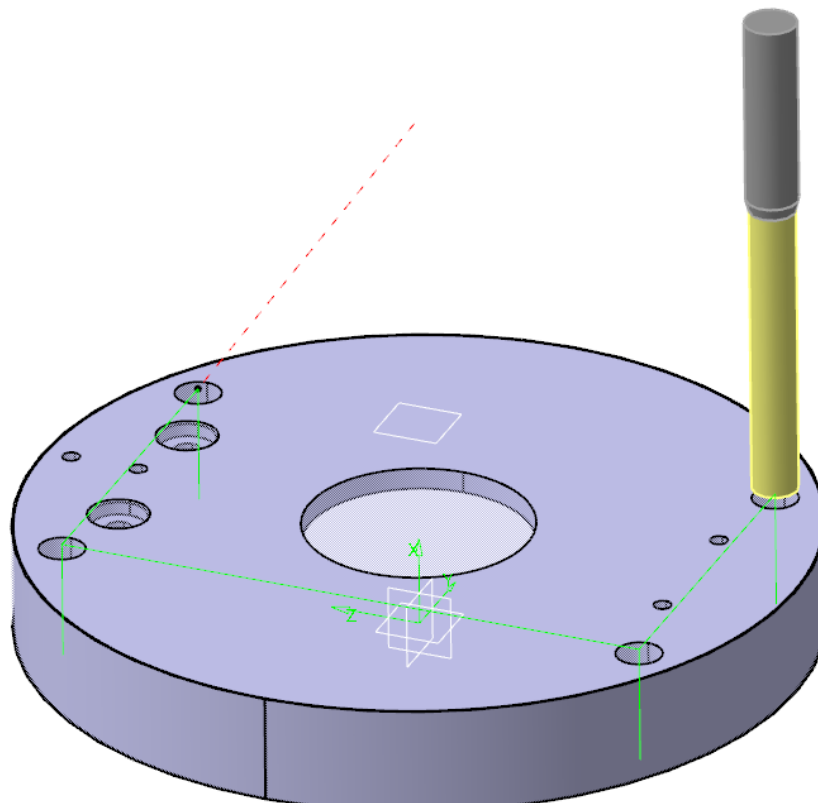
1 Фрезерування П1. Перехід 1

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



2 Свердління СВ1. Перехід 2

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

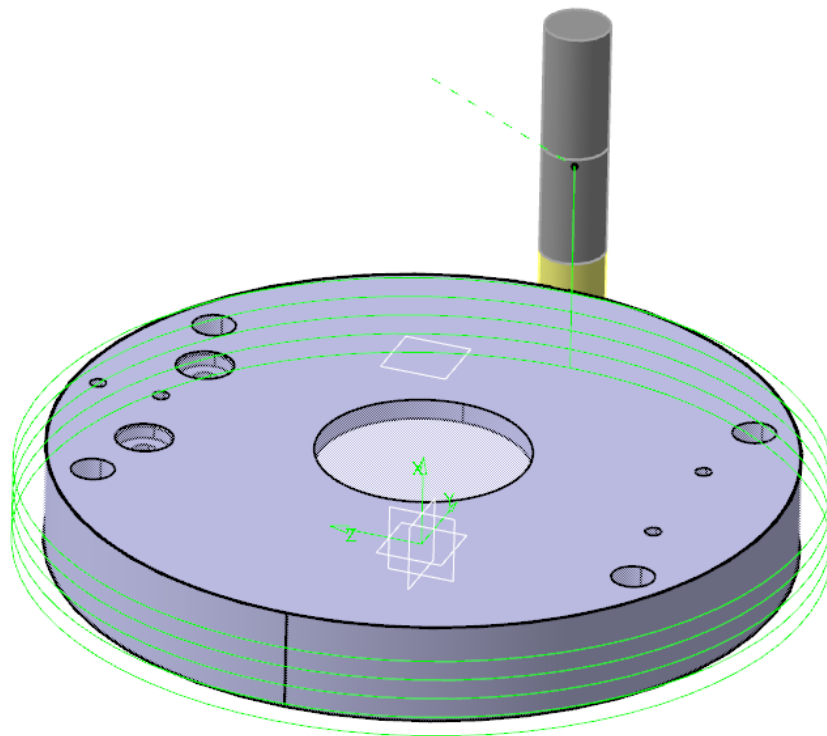
ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

50

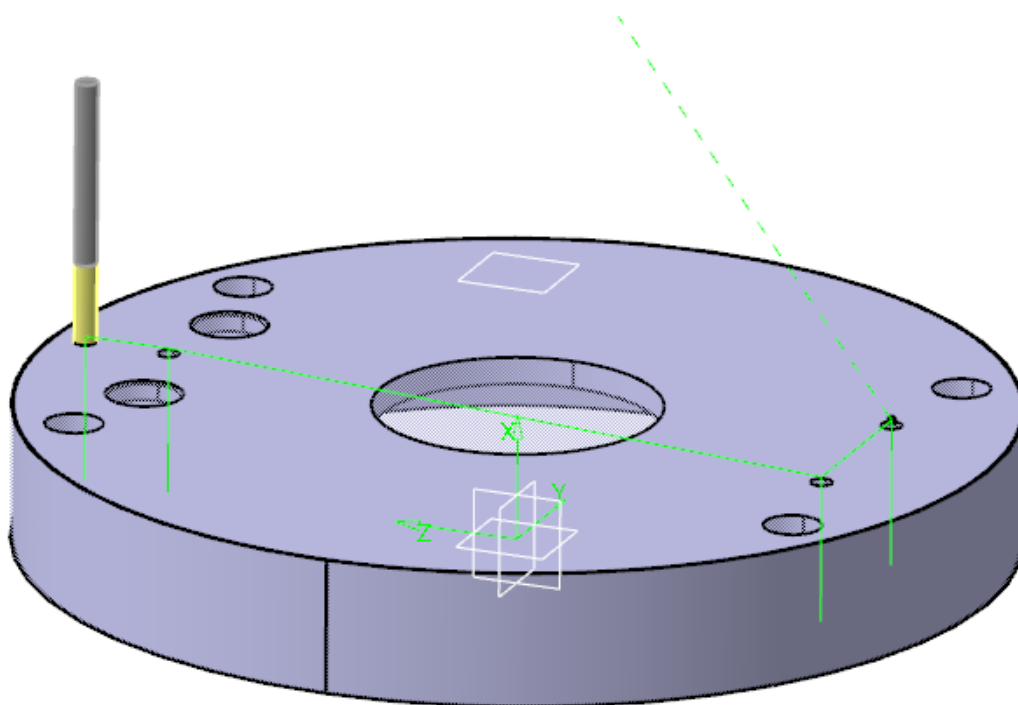
3 Фрезерування Ф1. Перехід 3

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



4 Свердління СВ2 та СВ5. Перехід 4

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

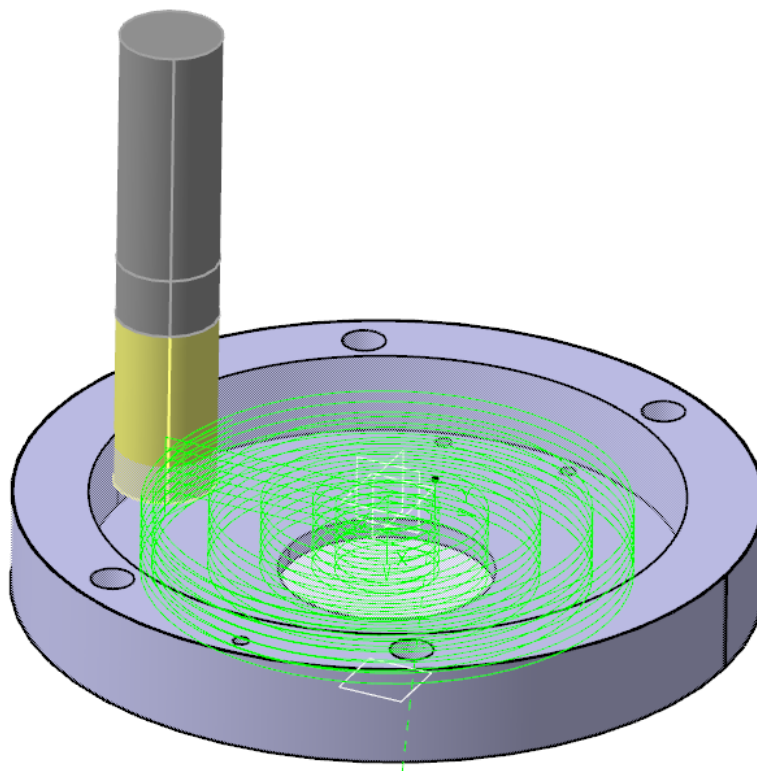
ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

51

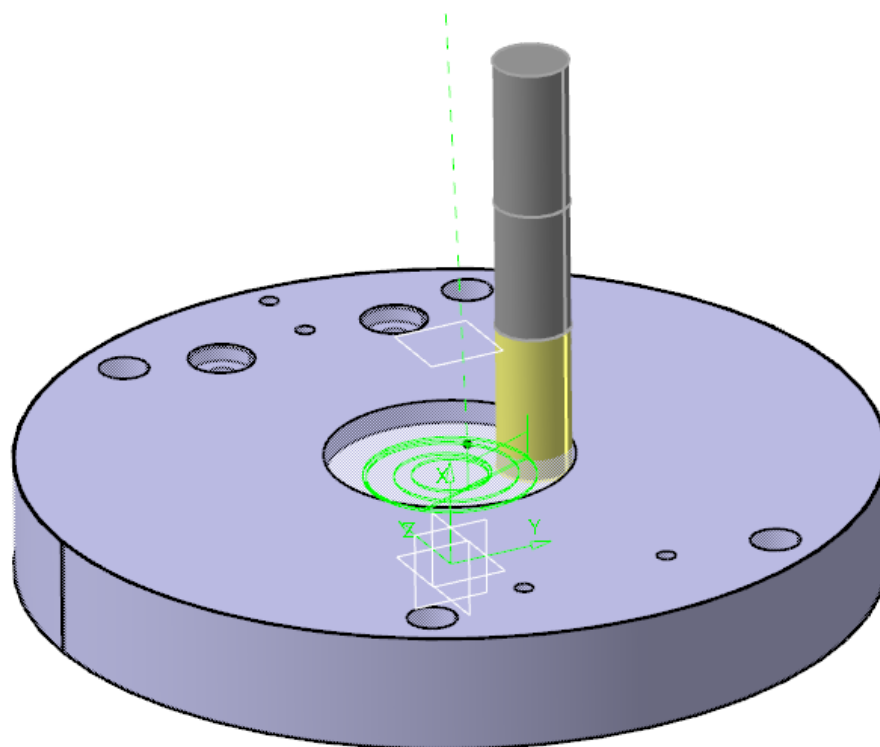
5 Фрезерування Ф2. Перехід 5

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



6 Фрезерування СВ6.

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

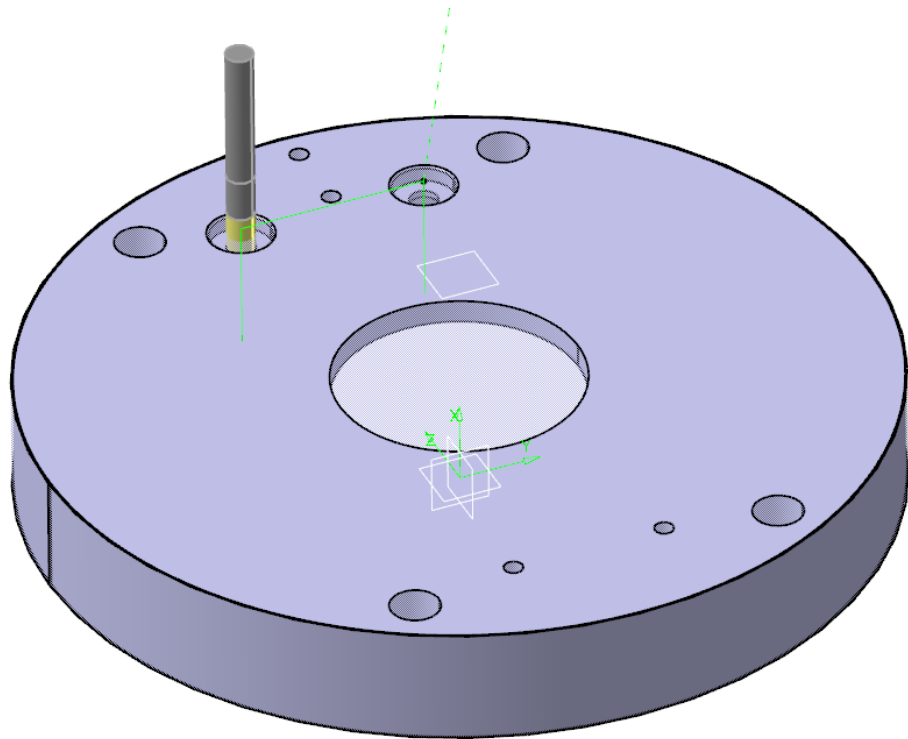
ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

52

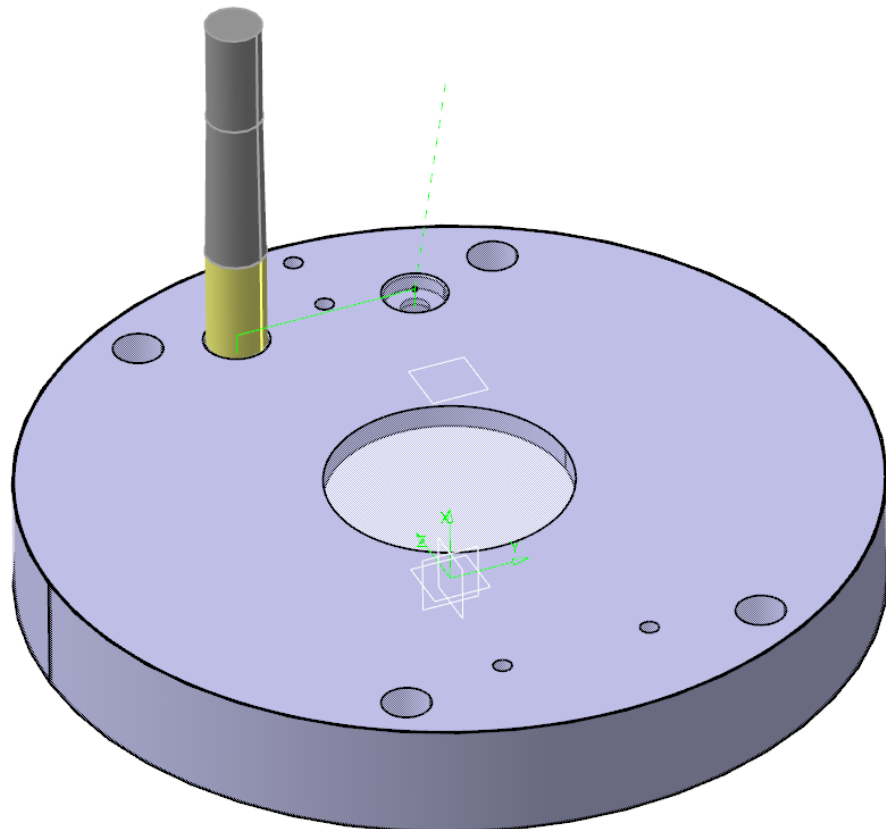
7 Свердління СВ4. Перехід 6

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



8 Свердління СВ3. Перехід 7

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

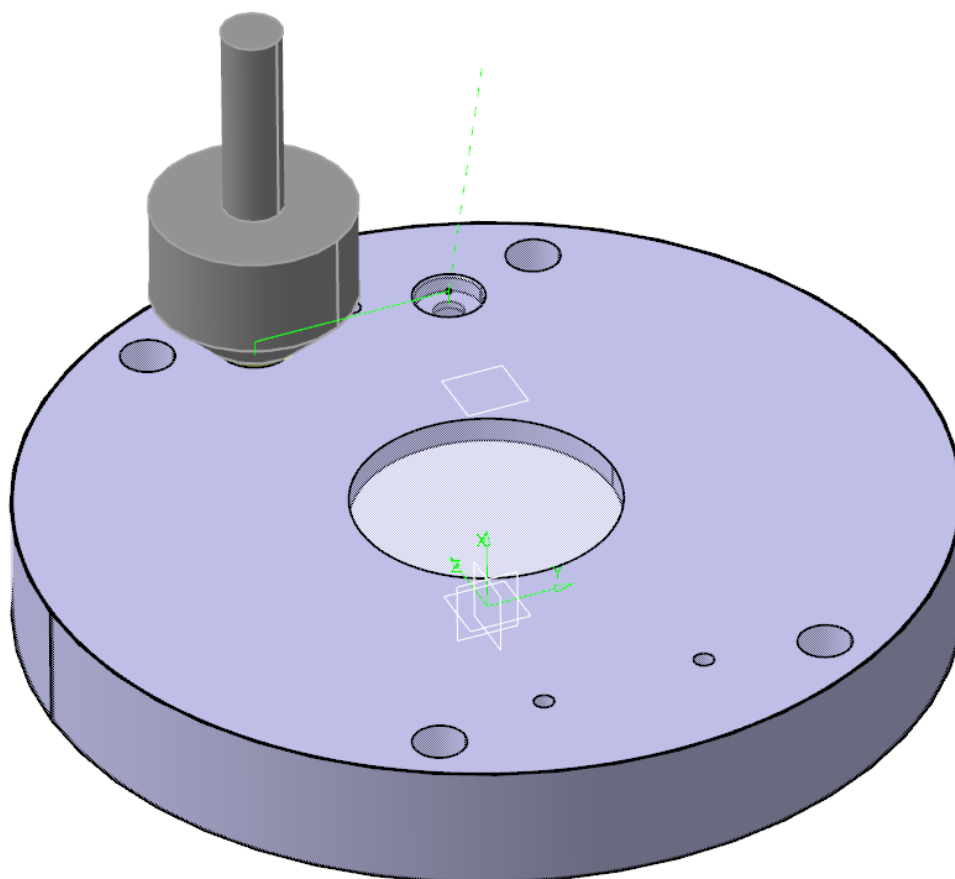
ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

53

9 Зенкування ФЗ. Перехід 8

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

54


4.4 Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

Визначаємо режими різання за каталогами та рекомендаціями наданими виробниками інструментів [22]:

WDO-1SD solid carbide deep twist drill bit

VHM Werks-norm Typ TLP 140° 30° 1.5xD 6535 HA DIN T1AIN Vc/fz

- With optimised shank diameter tolerance, suitable for use in shrink-fit holders
- Cutting material: solid carbide, WDI™-coated**
- Cutting edge tolerance
- Ø3 mm -0.005 to -0.024
- Ø3.1-6 mm -0.01 to -0.032
- Ø6.1-10 mm -0.015 to -0.04
- Ø10.1-12 mm -0.02 to -0.05
- High-performance drill bit for cost-efficient manufacturing of deep bores up to 1.5xD with no step
- Optimum chip removal due to special cutting geometry and large chip spaces
- Pilot hole recommended**



material	very well suited	well suited	steel	stainless steel	duplex	cast iron	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based	aluminium	copper	graphite	hardened steel
			< 700 N/mm ²	< 1000 N/mm ²	Austenitic	GG/GTS		< 30 HRc	< 8% Si	Cu alloys	graphite GPT/CF/therm.	< 55 HRc
			60-125	60-125	40-80	40-80	60-125	50-80				> 60 HRc

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D	D1	L	L1	Feed f	art.no.	€
mm	mm	mm	mm	steel < 1000 N/mm ² mm/rev		
3.0	3	105	55	0.06	111516 0030	167,10

Рисунок – 4.4 Приклад інструменту з каталогу

Для зручності, всі дані заносимо у звітну таблицю.

Таблиця 4.2 – Режими різання рекомендовані виробниками інструментів.

Перехід	Інструмент	Глибина різання	Подача	Частота обертання	Швидкість різання
		h [мм]	F [мм/об]	N [об/хв]	V [м/хв]
01	Фреза торцева насадна D=40 мм ATORN 262532 0040 АРКТ 1003 PDER-S	17.5	1.2	1194	150
02	Свердло D=10 мм ATORN 111612 1000	50	0.32	4138	130
03	Фреза кінцева D=16 мм ATORN 224001 0160	4	0.128	457.5	23
04	Свердло D=4 мм ATORN 111010 0400	20	0.09	5570	70
05	Фреза кінцева D=25 мм SARA 255100 2510	7	0.12	2291	180
06	Свердло D=6 мм ATORN 110501 0060	18	0.03	2387	45
07	Фреза кінцева D=13 мм ATORN 254130 0130	7	0.044	3060	125
08	Зенківка D=14 мм ATORN 150101 0400	1	0.16	477	30

4.5 Оснащення операцій

Для реалізації технологічно процесу було обрано за каталогами інструментальні, верстатні та вимірювальні пристрої [22].

1. Цанги для фрез, свердл та зенкерів, та оправки:

Таблиця 4.3 – Цанги та оправки

Цанги	Оправки
ATORN ER40 433224 0250	ATORN 431007 5026
ATORN ER25 433222 0160	ATORN 431007 5016
ATORN ER25 433222 0100	
ATORN ER25 433222 0040	
ATORN ER25 433222 0060	
ATORN ER25 433222 0140	
ATORN ER25 433222 0150	

2. Прихвати для затиску заготовки:

- 2 шт. Лещата верстатні свердлильні 125 мм Q19A125 (046803) [23]
- Лист гарячекатаний (Стандарт: 16523) [24]
- Кутник сталевий 25x25x4 [25]
- 6 шт. Болт M10 din 931 [26]
- 6 шт. Гайка M10 DIN 934 [27]

3. Вимірювальні пристрої:

- Штангенциркуль – WP266001 [28]
- Рулетка вимірювальна – DIY-MTS31-1025/К [29]

4.6 Розрахунок вартості

4.6.1 Верстак HAAS VF-3 [30]:

16045 євро = 716905.04 грн (дата на момент розрахунку: 21.04.2025)

4.6.2 Заготовки:

Для вибору заготовки візьмемо сталевий круг з діаметром $d = 180$ мм вироблений підприємством «Метал Холдінг» [31]. Закупівлю будемо проводити в мет-

рах, тому визначаємо потрібну довжину усіх заготовок відповідно до ширини однієї заготовки (25 мм):

$$25 * 500 = 12500 \text{ мм} = 12.5 \text{ м}$$

Знаходимо ціну усіх заготовок згідно з ціною наданою виробником:

$$12.5 * 9668.17 = 120852.13 \text{ грн}$$

4.6.3 Зарплата робітнику:

Час на виготовлення однієї деталі: ~2.7 годин

Час виготовлення усіх деталей: $3.26 * 500 = 1349$ годин

Кількість робочих 8 часових робочих днів потрібних для обробки усієї партії: 168.64 днів, тобто 33.73 робочих тижнів (графік роботи 5/2) або приблизно 7-8 місяців (для розрахунків візьмемо середній показник в 7.5 місяців).

Беремо середню зарплатню робітника на ринку, а саме 35000 грн.

Тоді: $35000 * 7.5 = 262500$ грн

4.6.4 Цанги та оправки:

Таблиця 4.5 – Ціни цанг та оправок

Цанги	Ціна цанг, євро	Оправки	Ціна оправок, євро
ATORN ER40 433224 0250	31.40	ATORN 431007 5026	97.20
ATORN ER25 433222 0160	22.70	ATORN 431007 5016	102.50
ATORN ER25 433222 0100	22.70		
ATORN ER25 433222 0040	22.70		
ATORN ER25 433222 0060	22.70		
ATORN ER25 433222 0140	22.70		
ATORN ER25 433222 0150	22.70		
Сума	167.60	Сума	199.70

Разом: $167.6 + 199.7 = 367.3$ євро = 17427.21 грн

4.6.5 Інструментів верстату:

Згідно за каталогом ATORN[22]:

Таблиця 4.6 – Ціна інструментів

Інструмент	Ціна, євро
Фреза торцева насадна D=40мм ATORN 262532 0040 4 шт. АРКТ 1003 PDER-S (281514 3005)	380 4x12.30
Фреза кінцева D=16мм ATORN 224001 0160	36
Свердло D=10 мм ATORN 111612 1000	65.10
Свердло D=4 мм ATORN 111010 0400	18.95
Свердло D=6 мм ATORN 110501 0060	16.30
Фреза торцева D=25 мм SARA 255100 2510	495
Фреза кінцева D=13 мм ATORN 254130 0130	102.50
Зенківка D=14 мм ATORN 150101 0400	115

Загальна ціна інструментів:

$$380 + 4 * 12.3 + 36 + 65.1 + 18.95 + 16.3 + 495 + 102.5 + 115 = 1278.05 \text{ євро}$$

$$1278.05 \text{ євро} = 60166.76 \text{ грн (на 21.04.2025)}$$

4.6.6 Кріпильні інструменти:

- 2 шт. Лещата верстатні свердлильні 125 мм Q19A125 (046803) –1515 грн за штуку [23].
- Лист гарячекатаний (Стандарт: 16523) – 1869 грн [24].
- Кутник сталевий 25x25x4 (2 метра) – 123.86 грн [25].
- 6 шт. Болт M10 DIN 931 – 120 грн за штуку [26].
- 6 шт. Гайка M10 DIN 934 – 1.40 грн за штуку [27].

Загалом:

$$1515 * 2 + 1869 + 123.86 + 120 * 6 + 1.40 * 6 = 5751.26 \text{ грн}$$

4.6.7 Інструменти вимірювальні:

Штангенциркуль – 439 грн [28]

Рулетка вимірювальна – 339 грн [29]

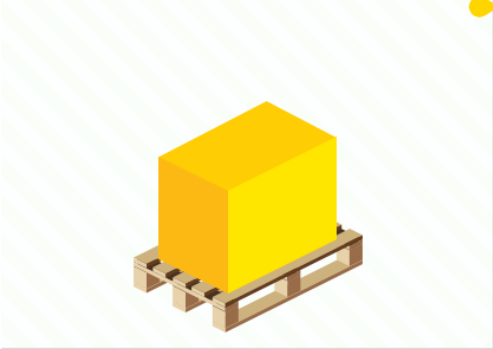
Всього: $439 + 339 = 778$ грн

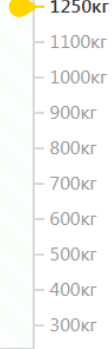
4.6.8 Цінна доставки згідно з цінами «Delivery» [32]:

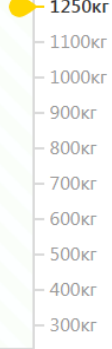
Оберіть категорію вашого вантажу

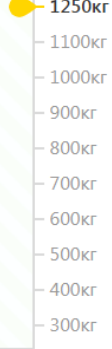
Вантаж Палети Посилки і документи Галузеві тарифи


Вкажіть параметри вантажу

Європалета 800 x 1200 

Американка-1 1000 x 1200 

Американка-2 1200 x 1200 

Полупалета 600 x 800 

 Висота палети до 2м.

Розрахунок вартості доставки		Вартість:
Вартість перевезення склад-склад без знижки::		1820,00 грн.
Вартість страхування::		0,00 грн.
Вартість додаткових послуг::		0,00 грн.
Вартість без знижок		1820,00 грн.
Разом знижка		0,00 грн.
Разом до оплати:		1820,00 грн.

Відповідно ціна доставки 1820 грн.

4.6.9 Загальні витрати:

$$716905.04 + 120852.13 + 262500 + 17427.21 + \\ + 5751.26 + 60166.76 + 778 + 1820 = 1186200.4 \text{ грн}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 ПЗ

Лист

59

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

1. Обладнання, що надається працівникам та використовується ними за призначенням, має бути технічно справним і відповідати:

1) вимогам технічних регламентів, якщо обладнання виготовлене після дати набуття обов'язкового застосування відповідних технічних регламентів, що поширюються на це обладнання;

2) щонайменше загальним мінімальним вимогам безпеки до обладнання, зазначеним у розділах VIII-X Правил... [33] і в нормативно-правових актах з охорони та гігієни праці, якщо обладнання виготовлене до дати набуття обов'язкового застосування відповідних технічних регламентів, що поширюються на це обладнання.

2. Якщо обладнання, що надане працівнику та використовується ним за призначенням, не відповідає загальним мінімальним вимогам безпеки, зазначеним у розділах VIII-X Правил... [33] і в нормативно-правових актах з охорони та гігієни праці, таке обладнання має бути щонайменше приведене у відповідність не пізніше ніж через чотири роки після набрання чинності цими Правилами [33]. Протягом цього строку роботодавець вживає необхідних заходів щодо безпечного використання працівниками такого обладнання.

3. Роботодавцю необхідно вживати необхідних заходів для забезпечення виконання робіт обладнанням відповідно до вимог безпеки, зазначених у розділі VII Правил [33], у нормативно-правових актах з охорони та гігієни праці та в експлуатаційних документах на конкретне обладнання, виробник якого надає разом з обладнанням (настанова з експлуатації; журнал нагляду чи його зміст, наведений у настанові з експлуатації, а також за потреби інструкція з технічного обслуговування; інструкція з монтажу, пуску, регулювання та обкатки тощо).

4. Роботодавець повинен вживати необхідних заходів для забезпечення того, щоб протягом строку своєї експлуатації обладнання утримувалося на рівні, що відповідає пунктам 1, 2 глави 1 розділу [33], шляхом належного технічного обслуговування і ремонту відповідно до вимог експлуатаційних документів на обладнання, наприклад, настанови (інструкції) з експлуатації, інструкції з технічного обслуговування.

					ПД.ПГМ.25.05.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		60

ування, інструкції з монтажу, пуску, регулювання та обкатки тощо, викладені державною мовою, які працівнику повинен надавати роботодавець разом з обладнанням.

5. Роботодавцю необхідно здійснювати моніторинг і оцінку технічного стану обладнання шляхом проведення перевірок (первинний, періодичний, позачерговий технічні огляди, експертне обстеження) та нагляду за його безпечною експлуатацією відповідно до вимог [розділу VI](#) Правил [33] і нормативно-правових актів з охорони та гігієни праці.

6. Основні види небезпеки, небезпечних ситуацій та небезпечних випадків, що можуть виникнути під час нормальної експлуатації та у разі порушення умов нормальної експлуатації обладнання і які становлять небезпеку для обслуговувального і ремонтного персоналу, зазначені в пунктах 7-25 Правил [33].

7. Механічні види небезпеки, пов'язані з підймальними операціями обладнання і спричинені:

- 1) падінням вантажу, зіткненням, перекиданням обладнання внаслідок:
 - недостатньої стійкості обладнання;
 - неконтрольованого завантаження, перевантаження, перевищення перекидного вантажного моменту;
 - неконтрольованої амплітуди руху механізмів і складових частин обладнання;
 - несподіваного або непередбаченого руху вантажу;
 - невідповідних вантажозахоплювальних органів, пристроїв і тари;
 - зіткнення кількох вантажопідймальних кранів чи машин;
- 2) доступом працівників до вантажозахоплювальних органів, пристроїв, тари і колисок;
- 3) сходження обладнання з рейок;
- 4) недостатньою механічною міцністю складових частин і деталей;
- 5) невідповідною конструкцією шківів та барабанів;
- 6) неправильним вибором ланцюгів, канатів, вантажозахоплювальних органів, пристроїв, тари і колисок та їх неправильним установленням (навішуванням) на обладнання;

7) неконтрольованим опусканням вантажу механізмом з фрикційним гальмом;
8) невідповідними умовами для установлення, монтажу, демонтажу, налагодження, випробування, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, реконструкції та модернізації;

9) дією вантажу на працівників (нанесення удару вантажем або противагою).

8. Механічні види небезпеки, пов'язані зі складовими частинами обладнання, з вантажами, що переміщуються, і зумовлені, наприклад, формою (гострі країки, різучі елементи, гострокінцеві частини тощо), місцем установлення, масою та стійкістю (потенційна енергія частин, що можуть бути урухомлені під дією сили ваги), масою та швидкістю (кінетична енергія частин під час контрольованого чи неконтрольованого рухів), пришвидженням, недостатньою механічною міцністю, що може призвести до небезпечних поломок чи руйнувань, накопиченням енергії усередині обладнання (у пружних елементах, у рідинах, газах, що перебувають під тиском, в умовах вакууму), порушенням безпечних відстаней Правил [33]:

1) здавлювання;

2) поріз;

3) розітнення чи відсікання;

4) намотування, утягування чи захоплення частин одягу, кінцівок тощо;

5) удар;

6) укол або проколювання;

7) розбризкування рідини під високим тиском;

8) утрата стійкості елементів;

9) ковзання, спотикання або падіння (на обладнанні чи з обладнання) працівників.

9. Електричні види небезпеки можуть призвести до травм або смерті від електрошоку чи опіків, а також до того, що внаслідок несподіваного електричного удару працівник упаде (чи упустиць інструмент, речі, матеріали тощо) з причини:

1) контакту працівників з частинами, що зазвичай перебувають під напругою (прямий контакт);

2) контакту працівників з частинами, що перебувають під напругою через несправність (непрямий контакт);

3) наближення працівників до частин, що перебувають під високою напругою;

4) непридатності ізоляції для передбачених умов використання;

5) електростатичних процесів, наприклад контакту працівників з електрично зарядженими частинами;

6) термічного випромінювання або таких процесів, як розбризування розплавлених речовин, хімічних процесів під час коротких замикань, перевантажень тощо;

7) удару блискавки.

10. Термічні види небезпеки, що призводять до опіків, обмороження та інших травм, спричинених Правил [33]:

1) контактом працівників з предметами або матеріалами з дуже високою або низькою температурою;

2) полум'ям або вибухом;

3) випроміненням джерел тепла;

4) роботою в гарячому або холодному виробничому середовищі.

11. Небезпека, спричинена шумом, може призвести до:

1) тривалого порушення гостроти слуху;

2) дзвону у вухах;

3) втоми, стресу тощо;

4) інших наслідків, зокрема до порушень рівноваги, послаблення уваги тощо;

5) перешкоди мовним комунікаціям, акустичним сигналам тощо.

12. Небезпека, спричинена вібрацією, може призвести до значних порушень здоров'я (розлад судинної та нервової систем, порушення кровообігу, хвороби суглобів тощо).

13. Небезпека, спричинена матеріалами, речовинами (та їх компонентами), що їх використовує або виділяє кран, що працює, а також вантажами, які він переміщує, унаслідок Правил [33]:

1) їх вдихання, заковтування обслуговувальним і ремонтним персоналом шкідливих для здоров'я рідин, газів, аерозолів, парів і пилу, а також їхнього контакту зі шкірою, очима і слизовою оболонкою, проникнення через шкіряний покрив;

2) вогне- і вибухонебезпечності.

14. Небезпека, спричинена нехтуванням ергономічних вимог і принципів під час розроблення обладнання:

1) незручна робоча поза або надмірне чи повторюване фізичне навантаження на організм працівника;

2) знехтування засобами індивідуального захисту;

3) недостатнє місцеве освітлення;

4) розумове перевантаження, стрес тощо, що виникають під час робочого процесу, процесу контролю за роботою обладнання або технічного обслуговування в межах їх використання за призначенням;

5) помилки, неправильне поводження працівника;

6) незручна конструкція, розміщення або маркування елементів керування;

7) незручна конструкція або розміщення приладів контролю.

15. Небезпека, спричинена несподіваним пуском, перевищенням швидкості тощо, унаслідок:

1) виходу з ладу або порушення в роботі системи керування;

2) припинення подавання енергії і відновлення енергопостачання після перерви;

3) зовнішнього впливу на електрообладнання;

4) інших зовнішніх впливів (сила ваги, вітер тощо);

5) помилки в програмному забезпеченні;

6) помилки машиніста обладнання (через недостатню відповідність обладнання здібностям і навичкам машиніста).

16. Небезпека, спричинена помилками (дефектами) під час складання або монтажу обладнання.

17. Небезпека, спричинена поломками під час роботи, унаслідок Правил [33]: утомного руйнування;

неприпустимої величини деформації;
критичного спрацювання;
корозії.

18. Небезпека, спричинена предметами, що падають (інструмент, деталі обладнання, речі обслуговувального і ремонтного персоналу тощо).

19. Небезпека, спричинена поступальним рухом крана, машини, вантажних візків Правил [33]:

- 1) рух під час запуску двигуна;
- 2) рух за відсутності машиніста на своєму місці;
- 3) рух за відсутності надійного закріплення всіх складових частин, деталей;
- 4) занадто висока швидкість крана, машини, вантажного візка, керованих з підлоги;
- 5) занадто високі коливання (крана, вантажу) під час руху;
- 6) недостатня спроможність обладнання до уповільнення, вимикання, зупинки та тримання.

20. Небезпека, пов'язана з робочим місцем машиніста обладнання (у тому числі місце водія):

- 1) падіння під час спроби зайняти або залишити робоче місце;
- 2) викидання газів або брак кисню на робочому місці;
- 3) пожежа (займистість кабіни, нестача засобів пожежогасіння);
- 4) механічні види небезпеки на робочому місці (контактування з колесами, наїзд, падіння предметів, проникнення предметів, поломка деталей, які обертаються з високою швидкістю, контактування працівників зі складовими частинами, деталями обладнання);
- 5) недостатній огляд з робочого місця;
- 6) невідповідне освітлення;
- 7) незручне місце для сидіння;
- 8) шум на робочому місці;
- 9) вібрація на робочому місці;
- 10) недостатні можливості евакуації або аварійного виходу.

					ПД.ПГМ.25.05.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Підпись	Дата		65

21. Небезпека, пов'язана із системою керування:

- 1) неправильне розміщення органів керування;
- 2) неправильна конструкція органів керування та неправильний режим їх роботи.

22. Небезпека, пов'язана з Правил [33]:

- 1) джерелами та передаванням енергії;
- 2) двигуном та акумулятором;
- 3) передаванням енергії між складовими частинами обладнання;
- 4) з'єднаннями та буксируванням.

23. Небезпека, пов'язана з третіми особами:

- 1) несанкціонований запуск або експлуатація;
- 2) відсутність або невідповідність візуальних чи звукових попереджувальних сигналів.

24. Небезпека, пов'язана з несприятливими природними чинниками:

- 1) вітрове навантаження;
- 2) снігове навантаження;
- 3) ожеледиця, зледеніння;
- 4) сейсмічне навантаження;
- 5) грозові електричні розряди.

25. Недостатньо розроблені настанова з експлуатації та інструкція з охорони праці для машиніста.

26. Ризики від впливу основних видів небезпеки, що можуть статися за нормальних умов експлуатації й у разі порушення нормальних умов експлуатації обладнання, які становлять загрозу працівникам, повинні бути унеможливлені або зведені до мінімуму за рахунок виконання запобіжних заходів, спрямованих на унеможливлення прогнозованих ризиків і забезпечення безпеки під час експлуатації обладнання [33, розділ II, глава 1].

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту на тему «Кран мостовий магнітний з удосконаленими гальмами механізму пересування» було проведено комплексний аналіз та розрахунок основних елементів кранового обладнання. Робота включала в себе розрахунки механізмів піднімання вантажу та пересування крана, а також модернізація гальма механізму пересування.

Здійснено розрахунок і обрано оптимальні параметри для канату та барабана, на який він намотується, з урахуванням необхідної вантажопідйомності та безпеки експлуатації. Для обох механізмів визначено та обрано електродвигуни, редуктори і гальма, що відповідають вимогам навантаження та функціональним характеристикам крана.

Було проведено аналіз та вибір типу електромагніту для забезпечення ефективної роботи системи захоплення вантажу, визначено параметри барабана для намотування кабелю живлення електромагнітів.

Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що вибрані та розраховані параметри обладнання для крана мостового магнітного вантажністю 25 т є оптимальними з точки зору функціональності, безпеки та ефективності вантажопідйому. Отримані дані становлять підґрунтя для подальшого проектування механізму пересування моста і металоконструкцій даного крана.

У графічній частині курсового проекту виконано 6 креслень формату А1:

1. Загальний вид магнітного мостового крану (складальне креслення);
2. Механізм пересування крана (складальне креслення);
3. Візок вантажний магнітний (складальне креслення);
4. Колодкове гальмо (складальне креслення);
5. Схеми технічних рішень дискових гальмівних пристроїв;
6. Технологічний процес виготовлення деталі.

А також креслення з деталюванням дискового гальма, які містять: 4 креслення деталювання гальма механізму пересування крана: диск гальмівний (А4), гальмівна колодка (А3), утримуюча конструкція (А3), кришка електрогідроштовхача (А3).

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Був проведений патентний пошук та проаналізовані останні публікації пов'язані з системами гальмування, які можуть бути використані в мостових кранах. Зокрема було проаналізовано патенти та дослідження пов'язані з дисковими гальмами, на основі яких можна зробити висновок, що не дивлячись на потенціал дискових гальм, існує значна прогалина в дослідженнях пов'язаних з ними. Це є підґрунтям для необхідності проведення відповідних досліджень в майбутньому.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	ПД.ПГМ.25.0В.00.00.000 ПЗ					

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин / Уклад. В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – К.: Вища шк., 2009.
2. Неженцев О.Б., Зниження динамічних навантажень при гальмуванні мостового крана шляхом оптимізації механічної характеристики електроприводу // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №3 (75). – Київ, 2015
3. Збітнєв П. В. Зниження динамічних навантажень при гальмуванні мостового крана з частотним керуванням / Збітнєв П. В., Неженцев О. Б // V Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль, 2016.
4. Приймаченко О. Динамічна оптимізація навантажень, виникаючих при гальмуванні механізму пересування мостового крана: аналітичний підхід / Приймаченко О., Чередніченко П., Човнюк Ю., Шудра Н. // Техніка будівництва – 2023 – Випуск 1 (38)
5. В. С. Ловейкін Зменшення динамічних навантажень при гальмуванні механізму пересування мостового крану / В. С. Ловейкін, Ю. В. Човнюк, І. О. Кадикало, В. В. Крушельницький // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування № 2, 2024
6. Карпенко Б.В. Аналіз переваг дискових гальм вантажопіднімальних кранів у порівнянні з колодковими гальмами / Карпенко Б.В., Неженцев О.Б. // XXVIII міжнародна науково-технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» – Форум інженерів механіків – Київ: 2024
7. Колодкове гальмо: пат. 146964 Україна. № u2020 06886; заявл. 27.10.2020; опубл. 01.04.2020, Бюл. № 30/2024.
8. Гальмо колодкове: пат. 152488 Україна. № u2022 02406; заявл. 05.07.2022; опубл. 09.02.2023, Бюл. № 6/2023.
9. Вудвуд О. М. Порівняльний аналіз динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні механізму пересування мостового крана різними типами гальм / Підйомно–Транспортна техніка. – 2017. – №1 (53) – С. 47-54.

						ПД.ПГМ.25.06.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			69

10. Дискове гальмо: пат. 132016 Україна. № u2018 08568; заявл. 08.08.2018; опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3/2019.
11. Дискове гальмо: пат. 50463 Україна. № u2009 12975; заявл. 14.12.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 11/2010.
12. Тормозные устройства. Справочник / под ред. М. П. Александрова – Москва: Машиностроение – 1985 – с. (поменять на аналог)
13. Пат. 141635 U України, МПК F16D 55/00. Багатодискове гальмо закритого типу / Заявл. 17.07.2019, опубл. 27.04.2020, Бюл. №8/2020.
14. Дискове гальмо: пат. 42896 Україна. № u2009 127189; заявл. 14.12.2000; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10/2001.
15. Пат. 153095 U України, МПК F16D 55/00, B66D 5/14. Дисково-колодкове гальмо / Заявл. 23.12.2022, опубл. 17.05.2023, Бюл. №20.
16. Дискове гальмо: пат. 153366 Україна. № u2023 00038; заявл. 04.01.2023; опубл. 22.06.2023, Бюл. № 25/2023.
17. Дискове гальмо: пат. 154671 Україна. № u2023 02760; заявл. 07.06.2023; опубл. 30.11.2023, Бюл. № 48/2023.
18. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. – 835 с.
19. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино- та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005. – 710 с.
20. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.
21. Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.
22. SARATOOLS Tool Catalogue – Режим доступу до ресурсу:
https://sartorius.flipbooks.cloud/catalog/1511EN/GB_SWKatalog2024-2025#page_def
23. СТАНОЧНИК – Режим доступу до ресурсу:
<https://stanochnik.com.ua/ua/p2002172804-tiski-stanochnye-sverlilnye.html>
24. Метал-Холдінг – Режим доступу до ресурсу:

- <https://metal-holding.ua/ua/cernyj-metall/lystovyj-metal/list-goracekatanyj/list-3-gk-1h2-2>
25. Метал-Холдінг – Режим доступу до ресурсу:
<https://metal-holding.ua/ua/cernyj-metall/ugolok-stalnoj-goracekatanyj/ugolok-25h25h4>
26. Метизофф – Режим доступу до ресурсу:
<https://metizoff.com.ua/ua/p1385358403-bolt-m10-din.html>
27. ТОВ "ДІАМІР" – Режим доступу до ресурсу:
<https://diamir.kh.ua/ua/p1129770323-gajka-m10-din.html>
28. Інтернет магазин «Розетка» - Режим доступу до ресурсу:
<https://rozetka.com.ua/ua/workpro-wp266001/p448847738/>
29. Інтернет магазин «Розетка» - Режим доступу до ресурсу:
<https://rozetka.com.ua/ua/bradas-diy-mts31-1025-k/p493386434/>
30. Millturn – Режим доступу до ресурсу:
https://millturn.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=1852
31. Метал-Холдінг – Режим доступу до ресурсу:
<https://metal-holding.ua/ua/cernyj-metall/krug-st/krug-180-st45>
32. Перевізник «Delivery» – Режим доступу до ресурсу:
https://delivery-auto.com/uk-UA/CalculateCost?_gl=1*1iaxud7*_gcl_au*MjU0OTg5NDgyLjE3NDgzNTk3NjY.*_ga*MzA0ODcxMzM2LjE3NDgzNTk3NjY
33. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання – від 19.01.2018 №62 – Режим доступу до ресурсу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>
34. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

**Додаток
Специфікації**

					ПД.ПГМ.25.06.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		73

Формат	Зона	Позиція	Позначка	Найменування	Кількість	Примітка																									
<i>Документація</i>																															
Додаток №	A1		ПД.ПГМ.25.00.00.00.000 СК	Складальне креслення																											
	<i>Складальні одиниці</i>																														
	A1	1	ПД.ПГМ.25.01.00.00.000 СК	Візок вантажний магнітний	1																										
	A1	2	ПД.ПГМ.25.02.00.00.000 СК	Механізм пересування крана	1																										
	A1	3	ПД.ПГМ.25.03.00.00.000 СК	Металоконструкція	1																										
	A1	4	ПД.ПГМ.25.04.00.00.000 СК	Електрообладнання крана	1																										
	A1	5	ПД.ПГМ.25.05.00.00.000 СК	Люлька	1																										
	A1	6	ПД.ПГМ.25.06.00.00.000 СК	Струмопідвід до візка	1																										
	A1	7	ПД.ПГМ.25.07.00.00.000 СК	Буфер	1																										
	A1	8	ПД.ПГМ.25.08.00.00.000 СК	Кришка люка	4																										
	A1	9	ПД.ПГМ.25.09.00.00.000 СК	Кабіна керування	4																										
	A1	10	ПД.ПГМ.25.10.00.00.000 СК	Тросовідбійник	1																										
A1	11	ПД.ПГМ.25.11.00.00.000 СК	Струмознімач	3																											
A1	12	ПД.ПГМ.25.12.00.00.000 СК	Кінцевий вимикач	2																											
ПД.ПГМ.25.00.00.00.000 СП																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Змін.</th> <th>Арк.</th> <th>№ докум.</th> <th>Підп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Карпенко</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td>Неженцев</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td>Левченко</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розроб.	Карпенко				Перев.	Неженцев				Т.контр.					Утв.	Левченко			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																											
Розроб.	Карпенко																														
Перев.	Неженцев																														
Т.контр.																															
Утв.	Левченко																														
Інв. № ориг.	Кран мостовий магнітний				Лит.	Лист	Листів																								
					П\Д		1																								
					НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського" каф. ПГМ, гр. МА-13																										

Копіявав

Формат А4

Перв. застосує		Формат	Зона	Позиція	Позначка	Найменування	Кількість	Примітка
Листів №						Документація		
					ПД.ПГМ.25.02.00.00.000 СК	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
			1		ПД.ПГМ.25.02.01.00.000 СК	Муфта МЗП	2	
			2		ПД.ПГМ.25.02.02.00.000 СК	Трансмісійний вал	2	
			6		ПД.ПГМ.25.02.06.00.000 СК	Кожух	2	
			7		ПД.ПГМ.25.02.07.00.000 СК	Колесо привідне	2	
			8		ПД.ПГМ.25.02.08.00.000 СК	Колесо холосте	2	
						Інші вироби		
Підпис і дата			3			Електродвигун МТФ 713-10; Р=28 кВт	2	
			4			Гальмо ТТ-250	2	
			5			Редуктор Ц2-350	2	
Взам. інв. №								
Підпис і дата								
					ПД.ПГМ.25.02.00.00.000 СП			
Інв. № орг.	Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Механізм пересування крана	Лист	Листів
	Розроб.		Карпенко				П.Д.	1
	Перев.		Нсженцев				НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського"	
	Т.контр.						каф. ПГМ, гр. МА-13	
Утв.		Левченко				Копював		
						Формат А4		

Перв. застосов.		Формат	Зона	Позиція	Позначка	Найменування	Кількість	Примітка
						<u>Документація</u>		
Лист №		A1			ПГМ.ПД.2501.00.00.000 СК	Складальне креслення		
						<u>Складальні одиниці</u>		
			1		ПГМ.ПД.2501.01.00.000 СК	Механізм підйому	1	
			2		ПГМ.ПД.2501.02.00.000 СК	Рама візка	1	
			3		ПГМ.ПД.2501.03.00.000 СК	Механізм пересування	1	
			4		ПГМ.ПД.2501.04.00.000 СК	Установка кабельного барабану	1	
			5		ПГМ.ПД.2501.05.00.000 СК	Передача ланцюгова	1	
			6		ПГМ.ПД.2501.06.00.000 СК	Перила	1	
			7		ПГМ.ПД.2501.07.00.000 СК	Підвіска гакова	1	
						<u>Інші вироби</u>		
			8			Електромагніт КЕМ-17		
			9			Канат 19,5Г-В-Н-1670 ДСТУ 7669-80		48 м
Підпис і дата								
Взам. інв. №								
Інв. № дубл.								
Підпис і дата								
Інв. № подл.								
		ПГМ.ПД.25.01.00.00.000 СП						
		Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
		Розроб.	Карпенко				Лист	Листів
		Проб.	Неженцев				П\Д\	1
		Н.контр.					НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського"	
		Утв.	Левченко				каф. ПГМ, зр. МА-13	

Коплював

Формат А4