

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

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
(підпис)

“ ” _____ 2026 р.

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

на тему: Гідравлічний борт вантажного автомобіля

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-21

_____ Сальниченко Деніс Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ доцент, к.т.н. Костюк Д.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ доцент, к.т.н. Костюк Д.В. _____
(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, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2026 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)

“ ” 2026

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

_____ Сальниченко Деніс Володимирович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Гідравлічний борт вантажного автомобіля _____

керівник проєкту Костюк Дмитро Вікторович к.т.н., доцент _____,

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

затверджена наказом по університету від “1” червня 2026 року № 2019-с

2. Термін подання студентом проєкту 7 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проєкту

- Вантажопідйомність: 1500 кг
- Підйом вантажу до: 1300 мм
- Швидкість підйому платформи: 0,1 м/с

4. Зміст пояснювальної записки

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ БОРТІВ
2. ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО БОРТА
3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ
4. ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Схема гідравлічна принципова;

Схема електрична принципова;

Вал кріплення;

Складальне креслення гідроциліндра;

Деталювання гідроциліндра: Поршень, шток, гільза, кришка;

Складальне креслення гідроборта .

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	Доц. к.т.н. Костюк Д.В.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 18.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Збір інформації про гідравлічні борти	28.04.2026	Виконано
2	Аналіз видів гідравлічних бортів	28.04.2026	Виконано
3	Проектування принципово гідравлічної схеми	12.05.2026	Виконано
4	Розрахунок елементів гідравлічної системи	20.05.2026	Виконано
5	Підбір обладнання	23.05.2026	Виконано
6	Розробка креслень та проектування принципово електричної схеми	02.06.2026	Виконано
7	Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	04.06.2026	Виконано
8	Охорона праці	07.06.2026	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	07.06.2026	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник проєкту

(підпис)

Деніс САЛЬНИЧЕНКО
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Дмитро КОСТЮК
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці гідравлічного борта вантажного автомобіля вантажопідйомністю 1500 кг із паралелограмним підймальним механізмом консольного типу. У роботі проведено аналіз існуючих конструкцій гідравлічних бортів, обрано оптимальне конструктивне рішення, розроблено гідравлічну схему та виконано гідравлічні розрахунки.

Дипломний проєкт містить:

- аналіз ринку, переваги та недоліки існуючих видів гідравлічних бортів;
- розрахунки;
- технологія машинобудування;
- охорона праці;

Ключові слова: гідравлічний борт, гідроциліндр, гідравлічна схема, гідравлічний розрахунок, технологічний процес.

ABSTRACT

The thesis is dedicated to the development of a truck tailgate lift (hydrolift) with a capacity of 1500 kg, featuring a cantilever-type parallelogram lifting mechanism. The work analyzes existing tailgate lift designs, selects an optimal structural solution, develops a hydraulic circuit diagram, and performs hydraulic calculations.

The diploma project includes:

- market analysis, advantages, and disadvantages of existing types of tailgate lifts;
- engineering calculations;
- mechanical engineering technology;
- occupational health and safety;

Keywords: tailgate lift, hydrolift, hydraulic cylinder, hydraulic circuit, hydraulic calculation, manufacturing process.

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Гідравлічний борт вантажного автомобіля _____

Київ – 2026 рік

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ БОРТІВ	12
1.1 Призначення та область застосування гідравлічних бортів.....	12
1.2. Конструкція та принцип роботи гідравлічних бортів	14
1.3. Класифікація гідравлічних бортів	15
1.4. Аналіз існуючих моделей гідравлічних бортів.....	17
1.4.1. Гідроборт консольного типу.....	17
1.4.2. Колонний гідроборт	19
1.4.3. Висувний (складний) гідроборт.....	21
1.5. Висновки до першого розділу	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО БОРТА.....	25
2.1. Розробка конструкції гідравлічного борта.....	25
2.2. Розробка гідравлічної схеми	28
2.3. Вибір гідравлічних елементів (насос, розподільник, клапани).....	35
2.4. Розрахунок гідроциліндрів (підйомної платформи).....	37
2.5. Розрахунок навантажень та міцності конструкції	40
2.6 Розрахунок елементів конструкції на міцність та стійкість.....	42
2.6.1Розрахунок вала кріплення гідроциліндра на зріз	42
2.6.2Розрахунок штока гідроциліндра на стійкість (поздовжній згин)	44
2.7. Вибір електричної системи управління	46
2.8. Висновки до другого розділу.....	48
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	50
3.1 Завдання на розробку технологічного процесу	50
3.2. Вибір заготовки	51
3.3. Розробка маршрутного технологічного процесу	53
3.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання.....	57
3.5. Оснащення операцій	59
3.6. Написання управлячих програм	60
3.7. Розрахунок собівартості.....	62

					МА21.11.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сальниченко Д. В.			Гідравлічний борт вантажного автомобіля	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костюк Д. В.					7	77
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ММІ		
Н.Контр.		Костюк Д. В.						
Затверд.								

3.8. Висновок	62
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
4.1. Загальні положення та нормативно-правова база.....	63
4.2. Ризики при роботі з гідравлічними системами та заходи їх мінімізації	64
4.3. Електробезпека при експлуатації та обслуговуванні	66
4.4. Механічні небезпеки: кінематика, рухомі частини та запобігання заземленню	68
4.5. Пожежна та вибухова безпека: термодинаміка процесу	69
4.6. Організація робочого місця, ергономіка та культура виробництва.....	71
4.7. Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)	71
4.8. Система інструктажів, навчання та атестація персоналу	72
4.9. Висновки до розділу.....	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Розвиток транспортно-логістичної інфраструктури сучасної ринкової економіки нерозривно пов'язаний із широким впровадженням засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт безпосередньо на транспортних засобах. Однією з найбільш ефективних та затребуваних конструкцій у цьому напрямку є гідравлічний борт - механізований пристрій для підйому та опускання вантажів між рівнем дорожнього покриття і підлогою кузова вантажного автомобіля.

Актуальність теми зумовлена постійно зростаючими вимогами до продуктивності і безпеки вантажних операцій у сфері дистрибуції, роздрібної торгівлі, фармацевтичної та харчової промисловості. Застосування гідравлічного борта дозволяє скоротити час обробки вантажу у 3–5 разів порівняно з ручним розвантаженням, знизити ризик травматизму персоналу та пошкодження вантажу, а також забезпечити роботу в місцях, де відсутні стаціонарні вантажні рампи.

Метою дипломної роботи є розробка гідравлічного борта вантажного автомобіля вантажопідйомністю 1500 кг, що відповідає сучасним технічним вимогам і стандартам безпеки, включаючи проєктування несучої конструкції, розробку гідравлічної схеми та технологічного процесу виготовлення ключових деталей.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі завдання:

- проведення аналізу існуючих конструкцій гідравлічних бортів та визначення вимог до проєктованого виробу;
- розробка конструкції консольного гідравлічного борта з паралелограмним підймальним механізмом;
- розробка гідравлічної схеми та вибір гідравлічних елементів;
- виконання розрахунків гідроциліндрів, навантажень та міцності несучих елементів;
- вибір електричної системи керування;

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- розробка технологічного процесу виготовлення вал кріплення;
- аналіз питань охорони праці при експлуатації гідравлічного борта.

Практична значимість роботи полягає в розробці технічної документації, що може бути використана для виготовлення дослідного зразка гідравлічного борта на підприємствах машинобудівної галузі. Результати розрахунків підтверджують відповідність розробленої конструкції вимогам міцності та надійності при заданих умовах навантаження.

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ БОРТІВ

1.1 Призначення та область застосування гідравлічних бортів

Гідравлічний борт (гідроборт) є механізованим вантажно-розвантажувальним пристроєм, що монтується на задній або бічній частині кузова вантажного автомобіля, причепа чи напівпричепа і призначений для підйому та опускання вантажів між рівнем дорожнього покриття та рівнем підлоги кузова. Застосування гідроборта дозволяє механізувати найбільш трудомісткі операції завантаження та розвантаження транспортних засобів, суттєво скорочуючи час обробки вантажу та зменшуючи фізичне навантаження на операторів [1].



Рис.1.1 Гідроборт[2]

Основне призначення гідравлічного борта полягає у забезпеченні безперервного технологічного процесу переміщення вантажів у тих випадках, коли відсутні стаціонарні рампи, доки або інші засоби механізації. Це особливо актуально для підприємств торгівлі, логістичних компаній, виробничих підприємств та служб доставки, де вантаження та розвантаження відбувається безпосередньо на вулиці або у місцях, не обладнаних спеціальними пристроями[1,5].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Гідроборти знайшли широке застосування у різних галузях господарства. У торгівлі та дистрибуції вони використовуються для доставки продуктів харчування, побутової техніки, меблів та інших товарів безпосередньо до торгових точок і складів. Транспортно-логістичні компанії широко застосовують гідроборти для вантажних автомобілів з метою забезпечення швидкого та безпечного обслуговування клієнтів у різних точках маршруту. У виробничій сфері гідроборти використовуються для переміщення сировини, комплектуючих та готової продукції між виробничими ділянками та транспортними засобами[4,5].

Особливо широкого поширення гідравлічні борти набули у сфері комунального господарства та муніципальних служб. Сміттєвози, автомобілі для перевезення контейнерів, машини технічного обслуговування - усі ці транспортні засоби оснащуються гідробортами, що суттєво підвищує ефективність їх роботи. У будівельній галузі гідроборти забезпечують завантаження та розвантаження будівельних матеріалів, інструментів та обладнання безпосередньо на будівельних майданчиках, де відсутня розвинена інфраструктура[4,5].

Медична та фармацевтична галузі також активно використовують гідроборти для транспортування медичного обладнання, медикаментів та витратних матеріалів. Холодильні автомобілі, що забезпечують постачання харчових продуктів та фармацевтичних препаратів, у переважній більшості випадків оснащені гідравлічними бортами, що дозволяє зберігати температурний режим під час завантаження та розвантаження[5].

Широке застосування гідробортів у різних галузях зумовлено їх здатністю переміщувати вантажі масою від кількох кілограмів до кількох тонн при мінімальних витратах ручної праці. Сучасні гідроборти здатні підіймати вантажі масою до 3000–4000 кг на висоту до 1500 мм від рівня землі, що задовольняє переважну більшість потреб вантажного транспорту[1,4,5].

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.2. Конструкція та принцип роботи гідравлічних бортів

Гідравлічний борт як механічна система є складним технічним пристроєм, що включає механічні, гідравлічні та електричні складові. Незважаючи на різноманіття конструктивних рішень, загальна структура більшості гідробортів складається з кількох основних функціональних вузлів: несучої платформи (вантажної площадки), підіймального механізму, гідравлічної системи привода, системи керування та елементів кріплення до рами транспортного засобу[1].

Несуча платформа є робочою поверхнею гідроборта, на яку безпосередньо укладається вантаж. Вона виготовляється, як правило, зі сталевого листа завтовшки 3–6 мм з поздовжнім рифленням або перфорацією для запобігання ковзанню вантажу. Розміри платформи залежать від вантажопідйомності та призначення гідроборта і можуть варіюватися від 900 × 1200 мм до 2000 × 2600 мм. Для забезпечення зручності навантаження бічні та передній краї платформи можуть оснащуватися відкидними бортиками або захисними поручнями[1,5].

Підіймальний механізм є ключовим конструктивним вузлом, що забезпечує переміщення платформи у вертикальній площині. Залежно від конструктивної схеми, підіймальний механізм може бути виконаний у вигляді паралелограмної важільної системи, вертикальних напрямних з кареткою або телескопічного механізму. Найбільш поширеним є паралелограмний механізм, що забезпечує горизонтальне положення платформи протягом усього ходу підйому та опускання[4,5].

Гідравлічна система привода є серцем гідроборта і включає гідравлічний насос, гідравлічні циліндри, бак для робочої рідини, розподільні клапани, гідравлічні шланги та з'єднувальну арматуру. Гідравлічний насос забезпечує подачу робочої рідини під тиском до гідравлічних циліндрів, які перетворюють тиск рідини на механічне зусилля підйому. Тиск у гідравлічній системі сучасних гідробортів, як правило, становить від 200 до 350 бар, що забезпечує необхідне зусилля при відносно невеликих розмірах гідравлічних циліндрів[4].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Привод гідравлічного насоса здійснюється від електродвигуна постійного або змінного струму, що живиться від бортової мережі транспортного засобу або від зовнішнього джерела живлення. У більшості сучасних гідробортів використовується електродвигун постійного струму напругою 12 або 24 В, що забезпечує живлення від стандартної акумуляторної батареї автомобіля. При підйомі важких вантажів струм споживання може досягати 150–250 А, тому стан акумуляторних батарей є важливим фактором надійної роботи гідроборта[1,4].

Система керування гідробортом зазвичай включає пульт управління з кнопками або рукоятками, що дозволяють оператору керувати підйомом, опусканням та складанням платформи. Сучасні системи керування можуть оснащуватися захистом від перевантаження, системами блокування від ненавмисного вмикання, а також можливістю дистанційного управління за допомогою радіопульта або мобільного додатку. Захист від перевантаження реалізується шляхом встановлення запобіжного клапана в гідравлічній системі, що відкривається при досягненні заданого тиску та запобігає підйому вантажів, що перевищують номінальну вантажопідйомність[1,4,5].

1.3. Класифікація гідравлічних бортів

Гідравлічні борти класифікуються за цілою низкою ознак, що дозволяє систематизувати все різноманіття конструктивних рішень та полегшує вибір оптимального типу гідроборта для конкретних умов застосування[1].

За конструктивним типом підйимального механізму гідроборти поділяються на консольні, колонні та висувні (складні). Консольний гідроборт є найбільш поширеним типом і характеризується тим, що платформа кріпиться до рами транспортного засобу через систему шарнірно з'єднаних важелів, що утворюють паралелограмний механізм. Колонний гідроборт має вертикальні напрямні колони, вздовж яких переміщується каретка з платформою, що забезпечує суворо вертикальний рух підйому. Висувний гідроборт поєднує функції підйомника та висувної платформи, яка в транспортному положенні повністю розміщується під підлогою кузова[4,5].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

За типом розміщення та кріплення гідроборти поділяються на задні, бічні та фронтальні. Задні гідроборти встановлюються на задньому торці кузова і є найбільш поширеним варіантом виконання. Бічні гідроборти монтуються на одній або обох бічних сторонах кузова, що зручно при роботі у вузьких проходах або вздовж тротуарів міських вулиць. Фронтальні гідроборти застосовуються значно рідше і встановлюються на передній частині кузова, як правило, для спеціальних транспортних засобів або самоскидів[4,5].

За вантажопідйомністю гідроборти поділяються на легкі (до 500 кг), середні (500–1500 кг), важкі (1500–3000 кг) та надважкі (понад 3000 кг). Легкі гідроборти використовуються переважно на малотоннажних вантажних автомобілях та мікроавтобусах для доставки невеликих вантажів у системах розподільної логістики. Середні та важкі гідроборти є найбільш поширеними і встановлюються на вантажні автомобілі середньої та великої тоннажності[4,5].

За матеріалом несучої конструкції гідроборти виконуються із сталі, алюмінієвих сплавів або комбінованих конструкцій. Сталеві гідроборти відрізняються високою міцністю та довговічністю, але мають значну власну масу. Алюмінієві гідроборти мають істотно меншу масу при порівнянній несучій здатності, що дозволяє збільшити корисне навантаження транспортного засобу або зменшити витрати палива. Комбіновані конструкції поєднують переваги обох матеріалів і знаходять застосування у спеціальних та преміальних сегментах ринку[4].

За способом складання в транспортне положення платформа гідроборта може бути нескладаною, одноланковою або дволанковою. Нескладана платформа фіксується у вертикальному положенні, притисненому до заднього борту кузова, і використовується переважно на малих і середніх гідробортах з невеликими розмірами платформи. Одноланкова складна платформа складається вдвоє по горизонтальній осі, що зменшує її висоту в транспортному положенні. Дволанкова платформа складається у три секції та використовується на великогабаритних гідробортах із платформами значної довжини[1,4,5].

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.4. Аналіз існуючих моделей гідравлічних бортів

Сучасний ринок гідравлічних бортів представлений широким спектром моделей від провідних виробників Європи, Азії та Північної Америки. Серед найбільш відомих і авторитетних виробників слід відзначити компанії Dautel, Palfinger, Dhollandia, Bär Cargolift, Zepro, Anteo, Maxon та ряд інших. Кожна компанія пропонує власний модельний ряд, що охоплює різні типи конструкцій, вантажопідйомності та призначення. Аналіз найбільш поширених конструктивних рішень дозволяє виявити переваги, недоліки та тенденції розвитку гідравлічних бортів[4,5].

1.4.1. Гідроборт консольного типу

Консольний гідроборт (також відомий як паралелограмний або важільний гідроборт) є найбільш поширеним типом на світовому ринку. Характерною особливістю цієї конструкції є підймальний механізм у вигляді паралелограмної чотириланкової важільної системи, що забезпечує горизонтальне положення платформи протягом усього ходу підйому та опускання від рівня землі до рівня підлоги кузова[4,5].



Рис.1.2. Консольний гідроборт[3]

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кінематична схема паралелограмного механізму включає два верхніх та два нижніх важелі, шарнірно з'єднаних з нерухомою рамою кріплення та рухомою рамою платформи. Паралельне розташування верхнього та нижнього важелів однакової довжини забезпечує суворе дотримання паралельності платформи до горизонту незалежно від кута нахилу підймальних важелів. Гідравлічний циліндр розташований, як правило, між нижньою точкою шарніра рами та верхнім важелем або безпосередньо на важільній системі залежно від конкретного конструктивного рішення[4,5].

Привідний гідравлічний циліндр є одноштоковим гідроциліндром односторонньої дії, що забезпечує як підйом платформи під дією тиску гідравлічної рідини, так і її опускання під дією ваги вантажу та власної ваги платформи з підтримуючим гідростатичним тиском. У деяких конструкціях застосовуються гідроциліндри односторонньої дії з пружинним поверненням, що спрощує гідравлічну схему, але обмежує можливості керування швидкістю опускання[4].

Серед провідних виробників консольних гідробортів особливе місце займає австрійська компанія Palfinger, що виробляє широкий асортимент гідробортів серії TailPro та TL під маркою Palfinger Tail Lifts. Модельний ряд охоплює вантажопідйомність від 750 до 3000 кг з різними розмірами платформ та висотою підйому. Гідроборти Palfinger відзначаються застосуванням високоміцних сталей та алюмінієвих сплавів у конструкції важільного механізму, що забезпечує значне зниження власної маси при збереженні необхідної несучої здатності[4].

Бельгійська компанія Dhollandia є одним зі світових лідерів у виробництві консольних гідробортів. Особливістю продукції Dhollandia є застосування запатентованої системи активного вирівнювання платформи, що коригує нахил платформи залежно від ухилу дорожнього покриття. Це дозволяє гарантувати горизонтальне положення платформи навіть при роботі на похилих поверхнях, що особливо важливо при роботі з колісними вантажами - складськими візками, піддонами на рольгангах тощо[5].

Консольні гідроборти мають ряд суттєвих конструктивних недоліків. По-перше, виступання підйимального механізму за межі заднього борту кузова у транспортному

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

положенні погіршує аеродинаміку автомобіля та збільшує його загальну довжину. По-друге, горизонтальний вильот платформи при опусканні до рівня землі зменшується у порівнянні з початковим вильотом, що потребує коригування положення транспортного засобу відносно рампи або точки завантаження. По-третє, конструкція паралелограмного механізму вимагає точного виготовлення та регулярного технічного обслуговування шарнірних з'єднань[5].

1.4.2. Колонний гідроборт

Колонний гідроборт (стосєчний або щогловий гідроборт) принципово відрізняється від консольного конструкцією підйимального механізму. В основі конструкції лежать одна або дві вертикальні сталеві колони (стійки), вздовж яких переміщується каретка з жорстко закріпленою платформою. Рух підйому та опускання здійснюється під дією гідравлічного циліндра або ланцюгово-гідравлічного механізму передачі зусилля[5].

Однієї з характерних особливостей колонних гідробортів є можливість досягнення значно більшої висоти підйому порівняно з консольними конструкціями. Якщо консольний гідроборт у стандартному виконанні забезпечує підйом на висоту до 1500–1600 мм, то колонний гідроборт може підіймати вантажі на висоту 1800–2500 мм і більше, що дозволяє обслуговувати кузови з підвищеною підлогою, автофургони з ізотермічним кузовом та дах яких значно вищий від стандартного рівня[5].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис.1.3. Щогловий підіймач[6]

Конструкція колонного гідроборта включає опорну раму, що кріпиться до рами або шасі транспортного засобу, одну або дві вертикальні колони прямокутного або круглого перерізу, рухому каретку з напрямними роликами або ковзаючими вкладишами, гідравлічний циліндр підйому та платформу з шарнірним з'єднанням до каретки. Шарнірне з'єднання платформи до каретки дозволяє їй займати горизонтальне положення при роботі та вертикальне - при складанні в транспортне положення[5].

Перевагою колонних гідробортів є можливість роботи при завантаженні нерівномірно розподіленим навантаженням без ризику перекосу платформи. Наявність жорстких вертикальних напрямних виключає горизонтальне зміщення платформи під час підйому, що важливо при роботі з вантажами, що підняті на значну висоту. Відсутність виступаючих важелів по боках гідроборта забезпечує зменшення загальної ширини пристрою в робочому та транспортному положенні[5].

Серед виробників колонних гідробортів провідні позиції займає шведська компанія Zepro (підрозділ групи HІАВ), яка виробляє широкий асортимент колонних гідробортів під торговою маркою Zepro Jump. Моделі серії Jump Z відрізняються застосуванням оцинкованих сталених конструкцій та сучасних антикорозійних

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

покриттів, що забезпечує тривалий ресурс в умовах важкого кліматичного середовища[5].

Суттєвим недоліком колонних гідробортів є значна виступаюча частина колон за межі заднього борту кузова, що збільшує загальну довжину транспортного засобу та потребує ретельного урахування при плануванні маршрутів та паркуванні. Крім того, вертикальні колони є ефективними акумуляторами бруду та вологи, що ускладнює технічне обслуговування та прискорює корозійне пошкодження несучих елементів[5].

1.4.3. Висувний (складний) гідроборт

Висувний гідроборт, відомий також як підкузовний або гідроборт схованого типу, є найбільш технологічно складним та дорогим типом гідравлічних бортів. Його принципова відмінність від інших типів полягає в тому, що у транспортному положенні платформа та підіймальний механізм повністю розміщуються під підлогою кузова у спеціальному відсіку, не виступаючи за його межі. Це забезпечує мінімальні аеродинамічний опір та загальну довжину транспортного засобу при суттєвому збільшенні привабливості зовнішнього вигляду[5].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис.1.4. Висувний гідроборт[7]

Конструкція висувного гідроборта є значно складнішою від консольного або колонного. Підіймальний механізм включає висувну раму, що переміщується у горизонтальному напрямку з-під підлоги кузова при розгортанні гідроборта в робоче положення, підіймальні важелі або телескопічні колони, платформу з механізмом розкладання, гідравлічний привод висування, підйому та складання. Послідовність розгортання гідроборта з транспортного положення в робоче займає від 15 до 30 секунд залежно від конструкції та розмірів пристрою[5].

Важливою перевагою висувного гідроборта є його відмінна інтеграція із загальним дизайном автомобіля. Транспортні засоби, оснащені висувними гідробортами, мають акуратний зовнішній вигляд без виступаючих конструктивних елементів, що особливо цінується у сфері брендованої корпоративної доставки та преміального сервісу. Зменшення аеродинамічного опору порівняно з консольними та колонними гідробортами призводить до реального зниження витрат палива при тривалому русі на магістральних маршрутах[5].

Провідним виробником висувних гідробортів є німецька компанія Dautel, яка запропонувала одну з перших комерційних моделей підкузовного гідроборта ще у 1980-

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

х роках. Сучасна серія Dautel Comfort включає моделі з вантажопідйомністю від 750 до 2000 кг та різними розмірами платформ. Особливістю продукції Dautel є застосування власної патентованої системи Auto-fold, що автоматично розкладає та складає платформу у необхідному порядку, виключаючи помилки оператора[5].

Італійська компанія Anteo пропонує альтернативне конструктивне рішення висувних гідробортів - систему C-LIFT, в якій підймальний механізм виконаний у вигляді двох телескопічних циліндрів, що забезпечують одночасне висування та підйом платформи. Це дозволяє скоротити час розгортання та спростити кінематичну схему пристрою при збереженні компактності у транспортному положенні[5].

Суттєвим обмеженням застосування висувних гідробортів є необхідність спеціального проектування кузова транспортного засобу, яке передбачає влаштування відсіку необхідних розмірів під підлогою. Це ускладнює і здорожує як первинне встановлення гідроборта, так і його заміну або ремонт. Крім того, наявність складної кінематики та великої кількості рухомих елементів підвищує вимоги до якості виготовлення, точності регулювання та регулярного технічного обслуговування[1,5].

1.5. Висновки до першого розділу

За результатами проведеного огляду та аналізу гідравлічних бортів можна сформулювати наступні узагальнюючі висновки.

Гідравлічні борти є важливим елементом сучасної транспортно-логістичної інфраструктури, без якого неможливе ефективне функціонування ланцюгів постачання в умовах розвиненої ринкової економіки. Широке застосування гідробортів у торгівлі, логістиці, виробництві, комунальному господарстві та інших галузях свідчить про їх високу функціональну значимість та економічну ефективність.

Аналіз конструктивних рішень гідравлічних бортів показав, що кожен із трьох основних типів - консольний, колонний та висувний - має власну область оптимального застосування, визначену сукупністю технічних характеристик, вартістю виготовлення та умовами експлуатації. Консольний гідроборт є найбільш універсальним та

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

економічно доступним рішенням, колонний гідроборт забезпечує переваги при великій висоті підйому, а висувний гідроборт відрізняється оптимальними аеродинамічними характеристиками та естетичними перевагами.

Гідравлічна система привода є ключовим функціональним вузлом гідроборта, що визначає його вантажопідйомність, швидкість роботи, надійність та ресурс. Правильний вибір параметрів гідравлічної системи, включаючи робочий тиск, продуктивність насоса, прохідні перерізи гідравлічних ліній та характеристики гідравлічних циліндрів, є визначальним чинником досягнення оптимальних показників гідроборта в цілому.

Подальший розвиток конструкцій гідравлічних бортів іде у напрямку підвищення надійності та довговічності, зниження власної маси за рахунок застосування нових матеріалів, вдосконалення систем керування із застосуванням електронних блоків управління, а також підвищення рівня безпеки для оператора та оточуючих. Ці тенденції мають бути враховані при розробці нових конструкцій гідравлічних бортів та проектуванні їх гідравлічних систем.

На основі проведеного аналізу для подальшої розробки обрано конструкцію консольного гідроборта вантажопідйомністю 1500 кг з паралелограмним підймальним механізмом, що є найбільш поширеним і практично доцільним рішенням для вантажних автомобілів середньої тоннажності. У наступному розділі буде розроблено гідравлічну схему, що забезпечує необхідні функціональні характеристики гідроборта при дотриманні вимог надійності та безпеки.

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО БОРТА

2.1. Розробка конструкції гідравлічного борта

У рамках виконання конструкторської частини проєкту було розроблено складальне креслення гідроборта. Цей механізм є практичним інженерним рішенням, спрямованим на механізацію та значне прискорення вантажно-розвантажувальних робіт, що відповідає актуальним вимогам до експлуатації сучасного комерційного автотранспорту.

Технічні характеристики та робочі параметри

У процесі проєктування було закладено оптимальні експлуатаційні характеристики, необхідні для ефективного виконання поставлених завдань. Згідно з технічними вимогами, розроблений гідроборт розрахований на номінальну вантажопідйомність у 1500 кг.

Конструктивна будова та ключові вузли механізму

Для забезпечення надійності, просторової жорсткості та довговічності роботи конструкцію виконано з використанням міцних зварних та шарнірних з'єднань. У розробленій складальній одиниці можна виділити наступні ключові елементи:

- **Несуча база:** Силовим каркасом, що сприймає основні навантаження та передає їх на несучі елементи транспортного засобу, виступає рама (поз. 6), яка кріпиться через відповідний кронштейн рами (поз. 5).
- **Вантажна зона:** Безпосередню взаємодію з вантажем забезпечує платформа (поз. 1), габарити якої розраховані на розміщення стандартних палет або габаритного обладнання.
- **Кінематичний ланцюг:** Геометрію руху та збереження заданого просторового положення вантажу під час підйому забезпечує система важелів. Головним елементом тут виступає тяга (поз. 4) з інтегрованими кронштейнами (поз. 2, 3) та сполучними втулками для шарнірних з'єднань (поз. 7, 8, 9, 10).

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- **Гідропривід:** Виконавчими механізмами, що генерують робоче зусилля, є гідроциліндри. Вертикальне переміщення всієї конструкції забезпечується гідроциліндром підйому (поз. 11), тоді як за точне позиціонування та нахил платформи відповідає гідроциліндр нахилу (поз. 12).

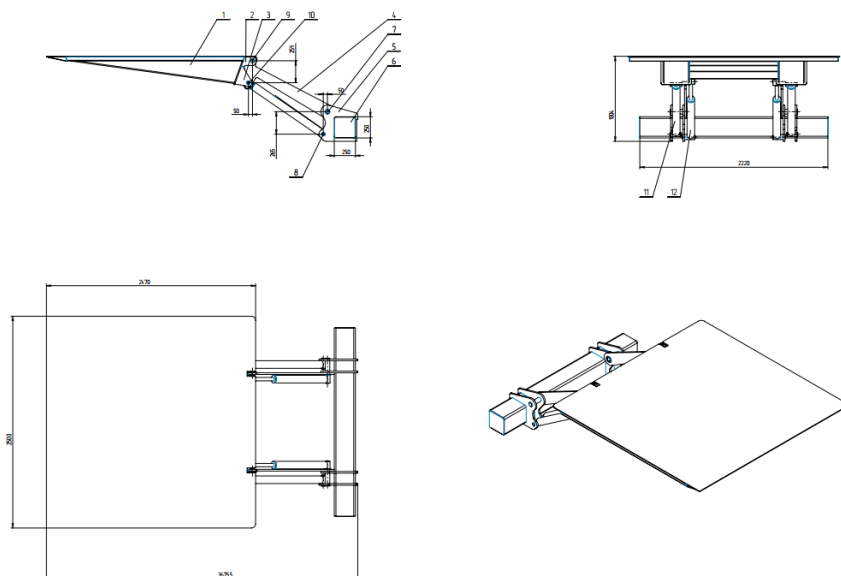


Рисунок 2.1.1 – Кінематична схема

Проектований гідравлічний борт призначений для встановлення на вантажний автомобіль середньої тоннажності з висотою підлоги кузова від рівня землі в межах 1000–1300 мм, що відповідає більшості серійних вантажних автомобілів класу 3,5–7,5 т повної маси. Основними технічними вимогами до розробки є: вантажопідйомність 1500 кг, підйом вантажу на висоту до 1300 мм, горизонтальне положення платформи протягом усього ходу підйому та опускання, можливість складання платформи у транспортне положення.

Після аналізу існуючих конструктивних рішень, викладеного в першому розділі, для реалізації обрано консольний гідроборт із паралелограмним підймальним механізмом. Ця схема є найбільш поширеною у світовій практиці та забезпечує оптимальне співвідношення між функціональністю, надійністю та вартістю виготовлення. Паралелограмний механізм гарантує горизонтальне положення платформи при будь-якому куті нахилу підймальних важелів, що є критично важливим при роботі з вантажами на колесах - піддонами та складськими візками.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Несуча конструкція гідравлічного борта включає такі основні складові вузли: опорну раму, що кріпиться до рами транспортного засобу; верхній та нижній важелі паралелограмного механізму; несучу балку (поперечину) рухомої рами; двоскладну вантажну платформу; два гідравлічних циліндри підйому та два гідравлічних циліндр нахилу платформи. Всі несучі елементи виготовляються зі сталі марки С355 (ст.35) з межею текучості не менше 355 МПа, що забезпечує необхідний запас міцності при заданих навантаженнях.

Опорна рама є основним несучим елементом конструкції і являє собою зварний просторовий каркас із прямокутних труб, що кріпиться до рами автомобіля за допомогою болтових з'єднань М16 класу міцності 10.9. Рама забезпечує сприйняття вертикальних навантажень від ваги вантажу та ваги власних конструктивних елементів, а також горизонтальних поздовжніх та поперечних сил, що виникають при русі транспортного засобу з навантаженням гідробортом у підвішеному положенні.

Верхні важелі паралелограмного механізму виготовляються з прямокутної труби перерізом 80×50×5 мм, довжина важелів - 850 мм між осями шарнірів. Нижні важелі є одночасно гідравлічними циліндрами підйому, що суміщають функцію несучого елемента та силового привода. Шарнірні з'єднання важелів із рамою та рухомою балкою виконуються через вали кріплення та втулки кріплення, що виготовляються за кресленнями, розробленими в рамках даної дипломної роботи. Всі шарнірні з'єднання обладнані змащувальними ніпелями для регулярного технічного обслуговування.

Для виключення мимовільного опускання платформи при зупинці гідравлічного насоса або виникненні витоків у гідравлічній системі передбачено встановлення гідравлічних замків (замкових клапанів) безпосередньо на гідравлічних циліндрах підйому. Ці клапани автоматично блокують вихід гідравлічної рідини з порожнини циліндра при знятті тиску керування, фіксуючи платформу в будь-якому положенні по висоті. Конструкція замкових клапанів відповідає вимогам ДСТУ EN 1756-1:2015 щодо запобіжних пристроїв гідравлічних бортів.

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.2. Розробка гідравлічної схеми

Гідравлічна схема гідравлічного борта розробляється відповідно до функціональних вимог щодо виконання всіх необхідних рухів: підйому та опускання платформи, нахилу платформи при торканні ґрунту, а також утримання платформи в будь-якому проміжному положенні. Схема повинна забезпечувати надійне та безпечне керування всіма функціями при тиску в системі до 200 бар із можливістю обмеження максимального тиску запобіжним клапаном.

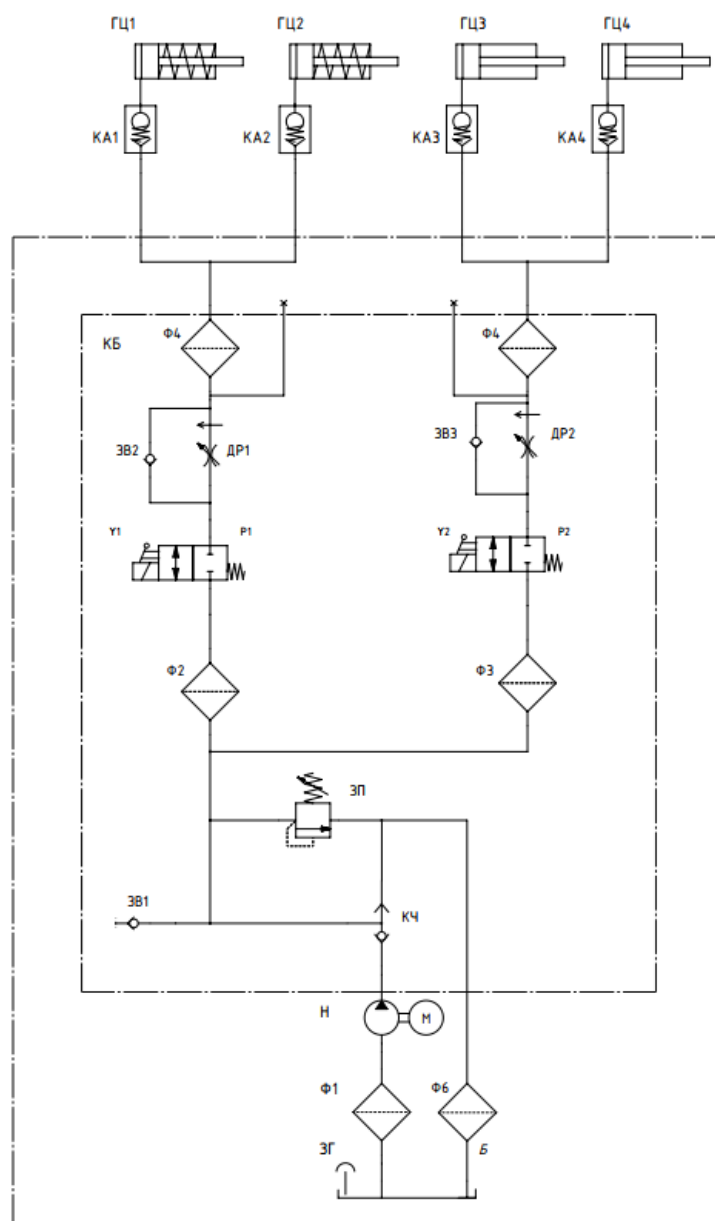


Рисунок 2.2.1 – Гідро схема

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

Розроблена гідравлічна схема належить до розімкнених гідросистем із постійним тиском та призначена для забезпечення роботи механізмів підйому і нахилу платформи гідравлічного борта. Система характеризується простотою конструкції, високою надійністю та зручністю технічного обслуговування, що є важливими вимогами для обладнання, яке експлуатується на транспортних засобах у різноманітних кліматичних та виробничих умовах.

Склад системи: Б – бак, ЗГ – заливна горловина, Ф1 – фільтр всмоктувальний, Н – насос, М – електродвигун, КБ – клапанний блок (гідропанель), КА – клапан аварійний (4 шт.), ГЦ1 – гідроциліндри односторонньої дії з пружинним поверненням (відповідають за нахил), ГЦ2 – гідроциліндри односторонньої дії плунжерні (відповідають за підйом платформи).

Опис роботи схеми

Початковий стан.

Запускається електродвигун М, насос Н обертається, робоча рідина всмоктується з бака Б через фільтр Ф1 і нагнітається у систему до клапанного блоку КБ. Оскільки розподільники Р1 та Р2 у нейтральному положенні закриті, тиск у магістралі зростає, спрацьовує запобіжний клапан ПК, і вся робоча рідина зливається через нього назад у бак.

Підйом платформи гідроборта.

Після подачі сигналу на котушку Y2 (на розподільнику Р2) та увімкненні електродвигуна, золотник Р2 відкривається. Робоча рідина під тиском нагнітається через лінійний фільтр Ф3, проходить відкритий розподільник Р2, проходить через клапани аварійні КА і надходить до гідроциліндрів ГЦ3 та ГЦ4. Їхні штоки висувуються, здійснюючи підйом платформи. Досягнувши потрібного положення, двигун М вимикається, сигнал Y2 знімається, золотник Р2 під дією пружини закривається. Рідина замикається в системі, платформа жорстко фіксується. Цикл підйому завершено.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Опускання платформи гідроборта.

Для опускання подається сигнал на котушку Y2 (насос при цьому вимкнений). Золотник P2 відкривається. Під дією власної ваги платформи та вантажу, робоча рідина витісняється з порожнин гідроциліндрів ГЦ3 та ГЦ4. Оскільки зворотний клапан тепер закривається зворотним потоком, рідина проходить виключно через дросель ДР2, який обмежує витрату і забезпечує плавне, контрольоване опускання. Далі рідина проходить через відкритий P2, фільтр Ф3 і зливається у бак Б. Сигнал Y2 вимикається.

Нахил гідроборта.

Після подачі сигналу на котушку Y1 та запуску двигуна М, золотник P1 відкривається. Робоча рідина нагнітається через Ф2, P1 та зворотний клапан до гідроциліндрів ГЦ1 та ГЦ2. Штоки висуваються, гідроборт нахиляється. Після зняття сигналу Y1 розподільник закривається, фіксуючи положення.

Для повернення у вихідне положення (без увімкнення насоса) подається сигнал на Y1. P1 відкривається, і під дією зворотних пружин у циліндрах ГЦ1 та ГЦ2 рідина витісняється назад. Потік проходить через дросель ДР1 (забезпечуючи плавність), через відкритий P1, фільтр Ф2 і зливається у бак. Сигнал Y1 вимикається. Цикл роботи ГЦ1 та ГЦ2 завершено..

Захист гідросистеми від перевантажень забезпечується запобіжним клапаном, який обмежує максимальний робочий тиск на заданому рівні. У випадку перевищення допустимого значення тиску клапан відкривається та перепускає надлишковий потік робочої рідини безпосередньо до бака. Це запобігає пошкодженню насоса, рукавів високого тиску, розподільника та інших елементів системи.

Для забезпечення довговічності та надійної роботи обладнання в системі передбачено двоступеневу фільтрацію робочої рідини. Всмоктувальний фільтр затримує механічні домішки перед надходженням рідини до насоса, а зливний фільтр очищує робочу рідину перед її поверненням до гідробака. Така схема дозволяє підтримувати необхідну чистоту мастила, зменшує інтенсивність зношування гідравлічних компонентів та підвищує ресурс системи в цілому.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Запропонована гідравлічна схема забезпечує плавне керування рухом платформи, високий рівень безпеки, надійне утримання вантажу в будь-якому положенні та ефективний захист обладнання від аварійних режимів роботи. Простота конструкції та використання стандартних гідравлічних компонентів сприяють зменшенню витрат на виготовлення та технічне обслуговування гідроборта, що є важливою перевагою для його подальшого впровадження у виробництво.

Запобіжний клапан налаштований на тиск спрацьовування 220 бар, що перевищує максимальний робочий тиск (200 бар) на 10% і відповідає вимогам ДСТУ щодо захисту гідравлічних систем від перевантаження. При відсутності керуючого сигналу всі електромагніти розподільника знеструмлені, золотник займає нейтральне положення із замкненим центром, повністю блокуючи потік рідини та утримуючи платформу у фіксованому положенні.

Підключення трубопроводів виконується гнучкими рукавами високого тиску DN 10 (внутрішній діаметр 10 мм) класу тиску SAE 100R2AT, що витримують тиск до 420 бар. Гнучкі рукави забезпечують компенсацію відносних переміщень між нерухомою опорною рамою та рухомим механізмом підйому. Жорсткі ділянки трубопроводів виконуються зі сталевих труб із зовнішнім діаметром 12 мм, товщиною стінки 1,5 мм зі з'єднаннями типу DIN 24° конус.

Гідравлічний розрахунок виконується з метою визначення основних параметрів гідросистеми, вибору насоса, трубопроводів, фільтрів та перевірки гідравлічних втрат у магістралях[27].

Необхідна подача насоса визначається з умови забезпечення заданої швидкості підйому платформи. Приймаємо швидкість руху поршня гідроциліндра підйому:

$$v_1 = 0,1 \text{ м/с (швидкість підйому платформи 0,1 м/с).}$$

Площа поршня прийнятого циліндра ($D = 63 \text{ мм}$):

$$A_{\text{ц}} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 3,1416 \cdot \frac{0,063^2}{4} = 31,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Теоретична витрата для двох циліндрів підйому:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q^T = 2 \cdot A_{\text{ш}} \cdot v^1 = 2 \cdot 31,17 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 = 6,23 \cdot \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{\text{с}}$$

$$= 0,374 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

З урахуванням об'ємного ККД насоса $\eta^* = 0,92$ та витоків у системі (коефіцієнт запасу $k_u = 1,1$):

$$Q_H = \frac{Q^T \cdot k_u}{\eta^*} = \frac{22,4 \cdot 1,1}{0,92} \approx 26,8 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

Приймаємо насос з робочим об'ємом $q = 4 \text{ см}^3/\text{об.}$ При частоті обертання $n = 3000 \text{ об/хв}$ та $\eta^* = 0,92$ фактична подача:

$$Q_{\text{ф}} = q \cdot n \cdot \eta^* = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3000}{60} \cdot 0,92 = 0,184 \cdot \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{\text{с}}$$

$$= 11,04 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

Приймаємо з конструктивних міркувань $Q_{\text{ф}} = 12 \text{ л/хв}$ — швидкість підйому становитиме:

$$v_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{(2 \cdot A_{\text{ш}})} = \frac{\left(\frac{12}{60} \cdot 10^{-3}\right)}{(2 \cdot 31,17 \cdot 10^{-4})} = 3,21 \cdot \frac{10^{-3} \text{ м}}{\text{с}} \approx 0,19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Теоретична потужність насоса при максимальному робочому тиску $P = 200 \text{ бар} = 20 \text{ МПа}$:

$$N^T = P \cdot Q_H = 20 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{12}{(60 \cdot 10^3)}\right) = 20 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$$

$$= 4\,000 \text{ Вт} = 4,0 \text{ кВт}$$

З урахуванням загального ККД привода $\eta_z = \eta^* \cdot \eta^M = 0,92 \cdot 0,95 = 0,874$:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N^T}{\eta_z} = \frac{4,0}{0,874} \approx 4,58 \text{ кВт}$$

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Прийнятий електродвигун 24 В / 2,2 кВт є підбором для короткочасного режиму роботи ($S_2 = 5$ хв). Оскільки один цикл підйому триває 45–60 секунд, режим S_2 є допустимим, і двигун 2,2 кВт використовується при тиску до 110 бар. Для підйому вантажів, що потребують тиску 150–200 бар, застосовується режим S_1 (тривалий) із потужністю двигуна 3 кВт. Обирається насосна установка Hydro Leduc або аналог: двигун 24 В DC / 2,2 кВт, режим S_2 -5 хв, насос $q = 4$ см³/об.

Внутрішній діаметр трубопроводу нагнітання визначається за умови допустимої швидкості течії рідини в трубопроводі $v_n = 4$ м/с[26]:

$$d^T = \sqrt{\frac{4 Q}{(\pi v_n)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{(3,14 \cdot 4)}} = \sqrt{6,37 \cdot 10^{-5}} = 7,98 \text{ мм}$$

Приймаємо трубопровід нагнітання: сталева труба із зовнішнім діаметром 12 мм та внутрішнім 9 мм (товщина стінки 1,5 мм), що відповідає стандарту DIN 2391.

Для зливного трубопроводу при $v_z = 2$ м/с:

$$d_z = \sqrt{\frac{4 Q}{(\pi v_z)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{(3,14 \cdot 2)}} = 11,28 \text{ мм}$$

Приймаємо зливний трубопровід: труба із зовнішнім діаметром 16 мм та внутрішнім 12 мм (DIN 2391). Гнучкі рукави — типу SAE 100R2AT: нагнітання DN 10 (внутр. 10 мм), злив DN 12 (внутр. 12 мм).

Втрати тиску у нагнітальному трубопроводі визначаються за формулою Дарсі–Вейсбаха[29]:

$$\Delta P^T = \lambda \cdot \left(\frac{L}{d}\right) \cdot \left(\frac{\rho v^2}{2}\right)$$

де λ — коефіцієнт гідравлічного тертя; L — довжина трубопроводу, м; d — внутрішній діаметр, м; ρ — густина робочої рідини, кг/м³; v — швидкість течії, м/с.

Визначаємо режим течії. При кінематичній в'язкості $\nu = 46 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $v_n = 4$ м/с, $d = 0,009$ м[26]:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Re = \frac{v_{\text{ср}} \cdot d}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,009}{(46 \cdot 10^{-6})} = 782$$

$Re = 782 < 2300$ — режим ламінарний. Коефіцієнт тертя $\lambda = 64/Re = 64/782 = 0,0819$.

Загальна довжина нагнітальної лінії $L_n = 3,5$ м (з урахуванням рукавів). Густота оливи HVLP 46 при 50°C $\rho = 875$ кг/м³:

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,0819 \cdot 388,9 \cdot 7000 = 223\,000 \text{ Па} \approx 2,23 \text{ бар}$$

Загальні гідравлічні втрати з урахуванням місцевих опорів (коефіцієнт $k = 1,5$):

$$\Delta P_{\text{з}} = k \cdot \Delta P_{\text{л}} = 1,5 \cdot 2,23 = 3,35 \text{ бар}$$

Втрати тиску 3,35 бар є прийнятними, оскільки вони становлять менше 2% від максимального робочого тиску 200 бар, що підтверджує правильність вибору перерізів трубопроводів.

Для забезпечення чистоти робочої рідини згідно з класом ISO 4406:2021 (клас 17/15/12) встановлюються два фільтри: всмоктувальний фільтр з тонкістю фільтрації 150 мкм та зливний фільтр з тонкістю фільтрації 10 мкм. Обирається зливний фільтр типу Нудас RKM 10D10B: номінальна витрата 15 л/хв, тиск пропускання 1,5 бар, індикатор засмічення. Всмоктувальний сітчастий фільтр BF 1.1-12-2-2 (Bosch Rexroth) або аналог, встановлюється безпосередньо у баку.

Вибір зворотного клапана (поз. 4.2): тип тарілчастий, прохідний перетин для витрати 15 л/хв при перепаді тиску 0,3 бар. Обирається клапан типу RVNM 3/8" або аналог.

Таблиця 2.1 — Зведена специфікація гідравлічних елементів

Елемент	Тип / марка	Параметр	Призначення
Насос шестеренний	CBN-E304	4 см ³ /об, 200 бар	Подача рідини під тиском
Електродвигун	24 В DC, S2-5 хв	2,2 кВт, 3000 об/хв	Привод насоса

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Гідравлічний бак	Власного виготовлення	V = 10 л, сталь 2 мм	Зберігання робочої рідини
Розподільник NG6 (×2)	Cetop-3 D03	40 л/хв, 350 бар	Керування потоком
Запобіжний клапан	220 бар, вбуд.	220 бар, 15 л/хв	Захист від перевантаження
Замковий клапан (×2)	CXHX-XHN	350 бар, пілот 30–50 бар	Утримання навантаження
Зворотний клапан	RVNM 3/8"	0,3 бар, 15 л/хв	Запобігання зворотному потоку
Зливний фільтр	Hydac RKM 10D10B	10 мкм, 15 л/хв	Очищення рідини на зливі
Трубопровід нагнітання	Сталь DIN 2391	Ø12×1,5 мм	Магістраль високого тиску
Рукав гнучкий	SAE 100R2AT	DN 10, 420 бар	Рухомі ділянки магістралі

2.3. Вибір гідравлічних елементів (насос, розподільник, клапани)

Вибір гідравлічних елементів здійснюється на основі розрахункових параметрів системи: максимального робочого тиску 200 бар, необхідної подачі рідини для забезпечення заданої швидкості підйому платформи та надійності роботи в умовах вібраційних та ударних навантажень, характерних для транспортних засобів.

Гідравлічний насос. Для привода гідравлічної системи гідроборта обрано шестеренний насос типу CBN-E310 або аналог із робочим об'ємом 10 см³/об, що відрізняється простотою конструкції, низькою вартістю та достатньою надійністю для даного класу застосувань. При частоті обертання двигуна 3000 об/хв теоретична продуктивність насоса становить 30 л/хв, фактична з урахуванням об'ємного ККД 0,92 - близько 27,6 л/хв. Проте враховуючи, що цикл підйому гідроборта є короткочасним

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

(45–60 секунд), а режим роботи - переривчастим, для зниження потужності електродвигуна доцільно обмежити подачу насоса до 12–15 л/хв, що може бути досягнуто зменшенням робочого об'єму до 4–5 см³/об або встановленням дросельного клапана.

Для реалізованої схеми обрано насосну установку у збірці з електродвигуном: двигун постійного струму 24 В, потужність 2,2 кВт, шестеренний насос із робочим об'ємом 4 см³/об. При напрузі 24 В і токові споживання близько 100 А установка забезпечує подачу 12 л/хв при тиску 200 бар. Збірка типу «мотор-насос» монтується безпосередньо на кришці гідравлічного бака, що спрощує монтаж та скорочує довжину всмоктувального трубопроводу.

Гідравлічний бак виконується у вигляді зварної прямокутної ємності з листової сталі товщиною 2 мм ємністю 10 л. На кришці бака встановлені: заливний отвір із повітряним фільтром-сапуном, показчик рівня мастила, відповідний датчик мінімального рівня, а також штуцери підключення всмоктувального і зливного трубопроводів. Застосована робоча рідина - гідравлічна олива марки Hydraulic ISO 46 (HVLР 46) із в'язкістю при 40°С 46 мм²/с, що забезпечує нормальну роботу системи в діапазоні температур від –20°С до +70°С.

Електрогідравлічний розподільник. Для керування потоком гідравлічної рідини обрано моноблочний електрогідравлічний розподільник типу NG6 (СЕТОР 3) з номінальною витратою 40 л/хв при перепаді тиску 3,5 бар та максимальним тиском 350 бар. Розподільник має три секції: підйом/опускання (4/3 із закритим центром), нахил (4/3 із відкритим центром в нейтралі) та запобіжний клапан із налаштуванням 220 бар. Електромагніти розраховані на напругу 24 В постійного струму, що відповідає бортовій мережі автомобіля з акумуляторами 24 В.

Гідравлічні замкові клапани встановлюються в парі - по одному на кожному циліндрі підйому. Клапан типу СХНХ-ХНН або аналог нормально закритого типу забезпечує утримання навантаження при тиску до 350 бар та спрацьовує при тиску пілотного керування 30–50 бар. Розміщення клапанів безпосередньо на циліндрах

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

підйому виключає можливість відмови через пошкодження трубопроводу між клапаном і циліндром.

2.4. Розрахунок гідроциліндрів (підйомної платформи)

Розрахунок гідравлічних циліндрів підйому виконується виходячи з умови забезпечення підйому вантажу масою 1500 кг при нахилі важелів паралелограмного механізму, що відповідає найневигіднішому положенню - горизонтальному положенню важелів на початку підйому[27].

Визначення зусилля на штоку гідроциліндра. Для паралелограмного механізму з двома циліндрами підйому сила, що розвивається кожним циліндром, визначається з умови рівноваги важільної системи. Розглянемо розрахункову схему одного важеля довжиною $L_0 = 850$ мм із вантажем масою $m = 1500$ кг, що прикладений до кінця важеля, та циліндром, що підключений у точці на відстані a від шарніра рами. Приймаємо $a = 0,4 \cdot L_0 = 340$ мм.

Розрахунок гідравлічних циліндрів підйому виконується виходячи з умови забезпечення підйому вантажу масою 1500 кг при горизонтальному положенні важелів паралелограмного механізму (найневигідніший випадок) .

2.4.1. Визначення зусилля на штоку гідроциліндра

Момент від ваги вантажу та рухомої частини конструкції відносно шарніра рами при горизонтальному положенні важеля (кут $\beta = 0^\circ$):

$$M = (m + m_{\text{кон}}) \cdot \frac{g \cdot L^0 \cdot \cos \beta}{2}$$

де $m = 1500$ кг - маса вантажу; $m_{\text{кон}} = 160$ кг - маса рухомих частин (для двох важелів); $g = 9,81$ м/с²; $L_0 = 0,850$ м - довжина важеля між осями шарнірів; $\beta = 0^\circ$ - кут нахилу важелів.

$$M = (1500 + 160) \cdot \frac{9,81 \cdot 0,850 \cdot \cos 0^\circ}{2} = 6906,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зусилля на штоку одного циліндра при плечі $a = 0,34$ м та куті нахилу циліндра $\varphi = 25^\circ$:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$F^c = \frac{M}{(a \cdot \sin \varphi)} = \frac{6906,9}{(0,34 \cdot \sin 25^\circ)} = \frac{6906,9}{(0,34 \cdot 0,4226)} \\ = 48\,048 \text{ Н} \approx 48,1 \text{ КН}$$

2.4.2. Визначення діаметра поршня гідроциліндра

Для циліндра з однобічним штоком діаметр поршня розраховується за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F^c}{(\pi \cdot P \cdot \eta^M)}}$$

де $P = 200 \text{ бар} = 20 \text{ МПа}$ - максимальний робочий тиск; $\eta^M = 0,96$ - механічний ККД гідроциліндра з гумовими ущільненнями .

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 48\,048}{(3,1416 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0,96)}} = \sqrt{2,42 \cdot 10^{-3}} \\ = 0,0552 \text{ м} = 55,2 \text{ мм}$$

З ряду стандартних розмірів за ГОСТ 6540-68 приймаємо $D = 63 \text{ мм}$ [28].

Перевірка фактичного тиску при обраному діаметрі:

$$P_\Phi = \frac{F^c}{A_\Phi} = \frac{48\,048}{\left(\pi \cdot \frac{0,063^2}{4}\right)} = \frac{48\,048}{(31,17 \cdot 10^{-4})} = 15,42 \text{ МПа} \\ = 154,2 \text{ бар}$$

Фактичний тиск 154,2 бар менше максимального тиску 200 бар. Запас тиску: $(200 - 154,2)/200 = 22,9\%$, що підтверджує правильність вибору.

2.4.3. Визначення діаметра штока

Діаметр штока обирається з умови коефіцієнта відношення площ $\Psi = 1,6$ (для циліндра зі збільшеним штоком)[28]:

$$d = D \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\Psi}} = 63 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1,6}} = 63 \cdot \sqrt{0,375} \\ = 63 \cdot 0,612 = 38,6 \text{ мм}$$

Із ряду стандартних розмірів приймаємо $d = 40 \text{ мм}$ (ГОСТ 6540-68).

Перевірка стійкості штока за методом Ейлера при ході $L^c = 350 \text{ мм}$ [29]:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$F_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(L_{\text{eff}})^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 12,6 \cdot 10^{-8}}{0,700^2} = 531\,000 \text{ Н}$$

$$\gg 48\,048 \text{ Н}$$

Шток стійкий - критичне зусилля в 11 разів перевищує розрахункове.

За результатами геометричного аналізу паралелограмного механізму при зміні кута нахилу важелів від $\beta_1 = -60^\circ$ (нижнє положення) до $\beta_2 = +22^\circ$ (верхнє положення):

$$\Delta l = 2 \cdot a \cdot \sin\left(\frac{\beta^2 - \beta^1}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\beta^2 + \beta^1}{2} + \varphi\right) = 315 \text{ мм}$$

Приймаємо $L^c = 350$ мм (з конструктивним запасом). Мінімальна довжина циліндра у стягнутому стані - 550 мм, максимальна - 900 мм.

На основі проведених кінематичних та міцнісних розрахунків паралелограмного механізму підймання гідроборта (з урахуванням необхідності подолання максимального зусилля у **48,1 кН** для розрахункової вантажопідйомності **1500 кг**), було спроектовано виконавчий гідродвигун — гідроциліндр односторонньої дії, який повністю відповідає поставленим задачам.

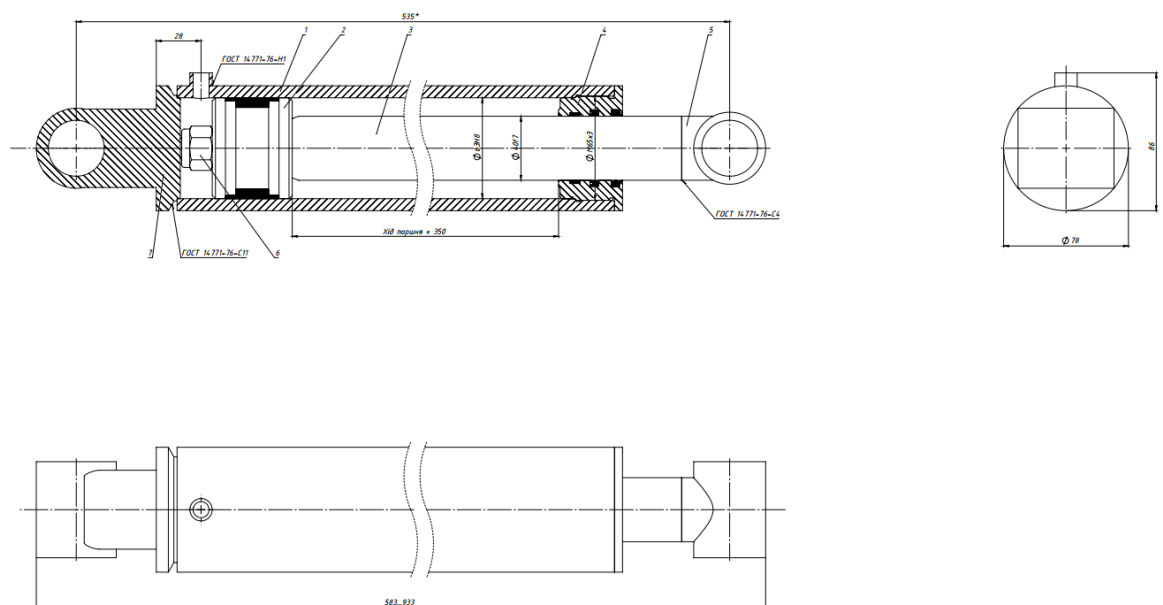


Рисунок 2.4.1 – Гідроциліндр (скл.креслення)

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

2.5. Розрахунок навантажень та міцності конструкції

Розрахунок міцності виконується для найбільш навантажених елементів конструкції гідроборта - верхніх важелів паралелограмного механізму, шарнірних осей та вала кріплення у точках з'єднання важелів з опорною рамою.

Розрахунок виконується для найбільш навантажених елементів - верхніх важелів паралелограмного механізму та вала кріплення .

Верхній важіль - балка на двох шарнірних опорах із прольотом $L_0 = 850$ мм. Зосереджена сила $F = 7500$ Н (половина ваги вантажу з рухомою частиною). Максимальний згинальний момент:

$$M_{зг} = F \cdot \frac{L^0}{4} = 7500 \cdot \frac{0,850}{4} = 1593,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для прямокутного перетину труби $80 \times 50 \times 5$ мм момент опору перетину:

$$W^x = \frac{(b \cdot h^3 - b^1 \cdot h^{13})}{(6 \cdot h)} = \frac{(50 \cdot 80^3 - 40 \cdot 70^3)}{(6 \cdot 80)} \\ = 19\,458 \text{ мм}^3$$

Розрахункова напруга згину:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W^x} = \frac{1\,593\,750}{19\,458} = 81,9 \text{ МПа}$$

Допустима напруга для сталі С355 (запас міцності $n = 1,5$):

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{355}{1,5} = 236,7 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується: $\sigma_{зг} = 81,9 \text{ МПа} < [\sigma] = 236,7 \text{ МПа}$. Коефіцієнт запасу $K = 2,89$.

Реакція в шарнірі верхнього важеля з рамою:

$$R_{ш} = F^c \cdot \sin \varphi = 48\,048 \cdot \sin 25^\circ = 20\,309 \text{ Н}$$

Вал - балка на двох опорах із прольотом між втулками 290 мм, несе дві симетричні сили. Максимальний згинальний момент:

$$M_{вал} = R_{ш} \cdot \frac{a_{оп}}{2} = 20\,309 \cdot \frac{0,145}{2} = 1472 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для вала діаметром $d = 36$ мм (прийнятий за конструктивними міркуваннями) зі сталі 40Х (термообробка: гартування + відпуск, $\sigma_T \geq 785$ МПа):

$$W = \pi \cdot \frac{d^3}{32} = 3,1416 \cdot \frac{36^3}{32} = 4580 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\text{вал}} = \frac{M_{\text{вал}}}{W} = \frac{1\,472\,000}{4580} = 321 \text{ МПа}$$

Допустима напруга для сталі 40Х:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{785}{1,5} = 523 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується: $\sigma_{\text{вал}} = 321 \text{ МПа} < [\sigma] = 523 \text{ МПа}$. Коефіцієнт запасу $K = 1,63$ - достатній для конструктивних деталей вантажопідіймального обладнання

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.6 Розрахунок елементів конструкції на міцність та стійкість

При роботі гідроборта з номінальною вантажопідйомністю 1500 кг у кінематичних вузлах виникають значні зосереджені зусилля. Найбільш критичними з погляду надійності є вузли шарнірного з'єднання та елементи, що сприймають повне стискаюче навантаження від гідроприводу.

2.6.1 Розрахунок вала кріплення гідроциліндра на зріз

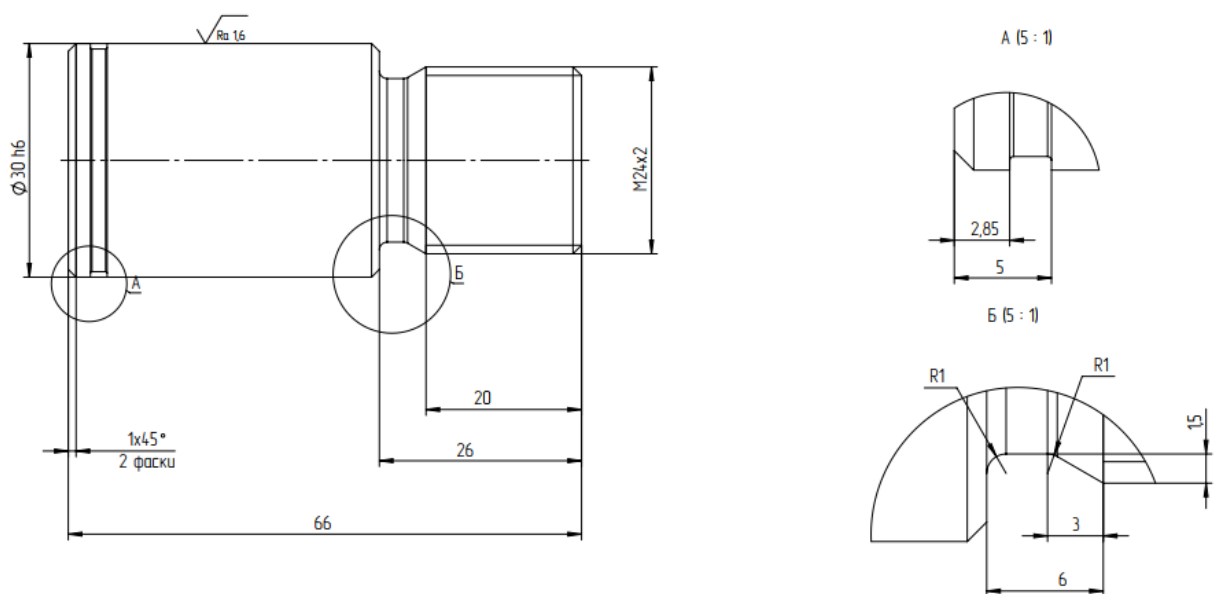


Рисунок 2.6.1.1 – Вал кріплення

Вали (пальці) шарнірних з'єднань забезпечують зв'язок між силовим гідроциліндром та системою важелів платформи. Відповідно до робочого креслення деталі Вал кріплення, номінальний діаметр робочої частини становить $d = 30$ мм (виконано під посадку 30h6). Деталь виготовляється із конструкційної сталі Сталь 45.

Згідно з технічною характеристикою складального креслення гідроциліндра, максимальне розрахункове зусилля на штоку становить $F_{max} = 48,1$ кН = 48100 Н.

Оскільки вал встановлений у двовушковому кронштейні, він працює на подвійний зріз (кількість площин зрізу $n = 2$).

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

Перевірка міцності на зріз виконується за класичною умовою міцності [30]:

$$\tau_{зр} = \frac{F_{max}}{n \cdot A} \leq [\tau_{зр}]$$

Де: A — площа поперечного перерізу вала, мм^2 ; $[\tau_{зр}]$ — допустиме напруження на зріз для Сталі 45, МПа.

Площа поперечного перерізу суцільного циліндричного вала обчислюється за формулою [30]:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot 30^2}{4} = 706,86 \text{ мм}^2$$

Обчислюємо діюче напруження зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{48100}{2 \cdot 706,86} = \frac{48100}{1413,72} = 34,02 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на зріз для конструкційних сталей за умов статичного навантаження виражається через границю текучості σ_T [30]:

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot [\sigma_T]$$

Для Сталі 45 границя текучості становить $\sigma_T = 360$ МПа. З урахуванням нормативного коефіцієнта запасу міцності $s = 1,5$, допустиме напруження на розтяг становить $[\sigma_T] = \frac{360}{1,5} = 240$ МПа [31].

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ МПа}$$

Порівнюємо результати:

$$\tau_{зр} = 34,02 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 144 \text{ МПа}$$

Умова міцності вала на зріз виконується із значним запасом міцності.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.6.2 Розрахунок штока гідроциліндра на стійкість (поздовжній згин)

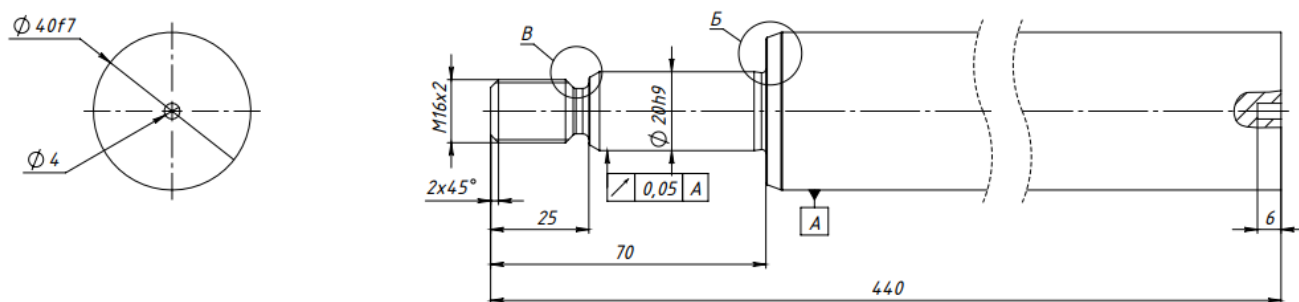


Рисунок 2.6.2.1 – Шток

Шток є найбільш уразливим елементом гідроприводу через значну довжину та дію стискаючих сил. Відповідно до робочого креслення, шток має зовнішній діаметр $d_{\text{шт}} = 40$ мм (виконано під посадку 40f7). Матеріал штока — Сталь 45.

Згідно зі складальним кресленням основного гідроциліндра, міжосьова відстань у повністю складеному стані дорівнює 535 мм, а робочий хід поршня становить 350 мм. Отже, максимальна розрахункова довжина штока між опорними шарнірами при повному висуненні складає $L = 535 + 350 = 885$ мм.

Оскільки шток працює на стиск, перевіримо його на втрату стійкості за формулою Ейлера [30]. Мінімальний осьовий момент інерції суцільного круглого перерізу штока становить [30]:

$$I = \frac{\pi \cdot d_{\text{шт}}^4}{64} = \frac{3,1416 \cdot 40^4}{64} = 125664 \text{ мм}^4$$

Критична сила $P_{\text{кр}}$, при якій шток втрачає лінійну стійкість, обчислюється як [30]:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot L)^2}$$

Де: E — модуль поздовжньої пружності матеріалу (для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа = 210000 Н/мм²) [30]; μ — коефіцієнт приведення довжини, що залежить від умов закріплення. Для шарнірного закріплення обох кінців гідроциліндра (вушка з шарнірними підшипниками типу ШС) $\mu = 1,0$ [30].

Підставляємо значення у розрахункову формулу:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$P_{кр} = \frac{3,1416^2 \cdot 210000 \cdot 125664}{(1,0 \cdot 885)^2} = \frac{9,8696 \cdot 210000 \cdot 125664}{783225} = \frac{260454378700}{783225}$$

$$\approx 332540 \text{ Н} \approx 332,5 \text{ кН}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт запасу стійкості конструкції [30]:

$$n_{\phi} = \frac{P_{кр}}{F_{max}} = \frac{332,5}{48,1} = 6,91$$

Нормативний (допустимий) запас стійкості для гідроциліндрів підйомних механізмів повинен перебувати в межах $[n_c] = 2,5 \dots 4,0$ [30].

Порівняльний аналіз показує:

$$n_{\phi} = 6,91 \geq [n_c] = 4,0$$

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.7. Вибір електричної системи управління

Загальне обґрунтування

Електрична система управління гідробортом призначена для забезпечення безпечного, надійного та ергономічного контролю за просторовим положенням вантажної платформи. Враховуючи важкі умови експлуатації комерційного транспорту (постійні вібрації, значні перепади температур, агресивний вплив вологи та реагентів), до елементів електрообладнання висуваються підвищені вимоги щодо пило- та вологозахисту. Компоненти, що встановлюються зовні кузова, повинні мати ступінь захисту не нижче IP65, а приховані в коробі гідростанції — не нижче IP54.

Система побудована на базі бортової мережі автомобіля постійного струму напругою 24 В, що є галузевим стандартом для середньо- та великотонажних вантажних автомобілів. Управління здійснюється за допомогою релейно-контакторної схеми.

Опис роботи принципової схеми

Згідно з представленою електричною принциповою схемою, система логічно розділена на силове коло та коло керування:

- **Силове коло:** Живлення головного електродвигуна гідростанції здійснюється безпосередньо від акумуляторної батареї. На початку силової лінії встановлено головний вимикач. Захист контуру від короткого замикання та критичних перевантажень забезпечується головним плавким запобіжником номіналом 100 А (24 В). Комутація великих струмів відбувається через силове реле стартера, котушка якого паралельно захищена діодом (D1) для гасіння ЕРС самоіндукції. Для захисту електродвигуна від перегріву передбачено термореле.
- **Коло керування:** Ця гілка живиться окремо і захищена власним запобіжником номіналом 15 А. Центральним інтерфейсом взаємодії оператора з механізмом є пульт дистанційного керування. На ньому розміщені чотири тактові кнопки, що відповідають за базові кінематичні операції: підйом ("Вгору"), опускання ("Вниз"), розкладання ("Відкрити") та складання ("Закрити").

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- **Логіка роботи:** Керуючі сигнали з пульта проходять через з'єднувальний адаптер і надходять на котушку стандартного 5-контактного керуючого реле (контакти 30, 85, 86, 87, 87a) та на електромагнітні котушки клапанів. Для забезпечення правильної логіки вмикання потрібних секцій без взаємного замикання використовуються розв'язуючі діоди (D2, D3).

Підбір обладнання (Специфікація)

Для гідроборту вантажопідйомністю 1500 кг пропонується наступна номенклатура електрообладнання:

- **Електродвигун (Мотор):** Двигун постійного струму закритого типу потужністю 2.2 кВт (24 В), розрахований на 100% тривалість включення. Ця потужність є оптимальною для приводу шестеренного насоса та створення робочого тиску.
- **Пульт дистанційного керування:** 4-кноповий кабельний пульт тельферного типу (клеми 2012-1931) у протиударному корпусі (IP65). Кнопки мають блокування від одночасного натискання взаємовиключних команд.
- **Реле стартера:** Силовий контактор постійного струму на 24 В, здатний тривало витримувати робочі струми до 100 А та пускові до 200 А.
- **Керуюче реле:** 5-контактне реле Bosch (код 0 332 209 137), розраховане на струм 30 А (24V).
- **Захисна апаратура:** Головний запобіжник типу MEGA або MIDI на 24V/100А; ножовий запобіжник кола керування типу АТО/АТС на 24V/15А.
- **Термореле:** Біметалевий термоконтакт, що монтується на корпус мотора і розриває коло керування при досягненні 90-100°C.

Розроблено електричну принципову схему управління гідробортом (24 В) на базі релейно-контакторної. Вона забезпечує безпечне дистанційне керування електродвигуном та клапанами і має комплексний запобіжний та термічний захист.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

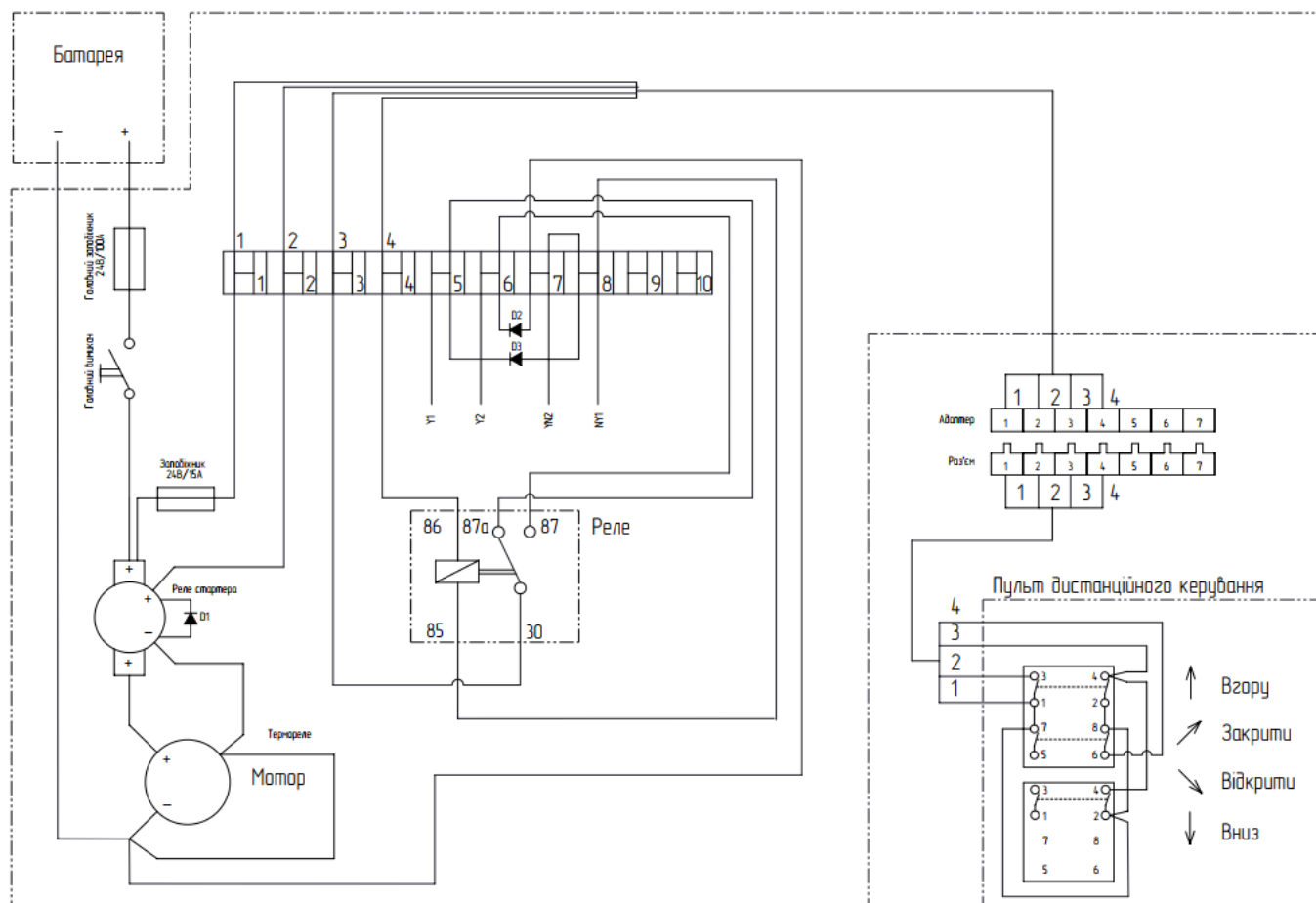


Рисунок 2.6.1 – Електро схема

2.8. Висновки до другого розділу

У другому розділі виконано повний цикл проектування гідравлічного борта консольного типу вантажопідйомністю 1500 кг:

- Розроблено конструкцію несучої рами та паралелограмного підйимального механізму з двоскладною алюмінієвою платформою 1800×2500 мм.
- Розроблено гідравлічну схему розіркненого типу. Виконано гідравлічний розрахунок: подача насоса $Q = 12$ л/хв, витрати в трубопроводах $\Delta P = 3,35$ бар (2% від робочого тиску). Підібрані: насос 4 см³/об з двигуном 24 В/2,2 кВт, розподільник NG6 із запобіжним клапаном 220 бар, замкові клапани, фільтр Hydac RKM 10D10B.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

- Розраховано гідроциліндри підйому: $D = 63$ мм, $d = 40$ мм, $L^c = 350$ мм, $P_f = 154,2$ бар (запас 22,9%). Перевірено стійкість штока - умова виконана з 11-кратним запасом.

- Перевірка міцності несучих елементів: верхній важіль (запас $K = 2,89$), вал кріплення $\varnothing 36$ мм зі сталі 40Х (запас $K = 1,63$).

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Зовнішній діаметр Ø30мм виконаний згідно з точністю Н6, всі інші поверхні обробляються по 12 квалітету.

3.2. 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 буде придбати сталеву круглий прокат Ø32 SAE1020 довжиною 6 м. Для порізки на заготовки L=68мм та подальшої обробки на токраному верстаті.

Призначення припусків виконується табличним методом [8-11].

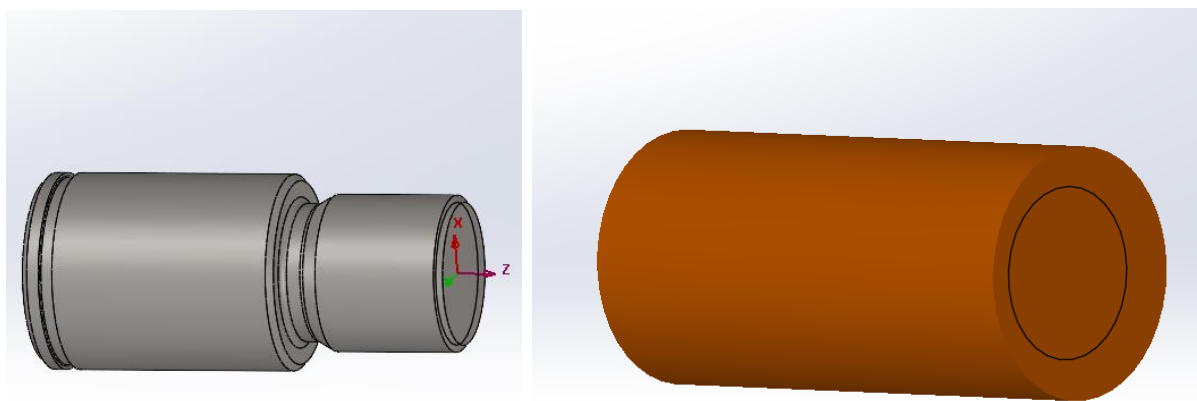


Рисунок 3.2.1 - 3D модель заготовки та деталі «Вал кріплення» (визначено масу – 0,44кг) (Деталь-0,31 кг)

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



ОПИС

ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПОСЛУГИ

ВІДГУКИ

ОСНОВНІ

Довжина макс.	6100
Довжина	6050
Діаметр	32
ГОСТ	2590
Марка	SAE 1020

☆☆☆☆☆

Всього відгуків: 0

Написати відгук

✓ В НАЯВНОСТІ

●

Модель: Ц0000002743

(з ПДВ)

3 794.84 грн

41 700.00 грн/т 271.06 грн/м

📍 Адреса:

Максимальна кількість товару на складі:

Саперно-Слобідський проїзд, 4, м.Київ

[схема проїзду](#)

🕒 Графік:

Самовивіз доступний завтра з 8:00

Завізд транспорту на територію для завантаження здійснюється до 16:00 (Пн-Пт).

Розмірність *

м

шт

91.00 кг | 2.31 шт

14

↑

↓

КУПИТИ

КУПИТИ В 1 КЛІК

?

Замовимо у постачальника «Метал-холдінг» круглий прокат довжиною 14 м загальною вагою 91 кг, постачальник має безкоштовну доставку, ціна сировини складає 3795 грн.

Заготовки отримаємо шляхом нарізання прокату на відрізки необхідної довжини(68 мм) за допомогою стрічкової пили. Будемо вважати що для отримання одної заготовки необхідно 3 хв, всі заготовки будуть нарізані за 10 години, за 1 годину роботи ми платимо робітнику 250 грн, необхідно заплатити робітнику 2500 грн за роботу.

Отже для отримання 200 заготовок необхідно заплатити 6 295 грн. з цього впливає вартість однієї заготовки – 31,5 грн.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3. 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 зовнішні 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 [8-11].

Для опису маршруту оброблення деталі необхідно ідентифікувати поверхні (рис. 3.3.1).

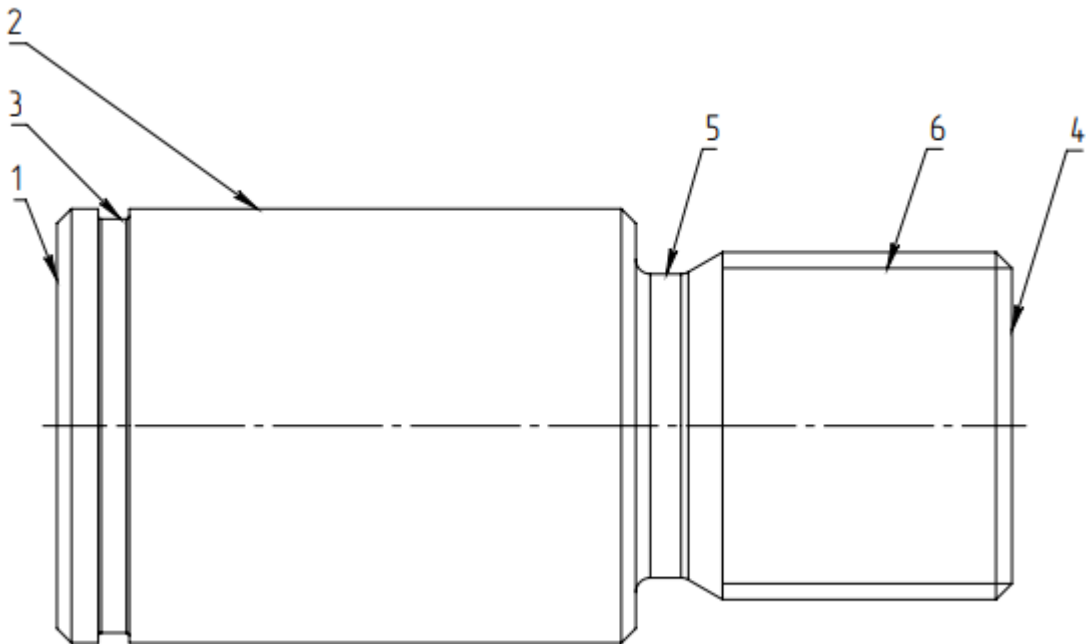
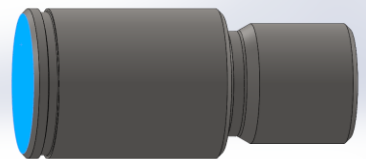
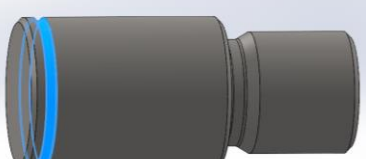
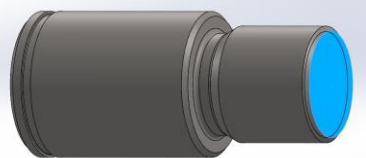
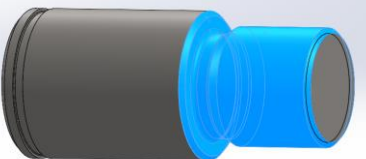
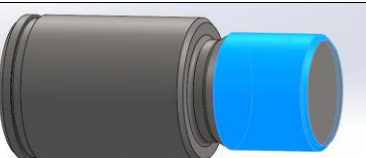


Рисунок 3.3.1 – Нумераці поверхонь деталі

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

Таблиця 1. - Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь деталі

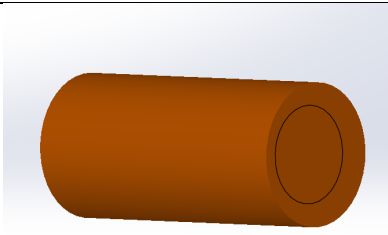
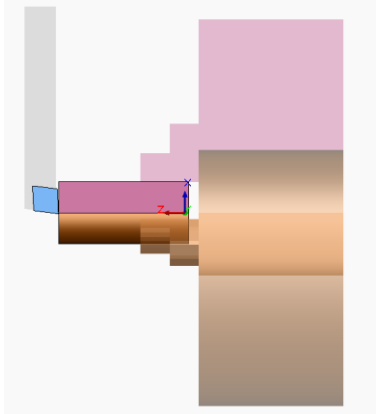
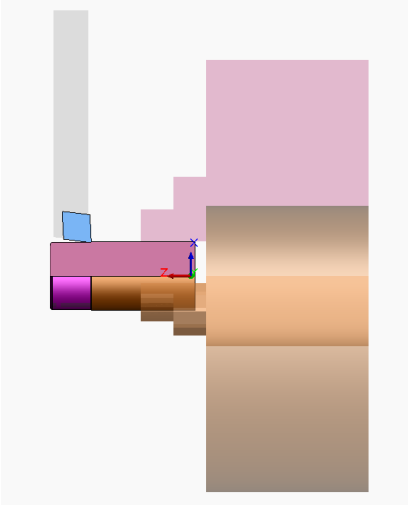
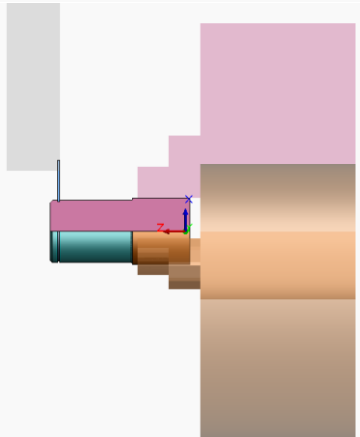
Поверхня	Спосіб обробки	Точність	Шорсткість	Час, хв
	Торцеве точіння: - Чорнове - Чистове	JT14 - JT12 JT11 - JT9	Rz 20 Ra 3,2	0,2
	Зовнішнє точіння: - Чорнове - Чистове	H6	Ra 1,6	0,4
	Зовнішня проточка: - Чорнове - Чистове	JT14 - JT12 JT11 - JT9	Rz 20 Ra 3,2	0,6
	Торцеве точіння: - Чорнове - Чистове	JT14 - JT12 JT11 - JT9	Rz 20 Ra 3,2	0,2
	Зовнішнє точіння: - Чорнове - Чистове	JT14 - JT12 JT11 - JT9	Rz 20 Ra 3,2	0,4
	Різання різьби: - Чистове	JT14 - JT12 JT11 - JT9	Rz 20 Ra 3,2	0,1

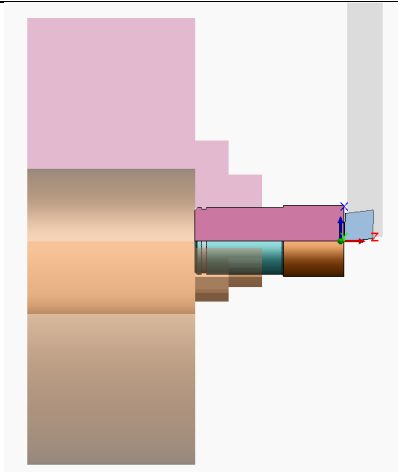
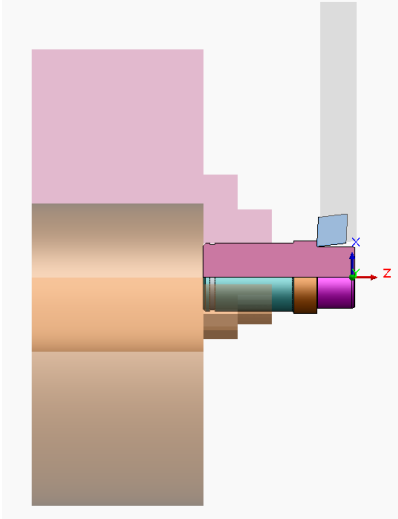
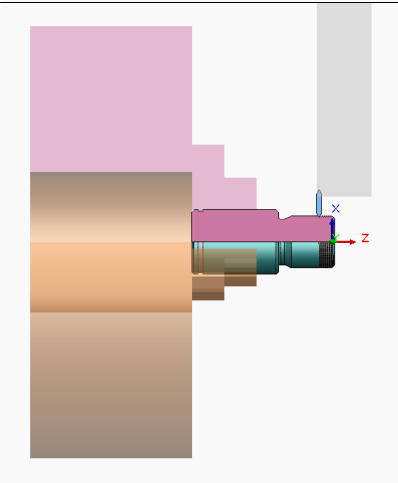
Загальний час токарних робіт 3,7 хв, округлюємо до 4 хв

Далі напишемо технологію для послідовності виготовлення та внесемо до таблиці 2:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2. – Технологія виготовлення деталі.

Номер	Назва	Вигляд	Інформація
001	Різання прокату		Різання прокату за допомогою стрікопильного верстата
002	Точіння торця		Установка в заготовки в кулачки та визначені етапи токарної обробки
003	Точіння зовнішнє		Згідно технології, обраної для цієї поверхні.
004	Точіння зовнішнє		Згідно технології, обраної для цієї поверхні.

005	Точіння торця		Установка деталі іншою стороною в кулачки та визначені етапи токарної обробки
006	Точіння зовнішнє		Згідно технології, обраної для цієї поверхні.
007	Різання різьби		Згідно технології, обраної для цієї поверхні.
008	Мийка	-	Очищення готових деталей від залишку мастила
009	Упаковка		Пакування для подальшого транспортування замовнику.

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дат

МА21.11.000 ПЗ

Арк.

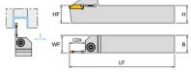
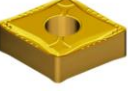
56

3.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

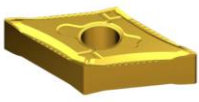
Визначаємо режими різання за каталогами та рекомендаціями наданими виробниками інструментів [15,16,17]:

Для зручності, всі дані заносимо у звітну таблицю.

Таблиця 3. Інструмент та режими різання рекомендовані виробниками інструментів.

Назва	Операція	Інструмент	Швидкість різання м/хв	Подача мм/об	Ціна
Різнцетримач	002 003 005 006	 DCBNR 2525 M12 75° FOR CNMG 1204 INSERTS - OMEGA OM11232 Omega Products #3,057.00 Quantity: 1 ADD TO CART DCBNR 2525 M12 75° For CNMG 1204 Inserts - Turning & Facing - Top Clamp DCBNR/L Turning Tool 	-	-	3 057 UAH
Різнцетримач	004	 GTCL 1212-3 EXTERNAL HOLDER LEFT HAND FOR TDP3, TDN3 & TDV3 INSERTS - EUROPA TOOL TDP0303 Europa Tool #4,782.00 Quantity: 1 ADD TO CART GTCL 1212-3 For TDP3, TDN3 & TDV3 Inserts - External Grooving - Screw Clamp 	-	-	4 782 UAH
Різнцетримач	007	 CER 2525 M22 THREADING TOOL FOR 22ER INSERTS OM13015 Omega Products #3,607.00 Quantity: 1 ADD TO CART CER EXTERNAL THREADING TOOL SIZE 22 TOP CLAMP 	-	-	3 607 UAH
Різець	002 003 005 006	 CNMG 120404-BF ET801 CARBIDE TURNING INSERTS (FOR GENERAL PURPOSE) - EUROPA TOOL (10 PACK) T100020 Europa Tool #2,587.00 Quantity: 1 ADD TO CART CNMG 120404-BF ET801 Chip Breaker - BF for Finishing Grade - ET801 Turning grade for mild and low alloy conditions in most steels and cast iron PVD Coated P10 P15, K20 K30 and H20 H30 	100	0,14	2 587 UAH

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Різець	002 003 005 006	 DNMG 150404-BF ET801 CARBIDE TURNING INSERTS (FOR GENERAL PURPOSE) - EUROPA TOOL (10 PACK) ET8002 Europe Tool #3,138.00 Quantity: 1 Add To Cart  Europe Tool Carbide Turning Inserts DNMG 150404-BF ET801 Chip Breaker - BF for Finishing Grade - ET801 Turning grade for mild and low cutting conditions in most steels and cast iron PVD Coated PVD P30, K20-K25 and PVD P30 The price is for a box of 10 inserts.	30	0,07	3 138 UAH
Різець	004	 TDP 2002 2MM WIDE CARBIDE DOUBLE ENDED GROOVING INSERTS ET8003G FOR GENERAL USE TDP CHIPBREAKER FOR ALUMINIUM, STAINLESS STEEL AND HRSA - EUROPA TOOL P000042 Europe Tool #6,012.00 Quantity: 1 Add To Cart  TDP 2002 CARBIDE DOUBLE ENDED GROOVING INSERTS Grade - ET8003G End choice for general grooving PVD multi-layer coating, suitable for most materials PVD - 15N P20-P25, N20-N25, K20 - K25, N20, N25, N25-K20 Edge Preparation Guide - TDP For Aluminium, Stainless Steels and HRSA.	100	0,25	6 012 UAH
Різець різьбовий	004	 2,0MM - 14DTER2 ISO EXTERNAL ISO METRIC THREADING INSERT VK8 GRADE - VARGUS MACH TT ISO 40000 Vargus #1,289.00 Quantity: 1 Add To Cart  ISO METRIC - 14DTER2 ISO Features and Benefits: • Improved Flute & Rake Geometry For high resistance with a reduced number of pieces • VK8 Grade - High wear resistance for general purpose applications, AZTA - 15N PVD Coating • Improved Profile Design Superior breaking surface finish • Advanced Surface Treatment: Fractional cutting edge and smooth surface finish • Vargus Dovetail Clamping System - Super rigid, designed for high loads *The price of this product is the price per insert (in pack)	120	2	1 289 UAH

Загальна вартість різального інструменту складає 24 472 грн.

					МА21.11.000 ПЗ		Арк.
							58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

3.5. Оснащення операцій

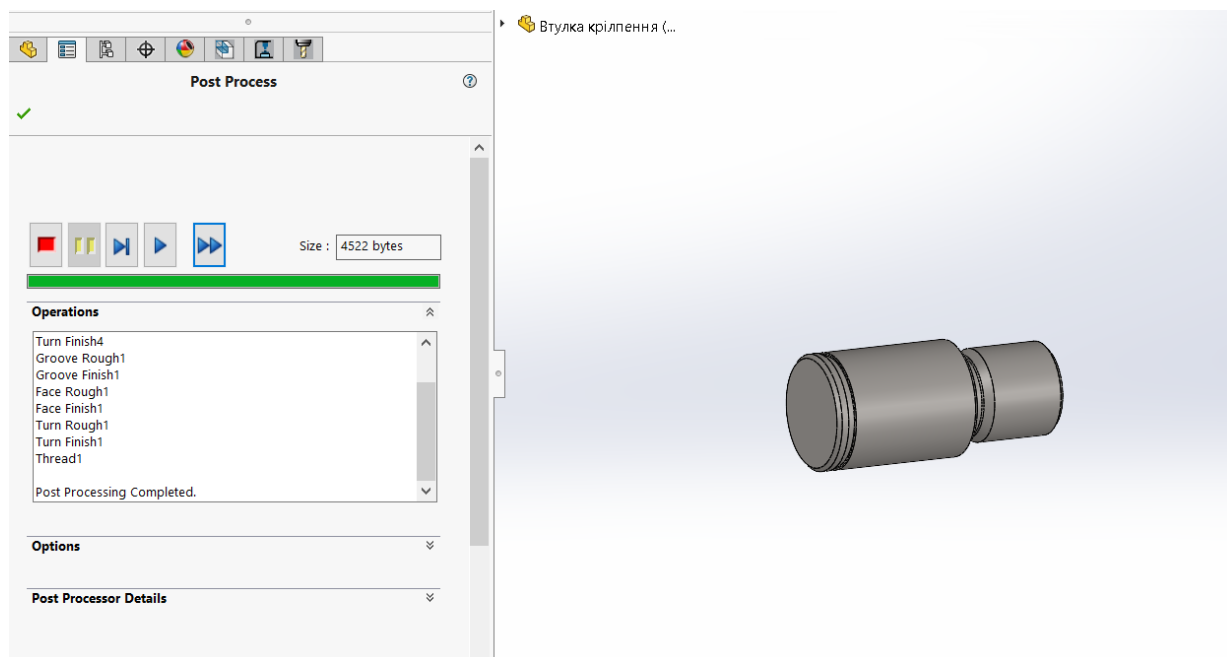
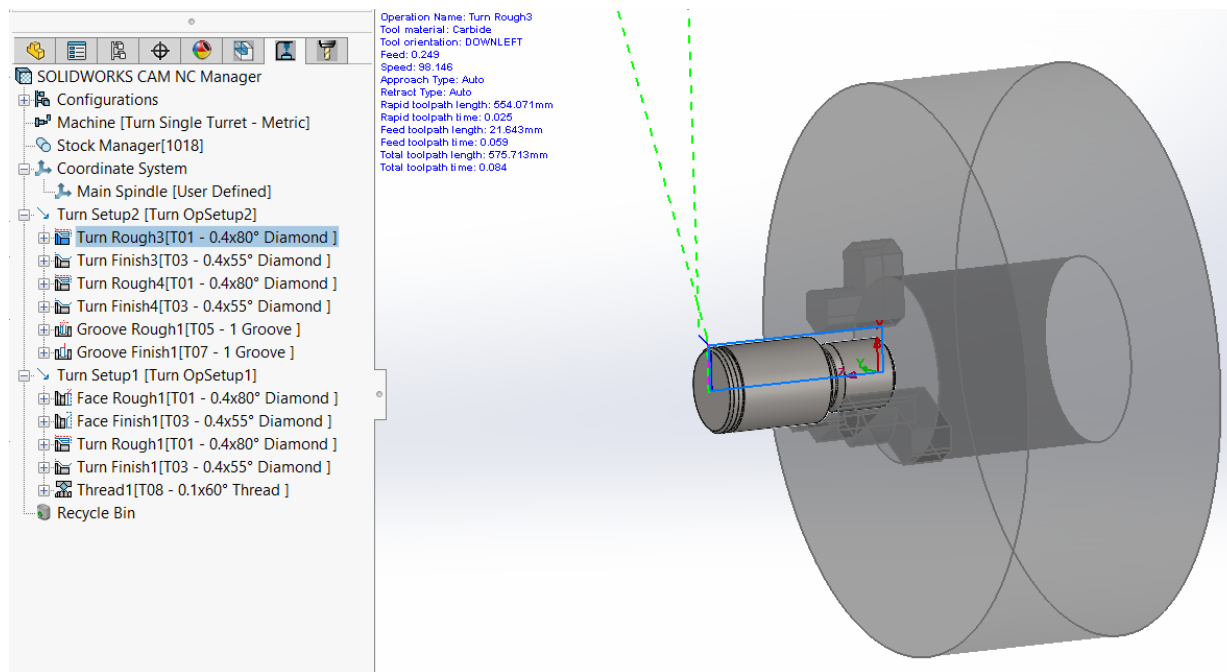
Для реалізації технологічно процесу було обрано за каталогами інструментальні, верстатні та вимірювальні пристрої [15,16,17].

Таблиця 4. Оснастка операцій.

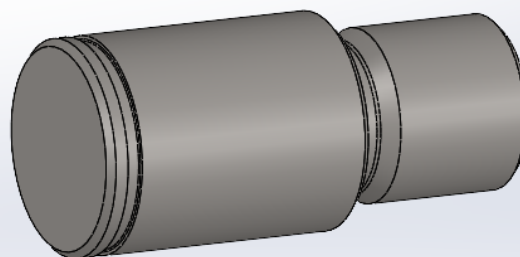
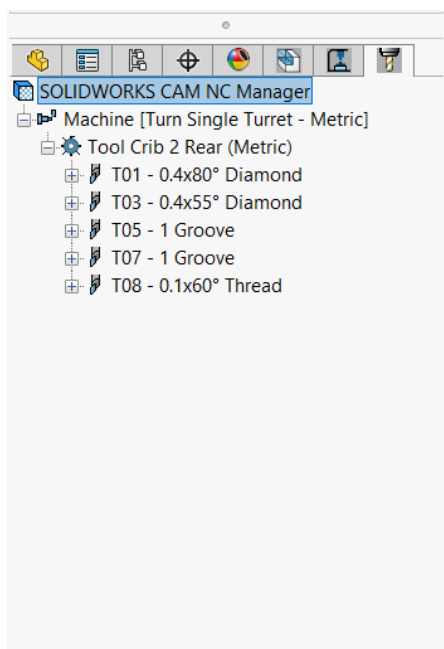
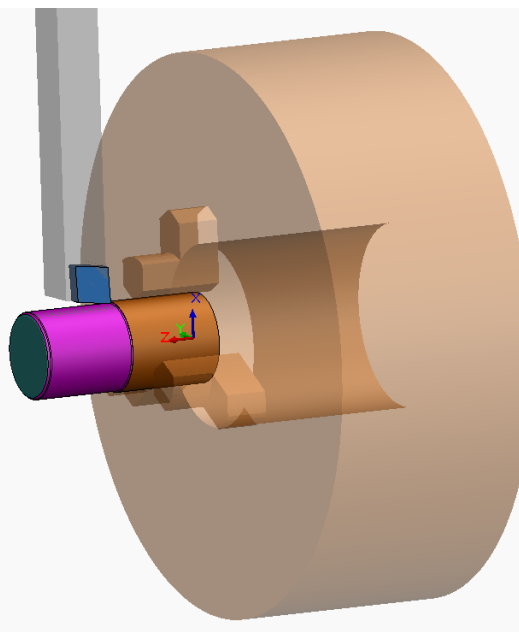
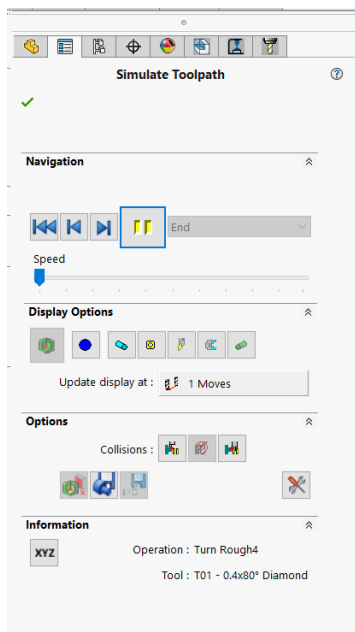
Інструмент	Вибір з каталогу	Ціна в грн																														
Токарний верстат	Верстат токарний універсальний по металу SPA-500P  Технічні характеристики верстата SPA-500P <table><tr><td colspan="2">Основні показники - SPA-500P</td></tr><tr><td>Напруга живлення</td><td>400 В</td></tr><tr><td>Споживана потужність</td><td>370 Вт</td></tr><tr><td>Довжина обробки</td><td>500 мм</td></tr><tr><td>Діаметр обробки над станиною / суппортом</td><td>200/115 мм</td></tr><tr><td>Внутрішній отвір шпинделя</td><td>20 мм</td></tr><tr><td>Конус шпинделя</td><td>Мк III</td></tr><tr><td>Конус пінолі</td><td>Мк II</td></tr><tr><td>Хід пінолі</td><td>45 мм</td></tr><tr><td>Коробка передач</td><td>да</td></tr><tr><td>Діапазон регулювання обертів</td><td>140-1710 об/хв (6 ст)</td></tr><tr><td>Метрична різьба</td><td>0,4-3 мм (11 ст)</td></tr><tr><td>Автоматична подача поздовжня</td><td>0,05-0,2 мм/об (4 ст)</td></tr><tr><td>Розміри</td><td>1160x560x420 мм</td></tr><tr><td>Вага</td><td>130 кг</td></tr></table> Таблиця точності та допусків настільних міні токарних верстатів SPA-500P (значення в мм)  Ціна: 117 925 грн. • Безготівкова оплата по рахунку • Відправка Новою Поштою по Україні.	Основні показники - SPA-500P		Напруга живлення	400 В	Споживана потужність	370 Вт	Довжина обробки	500 мм	Діаметр обробки над станиною / суппортом	200/115 мм	Внутрішній отвір шпинделя	20 мм	Конус шпинделя	Мк III	Конус пінолі	Мк II	Хід пінолі	45 мм	Коробка передач	да	Діапазон регулювання обертів	140-1710 об/хв (6 ст)	Метрична різьба	0,4-3 мм (11 ст)	Автоматична подача поздовжня	0,05-0,2 мм/об (4 ст)	Розміри	1160x560x420 мм	Вага	130 кг	117 925
Основні показники - SPA-500P																																
Напруга живлення	400 В																															
Споживана потужність	370 Вт																															
Довжина обробки	500 мм																															
Діаметр обробки над станиною / суппортом	200/115 мм																															
Внутрішній отвір шпинделя	20 мм																															
Конус шпинделя	Мк III																															
Конус пінолі	Мк II																															
Хід пінолі	45 мм																															
Коробка передач	да																															
Діапазон регулювання обертів	140-1710 об/хв (6 ст)																															
Метрична різьба	0,4-3 мм (11 ст)																															
Автоматична подача поздовжня	0,05-0,2 мм/об (4 ст)																															
Розміри	1160x560x420 мм																															
Вага	130 кг																															
Штангенциркуль	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-150 0,01 IP-54 (калібрування ISO 17025) Мікротех®  Код товару: 141083112 В наявності Виробник: МІКРОТЕХ Характеристики <table><tr><td>Тип</td><td>ШЦЦ (цифровий)</td></tr><tr><td>Діапазон виміру</td><td>0-150 мм</td></tr><tr><td>Ціна поділки</td><td>0,01 мм</td></tr><tr><td>Похибка</td><td>±0,020</td></tr></table> Опис Штангенциркуль з цифровим відліковим пристроєм типу ШЦЦ-I-150-0,01 з дискретністю 0,01 мм випускається харківським МІКРОТЕХ згідно СТП МК 22.02.001 МТУ і підходить для зовнішніх, внутрішніх вимірювань і вимірювань глибини в діапазоні 0-150 мм. Дані цифрові штангенциркулі внесені в Ціна з ПДВ: 3 175,20 грн - 1 + КУПИТИ	Тип	ШЦЦ (цифровий)	Діапазон виміру	0-150 мм	Ціна поділки	0,01 мм	Похибка	±0,020	3 175																						
Тип	ШЦЦ (цифровий)																															
Діапазон виміру	0-150 мм																															
Ціна поділки	0,01 мм																															
Похибка	±0,020																															
Індикатор	Індикатор важільно-зубчастий ИРБ 0,8 0,01 (IS)  Код товару: 19135 В наявності Виробник: ІНСТРУМЕНТ СЕРВІС Характеристики <table><tr><td>Тип</td><td>ИРБ</td></tr><tr><td>Діапазон виміру</td><td>0-0,8 мм</td></tr><tr><td>Ціна поділки</td><td>0,01 мм</td></tr></table> Опис Посилення, Н - 0,1-0,4 Щуп, мм - 16,5 Індикатор важільно-зубчастий багатооборотний типу ИРБ призначений для абсолютних і відносних вимірювань лінійних розмірів, контролю відхилень від заданої геометричної форми і взаємного розташування поверхонь. Застосовуються як в Ціна з ПДВ: 1 974,00 грн - 1 + КУПИТИ	Тип	ИРБ	Діапазон виміру	0-0,8 мм	Ціна поділки	0,01 мм	1974																								
Тип	ИРБ																															
Діапазон виміру	0-0,8 мм																															
Ціна поділки	0,01 мм																															
Стійка	Стійка гнучка на магнітній основі MC-29 (IS)  Код товару: 13210 В наявності Виробник: ІНСТРУМЕНТ СЕРВІС Опис Стійка гнучка MC-29 призначена для установки на ній вимірювальних головок з ціною поділки 0,01 мм і більше. Закріплена головка може займати необхідне положення без переміщення стійки. Магнітна основа дозволяє встановлювати стійку на похилих і вертикальних площинах без додаткового кріплення. Читати відгуки Ціна з ПДВ: 1 353,60 грн - 1 + КУПИТИ	1 353																														

3.6. Написання управлячих програм

Технологічний процес реалізовано в CAD-системі SolidWorksCAM у відповідності до загальних рекомендацій, наданих в [12,13,14].



					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.7. Розрахунок собівартості

1. Заготовка ціна(з урахуванням доставки) – 6 295 грн.

2. Вартість різального інструменту – 24 472 грн.

3. Вартість верстату - 117 925 грн.

4. Вартість вимірювальних пристроїв – 6 502 грн.

5. Вартість роботи – 7 000 грн.

Загальна сума – 162 194 грн.

Собівартість однієї деталі 811 грн.

3.8. Висновок

У результаті проведення технологічних розрахунків було розроблено маршрут обробки деталі «Вал кріплення» для серійної партії в кількості 200 штук. За підсумками:

1. Загальна вартість виготовлення партії склала 162 194 грн. До неї входять витрати на заготовки, інструмент, оснастку, контрольно-вимірювальні прилади та оплату праці персоналу.

2. Середній час виготовлення однієї деталі становить 4 хвилини, що свідчить про добре організований та ефективний технологічний процес.

3. Маса готової деталі після обробки дорівнює 310 грам, що відповідає технічним вимогам і гарантує належну функціональність виробу.

Проектований технологічний процес є доцільним для серійного виробництва і має потенціал для подальшої автоматизації або оптимізації окремих операцій. Підібрані режими обробки та обґрунтовані витрати забезпечують оптимальне поєднання якості продукції, економічної ефективності та часу виготовлення.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення та нормативно-правова база

Охорона праці є невід'ємною та надзвичайно важливою складовою будь-якого сучасного інженерного проектування, особливо коли йдеться про розробку, виготовлення та експлуатацію складних вантажопідіймальних механізмів. Забезпечення безпечних умов праці, збереження життя та здоров'я працівників у процесі трудової діяльності є пріоритетним завданням, яке регулюється на державному рівні. Конституція України гарантує кожному громадянину право на належні, безпечні та здорові умови праці. Основним законодавчим актом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці» [18], який визначає базові принципи державної політики щодо безпеки на виробництві.

Проектований гідравлічний борт вантажного автомобіля є механізмом підвищеної небезпеки, експлуатація якого супроводжується взаємодією людини з гідравлічними, електричними та механічними системами. Щомісячне технічне обслуговування передбачає детальний огляд конструкції, мащення шарнірних з'єднань, перевірку затяжки болтових з'єднань з дотриманням відповідних моментів затягування. Щорічне технічне обслуговування включає більш глибоку діагностику: повну заміну гідравлічного мастила з подальшою екологічною утилізацією відпрацьованої рідини, перевірку та калібрування регулювання запобіжного клапана, дефектоскопію гідроциліндрів, насосного обладнання та комплексну перевірку електричної системи керування. Особлива увага на всіх етапах приділяється суворому контролю герметичності гідравлічних магістралей, оскільки навіть мікроскопічні витoki можуть свідчити про втому матеріалу. Крім того, перевіряється відсутність будь-яких механічних пошкоджень, тріщин або деформацій металоконструкції вантажної платформи та стовідсоткова справність усіх наявних запобіжних пристроїв.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Під час експлуатації гідравлічного борта категорично забороняється перевищувати номінально встановлену вантажопідйомність у 1500 кг. Перевантаження механізму призводить до виникнення критичних напружень у зварних швах, деформації паралелограмного механізму та може спричинити раптове руйнування конструкції [19]. Строго забороняється перебувати людям на платформі під час її руху, виконувати будь-які налагоджувальні чи ремонтні роботи при працюючій насосній станції гідросистеми або знаходитися під піднятою платформою без використання спеціальних жорстких інвентарних упорів, розрахованих на утримання маси платформи з максимальним вантажем.

Перед початком завантажувально-розвантажувальних робіт транспортний засіб необхідно в обов'язковому порядку встановити на рівному, твердому майданчику та надійно зафіксувати стоянковим гальмом. У зоні роботи гідроборта не повинно знаходитися сторонніх осіб, тварин, а також транспортних засобів, що не беруть участі у технологічному процесі.

Важливим санітарно-гігієнічним фактором безпеки є постійний контроль рівня шуму та вібрації, що створюються працюючим гідравлічним обладнанням (зокрема, шестеренним насосом та електродвигуном). Відповідно до вимог стандарту ГОСТ 12.1.003-83 [20], еквівалентний рівень шуму на робочих місцях оператора не повинен перевищувати встановлених гранично допустимих нормативів. Довготривалий вплив підвищеного рівня шуму призводить до зниження концентрації уваги, швидкої втомлюваності оператора та може стати причиною професійних захворювань органів слуху. Для ефективного зниження шумового забруднення застосовують спеціальні демпфуючі гумові елементи (віброопори), використовують високоякісні гідравлічні насоси з оптимізованим профілем зубчастого зачеплення та забезпечують своєчасне технічне обслуговування обладнання.

4.2. Ризики при роботі з гідравлічними системами та заходи їх мінімізації

Гідравлічний привод борта є складною енергетичною системою, де робоча рідина циркулює під високим тиском. Гідравлічна система працює в діапазоні тисків до 200

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

бар (20 МПа). Відповідно до закону Паскаля, цей тиск передається однаково в усі точки системи, що становить значну потенційну небезпеку при виникненні будь-яких відмов або порушень цілісності трубопроводів.

Основними специфічними ризиками є можливість раптових витоків гідравлічної рідини та неконтрольоване скидання робочого тиску. Найбільшу небезпеку становить пошкодження гнучкого рукава високого тиску. При появі мікротріщини в рукаві або нещільності у з'єднаннях, рідина під тиском 20 МПа викидається у вигляді тонкого струменя колосальної кінетичної енергії. Ця енергія настільки велика, що струмінь здатен легко пробити шкіряний покрив і проникнути глибоко в тканини тіла людини, подібно до хірургічного скальпеля. Таке так зване ін'єкційне поранення гідравлічною рідиною є надзвичайно небезпечним. Воно супроводжується миттєвим токсичним ураженням м'яких тканин, важким хімічним отруєнням, швидким розвитком некрозу і потребує негайного спеціалізованого медичного (часто хірургічного) втручання. У найважчих випадках зволікання може призвести до ампутації ураженої кінцівки або навіть летального наслідку [21].

Для комплексного запобігання та мінімізації ризиків витоків розробляються і впроваджуються жорсткі заходи технічного та організаційного характеру. З технічної точки зору, обслуговування гідравлічних рукавів проводиться із суворим дотриманням регламенту - не рідше одного разу на рік. Обов'язковій заміні підлягають елементи при виявленні найменших ознак старіння гуми, механічного стирання, мікротріщин, розшарування корду або здуття зовнішнього захисного покриття.

Під час проектування та монтажу системи суворо регламентуються радіуси вигину рукавів - не допускається перегин на кут більше 90°. Унеможлиблюється їх контакт із гострими кромками металоконструкцій рами автомобіля, а також розміщення поблизу джерел підвищеного теплового випромінювання (наприклад, елементів вихлопної системи двигуна), що може спричинити термічну деструкцію матеріалу рукава. Для забезпечення необхідного запасу надійності в проєкті використовуються рукави високого тиску армованого типу SAE 100R2AT. Вони мають чотириразовий запас міцності відносно максимального робочого тиску системи. Крім того, у

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

гідророзподільнику насосної станції встановлюється спеціальний запобіжний клапан непрямої дії, який прецизійно налаштовується на спрацювання при тиску не більше 110 % від максимально допустимого робочого значення. Це повністю виключає можливість розриву елементів системи при гідроударах або спробах підняти вантаж, що перевищує норму.

Додатковим і вкрай важливим заходом безпеки є регулярний, задокументований контроль герметичності всіх різьбових (фітингових) та фланцевих з'єднань гідроапаратури. Перевірка на наявність витоків повинна виконуватися виключно після повного скидання тиску в системі та з використанням безпечних методів - спеціальних індикаторних паперів, аерозолів або звичайних картонних пластин. Категорично забороняється намагатися визначити місце витoku навіпомацки, проводячи незахищеними руками по шлангах, що перебувають під тиском.

Небезпеку становить також сама вантажна платформа, що знаходиться у піднятому стані (особливо із вантажем) під час проведення технічного огляду. У разі раптового зниження тиску в магістралі (через пошкодження ущільнень гідроциліндра, руйнування РВТ чи відмову електромагнітного клапана) можливе стрімке неконтрольоване падіння платформи [19]. Тому перед початком будь-яких робіт у небезпечній зоні платформу необхідно опустити на землю або встановити під неї міцні жорсткі підпорки (козелки). Не допускається покладатися виключно на гідравлічні замки (гідрокеровані зворотні клапани), оскільки вони можуть мати приховані внутрішні дефекти.

4.3. Електробезпека при експлуатації та обслуговуванні

Електрична система гідравлічного борта інтегрована в загальну схему електрообладнання транспортного засобу і живиться від бортової акумуляторної батареї напругою 24 В постійного струму. Поширена хибна думка, що низька напруга є абсолютно безпечною для людини. Незважаючи на те, що напруга 24 В не здатна викликати смертельне ураження електричним струмом через тіло людини за нормальних умов, така система становить величезну потенційну небезпеку іншого характеру [22].

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основна загроза полягає у значних значеннях робочих та пускових струмів. У силовому колі електродвигуна насосної станції (потужністю 2-3 кВт) струми можуть сягати 150–200 А, а в режимі короткого замикання - перевищувати 1000 А. У разі короткого замикання або порушення ізоляції силових кабелів миттєво виникає потужна електрична дуга з температурою плазми в кілька тисяч градусів. Це призводить до катастрофічного нагрівання мідних провідників, розплавлення і займання ізоляції, сильних термічних опіків персоналу та неминучого загоряння горючих елементів конструкції автомобіля чи вантажу.

Для забезпечення електробезпеки необхідно суворо дотримуватися вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [22]. Перед початком будь-яких регламентних робіт, пов'язаних з електрообладнанням чи зварюванням на рамі автомобіля, систему необхідно повністю відключити від джерела живлення. Це здійснюється шляхом від'єднання мінусової клеми акумуляторної батареї або надійного вимкнення сертифікованого головного вимикача маси.

Усі роботи поблизу акумуляторного відсіку повинні виконуватися виключно із застосуванням справного, випробуваного інструменту з надійно ізольованими рукоятками. Забороняється класти металеві предмети (гайкові ключі, викрутки) на корпус батарей. Випадкове перемикання полюсних виводів акумулятора металевим предметом призводить до вибухоподібного розплавлення металу з розбризкуванням крапель розпеченої міді та свинцю в обличчя працівнику. Окрему хімічну та вибухову небезпеку становить процес утворення гримучого газу (суміші водню та кисню) під час заряджання свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Найменша іскра від нещільного контакту чи статичної електрики може спричинити об'ємний вибух акумулятора з розбризкуванням концентрованої сульфатної кислоти. Тому зона акумуляторів має бути добре вентильованою, а паління там суворо заборонено.

Для захисту електричних кіл від постійного впливу вібрації, тертя та агресивного середовища (солі, вода, мастила), силова кабельна проводка і тонкі проводи системи керування прокладаються у спеціальних полімерних гофрованих трубках (рукавах) стійких до ультрафіолету та перепадів температур. У місцях проходження кабельних

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

джгутів через металеві лонжерони чи елементи конструкції обов'язково встановлюються еластичні захисні гумові втулки, що запобігають перетиранню ізоляції. Усі комутації виконуються виключно за допомогою пресування обтискних наконечників із застосуванням термоусадкових трубок, що забезпечує герметичність і довговічність контакту [22].

Контроль опору ізоляції є критичним параметром електробезпеки. Вимірювання виконується спеціальним приладом - мегомметром на напругу 500 В. Отримане значення опору ізоляції між струмовідними жилами та металевим корпусом («масою») повинно бути не менше 0,5 МОм. Зниження цього показника свідчить про старіння діелектрика або потрапляння вологи і вимагає негайного ремонту.

Пульт керування гідробортом (як зовнішній, так і внутрішній) має стандартизований ступінь захисту оболонки IP65. Це означає повний захист мікроперемикачів та електронних плат від проникнення пилу та надійний захист від водяних струменів із будь-якого напрямку, що дозволяє безпечно мити автомобіль на мийках високого тиску та працювати в умовах інтенсивних атмосферних опадів.

4.4. Механічні небезпеки: кінематика, рухомі частини та запобігання защемленню

З точки зору механіки та кінематики, гідравлічний борт є джерелом підвищеної небезпеки через наявність масивних деталей, що переміщуються у просторі по складних траєкторіях. Основними джерелами механічних травм є масивна сталева (або алюмінієва) вантажна платформа, власна маса якої становить близько 162 кг, і яка переміщується вертикально на висоту до 1300 мм (від рівня землі до рівня підлоги фургона). Крім того, небезпеку становить система потужних сталевих важелів підйимального паралелограмного механізму та гідроциліндрів, що змінюють своє просторове положення. Між цими рухомими ланками під час їх відносного руху виникають так звані зони защемлення типу «ножиці», потрапляння до яких кінцівок або елементів одягу людини неминуче призводить до тяжких травм розтrocення чи ампутації.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для нівелювання цих ризиків впроваджується концепція «безпечного дизайну» [19]. Конструктивно передбачається, що всі небезпечні шарнірні вузли, зони змикання важелів і напрямні закриваються спеціальними захисними пластиковими або металевими кожухами (гофрами). Ці огороження фізично виключають можливість випадкового дотику працівника до зон защемлення під час робочого циклу.

В основі алгоритму безпечного керування лежить застосування кнопок типу «мертвої руки» (dead man's switch). Це означає, що електромагнітні клапани та насос отримують живлення і дозволяють рух платформи виключно протягом того часу, поки оператор фізично з постійним зусиллям утримує натиснутою відповідну кнопку на пульті. Якщо оператор послизнувся, втратив свідомість, злякався або просто прибрав руку - ланцюг живлення миттєво розривається, і платформа завмирає на місці. Ця функція є найдієвішим захистом від неконтрольованих рухів механізму [21]. Додатковим резервним елементом безпеки на кожному пульті є грибоподібна аварійна кнопка «Стоп» яскраво-червоного кольору на жовтому тлі. Натискання цієї кнопки з фіксацією забезпечує екстрене повне знеструмлення всієї системи керування.

Процес вантажно-розвантажувальних операцій вимагає суворої просторової дисципліни. Оператор зобов'язаний стати в безпечній зоні збоку від платформи, маючи безперешкодний огляд усієї робочої площі. Вантаж (наприклад, палети) повинен бути рівномірно розподілений по площі платформи, щоб центр мас знаходився якомога ближче до кореневої частини борту (ближче до автомобіля) — це зменшує згинальні моменти в конструкції. Поверхня самої платформи виготовляється із застосуванням спеціального рифленого профілю (чечевичного типу) або покривається абразивними протиковзкими матеріалами. Це критично важливо у зимовий період або під час дощу.

4.5. Пожежна та вибухова безпека: термодинаміка процесу

Хоча гідравлічні системи не асоціюються в суспільній свідомості з високою пожежною небезпекою так, як паливні системи, вони приховують значні ризики. В якості робочого тіла в системі застосовується гідравлічна олива класу HVLP 46 (або її аналоги). Це нафтопродукт, який є горючою рідиною [23]. Фізико-хімічні властивості такої оливи: температура спалаху у відкритому тиглі становить приблизно 145–160 °С,

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

а температура самозаймання перевищує 200 °С. Об'єм робочої рідини в системі стандартного борта становить від 10 до 15 літрів, що становить значне пожежне навантаження.

Головна пожежна небезпека виникає не у стані спокою рідини, а в момент аварійного розриву магістралі під тиском 200 бар. У цьому випадку мастило викидається назовні через мікроотвір у вигляді дрібнодисперсного аерозольного туману. Такий аерозоль має гігантську сумарну площу контакту з киснем повітря, перетворюючись на ідеальну горючу суміш. Якщо ця хмара аерозолі потрапить на розпечений колектор двигуна автомобіля, гальмівні барабани після інтенсивного гальмування або контактуватиме з електричною іскрою (від реле насосної станції або стартера) — відбувається об'ємний спалах із подальшим інтенсивним горінням.

Заходи щодо попередження пожеж базуються на нормах НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [23]. Компонівка силового агрегату (гідростанції) розрахована так, щоб він розміщувався у вентильованому ящику, на безпечній відстані від джерел нагрівання. Усі струмовідні кабелі мають подвійну вогнестійку ізоляцію, що не підтримує горіння (маркування "нг").

На транспортному засобі в обов'язковому порядку і в легкодоступному місці монтується вогнегасник. Для гасіння нафтопродуктів та електроустановок найкраще підходять порошкові вогнегасники із зарядом не менше 5 кг (типу ВП-5) або вуглекислотні (типу ВВК-3,5). Працівник повинен знати принцип дії вогнегасника (висмикнути чеку, направити розтруб на основу полум'я, натиснути важіль) і пам'ятати, що застосування води для гасіння гідравлічного мастила суворо заборонено, оскільки це призведе до спінювання рідини, розбризкування палаючого мастила та збільшення площі пожежі.

Особлива увага на виробництві і в автопарку приділяється поведженню з відходами - промасленим ганчір'ям. Під впливом кисню повітря мастило, розподілене тонким шаром на волокнах бавовняної тканини, починає інтенсивно окислюватися з виділенням тепла. В умовах поганого тепловідводу (коли ганчірки збиті в купу) температура всередині швидко зростає, що неминуче призводить до теплового самозаймання [23].

					<i>МА21.11.000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Саме тому такі матеріали щозміни збираються в спеціальні металеві контейнери з кришками.

4.6. Організація робочого місця, ергономіка та культура виробництва

Робоче місце оператора гідроборта не є стаціонарним - воно переміщується разом із транспортним засобом. Проте вимоги до організації робочого простору залишаються суворими. Раціональна просторова організація безпосередньо впливає на зниження рівня виробничого травматизму.

Перед початком розвантаження водій-оператор зобов'язаний оцінити топографію місцевості. Майданчик повинен мати тверде асфальтобетонне або якісне ґрунтове покриття. Максимально допустимий поперечний або поздовжній ухил не повинен перевищувати 3 кутових градусів. Значні ухили не лише ускладнюють рух гідравлічних візків (рокл) з вантажем, але й змінюють вектор розподілу маси автомобіля, створюючи ризик його перекидання при піднятті важкої палети.

Простір навколо автомобіля (не менше 2-3 метрів у всі боки від розкладеної платформи) має бути повністю вільним. Це так звана «буферна зона», необхідна для маневрування вилкових навантажувачів та шляхів відходу оператора в разі падіння вантажу. У разі роботи на проїжджій частині, узбіччі або у жвавих складських хабах, робоча зона в обов'язковому порядку позначається сигнальними пластиковими конусами зі світловідбиваючими смугами. У темний час доби освітленість робочого майданчика за допомогою стаціонарних світильників автомобіля або складських прожекторів повинна бути не меншою за 50 лк.

Під час проведення ремонтних робіт на базі (в гаражі) застосовується система 5S, що передбачає сортування, дотримання порядку, утримання в чистоті, стандартизацію та вдосконалення. Роботи під днищем вантажівки виконуються лише з використанням оглядових канав або естакад.

4.7. Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)

Засоби індивідуального захисту є останнім, але критично важливим бар'єром між тілом працівника та небезпечними виробничими факторами. Відповідно до чинних

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

норм [24], персонал забезпечується комплектом спецодягу та спецвзуття за рахунок роботодавця.

Основним елементом є захисне робоче взуття (черевики або чоботи). Згідно з європейським стандартом ДСТУ EN ISO 20345:2016 [24], для роботи з вантажами потрібне взуття класу захисту не нижче S2. Воно обов'язково оснащується жорстким металевим або легким полікарбонатним підноском (ковпачком), здатним витримати енергію удару в 200 Дж і статичне стискання зусиллям у 15 кН. Це рятує пальці ніг від розчавлення при наїзді колеса завантаженої рокли (яка разом із вантажем важить понад 1000 кг). Подошва такого взуття виготовляється з двошарового поліуретану: вона є стійкою до впливу агресивних мастил, антистатичною і має глибокий протектор проти ковзання на сталевій платформі.

Руки оператора під час роботи з ланцюгами, стропами, бортами фургона і дерев'яними піддонами піддаються високому ризику отримання саден, порізів і скалок. Для їх захисту застосовуються щільні рукавиці з нітриловим покриттям, яке забезпечує високу механічну міцність і відмінне зчеплення з поверхнями, відштовхуючи при цьому бруд та мастило. Очі працівника при ремонтних роботах і продуванні деталей стисненим повітрям захищаються полікарбонатними окулярами закритого типу, що стійкі до подряпин і не пітніють завдяки спеціальному антифог-покриттю. Окрім цього, для ідентифікації працівника в умовах поганої видимості обов'язковим є носіння сигнального жилета яскраво-оранжевого або лимонного кольору (клас видимості 2) зі світлоповертальними смугами.

4.8. Система інструктажів, навчання та атестація персоналу

Безпека праці не обмежується лише технічними засобами; вирішальним фактором залишається людський - рівень підготовки персоналу, його обізнаність і психологічна готовність до дій у нештатних ситуаціях. Організація процесу навчання на підприємстві регламентується НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [25].

Система підготовки передбачає строгу ієрархію інструктажів:

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. Вступний інструктаж. Проводиться інженером з охорони праці у спеціально обладнаному кабінеті з усіма новоприйнятими працівниками перед оформленням наказу. Охоплює загальне законодавство, структуру підприємства, правила внутрішнього розпорядку, базові поняття гігієни праці та пожежної безпеки.
2. Первинний інструктаж на робочому місці. Виконується безпосереднім керівником (механіком або начальником гаража) безпосередньо біля автомобіля з гідробортом. Керівник демонструє будову конкретної моделі обладнання, розташування органів керування, вчить правильно оцінювати безпечну зону, показує місця змащування та навчає прийомам безпечного підняття вантажів. Завершується інструктаж практичною перевіркою (стажуванням), що триває від 2 до 15 змін залежно від досвіду працівника.
3. Повторний інструктаж. Оскільки гідравлічний борт є механізмом підвищеної небезпеки, повторний інструктаж проводиться з періодичністю не рідше одного разу на 3-6 місяців (залежно від внутрішніх наказів). Його мета - освіжити знання, проаналізувати останні інциденти у галузі та попередити зниження пильності працівника внаслідок рутинності роботи.
4. Позаплановий інструктаж. Організовується за потреби: у разі кардинальної зміни конструкції борта (наприклад, після капітального ремонту з заміною гідросистеми), ухвалення нових державних нормативних актів, після перерви в роботі понад 30 днів для робіт підвищеної небезпеки, або, що найважливіше, - після настання нещасного випадку на підприємстві або у спорідненій галузі.
5. Цільовий інструктаж. Здійснюється перед виконанням специфічних робіт, які не входять до прямих обов'язків працівника (наприклад, участь оператора у вантажно-розвантажувальних роботах із застосуванням автокрана або очищення території бази від снігу).

Кожен проведений інструктаж в обов'язковому порядку оформлюється документально - шляхом внесення записів до «Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці». Журнал має бути прошитий, пронумерований і скріплений печаткою. Запис містить дату, тему інструктажу та скріплюється особистими підписами особи, яку інструктували, і особи, яка проводила інструктаж. Юридично саме цей підпис засвідчує факт допуску працівника до самостійного виконання робіт та бере на нього відповідальність за дотримання засвоєних правил.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.9. Висновки до розділу

У розділі здійснено глибокий та всебічний теоретико-практичний аналіз питань охорони праці, пов'язаних із процесами розробки, технічного обслуговування та повсякденної експлуатації гідравлічного борта вантажного автомобіля. Ідентифіковано та класифіковано весь спектр небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

У сфері гідравлічної безпеки обґрунтовано небезпеку впливу рідини під високим тиском (до 200 бар) і визначено необхідність застосування РВТ з високим запасом міцності, клапанної апаратури та проведення регулярних оглядів. У контексті електробезпеки проаналізовано ризики виникнення великих струмів (понад 150 А), запропоновано методи ізоляційного захисту бортової мережі 24 В та алгоритми знеструмлення при ремонтах.

Для захисту від механічних травм у зонах дії підйимального паралелограма обґрунтовано обов'язкове використання систем керування типу «мертва рука», аварійних вимикачів, встановлення захисних кожухів на рухомі елементи конструкції та застосування міцних механічних підпорок при сервісному обслуговуванні. Детально опрацьовано організаційні заходи: вимоги до площини і освітлення робочих майданчиків, порядок поводження з пожежонебезпечними матеріалами (гідравлічна олива HVLP 46), номенклатуру засобів індивідуального захисту (захисне взуття класу S2, окуляри, рукавиці) та алгоритми проведення інструктажів.

Запропонований комплекс інженерно-технічних рішень та організаційних регламентів повністю відповідає нормативним вимогам Закону України «Про охорону праці», директивам стандарту ДСТУ EN 1756-1:2015 та спеціалізованим НПАОП. Суворе дотримання викладених вимог гарантує створення безпечного виробничого середовища, мінімізацію ризиків аварійних ситуацій та повне збереження життя і здоров'я обслуговуючого персоналу.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У ході роботи над дипломним проєктом було проаналізовано інформацію щодо гідравлічних бортів, а саме: їх призначення, конструктивні особливості, класифікацію, а також переваги та недоліки існуючих видів (консольних, колонних та висувних) на ринку. Опираючись на проведений аналіз, було обрано консольний тип гідроборта з паралелограмним підймальним механізмом та його максимальну вантажопідйомність – 1500 кг.

Спроектовано кінематичну та принципову гідравлічну схеми. Проведено гідравлічний розрахунок, за допомогою якого визначено зусилля, необхідні діаметри поршня та штока гідроциліндрів, робочий тиск і витрату рідини. Реалізовано підбір гідравлічної насосної станції та елементів управління (розподільника, клапанів), а також проведено розрахунки навантажень і міцності конструкції.

Для того щоб виготовити деталь «Вал кріплення», було розроблено маршрутний технологічний процес. Описано всі етапи: вибір заготовки з прокату, послідовність оброблення поверхонь на токарному верстаті, підбір різального інструменту та оснащення. Написано управляючі програми для верстата з ЧПК (за допомогою CAD-системи) та проведено розрахунок собівартості виготовлення партії деталей.

Проаналізовано можливі ризики, що можуть виникнути під час роботи з гідравлічною платформою (зокрема вплив рідини під високим тиском). Розписано вимоги щодо електробезпеки, запобігання механічним небезпекам (защемленню), пожежної безпеки, а також розглянуто питання ергономіки робочого місця, забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) та системи навчання персоналу. Спроектований гідравлічний борт консольного типу буде ефективним і гнучким у керуванні, надійним у роботі, а також відповідатиме сучасним стандартам безпеки під час експлуатації.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 1756-1:2015. Підйомні платформи для транспортних засобів. Платформи хвостового ліфта для вантажних транспортних засобів. Частина 1. Вимоги до безпеки. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2015. — 48 с.
2. URL: https://hydromarket.com.ua/ua/p2228096032-gidrobot-1000-24v.html?srsId=AfmBOooJ_IW1k4IeOMQ8V9AkV4XvsAwdpptW8EHjrxL7jITAlR_AHYrM5
3. URL: <https://rikort.ua/gidrobot/>
4. Palfinger AG. Technical Manual for Tail Lifts Series TL/TailPro. — Bergheim, 2022. — 145 p.
5. Dhollandia NV. Product Catalogue. Tail Lift Solutions. — Moorsele, 2023. — 80 p.
6. URL: https://prom.ua/p2086479695-machtovyj-podemnik-tsepnym.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gad_campaignid=20983226771&gbraid=0AAAAADBxJSXTacl1TBs7tXOgNN-8rPyyz&gclid=Cj0KCQjwio_RBhDMARIsAJPveNNrNfVEjem14cXT2Pi7BkvC0bH_oRG8y2c5vf4DiehCxLQ8uTZozXSsaAmZMEALw_wcB
7. URL: https://hydrolider.com.ua/ua/p1548324290-gidrobot-vydvizhnoj-anteo.html?srsId=AfmBOooWeUo8jCboXvj76nO4vx5E2kYvhlYBx3rFTYwTwVp_QZ_3loLOg
8. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. – 835 с.
9. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино- та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005.-710с.
- 10.Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.
- 11.Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.
- 12.Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т. : Крок, 2014. - 131 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 126-128. - 300 прим. - ISBN 978-617-692-168-4
- 13.Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Л. Міранцов [и др.] ; Донбаська державна машинобудівна академія (Краматорськ). - Краматорськ : ДДМА, 2012. - 151 с. - Бібліогр.: с. 125. - ISBN 978-966-379-549-2

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

14. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення [Текст] : навч. посіб. для студентів ВНЗ напрямів підгот. 050502- "Інженерна механіка" та 050503 - "Машинобудування" / Ю. М. Кузнєцов [та ін.]. - Київ ; Кременчук ; Севастополь : Точка, 2014. - 499 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 487-492. - ISBN 978-617-669-149-5
15. URL: <https://ptk.in.ua/catalog.php> – верстат
16. URL: <https://instrumentservis.ua/> - вимірювальний інструмент
17. URL: <https://www.ewequipment.co.uk/> - різальний інструмент
18. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII.
19. ДСТУ EN 1756-1:2015. Борти підіймальні. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Борти підіймальні для вантажних автомобілів (EN 1756-1:2001+A1:2008, IDT).
20. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (ДСТУ ГОСТ 12.1.003:2006).
21. НПАОП 0.00-1.71-13. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.
22. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
23. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
24. ДСТУ EN ISO 20345:2016. Засоби індивідуального захисту. Взуття безпечне (EN ISO 20345:2011, IDT; ISO 20345:2011, IDT).
25. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
26. Прикладна гідромеханіка, гідравліка та приводи мехатронних систем: Метод. вказівки до викон. розрахунково-графічної роботи / Уклад.: Н.В.Семінська, О.С. Галецький, Д.В. Костюк. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 84 с.
27. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування об'ємних гідроприводів» для студентів з фаху «Гідравлічні і пневматичні машини» / уклад. В. К. Буслов ; відп. ред. О. М. Яхно. — Київ : НТУУ «КПІ», 2008. — 80 с.
28. ДСТУ ISO 6020-1:2004. Гідроприводи об'ємні. Приєднувальні розміри для гідроциліндрів з одnobічним штоком на номінальний тиск 16 МПа (160 бар). Частина 1. Середня серія (ISO 6020-1:1998, IDT). – Чинний від 2006-04-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2005. – 32 с.
29. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика : підручник / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський [та ін.] ; за ред. В. О. Федорця. – Київ: Вища школа, 1995. – 463 с.
30. Bergvall R. Sandwich design of a lift plate for tail lift platforms for cargo trucks : Master thesis. – Linköping, 2015. – 39 p.

					МА21.11.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		