

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Установка для занурювання залізобетонних
паль масою до 5 т та довжиною до 12 м

Виконав: здобувач IV курсу першого
(бакалаврського) рівня, групи 301-пММ,
спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Луговий В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Коробко Б.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Заливадний П.Я.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

**Установка для занурювання залізобетонних паль
масою до 5 т та довжиною до 12 м**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.301-пММ.020-00.00.000 КРБ - ЛУ

Розробив здобувач групи 301-пММ

 Вячеслав ЛУГОВИЙ
« 11 » 06 2026 р.

Керівник
д.т.н., професор

 Богдан КОРОБКО
« 19 » 06 2026 р.

Консультант з технологічної частини
к.т.н., доцент

 Іван РОГОЗІН
« 19 » 06 2026 р.

Технологічний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 19 » 06 2026 р.

Нормативний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 19 » 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 19 » 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н., доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

Перв. примен.		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
		1						
		2			Документація загальна			
		3						
		4			Вперше розроблена			
		5						
Справ. №		6	A4	ГММ.301-пММ.020-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1		
		7	A4	ГММ.301-пММ.020-00.00.000А	Анотація	2		
		8	A1	ГММ.301-пММ.020-00.00.000МК	Копер мобільний.			
		9			Монтажне креслення	1		
		10	A1	ГММ.301-пММ.020-00.00.000ВЗ	Копер мобільний.			
		11			Вигляд загальний	1		
		12	A4	ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	79		
		13						
		14			Документація по			
		15			складальних одиницях			
		16						
		17			Вперше розроблена			
		18						
	Подп. и дата		19	A4	ГММ.301-пММ.020-02.00.000	Ледідка двохбарабанна	3	
		20	A1	ГММ.301-пММ.020-02.00.000СК	Ледідка двохбарабанна	1		
		21			Складальне креслення			
		22	A4	ГММ.301-пММ.020-06.00.000	Стріла	1		
Взам. инв. №		23	A1	ГММ.301-пММ.020-06.00.000СК	Стріла	1		
		24			Складальне креслення			
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ГММ.301-пММ.020-00.00.000ВР		
	Разраб.	Луговий			11.06	Установка для зануривання залізобетонних паль масою до 5 т та довжиною до 12 м Відомість кваліфікаційної роботи		
	Пров.	Коробко			13.06			
	Н.контр.	Васильєв			19.06	Лит.	Лист	Листов
	Утв.	Орисенко			19.06	Н	1	2
						НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

Копировал

Формат A4

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. листів	№ екз.	Примітка
1	A4	ГММ.301-пММ.020-02.07.000	Барабан	1		
2	A2	ГММ.301-пММ.020-02.07.000СК	Барабан. Складальне			
3			креслення	1		
4						
5			<u>Документація по</u>			
6			<u>кресленнях деталей</u>			
7						
8			Вперше розроблена			
9						
10	A3	ГММ.301-пММ.020-02.00.011	Вал	1		
11	A3	ГММ.301-пММ.020-02.00.012	Колесо зубчасте	1		
12						
13			<u>Документація технологічна</u>			
14						
15			Вперше розроблена			
16						
17	A1	ГММ.301-пММ.020-00.00.000ТП	Технологічний процес			
18			виготовлення вала	1		
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Інв. № дієст.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Підп. і дата	ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ВР					Лист
										2
					Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	

Копіював

Формат А4

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних
технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія Галузевого машинобудування та мехатроніки

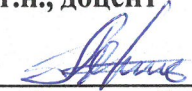
Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки,
к.т.н., доцент

 Олександр ОРИСЕНКО
« 03 » 03 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Луговому Вячеславу Вадимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: Установка для занурювання
залізобетонних паль масою до 5 т та довжиною до 12 м

керівник роботи (проекту) Коробко Богдан Олегович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» березня 2026 року
№ 273-ф, а.

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи бакалавра:
«19» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра: Технічні характеристики та
інформаційні матеріали копер пневмоколісний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити): Зміст. Вступ. 1 Огляд способів та обладнання для занурення
залізобетонних паль. 2 Опис конструкції мобільного копра. 3 Розрахунок основних
параметрів. 4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала. Висновки.
Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Копер
мобільний. Вигляд загальний (A1), Копер мобільний. Монтажне креслення (A1),
Лебідка двохбарабанна. Складальне креслення (A1), Стріла. Складальне креслення
(A1), Барабан. Складальне креслення (A2), Деталювання (A2), Технологічний
процес виготовлення вала (A1)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Рогозін І.А., доцент	 15.04.26	 19.06.26

7. Дата видачі завдання «03» березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Обґрунтування теми бакалаврської роботи. Актуальність роботи. Огляд способів та обладнання для занурювання залізобетонних паль.	01.04.2026 р.	
2	Опис конструктивних особливостей запропонованих технічних рішень установки для занурювання залізобетонних паль.	15.04.2026 р.	
3	Підбір вузлів та розробка схеми розташування обладнання.	01.05.2026 р.	
4	Розрахунок працездатності установки для занурювання залізобетонних паль.	20.05.2026 р.	
5	Технологічна частина.	01.06.2026 р.	
6	Висновки. Список літератури.	05.06.2026 р.	
7	Оформлення креслень.	10.06.2026 р.	
8	Компонування пояснювальної записки.	18.06.2026 р.	
9	Здача готової кваліфікаційної роботи.	19.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти  **Вячеслав ЛУГОВИЙ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  **Богдан КОРОБКО**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми  **Олексій ВАСИЛЬЄВ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

В.В.Луговий. Установка для занурювання залізобетонних паль масою до 5 т та довжиною до 12 м. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» зі спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”, – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена питанням створення обладнання для для занурювання залізобетонних паль на різних ґрунтах довжиною до 12 м.

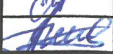
В результаті проведеного огляду існуючих конструкцій копрових установок, з визначенням їх недоліків і переваг були запропоновані подальші напрями для удосконалення. Запропонована схема незалежного приводу і керування пневмоколісного ходового пристрою дозволяє підвищити прохідність та маневреність машини.

Наведений вигляд загальний мобільного копра запропонованої конструкції, описаний принцип його дії. Виконані розрахунки основних параметрів, визначені параметри складових частин та вузлів. Виконані розрахунки на міцність елементів приводу та конструкцій.

Представлені складальні креслення вузлів запропонованої установки, а також розроблені робочі креслення основних деталей.

Технологічна частина проекту демонструє володіння методикою визначення параметрів технологічного процесу виготовлення деталі вал.

Ключові слова: занурювання паль, залізобетонна паля, копер, мобільна установка, фундамент, маневреність машини.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 А			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Анотація	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Луговий			11.06		Н		2
Перев.	Коробко			13.06				
Н. контр.	Васильєв			19.06				
Затв.	Орисенко			19.06				
						НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

Annotation

V.V. Lugovyi. Installation for driving reinforced concrete piles weighing up to 5 tons and up to 12 m long. – Manuscript.

Qualification work for obtaining the educational and qualification level “bachelor” in specialty 133 “Industrial mechanical engineering”, – National University “Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk”, Poltava, 2026.

Qualification work is devoted to the issues of creating equipment for driving reinforced concrete piles on various soils up to 12 m long.

As a result of the review of existing designs of pile driving installations, with the identification of their shortcomings and advantages, further directions for improvement were proposed. The proposed scheme of independent drive and control of the pneumatic wheeled running device allows to increase the cross-country ability and maneuverability of the machine.

The general view of the mobile pile driving machine of the proposed design is given, the principle of its operation is described. Calculations of the main parameters have been performed, parameters of components and assemblies have been determined. Calculations of the strength of drive elements and structures have been performed.

Assembly drawings of the assemblies of the proposed installation are presented, as well as working drawings of the main parts have been developed.

The technological part of the project demonstrates mastery of the methodology for determining the parameters of the technological process for manufacturing shaft parts.

Keywords: pile driving, reinforced concrete pile, copper, mobile installation, foundation, machine maneuverability.

					ГММ.301-нММ.020-00.00.000 А	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		2

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Установка для занурювання залізобетонних
паль масою до 5 т та довжиною до 12 м**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра**

ГММ.301-пММ.020-00.00.000ПЗ

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ.....	4
1 Огляд способів та обладнання для занурення залізобетонних паль.....	6
1.1 Обладнання та способи для занурення паль у ґрунт	6
1.1.1 Копри і копрове обладнання.....	7
1.1.2 Пальові молоти.....	11
1.1.3 Віброванурення.....	15
1.2 Огляд типів паль.....	19
2 Опис конструкції мобільного копра.....	22
3 Розрахунок основних параметрів.....	33
3.1 Розрахунок механізму підйому.....	33
3.2 Розрахунок механізму повороту колеса.....	36
3.3 Розрахунок механізму підйому секції.....	37
3.4 Розрахунок гідравлічної системи мобільного копра.....	39
3.4.1 Опис роботи гідравлічної системи копра.....	39
3.4.2.Розрахунок і вибір гідравлічних двигунів.....	42
3.4.2.1.Гідроциліндри керування лебідки.....	43
3.4.2.2.Гідроциліндр підйому щогли.....	44
3.4.2.3.Гідроциліндр підйому секції.....	45
3.4.2.4.Гідроциліндр опори щогли.....	45
3.4.2.5. Гідроциліндри аутригерів.....	45
3.4.2.6.Розрахунок і вибір гідромотора приводу лебідки.....	46
3.4.2.7.Розрахунок і вибір гідромотора ходу.....	47
3.4.3.Визначення витрат гідродвигунів і вибір насоса.....	48
3.4.3.1. Визначення витрати гідроциліндра керування лебідки.....	49

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Зміст		
Розроб.	Лугобий		<i>Л.В.У.</i>	11.06			
Перев.	Коробка		<i>С.В.К.</i>	19.06			
Н. контр.	Васильєв		<i>В.В.В.</i>	19.06			
Затв.	Орисенко		<i>О.В.О.</i>	19.06			
					Літ.	Лист	Листів
					Н	2	2
					НУПІ, ННІІТР		
					301-пММ, 2026 р.		

3.4.3.2. Визначення витрати гідроциліндра повороту колес...	49
3.4.3.3. Визначення витрати гідроциліндра підйому щогли...	50
3.4.3.4. Визначення витрати гідроциліндра підйому секції....	50
3.4.3.5. Визначення витрати гідроциліндрів опор щогли.....	51
3.4.3.6. Визначення витрати гідроциліндрів аутригерів.....	51
3.4.3.7. Визначення витрати гідромотора лебідки.....	51
3.4.3.8. Визначення витрати гідромоторів ходу.....	52
3.4.3.9. Вибір насоса.....	52
3.4.4.Вибір трубопроводів і гідроустаткування.....	53
3.3.4.1.Вибір трубопороводів.....	53
3.3.4.2. Вибір гідроустаткування.....	55
3.3.4.3. Вибір гідробака.....	56
3.4.5.Тепловий розрахунок.....	56
3.4.6. Привідний двигун.....	59
4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала.....	61
4.1 Вибір матеріалу.....	61
4.2 Вибір заготовки.....	62
4.3 Попередня обробка заготовок.....	62
4.4 Вибір баз.....	63
4.5 Призначення припусків на обробку	63
4.6 Технологічна схема процесу	65
4.7 Визначення проміжних припусків і проміжних розмірів при обробці по- верхні вала діаметром (Ø70).....	68
4.8 Вибір обладнання, пристосувань та інструмента.....	69
4.9 Визначення режимів різання.....	70
Висновки.....	73
Список літератури.....	74
Додаток – Маршрутно-операційна карта виготовлення деталі «вал».....	76

Вступ

У сучасних умовах будівництва вибір та застосування високоефективної й економічної будівельної техніки є нагальним завданням будівельника. Зумовлено це тим, що на ринку пропонується велика кількість різноманітних будівельних машин і обладнання для виконання тих чи інших технологічних процесів. Виходячи з цього, при розробленні нової машини необхідно використовувати ідею системного підходу до розгляду будови машини, її особливостей, техніко-економічних показників, умов використання та основ експлуатації. За таким системним принципом розглядається і структурна схема самої будівельної машини.

Машини й обладнання для будівництва дають можливість у багато разів підвищити продуктивність праці порівняно з продуктивністю при ручних роботах, скоротити терміни, знизити вартість будівництва. Але у сучасному будівництві актуальним є підвищення продуктивності машин і зниження трудомісткості робіт. Є декілька шляхів підвищення продуктивності будівельних машин. Перший – на етапі конструювання конструктор повинен врахувати усі сучасні здобутки науки та поради будівельників, які будуть експлуатувати. Другий – підвищення продуктивності машин, поліпшення умов праці й зниження собівартості будівельних робіт значною мірою залежить від організації їх експлуатації. Разом ці два шляхи ведуть до створення сучасної будівельної техніки.

Основними показниками загального процесу механізованих будівельних робіт є продуктивність праці на одну людину за зміну та вартість одиниці продукції. Непрямим показником є механоозброєність робітника (у кіловатах) і кількість основних машин, що припадають на робітника.

Кожному виду робіт відповідає один чи кілька технологічних процесів.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Луговий		ЛВШ	11.06			
Перев.	Коробко		К	19.06			
Н. контр.	Васильєв		с.в.	19.06			
Затв.	Орисенко		О	19.06			
					Вступ		
					Літ.	Лист	Листів
					Н	4	2
					НУПІ, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

Процеси складаються з окремих операцій, які діють одночасно (неперервні процеси) або виконуються в певній послідовності, утворюючи цикли, що повторюються (циклічні процеси). Так, бетонні роботи складаються з операцій завантаження складових бетону (цементу, щебеню, гравію, води) у бетонозмішувач, перемішування суміші, розвантаження готової бетонної суміші у транспортні засоби, транспортування, укладання й ущільнення її у споруді. Земляні роботи в загальному вигляді складаються з підготовки майданчика, розроблення певного об'єму ґрунту, переміщення його до місця укладання і за необхідності ущільнення його.

Якщо окремі операції процесу різноманітні за технологією, доцільно застосовувати для них різні машини, що утворюють комплект. Ця назва вказує, що машини повинні бути пов'язані за продуктивністю, щоб забезпечувати безперервний потік матеріалу без затримок і втрат, викликаних переходом його з машини на машину. Багато машин мають змінне робоче, силове чи ходове обладнання, що дозволяє виконувати різноманітні операції й процеси. Це розширює можливості їх застосування, знижує необхідність заміни іншими машинами у ході будівництва, забезпечує їх універсальність. Унаслідок цього скорочується номенклатура необхідних на будівництві машин, спрощується їх експлуатація, ремонт і постачання запасними частинами. У деяких машинах комплекти змінного робочого обладнання налічують десятки видів.

1 Огляд способів та обладнання для занурення залізобетонних паль

При спорудженні будівель різного призначення виникає потреба в проведенні спеціальних робіт. Для влаштування фундаментів проводяться пальові і шпунтові роботи. Для занурення паль і шпунта в ґрунт застосовують різні методи та численні типи і марки обладнання. Вивчаючи дану тему, необхідно освоїти умови застосування різних методів і навчитися підбирати устаткування з врахуванням ґрунтових умов, матеріалу і розмірів паль, умов роботи і розташування паль.

Призначення паль - устрій фундаментів будівель, опор мостів, естакад і т.д., зміцнення слабких ґрунтів, захист від дії ґрунтових вод і обвалення ґрунту.

1.1 Обладнання та способи для занурення паль у ґрунт

Палі занурюють у ґрунт прикладанням вертикального (рідше похилого) навантаження, або у поєднанні її з парою сил, що діють в перпендикулярній площині (гвинтові палі). У найбільш м'які глинисті і супіщані ґрунти текучої і текучопластичної консистенції забивні палі можливо занурювати вдавленням. Через велику матеріалоемність обладнання для вдавлення та обмеженості ґрунтовими умовами – можливістю працювати тільки в слабких ґрунтах, його низької продуктивності цей метод рідко застосовують у будівництві. Забивання паль – найшвидший і недорогий спосіб улаштування пальового поля.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Огляд способів та обладнання для занурення залізобетонних паль	Літ.	Лист	Листів
Разроб.	Луговий			11.06		Н		
Перев.	Коробко			14.06			6	16
Н. контр.	Васильєв			19.06		НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		
Затв.	Орисенко			19.06				

1.1.1 Копри і копрове обладнання

Копри служать для підйому і установки палі перед зануренням в необхідній точці пального поля і забезпечення їх спрямування при зануренні. Палі заводського виготовлення занурюють у ґрунт за допомогою копрів, що переміщаються по пальному полю на власному, зазвичай гусеничному, ходу. Робочий процес копра складається з його пересування до місця установки палі, її стропування, підтягування, установки на точку занурення по попередньо виконаної розмітці, вивірки правильності її положення, закріплення на палі наголовника, що оберігає її від руйнування при ударному зануренні, установку на палю занурювача, розстропування палі, її занурення з подальшою вивірянням напрямку, підйом занурювача і зняття з зануреної палі наголовка. Для пересування копра використовують власне ходове устаткування. Самохідні копрові установки представляють собою навісне та змінне копрове обладнання, змонтоване на гусеничних тракторах, екскаваторах і вантажних автомобілях. Такі установки мають енергетичну автономність, повною механізацією допоміжних операцій, достатньою мобільністю і маневреністю, високими техніко-економічними показниками.

Тракторні копрові установки використовують для занурення вертикальних і похилих палі довжиною до 16 м при зведенні фундаментів у великопанельному і каркасно-панельному будівництві, цегляних будинків цивільного і промислового призначення. Копрове обладнання навішується збоку або ззаду базової машини. Найбільше поширення в будівництві набули навісні копрові установки СП-49В і КО-16, що базуються на тракторах Т-130 класу 10. Копрове обладнання цих установок аналогічно по конструкції, має гідравлічний привід і навішується збоку базової машини. Воно призначене для підйому, пересування і утримування пальозанурювача на щоглі; підтягування, підйому і установки палі під пальозанурювача на точку забивання і в необхідне положення (похиле чи вертикальне),

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		7

висунення щогли з пальозанурювачем і піднятою палею; навішування пристроїв для скручування (зрізання) голів забитих паль. Технічні характеристики копрового обладнання на базі тракторів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики навісного і змінного копрового обладнання на базі тракторів і екскаваторів

	Індекс машини			
	на база тракторів		на базі екскаваторів	
	СП-49В	КО-16	Э-652Б, ЭО-4111В, ЭО-4112	305111Б, ЭО-5115
Продуктивність паль / змін	25	20	20	20
Висота, м:				
корисна	12	16	12	14
повна	19	23	18,6	21
Вантажопідйомність, т	11	16	10	15
Найбільша маса занурюваної палі, т	5	7,5	3	5
Робочі нахили щогли:				
назад	1:3	1:3	1:10	—
вперед	1:4	1:4	1:10	—
в сторони	1:8	1:8	1:10	—
Кут повороту щогли навколо вертикальної осі, град	—	—	360	360
Максимальна зміна вильоту щогли, м	0,4	0,4	1,4	—
Базова машина	Т-130М6Г1	Т-130БГ-1	—	—
Дизельний молот	СП-6Б; СП-76	СП-77; СП-78	СП-75	СП-6Б. СП-76
Маса, т:				
навісної частини	9,14	15,3	3,8	6,5
загальна	29,6	29,7	26,2	39,2

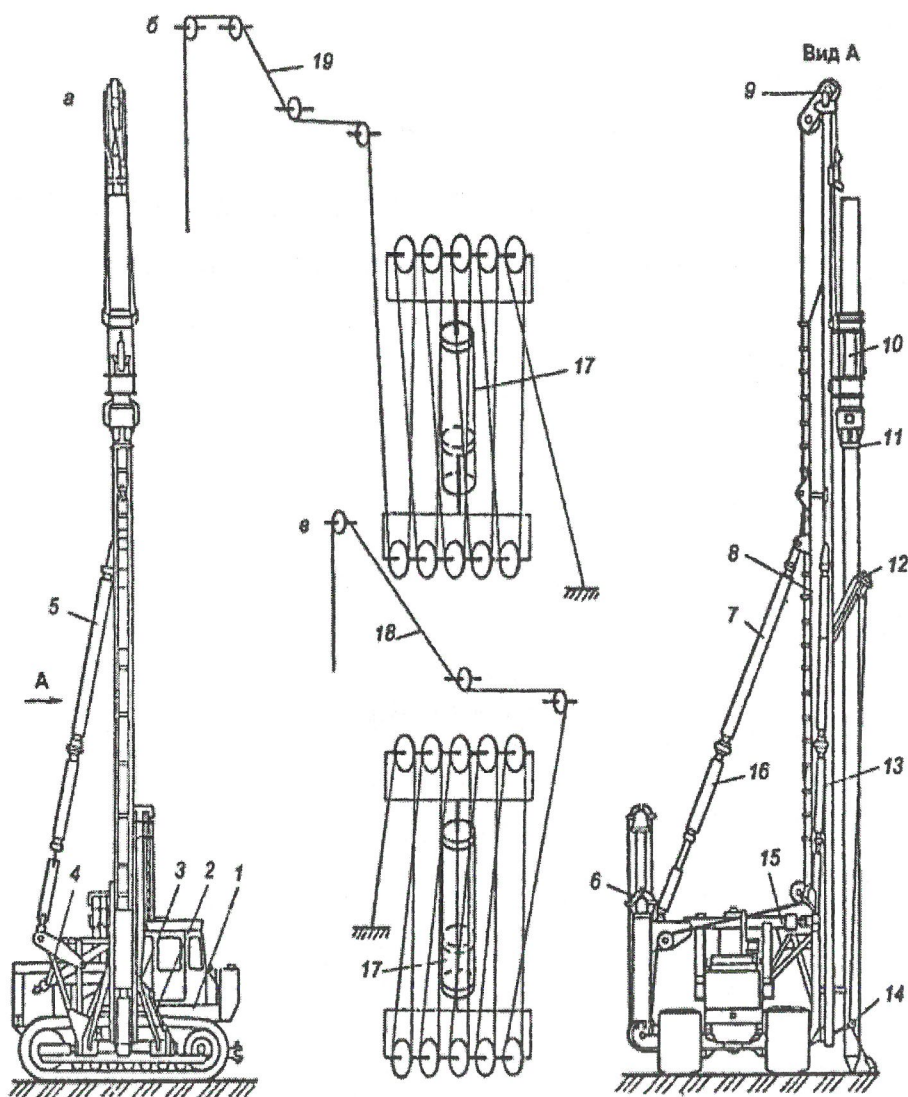
Копрова установка СП-49В зображена на рисунку 1.2 включає: базовий трактор 1, дизель-молот 10 з наголовником 11, несучу раму 4, рухливу раму 2, гідравлічні поліспасти 6 для підйому молота і палі, двосекційну щоглу 8 з оголовком 9 і направляючі для пальового молота, бічна 5 і задня 7 гідравлічні розтяжки, гідрообладнання 3, пальову стрілку 12 для установки паль під молот, упор 13, пристрій 14 для підтягування паль. Навісне обладнання з гідравлічним приводом забезпечує виконання наступних операцій: підтягування, підйом, установку на точку забивання і під молот палі, нахили щогли у двох взаємно перпендикулярних площинах, висунення щогли, підйом і опускання молота, опускання щогли в транспортний і підйом її в робочий стан. Гідрополіспасти для підйому молота рисунок 1.1, б і палі рисунок 1.1, в приводяться в дію гідроциліндрами 17 і забезпечують через десятикратну запасовку підйом палі канатом 18 і молота канатом 19.

Гідрополіспасти змонтовані на тракторі з боку, протилежного молоту, і виконують роль противаг, які надають копру стійкість. Для нахилів щогли в двох взаємно перпендикулярних площинах, установки її вертикально, незалежно від нерівностей і ухилів будівельного майданчика або котловану, а також переводу щогли з транспортного (горизонтального) положення в робоче і навпаки служать однакові по конструкції бокової 5 і задній 7 гідравлічні розтяжки, які складаються відповідно з гідроциліндрів 15, 16 і стійок.

Переміщення щогли в напрямку, перпендикулярно поздовжньої осі машини (на відстань до 0,4 м), здійснюється виносом рухомої рами 2 гідроциліндром 15, що дозволяє досить точно без додаткових маневрів базової машини наводити палю на точку забивання без порушення вертикальності щогли. На нижній секції щогли змонтовані висувна пальова стрілка 12 керована гідроциліндром, упор 13 для наведення палі на точку забивання і встановлені відвідні блоки каната підйому молота і палі. За допомогою стрілки із змінним вильотом заводять верхній кінець палі в наголовник молоту. Нижній кінець палі упором відштовхується від щогли, щоб надати палі вертикальне положення. При забиванні палі стрілка гід-

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		9

роциліндрів забирається в нішу щогли. Гідроциліндри копрового обладнання обслуговуються гідросистемою базової машини. Пульт управління копрових обладнанням знаходиться в кабіні машиніста.



1 – базовий трактор; 2 – рухома рама; 3 – гідрообладнання; 4 – несуча рама; 5 – бокова гідравлічна розтяжка; 6 – гідравлічний поліспаст; 7 – задня гідравлічна розтяжка; 8 – двохсекційна щогла; 9 – оголовок; 10 – дизель-молот; 11 – наголовник; 12 – пальова стрілка; 13 – упор; 14 – пристрій для підтягування палі; 15,16,17 – гідроциліндр; 18 – канат підйому палі; 19 – канат підйому молота

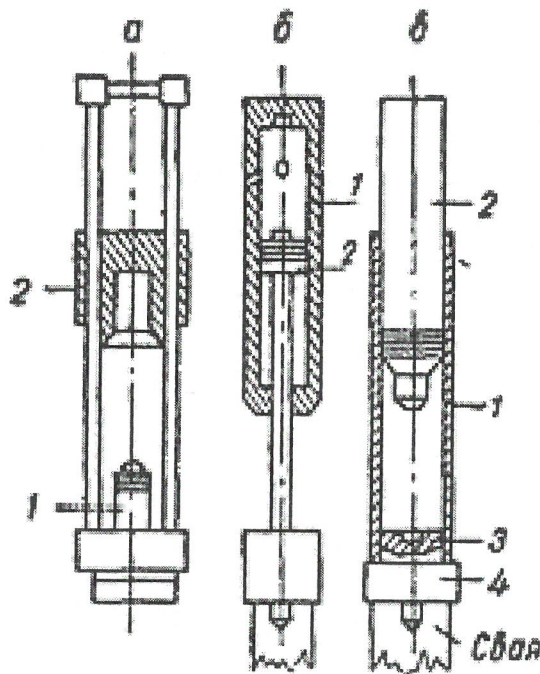
Рисунок 1.1 – Навісний копр СП-49В

1.1.2 Пальові молоти

Пальові молоти застосовують для забивання паль в ґрунт енергією удару. Пальовий молот включає в себе як обов'язкові частини ударник, (падаючу або ударну частину) і наковальню, або шабот (нерухому частину, жорстко з'єднану з головою палі). Крім того, до складу пальового молота входять пристрої для приводу (підйому) ударної частини та її напрями. Розрізняють механічні, пароповітряні, дизельні та гідравлічні пальові молоти. Механічний молот є найпростішим механізмом, що представляє собою металеву вилковку масою до 5 т. Вилковку піднімають уздовж щогли копра канатом підйомної лебідки, звідки її скидають на палю, від'єднуючи від каната спеціальним розціплюючим пристроєм або відключенням барабана лебідки від трансмісії. Через низьку продуктивність (4 ... 12 ударів за 1 хв.) механічні молоти застосовують в основному при незначних обсягах пальових робіт. Пароповітряний молот представляє собою пару циліндр-поршень. У молотах одиночної дії поршень через шток з'єднується з наголовником палі, а ударною частиною є циліндр направляється поршнем. Під дією стиснутого повітря або пари, що подається в поршневу порожнину циліндра від компресорного або паросилового обладнання, циліндр піднімається вгору, а після перекриття впускного трубопроводу та з'єднання поршневої порожнини з атмосферою циліндр падає, б'ючи по наголовнику палі. Керують впуском і випуском стисненого повітря (пари) вручну, напівавтоматично і автоматично. Молоти з автоматичним управлінням працюють з частотою ударів 40 ... 50 хв.

Дизель-молоти рисунок 1.2 працюють за принципом двотактного двигуна внутрішнього згоряння.

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист 11
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



а - двухштанговий; б - штоковий; в – трубчастий

Рисунок 1.2 – Дизельні молоти

Дизель-молоти бувають: штангові рисунок 1.3 а, ударною частиною яких є циліндр 2, який ковзає при підйомі по напрямних штанг 1; штокові рисунок 1.3 б з рухомим циліндром 1, ковзаючим по штоку з поршнем 2; трубчасті рисунок 1.3 в, у яких ударною частиною є важкий поршень 2, що переміщається у нерухомому трубчастому циліндрі 1. Підйом ударної частини молота досягається вибухом горючої суміші, після чого ударна частина 3 падає на п'яту 4 молота і головку палі.

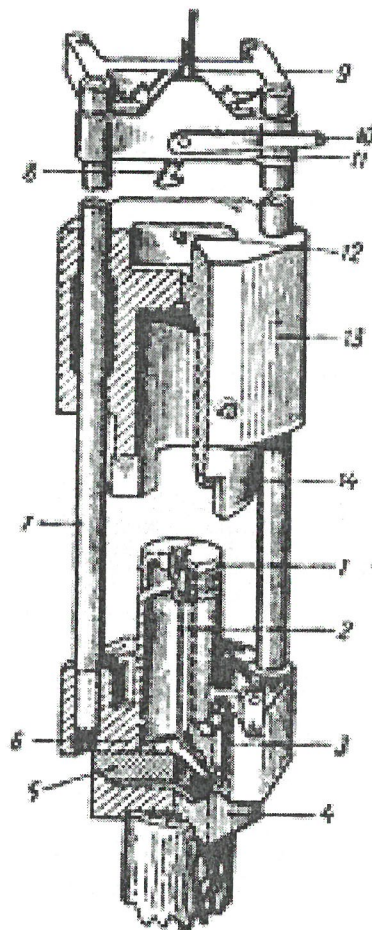
На рисунку 1.3 наведено двухштанговий дизель-молот 3-222. Дизель-молот підвішується до стріл копра, встановлюється на головку палі і закріплюється в стрілах; ударний циліндр 6 піднімається лебідкою вгору і пальцем 12 підвішується до гака 8 важеля 5. Ривком за мотузку, прив'язану до важеля 10, ударну частину звільняють. Падаючи на поршень 2, вона стискає повітря в циліндрі. Паливо через паливний насос 3 і форсунку потрапляє всередину циліндра і, стикаючись з нагрітим повітрям, згорає. Тиском газів циліндр підкидається вгору; досягнувши

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ

Лист

12



1 – штанга; 2 – поршень; 3 – паливний насос; 4 – наголовок; 5 – амортизатор; 6 – ударний циліндр; 7 – компресійні кільця; 8 – гак; 9 – підрамник; 10 – кронштейн; 11 – кішка; 12 – палець; 13 – ударна частина; 14 – труба направляюча;

Рисунок 1.3 Дизель-молот С-222

верхнього положення, знову падає на поршневий блок і вдаряє по голівці палі. Висота підйому ударної частини і число ударів регулюються зміною кількості палива, що впорскується.

При будівництві пальових основ під невеликі споруди застосовують бескопровий дизель-молот ДБ-45. Він призначений для забивання дерев'яних паль діаметром до 22 см і довжиною до 7 м, причому при наявності кран-балки і патрона молот працює без копра, а паля у вертикальному положенні утримується спеціальним пристосуванням ПУС-1.

Основними частинами трубчастого дизель-молота є:

- робочий циліндр, який слугує камерою згоряння палива і напрямним для руху поршня;
- направляючий циліндр;
- ударна частина – поршень;
- шабот;
- паливна система;
- механізм підйому молота або ударної частини та її автоматичного скидання при запуску молота – «кішка» .

Робочий циліндр на кінцях має фланці; верхнім з них він з'єднується з направляючою трубою, а нижнім за допомогою болтів - з підставкою шабота. У середній частині циліндра по колу розташовані всмоктувальні (вихлопні) вікна-трубки, через які при підйомі ударної частини спочатку видаляються відпрацьовані гази (продування), а потім надходить свіже повітря для горіння нової порції палива. По твірним тильної поверхні до циліндра кріпляться верхній і нижній захвати. З їх допомогою молот переміщається по стрілі копра. Молоти з повітряним охолодженням мають ребра охолодження, приварені до циліндра. Направляючий циліндр представляє собою трубу, зверху якої в транспортному положенні встановлена кришка, збоку приварено два гаки для підйому молота і паз для проходу важеля кішки при підйомі ударної частини. Поршень масивний сталевий фасонний циліндр з компресійними кільцями. Нижній кінець його закінчується сферою, що завдає удару по фігурній виточці шабота. У верхній частині поршня розточена порожнина для масла і канали для його розбризкування. Шабот призначений для сприйняття удару поршня і передачі занурюючого зусилля на палю або шпунт через наголовник. Він забезпечений двома парами чавунних півкілець, що оберігають його поверхню від стирання об робочий циліндр. Паливна система служить для подачі дизельного палива з бака кільцеподібної ємності, закріпленої на робочому циліндрі, в сферичну виїмку шабота. Насос - низького тиску, плунжерного типу; кріпиться до бокової поверхні робочого цилін-

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		14

дра. Подача палива регулюється голкою від нуля до максимальної і здійснюється автоматично при падінні поршня: скіс поршня тисне на приводний важіль і плунжер виштовхує порцію палива в циліндр.

Підйомно-скидний пристрій – кішка складається з корпусу з двома захопленнями, вушок для кріплення каната і важеля з відкидними кривошипками. Молот за допомогою кішки піднімають на висоту по стрілі копра і під нього встановлюють палю. За допомогою наголовника на палі жорстко кріплять шабот. Фіксатор поршня виймають і поршень важелем кішки приводять у крайнє верхнє положення. Перевіряють наявність масла в порожнині та здійснюють перші скидання ударної частини трубчастого молота без подачі палива з метою продування і видалення залишків оливи і палива з робочого циліндра. Далі кішкою знову піднімають поршень у верхнє положення. При надмірній подачі палива ударна частина молота може вилетіти з направляючого циліндра.

1.1.3 Віброзанурення

Також одним з поширених методів занурення паль у ґрунт є віброзанурення.

При вібраційному методі занурення палю занурюють за допомогою вібраційних машин. Суть методу полягає в тому, що при інтенсивній вібрації (амплітуда і частота коливань) долається опір тертя на бічній поверхні палі і лобовий опір, що виникає під вістрям палі, що дозволяє занурити палю на проектну глибину. Амплітуда коливань і маса вібросистеми повинні забезпечити руйнування структури ґрунту з необоротними деформаціями. Вібраційний спосіб застосовують в основному для занурення шпунта і паль-оболонки в нев'язкі водонасичені ґрунти.

Високочастотні підресорні віброзанурювачі застосовуються для занурення

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист 15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

дерев'яного шпунта, а також для неважких залізобетонних паль і сталевих труб. Важкі низькочастотні віброзанурювачі використовуються для занурення паль-оболонок і т. п. При виборі низькочастотних занурювачів (420 коливань на хв), що застосовуються при зануренні важких залізобетонних паль і оболонок діаметром 1000 мм і більше, потрібно, щоб число, що виражає момент ексцентриків в $\text{кг}^* \text{м}$, перевищувало число, що виражає масу вібросистеми, не менше ніж у 7 разів для легких ґрунтів і в 11 разів для середніх і важких ґрунтів. При вібраційному зануренні в глину або важкий суглинок під нижнім кінцем палі утворюється перем'ята глиниста подушка, яка викликає значне (до 40%) зниження несучої спроможності палі. Для усунення цього явища палю занурюють на останньому етапі довжиною 15 - 20 см ударним методом. Для занурення легких паль (масою до 3 т) і металевих шпунта в ґрунти, що не роблять великого лобового опору, застосовують високочастотні (1500 і більше коливань на хв) віброзанурювачі з підресорним привантаженням.

Вібраційний метод занурення паль в щільні маловологі ґрунти застосовується тільки при влаштуванні лідируючих свердловин. Вібраційне занурення паль-оболонок проводиться згідно з проектом з витяганням або без виймання ґрунту з порожнини палі. Для видалення ґрунту використовуються грейфери, віброгрейфери. Віброзанурювачі даного виду мають прохідний отвір, завдяки чому можна чергувати занурення та виймання ґрунту без зняття вібратора. При великій глибині занурення і недостатньою занурюючою здатністю вібромеханізму застосовується підмив ґрунту з подачею води під великим тиском. При зануренні паль-оболонок малого діаметра (до 1,2 м) застосовується центральний підмив з одною трубкою, встановленою усередині палі, а при більшому діаметрі - двома або кількома трубками, встановленими зовні. Внутрішній діаметр трубок приймається від

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		16

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика високочастотних віброзанурювачів типу ВПР з регульованими параметрами

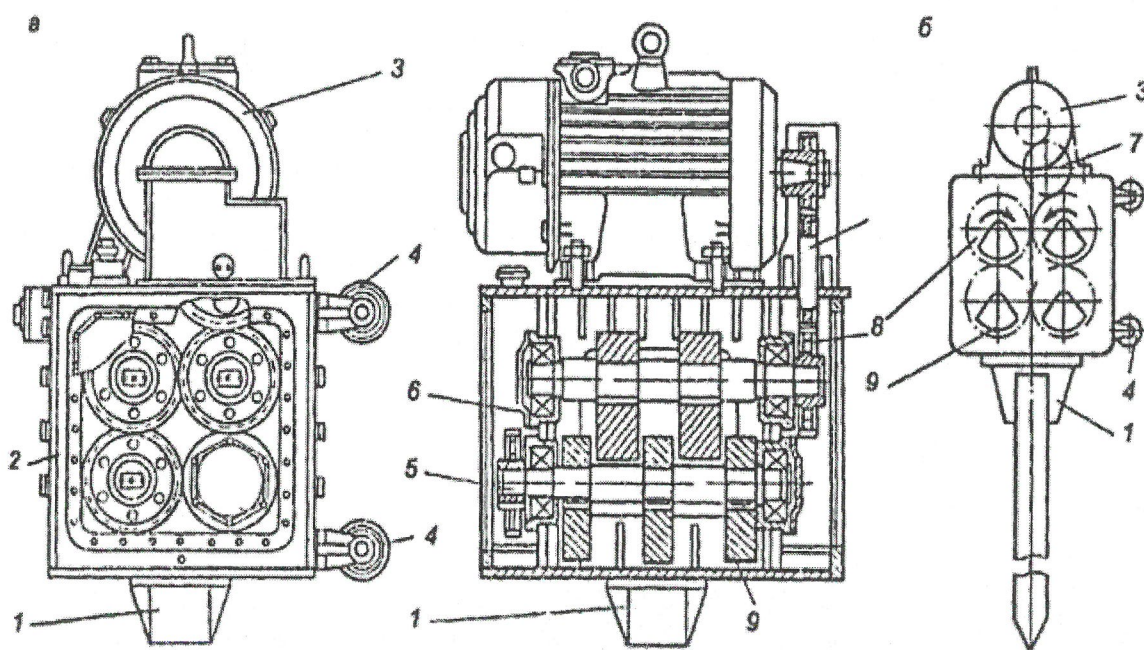
Показник	ВРП-15/60	ВРП-30/132	ВРП-70/200
Статичний момент дебалансів, т · см	0-15	0-30	23-70
Частота коливань, Гц	0-7,8	0-8,7	0-8,3
Максимальна примушуюча сила, кН	348	890	1900
Потужність електродвигуна, кВт	60	132	200
Амплітуда коливань (без палі), мм	0-30	0-40	18-50
Габаритні розміри, мм	1240x1000x204 0	1440x1440x2240	1700x1600x350 0
Загальна маса, кг	5000	7250	13000
Глибина занурення до, м	15	25	40

37 до 131 мм, тиск води - 0,4-2 МПа і більше. ґрунт разом з водою по затрубному простору виноситься на поверхню і відводиться в сторону.

Низькочастотні віброзанурювачі використовують для занурення в однорідні слабкі ґрунти масивних залізобетонних оболонок і паль довжиною до 12 м. Вони характеризуються значною амплітудою коливань, порівняно великими статичними моментами дебалансів, вимушуючою силою і загальною масою, малою частотою коливань. Конструкції низькочастотних віброзанурювачів досить різноманітні. Розглянемо як приклад пристрій і принцип дії низькочастотних віброзанурювачів типу ВП.

У віброзанурювачів ВП рисунок 1.2 вібробуджувач 2, приводний електродвигун 3 та наголовник 1 жорстко з'єднані між собою. У корпусі вібробуджу-

вача в сферичних підшипниках 6 обертаються кілька пар дебалансних валів 5 із дебалансами 9. Рух дебалансного вала, що обертається попарно в різні боки, передається від електродвигуна через проміжну шестерню 7 і систему синхронізуючих циліндричних шестерень 8, закріплених на валах. Для кріплення на стрілі копра корпус віброзанурювача забезпечений чотирма направляючими роликами 4. Кожен віброзанурювач комплектується пультом управління з пусковою і захисною апаратурою. Технічні характеристики низькочастотних віброзанурювачів наведено в таблиці 1.3.



а – вид загальний; б – принципова схема.

1 – наголовник; 2 – віброзбуджувача; 3 – електродвигун; 4 – направляючі ролики; 5 – дебалансний вал; 6 – підшипник; 7 – проміжна шестерня; 8 – система шестерень; 9 – дебаланс.

Рисунок 1.2 – Низькочастотний віброзбуджувача типу ВП

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ

Лист
18

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики низькочастотних віброзанурювачів

Найменування показників	Індекс машини				
	СП-42Б ВП-1	ВУ-1,6	В1-722	ВІМ-170	ВП-3М
Статичний момент дебалансу $T \cdot \text{см}$	9,3	34,5	50,0	22,4; 29,0	26,3
Частота коливань, Гц	7	8,25	7,9; 9,3	7,3; 9,3	6,8
Примусова сила, кН	250	958	1250; 1700	480; 620	440
Електродвигуни: потужність, кВт	60	150	200	120	100
кількість, шт.	1	2	1	2	1
Амплітуда коливань (без палі), мм	20	28	50	28; 36	36
Габаритні розміри, мм	1321x1290 x2778	3068x2618 x1930	1435x1800 x3400	2000x2000 x3420	1550x1410 x2130
Маса віброзанурю- вача , кг	4560	11700	15600	6000	7200

1.2 Огляд типів паль

Розглянемо типи паль, способи занурення їх у ґрунт та обладнання, яке використовується для цього, його переваги та недоліки.

Палі, що застосовуються в масовому будівництві (промислового, цивільного, житлового), у відповідності зі ДБН В.2.1-10:2018 розділені на наступні типи:

- палі забивні залізобетонні та дерев'яні;

- палі набивні бетонні та залізобетонні;
- палі-оболонки залізобетонні;
- палі гвинтові зі сталевим або залізобетонним стовбуром.

Зазначені типи паль можуть бути класифіковані за характером роботи в ґрунті, технологічним (спосіб виготовлення) та конструктивними ознаками і за розрахунковою схемою. За характером роботи в ґрунті розрізняють палі-стійки і висячі палі. До паль-стійок відносяться палі, що прорізають слабкі ґрунти і передають навантаження нижнім кінцем на практично нестискувані шари ґрунту. До висячих паль відносяться палі, що занурюються в стисливі ґрунти та передають навантаження на ґрунт бічною поверхнею і нижнім кінцем.

За способом виготовлення розрізняють палі забивні і набивні. Забивні палі виготовляють в заводських умовах і на полігонах; готові вироби доставляють на будівельний майданчик і занурюють на місці будівництва в заданих точках за допомогою молотів і вібровдавлюючих агрегатів. Набивні палі виготовляють безпосередньо на будівельному майданчику в заздалегідь підготовлених свердловинах. Набивні палі за способом виготовлення поділяють на такі види:

- буронабивні, виготовлені з попередніми бурінням свердловин під глинистим розчином або бурінням свердловин діаметром до 600 мм сухим способом (у необхідних випадках з обсадкою) з подальшою установкою в них інвентарних труб, які подають бетон безпосередньо у свердловину;
- буронабивні з розширеною п'ятою, виготовлені аналогічно попередньому виду паль, з пристроєм в нижній частині стовбура уширення, утвореного шляхом розбурювання свердловини спеціальним механізмом;
- набивні частотрамбувальні, виготовлені шляхом попереднього забивання інвентарних труб з черевиком, що залишаються в ґрунті, з подальшим заповненням цих труб бетонною сумішшю і її трамбуванням.

За конструктивними ознаками палі класифікуються за формою поперечного перерізу – квадратні, круглі, прямокутні, трикутні, трапецеїдальні, трубчасті, змінного поперечного перерізу (палі з профільованою бічною поверхнею і т. п.);

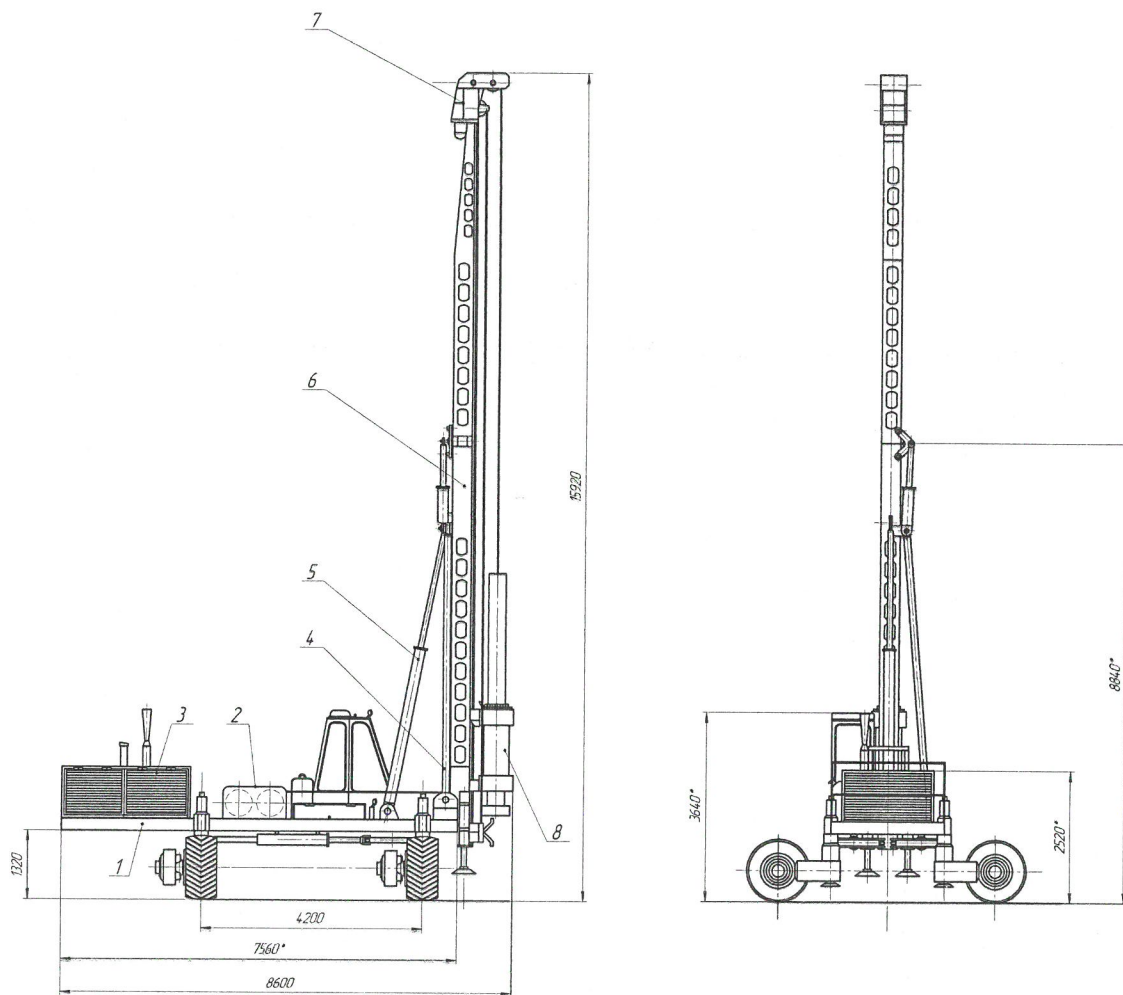
					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		20

по довжині – цілісні і складені (з окремих секцій); за матеріалом ствола – залізо-бетонні, бетонні, металеві, дерев'яні, ґрунтобетон, комбіновані (наприклад, ста-лева або азбестоцементною оболонкою, заповнена бетоном і т. п.), при цьому стовбур палі – суцільний чи порожнистий; за способом армування – з ненапру-жуваною поздовжньою арматурою, круглої або періодичного профілю, поперед-ньо напруженим стрижнем, дротяною або прядивою арматурою, з поперечним армуванням стовбура або без нього. Поздовжня робоча арматура в палі може бу-ти розташована по кутах або по периметру перерізу; палі можуть мати центра-льне армування одним попередньо напруженим стрижнем у центрі стовбура або пірамідальне – в голові стрижні розташовані по периметру перетину і сходяться в пучок у вістрі палі; по конструкції нижнього кінця – палі з гострим або тупим кінцем, із закритим чи відкритим нижнім кінцем (для порожнистих паль), з роз-ширенням в одному або в декількох рівнях. Розширення може бути утворено ро-збурюванням порожнини, витрамбовуванням важкими трамбівками, розкриттям спеціального наконечника (палі з променевидною п'ятою), вибухом.

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		21

2 Опис конструкції мобільного копра

Установка підвищеної маневреності для занурювання залізобетонних паль фундаментів у ґрунт, рисунок 2.1, призначена для забивання вертикальних залізобетонних паль довжиною до 12 м. Забивання паль проводиться дизель-молотом з масою ударної частини 1,8 т.



1 – шасі; 2 – лебідка двохбарабанна; 3 – силовий агрегат; 4 – щогла; 5 – гідроциліндр стріли; 6 – стріла; 7 – оголовок; 8 – молот; 9 – привод коліс; 10 – пневмоколесо; 11 – гідроциліндр повороту; 12 – механізм повороту

Рисунок 2.1 – Мобільна установка для занурювання залізобетонних паль.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Опис конструкції мобільного копра		
Розроб.	Луговий			11.06			
Перев.	Коробко			19.06	НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		
Н. контр.	Васильєв			19.06			
Затв.	Орисенко			19.06			

Установка підвищеної маневреності для занурювання залізобетонних паль фундаментів у ґрунт змонтована на пневмоколісній опорно-руховій частині та поворотній платформі кранового типу. Живлення електродвигунів і насосної станції копра здійснюється від дизель-електростанції або від зовнішньої мережі напругою 380В

Установка може проводити:

- підйом та опускання дизель-молота і палі;
- поворот на 360°;
- пересування із палею до місця установки;
- забивання палі.

Технічні дані

Вантажопідйомність, т,	10
Вантажопідйомність гакової підвіски для підйому сваї, т,	5
Виліт башти, м,	3,62±0,03
Установочний нахил башти, град,	
поздовжній	5
поперечний	5
Довжина занурюваної сваї, м,	12
Кут повороту поворотної частини, град,	360
Частота обертання поворотної частини, об/хв,	0,66±0,1
Швидкість підйому дизель-молоту і сваї, м/с,	0,17
Транспортна швидкість, м/с,	0,15±0,02
Максимальний ухил шляху, град,	10
Потужність дизель-електричної установки, кВт,	22
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм,	
довжина	5700±100
ширина	3200±20
висота	3700±50
Питомий тиск на ґрунт, кгс/см ² ,	1,08

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		23

На поворотній платформі розміщені:

- лебідка підйому молота;
- лебідка підйому сваї;
- лебідка стріли (монтажна);
- механізм повороту;
- насосна установка;
- дизель-електрична установка;
- опорна стійка;
- кабіна керування.

Всі механізми закриті капотом.

Ходова частина установки складається з центральної рами до якої на 4-х цапфах приєднані пневмоколеса. Ведучі колеса приводяться від механізму пересування.

Верхня площа центральної рами служить для установки опорно-поворотного пристрою

Проушини центральних балок поворотної платформи і щоки опорної стійки служать для кріплення стріли башти і розтяжки.

Щогла установки встановлюється на шарнірну вісь стріли і фіксується у вертикальному положенні за допомогою двох гідроциліндрів, закріплених у шарнірах поворотної платформи та шарнірі щогли.

Керування всіма робочими процесами виконується з кабіни.

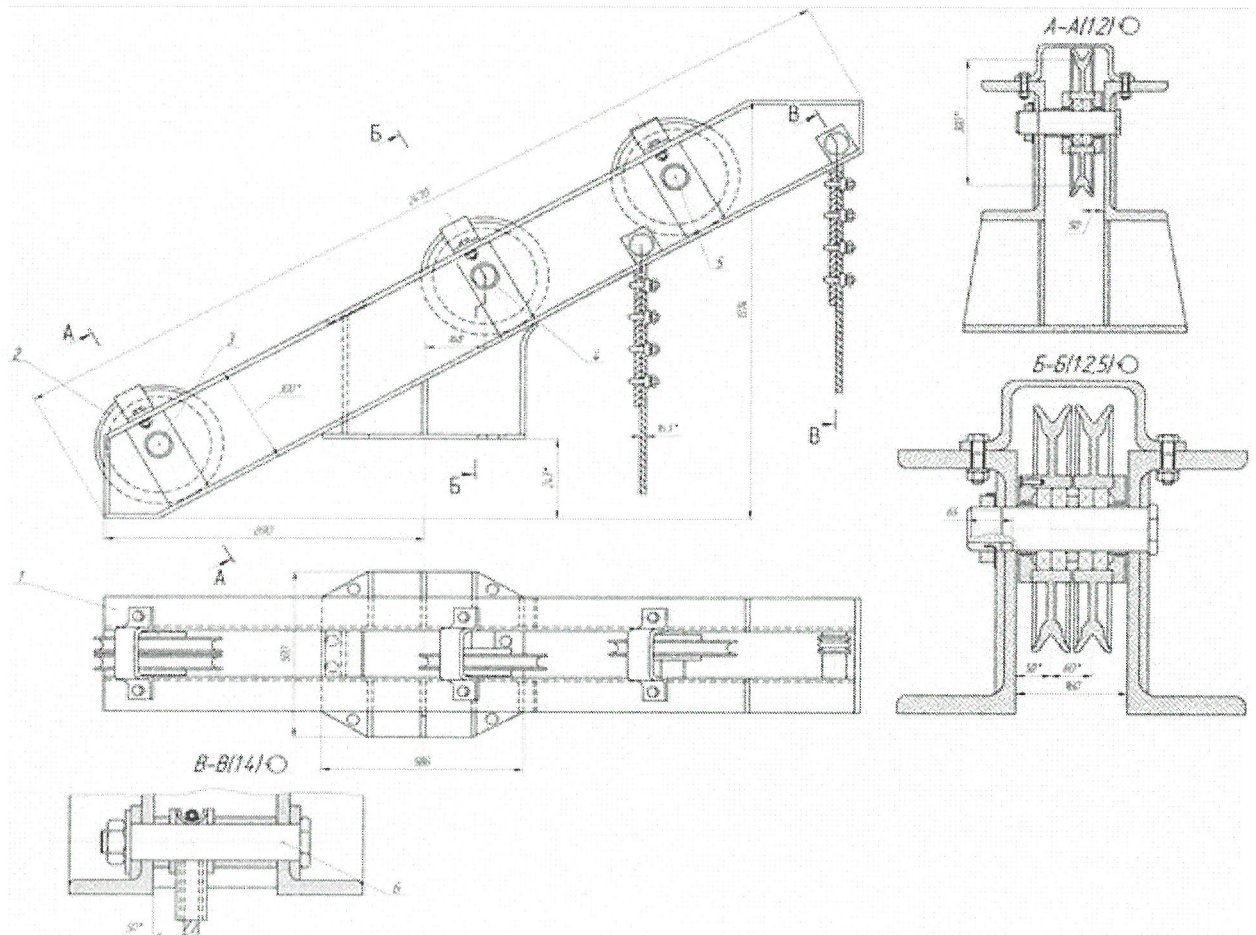
Для забивання палі необхідно виконати наступні операції:

- встановити копр відносно палі на відстані не більше 6 м;
- повернути платформу установки так, щоб поздовжня вісь платформи співпадала з точкою підйому палі;
- виконати стропування верхньої частини палі;
- встановити дизель-молот на висоті верхнього шарніру щогли та стріли;
- підняти та встановити верхню частину палі у наголовок дизель-молота;

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

- виконати спільний підйом молота та палі;
- встановити установку у місці забивання палі.

Оголовок стріли, рисунок 2.2, складається з рами 1, звареної із швелерів, блоків 2, встановлених на осях 3,4,5, та коушів 6, для підвішування гакових підвісок молота та палі. Оголовок щогли кріпиться на болтах до фланця у верхній секції щогли.



1 – рама; 2 – блок; 3,4,5,6 – вісь

Рисунок 2.2 – Оголовок стріли

Стріла, рисунок 2.3 виконана зварною конструкцією з поздовжніми кутиками для дизель-молота та кішки. Щогла складається з 7 секцій, які стикуються між собою фланцями і з'єднуються болтами. Верхня секція 1 має верхній фланець 2 для установки на нього оголовок щогли. До нижньої частини нижньої секції шарнірно кріпиться відкидна секція 3. При установці щогли у робоче по-

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

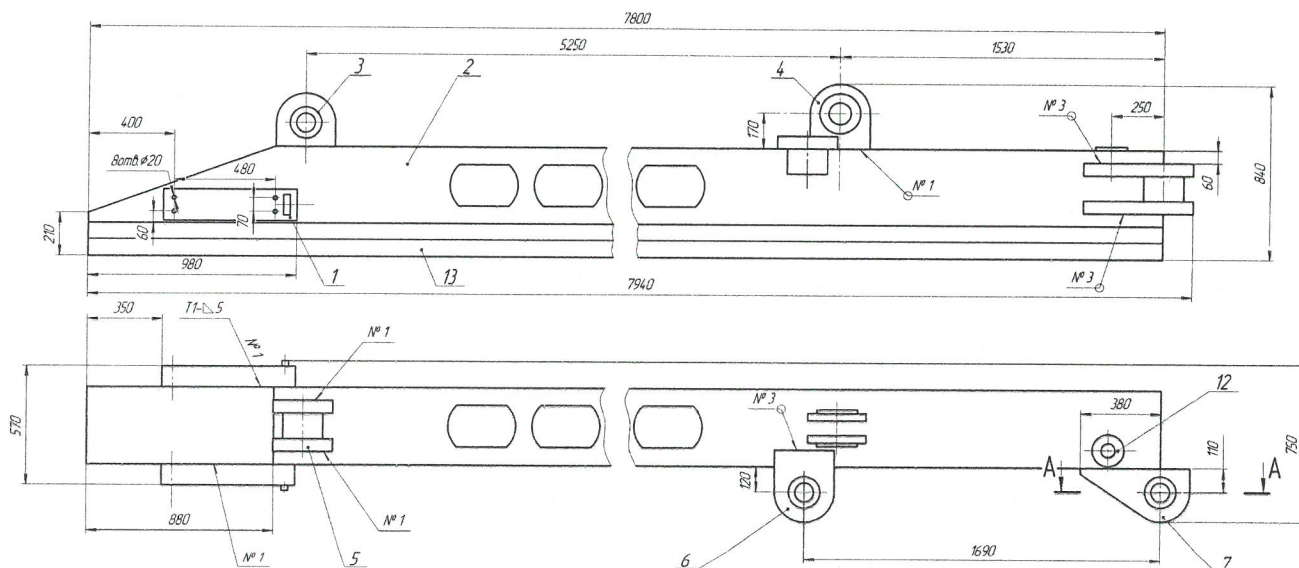
ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ

Лист

25

ложення відкидна секція кріпиться до нижньої секції щогли болтами.

На відстані 9950 мм від основи щогли в трубу уварена втулка для установки осі шарніра стріли. Для технічного обслуговування дизель-молота, а також періодичного огляду стану з'єднань, на щоглі встановлена драбина з огородженням 5.



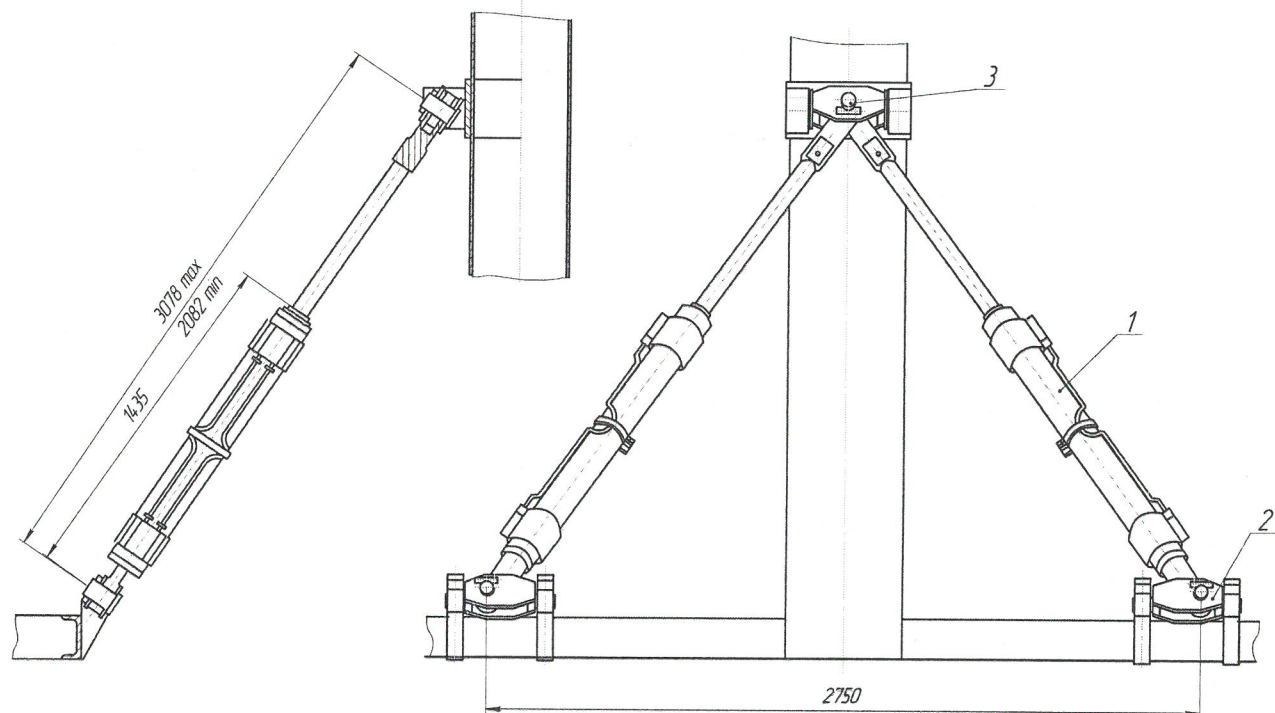
1 – кронштейн; 2 – боковина; 3 – проушина; 4 – проушина; 5 – верхня полоса; 6 – проушина; 7 – проушина

Рисунок 2.3 – Стріла

Розтяжка зварної конструкції виконана з швелерів. В верхній частині розтяжки проушинами встановлюється на вісь. Розтяжка при роботі установки фіксує жорстко кут нахилу стріли щогли. В нижній частині розтяжка має портал, який дозволяє встановити на вісі блоки. Вісі блоків кріпляться у втулках портала. Блоки розтяжки і блоки опорної стійки поворотної платформи утворюють поліспаст.

Портал розтяжки має проушини, які кріпляться до щік опорної стійки за допомогою пальців і гайок. За допомогою каната стрілової лебідки (монтажної), запасованого в поліспаст розтяжки, проводиться монтаж та демонтаж установки.

Установка гідроциліндрів, рисунок 2.4 призначена для установки щогли установки у вертикальне положення. Допустиме регулювання складає 5 градусів. Гідроциліндри 1 встановлюються в шарнірах 2 на поворотній платформі установки і загальному шарнірі 3 на щоглі установки. Керування гідроциліндрами проводиться гідророзподільником, встановленим у кабіні керування установки.



1 – гідроциліндр; 2 – шарнір; 3 – загальний шарнір

Рисунок 2.4 – Установка гідроциліндрів

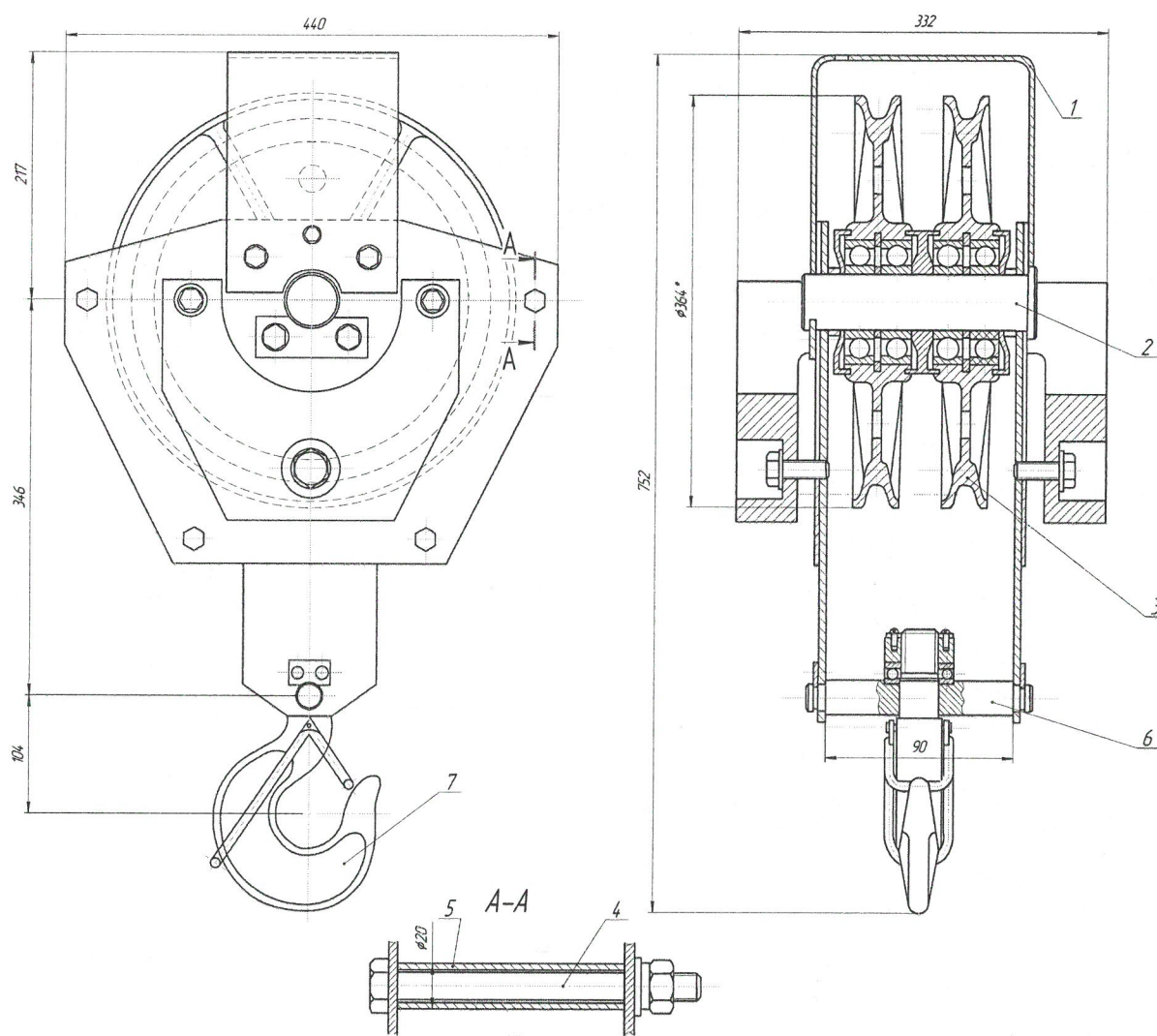
Гідрообладнання установки працює при тиску 80 кг/см^2 і складається з бака для мастила, шестеренчастого насоса НШ-32, гідро розподільника Р75-ПЗ, двох гідроциліндрів, трубопроводів і гнучких шлангів високого тиску.

Гакова підвіска, рисунок 2.5 призначена для підйому палі. Вона складається з двох щік 1, у верхній частині щік на осі 2 на кулькових підшипниках встановлені 2 блоки 3. Щоки з'єднані між собою шпильками 4 з розпірними втулками 5, які попереджають вихід вантажного канату із канавки блоку. У нижній частині щік закріплена траверса 6, в якій на упорному підшипнику встановлений гак 7.

Підвіска для підйому дизель-молота виконана аналогічно гакової підвіски

для підйому палі, але замість гаку на траверсі підвіски встановлена тяга для кріплення кішки дизель-молота.

Показник нахилу встановлюється на щоглі установки в зоні зручній для огляду з кабіни керування. Він має дві шкали з градусною сіткою в межах від 0° до $\pm 5^\circ$. Шкали розташовані у двох взаємно перпендикулярних площинах. Шкала 1 розташована на корпусі показника нахилу, нерухома. Рухома шкала 2, розташована над нерухомою шкалою, підвішена до корпусу показника нахилу на хрестоподібному шарнірі. Відхилення рухомої шкали відносно нерухомої шкали показує відхилення щогли у двох напрямках. Вертикальне положення щогли буде при співпаданні нульових відміток двох шкал.



1 – щока; 2 – вісь; 3 – блоки; 4 – шпилька; 5 – розпірна втулка; 6 – траверса; 7 – гак

Рисунок 2.5 – Гакова підвіска

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ

Лист
28

Всі роботи пов'язані з підйомом та опусканням палів та елементів копра виконуються за допомогою двохбарабанної лебідки, рисунок 2.6, яка дає можливість збільшити швидкість робіт та збільшити продуктивність самої установки.

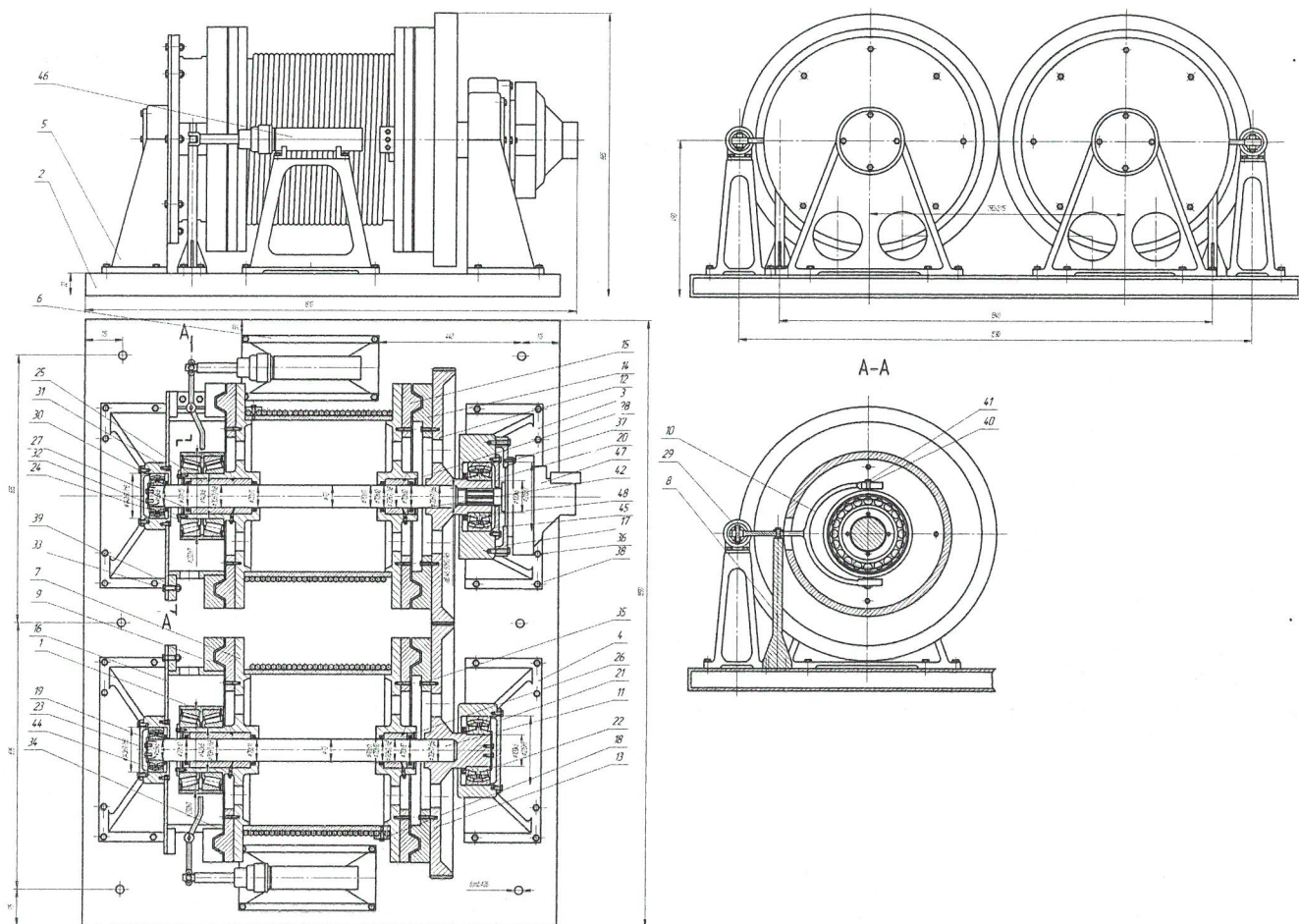


Рисунок 2.6 – Лебідка двохбарабанна

Лебідка складається з електродвигуна типу МТФ-311-6, редуктора РДЦ-400 і барабана. Вал барабана спирається на підшипник, один з яких встановлений у вихідний вал редуктора, а другий – в опору, закріплену на рамі. Обертання від редуктора передається барабану за допомогою зубчатої муфти. Лебідка має двохколодочне гальмо з електрогидравлічним штовхачем типу ТКТГ-300М. Для правильного укладання канату при роботі обмежувача висоти підйому мо-

лота, а також для запобігання спадання каната з барабану при відсутності його натягу, на вантажному барабані лебідки встановлений притискний ролик. Прижим ролика до поверхні барабану здійснюється за допомогою двох пружин.

Опорно-рухова частина з поворотною платформою складаються з двох основних вузлів: опорно-рухової частини та поворотної платформи. Опорно-рухова частина установки складається з центральної рами, до якої на 4 цапфах приєднуються права та ліва опорні балки, оснащені пневмоколісним ходом і механізмом пересування. Верхня площа центральної рами служить для установки опорно-поворотного пристрою. Ведучі колеса приводяться в дію від механізму пересування, який складається з роздільних приводів по одному на кожну колесо. Кожний привід має одношвидкісний електродвигун з короткозамкнутим ротором і фланцевим кріпленням, двохступінчатий редуктор і планетарний редуктор.

На вільному кінці валу електродвигуна закріплений тормозний шків, який охоплюється колодками гальма ТКГ-200.

Можливі варіанти положення пневмоколіс при зміні напрямку руху копра на будівельній площадці представлені на рисунку 2.7.

Опорно-поворотний пристрій встановлено на рамі ходової частини і складається з трьох кілець, двох рядів кульок з сепараторами і регулюючих прокладок. Внутрішнє рухоме кільце кріпиться до поворотної платформи крана. Кільце 2 із зубчатим вінцем нерухомі і кріпляться болтами до рами ходової частини. Між рухомим і нерухомим кільцями розміщені два ряди сталевих кульок. Для регулювання зазору між кільцями передбачений набір прокладок.

Поворотна платформа виконана у вигляді зварної рами. На платформі розташовані: лебідка підйому молота, лебідка підйому палі, стрілова лебідка, механізм повороту, дизель електрична установка, кабіна керування, капот, насосна станція і опорна стійка. В середній частині платформи, біля кабіни, встановлена шафа з електроапаратурою керування.

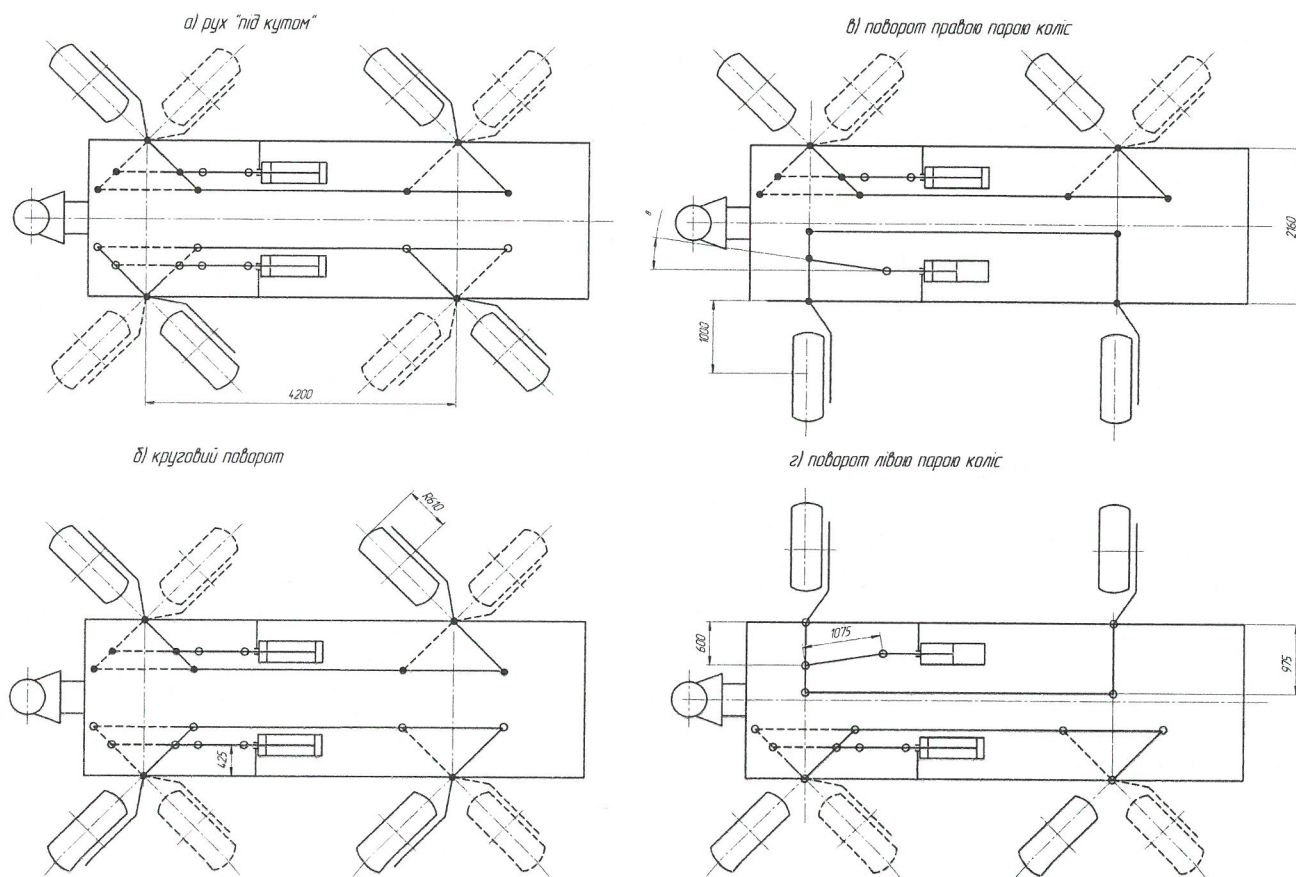


Рисунок 2.7 – Схема положення пневмоколів при зміні напрямку руху копра на будівельній площадці

Механізм повороту складається з двигуна МТФ-111-6 з фазним ротором, колодкового гальма ТКГ-200 і трьохступінчатого редуктора з співвісними, вертикальними валами. На вихідному валу редуктора посаджена шестерня, яка зачіплюється з зубчатим вінцем нерухомого кільця опорно-поворотного пристрою.

Опорна стійка виконана у вигляді двох Λ -подібних рам, з'єднаних у верхній частині через щоби віссю, на якій встановлені направляючий барабан і блоки поліспасти.

Насосна станція складається з баку, шестеренчастого насоса, кронштейна, електродвигуна. Насосна станція кріпиться на поворотній платформі.

Дизель-електрична установка. В якості силової установки використову-

ється уніфікована дизельна електростанція ДЕСМ-30, котра складається із дизеля з електрогенератором ЕСС-82-4М, потужністю 22 кВт. Напруга 400В.

Транспортування установки безколійними шляхами здійснюється на причепі-вагозові, призначеному для перевезення екскаваторів, станків та інших машин і механізмів масою не більше 40 т, у зчепленні з автомобілем КрАЗ-255Б. При транспортуванні самостійно вигляд у транспортному положенні показано на рисунку 2.8.

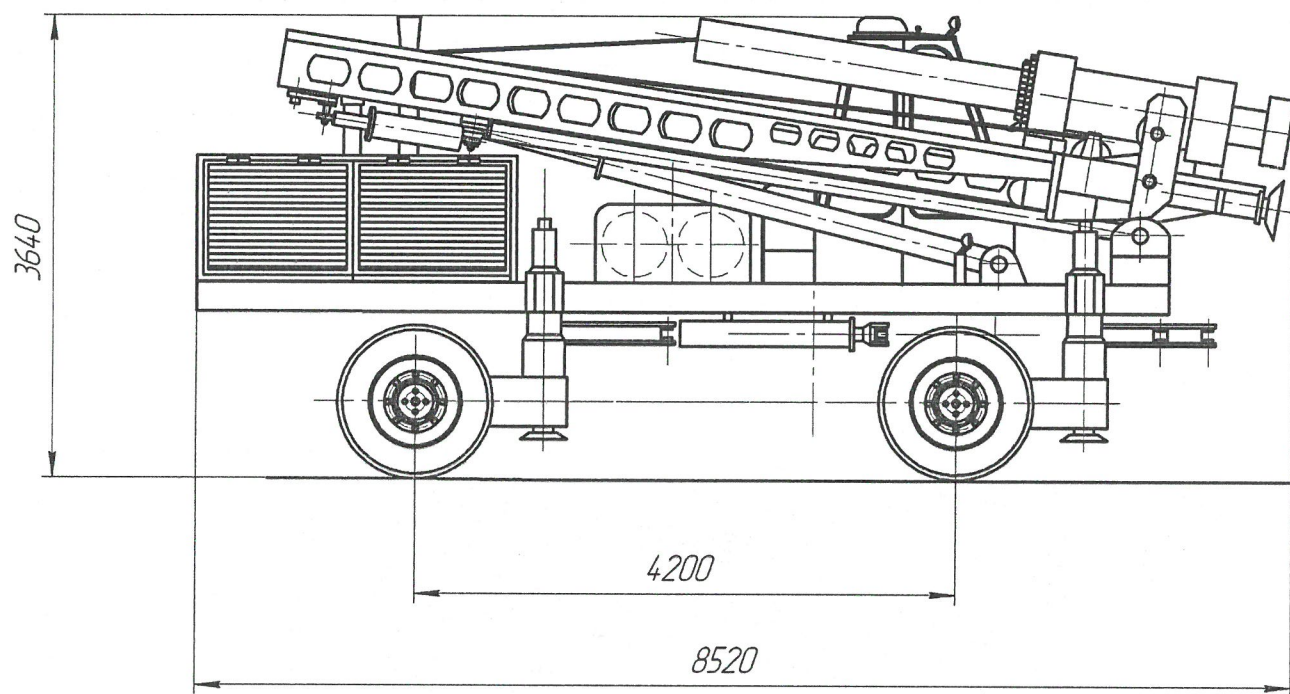


Рисунок 2.8 – Вигляд у транспортному положенні

З установки знімають молот, щоглу, видаляють пальці розтяжки. Установка встановлюється на причеп-вагозов, потім стріла і розтяжка опускається на спеціальну підставку, після чого установка кріпиться до платформи причепа відтяжками.

Щогла установки транспортується окремо. Молот транспортується у кузові тягача.

Пересування по автострадам та в межах міста необхідно узгодити з органами патрульної поліції.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		32

3 Розрахунок основних параметрів мобільного копра

3.1 Розрахунок механізму підйому

Механізми підйому служать для підйому палі та молоту і встановлення їх у робоче положення. Вони складаються з наступних основних частин: вантажозахватного органа, поліспасти, барабана, редуктора, гальма і двигуна.

Як правило, барабан, редуктор, двигун і гальмо, поєднують у єдиний вузол, що називається вантажною лебідкою. Вибираємо гідравлічну схему керування. Завдяки цій схемі досягається зручність монтажу й обслуговування, блокує конструкції.

Механізм підйому палі розраховуємо по розрахунковій вантажопідйомності з обліком випадкової складової навантаження; кН,

$$Q_p = Q_n + S_Q, \quad (3.1)$$

де Q_n - максимальна вантажопідйомність копра;

S_Q - випадкова складова навантаження; кН,

$$S_Q = Q_n \cdot K_3, \quad (3.2)$$

де K_3 - коефіцієнт, що враховує середньоквадратичне відхилення випадкової складової навантаження.

$$Q_p = 50 + 3 = 53, \quad (3.3)$$

$$S_Q = 50 \cdot 0,06 = 3 \quad (3.4)$$

Визначаємо ККД поліспасти

$$\eta_s = \frac{(1 - \eta_6'')\eta_6}{(1 - \eta_6)u}, \quad (3.5)$$

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Луговий		ЛВу	11.06			
Перев.	Коробко		К	19.06			
Н. контр.	Васильєв		В	19.06			
Затв.	Орисенко		О	19.06			
					Розрахунок основних параметрів мобільного копра		
					Літ.	Лист	Листів
					Н	33	28
					НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

де η_6 - КПД блоку, для блоків на підшипниках кочення приймаємо $\eta_6 = 0.98$.

$$\eta_n = \frac{(1 - 0.98^2)0.98}{(1 - 0.98)^2} = 0.951. \quad (3.6)$$

Приймаємо кратність поліспасти $u=2$.

Загальний ККД канатоблочної системи (з урахуванням направляючого блоку)

$$\eta_{заг} = \eta_n \cdot \eta_6, \quad (3.7)$$

$$\eta_{заг} = 0.951 \cdot 0.98 = 0.93. \quad (3.8)$$

Максимальне зусилля в вітці каната, кН,

$$S_{max} = \frac{Q_p}{z \cdot \eta_{заг}}, \quad (3.9)$$

де z - загальна кількість витків каната, на яких висить паля.

$$S_{max} = \frac{53}{2 \cdot 0.93} = 28.5. \quad (3.10)$$

Розривне зусилля в канаті, кН,

$$S_p = S_{max} \cdot n_k, \quad (3.11)$$

де n_k - коефіцієнт запасу міцності.

$$S_p = 28.5 \cdot 5.5 = 156.75, \quad (3.12)$$

Вибираємо канат 16-Г-I-H-1470 ДСТУ EN 12385-4:2017 вантажний лінійним торканням дротиків, конструкції 6×25 з органічним сердечником, першої марки, із дроту без покриття, правої хрестової звивки, діаметром 16 мм із розривним зусиллям $S_p=144000$ Н з межею міцності 1470 МПа за ДСТУ EN 12385-4:2017.

Мінімальний діаметр барабана і блоків, мм,

$$D_6 \geq d_k \cdot e, \quad (3.13)$$

де e - мінімальне співвідношення діаметра чи барабана блоку, що обгортається канатом, до діаметра каната.

$$D_{\bar{o}} = 16 \cdot 20 = 320, \quad (3.14)$$

Конструктивно з ряду розмірів для виливків відповідно до ДСТУ ISO 497:2022 приймаємо діаметр блоків $D_{\bar{o}} = 320 \text{ мм}$. Діаметр барабана, при першому наближенні, приймаємо на 40-60% більше діаметра блоків, мм,

$$D_{\bar{o}} = (1,4 \dots 1,6) D_{\bar{o}л}, \quad (3.15)$$

$$D_{\bar{o}} = (1,4 \dots 1,6) 320 \approx 480. \quad (3.16)$$

Робоча довжина каната $l_{роб}$, м, що навивається на барабан

$$l_{роб} = (H + h) \cdot u, \quad (3.17)$$

де h - глибина опускання.

$$l_{роб} = (12,5 + 1,5) \cdot 2 = 31. \quad (3.18)$$

Загальна кількість витків

$$z_{заг} = z_{роб} + z_{зан} + z_{закр}, \quad (3.19)$$

де $z_{зан}$ - мінімальна кількість запасних витків, $z_{зан} = 2$;

$z_{закр}$ - мінімальна кількість витків для закріплення каната, $z_{закр} = 3$;

$z_{роб}$ - кількість робочих витків.

$$z_{заг} = 19 + 3 + 2 = 24, \quad (3.20)$$

$$z_{роб} = \frac{l_{роб}}{\pi \cdot D_2} = \frac{31}{3,14 \cdot 0,512} = 19, \quad (3.21)$$

де D_2 - діаметр барабана з урахуванням каната, мм,

$$z_{роб} = \frac{31}{3,14 \cdot 0,512} = 19, \quad (3.21)$$

$$D_2 = D_{\bar{o}} + 2d_{\bar{e}}, \quad (3.22)$$

$$D_2 = 480 + 2 \cdot 16 = 512. \quad (3.23)$$

Необхідна довжина барабана, м,

$$L_{\bar{o}} = z_{заг} \cdot t, \quad (3.24)$$

де t - крок навивки.

$$L_{\bar{o}} = 24 \cdot 0,019 = 0,45. \quad (3.25)$$

Перевіряємо канатомність барабана, м,

$$l_{\text{роб}} = \pi \cdot D_2 \cdot Z_{\text{заг}} + \pi(D_2 + 2d_k)z_2 \text{ м}, \quad (3.26)$$

$$l_{\text{роб}} = 3,14 \cdot 0,512 \cdot 24 + 3,14(0,512 + 2 \cdot 0,016) \times 24 = 72,9. \quad (3.27)$$

3.2. Розрахунок механізму повороту колеса

Для розрахунку механізму спочатку потрібно розрахувати силу тертя, яка діє на колеса при повороті.

Силу тертя, H , знаходимо по формулі

$$F_{\text{тр}} = f \cdot \frac{G_k}{4} \cdot 1,5, \quad (3.28)$$

де f - коефіцієнт тертя, приймаємо $f=0,5$

G_k - вага копра

$$F_{\text{тр}} = 0,5 \cdot \frac{190000}{4} \cdot 1,5 = 35625. \quad (3.29)$$

Так як гідроциліндр керує парою колес, рисунок 3.1, то отримане значення сили тертя подвоюємо.

Складаємо рівняння рівноваги зусиль

$$2F_{\text{тр}} \cdot 1000 = F_{\text{зус}} \cdot \cos 8^\circ \cdot 600. \quad (3.30)$$

Тоді маємо зусилля на штоці гідроциліндра, H ,

$$F_{\text{зус}} = \frac{71250 \cdot 1000}{600 \cdot \cos 8^\circ} = 119917. \quad (3.31)$$

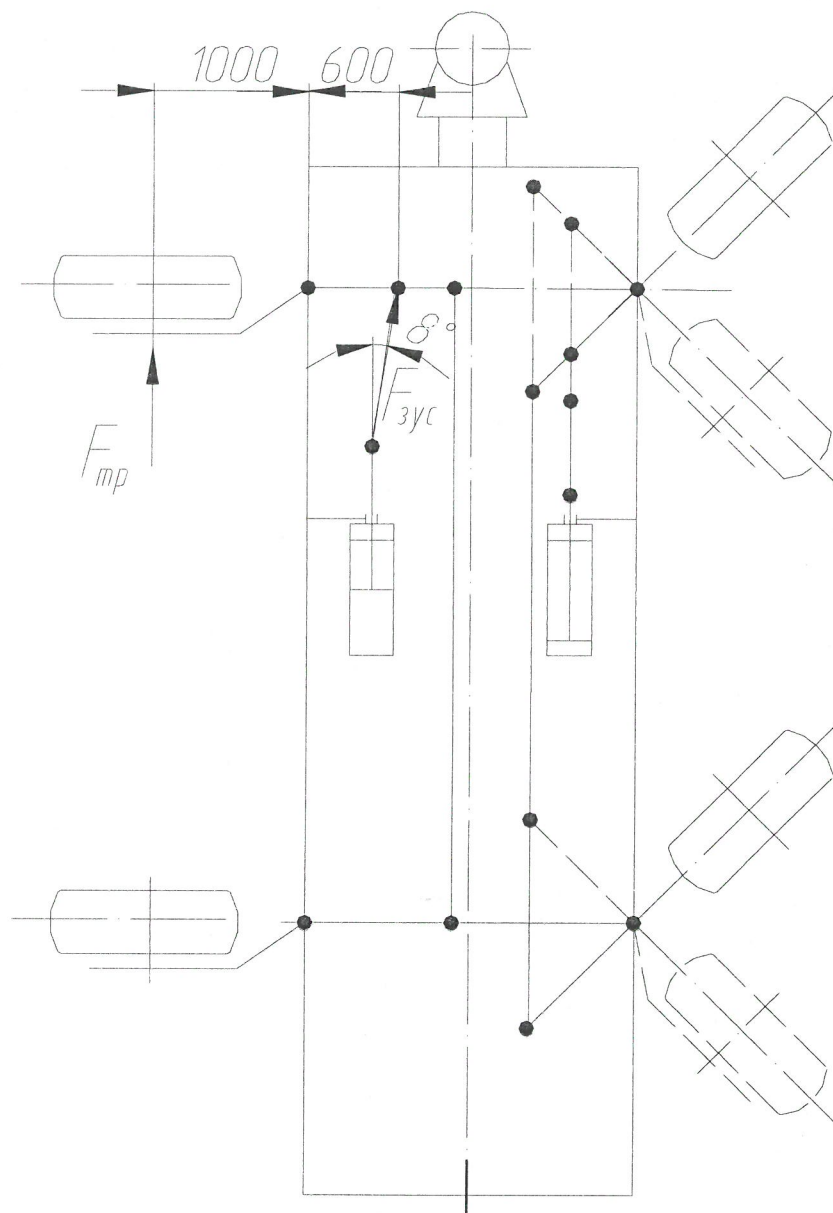


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема механізму повороту колес

3.3 Розрахунок механізму підйому секції

При розрахунку механізму підйому секції потрібно визначити зусилля на штоці гідроциліндра підйому секції в положенні, при якому гідроциліндр має найбільше навантаження. Для цього приймаємо положення, при якому верхня

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ

Лист

37

секція щогли розташована під кутом 90° відносно нижньої секції.

Для подальших розрахунків необхідно визначити реакції опор балки, рисунок 3.2.

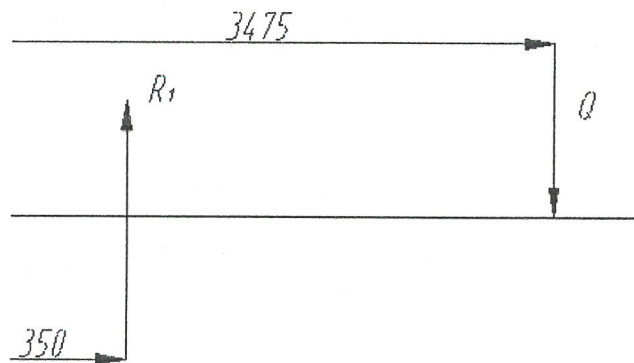


Рисунок 3.2-Розрахункова схема визначення реакцій опор.

Для визначення реакції R_1 запишемо рівняння рівноваги від моментів діючих сил відносно точки А

$$\sum M_A = R_1 \cdot 0.35 + Q \cdot 3.575 = 0 \quad (3.32)$$

звідки можна визначити, R_1 , кН,

$$R_1 = \frac{-Q \cdot 3.575}{0.35}, \quad (3.33)$$

підставивши значення в формулу (3.33) отримаємо

$$R_1 = \frac{-3000 \cdot 3.575}{0.35} = 306428. \quad (3.34)$$

Для визначення реакції R_B складаємо рівняння рівноваги проекцій всіх сил на вісь Y, рисунок 3.3.

Запишемо рівняння

$$\sum Y = R_1 - R_2 \cdot \cos 7^\circ = 0. \quad (3.35)$$

З формули (3.35) виразимо реакцію R_2 , кН

$$R_2 = \frac{R_1}{\cos 7^\circ}. \quad (3.36)$$



Рисунок 3.3 - Схема рівноваги проекцій всіх сил на вісь Y.

Підставивши значення в (3.36) отримаємо

$$R_2 = \frac{306428}{0,9925} = 308729 . \quad (3.37)$$

3.4 Розрахунок гідравлічної системи мобільного копра

3.4.1 Опис роботи гідравлічної системи копра

Приймаємо двухпоточну гідравлічну схему копра, рисунок 3.4, як найбільш раціональну при необхідності реалізації сполучення операцій. Склад і порядок роботи елементів гідравлічної схеми наступний.

Блок насосів подають робочу рідину з бака до трьох блоків гідравлічного розподільника. При нейтральному положенні золотників гідророзподільника насос працює на злив, а порожнини гідроциліндрів і гідромоторів блоковані. При цьому робоча рідина від першої секції насоса через переливні канали першого блоку гідророзподільника і зворотний клапан нагнітається до другого та третього блоку гідророзподільника, де сумується з потоком робочої рідини від другої секції здвоєного насоса і далі весь потік робочої рідини через переливні

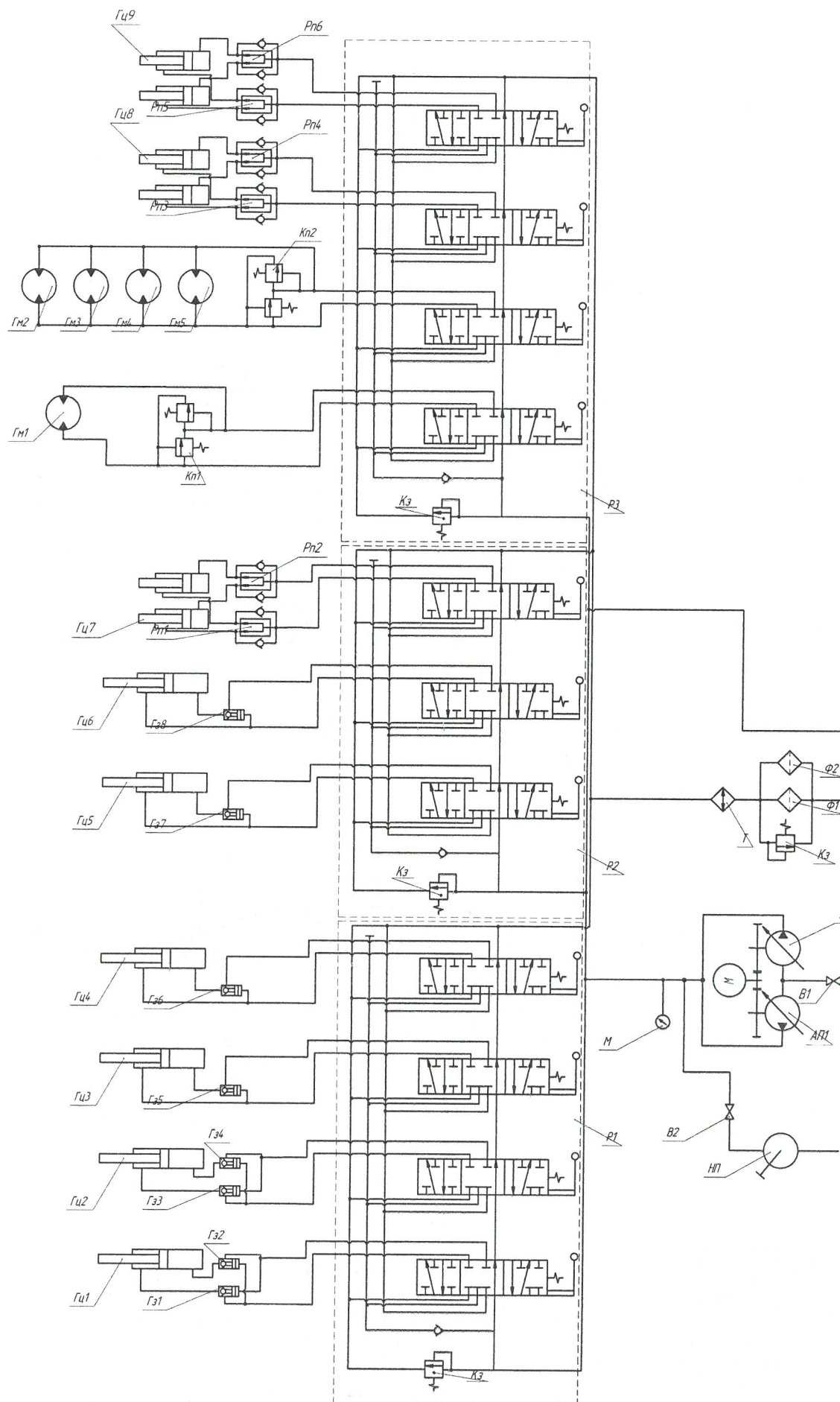


Рисунок 3.4 – Гідравлічна система копра

				ГММ.301-нММ.020-00.00.000 ПЗ		Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		40

канали третього блоку гідророзподільника, радіатор охолодження, фільтри надходить у бак. Тиск робочої рідини при цьому складає 0,6 - 0,8 МПа.

Гідравлічні мотори і гідроциліндри включають у роботу переміщенням золотників гідророзподільника. Від здвоєного насоса робоча рідина при включенні відповідних золотників першого блоку розподільника подається під тиском у гідроциліндри керування копровою лебідкою, та гідроциліндри керування ходових колес.

З другого блоку розподільника робоча рідина подається на гідроциліндри підйому всієї мачти, верхньої секції мачти та опор мачти. За допомогою третього блоку розподільника в рух приводиться вал гідромотора приводу копрової лебідки, та вали чотирьох гідромоторів приводу ходових колес, а також штоки двох здвоєних гідроциліндрів підйому копра. Золотники мають постійне призначення. Відповідно до гідравлічної схеми перший та другий золотники першого блоку керують гідроциліндрами лебідки, третій та четвертий золотники — гідроциліндрами повороту ходових колес. Перший золотник другого блоку розподільника керує гідроциліндром підйому всієї мачти, другий золотник — підйомом верхньої секції мачти, третій — роботою верхньої секції мачти. В третьому блоці перший золотник керує гідромотором проводу лебідки, другий — гідромоторами приводу ходових колес, третій та четвертий — керують ауттригерами. Якщо золотники першого та другого блоку гідророзподільника не включені, потік робочої рідини від насоса поєднуються після зворотного клапана і подаються в третій блок розподільника, при цьому робочі рухи йдуть з подвійною швидкістю. Запобіжні клапани блоків розподільника охороняють секції насоса від перевантажень і відрегульовані на тиск 14 МПа.

На робочих секціях із золотниками керування гідромоторами ходу копра і гідромотором проводу лебідки, установлені пропускні клапани, що розвантажують гідромотори від пікових тисків у період несталого режиму робочих рухів при розгоні і гальмуванні. У гідравлічній схемі передбачені запобіжні клапани, що розвантажують порожнини гідроциліндрів від надмірних реактивних тисків

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист 41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

при підйомі й опусканні стріли. Для заповнення витоків робочої рідини з порожнин гідроциліндрів і гідромоторів при спрацьовуванні запобіжних і пропускових клапанів передбачені зворотні клапани. вони встановлені на трубопроводах, що з'єднує секції гідророзподільника з порожнинами гідроциліндрів і гідромоторів і шлангами рукавів високого тиску. Зворотний клапан між блоками гідророзподільника виключає можливість руху робочої рідини від секції насоса до першого блоку розподільника.

Щоб уникнути мимовільного опускання мачи робочого устаткування у випадку аварійного ушкодження елементів живильної гідролінії (наприклад рукавів високого тиску) на ділянці гідролінії між еластичними рукавами і штуцером гідроциліндра встановлений гідравлічний замок, що дозволяє опускати стрілу тільки примусово. Крім того мимовільне опускання робочого устаткування у випадку включення золотників розподільника при непрацюючому насосі виключають зворотні клапани.

Робоча рідина з порожнин гідродвигунів через блоки гідророзподільника подається в зливальну гідролінію. У зливальній гідролінії установлені фільтри для очищення робочої рідини і радіатор для охолодження її потоком повітря від вентилятора силової установки.

Для настроювання, регулювання і контролю роботи гідравлічної системи копра застосовуються манометр встановлений в напірній гідролінії.

3.4.2 Розрахунок і вибір гідравлічних двигунів

Основні параметри гідродвигунів (гідромоторів і гідроциліндрів) визначаємо на підставі заданих навантажень і швидкостей на робочих органах.

Для попередній розрахунок перепад тиску на гідроциліндрах і гідромоторах ΔP_2 приймаємо, згідно рекомендацій методичних указівок, на 10...20 %

менше обраного номінального тиску $P_{ном}$ для обліку втрат тиску в гідросистемі, у такий спосіб $\Delta P_2 = (1 - 0,1) \cdot P_{ном} = 0,9 \cdot 16 = 14,4$ МПа

Основні параметри гідроциліндрів: діаметр поршня $D_{ц}$ і штока d , хід поршня L .

Діаметр поршня гідроциліндра установлюється виходячи з заданих навантажень і обраного номінального тиску (з попереднім обліком утрат тиску). При визначенні параметрів враховується напрямок подачі робочої рідини в порожнину циліндра при здійсненні робочого руху.

3.4.2.1 Гідроциліндри керування лебідки

Гідроциліндри керування лебідки розвивають робоче зусилля при подачі робочої рідини в поршневу порожнину. Тому діаметр поршня $D_{ц}$, мм, цих гідроциліндрів визначається по формулі

$$D_{ц} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{ц}}{\pi \cdot \Delta P_2 \cdot \eta_{гм.ц}}}, \quad (3.38)$$

де $F_{ц}$ – робоче зусилля, що розвивається на штоку поршня, Н;

$\eta_{гм.ц}$ – гідромеханічний ККД гідроциліндра, приймаємо рівним 0,98 згідно рекомендацій методичних указівок [3].;

ΔP_2 – перепад тиску на циліндрі, Мпа; $\Delta P_2 = 14,4$.

$$D_{ц} = 2 \cdot \sqrt{\frac{20000}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,98}} = 39,2. \quad (3.39)$$

Приймаємо гідроциліндри загального призначення діаметр циліндра $D_{ц}=40$ мм, діаметр штока $d=25$ мм, при $\phi =1,6$ (рекомендується при обраному

номінальному тиску $P_{\text{ном}}=14,4$ МПа) довжина ходу поршня $L=80$ мм [3, с.35].

3.4.2.2 Гідроциліндр підйому щогли

Гідроциліндр підйому щогли розвиває робоче зусилля при подачі робочої рідини в поршневу порожнину. Для підйому стріли застосуємо один гідроциліндр. Діаметр поршня гідроциліндра визначається по формулі (3.17), мм,

$$D_{\text{ц}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{450000}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,98}} = 201,5. \quad (3.40)$$

Приймаємо гідроциліндр загального призначення діаметр циліндра $D_{\text{ц}}=250$ мм, діаметр штока $d=160$ мм, при $\phi = 1,6$ (рекомендується при обраному номінальному тиску $P_{\text{ном}}=14,4$ МПа) довжина ходу поршня $L=2240$ мм [3, с.35].

3.4.2.3 Гідроциліндр підйому секції

Гідроциліндр підйому секції розвиває робоче зусилля при подачі робочої рідини в поршневу порожнину. Для підйому стріли застосуємо один гідроциліндр. Діаметр поршня гідроциліндра, $D_{\text{ц}}$, мм, визначається по формулі (3.17)

$$D_{\text{ц}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{308729}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,98}} = 166,9. \quad (3.41)$$

Приймаємо гідроциліндр загального призначення діаметр циліндра $D_{\text{ц}}=180$ мм, діаметр штока $d=110$ мм, при $\phi = 1,6$ (рекомендується при обраному номінальному тиску $P_{\text{ном}}=14,4$ МПа) довжина ходу поршня $L=710$ мм [3, с.35].

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		44

3.4.2.4 Гідроциліндр опори щогли

Гідроциліндр опори щогли розвиває робоче зусилля при подачі робочої рідини в поршневу порожнину. Для опори щогли застосуємо два спарених гідроциліндри. Діаметр поршня одного гідроциліндра опори щогли $D_{\text{ц}}$, мм, визначається по формулі

$$D_{\text{ц}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{\text{ц}} \cdot \varphi}{\pi \cdot \Delta P_2 \cdot \eta_{\text{гм.ц}} \cdot (\varphi + 1)}}, \quad (3.42)$$

де $F_{\text{ц}}$ – робоче зусилля, що розвивається на штоку поршня, Н;

$\eta_{\text{гм.ц}}$ – гідромеханічний ККД гідроциліндра, приймаємо рівним 0,98 згідно рекомендацій методичних указівок;

ΔP_2 – перепад тиску на циліндрі, $\Delta P_2 = 14,4$ МПа;

$\varphi = 1,6$ співвідношення площ поршневої і штокової порожнин (див. вище).

$$D_{\text{ц}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{380000 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,98 \cdot (1,6 + 1)}} = 113,77. \quad (3.43)$$

Приймаємо гідроциліндр загального призначення діаметр циліндра $D_{\text{ц}}=125$ мм, діаметр штока $d=80$ мм, при $\varphi = 1,6$ (рекомендується при обраному номінальному тиску $P_{\text{ном}}=14,4$ МПа) довжина ходу поршня $L=1400$ мм [3, с.35].

3.4.2.5 Гідроциліндри аутригерів

Гідроциліндри аутригерів розвивають робоче зусилля при подачі робочої рідини в поршневу порожнину. Для аутригерів застосуємо два спарених гідроциліндри. Діаметр поршня одного гідроциліндра аутригера $D_{\text{ц}}$, мм, визначається по формулі (3.18)

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		45

$$D_{ц} = 2 \cdot \sqrt{\frac{480000 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,98 \cdot (1,6 + 1)}} = 149,06. \quad (3.44)$$

Приймаємо гідроциліндр загального призначення діаметр циліндра $D_{ц}=160$ мм, діаметр штока $d=100$ мм, при $\phi=1,6$ (рекомендується при обраному номінальному тиску $P_{ном}=14,4$ МПа) довжина ходу поршня $L=400$ мм [3, с.35].

Визначальним параметром гідромоторів є їхній робочий об'єм. Вихідними параметрами для розрахунку є максимальні діючі навантаження, що діють на робочі елементи.

3.4.2.6 Розрахунок і вибір гідромотора приводу лебідки

Тяговий момент приведений до вала гідромотора, необхідний для приводу лебідки, Н·м,

$$M_{пл} = \frac{S_{max} \cdot R}{2}, \quad (3.45)$$

де S_{max} - максимальне зусилля в канаті

R - радіус колеса

$$M_{пл} = \frac{285000 \cdot 0,512}{2} = 7296. \quad (3.46)$$

Робочий об'єм гідромотора $V_{г2}$, см³, приводу лебідки визначимо по формулі

$$V_{г2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{пл}}{\Delta P_2 \cdot \eta_{гм.м}}, \quad (3.47)$$

де $M_{пл}$ – обертаючий момент на валу гідромотора, Н·м;

ΔP_2 – перепад тиску на гідромоторі, приймаємо $\Delta P_2 = 14,4$ МПа;

$\eta_{гм.м}$ – гідромеханічний ККД гідромотора, приймаємо, $\eta_{гм.м}=0,95$ [3].

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		46

$$V_{Г2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7296}{14,4 \cdot 0,93} = 3446,6. \quad (3.48)$$

Приймаємо високомоментний радіально-поршневий гідромотор МР-4500, робочим об'ємом $V_{Г2}=4503 \text{ см}^3$; мінімальна частота обертання $n_{\min}=0,105 \text{ с}^{-1}$; номінальна частота обертання $n_{\text{ном}}=4,19 \text{ с}^{-1}$; максимальна частота обертання $n_{\max}=12,56 \text{ с}^{-1}$.

3.4.2.7 Розрахунок і вибір гідромотора ходу

Максимальне стискальне зусилля F_x , Н, необхідне для пересування машини, приведене до одного рушія ходового устаткування,

$$F_x = \frac{D_{\phi\text{м}} \cdot G}{n_x}, \quad (3.49)$$

де $D_{\phi\text{м}}$ — динамічний фактор машини;

G — вага машини Н;

n_x — число рушіїв ходового устаткування з індивідуальним приводом, відповідно до прийнятої кінематичної схеми механізму пересування.

$$F_x = \frac{0,5 \cdot 190000}{4} = 23750. \quad (3.50)$$

Обертаючий момент M_{nx} , Н•м, приведений до вала гідромотора пересування установки

$$M_{nx} = F_x \cdot R_k, \quad (3.51)$$

де R_k — радіус кочення ведучих коліс, м

$$M_{nx} = 23750 \cdot 0,4 = 9500. \quad (3.52)$$

Розрахунковий робочий об'єм одного гідромотора механізму пересування визначимо по формулі (3.47) підставляючи дані для розглянутого механізму:

$$V_{r2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9500}{14,4 \cdot 0,93} = 4488. \quad (3.53)$$

Приймаємо високомоментний радіально-поршневий гідромотор МР-4500, робочим об'ємом $V_{r2}=4503 \text{ см}^3$; мінімальна частота обертання $n_{\min}=0,105 \text{ с}^{-1}$; номінальна частота обертання $n_{\text{ном}}=4,19 \text{ с}^{-1}$; максимальна частота обертання $n_{\max}=12,56 \text{ с}^{-1}$.

3.4.3 Визначення витрат гідродвигунів і вибір насоса

Витрата робочої рідини, споживаної гідродвигунами, визначається виходячи з забезпечення необхідних робочих швидкостей.

Для одиночних гідроциліндрів подача робочої рідини в поршневу порожнину, $\text{см}^3/\text{хв}$,

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot v_{\text{ц}}}{\eta_{\text{ц}}} \quad (3.54)$$

де $v_{\text{ц}}$ – робоча швидкість руху поршня, м/с ;

$\eta_{\text{ц}}$ – об'ємний КПД гідроциліндра.

Подача робочої рідини в штокову порожнину,

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot v_{\text{ц}}}{\varphi \cdot \eta_{\text{ц}}}, \quad (3.55)$$

де φ – співвідношення площ поршневої і штокової порожнин, $\varphi = 1,6$.

Для спарених гідроциліндрів подача робочої рідини в поршневу порожнину,

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot v_{\text{ц}} \cdot (\varphi + 1)}{\varphi \cdot \eta_{\text{ц}}}. \quad (3.56)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину, $\text{см}^3/\text{хв}$,

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot v_{\text{ц}} \cdot (\varphi + 1)}{\varphi^2 \cdot \eta_{\text{ц}}}. \quad (3.57)$$

Витрата робочої рідини, споживаної гідромоторами, визначаємо по формулі

$$Q_{зм} = \frac{V_{02} \cdot n_{02}}{\eta_{зм}}, \quad (3.58)$$

де V_{02} – робітник об'єм гідромотора, м³;

n_{02} – частота обертання вала гідромотора, хв⁻¹;

$\eta_{зм}$ – об'ємний КПД гідромотора, для гідромоторів обраного типу його величина складає $\eta_{зм} = 0,9$.

3.4.3.1 Визначення витрати гідроциліндра керування лебідки

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій гідроциліндром керування лебідки за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.54)

$$Q_{\eta}^n = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,040^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98} = 0,023 \cdot 93. \quad (3.59)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.55) :

$$Q_{\eta}^m = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,040^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98 \cdot 1,6} = 0,014. \quad (3.60)$$

3.4.3.2 Визначення витрати гідроциліндра повороту колес

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій гідроциліндром повороту колес за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.54):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{н}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,110^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98} = 0,174. \quad (3.61)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.55):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{ш}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,110^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98 \cdot 1,6} = 0,10. \quad (3.62)$$

3.3.3.3. Визначення витрати гідроциліндра підйому щогли

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій гідроциліндром підйому щогли за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.54):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{н}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,250^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98} = 0,901. \quad (3.63)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.55):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{ш}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,250^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98 \cdot 1,6} = 0,563. \quad (3.64)$$

3.4.3.4 Визначення витрати гідроциліндра підйому секції

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій гідроциліндром підйому секції за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.54):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{н}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,180^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98} = 0,467. \quad (3.65)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.55)

$$Q_{\text{ш}}^{\text{ш}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,180^2 \cdot (0,3 \cdot 60)}{0,98 \cdot 1,6} = 0,291. \quad (3.66)$$

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		50

3.4.3.5 Визначення витрати гідроциліндрів опор щогли

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій гідроциліндром опор щогли за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.56):

$$Q_{\text{об}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,125^2 \cdot (0,3 \cdot 60) \cdot (1,6 + 1)}{1,6 \cdot 0,98} = 0,365. \quad (3.67)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.57):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{III}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,125^2 \cdot (0,3 \cdot 60) \cdot (1,6 + 1)}{1,6^2 \cdot 0,98} = 0,228. \quad (3.68)$$

3.4.3.6 Визначення витрати гідроциліндрів аутригерів

Витрата робочої рідини при виконанні робочих операцій спареними гідроциліндрами підйому стріли за період подачі робочої рідини в поршневу порожнину визначимо по формулі (3.56):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{n}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,160^2 \cdot (0,25 \cdot 60) \cdot (1,6 + 1)}{1,6 \cdot 0,98} = 0,383. \quad (3.69)$$

Подача робочої рідини в штокову порожнину – по формулі (3.57):

$$Q_{\text{ш}}^{\text{III}} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,160^2 \cdot (0,25 \cdot 60) \cdot (1,6 + 1)}{1,6^2 \cdot 0,98} = 0,239. \quad (3.70)$$

3.4.3.7 Визначення витрати гідромотора лебідки

Витрата робочої рідини при роботі лебідки визначимо по формулі (3.58):

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		51

$$Q_{зм}^{пл} = \frac{4503 \cdot 10^{-6} \cdot 6,11}{0,95} = 0,028. \quad (3.71)$$

3.3.3.8. Визначення витрати гідромоторів ходу

Витрата робочої рідини при пересуванні установки визначимо по формулі (3.58):

$$Q_{зм}^x = 4 \cdot \frac{4503 \cdot 10^{-6} \cdot 38,12}{0,9} = 0,724. \quad (3.72)$$

3.4.3.9 Вибір насоса

Основна вимога при виборі насоса – забезпечення максимальної продуктивності, необхідної для подолання робочих навантажень органів. Необхідна подача насоса визначається по гідромоторам, або групі гідромоторів для яких потрібна найбільша витрата $Q_2^{макс}$.

У такий спосіб найбільша витрата $Q_2^{макс}$, м³/хв, складе сумарну витрату гідромоторів:

$$Q_2^{макс} = 0,028 + 0,724 = 0,752. \quad (3.73)$$

Тоді необхідний робочий об'єм насоса $V_{г1}$, м³, визначимо по формулі,

$$V_{г1} = \frac{Q_2^{макс}}{n_{01} \cdot \eta_{v1}}, \quad (3.74)$$

де n_1 – частота обертання вала, попередньо приймаємо $n_{01} = 1200$ хв⁻¹;

η_{v1} – об'ємний ККД насоса, попередньо приймаємо $\eta_{v1} = 0,96$.

$$V_{01} = \frac{0,752}{1200 \cdot 0,96} = 374,42 \cdot 10^{-6}. \quad (3.75)$$

По каталогу вибираємо два насоси , перший – здвоєний аксіально-поршневий регульований насос типорозміру 323.25, з робочим об’ємом секцій $107+107=214 \text{ см}^3$, другий – аксіально-поршневий регульований насос типорозміру 207,25 , загальний об’єм $214+107=321 \text{ см}^3$ [3, с.34]. Максимально допустимий тиск, що розвивається, для насоса складає 32 Мпа, що відповідає величині прийнятого номінального тиску в гідросистемі. Частота обертання вала насосів номінальна – 1200 хв^{-1} , максимальна – 2250 хв^{-1} , що забезпечує прийняту попередньо величин частоти обертання. ККД обраних насосів: об’ємний – 0,95, загальний – 0,91. Діапазон регулювання $D_{рег}=3,47$. Насоси підібраних типорозмірів дозволяють з високою ефективністю реалізувати схему гідравлічного приводу установки.

При виконанні робочих операцій забезпечення необхідної величини подачі робочої рідини до споживачів здійснюється шляхом зміни робочого об’єму секцій насосної установки.

3.4.4 Вибір трубопроводів і гідроустаткування

3.4.4.1 Вибір трубопроводів

Типорозмір будь-якого трубопроводу характеризується діаметром умовного проходу D_y , мм, приблизно рівним внутрішньому діаметру труби d . При виконанні розрахунків умовний прохід трубопроводу

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot 60}} , \quad (3.76)$$

де Q – витрата робочої рідини в трубопроводі, що розраховується, $\text{м}^3/\text{хв}$;
 v - швидкість рідини, що визначають попередньо в залежності від приз-

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		53

начення гідролінії, при цьому варто керуватися наступними рекомендаціями [3]:

- всмоктувальна гідролінія.....0,8...1,4 м/с
- зливальна гідролінія.....1,4...2 м/с
- напірна гідролінія (при тисках до 32 МПа).....5,35...8,5

м/с.

Діаметр умовного проходу трубопроводу D_y , мм, остаточно узгоджується з діаметрами стандартних величин: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 мм.

Тоді діаметр усмоктувальної гідролінії при $Q_I = Q_1^{\text{макс}}$

Приймаємо трубопровід усмоктувальної гідролінії діаметром умовного проходу 12 мм.

Діаметр зливальної гідролінії D_y , мм, визначимо виходячи з тієї ж умови

$$Q_2 = Q_2^{\text{макс}}, \quad (3.77)$$

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,752}{3,14 \cdot 2 \cdot 60}} = 0,082. \quad (3.78)$$

Приймаємо зливальний трубопровід діаметром умовного проходу 85 мм.

Діаметри ділянок напірної гідролінії яка підводить робочу рідину до елементів робочого і ходового устаткування визначимо індивідуально:

$$Q_I = Q_1^{\text{макс}}, \quad (3.79)$$

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,752}{3,14 \cdot 8,5 \cdot 60}} = 0,040. \quad (3.80)$$

Приймаємо діаметр умовного проходу трубопроводу на цій ділянці 40 мм.

При двохпоточній схемі розподілу робочої рідини діаметр напірного трубопроводу визначимо по величині найбільшої витрати споживаного гідродвигуном, так для нашого випадку це буде величина витрати гідроциліндра підйому стріли $Q_3 = 0,367$

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,367}{3,14 \cdot 8,5 \cdot 60}} = 0,030. \quad (3.81)$$

Оскільки індивідуальні витрати робочої рідини значно менше максима-

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		54

льного операційного споживання, то і розрахункове значення діаметра умовного проходу цих ділянок будуть менше визначеного в останньому випадку. Остаточно приймаємо цю величину для трубопроводів напірних гідроліній окремих гідродвигунів.

3.4.4.2 Вибір гідроустаткування

Основні параметри для вибору гідроустаткування наступні: номінальний тиск $P_{ном}$ і діаметр умовного проходу D_y .

На підставі наявних даних про величину діаметрів умовного проходу різних ділянок гідросистеми використовуючи довідкові дані методичних указівок [3, с.29 – 42] вибираємо необхідні елементи для забезпечення роботи гідроприводу копра.

Гідророзподільник – три блоки по трьох секції розподільника типу РС із номінальним тиском $P_{ном} = 25$ МПа; максимально припустимий робочий тиск складає $P_{макс} = 32$ МПа; діаметр умовного проходу $D_y = 40$ мм; типорозмір РС 32.25-12-01-05-30.

Запобіжні клапани – ДО2.10.03, з діаметром умовного проходу $D_y = 40$ мм; діапазон регулювання 18...35 МПа.

Зворотні клапани – типу 61100 з діаметром умовного проходу $D_y = 40$ мм; робочим тиском до 32 МПа.

Переливні клапани гідромотерів типу 63600 з діаметром умовного проходу $D_y = 40$ мм; діапазон тиску настроювання складає від 5 до 32 МПа.

Гідрозамок гідроциліндра підйому стріли типу 541.08, діаметр умовного проходу якого складає $D_y = 20$ мм. Номінальний тиск $P_{ном} = 32$ МПа, тиск розблокування 10 МПа.

Фільтри – типу 1.1.63-40, тонкість фільтрації $\delta=1,2$.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		55

3.4.4.3 Вибір гідробака

Ємність гідробака призначається в 1,5–2 рази більш сумарного робочого об'єму всіх елементів гідросистеми (порожнин гідроциліндрів, гідромоторів),

$$Q_{\sigma} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m Q_i, \quad (3.82)$$

де Q_i – об'єм i -го елемента гідросистеми, м^3 : об'єм гідроциліндра визначаємо як добуток діаметра циліндра $D_{\text{ц}}$ на величину ходу L ; об'єм порожнин гідромоторів дорівнює робочому об'єму, але не менш $0,3 \cdot Q_{01}$, м^3 .

Хвилинна подача насоса, м^3

$$Q_{01} = 428 \cdot 10^{-6} \cdot 1800 = 0,77. \quad (3.83)$$

У такий спосіб максимальний об'єм гідробака,

$$Q_{\sigma}^{\max} = 1,5 \cdot (0,14 \cdot 1,4 + 2 \cdot 0,125 \cdot 1,4 + 2 \cdot 0,14 \cdot 1,25 + 707 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 1809 \cdot 10^{-6}) = 1,35. \quad (3.84)$$

Мінімальний об'єм гідробака $Q_{\sigma}^{\min}$, м^3 ,

$$Q_{\sigma}^{\min} = 0,77 \cdot 0,3 = 0,23. \quad (3.85)$$

Приймаємо середнє значення розрахованого об'єму Q_{σ} , м^3 ,

$$Q_{\sigma} = \frac{1,35 + 0,23}{2} = 0,79. \quad (3.86)$$

Розміри звареного бака $800 \times 800 \times 1250$, об'єм якого складе, м^3 ,

$$Q_{\sigma} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 0,8. \quad (3.86)$$

3.4.5 Тепловий розрахунок

Умовою прийнятності теплового режиму в системі гідроприводу,

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		56

$$\Delta T_{уст} = \Delta T_{дон} = T_{ж.дон}^{max} - T_v^{max}, \quad (3.87)$$

де $\Delta T_{уст}$ – сталий перепад температур, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta T_{дон}$ – припустимий перепад температур, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{ж.дон}^{max}$ – максимально припустима температура робочої рідини, що відповідає мінімально припустимій в'язкості рідини для обраного гідроустаткування, згідно завдання максимальна температура з робочого діапазону дорівнює $T_{ж.дон}^{max} = 70^{\circ}\text{C}$;

T_v^{max} – максимальна температура навколишнього повітря, $T_v^{max} = 15$

Тоді припустимий перепад температур, $\Delta T_{дон} = 70 - 15 = 55^{\circ}\text{C}$.

Необхідна за умовою теплового балансу величина сталого перепаду температур досягається за рахунок забезпечення достатньої поверхні теплообміну, величина якої визначається по формулі,

$$S_m \geq \frac{E_{np}}{K_n \cdot \Delta T_{дон}}, \quad (3.88)$$

де E_{np} – кількість теплоти, виділеної при роботі гідроприводу за одиницю часу;

K_n – коефіцієнт теплопередачі від робочої рідини до навколишнього повітря, без обдува приймаємо $K_n = 15$.

Кількість теплоти потужності, що втрачається еквівалентно в гідроприводі, величина втрат визначається по формулі

$$N_{ном} = \frac{P_{ном} \cdot Q^{max}}{D_p \cdot \eta_n} \cdot K_d \cdot (1 - \eta_{np}) \cdot K_v \cdot K_{ош}, \quad (3.89)$$

де Q^{max} – максимальна витрата робочої рідини гідродвигунами при виконанні найбільш енергоємної операції в циклі, $\text{м}^3/\text{з}$;

η_n – повний ККД насоса, для обраних насосних агрегатів його величина складає 0,91;

η_n – загальний ККД гідроприводу, попередньо приймаємо 0,7;

D_p – діапазон регулювання насосних агрегатів ;

K_D – коефіцієнт використання номінального тиску, приймаємо рівним 0,7 [3, табл.2, с.21];

K_e – коефіцієнт використання за часом, приймаємо рівним 0,8 [3, табл.2, с.21];

$K_{дин}$ – коефіцієнт динамічності, приймаємо 1,5 [3, табл.1, с.21].

$$N_{ном} = \frac{32 \cdot 10^6 \cdot 0,752}{3,47 \cdot 0,91 \cdot 60} \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 27538,01. \quad (3.90)$$

Тоді величина необхідної поверхні теплового обміну, $S_{тр}$, м²,

$$S_{тр} = \frac{27538,01}{15 \cdot 55} = 33,37. \quad (3.91)$$

Необхідна площа теплообмінника $S_{то}$, м², складе,

$$S_{то} = S_{тр} - S_{нг}, \quad (3.92)$$

де $S_{нг}$ – площа поверхні теплообміну гідроустаткування, що згідно [3, табл.3, с.22] для різних елементів занесена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1-Площа поверхні теплообміну гідроустаткування

	Найменування гідроустаткування	В, шт.	Площа теплообміну, м ²	
			Значення	Загальна площа
	Насоси аксіально-поршневе	5	1,7	8,5
	Гідромотори	3	0,35	1,05
	Гідроциліндри	12	0,61	3,05
	Трубопроводи	19 м	0,03...0,035	0,60
	Фільтр	2	1,12	1,12
	Гідробак	1		5,8
	Усього			18,42

$$S_{то} = 34,6 - 18,42 = 16,18. \quad (3.93)$$

За отриманим значенням вибираємо теплообмінник КМ6-СК-1: тепловий потік, що відводиться, 18600, площа поверхні, що віддає тепло – 23,7 м². Максимальна витрата робочої рідини 0,65 м³/хв, що цілком задовольняє величині максимальної витрати робочої рідини гідродвигунами при виконанні найбільш енергоємної операції в циклі $Q^{max}=0,647$ м³/хв.

Стала температура нагрівання робочої рідини,

$$T_{жс} = \frac{E_{np}}{(S_{mf} + S_{ng}) \cdot K_n} + T_v^{max}, \quad (3.94)$$

де S_{mf} – фактична величина теплоотдающей поверхні обраного теплообмінника, м².

$$T_c = \frac{27538,01}{(23,7 + 18,42) \cdot 15} + 15 = 58,58, \quad (3.95)$$

що задовольняє заданому температурному діапазону прогріву рідини при роботі гідроприводу установки.

3.4.6 Привідний двигун

Потужність споживана насосним агрегатом гідравлічної системи $N_{нас}$, Вт, установки визначається по формулі

$$N_{нас} = \frac{P_{ном} \cdot Q^{max}}{D_p \cdot \eta_n}, \quad (3.96)$$

де $P_{ном}$ – номінальний тиск у гідросистемі ;

Q^{max} – максимальна витрата робочої рідини гідродвигунами при виконанні найбільш енергоємної операції в циклі, м³/хв ;

η_n – повний КПД насоса, рівний 0,91;

D_p – діапазон регулювання насосів.

$$N_{нас} = \frac{32 \cdot 10^6 \cdot 0,752}{3,47 \cdot 0,91 \cdot 60} = 109277,85. \quad (3.97)$$

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		59

Потужність приводного двигуна розрахуємо по формулі

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{нас}}}{\eta_{\text{пр}}}, \quad (3.98)$$

де $\eta_{\text{пр}}$ – КПД редуктора привода насоса, рівний 0,85.

$$N_{\text{дв}} = \frac{109277,85}{0,85} = 128562,17. \quad (3.99)$$

Величина необхідної потужності в к.с. складає

$$N_{\text{дв}} = \frac{128562,17}{735,5} = 174,88. \quad (3.100)$$

На підставі отриманої величини необхідної потужності приводного двигуна за каталогом [4], вибираємо як силову установку дизельний двигун внутрішнього згоряння: Д-180 номінальною потужністю 180 к.с., номінальна частота обертання 2000 хв⁻¹, що забезпечує прийняту при розрахунку параметрів насоса частоту обертання вала (1800 хв⁻¹). Максимальний крутний момент – 631 Нм. Питомі витрати палива при номінальній потужності 270 г/квт·ч. Запас потужності двигуна дозволяє розвивати необхідну потужність при частоті обертання нижче номінальної, установленної для забезпечення необхідних витрат гідродвигунів.

4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала

В основу розробки технологічних процесів покладені два принципи: технічний і економічний. Відповідно до технічного принципу проєктований технологічний процес повинен цілком забезпечувати виконання усіх вимог робочого креслення і технічних умов на виготовлення заданого виробу. Відповідно до економічного принципу виготовлення виробу повинно вестися з мінімальними витратами праці і витратами виробництва. Технологічний процес виготовлення виробів повинен виконуватися з найбільше повним використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу і собівартості виробів. Необхідно розробити технологічний процес виготовлення вала, виробництво - одиничне.

4.1. Вибір матеріалу

Деталі обертання, що передають обертальний момент в основному виготовляють із конструкційних і легованих сталей, що повинні мати високу міцність, гарною оброблюваністю. Цим вимогам найбільш повно відповідають сталі 35, 40, 45, 40Х, 50Х, 40Г2 і т.п., які у достатній мірі володіють вказаними властивостями і за певних умов їх використання економічно виправдане. Леговані сталі в порівнянні з конструкційними застосовують рідше через їхній більш високу вартість та підвищену схильність до концентрації напружень, але у разі наявності корозійно активного середовища та необхідності утворення пари тертя вибір низколегованої хромистої сталі буде цілком виправданий. Відповідно до рекомен-

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Луговий			11.06	Розробка технологічного процесу виготовлення вала			
Перев.	Рогозін			19.06				
Керівник	Коробко			19.06				
Н. контр.	Васильєв			19.06				
Затв.	Орисенко			19.06				
					Літ.	Лист	Листів	
					Н		12	
					НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.			

дацій для виготовлення вала вибираємо леговану сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, що містить 0,40% вуглецю і до 1% хрому.

4.2. Вибір заготовки

Для гладких і ступінчастих деталей обертання із невеликим перепадом діаметрів ступіней, виберемо сортовий круглий, гарячекатаний прокат нормальної точності ДСТУ 4738:2007, категорії а, що призначений для холодної механічної обробки (точіння, фрезерування, тощо).

4.3. Попередня обробка заготовок

Попередня обробка заготовок полягає в доданні їм такого виду і стану, при котрих можливо виконання обробки на металорізних верстатах. Продуктивність механічної обробки деталей багатьом залежить від виду матеріалу, розмірів і конфігурації заготовки. Характер виконання попередніх операцій залежить від виду заготовки, а серійності виробництва.

Як правило заготовки деталей обертання одержують відрізанням від гарячекатаних або холоднотянутих нормальних прутків і відразу ж піддають механічній обробці. Заготовки такого типу застосовують в основному при дрібносерійному й одиничному виробництві, а також при виготовленні деталей із невеликим числом ступіней і незначної різниці їхніх діаметрів.

У виробництві з досить великим масштабом випуску, а також при виготовленні деталей складної конфігурації. Ці методи (кування, штампування, періодичний прокат, обкатування, обтиснення, електровисадка) дозволяють одержувати

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист 62
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

заготовки за формою і розмірами найбільш близькі до готової деталі, що значно підвищує продуктивність механічної обробки. При цьому значно знижується металоємність, що характеризується коефіцієнтом використання металу.

Вибір найбільш раціонального способу одержання заготовок в кожному конкретному випадку визначається комплексно з обліком техніко-економічної доцільності.

4.4. Вибір баз

Основними базами більшості деталей обертання (валів, втулок) є поверхні їх опорних шийок. Однак використовувати їх у якості технологічних баз для обробки зовнішніх поверхонь, як правило, важко, особливо за умови збереження єдності баз, що дуже важливо для забезпечення високої точності деталі.

Тому при більшості операцій за технологічні бази приймають поверхні центрових отворів з обох торців заготовок, що дозволяє обробляти майже всі зовнішні поверхні вала на єдиних базах з установкою його в центрах. У зв'язку з цим механічну обробку деталей обертання починають з операції підрізання торців і їхній зацентровки.

4.5. Призначення припусків на обробку

Припуск на обробку поверхні деталей може бути призначений по відповідних довідкових таблицях, ДСТУ або на основі розрахунково-аналітичного методу.

ДСТУ і таблиці дозволяють призначати припуски незалежно від технологі-

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		63

чного процесу обробки деталі й умов його здійснення і тому в загальному випадку є завищеними, містять резерви зниження витрати матеріалу і трудомісткості матеріалу.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку (РАМОП), розроблений проф. В.М. Кованому базується на аналізі чинників, що впливають на припуски попередніх і виконуваного переходів технологічного процесу обробки поверхні. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку по елементах, що складає припуск. РАМОП передбачає розрахунок припусків по всім послідовно виконуваних технологічних переходах обробки даної поверхні деталі (проміжні припуски), їхнє підсумовування для визначення загального припуску на обробку поверхні і розрахунок проміжних розмірів, що визначають положення поверхні, і розмірів заготовки. Розрахунковим розміром є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконаному переході погрішностей обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, і компенсації погрішностей, що виникають на виконаному переході.

Проміжні розміри, що визначають положення оброблюваної поверхні, і розміри заготовки розраховують із використанням мінімального припуску.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків являє собою систему, що включає методики обґрунтованого розрахунку припусків, ув'язування розрахункових припусків із граничними розмірами оброблюваної поверхні і нормативні матеріали.

Застосування РАМОП скорочує в середньому відхід металу в стружку в порівнянні з табличними значеннями, створює єдину систему визначення припусків на обробку і розміри деталі по технологічних переходах і заготовок, сприяє підвищенню культури виробництва.

Призначимо режими різання на зовнішній діаметр деталі 70h10 розрахунково-аналітичним методом, а на інші розміри - табличним.

Припуск на механічну обробку визначимо приймаючи наступну послідов-

					ГММ.301-ПММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		64

ність обробки: чорнове зовнішнє точіння; чистове зовнішнє точіння; шліфування.
Загальний припуск на обробку включає операційні припуски

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3, \quad (4.1)$$

де Z_3 – припуск на чорнове точіння, мм; $Z_3 = 5,5$;

Z_2 – припуск на чистове точіння, мм; $Z_2 = 2,5$;

Z_1 – припуск на шліфування, мм, приймаємо, $Z_1 = 0,6$.

4.6 Технологічна схема процесу

Таблиця 4.1–Технологічна схема

	Найменування і коротке утримування операції. Технологічні бази.	Обладнання
	2	3
005	Фрезерно-відрізна. Пилка сегментна ДСТУ EN ISO 16089:2018; глибина різання $t = 3$ мм; подача 0,10 мм/об; швидкість різання 58 м/хв. Режими різання призначені для легованої сталі. Технологічними базами служать опорні поверхні заготовки. Мета операції- отримання заготовки певної довжини. Контроль операції здійснюється лінійкою типу 1-500 ДСТУ 427:2009.	Фрезерно-відрізний станок 8В66

Продовження таблиці 4.1

	2	3
010	Фрезерна. Фрезерування торців заготовки. Фреза циліндрична 130 ДСТУ EN ISO 16089:2018 Глибина різання $t = 3$ мм, подача 0,8 мм/об, швидкість різання 58 м/хв. Технологічними базами служать опорні поверхні заготовки. Контроль якості робиться штангенциркулем типу ШЦ 1-160-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2008.	Горизонтально-фрезерувальний верстат 6М82
015	Токарна. Розмітити та центрувати торцеві поверхні заготовки. Свердло У6.3 ДСТУ ISO 866:2018. Глибина різання $t = 0,2$ мм; подача 0,2 мм/об; швидкість різання 57 м/хв. Режими різання призначені для легованої сталі. Контроль операції штангенциркулем ШЦ1-160-0.1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2008. Комплект розмітного інструменту	Токарно-гвинторізний верстат 1К62 Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014
020	Токарна. Чорнове зовнішнє точіння Прохідний різець із твердого сплаву ВК8 правий 2100-0109, лівий 2100-0209 ДСТУ ISO 513:2015. Глибина різання $t = 3$ мм, подача 0,71 мм/об, швидкість різання для чорнового точіння легованої сталі групи міцності 550 – 680 МПа з подачею 0,71 мм/об складає 58 м/хв. Технологічними базами служать поверхні центрових отворів оправки. Контроль якості робиться штангенциркулем ШЦ1-160-0.1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2008	Токарно-гвинторізний верстат 1К62 Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014 Центри ISO 298

Продовження таблиці 4.1

	2	3
025	Токарна. Чистове зовнішнє точіння Прохідний різець із твердого сплаву ВК8 правий 2100-0109, лівий 2100-0209 ДСТУ ISO 513:2015. Глибина різання $t = 3$ мм, подача 0,71 мм/об, швидкість різання для чорнового точіння легованої сталі групи міцності 550 – 680 МПа з подачею 0,71 мм/об складає 58 м/хв. Технологічними базами служать поверхні центрових отворів оправки. Контроль якості робиться штангенциркулем ШЦ1-160-0.1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2008	Токарно-гвинторізний верстат 1K62 Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014 Центри ISO 298
030	Свердлильна. Розмітити торець , свердлити два отвори , нарізати різьбу. Свердло 1012-010 ДСТУ ISO 494:2018. Глибина різання $t = 0,2$ мм, подача 0,2 мм/об, швидкість різання для свердління легованої сталі групи міцності 550 – 680 МПа з подачею 0,2 мм/об складає 57 м/хв. Технологічними базами служать поверхні зовнішніх опорних шийок. Контроль якості робиться штангенциркулем.	Вертикально-свердлильний станок 2Г175
035	Термічна. Виконати нормалізацію зовнішніх поверхонь вала струмом високої частоти з охолодженням на повітрі протягом 3 годин	Установка для нагріву СВЧ К512АЕ
040	Слюсарна Зачищення неопрацьованих поверхонь вала, видалення задирок, гострих крайок.	Верстак слюсарний

Продовження таблиці 4.1

	2	3
045	Шліфувальна. Шліфування зовнішніх поверхонь вала під номінальний розмір. Круг ПП 150x25x35.25АСМ-5К ДСТУ ISO 603-1:2019 дрібнозернистий, зернистість 50/40 – для чистового і 40/28 – для остаточного шліфування ДСТУ ISO 603-1:2019. Глибина різання $t = 0,3$ мм; подача 0,51 мм/хв; швидкість обертання кола 35 м/с; швидкість обертання заготовки 60 м/хв. Технологічними базами служать поверхні центрових отворів оправки. Післяопераційний контроль якості робиться мікрометром типу МК 50-75 ДСТУ EN ISO 3611:2022	Круглошліфувальний верстат 3Б161 Центри ISO 298
050	Контроль остаточний. Зробити загальний контроль якості партії на контрольному столі за допомогою граничних калібрів – прохідної і непрохідної	Плита контрольна ДСТУ 20149:2009

5.7 Визначення проміжних припусків і проміжних розмірів при обробці

поверхні вала діаметром $\varnothing 70h10\left(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ +0.003 \end{smallmatrix}\right)$

Основними величинами від яких залежить значення припуску є найбільший діаметр деталі ($\varnothing 130$ мм) та загальна довжина деталі (2330мм).

Для виготовлення деталі за вимогами креслення необхідно виконати такі

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		68

операції:

- чорнове обточування;
- чистове обточування;
- шліфування.

Таблиця 5.2 припусків складається від кінцевого значення найбільшого діаметра деталі – Ø 70.

Таким чином, приймаємо найближчий більший діаметр із стандартного сортаменту круглого прокату за ДСТУ 4738:2007 сталь 40Х 40Х ДСТУ 7806:2015, тому заготовка має такі розміри: діаметр 70 мм і довжина 955 мм. У результаті чого припуск на чорнове точіння зменшиться до значення 3 мм.

Проміжні розміри визначаємо методом додавання значень припусків по максимальних і мінімальних значеннях, починаючи дію з розмірів деталі.

Таблиця 5.2–Елементи припуску

Операція	Квалітет		Елементи припуску, мкм				Проміжні розміри, мм		Проміжні припуски, мм	
			Ra	T	ρ	ε	Dmax	Dmin	Zmax	Zmin
Заготовка	Б	1,3	100	150	520	125	77,6	77,1		
Токарна										
чорнова	h10	0,3	60	60	360	125	72,1	71,7	3,5	3,44
чистова	h10	0,12	20	30	280	125	70,6	70,5	1,5	1,2
Шліфувальна	k6	0,025	1,25	20	200	125			0,6	0,53

4.8 Вибір обладнання, пристосувань та інструмента

Для виконання токарних операцій (15-20) вибираємо універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20, призначений для виконання різноманітних токарних робіт. Завдяки своїй швидкохідності (до 1600 об/хв) та потужності 11 кВт

він дає можливість виконувати токарні роботи з використанням різноманітних твердосплавних матеріалів.

Для правильного базування деталей, підвищення продуктивності праці та розширення технологічних можливостей верстатів застосовуємо різні універсальні пристосування: кулачкові патрони, люнети, станкові тиски.

При виконанні відрізної операції будемо застосовувати призму універсальну з гідрозажимом. При фрезеруванні торців використовуємо лещата 1400-2543 ДСТУ ISO 10817-1:2024. Для токарних операцій прийнято: патрон самоцентруючий трьохкулачковий за ДСТУ ISO 3442-1:2014; центри за ISO 298, люнет роликів ДСТУ 17166:2008.

Основні фактори, що визначають вибір ріжучого інструменту: спосіб обробки; розміри, форма, точність та якість обробки деталі; матеріал деталі та інструмента; тип верстату, на якому буде оброблятися деталь. В якості ріжучого інструменту вибираємо: фрезу торцеву D300 мм ДСТУ EN ISO 16089:2018; різець прохідний T15K6 ДСТУ ISO 513:2015.

Для контролю якості технологічного процесу виготовлення вала будемо використовувати: лінійку вимірювальну металічну 0-250 ДСТУ 427:2009; штангенциркуль ШЦ-I 125-01 ДСТУ EN ISO 13385-1:2008; мікрометр МК 50...75 ДСТУ EN ISO 3611:2022.

4.9 Визначення режимів різання

Глибина різання t , при чорновому точінні і відсутності обмежень потужності устаткування, жорсткості системи ВПД приймається рівної припуску на обробку: при чистовому точінні припуск зрізається за два і більш проходи.

На кожному наступному проході варто призначати меншу глибину різання, чим на попередньому. При параметрі шорсткості обробленої поверхні $Ra = 2,5$ мкм, включно $t = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ мм.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		70

Призначимо подачу S .

Відповідно до рекомендацій табл. 11 [17], приймаємо $S = 0,71$ мм/об.

Швидкість різання v , м/хв.

За картою “Швидкість різання” [19] $\sigma_v = 720$ МПа, з глибиною різання $t = 1,5$ мм, з подачею $S = 0,71$ мм/об для різця з головним кутом у плані $\varphi = 45^\circ$, інтерполюючи, отримаємо

$$V_1 = 82 - \frac{82 - 73}{0,23} \cdot 0,07 = 79,3. \quad (4.1)$$

Узгоджуємо отримане значення швидкості різання з паспортними даними верстата та отримаємо фактичне значення 79,1 м/хв.

Сила різання P .

За таблицями нормативів „Сила подачі” [19] визначаємо, що при обробці деталі з глибиною різання $t = 1,5$ мм з подачею $S = 0,71$ мм/об при вершині різця 45° , сила подачі $P_x = 1090$ Н, тобто менше, ніж допускає механізм поздовжньої подачі верстата.

Потужність різання

За нормативами згідно з картою „Потужність необхідна для різання” [19] при чорновому обточуванні поверхні заготовки із сталі 40Х з межею міцності $\sigma_v = 720$ МПа, з глибиною різання $t = 1,5$ мм, подачею $S = 0,71$ мм/об і швидкістю різання $V = 79,1$ м/хв – потужність, яка необхідна для різання $N_e = 5,8$ кВт.

Визначаємо потужність на шпинделі, кВт, верстата за формулою

$$N_{\text{шп}} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (4.2)$$

де η – ККД верстата, $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = \frac{5,8}{0,8} = 7,25. \quad (4.3)$$

Значення $N_{\text{шп}}$ повинно бути меншим або рівним потужності електродвигуна верстата, тобто $N_{\text{шп}} \leq N_{\text{дв}}$.

Отже, обробка деталі (вала) в даному випадку можлива, оскільки

$$N_{\text{шп}} = 7,25 \leq N_{\text{дв}} = 10. \quad (4.4)$$

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		71

Визначення основного (технологічного) часу

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (4.5)$$

де i – число проходів різця.

$$L = l + l_{ep} + l_{nep} \quad (4.6)$$

При прохідному різці $\varphi = 45^\circ$, $l_{ep} = l_{nep} = 11$ мм;

а при куті різання $\varphi = 90^\circ$, $l_{ep} = l_{nep} = 4$ мм (за таблицею).

Для поверхні (1), хв.,

$$t_{01} = (308 + 11) \cdot 1 / 315 \cdot 0,71 = 1,42. \quad (4.7)$$

Для поверхні (2), хв.,

$$t_{02} = (65 + 4) \cdot 2 / 315 \cdot 0,71 = 0,62. \quad (4.8)$$

Для поверхні (3), хв.,

$$t_{03} = (20 + 4) \cdot 1 / 315 \cdot 0,71 = 0,11. \quad (4.9)$$

Для поверхні (4), хв.,

$$t_{04} = (128 + 4) \cdot 2 / 315 \cdot 0,71 = 1,18. \quad (4.10)$$

Для поверхні (5), хв.,

$$t_{05} = (83 + 4) \cdot 1 / 315 \cdot 0,71 = 0,39. \quad (4.11)$$

Для поверхні (6), хв.,

$$t_{06} = (33 + 4) \cdot 1 / 315 \cdot 0,71 = 0,17. \quad (4.12)$$

Основний час на операцію обточки по діаметру – чорновий, хв.,

$$t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06} = 3,89. \quad (4.13)$$

Визначаємо $T_{шт}$, на виконання операції, хв,

$$T_{шт} = t_{оп} + t_{доп}. \quad (4.14)$$

$$t_{опер} = t_0 + (30...50)\%t_0 = t_{оп} = 3,89 + 1,95 = 5,84. \quad (4.15)$$

t допоміжне включає: t технічного обслуговування + t фізичні потреби.

$$t_{доп} = (5...8)\% t_{оп}. \quad (4.16)$$

$$T_{шт} = 5,84 + 0,47 = 6,31. \quad (4.17)$$

Технологічний процес виготовлення вала оформляємо маршрутно-операційною картою за ДСТУ 3.1105:2014.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		72

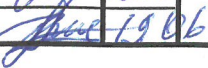
Висновки

В результаті проведеного огляду існуючих конструкцій копрових установок, з визначенням їх недоліків і переваг були запропоновані подальші напрями для удосконалення. Запропонована схема незалежного приводу і керування пневмоколісного ходового пристрою дозволяє підвищити прохідність та маневреність машини.

Наведений вигляд загальний мобільного копра запропонованої конструкції, описаний принцип його дії. Виконані розрахунки основних параметрів, визначені параметри складових частин та вузлів. Виконані розрахунки на міцність елементів приводу та конструкцій.

Представлені складальні креслення вузлів запропонованої установки, а також розроблені робочі креслення основних деталей.

Технологічна частина проекту демонструє володіння методикою визначення параметрів технологічного процесу виготовлення деталі вал.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Висновки		
Розроб.	Луговий			11.06			
Перев.	Коробко			13.06			
Н. контр.	Васильєв			19.06			
Затв.	Орисенко			19.06			
					Літ.	Лист	Листів
					Н	73	1
					НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

Список літератури

1 Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А – К. — 640 с. — ISBN 966-7804-14-3.

2 Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.

3 Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 390 с.

4 Rao, K. K. An Introduction to Granular Flow [Text] / K. K. Rao, P. R. Nott. — New York : Publ. in the USA by Cambridge University. Press, 2008. — 490 p. doi: 10.1017/cbo9780511611513.003.

5 Лівінський О.М., Пшінко О.М., Савицький М.В., Курок О.І., Єсипенко А.Д., Бабиченко В.Я., Коваленко В.М. Пелевін Л.Є., Смірнов В.М., Волянчук В.О. Будівельні машини та обладнання. Підручник.-К.: Українська академія наук; «МП Леся», 2015,—612с.

6 Онищенко О. Г., Драченко Б. Ф., Головкін О. В. Механізація опоряджувальних робіт у будівництві. — К. Урожай, 1998. —320 с.

7 Лютенко В.Є. Машини будівельної індустрії: навч. посіб. — Полтава : ПолтНТУ, 2019. — 147 с.

8 Онищенко О.Г., Онищенко В.О., Литвиненко С.Л., Коробко Б.О. Будівельна техніка: підручник. — Київ: Кондор-Видавництво, 2017. — 424 с

9. ДБН В.1.1-12-2006. Будівництво в сейсмічних районах. — Чинний від 2007-01-02. — Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2007. — 78 с.

10. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. — Чинний від 2008-07-01. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. — 72 с.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Список літератури		
Розроб.	Луговий		Л.В.И.	11.06			
Перев.	Коробко		В.В.	12.06			
Н. контр.	Васильєв		В.В.	19.06			
Затв.	Орисенко		В.В.	19.06			
					Літ.	Лист	Листів
					Н	74	2
					НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.		

11 ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Чинний від 2009-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 75 с.

12 Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко; Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавство та агрохімії ім. О.Н.Соколовського" УААН. - К.: Аграр. наука, 2005. - 300 с.

13 В.А. Панченко, М.Г. Костюк, А.О. Качура. // Навч. Посібник: Технологія і механізація будівельних процесів – Х., ХНАМГ, 2005. – 241 с.

14 Баладінський В. Л., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Будівельна техніка: Підручник. – Київ-Полтава: КНУБА-ПолтНТУ, 2002. – 463с.

15 Будівельні і меліоративні машини / В. Л. Баладінський, В. С. Зінь, С. В. Кравець та ін. – Рівне: РДТУ, 1998. –404 с.

16 Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.

17 Сівко В. Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 360 с.

18. Кузьмінець М.П. Формування комплексу спеціальних землерийних машин для роботи в умовах діючих магістральних трубопроводів: дис. ... д-ратехн. наук. К., 2013. 313 с

19 Полянський С. К. Будівельнодорожні та вантажопіднімальні машини / Полянський С. К. – К. : Техніка, 2001. – 624 с.

19 ДСТУ Б В.2.7-137:2008 Будівельні матеріали.

20 <http://ntb.org.ua/ntb/machinery/building/pbeton/sb350/>

21 <https://fsbud.com.ua/equipment/>

22 <http://www.mpssm.ua/fmtec11ssb02.php>

23 https://hydromarket.com.ua/ua/g71321212-svaebojnoe-oborudovanie?srsId=AfmBOooQCIVPDL-MStkauXTratGvtJinP_plJRxsGYNCRt0LtdB6mzKX

24 https://kranbud-kzk.kiev.ua/palovdavlyuyucha_mobilna_ustanovka.

					ГММ.301-пММ.020-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		75

Додаток

маршрутно-операційна карта виготовлення вала

[illegible]

А	Цех	Від.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К. шт.	Т. шт.	Н. шт.
Б	Код, найменування обладнання															
К/М	Найменування деталі, ск. одиниці або матер.															
А 01	Патрон ГОСТ 2675-80, люнет ГОСТ 6215-82, різець прохідний Т15К6, ШЦ-1, 0-160-0,1															
Б 02	25 Токарна															
03	Верстат токарно-гвинторізний 1К62															
04	Проточити начисто поверхні Ø65, 70, поверхні Ø42, 35к6, 30к6, точити фаску 2 × 45°, підрізати торці															
05	Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014, люнет ДСТУ 21190:2008, різець прохідний 2100-0209 ДСТУ 9795:2008, ШЦ-1, 0-160-0,1															
06	30 Свердлильна															
07	Верстат токарно-гвинторізний 16К20															
08	Розмітити торець, свердлити два отвори, нарізати різьбу															
09	Свердло 1012-010 ДСТУ ISO 194:2018, метчик М 8 ДСТУ 19740:2009, ШЦ-1, 0-160-0,1															
10	36 Термічна															
11	Установка для нагріву СВЧ К512АЕ															
12	Виконати нормалізацію, нагріти в печі та охолодити на повітрі 3 години															
13	40 Слюсарна															
14	Верстак слюсарний 2268															
15	Запиляти гострі кромки															
16	Лещата 140-2543 ДСТУ ISO 10817-1:2024															
17	45 Шліфувальна															
18	Верстат круглошліфувальний 3Б161															
19	Шліфувати поверхні в розмір Ø65к6, 70к6															

A	Цех	Від.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа									
Б					Код, найменування обладнання	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	К. шт.	Т. шт.
К/М					Найменування деталі, ск. одиниці або матер.	Позначення і код									
A 01					Центр 1405-2041 ДСТУ ISO 14015:2009, круг ПВ 200х100х150 24А 10-П С2 7 К5 ДСТУ ISO 603-1:2022, мікрометр МК 50-75 ДСТУ ISO 3611:2022										
B 02					50 Контрольна										
03					Плита контрольна ДСТУ 20149:2009										
04					Контролювати якість геометричних параметрів деталі										
05					ШЦ-1, 0-160-0,1, лінійка 0-500, МК 50-75 ДСТУ ISO 3611:2022										
06					Центр 1405-2041 ДСТУ ISO 14015:2009, круг ПВ 200х100х150 24А 10-П С2 7 К5 ДСТУ ISO 603-1:2022, мікрометр МК 50-75 ДСТУ ISO 3611:2022										
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Перш застосу		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
						Документація		
		A1			ГММ.301-пММ.020-02.00.000 СК	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
				1	ГММ.301-пММ.020-02.01.000СК	Корпус	2	
				2	ГММ.301-пММ.020-02.02.000СК	Плита	1	
				3	ГММ.301-пММ.020-02.03.000СК	Опора	1	
				4	ГММ.301-пММ.020-02.04.000СК	Опора	1	
				5	ГММ.301-пММ.020-02.05.000СК	Опора	2	
				6	ГММ.301-пММ.020-02.06.000СК	Опора	2	
		A1		7	ГММ.301-пММ.020-02.07.000СК	Барабан	2	
						Деталі		
				8	ГММ.301-пММ.020-02.00.008	Диск фрикційний	1	
				9	ГММ.301-пММ.020-02.00.009	Диск фрикційний	1	
				10	ГММ.301-пММ.020-02.00.010	Вилка	2	
				11	ГММ.301-пММ.020-02.00.011	Вал	2	
				12	ГММ.301-пММ.020-02.00.012	Колесо зубчасте	1	
				13	ГММ.301-пММ.020-02.00.013	Колесо зубчасте	1	
				14	ГММ.301-пММ.020-02.00.014	Диск фрикційний	1	
				15	ГММ.301-пММ.020-02.00.015	Диск фрикційний	1	
				16	ГММ.301-пММ.020-02.00.016	Кришка	1	
				17	ГММ.301-пММ.020-02.00.017	Планшайба	1	
				18	ГММ.301-пММ.020-02.00.018	Планка прижимна	1	
		ГММ.301-пММ.020-02.00.000 Ледідка двохбарабанна Літ Лист Листів 1 3 НУП, ННІТР 301-пММ, 2026 р.						
		Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	Луговий	Л.М.	11.06			
		Перевір.	Коробко	В.В.	19.06			
		Н.контр.	Васильєв	В.В.	19.06			
		Затв.	Орисенко	В.В.	19.06			
		Копіював						
		Формат А4						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		19	ГММ.301-пММ.020-02.00.019	Кришка	1	
		20	ГММ.301-пММ.020-02.00.020	Кришка	1	
		21	ГММ.301-пММ.020-02.00.021	Кришка	1	
		22	ГММ.301-пММ.020-02.00.022	Шайба прижимна	2	
		23	ГММ.301-пММ.020-02.00.023	Шайба прижимна	2	
		24	ГММ.301-пММ.020-02.00.024	Кришка	2	
		25	ГММ.301-пММ.020-02.00.025	Втулка	2	
		26	ГММ.301-пММ.020-02.00.026	Втулка	2	
		27	ГММ.301-пММ.020-02.00.027	Кольцо	2	
		28	ГММ.301-пММ.020-02.00.028	Кольцо	2	
		29	ГММ.301-пММ.020-02.00.029	Палець	2	
				Стандартні вироби		
				Болти по ДСТУ EN ISO 4014:2022		
		30		M12-6gx50.58.016	24	
		31		M10-6gx40.58.016	26	
		32		M10-6gx60.58.016	24	
		33		M14-6gx60.58.016	32	
		34		M14-6gx800.58.016	26	
		35		M10-6gx50.58.016	24	
		36		M12-6gx70.58.016	24	
		37		M10-6gx30.58.016	24	
		38		M12-6gx40.58.016	36	
		39		Гайка M12-6H.5.016		
				ДСТУ ISO 4032:2002	32	
		40		Шайба 16.65Г.016		
				ДСТУ EN ISO 10673:2022	4	
		41		Шплінт 2x30		
				ДСТУ ISO 1234	4	

[illegible]

Изм.	Лист
------	------

Копировал

[illegible]

