

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

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

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

на тему: **Малогабаритна мобільна бурова установка**

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-72

Баранов Владислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., старший викладач Беліков К. О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці  
(назва розділу)

ст.викладач Ковтун А.І.  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**

Баранов Владислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Малогабаритна мобільна бурова установка

керівник проєкту Беліков Костянтин Олександрович, старший викладач, к.т.н.

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

затверджена наказом по університету від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту Розробити малогабаритну мобільну бурову установку із параметрами: робочий хід гідроциліндра – 2200 мм, зусилля прямого ходу – 3000 кг, зусилля зворотнього ходу – 2500 кг, швидкість прямого ходу – 15 см/с, зворотнього – 22 см/с, частота обертання гідромотора – 120 об/хв, макс. крутний момент – 1500 Нм. Розрахувати гідравлічні втрати та підібрати обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки Розділ 1. Бурові установки та їх застосування. Розділ 2. Розрахунок гідравлічної системи установки. Розділ 3. Технологія машинобудування. Розділ 4. Охорона праці.

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

4 креслення формату А1 ( перший лист – гідравлічна система мобільної бурової установки, другий лист – електрична схема установки, третій лист – складальне

креслення гідроциліндра, четвертий лист – загальний вид мобільної бурової установки), 1 плакат формату А1, презентація.

#### 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 14.04.2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз будови існуючих бурових установок	16.04.2021	
2	Розробка принципової гідравлічної схеми	27.04.2021	
3	Проведення розрахунку параметрів гідроциліндра	30.04.2021	
4	Розрахунок та підбір гідравлічного обладнання	01.04.2021	
5	Гідравлічний розрахунок системи	05.05.2021	
6	Розробка електричної схеми	10.05.2021	
	Підбір електричного обладнання	15.05.2021	
	Технологія машинобудування	18.05.2021	
7	Охорона праці	24.05.2021	
8	Схема малогабаритної мобільної бурової вигляд загальний	29.05.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## Анотація

Дипломний проєкт на тему: «Малогабаритна мобільна бурова установка» складається з 4 розділів, обсяг пояснювальної записки – 62 сторінки друкованого тексту, включає в себе 48 рисунків, 7 таблиць, чотири листи формату А1.

Метою проєкту є розробка малогабаритної мобільної установки та введення в її систему електричного керування. В ході роботи здійснено аналіз існуючих бурових установок, детальніший розгляд мобільних їх видів, а також технології шнекового буріння. Зроблено підбір обладнання як для гідравлічної, так і для електричної систем установки, проведені гідравлічні розрахунки.

У першому розділі розглядаються види та застосування бурових установок в цілому, їхні переваги в порівнянні з іншими видами таких машин.

У другому розділі представлені задані кінцеві параметри, по яким відбувається розрахунок гідроциліндра і наступних гідравлічних апаратів та їхній підбір.

У розділі «Технології машинобудування» спланований технологічний процес виготовлення та обробки кронштейна для панелі оператора.

У розділі «Охорона праці» представлені вимоги до робочого місця, а саме по електробезпеці, пожежній безпеці, вимоги до мікроклімату у приміщенні та освітлення, де відбувався процес проектування.

## Inhaltsangabe

Diplomarbeit zum Thema: "Kleine mobile Bohranlage" besteht aus 4 Teilen, der Umfang der Erläuterung - 62 Seiten von gedrucktem Text, der 48 Abbildungen, 7 Tabellen, vier Blätter im A1-Format enthält. Ziel des Projektes ist Entwicklung einer kleinen mobilen Anlage und darin eine elektrische Steuerung einzuführen. Im Zuge der Arbeiten erfolgt die Analyse der bestehenden Bohranlagen und ihrer mobilen Bauarten, sowie Technologien des Schraubenbohrens. Die Auswahl der Ausrüstung sowohl für hydraulische als auch für elektrische Installationssysteme wurde getroffen, hydraulische Berechnungen wurden durchgeführt.

Im ersten Abschnitt werden die Arten und Anwendungen von Bohrgeräten im Allgemeinen und ihre Vorteile gegenüber anderen Arten solcher Maschinen erörtert.

Im zweiten Abschnitt werden die eingestellten Endparameter, auf die eine Berechnung des Hydraulikzylinders und der nachfolgenden Hydraulikgeräte und deren Auswahl erfolgt, vorgestellt.

Im Abschnitt "Fertigungstechnik" wird der technologische Prozess der Herstellung und Verarbeitung der Halterung für das Bedienfeld geplant.

Der Abschnitt „Arbeitsschutz“ stellt die Anforderungen an den Arbeitsplatz dar, nämlich elektrische Sicherheit, Brandschutz, Anforderungen an das Mikroklima im Raum und Beleuchtung, an der der Planungsprozess stattfand.

# **Пояснювальна записка до дипломного проєкту**

на тему: Малогабаритна мобільна бурова установка

---

Київ – 2021 року

ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1. БУРОВІ УСТАНОВКИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	11
1.1. Конструктивні особливості бурових установок.....	12
1.2. Застосування бурових установок.....	13
1.3. Мобільні бурові установки.....	14
1.3.1. Застосування МБУ в нафтогазовій промисловості.....	14
1.3.2. Переваги застосування МБУ в нафтогазовій області.....	15
1.3.3. Застосування МБУ в будівництві .....	16
1.3.4. Види будівельних мобільних бурових машин .....	18
1.3.5. Переваги використання МБУ в будівничій сфері.....	20
1.4. Застосування мобільних бурових установок у інших сферах .....	21
1.5. Використання технології шнекового буріння .....	23
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1. ....	24
МЕТА ТА ЗАДАЧІ.....	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	27
2.1. Розробка та аналіз гідравлічної схеми установки .....	27
2.2. Розрахунок гідроциліндра .....	29
2.3. Підбір обладнання .....	31
2.3.1. Розрахунок гідромотора .....	31
2.3.2. Підбір насоса.....	31
2.3.3. Вибір двигуна .....	33
2.3.4. Розрахунок бака.....	34
2.3.5. Підбір теплообмінника .....	34
2.3.6. Підбір фільтрів .....	35
2.3.7. Підбір розподільників.....	36

					МА 7202.ДПО100.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Баранов В. В.			Малогабаритна мобільна бурова установка. Пояснювальна записка	Лист.	Аркцш
Перевір.		Бєліков К. О.					7
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Н. Контр.							
Затверд.							

2.3.8.	Підбір регулятора потоку .....	37
2.3.9.	Підбір зворотних клапанів .....	38
2.3.10.	Підбір гідравлічних замків.....	38
2.3.11.	Підбір датчиків рівня і температури .....	38
2.3.12.	Вибір манометрів для системи .....	39
2.3.13.	Вибір клапанів тиску .....	39
2.3.14.	Вибір підпірного клапану.....	40
2.3.15.	Підбір горловини заливної.....	40
2.4.	Вибір робочої рідини.....	40
2.5.	Гідравлічний розрахунок .....	41
2.5.1.	Визначення втрат на гідравлічне тертя.....	41
2.5.2.	Розрахунок втрат на місцевих опорах.....	46
2.5.3.	Розрахунок втрат в гідроапаратах .....	47
2.5.4.	Розрахунок сумарних витрат тиску на лініях.....	48
2.6.	Розрахунок гідроциліндра на стійкість .....	48
2.6.1.	Розрахунок товщини стінки .....	48
2.6.2.	Розрахунок півкілець .....	48
2.6.3.	Розрахунок гідроциліндра на стійкість.....	49
2.7.	Розробка електричної системи .....	50
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2. ....		51
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ .....		52
3.1.	Опис деталі, що виготовляється.....	52
3.2.	Вибір матеріалу та розрахунок кількості та вартості заготовок.....	52
3.3.	Розрахунок часу обробки.....	57
3.4.	Підбір інструментів для обробки .....	58
3.5.	Процес виготовлення в САПР.....	61
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3. ....		63
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....		64
4.1.	Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення кімнати.....	64
4.2.	Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії.....	65



4.3. Вимоги до освітлення під час роботи в кімнаті .....	66
4.4. Електробезпека .....	69
4.5. Пожежна безпека .....	69
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 .....	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	71
Список використаних джерел .....	72

## ВСТУП

Здавна людство прагнуло проникнути в надра землі, щоб відшукати цінні ресурси: воду, руди, золото, інші копалини. Зробити це вдалось лише у першій половині XIX століття, коли з'явилась перша бурова установка. З того часу технології буріння здійснили великий крок уперед. Створені мобільні бурові установки різного типу, на колесах та гусеницях, які є ефективними в умовах бездоріжжя та низьких температур. З їхньою допомогою можна виконати велику низку завдань, наприклад, як установка будівельних паль або дорожніх знаків. До того ж, в наш час із постійним збільшенням попиту на всі види ресурсів виникає необхідність у пошуку нових родовищ для експлуатації, і такі установки успішно справляються з такою задачею. Саме одна із таких машин розглядатиметься в цьому дипломному проєкті. В роботу входить аналіз існуючих бурових установок, постановка задачі, та розрахунок гідроприводу.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. БУРОВІ УСТАНОВКИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Бурові установки в сучасному світі застосовуються в різноманітних сферах життя. Такі установки являють собою комплексні машини та механізми для буріння свердловин різного призначення, їх кріплення та шахтних стовбурів. Крім того, технічні характеристики такої установки дають їй можливість проводити буріння для розвідки родовищ нафти, газу і води, а також глибинних геологічних досліджень.

Розрізняють розбірні та нерозбірні бурові установки. Розбірні в свою чергу поділяються на великоблокові і дрібноблокові, які призначаються для створення свердловин глибиною від 2 до 10 км. Великоблокові бурові установки перевозяться на спеціально призначених для цього тягачах, малоблокові в свою чергу транспортуються на авіаційній або автомобільній техніці. З нерозбірних бурових установок розрізняють самохідні та несамохідні. Самохідні установки змонтовані на певному транспортному засобі (наприклад, автомобіль, трактор, судно), за допомогою якого установка переміщується. Несамохідні перевозяться транспортним засобом, у якого немає приводу (причіп, несамохідна бурова основа).

Також є ще один вид бурових установок для кущового буріння, які призначені для створення газових і нафтових свердловин на болотистій місцевості та акваторіях. Такий вид бурових установок дає можливість буріння 50 та більше свердловин з одного агрегату, а переміщується така установка за допомогою гідроциліндрів з гирла створеної свердловини на нову точку по колії чи катках без необхідності розбирання.

Технічні характеристики вищеперелічених установок фактично аналогічні, виникає залежність лише від габаритів моделі. Також установки поділяються по енергопостачанню: на моделі з автономним та централізованим енергопостачанням. При автономному варіанті в якості первинного двигуна слугує ДВЗ або дизель-генераторна установка. Централізоване енергозбереження отримується від промислової електромережі [1].

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## 1.1. Конструктивні особливості бурових установок

Будь-яка бурова установка включає декілька типів органів, які можуть відрізнятись в залежності від принципів дії та цілей. На прикладі стаціонарної бурової установки (рис 1.1), до них входять:

1. Виконавчі органи (головні, ключові). До них відносяться ротори, лебідкове обладнання, підйомні вишки, насоси бурового типу а також системи циркуляції рідини.
2. Органи, які забезпечують установку енергією: мотори (електричні, бензинові, дизельні), приводи, гідросистема, пневматичні пристрої.
3. Додаткові частини, такі як механізми транспортування, додаткові лебідки, металічні вироби, прилади освітлення, засоби водопостачання і т. д.
4. Інформаційно-контролюючі органи, які відповідають за коректування, регулювання і відслідковування параметрів процесу буріння.
5. Органи керування.

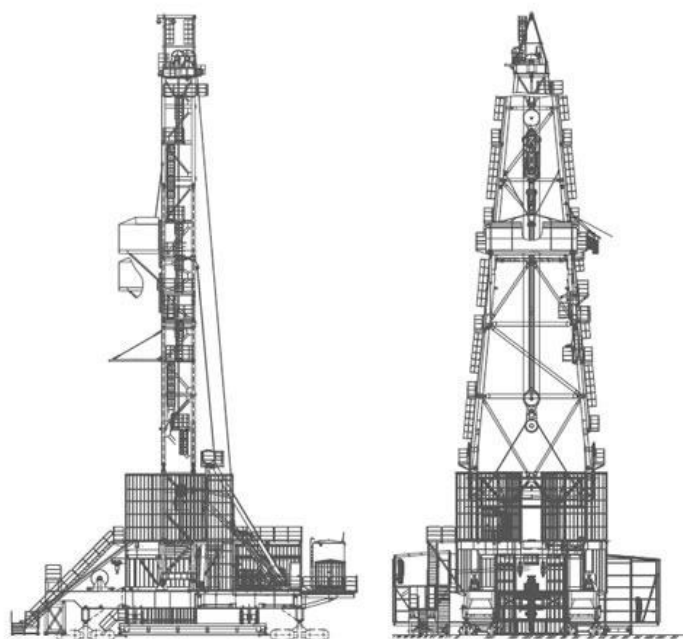


Рисунок 1.1 Стаціонарна бурова вишка

В залежності від діаметра і довжини ствола, виду буріння, в бурову установку можуть входити наступні вузли:

- бурові споруди
- бурові механізми
- енергетичне обладнання
- буровий інструмент для проведення спускопідйомних операцій
- обладнання для роботи з рідкими, газорідними і газоподібними очисними агентами
- противикидне обладнання

## 1.2. Застосування бурових установок

У бурової установки в залежності від застосування, для чого вона застосовуватиметься може бути різна конструкція. Класифікація установок по даному критерію відбувається наступним чином: [1]

- установки для проведення необхідних досліджень в сфері інженерної геології під час будівництва
- установки для організування систем водопостачання, теплових енергетичних устаткувань та робіт в області гідрогеології
- установки для створення пальових фундаментів та несучих конструкцій
- установки, які призначені для побудови ліній електропередач

Однією із сфер застосувань таких установок є газо- та нафтодобування.

Вони використовуються в таких випадках:

1. При створенні свердловин, глибина яких не перевищує глибину 25 метрів і діаметр 20 сантиметрів. Такі свердловини зазвичай облаштовуються для вивчення ґрунту і гірських порід.
2. При бурінні свердловин глибиною 600 метрів, які використовуються для розвідки при вивченні пластів на наявність корисних копалин.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Створення свердловин, довжина яких може сягати 6 000 метрів, які використовуються для розробки нафтових та газових родовищ, а також в випадку проведення глибинної сейсморозвідки
4. Створення особливо глибоких свердловин, довжиною до 15 000 метрів, виконуються для розробки свіжих місць з вмістом газо- та нафтопродуктів.
5. При створенні свердловин для систем водопостачання.
6. В ході робіт по капітальному ремонту свердловин промисловості
7. В процесі перевірки наявності в свердловинах рідких корисних копалин та газоподібних ресурсів.

### 1.3. Мобільні бурові установки

Все більш широкого застосування набувають мобільні бурові установки (МБУ). Ці установки здатні в повній мірі виконувати функції стаціонарної бурової установки, і до того ж мають власну самохідну базу. Мобільні бурові комплекси вантажопідйомністю від 90 до 225 тон здатні створювати вертикальні свердловини глибиною до 4 000 метрів. Застосовуються як в будівництві, так і в нафтогазовій промисловості.

#### 1.3.1. Застосування МБУ в нафтогазовій промисловості

В залежності від методу пересування бурові машини бувають [6]:

- на базі автомобілів, обладнані стріловим механізмом (рис. 1.2). Такі установки застосовуються для встановлення буронабивних паль довжиною до 30 метрів. Із мінусів такого типу можна виділити невелику маневреність;
- на власному пневмоколісному або гусеничному ході. Ці мобільні бурові установки можуть застосовуватись як і при монтажних, так і під час вишукувальних робіт;
- переносні станки.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



*Рисунок 1.2 Мобільна бурова установка на базі автомобіля*

### 1.3.2. Переваги застосування МБУ в нафтогазовій області

1. Мобільність: бурова установка може монтуватись на шасі автомобіля або причепа, що дає можливість використовувати високу швидкість переміщення того ж автомобіля.
2. Нижча собівартість робіт, якщо порівнювати із стаціонарною установкою.
3. Повний цикл робіт займає меншу кількість часу.
4. Такі установки простіше обслуговувати і ремонтувати.
5. Мають високу продуктивність і високі технічні характеристики.

Можливості сучасного самохідного обладнання дозволяють вирішувати задачі, які по технічним характеристикам були доступні лише стаціонарній установці. Обладнання змінним інструментом дає можливість тій ж установці виконувати буріння з різними параметрами. МБУ по призначенню мало відрізняються від стаціонарних і використовуються при виконанні загальних операцій і капітальному ремонту свердловин нафти і газу [2].

Також установка спроектована спеціально для виконання таких операцій, як:

- підймання і спуск труб для буріння, насосних штанг і насосно-компресорних труб;
- фрезерування цементних і піщаних пробок;
- фрезерування бокових отворів в колоні обсадної труби;
- поглиблення свердловин
- освоєння різного роду свердловин

Мобільні бурові установки виконуються в самохідних, змонтованих на автошасі, на півпричепі, а також в залежності від виду клімату: арктичного, помірного та тропічного.

Обладнання, яке входить в МБУ [3]:

- силовий блок, до якого входить двигун та гідромеханічна трансмісія, або ж її аналог
- лебідка з гальмом (механічним), з двома гальмівними стрічками
- гідросистема приводу роторного стола
- щогла
- гачковий блок
- превентори
- керівна система превентора
- гідро-, пневмо-, електросистеми
- роторний стіл (використовується при пересуванні з однієї на іншу свердловини)
- робоча платформа, змонтована на нерухому секцію щогли
- кабіна оператора

### 1.3.3. Застосування МБУ в будівництві

Мобільні бурові установки – один з основних видів будівельної техніки, який використовують для установки фундаменту на залізобетонних палях. Потреба в них обумовлена різноманітними випадками, при яких виконати

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



занурення паль в ґрунт без використання попередньо зроблених свердловин не є можливим.

Необхідність використання МБУ для занурення залізобетонних паль виникає у таких випадках:

1. При проведенні пальових робіт на щільних ґрунтах та мерзлих ґрунтах (рис. 1.3), та в ґрунті з великою кількістю гірських вкраплень. Опір таких ґрунтів паль не може подолати навіть при застосуванні сучасних гідро- та дизельних молотів, а також існує ймовірність деформації залізобетонної конструкції при перебільшенні максимального рівня ударної енергії.
2. При створенні буронабивних та набивних паль, які встановлюють в ґрунт на будівельному майданчику в попередньо пророблених свердловинах.



*Рисунок 1.3 Буріння мерзлого ґрунту під забивання паль.*

Існує спеціальний підклас МБУ, який призначений для використання під час пальових робіт. Такі установки називаються бурильно-пальовими машинами. Відмінною рисою таких установок є одночасна комплектація як обладнанням для буріння (бурова колона) так і обладнанням для забивання паль, до якого входять копрові щогли та дизельні молоти для забивання.

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Використання таких МБУ значно підвищує ефективність роботи, оскільки лідерне буріння та занурення палів виконуються за допомогою однієї машини, а не окремих копрових та бурової, що буває при застосуванні вузькоспеціалізованого обладнання. [3]

#### 1.3.4. Види будівельних мобільних бурових машин

Класифікація МБУ на види виконується згідно двох факторів: в залежності від особливостей конструкції і виходячи з функціонального значення. По особливостям конструкції, МБУ поділяються на колісні та гусеничні.



*Рисунок 1.4 Гусенична бурова установка*

В основному гусеничні МБУ (рис. 1.4) застосовуються при виконанні великих об'ємів бурильних робіт. Такі установки продуктивніші в порівнянні з їхніми колісними аналогами, в них більша вантажопідйомність і вищий підйом щогли, що дає можливість застосовувати потужне навісне обладнання. Проте, маневреність та мобільність такого виду МБУ значно менше – їх доставка на об'єкт робіт вимагає використання транспорту, а саме тягачів з причепами, де МБУ перевозиться в напіврозібраному стані, що підвищує кошторис проведення робіт.

Згідно з особливостями конструкції бурові машини так поділяються по типу робочої платформи, яка може бути поворотною або фіксованою. Установки з фіксованою робочою платформою мають здатність вести буріння

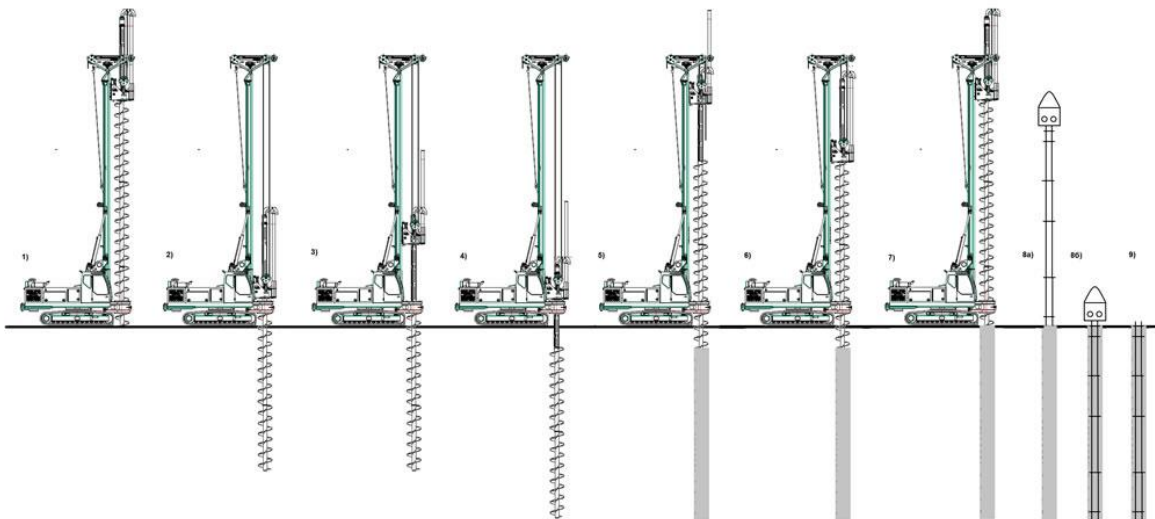
однієї свердловини в межах свого розташування, для пророблення наступної свердловини необхідно переїжджати на нову точку. МБУ з поворотною робочою платформою, які можуть повертатись до 360 градусів, можуть виконувати буріння декількох свердловин в радіусі своєї дії.

Також в залежності від функціонального призначення мобільні бурові установки можна поділити на дві умовні групи: установки для буріння по технології CFA (рис. 1.5) (для облаштування буронабивних паль) і машини для стандартного шнекового буріння (для розробки свердловин під набивні палі і набивку ЗБ-паль) [3].



*Рисунок 1.5 Гусенична установка для CFA-буріння*

МБУ, які виконують буріння по технології CFA, оснащуються безперервним порожнистим шнеком, який має внутрішній канал для закачування в свердловину бетонного розчину зразу після завершення її проходки (рис. 1.6). Видовжується бурова колона в таких установках способом нарощування штанг Келлі. Шнекова колона в стандартних мобільних бурових установках багатосекційна, яка збирається із окремих складових шнеків, які фіксуються різьбовим з'єднанням.



*Рисунок 1.6 Послідовність технології СФА-буріння*

### 1.3.5. Переваги використання МБУ в будівничій сфері

Попит на мобільні бурові машини в будівництві обумовлений низкою переваг МБУ у порівнянні з іншими видами бурової техніки, серед яких можна виділити:

- високу продуктивність – сучасні установки мають здатність бурити до 200 погонних метрів свердловин протягом робочого дня;
- функціональність – МБУ мають місце як при лідерному бурінні, так і при створенні свердловин під буронабивні палі, такі машини мають змогу виконувати вертикальне і похиле буріння;
- надійність і довговічність – при своєчасному технічному обслуговуванні термін експлуатації МБУ може перевищувати 55 років;
- мобільність і маневреність – колісні установки мають здатність своїм ходом добиратись до місця проведення роботи. Це значно зменшує вартість передислокації техніки. Всі бурові машини оснащуються опорами, які дають можливість працювати на нерівній поверхні;
- МБУ можуть бути обладнаними різними інструментами для буріння – від стандартних шнекових бурів для м'якого ґрунту до твердосплавних долот, які призначені для скельних порід;



- можливість буріння під захистом обсадних труб (рис. 1.7) дозволяє МБУ облаштовувати свердловини в незв'язних ґрунтах і ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод.



*Рисунок 1.7 Буріння під захистом обсадної труби.*

#### 1.4. Застосування мобільних бурових установок у інших сферах

Окрім використання МБУ в нафтогазовій промисловості та будівництві, вони застосовуються у багатьох інших сферах, наприклад, для буріння свердловин на воду для приватного водопостачання, тобто гідрогеологічних свердловин (рис. 1.8). В такому випадку застосовуються малогабаритні МБУ, які, як правило, встановлені на шасі невеликого автомобіля, та з використанням гідроприводу. Максимальна глибина буріння на таких МБУ в залежності від технології буріння становить від 25 до 50 метрів. Окрім цього, вони можуть комплектуватись додатковим оснащенням: мотопомпою, плунжерним або

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

центробіжним насосами для буріння з промиванням, гідроприводною лебідкою, пересувною компресорною станцією для буріння свердловин з продуванням і ударно-обертального буріння пневмоударниками. [4]

Перевагами МБУ такого типу є:

- конструкція каретки пересувного обертального елемента забезпечує його боковий поворот для звільнення гирла свердловини при роботі з лебідкою в процесі желонування свердловини (використання елемента циліндричної форми, яке призначено для безпечного виймання сміття з свердловини);
- монтаж кронблоку на висувних подовжувачах дає можливість зменшити транспортний габарит бурової установки;
- можлива поставка з вантажною лебідкою для допоміжних робіт при бурінні або лебідки, яка має функцію вільного викиду для желонування свердловини в процесі буріння;
- широкий ряд приводних двигунів дає можливість вибору типу приводу, найбільш підходящих для певних умов робіт;
- монтаж на транспорті підвищеної прохідності дозволяє використовувати МБУ в умовах бездоріжжя.
- відносно низька вартість використання



Рисунок 1.8 МБУ для гідрогеологічних свердловин

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.5. Використання технології шнекового буріння

Оскільки в даній дипломній роботі передбачається використання буріння з використанням шнека (рис. 1.9), варто розглянути цю технологію. Завдяки своїй простоті отримала широке поширення у використанні. [5] Може втілюватись як стандартною, так і малогабаритною буровою установкою. Необхідно забезпечити достатньою частотою обертання шнекову колону, частота знаходиться в діапазоні від 100 до 200 обертів на хвилину. При перевищенні даного параметра відбувається вібрація, а при зниженні обертів транспортування породи на поверхню значно погіршується. В більшості випадків може вестись робота без прикладеного навантаження на буровий інструмент, оскільки через рихлість ґрунту він може входити в породу під власною вагою. [4]



*Рисунок 1.9 Приклад процесу буріння шнеком*

Така технологія є однією з найпростіших і раціональних способів отримання свердловин в ґрунті низького ступеню твердості, такі як чорнозем, торф, глина, пісок. Діаметр такої свердловини може сягати 80 см. Головним недоліком шнекового буріння є обмеження по глибині свердловин, яку можна досягти без застосування додаткового обладнання. Тим не менше, однією з переваг є висока швидкість проходження. Зношення бурової коронки при цьому дуже низьке, оскільки опір з боку породи дуже низький, а також можна уникнути повторного дробіння і перемелення вже відділеного від забою

грунта. Як тільки порода знімається породоруйнівним буровим інструментом, вона тут же попадає шнек, який обертається з високою швидкістю. За рахунок центробіжної сили, що виникає протягом обертання, зруйнована порода прибивається до стінок свердловини і доставляється шнеком на поверхню (рис. 1.10). Решта породи вминається в стінки ребордою шнека, звільняючи забій і знімаючи навантаження з силового агрегату бурової установки.

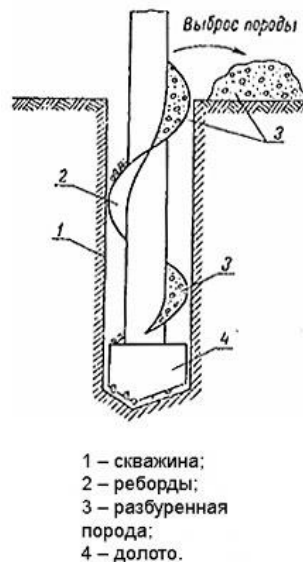


Рисунок 1.10 Процес викиду породи під час буріння

Найпоширеніші напрямки застосування такі:

- установка дорожнього загородження, знаків, та інших невеликих опор
- забір проб ґрунту з різної глибини
- лідерне буріння для створення свердловин для паль
- пересадка дерев
- загвинчування гвинтових паль

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1.

Були розглянуті різні види бурових установок, які використовуються в промисловості, розглянуті їхні конструктивні особливості. Більш детально розглянуті мобільні бурові установки, а саме їхнє застосування, класифікація, види, застосування, яке відбувається, в основному, в нафтогазодобуванні та будівництві. Перелічені переваги застосування в кожній із сфер, з яких

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



можна виділити скорочення часу проведення робіт за рахунок мобільності установки, функціональність. Також описано застосування малогабаритних мобільних установок, в сферах гідрогеології та буріння свердловин на воду. Окремо розглянута технологія шнекового буріння та її особливості, яке відноситься до завдання дипломної роботи. Його перевагами є простота та собівартість роботи такого типу, що зробили використання такого виду буріння одним з найпоширеніших.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## МЕТА ТА ЗАДАЧІ.

Метою роботи є розробка гідравлічної схеми та додання можливості електричного керування для малогабаритної мобільної бурової установки (рис. 1.11) із заданими параметрами, яка транспортуватиметься на причепі, з приводним дизельним двигуном внутрішнього згоряння, гідроциліндром та гідромотором, який виконує обертання робочого інструменту (шнека).

Завдання складається з таких етапів:

- розробка принципової гідравлічної схеми, з врахуванням необхідності постійної підтримки робочих параметрів, а також забезпечення одночасної роботи головних приводів;
- проведення попередніх розрахунків, на базі яких проводиться підбір необхідної апаратури (насос, гідромотор, бак і т. д.);
- проведення гідравлічних розрахунків;
- розробка принципової електричної схеми, підбір електричного обладнання;
- розробка проведення технологічних операцій виготовлення однієї із деталей;
- аналіз умов робочого місця.

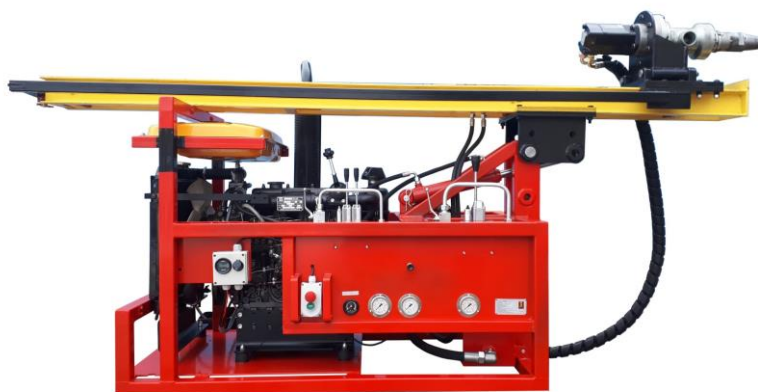


Рисунок 1.11 Загальний вигляд МБУ, що розглядатиметься в дипломному проєкті

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ

У завданні перед розрахунком задаються наступні початкові параметри:

- робочий хід гідроциліндра – 2200 мм
- зусилля прямого ходу – 3000 кг (29420 Н)
- зусилля зворотнього ходу – 2500 кг (24517 Н)
- швидкість прямого ходу штока – 15 см/с
- швидкість зворотнього ходу штока – 22 см/с
- частота обертання гідромотора – 120 об/хв
- максимальний крутний момент гідромотора – 1500 Нм

Маса установки становить 1000 кг, габаритні розміри в робочому стані – 1975x850x2700. Основні операції, які виконують робочі органи – вдавлювання/підняття з ґрунту інструмента. Необхідно забезпечити постійність робочих параметрів інструмента при одночасному використанню як функцій обертання, так і функції вдавлювання. Робочий тиск в системі гідроциліндра приймаємо  $p = 110$  бар (11 МПа). Привод гідросистеми – дизельний двигун з водяним охолодженням.

### 2.1. Розробка та аналіз гідравлічної схеми установки

Гідравлічна схема приведена на рис. 2.1. В установці передбачається використання багатосекційного насоса (2 секції) з різними робочими об'ємами, які приводять в дію основний гідроциліндр та гідромотор окремо. Одночасно потрібне дублювання фільтрів, манометрів, запобіжних та переливних клапанів. В схемі наявний додатковий гідроциліндр, який відповідає за кут нахилу буріння, який приводиться в рух лише раз за час роботи, перед початком власне буріння, тому відпадає необхідність в його детальному розрахунку. Встановлюються регулятори потоку з електричним керуванням, для регулювання швидкостей ходу циліндра та регулювання частоти обертання гідромотора. Для надання стійкості положенню гідроциліндрів встановлюються подвійні гідравлічні замки, а також напірний

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

клапан, для компенсації сили тяжіння і тим самим надання циліндру рівномірного характеру руху при вертикальному режимі роботи шнека. Встановлюються розподільники з електромагнітним керуванням та з необхідною конфігурацією на лініях з використанням гідрозамків. Також ставляться фільтри на всмоктувальні та спільну зливну лінії. В гідравлічний бак вбудовані горловина заливна з фільтром та датчик рівня і температури. Для охолодження рідини на кінці зливної лінії встановлюється теплообмінник.

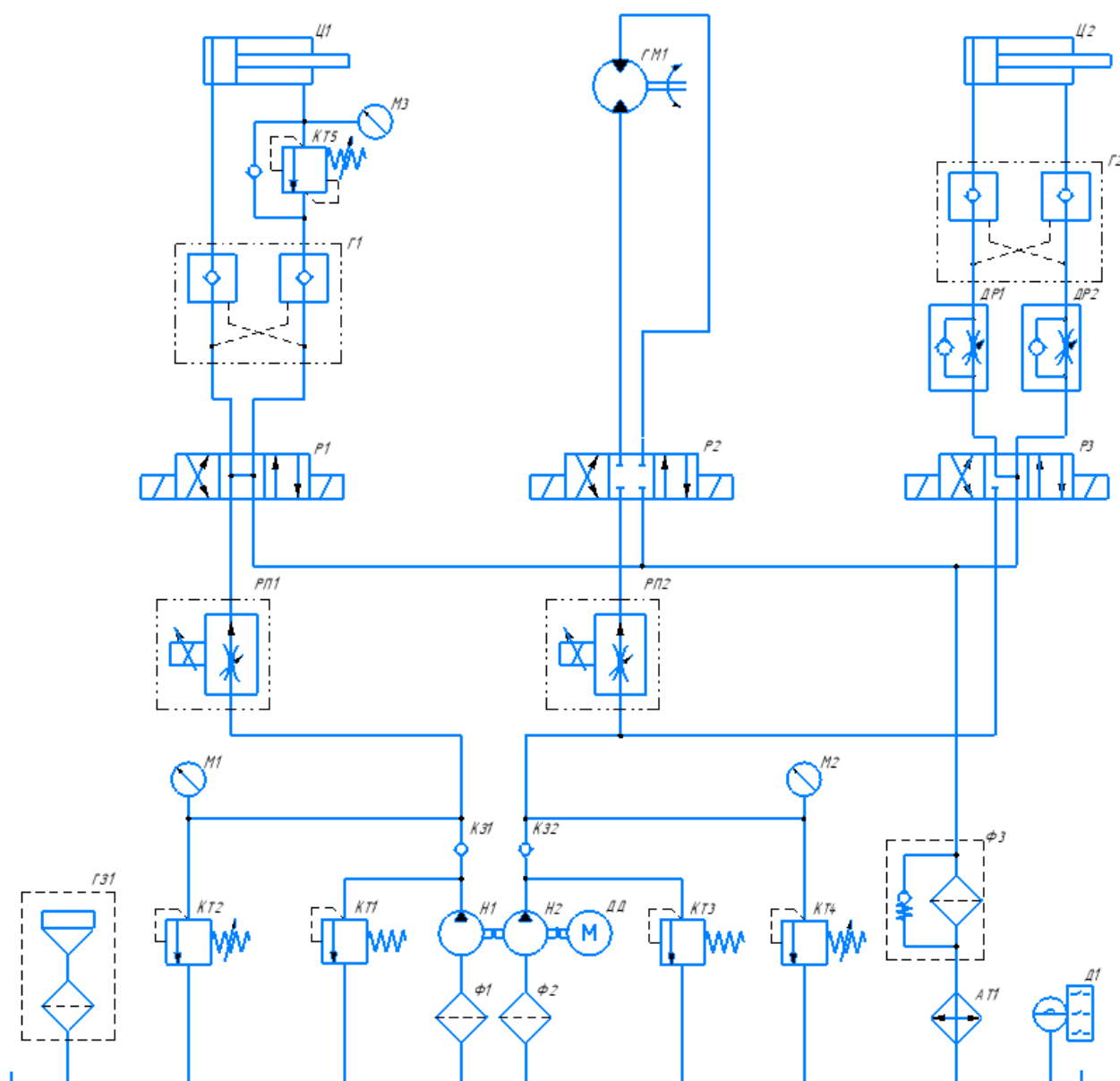


Рисунок 2.1 Гідравлічна схема принципова

## 2.2. Розрахунок гідроциліндра

Для циліндра з однобічним штоком, що працює на стиск при виштовхуванні поршня, внутрішній діаметр становить [7]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi(p_1 - \frac{p_2}{\psi})\eta_M}}$$

де  $P$  – задане робоче зусилля, Н;  $p_1$ ,  $p_2$  – тиск відповідно в напірній і зливальній порожнинах гідроциліндра, Па;  $\psi$  – відношення площ поршня з боку відповідно поршневої і штокової порожнин,  $\eta_M$  – механічний ККД гідроциліндра. Попередньо приймаємо  $p_2 = 0.4$  МПа. Коефіцієнт відношення площ в залежності від виконання циліндра може приймати різні значення. Приймаємо  $\psi = 1.33$ . Механічному ККД гідроциліндра надаємо значення  $\eta_M = 0.9$

Отже, внутрішній діаметр гідроциліндра становить:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi(p_1 - \frac{p_2}{\psi})\eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29420}{\pi(11 \cdot 10^6 - \frac{0.4 \cdot 10^6}{1.33}) \cdot 0.9}} = 62 \text{ мм}$$

Приводимо до стандартного значення  $D = 63$  мм

Діаметр штока можна знайти із співвідношення:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\psi}} = 0.063 \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 31 \text{ мм}$$

Приводимо до стандартного значення  $d = 32$  мм

Визначення розмірів отворів, що підводять рідину

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}}$$

де  $Q$  – витрата рідини через прохідний отвір, м<sup>3</sup>/с;  $v_p$  – середня швидкість руху рідини, м/с. Середню швидкість прямування рідини приймаємо рівною  $v_p = 5$  м/с. [7]

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4\pi D^2 v}{4\pi v_p}} = \sqrt{\frac{0,063 * 0.15}{5}} = 0.0043 \text{ м}$$

Приймаємо мінімальне значення  $d_{\pi} = 10 \text{ мм}$  (3/8" BSP)

Об'єм поршневої порожнини гідроциліндра

$$V_{\pi} = \frac{\pi D^2}{4} * l = \frac{\pi * 0.063^2}{4} * 2.2 = 6.85 \text{ л}$$

Об'єм штокової порожнини гідроциліндра

$$V_{\text{шт}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * l = \frac{\pi * (0.063^2 - 0.032^2)}{4} * 2.2 = 5.09 \text{ л}$$

Розрахуємо необхідну подачу насоса для забезпечення заданого часу виштовхування

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * v * 60 = \frac{\pi * 6.3 * 6.3 * 15 * 60}{4} = 28.74 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

Скоригуємо зворотню швидкість втягування гідроциліндра при заданій витраті

$$v_{\text{зв}} = \frac{4Q}{60\pi(D^2 - d^2)} = \frac{4 * 28.74}{60\pi(6.3 - 3.2)} = 20.7 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Отримане значення приближене до заданого, тому пораховану витрату не змінюємо.

Обчислимо значення об'єму робочої камери насоса:

$$q = \frac{Q}{n} = \frac{28.74}{2500} = 11.49 \text{ см}^3$$

Розрахуємо дійсне зусилля при виштовхуванні та втягуванні

При виштовхуванні

$$F_1 = \frac{p}{S_1}$$

де  $p$  – робочий тиск в системі,  $S_1$  – площа поршня

$$F_1 = \frac{11 * 10^6}{3117.24} = 34272 \text{ Н} = 3494 \text{ кг}$$

При втягуванні

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_2 = \frac{p}{S_2}$$

де  $p$  – робочий тиск в системі,  $S_2$  – площа штока

$$F_2 = \frac{11 * 10^6}{804.24} = 25430 \text{ Н} = 2592 \text{ кг}$$

Розраховані значення в свою чергу теж приблизні до необхідних, що задовольняє початкові умови.

## 2.3. Підбір обладнання

### 2.3.1. Розрахунок гідромотора

Маючи заданий крутний момент та частоту обертання гідромотора, можемо підібрати його із каталогів [12]. Для нашого випадку підходить гідромотор героторного типу МТ-500. Об'єм робочої камери такого мотора становить  $q = 523.6 \text{ см}^3$ , максимальна швидкість обертання 285 об/хв, максимальний крутний момент – 1643,8 Нм, максимальний перепад тиску – 21 МПа, робочий тиск в системі гідромотора становитиме 18 МПа.



Рисунок 2.2 Гідромотор МТ-500

Тип гідромотора VGMT	160	200	230	250	315	400	500
Робоча камера (см³/об.)	161,1	201,4	232,5	251,8	326,3	410,9	523,6
Максимальна швидкість (об./хв)	Постійна	625	625	536	500	380	305
	Інтервалами	750	750	643	600	460	365
Максимальний крутний момент (Нм)	Постійна	470	590	670	730	950	1080
	Інтервалами	560	710	821	880	1140	1280
	Пікова	669	838	958	1036	1346,3	1450,3
Максимальна потужність (кВт)	Постійна	27,7	34,9	34,7	34,5	34,9	31,2
	Інтервалами	32	40	40	40	40	35
Максимальний перепад тиску (МПа)	Постійна	20	20	20	20	20	18
	Інтервалами	24	24	24	24	24	21
	Пікова	28	28	28	28	28	24
Максимальний потік (л/хв)	Постійна	100	125	125	125	125	125
	Інтервалами	150	150	150	150	150	150
Максимальний тиск на вході (Мпа)	Постійна	21	21	21	21	21	21
	Інтервалами	25	25	25	25	25	25
	Пікова	30	30	30	30	30	30
Вага стандартного гідромотора (кг)	19,5	20	20,4	20,5	21	22	23

Рисунок 2.3 Технічні характеристики гідромотора МТ-500

Розрахуємо необхідну витрату для такого гідромотора:

$$Q = qn$$

де  $q$  – об'єм робочої камери,  $n$  – частота обертання валу

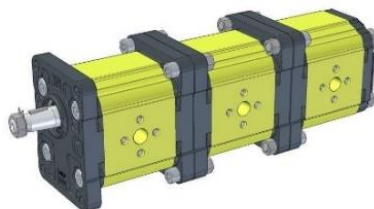
$$Q = qn = 523.6 * 120 = 62.8 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

### 2.3.2. Підбір насоса

Маючи частоту обертання вихідного вала двигуна ( $n = 2500$  об/хв), розраховуємо об'єм робочої камери насоса.

$$q = \frac{Q}{n} = \frac{62.8}{2500} = 25.12$$

Отримавши значення витрати та об'єму камери, здійснюємо підбір насосу. Оскільки в нашому випадку передбачається використання двох окремих гідронасосів, обираємо багатосекційний насос. Для нашого випадку підходить насос Vivoil 9M202EGA5751. [12]



gidropress.com.ua

Рисунок 2.4 Насос шестеренний багатосекційний типу Vivoil 9M

Тип	Робочий об'єм см³/об	A мм	A1 мм	B мм	B1 мм	C мм	C1 мм	P1 бар	P3 бар	Мин. част. вращения об/мин	Макс. част. вращения об/мин
XV-2 / 4	4.20	83.4	41.7	83.4	41.7	87.2	41.7	260	300	700	4000
XV-2 / 6	6.00	86.4	43.2	86.4	43.2	90.2	43.2	260	300	700	3500
XV-2 / 9	8.40	90.4	45.2	90.4	45.2	94.2	45.2	260	300	700	3500
XV-2 / 11	10.80	94.4	47.2	94.4	47.2	98.2	47.2	260	300	700	3500
XV-2 / 14	14.40	100.4	50.2	100.4	50.2	104.2	50.2	250	290	700	3500
XV-2 / 17	16.80	104.4	52.2	104.4	52.2	108.2	52.2	230	270	700	3500
XV-2 / 19	19.20	108.4	54.2	108.4	54.2	112.2	54.2	210	250	700	3000
XV-2 / 22	22.80	114.4	57.2	114.4	57.2	118.2	57.2	200	240	700	3000
XV-2 / 26	26.20	118.4	59.2	118.4	59.2	122.2	59.2	170	210	700	3000
XV-2 / 30	30.00	126.4	63.2	126.4	63.2	130.2	63.2	160	200	700	2500
XV-2 / 34	34.20	133.4	66.7	133.4	66.7	137.2	66.7	150	190	700	2500
XV-2 / 40	39.60	142.4	71.2	142.4	71.2	146.2	71.2	140	180	700	2000

Рисунок 2.5 Технічні характеристики першої секції насоса (для гідромотора)

Тип	Робочий об'єм см³/об	A мм	A1 мм	B мм	B1 мм	C мм	C1 мм	P1 бар	P3 бар	Мин. част. вращения об/мин	Макс. част. вращения об/мин
XV-2 / 4	4.20	83.4	41.7	83.4	41.7	87.2	41.7	260	300	700	4000
XV-2 / 6	6.00	86.4	43.2	86.4	43.2	90.2	43.2	260	300	700	3500
XV-2 / 9	8.40	90.4	45.2	90.4	45.2	94.2	45.2	260	300	700	3500
XV-2 / 11	10.80	94.4	47.2	94.4	47.2	98.2	47.2	260	300	700	3500
XV-2 / 14	14.40	100.4	50.2	100.4	50.2	104.2	50.2	250	290	700	3500
XV-2 / 17	16.80	104.4	52.2	104.4	52.2	108.2	52.2	230	270	700	3500
XV-2 / 19	19.20	108.4	54.2	108.4	54.2	112.2	54.2	210	250	700	3000
XV-2 / 22	22.80	114.4	57.2	114.4	57.2	118.2	57.2	200	240	700	3000
XV-2 / 26	26.20	118.4	59.2	118.4	59.2	122.2	59.2	170	210	700	3000
XV-2 / 30	30.00	126.4	63.2	126.4	63.2	130.2	63.2	160	200	700	2500
XV-2 / 34	34.20	133.4	66.7	133.4	66.7	137.2	66.7	150	190	700	2500
XV-2 / 40	39.60	142.4	71.2	142.4	71.2	146.2	71.2	140	180	700	2000

Рисунок 2.6 Технічні характеристики другої секції насоса (для гідроциліндра)



### 2.3.3. Вибір двигуна

Обчислимо необхідну потужність для системи з гідроциліндром, врахувавши при цьому дійсний об'єм камери насоса, який береться з його технічних характеристик

$$N_1 = \frac{p_1 * q_1 * n}{\eta}$$

де  $p$  – робочий тиск системи,  $q_1$  – об'єм робочої камери другої секції,  $n$  – частота обертання валу двигуна,  $\eta$  – коефіцієнт витрати насоса,  $\eta = 0.84 \dots 0.99$ , приймаємо  $\eta = 0.9$

$$N_1 = \frac{p_1 * q_1 * n}{\eta} = \frac{11 * 10^6 * 0,0000168 * 2500}{0.9 * 60} = 7.5 \text{ кВт}$$

В свою чергу, потужність для такої системи з гідромотором, де робочий тиск приймаємо рівним 18 МПа:

$$N_2 = \frac{p_2 * q_2 * n}{\eta}$$

де  $p_2$  – робочий тиск системи 2,  $q_2$  – об'єм робочої камери першої секції,  $\eta$  – коефіцієнт витрати насоса.

$$N_2 = \frac{p_2 * q_2 * n}{\eta} = \frac{18 * 10^6 * 0,0000262 * 2500}{0.9 * 60} = 20.8 \text{ кВт}$$

Отже, сумарна потужність:

$$N = N_1 + N_2 = 7.5 + 20.8 = 28.3 \text{ кВт}$$

По отриманому значенню можемо підібрати необхідний дизельний ДВЗ. Із каталогів обираємо двигун JDM-490 потужністю 40 к. с. з номінальними оборотами 2350 об/хв

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 Дизельний двигун JDM-490

Кількість циліндрів:	4
Максимальна потужність, к.с.:	40
Тип палива:	дизельне паливо
Робочий обсяг, см <sup>3</sup> :	2545
Кількість тактів:	4-хтактний
Призначення:	✓ трактора
Мах обороти вихідного вала, об/хв:	2500

Рисунок 2.8 Технічні характеристики двигуна

#### 2.3.4. Розрахунок бака

Згідно з рекомендаціями по проектуванню гідропривода, об'єм гідробака повинен мати в три рази більший об'єм масла, який є в трубопроводах і гідроапаратах системи.

Об'єм робочої рідини в гідроциліндрі становить  $V_1 = 6.85$  л, в насосах і гідромоторі ж дорівнює їхнім робочим об'ємам: для насосів  $26.2 \text{ см}^3$  та  $16.8 \text{ см}^3$ , в гідромоторі  $523 \text{ см}^3$  відповідно. Об'ємом рідини в гідророзподільниках та клапанах можна знехтувати

Таким чином, об'єм робочої рідини, який знаходиться в гідросистемі дорівнює:

$$V = 3 * (6.85 + 0.0262 + 0.0168 + 0.523 + 6) = 3 * (7.6518 + 6) = 40.9 \text{ л}$$

Округляючи до стандартного значення приймаємо об'єм бака рівним 40 л.

#### 2.3.5. Підбір теплообмінника

Потужність, яка розсіюється від гідромотора

$$N_{\text{роз}} = (1 - \eta) * N_{\text{дв}}$$

де  $\eta$  – загальний ККД гідропривода в діапазоні (0.6...0.8), обираємо 0.7,

$N_{\text{дв}}$  – потужність гідродвигуна.

$$N_{\text{роз}} = (1 - 0.7) * 20.8 = 6.24 \text{ кВт}$$

Припускаємо, що вся розсіювана потужність переходить в нагрів масла. По цим параметрам тепловіддачі підбираємо теплообмінник. Із каталогів обираємо теплообмінник типу WHE 2015 12VDC [12].

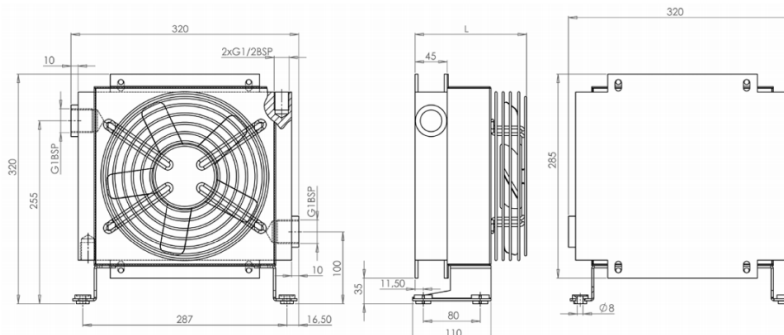


Рисунок 2.9 Теплообмінник WHE 2015 12VDC

ÜRÜN KODU PRODUCT CODE	V	Hz	kW	A	rpm	ØFan	dB(A)	L(mm)	(m³/h)	Kcal/h
WHE 2015 12VDC	12 DC	/	0,075	7,2	3050	200	72	175	1050	6000
WHE 2015 24VDC	24 DC	/	0,075	3,6	2950	200	73	175	1050	6000
WHE 2015 220VAC	220 AC	50	0,070	0,32	2730	225	68	157	750	6000
WHE 2015 230-400VAC	230-400 AC	50	0,065	0,25	2800	225	68	157	750	6000

Рисунок 2.10 Технічні характеристики теплообмінника

Згідно з характеристиками, потужність розсіювання такого теплообмінника становить 6.978 кВт, що достатньо для нашої системи.

### 2.3.6. Підбір фільтрів

Для всмоктувальної лінії насосів обираємо з каталогу фільтр для кожного з них. Для насосу, від якого приводиться в рух гідроциліндр, обираємо фільтр Filtrec FS-1-11-30-B4-T125 (розмір приєднання 3/4" BSP, точність фільтрації 125 мкм). Для іншого насосу обираємо фільтр тієї ж серії, за винятком того, що він розрахований на більшу витрату Filtrec FS-1-11-30-B5-T125 (розмір приєднання 1" BSP, точність фільтрації 125 мкм).

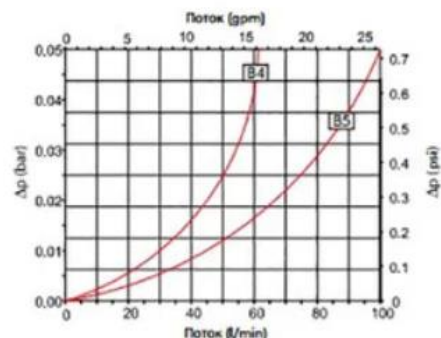


Рисунок 2.11 Фільтр Filtrec серії FS-1 Рисунок 2.12 Залежність перепаду тиску фільтра

Для зливної лінії обираємо фільтр Filtrec FR-1-20-C25-B500 [12]. Параметри: максимальна витрата 600 л/хв, максимальний робочий тиск – 8 бар, розмір приєднання 1” BSP.

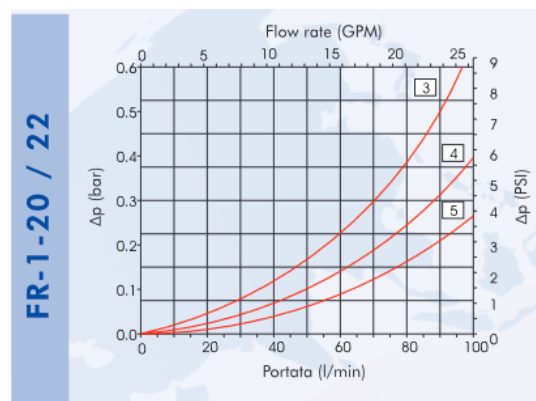


Рисунок 2.13 Фільтр Filtrec серії FR-1

Рисунок 2.14 Залежність перепаду тиску фільтра

### 2.3.7. Підбір розподільників

Для поточної гідросистеми обираємо розподільники з електромагнітним керуванням. Вибираємо чотирьохлінійний трьохпозиційний розподільник Ponar Wadowice 4WE6G-32OG24NZ4 із наступними параметрами: максимальна витрата – 80 л/хв, робочий тиск – до 35 МПа, напруга керування електромагнітів – 24 В.



Рисунок 2.15 Розподільник Ponar Wadowice 4WE6G-32OG24NZ4

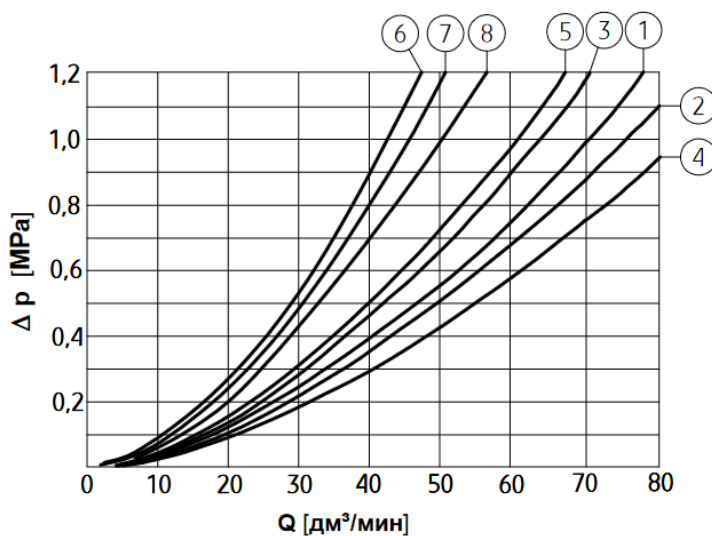


Рисунок 2.16 Характеристика опору потоку розподільника

### 2.3.8. Підбір регулятора потоку

Обираємо регулятор потоку з електричним керуванням. Із каталогів підходить регулятор Bosch Rexroth 2FRE10-4X/5QEBK4M [11]. Максимальна витрата становить 80 л/хв, максимальний робочий тиск – 31.5 МПа.



Рисунок 2.17 Регулятор потоку 2FRE10-4X/5QE

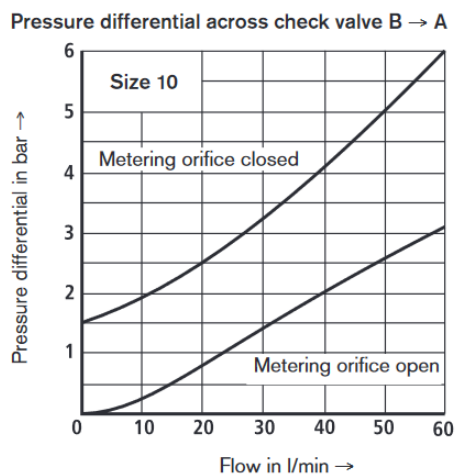


Рисунок 2.18 Характеристика РП

Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата

МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ

Арк.

37

### 2.3.9. Підбір зворотних клапанів

Обираємо клапани Bosch Rexroth S8A30-1X/420J5 (рис. 2.19) зразу для двох ліній. Максимальний робочий тиск для таких клапанів – 450 бар. [11]



Рисунок 2.19 Зворотній клапан S8A30-1X/420J5

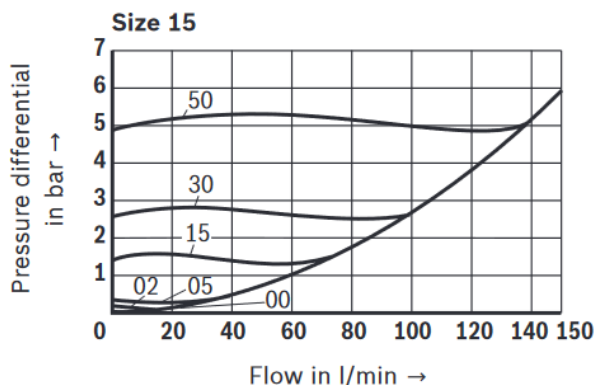


Рисунок 2.20 Характеристика опору потоку

### 2.3.10. Підбір гідравлічних замків

Для запобігання зміни положення гідроциліндра під дією навантажень, вводимо в систему гідравлічні замки. Обираємо подвійний гідрозамок VPBDE V0050 (рис. 2.21), з розміром приєднання 3/8”.



Рисунок 2.21 Гідрозамок VPBDE V0050

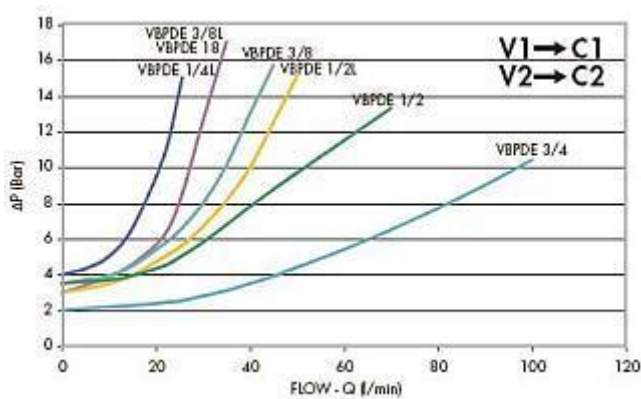


Рисунок 2.22 Графік перепаду тиску на гідрозамку

### 2.3.11. Підбір датчиків рівня і температури

Обираємо датчик, в якому одночасно вмонтовано як датчик рівня так і датчик температури, Bosch Rexroth ABZMS-35-1X/165F085S-K24 (рис. 2.23). Він призначений для баку об'ємом 40 л. [11]



Рисунок 2.23 Датчик температури і рівня типу ABZMS-35

#### 2.3.12. Вибір манометрів для системи

Потрібно вибрати манометри, які здатні витримати робочий тиск. Обираємо Bosch Rexroth ABZMM40-240BAR/MPA-UVG (рис. 2.24). Діапазон робочих температур – від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Максимальна індикація – 240 бар. [11]



Рисунок 2.24 Манометр ABZMM40-240BAR/MPA-UVG

#### 2.3.13. Вибір клапанів тиску

Обираємо клапан тиску, яким налаштовуватиметься робочий тиск в системі. Придатним для такого режиму є клапан тиску Bosch Rexroth DB6DPBW2-1X/250V W65 (рис. 2.25). В якості ж запобіжного клапана обираємо Oleodinamica Marchesini VMP 3/4" V0720/30011 з налаштуванням від 80 до 300 бар.

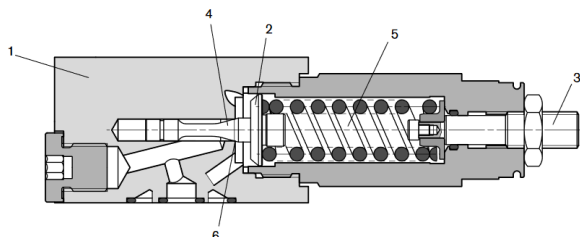


Рисунок 2.25 Клапан тиску DB6DPBW2-1X/250V W65

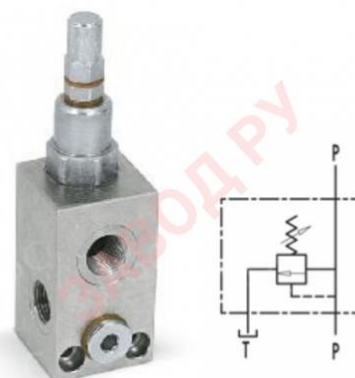


Рисунок 2.26 Клапан тиску Oleodinamica Marchesini VMP 3/4" V0720/30011

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		39



### 2.3.14. Вибір підпірного клапану

Для забезпечення рівномірного руху гідроциліндра обираємо наступний підпірний клапан HAWE CLHV2-PIB3NM350 з максимальною пропускною здатністю 90 л/хв та максимальним тиском налаштування 315 бар. (рис. 2.22)



Рисунок 2.27 Підпірний клапан CLHV2-PIB3NM350

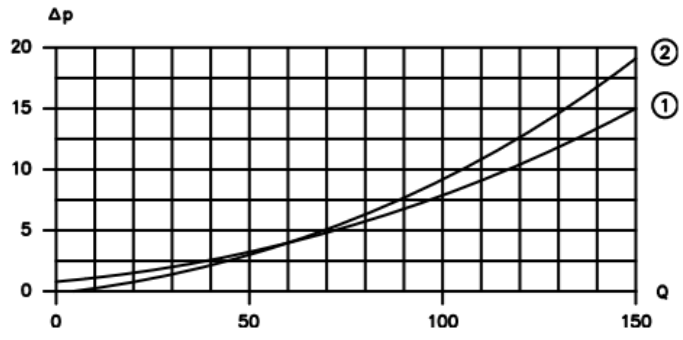


Рисунок 2.28 Характеристика перепаду тиску на клапані

### 2.3.15. Підбір горловини заливної

Обираємо заливну горловину зі встановленим фільтром. Обираємо Bosch Rexroth FEF1-2X/P10-M-K-ES100-R (рис. 2.29). Точність фільтрації – 30 мкм. [11]



Рисунок 2.29 Заливна горловина FEF1-2X/P10-M-K-ES100-R

### 2.4. Вибір робочої рідини

Вибір здійснюємо, попередньо врахувавши необхідність наявності миючих присадок, за допомогою яких видаляється забруднення з гідравлічних систем, що потрібно для використання в мобільних гідравлічних системах. Обираємо масло HLP 46.



Масло HLP 46 виготовлюється на основі гідроочищених базових масел з пакетом функціональних присадок. Матеріал має покращені антикорозійні, антиокислювальні, депресорні, протизносні і протипінні здатності.

Однієї із сфер використання є обладнання гірничої промисловості, а також в мобільній техніці в цілому. Характеристики [8] приводяться в таблиці 2.1.

Табл 2.1 Характеристики масла HLP-46

Типові характеристики	Величина
Густина при 20°C, г/см³	0.880
Індекс в'язкості	98
Кінематична в'язкість при 100°C, мм²/с	6.78
Кінематична в'язкість при 40°C, мм²/с	46.07
Кінематична в'язкість при 0°C, мм²/с	599
Зольність, %	0.17
Стабільність після окислення протягом 100 годин, мг КОН на 1 г рідини	0.6
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	224
Температура застигання, °C	-32
Індекс в'язкості	101

## 2.5. Гідравлічний розрахунок

### 2.5.1. Визначення втрат на гідравлічне тертя

Внутрішній діаметр напірних і зливної лінії [7]

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}}$$

де  $Q_T$  – витрата рідини на ділянці, що розраховується, м³/с;  $v_{cp}$  – середня швидкість рідини, м/с

За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, м/с:

$$v = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2}$$

Розраховуємо напірну лінію, яка підводиться до гідроциліндра

Максимальна витрата насоса

$$Q_T = 0.0007 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Середню швидкість робочої рідини для напірної лінії вибирається із діапазону 3...6 м/с. Приймаємо значення

$$v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розраховуємо діаметр напірної лінії:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0007}{\pi \cdot 5}} = 0,0152 \text{ м}$$

Приводимо до стандартного значення по ДСТУ 8734-75

$$d_T = 16 \text{ мм}$$

Визначаємо дійсну швидкість рідини:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.0007}{\pi \cdot 0.016^2} = 3.48 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо втрати на гідравлічне тертя [7]

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T}$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт тертя,  $l$  – довжина ходу основного циліндра,  $\rho$  – густина робочої рідини,  $d_T$  – внутрішній діаметр трубопроводу.

Розраховуємо втрати на гідравлічне тертя напірної лінії, яка підводиться до гідроциліндра.

Довжина трубопроводу нагнітальної лінії  $l_1 = 3 \text{ м}$

Кінематична в'язкість робочої рідини

$$\nu = 46 \frac{\text{мм}^2}{\text{с}} = 0.046 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Густина робочої рідини

$$\rho = 880 \text{ кг/м}^3$$

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Розраховуємо число Рейнольдса

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{3.48 \cdot 0.016}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 457.887$$

При такому числі Рейнольдса течія вважається ламінарною ( $Re < 2300$ ), тоді розраховуємо коефіцієнт тертя  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{457.9} = 0.164$$

Отже, втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot 0.164 \cdot 3 \cdot 880 \cdot 3.4^2}{0.016} = 0.156 \text{ МПа}$$

Зливна лінія гідроциліндра

Середню швидкість приймаємо із діапазону 1.4...2.2. Приймаємо значення

$$v = 1.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розраховуємо зливну лінію:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0007}{\pi \cdot 1.5}} = 0.01894$$

Приводимо до стандартного значення:

$$d_T = 20 \text{ мм}$$

Визначаємо дійсну швидкість рідини:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.0007}{\pi \cdot 0.02^2} = 2.22 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо втрати на гідравлічне тертя зливної лінії, що веде від гідроциліндра:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l_2 \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T}$$

Довжина трубопроводу зливної лінії гідроциліндра:

$$l_1 = 3 \text{ м}$$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{2.22 \cdot 0.02}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 965$$

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

При такому числі Рейнольдса течія вважається ламінарною ( $Re < 2300$ ), тоді розраховуємо коефіцієнт тертя  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{965} = 0,077$$

Таким чином, втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 * 0.077 * 3 * 880 * 2.22^2}{0.02} = 0.025 \text{ МПа}$$

Розрахунок діаметрів і швидкостей для трубопроводу, що відноситься до гідромотора:

Напірна лінія гідромотора:

Значення витрати дорівнює максимальній витраті насоса, який живить лінію гідромотора:

$$Q_T = 0.001091 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Середню швидкість рідини приймаємо із діапазону 3...6 м/с:

$$v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розраховуємо напірну лінію гідромотора:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.001091}{\pi \cdot 5}} = 0,028 \text{ м}$$

Приводячи до найближчого стандартного значення, отримуємо:

$$d_T = 25 \text{ мм}$$

Визначаємо дійсну швидкість рідини:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.001091}{\pi \cdot 0.025^2} = 3.13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо втрати на гідравлічне тертя по формулі:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l_3 \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T}$$

Розраховуємо втрати на гідравлічне тертя напірної лінії, що веде до гідромотора.

Довжина трубопроводу нагнітальної лінії:

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

$$l_3 = 5 \text{ м}$$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{3.13 \cdot 0.025}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 1701$$

Отже, при ламінарній течії рідини ( $Re < 2300$ ) розраховуємо коефіцієнт тертя  $\lambda$  наступним чином:

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{1701} = 0.04$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot 0.04 \cdot 5 \cdot 880 \cdot 3.13^2}{0.025} = 0.034 \text{ МПа}$$

Зливна лінія гідромотора:

Значення витрати насоса, який живить гідромотор:

$$Q_T = 0.001091 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Середню швидкість рідини приймаємо із діапазону 1.4...2.2. Приймаємо значення

$$v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розрахуємо діаметр зливної лінії:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.001091}{\pi \cdot 2}} = 0.0224 \text{ м}$$

Приводячи до стандартного значення:

$$d_T = 20 \text{ мм}$$

Визначаємо дійсну швидкість рідини, врахувавши діаметр лінії:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.001091}{\pi \cdot 0.02^2} = 3.18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо втрати на гідравлічне тертя по формулі

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l_4 \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T}$$

Довжина трубопроводу зливної лінії гідромотора

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

$$l_4 = 5 \text{ м}$$

Розраховуємо число Рейнольдса

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{3.18 \cdot 0.02}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 1382$$

Течія рідини вважається ламінарною ( $Re < 2300$ ), розраховуємо коефіцієнт тертя  $\lambda$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{1382} = 0,054$$

Втрати на гідравлічне тертя даної лінії:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot 0,054 \cdot 5 \cdot 880 \cdot 3.18^2}{0.02} = 0.06 \text{ МПа}$$

## 2.5.2. Розрахунок втрат на місцевих опорах

Втрати на місцевих опорах визначаються за формулою [7]:

$$\Delta p_M = 0.5\rho(\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n)v_p^2$$

де  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору,  $\rho$  – густина робочої рідини,  $v_p$  – швидкість робочої рідини.

Втрати в напірній лінії гідроциліндра:

Дійсна швидкість має наступне значення

$$v_p = 3.48 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Враховуючи опір 3 трійників, при яких ( $\xi = 2$ ) та раптове розширення (вхід у гідроапарат) ( $\xi = 0,9$ ) [7]

$$\Delta p_M = 3 \cdot 0.5\rho\xi v_p^2 = 0.5 \cdot 880 \cdot (6 + 0.9) \cdot 3.48^2 = 0.063 \text{ МПа}$$

Втрати в зливній лінії гідроциліндра:

Дійсна швидкість дорівнює:

$$v_p = 2.22 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Враховуючи опір 2 трійників, при яких ( $\xi = 2$ ) та раптове звуження (вихід із гідроциліндра)

$$\Delta p_M = (2 \cdot 2 + 0.85) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v_p^2 = 4,9 \cdot 0.5 \cdot 880 \cdot 1.33^2 = 0.03 \text{ МПа}$$

Втрати в напірній лінії гідромотора:

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Дійсна швидкість рідини:

$$v_p = 3.13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Враховуючи опір 2 трійників, при яких ( $\xi = 2$ ) та раптове розширення (вхід у гідроапарат) ( $\xi = 0,9$ ):

$$\Delta p_M = (2\xi_1 + 0.9)0.5\rho v_p^2 = 0.5 \cdot 880 \cdot (4 + 0.9) \cdot 3.48^2 = 0.048 \text{ МПа}$$

Втрати в зливній лінії гідромотора:

Дійсна швидкість робочої рідини:

$$v_p = 3.18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Враховуючи опір трійника та раптове звуження (вихід із гідроапарату) ( $\xi = 0,9$ ):

$$\Delta p_M = (2 + 0.85) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v_p^2 = 2.85 \cdot 0.5 \cdot 880 \cdot 1.33^2 = 0.017 \text{ МПа}$$

### 2.5.3. Розрахунок втрат в гідроапаратах

Втрати на гідроапаратах визначаються за допомогою графіків, які приведені в документації обладнання.

Втрати на напірній лінії гідроциліндра

На лінії знаходяться такі гідроапарати, як КЗ1, РП1, Р1, Г1. Вибираємо значення перепаду тиску для цих гідроапаратів із відповідних графіків їхньої документації при максимальній можливій витраті насоса 65.5 л/хв.

$$\Delta p_T = 0.3 \text{ бар} + 0.3 \text{ бар} + 0.9 \text{ бар} + 6 \text{ бар} = 0.75 \text{ МПа}$$

Втрати на зливній лінії гідроциліндра

На лінії наявні Г1, Р1, ФЗ. При максимальній витраті:

$$\Delta p_T = 6 + 0.9 + 0.4 = 0.73 \text{ МПа}$$

Втрати на напірній лінії гідромотора при максимальній витраті другого насоса 42 л/хв:

Рахуємо втрати по таким гідроапаратам: КЗ2, РП2, Р2:

$$\Delta p_T = 1.5 + 2 + 4 = 0.75 \text{ МПа}$$

Втрати на зливній лінії гідромотора розраховуються по Р2, ФЗ.

$$\Delta p_T = 4 + 0.3 = 0.43 \text{ МПа}$$

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

#### 2.5.4. Розрахунок сумарних витрат тиску на лініях

Сумарні витрати тиску на напірній лінії, що веде до гідроциліндра:

$$\Delta p = 0.156 + 0.063 + 0.75 = 0.969 \text{ МПа}$$

Сумарні витрати тиску на зливній лінії гідроциліндра:

$$\Delta p = 0.025 + 0.03 + 0.73 = 0.785 \text{ МПа}$$

Сумарні витрати тиску на напірній лінії гідромотора:

$$\Delta p = 0.034 + 0.048 + 0.75 = 0.832 \text{ МПа}$$

Визначаємо сумарні витрати тиску на зливній лінії гідромотора:

$$\Delta p = 0.06 + 0.017 + 0.43 = 0.507 \text{ МПа}$$

#### 2.6. Розрахунок гідроциліндра на стійкість

##### 2.6.1. Розрахунок товщини стінки

Для розрахунку тонкостінних циліндрів і труб використовують формулу [1, с.66]

$$S = \frac{pD}{2\sigma_{\text{доп}}}$$

де  $p$  – робочий тиск,  $D$  – діаметр гільзи  $\sigma_{\text{доп}}$  – допустиме напруження

Допустиме напруження для матеріалу гільзи визначаємо за ГОСТ 8731-87

$$\sigma_{\text{доп}} = 270 \text{ МПа} = 270 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$S = \frac{pD}{2\sigma_{\text{доп}}} = \frac{11000000 \cdot 0.094}{2 \cdot 270 \cdot 10^6} = 0,001096 \text{ м} = 1.91 \text{ мм}$$

За отриманими значеннями товщини стінки перевіримо, чи правильно була обрана формула для тонкостінного циліндра

$$\frac{S}{D} = 0,001914 < 0.1$$

Формула обрана правильно, отримана товщина стінки - 1.91 мм

##### 2.6.2. Розрахунок півкілець

У півкілцях на поршні виникають напруження зрізу і зминання, тому розраховуємо їх саме по цим характеристикам.

Обраний матеріал півкілець – сталь 20ХГСА, розміри – 4x4 мм

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



Розраховуємо площу зрізу

$$F_{зр} = \pi \cdot d \cdot l = 3.14 \cdot 36 \cdot 4 = 512 \text{ мм}^2$$

Напруження, що виникають при зрізі

$$\tau_{зр} = \frac{P}{F_{зр}} = \frac{29420}{512} = 35,03 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 210 \text{ МПа}$$

Розраховуємо площу зминання

$$F_{зм} = \frac{\pi}{4} (2 \cdot d \cdot h - h^2) = \frac{3.14}{4} (2 \cdot 36 \cdot 4 - 4^2) = 219.72 \text{ мм}^2$$

Напруження, що виникають при зминанні

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{F_{зм}} = \frac{29420}{219.72} = 35,03 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 310 \text{ МПа}$$

Отже, умови міцності виконуються.

### 2.6.3. Розрахунок гідроциліндра на стійкість

Визначимо критичне зусилля за формулою Ейлера для штока, виготовленого із сталі 30ХГСА. При вертикальному розташуванні циліндра (рис. 2.30), формула матиме наступний вигляд:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{\min}}{(vL)^2} = \frac{\pi^3 E d^4}{64 \cdot (2 \cdot L)^2} = \frac{\pi^3 \cdot 2 \cdot 200000 \cdot 24^4}{64(2 \cdot 2250)^2} = 2\,567 \text{ кН} > 29.4 \text{ кН}$$

Умова стійкості виконується.

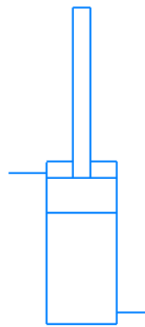


Рисунок 2.30 Схема розташування гідроциліндра

## 2.7. Розробка електричної системи

Введення електричного керування значно додає системі функціональності, наприклад, оператор матиме можливість керувати розподільниками та регуляторами потоку з однієї панелі, а також знаходитиметься на безпечній відстані від установки при її роботі.

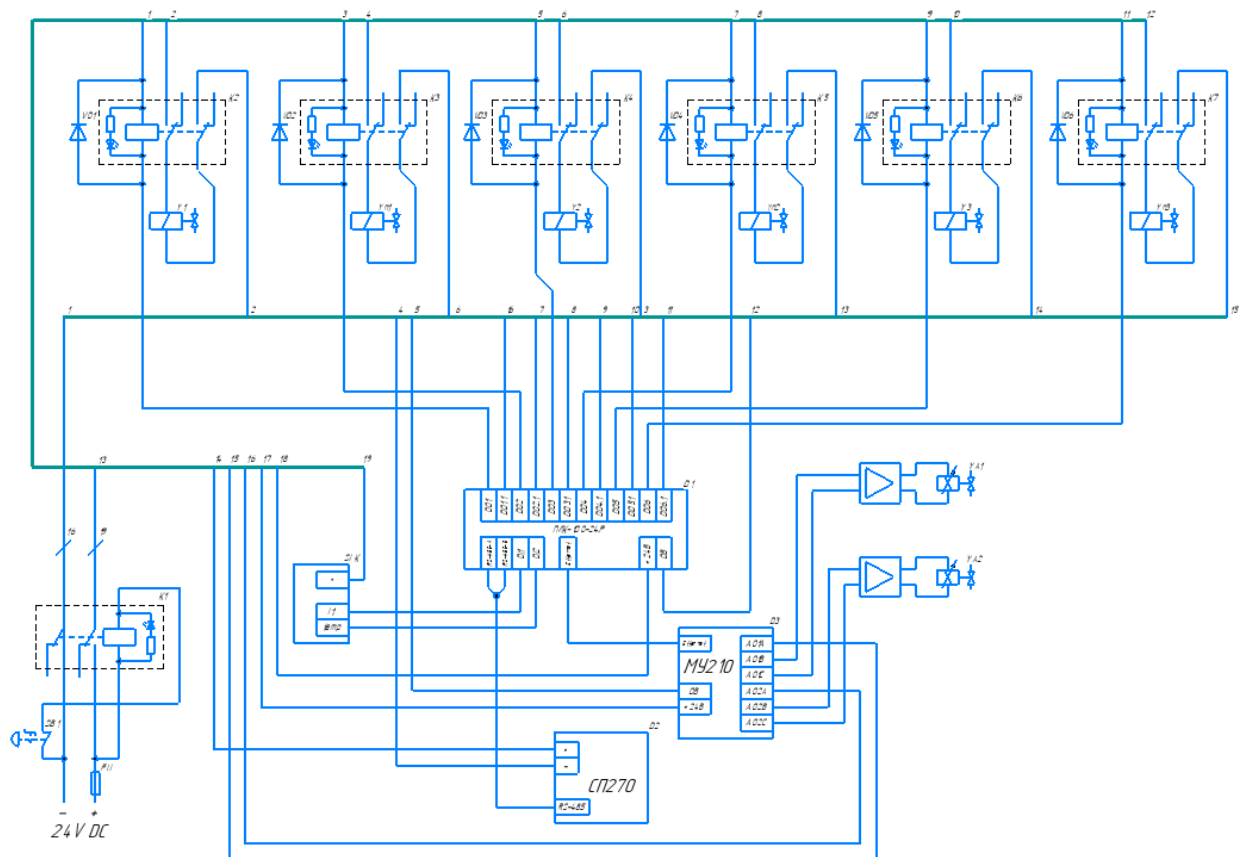


Рисунок 2.31 Схема електрична принципова

Напруга живлення системи становить 24 В постійного струму, який отримується за допомогою генератора, зв'язаного з вихідним валом дизельного двигуна. На проводах, які йдуть від джерела живлення, розміщується плавкий запобіжник FU та кнопка вмикання/вимикання електричної системи SB1, яка контролює стан реле K1. Реле з'єднано із шиною на 24 В і 0 В відповідно. Головний контролюючий орган системи – програмований логічний контролер D1 (ПЛК), за допомогою цифрових виходів якого здійснюється керування зашунтованими проміжними реле K2-

К7, які, в свою чергу, подають чи припиняють подавати напругу на електромагніти розподільників Y1-Y3. Реле зашунтовані діодами VD1-VD6, і призначені для захисту електромагнітів. Відбувається комунікація панелі оператора D2, з якої здійснюватиметься керування системою, та ПЛК за допомогою протоколу RS-485. Датчик рівня і температури SLK з'єднаний з цифровими входами контролера, відповідні ключі в ньому розмикаються при досягненні температури в 70 градусів, і при рівні рідини в баку нижче зазначеного. Модуль аналогових виходів D3 призначений для керування електромагнітами регуляторів потоку YA1 та YA2, які керуються через операційні підсилювачі. Загалом проводи з'єднуються в відповідні шини по напрузі.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2.

В даному розділі була представлена гідравлічна система бурової установки. Розраховані необхідні параметри гідроциліндра та гідромотора, здійснений підбір обладнання, проведені гідравлічні розрахунки, а саме втрати на тертя, втрати в гідроапаратах, в яких застосовувались дані з графіків, взятих з документації гідравлічних елементів та втрати на місцевих опорах, з чого розраховані сумарні втрати тиску, завдяки чому можна більш точно налаштувати робочий тиск в системі при її роботі. Здійснено вибір робочої рідини, який ґрунтувався на умовах роботи мобільної техніки. Розроблена та описана принципова електрична схема керування установкою.

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

### 3.1. Опис деталі, що виготовляється

Для розробки процесу виготовлення деталі обираємо деталь, що являє собою кронштейн для панелі оператора ОВЕН СП270. З прокату обирається листовий метал, попередньо перед обробкою вирізаються основні отвори в листі.

### 3.2. Вибір матеріалу та розрахунок кількості та вартості заготовок

Планований вигляд заготовки (рис. 3.1)

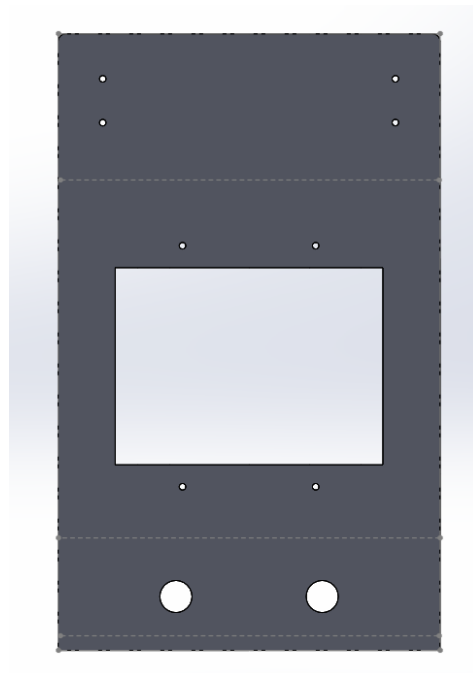


Рисунок 3.1 Планований вигляд

Габарити заготовки: ширина 261 мм, довжина 422 мм, глибина 5 мм

З сайту магазину прокату обираємо нержавіючу сталь AISI 430, вид прокату – лист 5.00x1000x2000 мм полірований [9]

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Планово розмічуємо розміри для вирізання на листі (рис. 3.2)

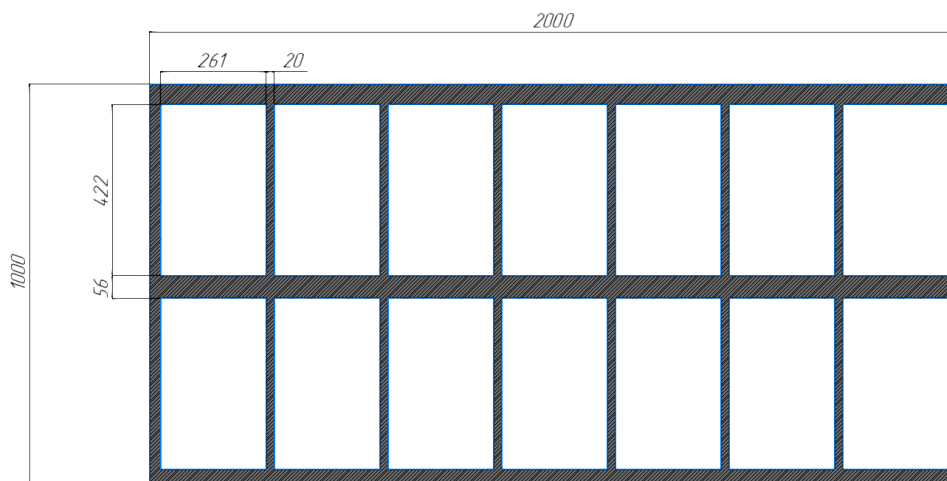


Рисунок 3.2 Розмітка заготовок на листі

Отже, на 1 листі прокату поміщаються 14 заготовок для вирізання  
Необхідно виготовити 500 заготовок. Розраховую потрібну кількість листів  
для виготовлення.

$$14 * x = 500$$

$$x = 500 / 14 = 35.7$$

Роблю висновок, що мінімальна кількість – 36 листів

Маса 1 листа  $m = S \times L \times \delta \times \rho$ , середню густину сталевих сплавів приймаю  
7850 кг/м<sup>3</sup>

$$m = 1 * 2 * 0.005 * 7850 = 78.5 \text{ кг}$$

$$\text{Маса 36 листів дорівнює } 78.5 * 36 = 2826 \text{ кг}$$

Маючи ціну за 1 кг листа (46.08 грн/кг), можна розрахувати загальну вартість  
заготовок

$$2826 * 46.08 = 130\,222 \text{ грн}$$

Для доставки обираю компанію «Нова пошта», та розраховуємо на  
калькуляторі доставки її вартість (рис. 3.3)

✓ Маршрут

Місто-відправник: Київ

Місто-одержувач: Київ

Вид відправлення: Вантажі

Характеристика місць

Кількість	Оголошена вартість	Вага	Довжина	Ширина	Висота
36	3617 грн	78.5 кг	100	200	0.5 см

Додати місце

Послуга "Пакування" ☐ Тарифи пакування

Послуга "Підйом на поверх"  кількість поверхів Ліфт ☐

Послуга "Зворотна доставка" ☐

Рисунок 3.3 Розрахунок доставки

Розрахункова вартість доставки (послуга «Адреса – Адреса») становить 9290 грн

Також виробнику продукції потрібно внести передоплату для доставки, яка становить 30% від вартості товару

$$130\,222 * 0.3 = 39\,066 \text{ грн}$$

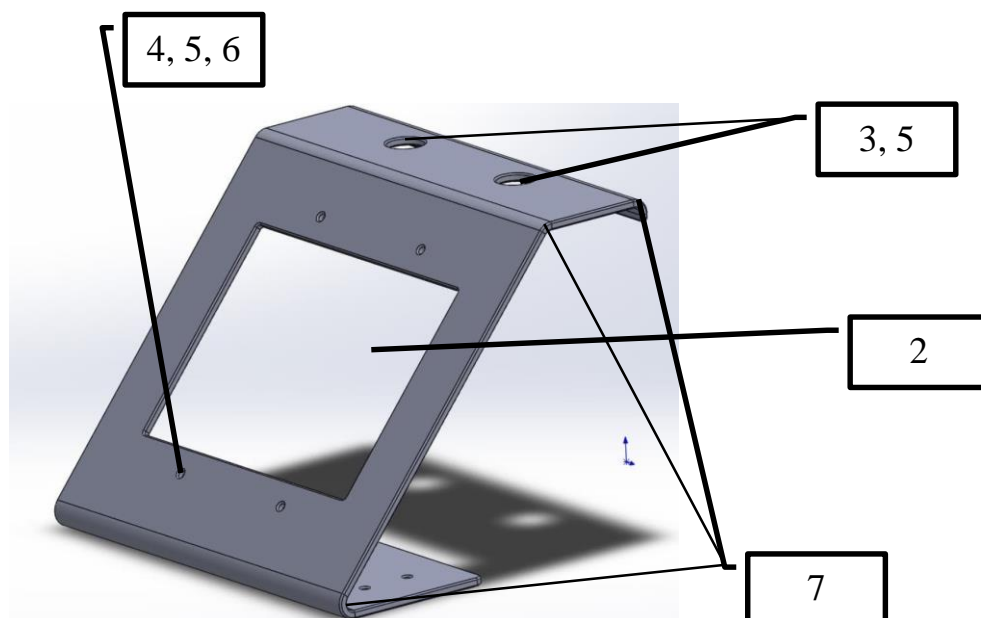
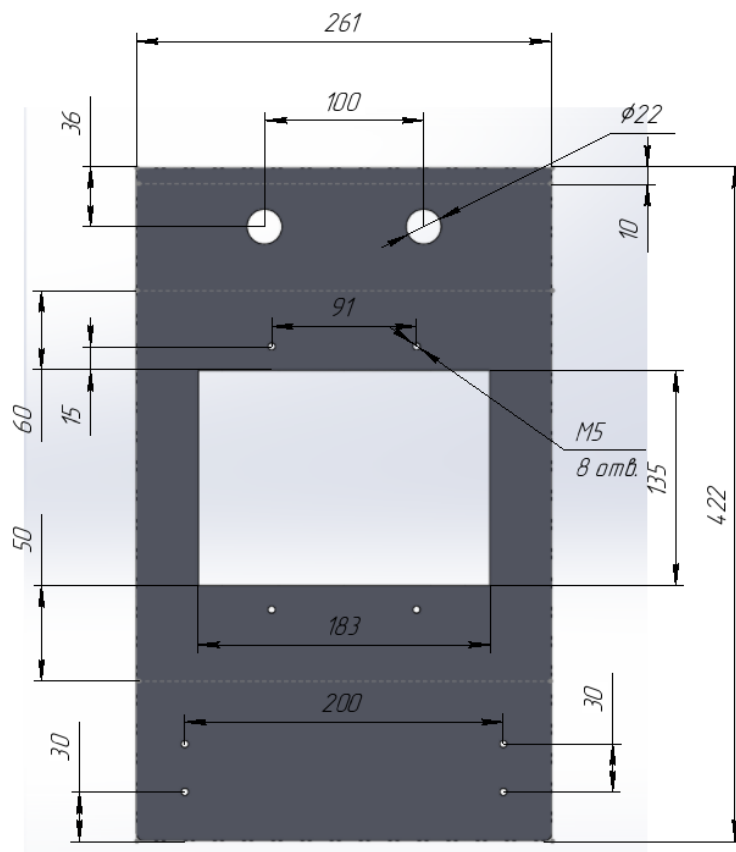


Рисунок 3.4 Планування обробки

## Порядок технологічного процесу

1. Із нержавіючого сталюого листа за допомогою лазерної різки вирізаються заготовки.
2. Тим же способом вирізається центральний отвір.
3. Лазерною різкою вирізаються отвори під кнопки.
4. Свердлом діаметру 4.5 мм виконуються 8 отворів.
5. Зенківкою виконуємо фаску 2 мм в усіх отворах та на бокових кромках.
6. Нарізається різьба M5x0.5 на малих отворах
7. Процес гнуття радіусом 5 згинальним верстатом (починаючи зверху, на кути 90°, 150°, 30°). (рис. 3.4)



*Рисунок 3.5 Розміри заготовки*

Для необхідних механічних обробок із каталогу обираємо наступні інструменти:

Для просвердлювання отворів діаметром 4.5 мм (рис. 3.6)

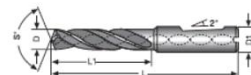
### ATORN® Ultra-M solid carbide high-performance drill bit

10



- Special geometry, facet-ground, maximum tool life, high process reliability
- Shank design:
  - HA with coolant bore, smooth straight shank, DIN 6535 HA
  - HE with coolant bore, straight shank, DIN 6535 HE
  - HB with coolant bore straight shank DIN 6535 HB
- Cutting material: solid carbide, TiAlN-Ultra-M-coated
- True-running accuracy of the tool when clamped max. 0.02 mm
- Especially suitable for stainless steel and superalloys

Especially for stainless steel



material	very well suited well suited	steel < 700 N/mm² < 1000 N/mm² < 1400 N/mm²	stainless steel austenitic ferritic/martensitic	stainless steel duplex	cast iron GG/GTS GGS	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based < 30 Hz ≥ 30 Hz	aluminium < 8% Si ≥ 8% Si	copper copper	graphite GHT/GPT/HTmax	hardened steel < 55 HRC < 60 HRC ≥ 60 HRC

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

D mm	D1 h6 mm	L mm	L1 mm	Feed f stainless steel austenitic mm/rev	HA art.no.	€	HE art.no.	€	HB art.no.	€
3.00	6	62	20	0.05	111545 0030	54,50	111546 0030	54,50	111549 0030	54,50
3.10	6	62	20	0.05	111545 0031	54,50	111546 0031	54,50	111549 0031	54,50
3.20	6	62	20	0.05	111545 0032	54,50	111546 0032	54,50	111549 0032	54,50
3.25	6	62	20	0.05	111545 1325	54,50	111546 1325	54,50	111549 0325	54,50
3.30	6	62	20	0.05	111545 0033	54,50	111546 0033	54,50	111549 0033	54,50
3.40	6	62	20	0.05	111545 0034	54,50	111546 0034	54,50	111549 0034	54,50
3.50	6	62	20	0.06	111545 0035	54,50	111546 0035	54,50	111549 0035	54,50
3.60	6	62	20	0.06	111545 0036	54,50	111546 0036	54,50	111549 0036	54,50
3.70	6	62	20	0.06	111545 0037	54,50	111546 0037	54,50	111549 0037	54,50
3.80	6	66	24	0.06	111545 0038	54,50	111546 0038	54,50	111549 0038	54,50
3.90	6	66	24	0.06	111545 0039	54,50	111546 0039	54,50	111549 0039	54,50
4.00	6	66	24	0.06	111545 0040	54,50	111546 0040	54,50	111549 0040	54,50
4.10	6	66	24	0.06	111545 0041	54,50	111546 0041	54,50	111549 0041	54,50
4.20	6	66	24	0.06	111545 0042	54,50	111546 0042	54,50	111549 0042	54,50
4.30	6	66	24	0.06	111545 0043	54,50	111546 0043	54,50	111549 0043	54,50
4.40	6	66	24	0.06	111545 0044	54,50	111546 0044	54,50	111549 0044	54,50
4.50	6	66	24	0.06	111545 0045	54,50	111546 0045	54,50	111549 0045	54,50
4.60	6	66	24	0.06	111545 0046	54,50	111546 0046	54,50	111549 0046	54,50
4.65	6	66	24	0.06	111545 1465	54,50	111546 1465	54,50	111549 0465	54,50
4.70	6	66	24	0.06	111545 0047	54,50	111546 0047	54,50	111549 0047	54,50

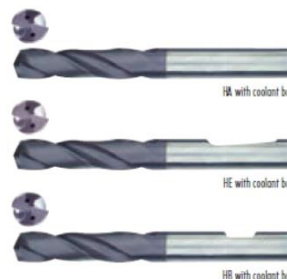


Рисунок 3.6 Вибір свердла із каталогу

Для зенковки отворів та оброблення кромки

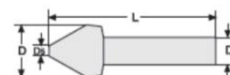
Для цього необхідно вибрати модель з мінімальним діаметром 6.5 (рис. 3.7)

### SARA Taper and deburring countersinks

10



- Cutting material: HSS-E-PM
- Radially relief-ground
- Diameter tolerance:  $\pm 0.05$  mm
- Shank tolerance: h9



material	very well suited well suited	steel < 700 N/mm² < 1000 N/mm² < 1400 N/mm²	stainless steel austenitic ferritic/martensitic	stainless steel duplex	cast iron GG/GTS GGS	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based < 30 Hz ≥ 30 Hz	aluminium < 8% Si ≥ 8% Si	copper copper	graphite GHT/GPT/HTmax	hardened steel < 55 HRC < 60 HRC ≥ 60 HRC

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

D mm	D5 mm	D1 mm	L mm	Feed f steel < 1000 N/mm² mm/rev	art.no.	€
6.3	1.5	5	45	0.03	150108 0063	29,50
8.3	2	6	50	0.04	150108 0083	37,40
10.4	2.5	6	50	0.05	150108 0104	47,30
12.4	2.8	8	56	0.08	150108 0124	51,-
16.5	3.2	10	60	0.09	150108 0165	57,-
20.5	3.5	10	63	0.09	150108 0205	78,50
25	3.8	10	67	0.10	150108 0250	108,-



1129

Рисунок 3.7 Вибір зенковки

Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ

Арк.

56



### 3.3. Розрахунок часу обробки

Розраховуємо час обробки однієї деталі та всієї партії (табл. 3.1)

Табл. 3.1 Розрахований час обробки

	Одна деталь		500 деталей	
	Час обробки, с	Час загальний, с	Час обробки, с	Час загальний, с
Сверлінн я	8,36	9,2	4180	4600
Зенкер	8,85	9,27	4425	4635
	36,33	36,59	18165	18295
	1059,78	1060,3	529890	530150

Із вищеобраних списків по параметру швидкості різання розраховуємо час роботи кожного інструменту (табл 3.2).

Табл. 3.2 Загальний час обробки

Загальний час обробки, с		557680	год	154,9111
Час роботи сверла, с		4180	год	1,161111
Час роботи зенкера, с		552480	год	153,4667

Також врахуємо кошти, які необхідно заплатити робітникам, які проводитимуть обробку деталі, прийнявши погодинну зарплату 250 грн/год.

Таким чином,  $154 \cdot 250 = 38\,500$  грн - витрати на робітників.

Отже, необхідна кількість інструментів, виходячи з приблизного часу роботи інструмента до його виходу із ладу

Табл. 3.3 Кількість інструментів

Свердло	2	шт
Зенкер	154	шт

### 3.4. Підбір інструментів для обробки

Отже, список потрібного обладнання виглядає наступним чином (табл 3.4):

Табл 3.4 Обрані інструменти

Артикул	Назва	Розміри (мм)	Кількість	Ціна
ATORN 111545 0045	твердосплавне високопродуктивне свердло	D = 4.5, D1 = 6 L = 66, L1 = 24	2 шт.	54.50€*2= 109€
SARA 150108 0083	знімаючі зенкери	D = 8.3, D5 = 2, D1 = 6, L = 50	154 шт.	37.40€*154= 5 759,6€

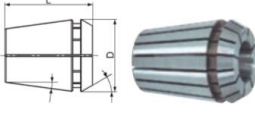
Інструментальні пристрої:

Цанга для закріплення свердла та зенкера (діаметр хвостовика обидвох деталей – 6 мм) (рис. 3.8)

**ER collets, 8 µm**

**DIN 6499-B**

- Collapse of 1 mm (for ER11; 0.5 mm for clamping diameters of 1 to 2 mm)
- True running accuracy 8 µm



**Individual**

Ø mm	ER11 4000E D = 11.5 mm L = 18 mm	ER16 4266 D = 17 mm L = 27.5 mm	ER25 4306 D = 26 mm L = 34 mm	ER32 470E D = 33 mm L = 40 mm	ER40 472E D = 41 mm L = 46 mm
	art. no.	art. no.	art. no.	art. no.	art. no.
1	433210 0010 17,10	433211 0010 15,90			
1.5	433210 0015 17,10				
2	433210 0020 17,10	433211 0020 15,90	433213 0020 16,70		
2.5	433210 0025 17,10				
3	433210 0030 17,10	433211 0030 15,90	433213 0030 16,70	433214 0030 17,10	433215 0030 22,10
3.5	433210 0035 17,10				
4	433210 0040 17,10	433211 0040 15,90	433213 0040 16,70	433214 0040 17,10	433215 0040 22,10
4.5	433210 0045 17,10				
5	433210 0050 17,10	433211 0050 15,90	433213 0050 16,70	433214 0050 17,10	433215 0050 22,10
5.5	433210 0055 17,10				
6	433210 0060 17,10	433211 0060 15,90	433213 0060 16,70	433214 0060 17,10	433215 0060 22,10
6.5	433210 0065 17,10				
7	433210 0070 17,10	433211 0070 15,90	433213 0070 16,70	433214 0070 17,10	433215 0070 22,10
8		433211 0080 15,90	433213 0080 16,70	433214 0080 17,10	433215 0080 22,10
9		433211 0090 15,90	433213 0090 16,70	433214 0090 17,10	433215 0090 22,10
10		433211 0100 15,90	433213 0100 16,70	433214 0100 17,10	433215 0100 22,10
11			433213 0110 16,70	433214 0110 17,10	433215 0110 22,10
12			433213 0120 16,70	433214 0120 17,10	433215 0120 22,10
13			433213 0130 16,70	433214 0130 17,10	433215 0130 22,10
14			433213 0140 16,70	433214 0140 17,10	433215 0140 22,10
15			433213 0150 16,70	433214 0150 17,10	433215 0150 22,10
16			433213 0160 16,70	433214 0160 17,10	433215 0160 22,10
17				433214 0170 17,10	

Рисунок 3.8 Вибір цанги

Оправка (виходячи з того, що цанга вибирається із серії ER, вибираємо оправку із цього списку) (рис. 3.9)

**ATORN® ER collet chuck, nickel-plated and pre-balanced**

- For DIN 6499 ER collets
- Alloyed case-hardened steel with a core tensile strength of min. 950 N/mm<sup>2</sup>, case-hardened to HRC 60 ± 2 (HV 700 ± 50), case depth 0.8 mm ± 0.2 mm
- Nickel-plated
- Pre-balanced to G 2.5 at 25,000 rpm
- With Balluff chip bore
- Taper angle tolerance quality < AT3 in accordance with DIN 7187 and DIN 2080, max. true-running accuracy < 0.005 mm
- Supplied with clamping nut

• ER16 / 426E\* tool holding fixtures supplied with hexagonal nut

**DIN 69893 type A (HSK-A)**

- Internal coolant supply
- When machining with internal coolant supply, a coolant transfer pipe with art.no. 431011... should be used

Shank	Clamping range mm	for collets	A mm	D mm	art.no.	€
HSK 63	1 - 10	ER16 *	100	32	431119 6310	125,-
HSK 63	1 - 10	ER16 *	160	32	431119 6410	162,-
HSK 63	2 - 16	ER25	100	42	431119 6316	125,-
HSK 63	2 - 16	ER25	160	42	431119 6416	166,-
HSK 63	2 - 20	ER32	100	50	431119 6320	130,-
HSK 63	2 - 20	ER32	160	50	431119 6420	171,-
HSK 63	3 - 26	ER40	120	63	431119 6326	139,-
HSK 63	3 - 26	ER40	160	63	431119 6426	178,-

4179

article with bold price = on stock

2016 / 2017 GB

prices in Euro, VAT excluded

40-65

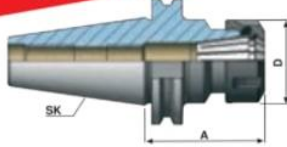

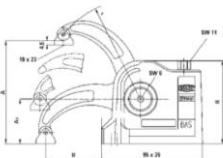



Рисунок 3.9 Каталог оправок

Компактний зажим для закріплення заготовки в процесі обробки (рис. 3.10)

**Compact clamp**

- Compact design
- Clamping force up to 16 kN
- Special polyamide seal protects the inside from dirt
- Ideal access when machining
- Clamps workpieces quickly
- Supplied without chuck key or clamping screw



Casing and lever arm made from tempering steel

Figure 1

Figure 2

A mm	A1 mm	B mm	r mm	H mm	Cyl. Screws DIN 912	Clamp force kN	Illustration	art.no.	€
88	42	40	75	78	M10 / M12	16	1	468010 0088	240,-
97	42	60	94	78	M10 / M12	12	1	468010 0097	245,-
97	42	60	94	78	M10 / M12	12	2	468010 0197	245,-

4192

**Clamp base**

Clamp height mm	Cyl. Screws DIN 912	art.no.	€
80	M10 / M12	468011 0010	75,-

4192

**T-bar spanner**

Description	art.no.	€
Power clamp chuck key	468012 0010	25,30

4192









Рисунок 3.10 Каталог компактных зажимов

Обираємо                                      потрібні                                      вимірювальні                                      пристрої:  
Штангенциркуль (макс. розмір – 421 мм) (рис. 3.11)

**ATORN® Workshop sliding calliper**

**DIN 862**  **INOX**

- For external and internal measurements
- High-precision laser scale
- Reading parts matt chrome-plated
- Precision-ground and lapped measuring faces
- Measuring jaw ends offset for internal measurements
- Locking screw on top

**Without blade tips**

Measurement range mm	Jaw length mm	Vernier mm/inch	Inside measurement from mm	art.no.	€	Calibration art.no.	€
300	90	0.05 / 1/128 inch	10	500619 0300	164,-	070101 0002	14,-
500	150	0.05 / -	20	500619 0500	444,-	070101 0003	19,-
800	150	0.05 / -	20	500619 0800	560,-	070101 0004	42,50

5190

*Rounded measuring faces for internal measurements*






Рисунок 3.11 Каталог штангенциркулів

Таким чином, таблиця всіх потрібних інструментів виглядає так:

Табл. 3.5 Список підібраних інструментів

Артикул	Назва	Розміри (мм)	Кількість	Ціна
ER16 426E 433211 0060	Цанга	D = 17, L = 27.5	2	15.90€*2=31.80€
ATORN HSK 63 431119 6310	Оправка	A = 100, D = 32	1	125€
Compact Clamp 468010 0088	Компактний зажим	A = 88, A1 = 42, B = 40, t = 75	4	240€*4=960€
ATORN Calliper 500619 0500	Штангенциркуль	макс. вимірювання – 500 мм	1	444€

### 3.5. Процес виготовлення в САПР

В заготовці попередньо вирізані за допомогою лазерної різки три отвори та надається форма закругленого прямокутника (для усунення необхідності використання фрези)

Дерево процесів механічної обробки в програмі САПР CATIA (рис. 3.12)

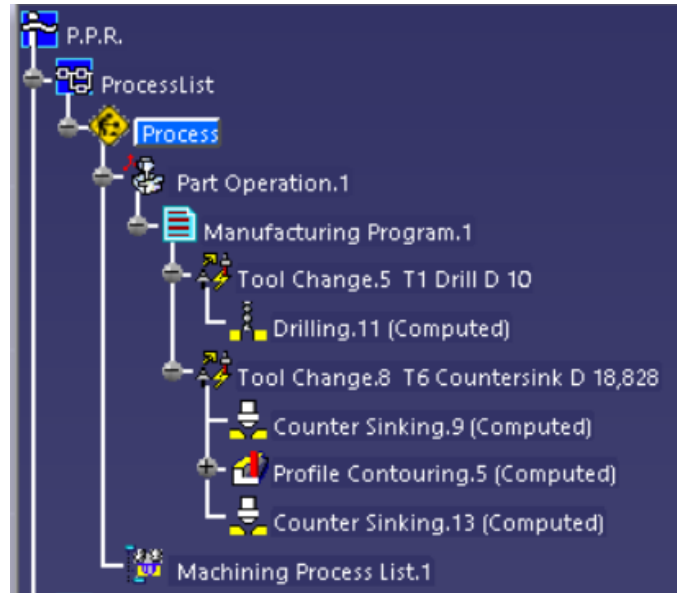
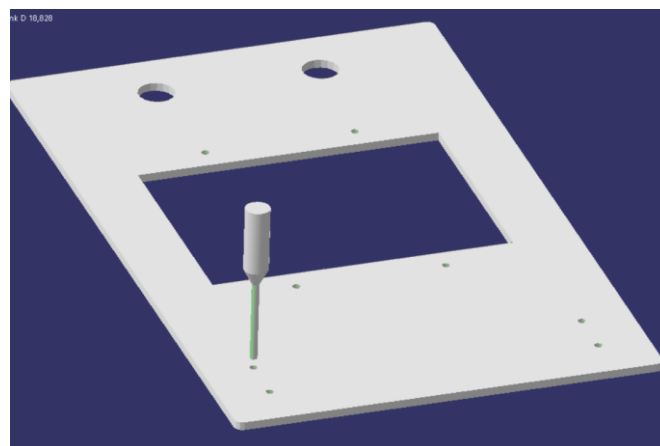


Рисунок 3.12 Дерево процесів в CATIA

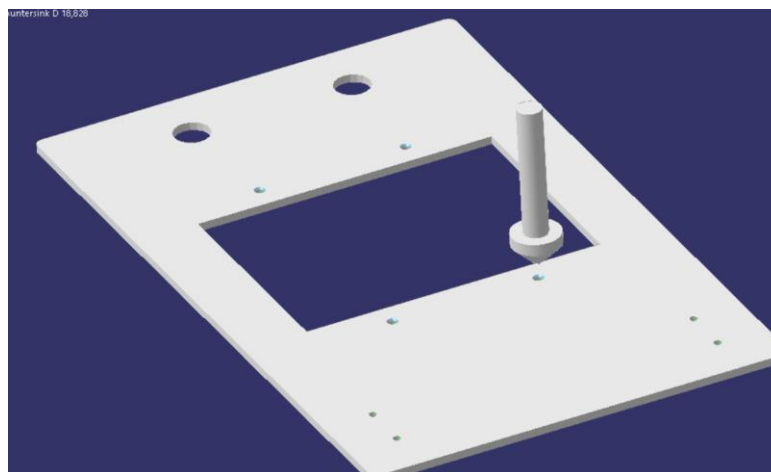
1) Виконання отворів 4.5 мм та витрачений час на операцію (рис.3.13)



Feedrate =  
X=-45,5mm Y=296,547mm Z=85,17mm  
I=0 J=0 K=1  
Machining time = 7,12115s Total time = 7,97249s

Рисунок 3.13 Процес свердління отворів

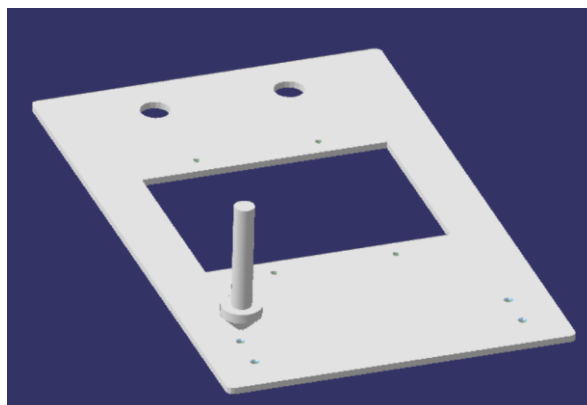
2) Виконання zenкування чотирьох отворів на одній стороні (рис. 3.14)



Feedrate = RAPID  
 X=45,5mm Y=461,547mm Z=65,17mm  
 I=0 J=0 K=-1  
 Machining time = 6,60611s Total time = 7,02511s

*Рисунок 3.14 Процес zenкування отворів*

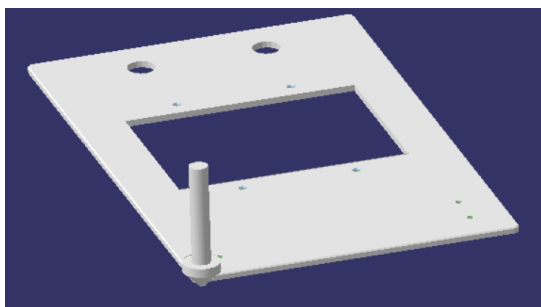
3) Виконання zenкування чотирьох отворів на іншій стороні (рис. 3.15)



Feedrate = 1000mm\_mn  
 X=100mm Y=545,801mm Z=90,17mm  
 I=0 J=0 K=1  
 Machining time = 36,3336s Total time = 36,5936s

*Рисунок 3.15 Процес zenкування отворів зворотньої сторони*

4) Виконання фаски на зовнішній кромці (рис 3.16)



Feedrate = 1000mm\_mn  
 X=-125,5mm Y=610,797mm Z=80,17mm  
 I=0 J=0 K=-1  
 Machining time = 17mn 39,7808s Total time = 17mn 40,3008s

Рисунок 3.16 Вироблення фаски на контурі деталі

##### 5) Загальна перевірка на відповідність взірцю:

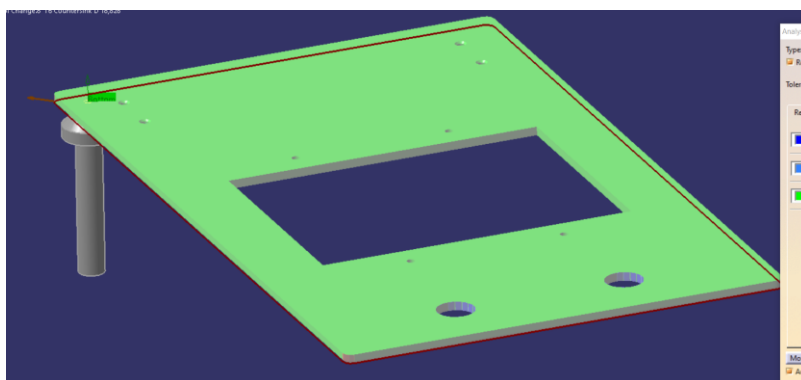


Рисунок 3.17 Перевірка коректності виготовлення по взірцю

Сума всіх затрат на процес виготовлення партії таких деталей кількістю 500 штук:

##### ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3.

В даному розділі дипломної роботи був розглянутий процес виготовлення однієї з деталей установки, а саме кронштейна для панелі оператора, який вмонтовується в загальну раму та закріплюється до неї за допомогою болтів. Розраховано загальну вартість виготовлення деталі, а саме:

$130\,222 + 38\,500 + 9290 = 178\,012$  грн (включає зарплату робітникам, доставку та виготовлення заготовок).

$31.8 + 125 + 960 + 444 = 1560$  € (вартість інструментів, по поточному курсу становить 51 701 грн)

Таким чином, сумарні витрати становлять 229 713 грн.

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі проводиться аналіз охорони праці на робочому місці під час дипломного проектування. Завданням дипломної роботи є розробка малогабаритної мобільної бурової установки, проектування проводиться за персональним комп'ютером в приміщенні кімнати студентського гуртожитку. Поліпшення умов праці, підвищення її безпеки та нешкідливості має велике соціальне та економічне значення і безпосередньо впливає на підвищення продуктивності праці. При такому виді роботи слід розглядати наступні несприятливі чинники:

- пожежонебезпека;
- небезпека ураженням електричним струмом;
- зорове навантаження;
- освітлення.

### 4.1. Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення кімнати

Розміри приміщення, в яких встановлений комп'ютер та інша техніка: площа 32 кв.м. (рис. 4.1), а об'єм  $V = S \cdot h = 32 \cdot 2,7 = 86,4 \text{ м}^3$ . У цьому приміщенні передбачено відповідні параметри температури, чистота повітря але не забезпечена ізоляція від виробничих шумів так як приміщення розташоване в житловому будинку. По санітарних нормах ДСанПіН 3.3.2.007-98 площа на одне робоче місце з ПК для дорослих користувачів повинна складати не менше  $6.0 \text{ м}^2$  [10], а об'єм – не менше  $20 \text{ м}^3$ . Отже, габаритні розміри приміщення повністю відповідають санітарним нормам.

Для облицювання стін, стель, підлоги приміщень, де розміщені ПК, слід використовувати матеріали, дозволені органами санітарно-епідеміологічного нагляду, а для внутрішньої обробки інтер'єру – матеріали, що дифузно відбиваються, з такими коефіцієнтами віддзеркалення: для стелі – 0.7 - 0.8; для стін – 0.5 - 0.6; для підлоги – 0.3 - 0.5. Поверхня підлоги в приміщеннях експлуатації моніторів і ПК повинна бути рівною, без вибоїн, неслизькою,

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



зручною для прибирання, володіти антистатичними властивостями. Вологе прибирання необхідно проводити щодня.

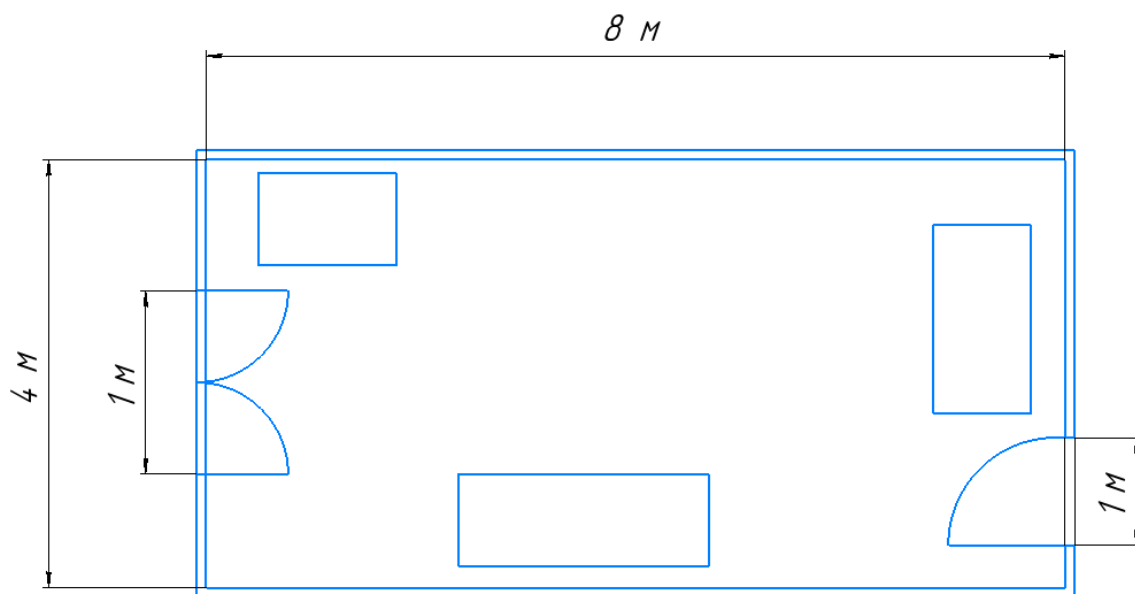


Рисунок 4.1 План кімнати

#### 4.2. Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії

В даному приміщенні робота з монітором і ПК є основною, тому воно забезпечується оптимальними параметрами мікроклімату. Для створення необхідних параметрів мікроклімату у приміщенні застосовується система вентиляції та проводиться провітрювання приміщення двічі в день, з ранку і ввечері. Вентиляція приміщення досягається видаленням з них нагрітого або забрудненого повітря і подачею чистого зовнішнього повітря. Основні параметри мікроклімату (таблиця 4.1) (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам. Крім того, необхідно забезпечити необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони. Результати досліджень показали, що позитивні іони у великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність (з'являється стомлюваність), на діяльність серцево-судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони сприятливо впливають на здоров'ї людини. Необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони забезпечують:

- генератори негативних іонів;
- установки штучного зволоження;
- кондиціонери
- загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

В даному приміщенні встановлено установку штучного зволоження, термометр та загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

Таблиця 4.1 Температурний режим та вологість

Період року	Температура, °С			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	21 – 24	23	21	40 – 60	57
Теплий	23 – 28	28	25	40 – 60	46

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 23°С, відносна вологість повітря 46%. У холодний період року, середня температура складає 23°С. Значення відносної вологості дорівнює 57%. Всі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень згідно з «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень», ДСН 3.3.6.042-99, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

#### 4.3. Вимоги до освітлення під час роботи в кімнаті

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, ослаблення уваги, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски, дезорієнтувати що працює. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний

розрахунок освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типу і розміщення.

Штучне освітлення в приміщеннях для експлуатації ПК повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами, слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів).

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 лк. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 лк. Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ і компактні люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних. В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване (місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла – світлодіодних ламп. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення. Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 32 м<sup>2</sup>, ширина якої 4 м, висота – 2.7 м. Скористаємося методом світлового потоку. Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

$$E_{\text{еф}} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}$$

де  $E_{\text{еф}}$  - розраховується світловий потік, лм;  $E$  - нормована мінімальна освітленість, лк (визначається за таблицею). Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде  $E = 300$  лк;

$S$  – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку  $S = 32$  м<sup>2</sup>);

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

$z$  – відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай  $Z = 1,1$ );

$k_z$  – коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку  $K = 1,5$ );

$N$  - кількість світильників;

$n$  - кількість ламп у світильнику;

$\eta$  - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін (РС) і стелі (РП).

Стеля приміщення свіжопобілена  $\rho_{\text{ст}} = 70\%$ , стіни мають світло-сірий колір  $\rho_{\text{ст}} = 50\%$ , підлога з паркету  $\rho_{\text{п}} = 30\%$ . Значення  $\eta$  визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{32}{2.7 \cdot (4 + 8)} = 1,1$$

де  $S$  - площа приміщення,  $S = 32 \text{ м}^2$ ;

$h$  - розрахункова висота підвісу,  $h = 2.7 \text{ м}$ ;

$A$  - ширина приміщення,  $A = 4 \text{ м}$ ;

$B$  - довжина приміщення,  $B = 8 \text{ м}$ .

Знаючи індекс приміщення  $I$ , за таблицею знаходимо  $\eta = 0,38$ . Для освітлення використовується світлодіодні лампи, світловий потік яких  $F = 3400 \text{ лк}$ .

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку  $E_{\text{еф}}$ :

$$E_{\text{еф}} = \frac{3400 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,38}{32 \cdot 1,5 \cdot 1} = 215.3 \text{ лк}$$

Отже, можна зробити висновки, що освітленість приміщення недостатня, саме тому використовується ще місцеве освітлення, а освітленість екрану задовольняє нормам.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

#### 4.4. Електробезпека

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої уваги. Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

В приміщення одночасно експлуатується і обслуговується 2 персональних ЕОМ, у доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач та електричний щит з запобіжником, що може повністю виключити електричний струм приміщення, крім освітлення. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки лабораторії виконані з захисним зануленням.

Крім того, кожен ПК в приміщенні на випадок перенавантаження електричної мережі, підключений в розетку з окремим запобіжником виключення. Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, також з додатковим запобіжником вимикання, також електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у приладів і меблів. Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ 2017 та є придатним та безпечним для роботи.

#### 4.5. Пожежна безпека

Приміщення, в яких встановлені ПК та інша техніка, по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і повинні задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню пожежі по, з обов'язковою наявністю телефонного зв'язку і пожежної сигналізації. Меблі в приміщенні лабораторії із МДФ,

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

дверні та віконні переплети із металопластика, корпуса ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів. По вибуху і пожежонебезпеці приміщення відноситься до категорії В.

На основі ДСТУ Б В.1.1-36:2016 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою" будівля відповідає II степені вогнестійкості, що потребує від будівельників конструкції норм вогнестійкості (часу опору вогню):- несучі стіни, стіни сходових кліток і колони - 2 год.

- сходові клітки, сходи, балки і марші у сходових клітках - 1 год.
- зовнішні стіни навісних панелей - 0.25 год.
- внутрішні і зовнішні стіни (перегородки) - 0.25 год.
- плити і настили конструкцій міжповерхового перекриття – 0.75 год.
- плити, настили та інші несучі конструкції - 0.25 год.

Необхідний час евакуації складає – 40 секунд. Евакуацію необхідно здійснювати швидко, чітко та без паніки.

Для такого приміщення підбираємо Вогнегасник вуглекислотний ВВК-1,4 (ОУ 2) в кількості 2 шт.

#### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У цій частині дипломної роботи було визначено потенційно небезпечні шкідливі фактори, при виконанні роботи, розраховано освітленість робочого яке відповідає нормам. Проаналізували пожежну безпеку в приміщенні, та дійшли висновку що вона відповідає вимогам. Також був проведений аналіз електробезпеки приміщення в результаті чого встановлено, що приміщення відповідає державним нормам та забезпечує комфортні умови праці.

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проаналізувавши існуючі конструкції мобільних бурових установок, була спроектована принципова гідравлічна схема установки, з додаванням в неї електричного керування, що додає функціональності системі. Проведені гідравлічні розрахунки, які дозволяють зробити поправку задання робочого тиску при роботі машини, та підібрана необхідна гідравлічна апаратура. Спроекована бурова установка дозволяє проводити буріння шнеком свердловини діаметром до 20 см і глибиною до 140 м, з частотою обертання інструмента до 120 об/хв та крутним моментом 1500 Нм. Перевагами такої МБУ є надійність та низька вартість проведення робіт, мале споживання дизельним двигуном палива (5 л/год), компактні габаритні розміри, що дає можливість проводити бурові роботи в важкодоступних місцях, а також спрощує транспортування установки до місця проведення робіт. Продемонстровано технологічний процес виготовлення деталі, призначеної для панелі оператора та розібрано умови праці при проектуванні даної дипломної роботи.

					МА7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / За ред. В. С. Білецького. Донецьк : Східний видавничий дім, 2004–2013.
2. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. — Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р. Х., 2017.
3. Справочник бурового мастера – Москва: "Инфра-инженерия", 2006. – 608 с.
4. Любимов Н.И. Принципы классификации и эффективного разрушения горных пород при разведочном бурении. Москва, изд-во "Недра", 1967
5. Войтенко В. С., Вітрик В. Г., Яремійчук Р. С. та ін. Технологія і техніка буріння. Львів; Київ : Центр Європи, 2012. - 708 с.
6. Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. Основи нафтогазової інженерії. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 416 с.
7. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування об’ємних гідроприводів» для студентів з фаху «Гідравлічні і пневматичні машини» (Укладач В. К. БУСЛОВ – Київ, НТУУ «КПІ», 2008 – 80 с.)
8. Гидравлическое масло HLP 46 SINTEC: технические характеристики [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sintec-masla.ru/gidravlichesкое-maslo/hlp-46-tekhnicheskie-harakteristiki/>.
9. Каталог продукции ТК Айкнет [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://metall-ekspo.com.ua/p1075020741-list-nerzhaveyuschij-aisi.html>.
10. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Государственные санитарные правила и нормы работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин. [Електронний ресурс]. – 1998. – Режим доступу до ресурсу: <https://dnaop.com/html/40939/doc-ДСаНПіН 3.3.2.007-98>.

					МА 7202.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		72



11. Каталог гідравлічної продукції Bosch Rexroth [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.boschrexroth.com/en/xr/products/product-groups/industrial-hydraulics/index>
12. Каталог продукції ТОВ «Гідропрес Силова Гідравліка» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gidropress.com.ua/>
13. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Под общей ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 564 с.: ил.
14. Технология машиностроения [Текст]: учебник для вузов / Л.В.
15. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др. – М.: Издательский
16. центр «Академия», 2006. – 526 с.: ил.