

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

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО

“ ___ ” _____ 2024 р.

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

на тему: «Універсальний комплект навісного обладнання розмінування для існуючої наземної техніки»

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-02

_____ Маловацький Данило Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ к. т. н. доц., Семінська Наталія Валеріївна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ к. т. н. доц., Семінська Н. В. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

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

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

Київ – 2024 рік

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Олег ЛЕВЧЕНКО

_____ (підпис)

“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

_____ Маловацький Данило Олексійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Універсальний комплект навісного обладнання розмінування для існуючої наземної техніки

керівник проєкту Семінська Наталія Валеріївна к. т. н. доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 27 ” травня 2024 року №2115-с

2. Термін подання студентом проєкту 10.06.2024

3. Вихідні дані до проєкту Покращити ланцюговий протимінний культиватор з адаптацією на новий носій. Робочий тиск системи 32 МПа; Забезпечити швидкість обертання робочого органу 600 об/хв; Крутний момент 195 Нм.

4. Зміст пояснювальної записки Розділ 1. Існуючі способи розмінування, Розділ 2. Розрахунки та покращення існуючого рішення, Розділ 3. Короткий опис роботи системи, адаптація дистанційного керування, Розділ 4. Технологія машинобудування, Розділ 5. Охорона праці.

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

Загальний вигляд протимінного культиватора, принципова гідравлічна схема, принципова електрогідравлічна схема підключення дистанційного обладнання, плакат існуючі комерційні рішення _____,

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Охорона праці	доц. Семінська Н. В.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 26.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Пошук інформації та аналіз методів розмінування	26.04.2024	

2	Огляд існуючих рішень механізованого розмінування	03.05.2024	
3	Проектування принципової гідравлічної схеми	09.05.2024	
4	Розрахунок параметрів гідроприводів	11.05.2024	
5	Підбір обладнання	14.05.2024	
6	Проектування принципової схеми підключення приймача дистанційного керування	15.05.2024	
7	Підбір необхідних органів керування для системи дистанційного керування	18.05.2024	
8	Технологія машинобудування	20.05.2024	
9	Охорона праці	22.05.2024	

Студент

_____ Маловацький Д.О.
 (підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

_____ Семінська Н. В.
 (підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: «Універсальний комплект навісного обладнання розмінування для існуючої наземної техніки»

Київ – 2024 рік

Анотація

Метою даної роботи є покращення існуючого ланцюгового робочого органу розмінування за допомогою зміни механічного приводу на гідравлічний, а також адаптації його на існуючий носій для створення легкої та поширеної системи розмінування з вітчизняною локалізацією виробництва.

Проаналізовано існуючі механізми розмінування та готові комерційні системи, їх особливості та переваги застосування. Розглянуто найпоширеніші вибухові та невибухові загородження для вибору найефективнішого способу їх усунування. Відповідно до вимог систем розмінування обрано за прототип існуючий робочий орган та тягач. Розраховані гідросистеми та здійснена перевірка на сумісність системи носія з обраними приводами.

Здійснено статичний розрахунок дії вибухової хвилі на силові елементи обраного носія. Для підключення дистанційної системи керування розроблено електричну схему.

Annotation

The main purpose of this work is to improve the existing demining chain flail by changing the mechanical drive to a hydraulic one, as well as adapting it to the existing carrier to create a lightweight widespread demining system with possibilities of domestic production.

As a result, existing demining mechanisms and ready-developed commercial systems with their features and application advantages were analyzed. The most common explosive and non-explosive barriers are considered in order to choose the most effective way of their counteraction. According to the requirements of the demining system, the existing demining working tool and the tractor were chosen as the prototype. Hydraulic systems were calculated and checked for compatibility of the carrier system with the selected drives. A static calculation of the effect of the blast wave on the power elements of the selected carrier was carried out. An electrical circuit has been developed to connect the remote control system.

Зміст

Анотація	7
Annotation	8
Перелік Скорочень	11
Вступ.....	12
РОЗДІЛ 1. ІСНУЮЧІ СПОСОБИ РОЗМІНУВАННЯ.....	13
1.1 Аналіз існуючих типів приладів для машинного розмінування	15
1.2 Аналоги техніки для розмінування	21
1.3. Загальний огляд вибухових та невибухових інженерних загороджень.....	26
1.4 Вимоги до машин розмінування.....	32
Висновки	37
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ ТА ПОКРАЩЕННЯ ІСНУЮЧОГО РІШЕННЯ ..	40
2.1 Цілі та завдання.....	40
2.2 Гідравлічний розрахунок та підбір гідравлічних комплектуючих	41
2.3 Перевірка належності встановленого на носій насоса та схеми насосної установки під завдання нових виконавчих пристроїв.....	49
2.4 Гідравлічний розрахунок.....	49
2.5 Розрахунок навантажень, котрі діють на орган розмінування.....	55
2.6 Розрахунок бронювання трубопроводів та чутливих вузлів	57
Висновки	58
РОЗДІЛ 3. КОРОТКИЙ ОПИС РОБОТИ СИСТЕМИ, АДАПТАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ	60
3.1. Доцільність використання дистанційного керування	60
3.2. Принцип роботи подібних систем.....	60
3.3. Вибір оптимальної системи керування.....	60
3.4. Опис підключення радіоприймача до систем тягача	61
3.5. Компоновка апаратури керування.....	62
Висновки	62
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	63
4.1. Основна інформація та вимоги	63
4.2. Вибір заготовки	64
4.3. Розробка маршрутного технологічного процесу	64
4.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання.....	73

Висновки	75
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	76
4.1.Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення лабораторії	76
4.2.Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії	78
4.3.Вимоги до освітлення під час роботи в лабораторії.....	78
4.4.Пожежна безпека.....	79
Висновки	84
Висновки до дипломного проєкту	85
Список використаної літератури	86

Перелік Скорочень

ДП – дипломний проєкт

ПЗ – пояснювальна записка

СВП – саморобний вибуховий пристрій

ВР – вибухова речовина

ГВЕ – готові вражаючі елементи

Вступ

«У зв'язку з повномасштабним вторгненням росії на територію нашої держави, постали нові виклики, котрі потребують швидких та комплексних рішень. Головною складовою розвитку економіки всіх держав світу є людський ресурс і наше сьогоденне завдання - його збереження.

В умовах військового стану в зонах ведення активних бойових дій, або деокуповані території цивільні та військові стикаються з ризиком отримати серйозні мінно-вибухові травми через масове забруднення територій різними вибуховими пристроями. За інформацією Міноборони України, подібне забруднення займає 174 тисячі квадратних кілометрів, що порівнюється з половиною території найбільших країн Європи. За заявами ДСНС України для розмінування усіх територій знадобиться понад 10 років з наявними зараз інструментами та засобами [1]. У світлі цього, країні надзвичайно важливо знайти нові шляхи та методи, які допоможуть прискорити процес розмінування та забезпечити його більшу ефективність». [49]

Метою виконання даного дипломного проекту є покращення та адаптація навісного комплексу обладнання розмінування для доступної наземної техніки. Зменшення ризиків під час проведення саперних робіт. Для цього потрібно провести аналіз існуючих загроз, таких як найпоширеніші вибухові та невибухові загородження, аналіз існуючих рішень розмінування, розглянути та проаналізувати створені аналоги в подібних рішеннях, а також поставити технічне завдання, на основі якого провести проектний розрахунок основних систем та описати навантаження, котрі діють на основні агрегати даної системи.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ІСНУЮЧІ СПОСОБИ РОЗМІНУВАННЯ.

Розмінування – це сукупність процесів дій та знань спрямованих на вилучення будь-яких видів вибухонебезпечних предметів з метою очищення території та запобігання можливої шкоди, котра може бути створена вибуховими пристроями. Сучасний процес розмінування це складний та довгий процес, котрий потребує спеціалізованих знань, техніки та обладнання. На сьогодні існує декілька способів розмінування, розглянемо їх вид для умов суходолу:

- ручне розмінування
- кінологічне розмінування
- механізоване розмінування

В свою чергу кожний вид розмінування має свої переваги та недоліки. Почнемо з ручного розмінування, на даний момент найбільш поширений та наймасовіший вид розмінування, при якому розрахунки саперів за допомогою металошукачів, щупів та інших засобів прокладають вузьку тропу, таким чином розмінують ділянки потенційно забруднених територій та здійснюють пошук вибухонебезпечних предметів. Існує декілька способів такого розмінування:

- «одна людина - один прохід»
- лінійне чищення за допомогою металошукача
- лінійне очищення, з застосуванням широкорамкового металошукача
- пошук вибухонебезпечних предметів за допомогою щупа
- екскавація ґрунту

Кінологічне розмінування – також досить поширений вид розмінування в наших реаліях, оскільки є досить ефективним у боротьбі з мінною небезпекою. За допомогою спеціально тренуваних собак та кінологам даний метод дозволяє швидко і ефективно виявляти вибухові пристрої в порівнянні з класичним ручним розмінуванням, також цей спосіб зменшує ризик нещасних випадків.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механізоване розмінування – це метод, котрий передбачає застосування машин та механізмів, а також механічних інструментів під час розмінування певних забруднених ділянок вибуховими засобами. [2]

Також існує вибухове розмінування, або розмінування, котре використовує як засіб розмінування – вибухівку. Найбільш поширений серед військових, однак під час гуманітарного розмінування не застосовується через його неконвенційність. Його також можна віднести до механізованого розмінування, оскільки застосовується техніка. Досить яскравими зразками таких розмінувачів є самохідна реактивна установка розмінування УР-77 «Метеорит» [42], та система дистанційного розмінування ЗРП-2 «Тропа» [43]. Принцип роботи обох засобів подібна: відстрілюється стартовий заряд, котрий запускає некеровану ракету, котра в свою чергу витягає за собою гнучкий рукав з вибухівкою на задану відстань. Після вильоту ракети і вкладання вибухового заряду на ділянку, котру потрібно розмінувати ініціюється вибухівка, що призводить до детонації вибухового рукава. В цьому випадку вибух рукава працює як проміжний заряд для усіх небезпечних вибухових пристроїв, таким чином за допомогою вибуху знешкоджуються вибухові пристрої, котрі потрапили в зону дії даного засобу [44].

Основною перевагою ручного та кінологічного розмінування є велика результативність в порівнянні з іншими видами розмінування. Також люди здатні розмінувати СВП великої потужності, авіаційні бомби та ракети великих калібрів, що не може бути розміноване виключно за допомогою машинного розмінування. Однак основним недоліком такого виду розмінування – загроза життю самих саперів та тварин, котрі виконують дану роботу. Через це в порівнянні розмінування класичних мінних загороджень, як мінні поля механічне розмінування буде значно ефективніше, швидше та безпечніше, оскільки основний удар на себе сприймає техніка, в той час, як сапер може знаходитись на віддалені та керувати технікою дистанційно. Також техніка може мати значну кількість змінного обкладання для подолання

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різних загороджень, крім цього може оснащуватись додатковим необхідним інструментом.

1.1 Аналіз існуючих типів приладів для машинного розмінування

Існує багато різних інструментів, котрі використовуються для механізованого розмінування, однак кожний інструмент має свою особливість та застосування. Таким чином, створення машин для розмінування зазвичай базується на одній машині-платформі певної категорії, котра в свою чергу має велику кількість спеціального змінного обладнання, або інструментів розмінування. Таким чином досягається більша ефективність в порівнянні з машинами, які використовують один робочий інструмент. Системи розмінування з одним робочим інструментом також програють в своїй ефективності машинам з одним, однак комбінованим навісним обладнанням. Універсальна система робочого інструменту з можливістю його швидкої заміни називається «Toolbox», що в перекладі з англійської – коробка з інструментами, тобто певний перелік наявних інструментів, котрі можуть бути швидко змінені безпосередньо під час використання певної системи механізованого розмінування. Під час розробки робочого інструменту для подібних машин було встановлено певні види такого інструменту:

- Ланцюговий робочий орган
- Фрезерний робочий орган
- Фрезерно-ланцюговий робочий орган
- Трал, або мінний трал
- Захват(маніпулятор)
- Бульдозерний відвал

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

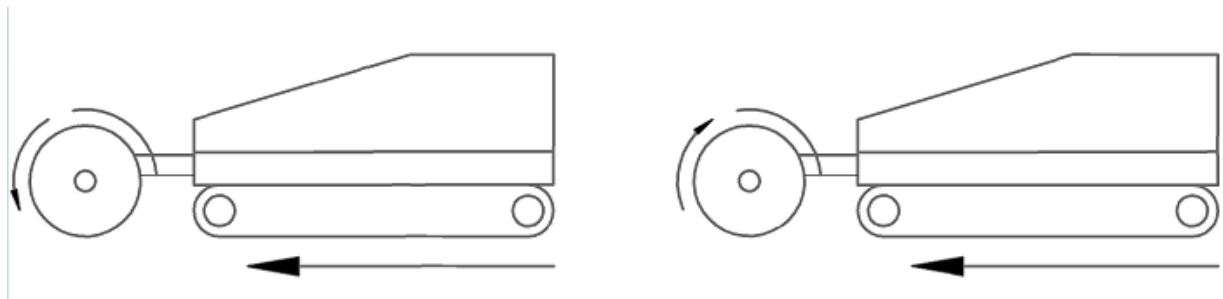


Рис. 1.1. Напря́м оберта́ння робо́чого інстру́менту проти́ ходу но́сія та за́ ходом

Зазвичай коли використовують робочі органи, типу ланцюгового, або фрезерного їх оберта́ння спря́моване проти́ руху само́ї маши́ни рис. 1.1. Таким чином у випадку детонації вибухового пристрою енергія вибуху поширюється в більший степе́ні в пові́тря, то́бто да́лі від само́ї маши́ни, а тако́ж основних її ву́злів. Тим самим під час обробки ґрунту забезпе́чується впли́в робо́чого орга́ну на загли́блену мі́ну, що при́зводить до її детона́ції, то́бто безпосереднього зне́шкодження. У випадку оберта́ння робо́чого орга́ну за напра́мком руху маши́ни, робо́чий орга́н вико́пує і викидає мі́ни встановле́ні в ґру́нт, без їх зне́шкодження, то́бто детона́ції, тим самим забезпе́чує швидко́й прохі́д в мі́нних поля́х на визна́чену шири́ну само́го робо́чого орга́ну. Однак такий спосі́б розмі́нування задово́льняє біль́ше військові́ потреби́, ані́ж гуманіта́рні. Менша́ потужні́сть дви́гуна необхі́дна для робо́ти ланцю́гового вико́навчого пристро́ю, ні́ж для фрези. Однак, фрези мо́жуть забезпе́чити біль́шу якість розмі́нування в певних катего́ріях ґру́нту. Маши́на розмі́нування певно́ї катего́рії ма́є мати відпові́дну потужні́сть, аби бу́ти спроможною долати опі́р пов'язаний з робо́тою вико́навчого пристро́ю розмі́нування та прохі́дністю в різних умо́вах. Існують 3 катего́рії маши́н розмі́нування, а саме легкі́, середні́ та важкі́. Легкі́ маши́ни механі́зованого розмі́нування зазвичай ма́ють захист, котрий спроможний захи́стити маши́ну від протипі́хотних мі́н, середні́ – до протипі́хотних та деяких протита́нкових, в той час як важкі́ повинні́ мати змо́гу витримува́ти усі́ типи протита́нкових та протипі́хотних мі́н. Більші́сть систе́м маши́нного розмі́нування ма́ють можли́вість змі́ни

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочого інструменту в залежності від умов та завдань розмінування. Зазвичай це вибір між ланцюговими та фрезерними робочими інструментами, залежно від стану ґрунту. Для більшої надійності знешкодження інженерних боєприпасів та захисту від дії вибуху протитанкових мін, можуть використовувати поєднання двох робочих інструментів в одній системі, як приклад ланцюговий робочий орган та румпель [3].



Рис. 1.2 Поєднання ланцюгового робочого органу та румпеля [4]

Робочий орган у вигляді протимінного тралу зазвичай складається з кількох дисків, розташованих на одній осі. Вони використовуються для швидкого проходження небезпечних ділянок автоколонами та іншими видами техніки. Інший вид робочих інструментів можуть застосовувати для розчищення різних перешкод під час процесу розмінування [5].

Розглянемо більш детально вищеописані робочі органи машин механічного розмінування.

1. Ланцюговий робочий орган(вузол розмінування) – пристрій котрий монтується на техніку і призначений для створення безпечних проходів через заміновані ділянки, як мінні поля. Принцип його дії полягає в детонації вибухових пристроїв перед самою технікою, тобто техніка-носії даного пристрою пересувається вже розмінованою ділянкою. Вперше були застосовані британцями під час Другої Світової війни [5].

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протимінний ланцюговий пристрій зазвичай складається з декількох важких ланцюгів, на кінці яких розташовані ударні кулачки. В свою чергу вал, на котрому розташовані ланцюги закріплені на двох несучих конструкціях та обертається з високою швидкістю перед машиною розмінування. Обертання ротора змушує швидко обертатись ланцюги з ударними кулачками і сильно вдаряти землю, при цьому розвивається сила співставна з вагою людини або техніки, таким чином провокується детонація вибухового пристрою, або вибуховий пристрій знищується методом руйнування корпусу. Однак, ударні кулачки часто зазнають пошкоджень, що потребує можливості їх заміни [5].



Рис. 1.3 Безпілотна наземна платформа з ланцюговим робочим органом BOZENA 4[5]

2. Румпель, або фрезерний робочий орган - другий за популярністю робочий орган машинного розмінування [6]. Більшість таких фрез створені на основі техніки призначеної для рослинництва, лісгосподарських робіт, та в якості носія використовують тягачі, або танкове шасі. Оскільки основа – важка техніка, зазвичай фрези характеризуються великою вагою та розмірами, однак з сучасними місіями гуманітарного розмінування по всьому світу почали з'являться румпельні органи менших розмірів. Подібні системи використовують стандартні ударні біти, котрі встановлені на об'легшеній обертовій конструкції, котра подібна до клітки. Основним елементом, що копає та розпорошує землю, а також сприймає удар вибуху є кулачки, що

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відходять перпендикулярно відносно осі обертання даного пристрою. Подібні сучасні системи дозволили створити легший робочий орган, що в свою чергу дозволило використовувати легші тягачі. Найпопулярніша на сьогодні фреза - створена на основі вищеописаного барабану, котрий оснащений перекриваючими рядами ударних біт, створених із спеціальних сталевих сплавів. Біти, або ударні кулачки подрібнюють ґрунт, в той час як даний культиватор опускається на обрану глибину, зазвичай 10-20 сантиметрів. Знищення вибухових пристроїв відбувається подібно до пристроїв з ланцюгами, тобто ініціацією підричника міни, що призводить до її детонації, або механічної руйнації корпусу вибухових пристроїв.



Рис. 1.4 Приклад легкого румпельного робочого органу [6]

3. Катковий трал також застосовується під час гуманітарного розмінування, зазвичай використовується під час технічного обстеження та швидкого прокладання маршруту, як для військових так і гуманітарних колон[7].

Основною перевагою даного пристрою є:

- Швидкість
- Знижена ціна
- Легкість виготовлення
- Низькі витрати

Протимінні катки, або трали мають доволі простий принцип, вони створюють тиск подібний до ваги людини, або техніки, таким чином

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

провокують детонацію інженерних боєприпасів. Найбільш поширена конфігурація даного пристрою – це роздільний набір роликів на одній осі. Отвір в самому ролику зазвичай більший ніж діаметр несучої осі, що дозволяє натискним дискам вільно перекочуватись і підлаштовуватись під рельєф місцевості. Самі диски зазвичай важать в межах 50-100 кілограмів. Даний пристрій зазвичай розташовується перед технікою. В якості носія зазвичай застосовуються броньовані тягачі, або танки, оскільки техніка меншого класу не здатна його ефективно використовувати. Також дана система може бути розділеною на два масиви, прикріплених перед колесами техніки. [7]



Рис. 1.5 Роздільний катковий трал з можливістю огинання рельєфу [7]

4. Маніпулятор – допоміжний засіб механізації, використовується в якості додаткового інструменту розмінування.



Рис. 1.6 Безпілотна платформа розмінування DOK-ING MV-4 з гідравлічним маніпулятором [8]

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також є найбільш поширеним засобом в найлегших робото-технічних комплексах розмінування, однак зустрічається і в більш важких системах. Використання маніпуляторів доволі широке, зазвичай використовується для розгородження завалів, або переміщення вибухових пристроїв, як артилерійські міни чи авіаційні бомби.

1.2 Аналоги техніки для розмінування

1. Комплекси наземного розмінування серії Armtrac 75T/75T-230 (Рис. 1.7) Armtrac 75T – універсальна багатоцільова машина розмінування середнього класу, створена для різних робіт з розчищення територій від вибухонебезпечних предметів. Дана система здатна очищати ґрунт від вибухонебезпечних предметів приблизною площею 1100 квадратних метрів на годину з заглибленням обертового робочого інструменту на глибину 35 сантиметрів. Дана машина обладнана унікальною функцією для свого класу – телескопічна щогла, котра здатна подовжуватись для розмінування боєприпасів у складних та важкодоступних місцях, наприклад схилах або берегах річок, при цьому сама платформа залишається нерухомою. Існують безпілотні дистанційно керовані версії даних машин. Усі модифікації даної системи мають можливість оперувати різними наборами інструментів для знешкодження мінно-вибухових, невибухових загороджень, а також нерозірваних боєприпасів, розміром до 50 сантиметрів. Стріла має вантажопідйомність до 2700 кілограмів, що робить дану машину потужним інструментом механізованого розмінування.



Рис. 1.7 Машина розмінування Armtrac 75T-230 [9]

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики розміновувача Armtrac 75T-230

[9]

Швидкість обертання робочого інструмента	350-400 об/хв
Заглиблення робочого інструмента	20-30 см
Очищення легкого ґрунту із середньою рослинністю	1700 м ² /год
Очищення середнього ґрунту рослинністю	780 м ² /год
Очищення важких ґрунтів із щільною рослинністю	530 м ² /год
Ширина розмінування	2,2 м
Робочий орган розмінування	Румпель, ланцюг, гідравлічний маніпулятор, та ін.

2. Наземний роботизований комплекс розмінування DOK-ING MV-4 (Рис. 1.8)

Роботизована платформа від компанії DOK-ING є однією з найдосконалішою машиною в легкій категорії для розмінування [10]. Створена на базі гусеничного тягача, котрий має знижений профіль та міцну конструкцію, що дозволяє розмінувати протипіхотні міни, витримувати вибух протитранспортних мін, а також вилучати з ґрунту та знешкоджувати нерозірвані боєприпаси за допомогою допоміжних робочих інструментів. Даний комплекс розмінування є одним з небагатьох систем, котрі були протестовані в бойових умовах, а також під час місій гуманітарного розмінування. Через свій легкий клас дану машину можна легко переміщувати різними видами транспорту, також має транспортні вуха для повітряної доставки за допомогою гвинтокрила. Система MV-4 налічує найбільшу кількість робочих інструментів розгородження, та додаткового обладнання. До переліку інструментів відносяться ланцюговий та румпельний робочий

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

орган, сегментований роликовий трал, а також гідравлічний маніпулятор з можливістю встановлення захвату, або малого екскаваторного ковша. Існує можливість встановлення бульдозерного відвалу та відвалу з ротаційним захватом.



Рис. 1.8 Роботизований комплекс розмінування MV-4 військової модифікації M160 [10]

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики DOK-ING MV-4 [11]

Швидкість обертання робочого інструмента, ланцюг/румпель	0-900 об/хв та 600-800 об/хв відповідно
Заглиблення робочого інструмента ланцюг/румпель	До 20-25 см
Очищення ґрунту	До 2200 м ² /год
Кількість ударних кулачків ланцюг/румпель	34 /58 шт.
Вага органу розмінування ланцюг/румпель	1200/1585 кг
Ширина розмінування ланцюг/румпель	1,725 /1,8 м
Робочий орган розмінування	Румпель, ланцюг, гідравлічний маніпулятор, та ін.

3. GSC 200 – ще один яскравий представник класу безпілотних багатоцільових платформ середнього класу, котрі використовують різноманітний набір пристроїв для розмінування та інженерного розгородження [12]. Створена для очищення територій з максимальною живучістю в умовах високої вибухової загрози. За допомогою даного комплексу можна не тільки здійснювати очищення територій, а також проводити різноманітні роботи на ґрунті, транспортування та завантаження вантажів. Дана система складається з тягача на гусеничному шасі та набору навісного обладнання для різних завдань. В загальному перелік обладнання подібний до попередньої системи, однак існують додаткові робочі органи, як вилочний вантажопідійомник та ківш-грейфер. Під час інженерного розгородження міни підриваються за допомогою переднього інструменту, таким чином вибух найбільше впливає на обраний робочий інструмент, а не на саму машину, таким чином не пошкоджуючи її важливі вузли. Найбільш поширеними органами розмінування даної системи є ланцюговий культиватор, а також трал. Має універсальне монтажне кріплення, для швидкої зміни навісного обладнання, що є принциповим для досягнення максимальних показників очищення територій в різних ґрунтах під час гуманітарного розмінування.



Рис. 1.9 Універсальна платформа EOD GCS-200[12]

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики GCS-200 [12]

Заглиблення робочого інструмента, залежно від виду	15-20-25 см
Очищення ґрунту	До 1000 м ² /год
Вага органу розмінування ланцюг	2405 кг
Ширина розмінування ланцюг	2 м
Робочий орган розмінування	Навантажувач, ланцюг, гідравлічний маніпулятор, та ін.

4. Середня безпілотна система розмінування з дистанційним керуванням Way Industries Vozena 5 створена для знешкодження протипіхотних та протитранспортних мін, а також для вибухових пристроїв встановлених на «розтяжці» [13]. Створена на основі колісного тягача, однак оснащується натяжними гусеницями, котрі надягаються з кожного борту на пару коліс з приводною зірочкою. Система розроблена для протидії вибухонебезпечним предметам, котрі налічують вибухівку в розмірі 9 кілограмів в тротиловому еквіваленті, тобто більшість протитанкових мін. Vozena 5 може використовуватись в районах з великим рівнем мінно-вибухового забруднення, а також в складній місцевості, як ліси, гори, лісосмути, а також долати певні перешкоди. Крім цього, машини даного сімейства можуть оснащуватись додатковими аксесуарами та інженерними інструментами для підвищення ефективності розчищення територій. Однак, найбільш поширеним та ефективним пристроєм розмінування для даної системи є ланцюговий культиватор з броньованим екраном, а також кулачкова фреза.

Існує велика кількість варіантів рушійних установок для приведення в дію пристроїв розмінування, як гідравлічні мотори різних типів, пряма передача від двигуна, котра через редуктор передає обертання робочому пристрою, та інші варіанти подібних систем.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тягач покритий бронюванням змінної товщини для захисту від вибухів інженерних боєприпасів різного призначення та елементів сміття, котрі вилітають з великою швидкістю з-під обраного робочого органу [13].



Рис. 1.10 Безпілотна система розмінування «Bozena 5» [13]

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики Bozena 5 [13]

Швидкість обертання робочого інструмента, ланцюг/румпель	Від 300-400 об/хв
Заглиблення робочого інструмента ланцюг/румпель	До 25 см
Очищення ґрунту ціп/румпель	До 5000/6000 м ² /год
Кількість ударних кулачків з ланцюгами	38 шт.
Вага органу розмінування – ланцюг/румпель	2100/2900 кг
Ширина розмінування ланцюг/румпель	2,6 м
Робочий орган розмінування	Ланцюг, румпель, а також тракторне навісне обладнання

1.3. Загальний огляд вибухових та невибухових інженерних загороджень.

Інженерні загородження [14] – спеціальні інженерні засоби, до яких можуть відноситись споруди та руйнування, які встановлені або влаштовані на

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцевості з метою нанесення втрат противнику, затримання його просування, ускладнення його маневру, змушення рухатись у вигідному для нас напрямку.

Інженерні загородження поділяються на:

- мінно-вибухові,
- невибухові,
- електризовані,
- водні,
- комбіновані,
- фальшиві.

Окрім, цього інженерні загородження також поділяються за призначенням на протитанкові, протипіхотні, протитранспортні, протидесантні і річкові. Вони можуть влаштовуватись на суходолі, водних перешкодах і морському узбережжі. Оскільки переважна більшість нашої країни – суходіл, а також рівнини: переважна більшість воєнного та післявоєнного забруднення займають саме ці поверхні, тому найбільш ефективним рішенням буде розглядати засіб, котрий буде працювати саме в таких умовах. До найпопулярніших невибухових інженерних загороджень відносять: протитанкові рови, їжаки, надовби, ескарпи та контрескарпи. Завали різних типів для сповільнення просування живої сили, а також техніки, Малопомітні дротяні мережі (МПД)-«Путанка», Колючий дріт, Дротяні огорожі та спіралі, та інше. Окремий великий клас – мінно-вибухові загородження, а також залишки і забруднення вибуховими пристроями. Вибуховий пристрій – спеціально створений пристрій в заводських або кустарних умовах одноразового застосування, котрий за певних обставин спроможний до вибуху з утворенням вражаючих факторів або елементів за допомогою використання енергії хімічного вибуху. До таких пристроїв відносяться набої, міни різних типів, ручні гранати, бомби, авіаційні бомби, артилерійські снаряди різних типів та самі вибухові речовини [14].

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеними видами військового забруднення є Мінно-вибухові пристрої – це пристрої створені спеціально для скоєння вибуху при певних умовах [15]. Можуть бути приведеними в дію різними способами, як натискання, годинниковий механізм, зрив розтяжки, радіо сигналом, різними датчиками та сенсорами, або за допомогою дистанційного керування. Дані пристрої можуть встановлюватись на землі, під водою, у воді. Вибухові пристрої можуть застосовуватись, як засіб оборони, пастки для ворога, або вид перешкод на шляху противника. Вони можуть мати різну форму, призначення, вибухові речовини та технології виготовлення. Даний термін може застосовуватись у двох найбільш поширених значеннях, а саме:

- міна, як артилерійський снаряд;
- міна, як інженерний боєприпас.

Розглянемо другий термін більш детально, саме інженерні міни становлять переважну більшість вибухових загороджень [15]. Інженерна міна – виріб, котрий містить в собі заряд вибухової речовини, об'єднаний із засобом, або засобами ініціації, призначений для нанесення ураження особовому складу, техніці противника, спорудам, який приводиться в дію від впливу об'єкта ураження, а саме людини, транспорту, або іншого цільового засобу на засоби підриву (датчик цілі), або за допомогою певного виду команди(часовий сповільнювач, електроімпульс, радіосигнал, тощо). Також міни можуть приводитись в дію через присутність, або близькість людини, чи транспорту без безпосереднього їх контакту. Можуть мати запобіжний механізм, котрий унеможливорює їх зняття, рух та знешкоджування, а також самоліквідатор для вибуху міни через певний проміжок часу після її встановлення. Інженерні міни можуть класифікуватись різними способами, як призначення, за типом датчика цілі, за способом заподіяння шкоди, а також за способом установки. Серед вищеперерахованих способів найбільш поширений – призначення. Саме тому почнемо огляд даного типу боєприпасів за їх призначенням, вони поділяються на [15]:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Протитанкові
- Протипіхотні
- Протидесантні:
 - Об'єктні
 - Сигнальні
 - Міни-пастки(сюрпризи)
 - Особливі
- Спеціальні (Протитранспортні):
 - Залізничні
 - Автодорожні
 - Аеродромні

Розглянемо усі класи мін за типом існуючих датчиків цілі [15]:

- Натискної дії (Спрацьовують через зовнішній вплив, як натискання на датчик цілі ногою людини, гусеницею важкої техніки, або колесом автомобільної техніки)
 - Магнітної дії (Спрацьовують через вплив на датчик цілі магнітного поля бойової машини, транспорту, або людини, котра котрий має будь-які металеві елементи, як автомат, або залізні плити в бронежилеті)
 - Теплової дії (Спрацьовують через вплив на датчик цілі тепла, виділеного технікою, або людиною)
 - «Нахильної дії» (Спрацьовують через зовнішній вплив при відхиленні корпусом машини, або тілом людини антени-датчика цілі від вертикального положення)
 - Сейсмічної дії (Спрацьовують через зовнішній вплив на корпус самого боеприпасу, наприклад від струсу, вібрації ґрунту під час руху техніки, або руху людини)
 - Інфрачервоної дії (Спрацьовують через зовнішній вплив на електронний датчик цілі, а саме під час переривання корпусом машини

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

променю світла інфрачервоного діапазону, котрий підсвічує світлочутливий датчик-запобіжник).

- Натяжної, або обривної(зривної) дії (Зазвичай спрацювання відбувається через натяг датчика цілі тілом, або ногою людини, наприклад міна ПОМ-2, датчик «обривної дії» спрацьовую за зворотнім принципом: спрацювання відбувається через зрив тонкого дроту, котрий ініціює детонатор, також існує назва – розтяжка, зазвичай зустрічаються в протипіхотних мінах)

Оскільки найбільш потужними мінами є протитранспортні розглянемо їх спосіб заподіяння шкоди [15]:

- Протигусеничні (Завдають руйнування тракам, гусеницям та колесам техніки)
- Протиднищові (Завдають руйнування принципом пробиття днища танка, або техніки. Таким чином викликають детонацію боєкомплекту, вихід з ладу двигуна, знищення екіпажу, тощо)
- Протибортові (Завдають руйнування шляхом пробиття борту танка і викликають руйнування подібні до попередньої міни)

Також можна розрізнити усі міни за способом установки, вони бувають класичні-некеровані, та керовані [15]. Керування може відбуватись за допомогою радіозв'язку, а також по дроту. Основною ідеєю керованого мінного поля є можливість активації та деактивації їх ініціаторів. Тобто з'являється можливість пропустити мінним полем дружню техніку, а за умови потрапляння на кероване мінне поле ворожої техніки – активувати його задля їх знищення. Важливо пам'ятати, що міни також можуть мати додаткові запобіжні механізми, котрі запобігають їх вилученню та знешкодженню, тому їх також можна поділити на міни, що вилучаються та знешкоджуються; міни, котрі вилучаються і не знешкоджуються та міни, які не вилучаються та не знешкоджуються.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 - Зведена таблиця ТТХ поширених мін на території нашої країни [16]

Назва	Тип	Вага, вид ВР.	Чутливість датчика цілі	Спосіб встановлення
ПМН-2	Протипіхотна фугасна	0,1 кг, ТГ-40	5-25 кг	Вручну, або засобами механізації
ПМН-4	Протипіхотна фугасна	0,05 кг, Тротил	5-15 кг	Вручну, або скиданням з авто
ОЗМ-72	Протипіхотна осколкова кругового ураження	0,66кг, Тротил	0,5-6 кг, залежно від датчика цілі	Вручну
МОН-90	Протипіхотна осколкова направленої дії	6,2 кг, ПВВ-5	0,5-6 кг, залежно від датчика цілі	Вручну
ПФМ-1/1С	Протипіхотна фугасна	0,04 кг, ВС-6Д	5-25 кг	Дистанційними системами мінування
ПОМ-2	Протипіхотна осколкова кругового ураження	0,14 кг, Тротил	0,35-0,45 кг	Дистанційними системами мінування
ПОМ-3	Протипіхотна осколкова кругового ураження	0,099кг, А-ІХ-Т	Сейсмічний датчик цілі, реагування 6-13 м	Дистанційними системами мінування

ТМ-62М	Протитанкова протигусенична	7-7,5 кг, Тротил/ТГА/МС	120-750 кг, зазвичай 150-550 кг	Вручну, або засобами механізації
ТМ-72	Протитанкова протиднищева	2,5 кг, ТГ-40	Магнітний датчик цілі	Вручну, або засобами механізації
ПТМ-3	Протитанкова протиднищева	1,8 кг, ТГ-40	Неконтактний, електронний	Дистанційними системами мінування
ПТМ-4/4Р	Протитанкова протиднищева	1,4 кг, ТГ-40	Неконтактний, магнітний датчик цілі	Дистанційними системами мінування
МС-3	Міна-сюрприз фугасна	0,34 кг, Тротил	5 кг, розвантажувальної дії	Вручну

1.4 Вимоги до машин розмінування

Машина механізованого розмінування створена для ефективного дистанційного знешкодження вибухонебезпечних виробів під час виконання завдань з гуманітарного розмінування [17]. Під час цього процесу на всіх етапах виконання гуманітарного розмінування потрібно забезпечити загальні вимоги прохідності, ефективного оброблення (перебивання, або фрезерування) ґрунту, або іншого виду впливу на вибухові пристрої для їх ініціації, автономності роботи пристрою, мінімальної кількості робочих інструментів, а також базового бронювання важливих вузлів. Дані параметри забезпечуються комбінацією механічних, програмних, технологічних, а також тактичних рішень.

Вимоги до подібних систем в основному зводяться до можливості витримувати вибух важких протитанкових мін, а також глибини очищення

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грунту, незалежно від його класу важкості [17]. Умовами останніх збройних конфліктів, а також безпосередньо війни в Україні 2022р. державною службою України з надзвичайних ситуацій було визначено наступні орієнтовні технічні вимоги. Основа тягача може мати колісне, гусеничне, або спеціальне шасі, мати розхід палива на годину не більше ніж 50 літрів, при цьому мати достатню потужність двигуна для виїзду на схил нахилом 30 градусів. Система має потрапляти в легкий, або середній клас систем механізованого розмінування, мати змінний робочий орган. Рекомендовано ланцюговий роторний робочий орган, а також фрезерний. Система має забезпечувати знешкодження протипіхотних та протитанкових мін, можливість створення проходів на місцевості з невеликими чагарниками. Робочий орган може живитись напряду від двигуна тягача, або від окремої рушійної установки. Для використання ланцюгового та румпельного робочих органів рекомендується мати на валу 30 та 50 ланцюгів з ударними кулачками та ударних кулачків відповідно, окрім цього, глибина очищення обох пристроїв має задовольняти сертифікати відповідності випробувань відповідно до методики ECWA 15044 "Test and Evaluation of Mine Clearing Machines", де вказано, що в легкому ґрунті має забезпечуватись глибина проходу в 23 сантиметри з продуктивністю в 1200 кв.м/год. Коли як у піску (середня важкість) не менше 25 сантиметрів з ефективністю в 1300 кв.м./год та 21 у важкому ґрунті при 950 кв.м/год розчищеної ділянки, наприклад гравій відповідно. 950 кв.м. При цьому забезпечити ширину смуги розмінування не менше ніж 2 метри та можливість встановлення системи дистанційного керування. Ланцюговий та фрезерний робочі органи повинні мати можливість регулювання та зміни напряду обертання для вибору принципу розчищення територій, однак не менше за 500 обертів на хвилину. Залежно від завдання, можливе комплектування додатковим захистом. Також тягач має працювати не менше 8 годин на повній заправці паливом та мати комплект запасних частин та розхідних матеріалів для експлуатації протягом 2000 мотогодин [17].

1.5 Опис роботи навісного обладнання розмінування з приводом від двигуна

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.11 приклад тягача з ланцюговим протимінним культиватором з приводом від двигуна [18]

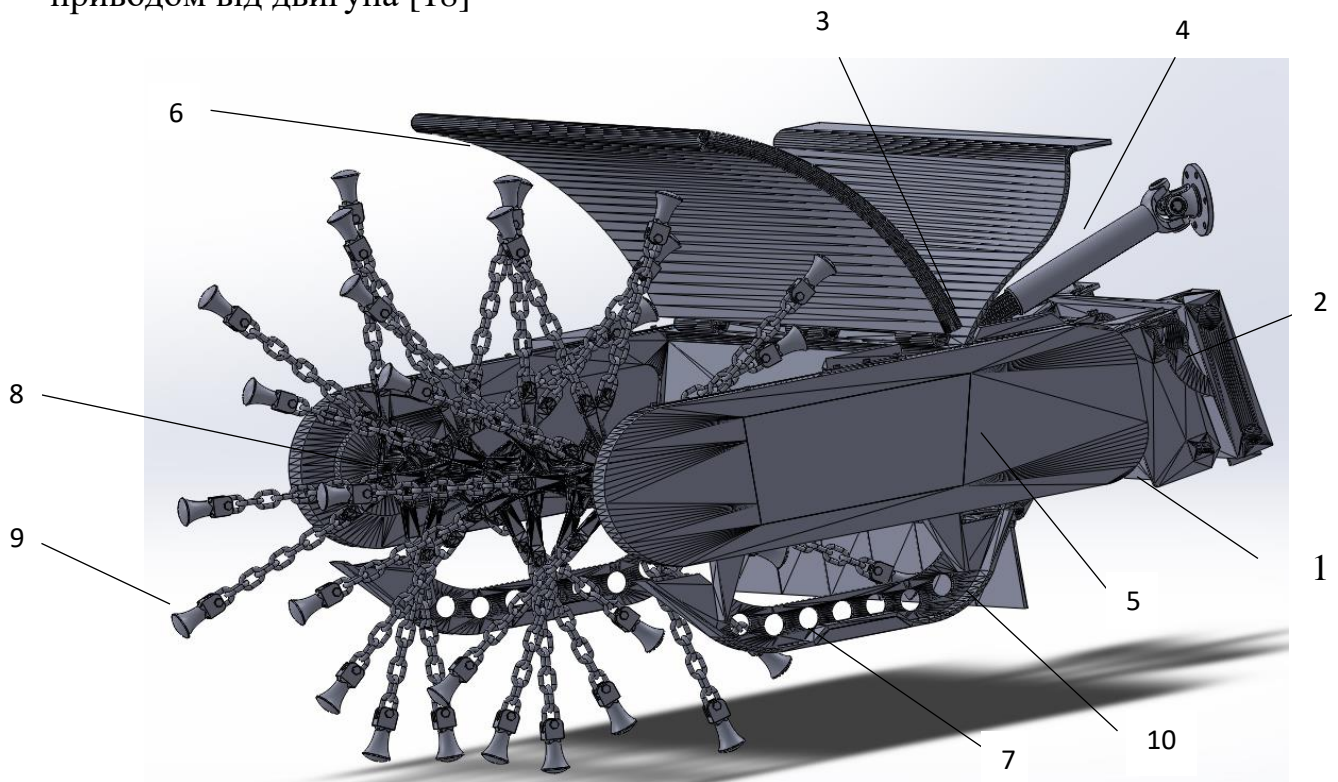


Рис. 1.12 Загальний вид ланцюгового протимінного культиватора з приводом від двигуна

1. Рама; 2. Монтажна система навісного обладнання; 3. Вхідний вал конічного одноступінчастого редуктора; 4. Карданний вал; 5. Несуча конструкція-броньований кожух ланцюгової передачі; 6. Верхній захисний кожух; 7. Опорні лижі; 8. Барабан; 9. Ланцюг із змінним ударним кулачком; 10. Нижній захисний кожух

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подібні робочі органи розмінування вирізняються надійністю та тривалим терміном служби, а також високою ремонтпридатністю. Це досягається завдяки використанню основних агрегатів та вузлів від світових лідерів машинобудування. Крім цього, в основі даного навісного обладнання лежить висока культура виробництва, вдосконалені методики проектування, високоякісні матеріали та практичні дослідження, що дозволяє експлуатувати дані пристрої у важких умовах.

Ланцюговий робочий орган розмінування виконаний для можливості протидії вибуховим пристроям з наповненням до 9 кілограмів в тротиловому еквіваленті, а також розгородження ґрунтів різної щільності з можливими насадженнями, як кущі, пні діаметром до 25 сантиметрів, тощо [19].

Даний пристрій (Рис. 1.12) створений на основі існуючого обладнання розмінування від компанії «Way Industries», оснащений комплектом для підключення до ВВП тягача вже в Україні, оскільки європейські безпілотні тягачі для розмінування, котрими оснащується дана система, простоюють через відсутність комплектуючих. Через це використовують трактори і платформи різного призначення з попередньою їх підготовкою, наприклад бронювання кабіни оператора, оснащення системами дистанційного керування, заміна певних агрегатів, тощо. Агрегатується з тягачами та тракторами тягового класу 14 кН. (1,4 т.с.) та вище і обертанням ВВП трактора $n=540$ об/хв. Привід барабану в рух здійснюється від валу відбору потужності тягача карданним валом 4 через одноступінчастий конічний редуктор 3, котрий приводить в рух вал з'єднаний з приводною зірочкою, яка в свою чергу за допомогою ланцюгової передачі з'єднана з зірочкою барабану 3 (рис. 1.13).

Оскільки уніфікованого рішення для тягача розмінування на даний момент немає, пропоную застосувати в якості носія навісного обладнання розмінування гусеничний малий багатоцільовий фронтальний навантажувач від компанії Bobcat серії T870. Оскільки даний навантажувач є серійним і масовим виробом проблем з обмеженою їх кількістю поставати не має. Також даний вид техніки широко використовується під час різних ремонтних робіт,

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на будівництвах, має в своєму арсеналі велику кількість навісного обладнання різного призначення, котре в свою чергу можна застосувати для інженерного розгородження.



Рис. 1.13 Гусеничний легкий навантажувач Bobcat T870 [20]

Навантажувач даної серії є найбільшою машиною свого класу, завдяки гусеничній рушійній установці відрізняється високою продуктивністю та малим тиском на ґрунт, що забезпечує його високу прохідність в порівнянні з колісною технікою даного класу. Машина оснащена потужним 4-циліндровим двигуном потужністю в 99 к.с. Завдяки цьому машина не застрягає і може легко працювати, як в болотистій місцевості, так і на піщаних. Максимальна підйомна вага в базовій комплектації становить 1500 кг (привід нахилу ковша). Виліт підйому стріли до 3-х метрів включно, що цілком забезпечує безпечний коридор з розмінування з можливістю зриву розтяжок, з високим розташуванням. Загальна вага техніки 4400 кг, що класифікує її, як легку систему [21].

Таблиця 1.6 - Базові характеристики Bobcat T870 [21]

Продуктивність насоса (стандартна/висока подачі)	87,1/151 л/хв
Тиск в системі на швидкоз'ємних муфтах	23,8-24,5 Мпа
Швидкість руху / висока подача	10,5/18,3 км/год

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження перевороту	4931 кг
Ширина тягача в крайніх точках	1851 мм

Основними елементами комплексу розмінування є рама 1 (рисунок 1.12) і горизонтальний вал з вухами-кріпленнями (рисунок 1.13), на якому закріплено 32 ланцюги з ударними кулачками. Ходовою частиною системи є монтажна система кріплення до існуючої техніки 2 та опірні лижі 7, на яку спирається агрегат під час роботи (рисунок 1.12) в якості тягача пропонують обрати гусеничний навантажувач Bobcat (рисунок 1.13), котрий містить в собі 4 гідроциліндра механізації стріли. У відчепленому від тягача стані навісний ланцюговий культиватор опирається на лижі 7 та потребує додаткової підставки під раму 1.

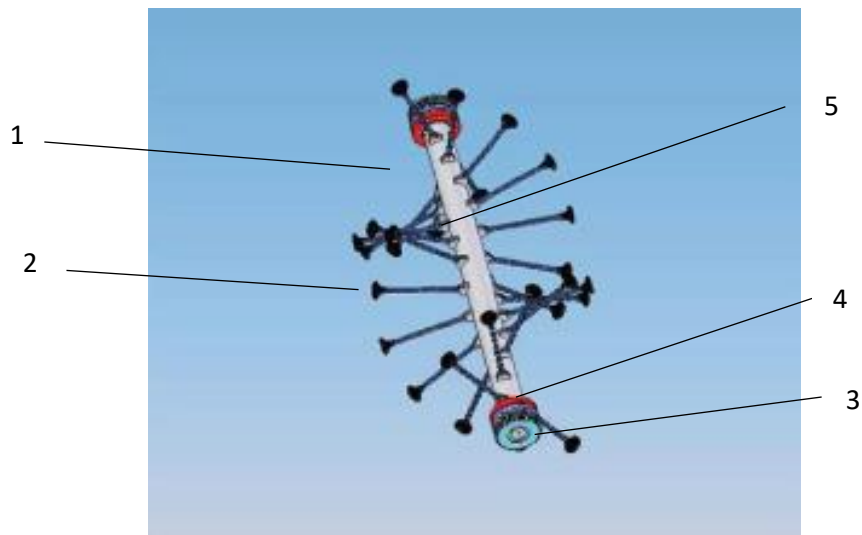


Рисунок 1.13 Барабан ланцюгового культиватора [22]

1. Барабан; 2. Змінний ударний кулачок; 3. Приводна зірочка; 4. Захисна муфта підшипника; 5. Вуха-кріплення ланцюга

Висновки

У цьому розділі проведено огляд та висвітлено переваги, недоліки та особливості різних інструментів розмінування. Встановлено їх призначення, та окреслено середовище у якому певний інструмент демонструє переваги. На

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основі цих даних можна встановити інструменти, які найкраще підходять для гуманітарного розмінування, а також ті які доцільно використовувати на території нашої країни. Враховано види ґрунтів, типи рельєфу, умови прохідності тягача з навісним обладнанням та умови зовнішнього впливу. Оглянуто існуючі пілотовані та безпілотні наземні комерційні системи такі, як: пілотована універсальна машина середнього класу Armtrac 75T-230, легка безпілотна система розмінування та розгородження DOK-ING MV-4, середня безпілотна універсальна платформа EOD GCS-200 та середній безпілотний тягач з навісним обладнанням розмінування «Bozena 5».

Наведено базові технічні характеристики машин, їх робочих органів та додаткового обладнання. В результаті, зроблено висновок, що на вибір типу робочого органу, а також класу тягача впливає вид завдання розмінування, навколишнє середовище, а також їх можливості протистояти вибухонебезпечним предметам. Найбільшої ефективності досягають системи, котрі мають в своєму арсеналі різні типи змінних робочих інструментів, котрі застосовуються в різних умовах.

Розглянули поширені інженерні боєприпаси, що зустрічаються на наших територіях, наведені в таблиці 1.5.

Також було розглянуто модифікований в Україні ланцюговий культиватор розмінування та запропоновано універсальний тягач легкого класу, котрий можна адаптувати під виконання завдань з гуманітарного розмінування.

Легкі системи розмінування зазвичай служать для протидії та знешкодження протипіхотних мін, котрі мають значно меншу кількість ВР.

Основні переваги легких тягачів:

- Простота транспортування
- Можливість швидкого транспортування повітряним шляхом, як на зовнішній підвісці вертольоту
- Мобільність на розроблюваному майданчику
- Економічність споживання палива

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Прокідність у важкодоступних місцях, як лісосмуга, вузькі дороги, стежки, тощо.
- Легкість польового ремонту
- Менша операційна вартість

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ ТА ПОКРАЩЕННЯ ІСНУЮЧОГО РІШЕННЯ

2.1 Цілі та завдання

Використання різних типів механізованого навісного обладнання потребує різних частот обертання робочого пристрою та різного зусилля. Механічна передача не може забезпечити діапазон даних змінних параметрів, саме через це пропоную замінити механічну передачу на гідравлічну для можливості регулювання в зазначених діапазонах, а також для забезпечення вимог ДСНС.

Метою роботи є заміна механічної передачі на гідравлічну в системі ланцюгового органу розмінування, а також заміна гідравлічного приводу нахилу робочого інструмент на більш потужний для існуючого тягача.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Розрахувати та підібрати гідравлічні привода з їх супутнім обладнанням.
2. Адаптувати існуючу систему тягача під новітні виклики – розробити схему підключення дистанційного блоку керування.
3. Розробити заходи щодо технічного обслуговування
4. Розробити заходи з охорони праці.

Цей дипломний проект спрямований на вирішення вищезазначених завдань, а також інших супутніх задач. Для вирішення поставленого завдання пропоную гідравлічну схему, що об'єднує в собі спрощену гідравлічну схему тягача та навісного виконавчого пристрою. Схема представлена на рисунку 2.1

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

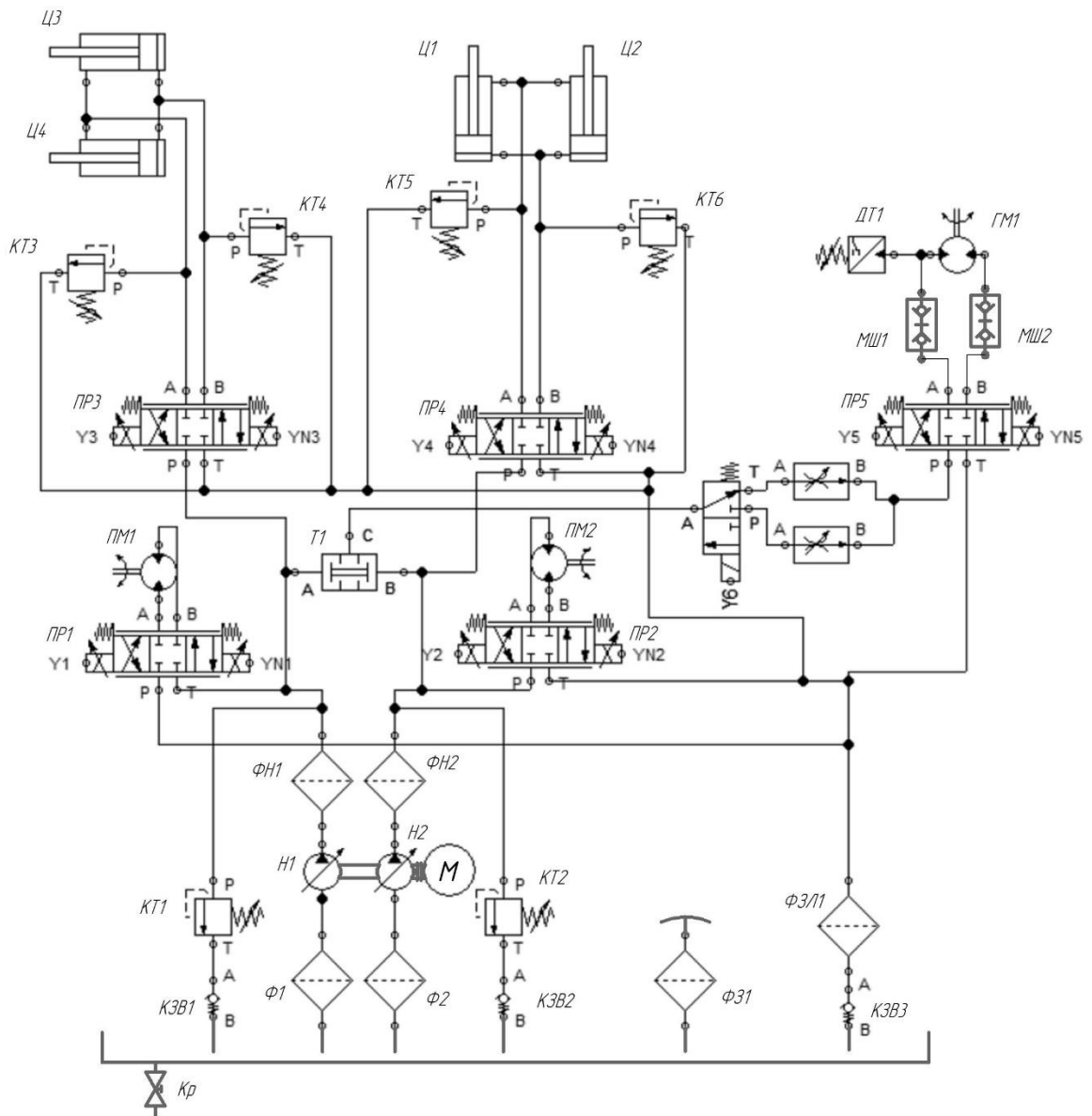


Рис. 2.1 Принципова гідравлічна схема

Потрібно розрахувати і підібрати відповідні гідравлічні компоненти, на основі вищенаведеної гідравлічної схеми.

2.2 Гідравлічний розрахунок та підбір гідравлічних комплектуючих

2.2.1 Розрахунок й вибір типорозміру гідромотору для ланцюгового культиватора розмінування [23]

Визначимо розрахунковий робочий об'єм гідромотора:

$$Q_{\text{ГМ}} = \frac{2 \pi \cdot M_{\text{max}} \cdot \eta_0}{p_h \cdot \eta} k_3 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 195 \cdot 0,80}{22,5 \cdot 10^6} \cdot 1,1 = 4,789 \times 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$= 47,89 \text{ см}^3, \text{ де}$$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M_{max} – крутний момент, Нм; p_M – вхідний тиск гідродивгуна, Па; η_0 – об’ємний ККД, приймається в межах 0,75...0,85; $k_3 = 1,1$ – коефіцієнт запасу.

Попередньо обираємо планетарний гідромотор МГП-80 з такими показниками:

- Робочий об’єм, $q_d = 80,5 \text{ см}^3$
- Номінальний та максимальний робочий тиск - 21/25 МПа
- Максимальний крутний момент $M_{max} = 196 \text{ Нм}$
- Частота обертання $n_{max}/n_{min} = 810/10 \text{ об/хв}$
- ККД загальний $\eta_d = 0,78$ /об’ємний $\eta_{d,o} = 0,88$

Дійсний тиск в гідромоторі визначимо за формулою:

$$p_d = \frac{2 \pi \cdot M_{max} \cdot \eta_{d,o}}{q_d \cdot \eta_d} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 195 \cdot 0,88}{80,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,78} = 17,16 \times 10^6 \text{ Па} = 17,16 \text{ МПа}$$

Визначимо максимальну споживану витрату обраним гідромотором:

$$Q_{d,max} = \frac{q_d \cdot n_{d,max}}{\eta_{d,o}} = \frac{80,5 \cdot 10^6 \cdot 810}{0,88} = 0,07409 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}} = 74,09 \text{ л/хв}$$

2.2.2 Вибір необхідної апаратури для забезпечення роботи даного вузла та її характеристики

Планетарний гідромотор МГП-80 [24]

Робочий об’єм, $q_d = 80,5 \text{ см}^3$

Номінальний та максимальний робочий тиск - 21/25 МПа

Максимальний крутний момент $M_{max} = 196 \text{ Нм}$

Частота обертання $n_{max}/n_{min} = 810/10 \text{ об/хв}$

Номінальний/максимальний тиск $P = 21-25 \text{ МПа}$

ККД загальний $\eta_d = 0,78$ /об’ємний $\eta_{d,o} = 0,88$

Муфта розривна гідравлічна [25]

Номінальна витрата $Q_H = 45-60 \text{ л/хв}$

Максимальна витрата $Q_{max} = 75-90 \text{ л/хв}$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочий тиск до 300 бар

Прокладки типу NBR

Кулі: AISI 1010/1015

Фільтр всмоктуючий [26]

Номінальна тонкість фільтрації - 90 мкм

Номінальна пропускна здатність - 80 л/хв.

Перепад тиску 0.12 - 0.35

Тип фільтра паперовий змінний, сітчастий що очищає

Реле тиску гідравлічне [27]

Діапазон регулювання, 30-320 Бар

Зона нечутливості, не більше ніж 0,3 – 0,6 Бар

Маса, кг 0,8

Пропорційний розподільник 4/3 [28]

Діаметр умовного проходу 12 мм

Номінальна витрата $Q_n=80$ л/хв

Максимальний тиск $P_{max}=35$ МПа

Перепад тиску $p=1$ МПа

Дискретний розподільник 3/2 [45]

Діаметр умовного проходу 12 мм

Номінальна витрата $Q_n=80$ л/хв

Максимальний тиск $P_{max}=32$ МПа

Регулятор витрати [47]

Номінальна витрата $Q_n=160$ л/хв

Максимальний тиск $P_{max}=35$ МПа

Вага 3,171 кг

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтр напірний [47]

Номінальна тонкість фільтрації - 6 мкм

Номінальна пропускна здатність - 136 л/хв.

Тип фільтра Фіброволокно

Фільтр зливний [48]

Номінальна тонкість фільтрації - 5 мкм

Номінальна пропускна здатність - 160 л/хв.

Матеріал фільтроелемента Optimicron

2.2.3 Розрахунок гідроциліндра

Оскільки в нашій системі встановлено паралельно 2 гідроциліндра паралельно загальне навантаження ділимо на кількість застосованих виконавчих пристроїв. Потрібно замінити привід нахилу навісного обладнання на існуючій системі, для цього потрібно забезпечити наступні умови:

Корисне зусилля 1 циліндра:

$$P = 24 \text{ кН}/2 = 12 \text{ кН} = 12000 \text{ Н}$$

Робочий тиск циліндра визначається тиском гідросистеми:

$$p = 23 \text{ МПа} = 23000000 \text{ Па}$$

Довжина ходу циліндра:

$$l = 15,63'' = 400 \text{ мм} = 0,4 \text{ м}$$

Час спрацювання приводу: $t = 4 \text{ сек}$

Внутрішній діаметр гідроциліндра визначається в залежності від значення і виду напрямку навантаження [29]. Рівняння рівноваги сил, що діють на поршень, має наступний вигляд:

$$p_1 F_1 - p_2 F_2 - P' = 0, \text{ де}$$

p_1, p_2 – тиски в порожнинах циліндра, сполучених з напірною і зливною лініями відповідно; F_1, F_2 – площі поршня, відповідно з напірної і зливної

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідролінії; P' – повне навантаження, $P' = P + P_{тр}$; P – повне корисне зусилля, котре утворюється на штоку; $P_{тр}$ - сила тертя, котра виникає в ущільненнях і супутніх елементах нашого циліндра [29].

Для гідроциліндра з однобічним штоком, що працює на розтяг під час втягування поршня штокова порожнина сполучена з напірною гідравлічною лінією, а поршнева – з зливальною. Діаметр гідроциліндра в цьому випадку визначається за формулою:

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

де D внутрішній діаметр гільзи, p_1 тиск в напірній лінії, p_2 тиск в зливній лінії, ψ коефіцієнт відношення площ, η_M механічний ККД гідроциліндра, P корисне зусилля основного циліндра, p робочий тиск основного циліндра, d діаметр штока.

Для попередньо розрахунку приймаємо наступні значення:

$$p_1 = 23 \text{ МПа} = 23000000 \text{ Па}$$

$$p_2 = 0.5 \text{ МПа} = 500000 \text{ Па}$$

Коефіцієнт відношення площ обираємо за для циліндрів з нормальним діаметром штока.

$$\psi = 1.33$$

Механічний ККД вибираємо за [1, стр. для гідроциліндра з збірним типом ущільнення.

$$\eta_M = 0.95$$

Розраховуємо внутрішній діаметр Ц1, після чого домножуємо на 1000, щоб отримати значення в мм:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12000}{3.1416 \left(\frac{23000000}{1.33} - 500000 \right) 0.95}} = 0.0521 \text{ м} = 52,1 \text{ мм}$$

Округляємо до найближчого стандартного значення:

$$D = 50 \text{ мм} = 0.05 \text{ м}$$

Визначаємо діаметр штока за допомогою співвідношення [29]:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\psi}}, \text{ де}$$

D - внутрішній діаметр гільзи, ψ - коефіцієнт відношення площ, p - робочий тиск циліндра, d - діаметр штока.

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\psi}} = 0.05 \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 0.02490 \text{ м} = 24.9 \text{ мм}$$

Округлюємо до найближчого значення: $d = 25 \text{ мм} = 0.025 \text{ м}$

Визначимо розміри отворів підводу робочої рідини за формулою [29]:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi v_p}},$$

Q_{\max} - максимальна витрата рідини через прохідний отвір, $\text{м}^3/\text{с}$;

v_p - середня швидкість руху рідини $\text{м}/\text{с}$ [29].

Площа поршневої порожнини:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot 0.05^2}{4} = 0.0019635 \text{ м}^2 = 16.635 \text{ см}^2$$

Максимальна витрата рідини через прохідний отвір основного циліндра:

$$Q_{1,\max} = F_1 \cdot v_{\text{ш}} = 0.0019635 \cdot 0.1 = 0.00019635 \text{ м}^3/\text{с} = 11.781 \text{ л/хв}$$

Середню швидкість, $\text{м}/\text{с}$, приймаємо за

$$v_p = 5 \text{ м}/\text{с}$$

Визначимо діаметр отворів що підводять рідину за формулою:

$$d_{1,\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{1,\max}}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00019635}{3.1416 \cdot 5}} = 0.00707107 \text{ м}$$

Округляємо до найближчого значення

$$d_{1,\Pi} = 8 \text{ мм} = 0.008 \text{ м}$$

Задля визначення витрати в гідроприводі спершу потрібно визначити площі

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочих порожнин нашого циліндра, поршневої та штокової порожнин, визначаємо відповідно за формулами [29]:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ та } f_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

При цьому об'ємними витратами нехтуємо. $\eta_0 = 1$

Площа поршневої порожнини основного циліндра:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot 0.05^2}{4} = 0.0019635 \text{ м}^2 = 16.635 \text{ см}^2$$

Площа штокової порожнини основного циліндра:

$$f_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{3.1416 \cdot (0.05^2 - 0.025^2)}{4} = 0.0014726 \text{ м}^2 = 14.726 \text{ см}^2$$

Прописуємо такти. Оскільки в системі, котра керується безпосередньо оператором не можна точно визначити характеристики і параметри на які будуть переміщуватись наші виконавчі пристрої. В якості тактів візьмемо максимальну робочу подачу на втягуванні та виштовхуванні гідроциліндра.

Таблиця 2.1 - Такти роботи системи.

Такт	$\bar{1}$	1
Швидкість, м/с	0,1	0,1
Довжина ділянки, L, мм	400	400
Час відпрацювання, t, с	4	4
Робоча площа, см ²	14.726	16.635

Такт $\bar{1}$. Гідроциліндр працює на втягування, тоді:

$$\text{Витрата: } Q_1 = v_1 \cdot f_1 = 0.1 \cdot 0.0014726 = 0.00014726 \text{ м}^3/\text{с} = 8.835 \text{ л/хв}$$

Оскільки в системі встановлені 2 однакових гідроциліндри і вони працюють паралельно $Q_{\text{втяг.заг.}} = Q_1 \cdot 2 = 17,67 \text{ л/хв}$

Такт 1. Гідроциліндр працює на виштовхування, тоді:

$$\text{Витрата: } Q_2 = v_2 \cdot F_1 = 0.1 \cdot 0.0019635 = 0.00019635 \text{ м}^3/\text{с} = 11.781 \text{ л/хв}$$

$$Q_{\text{вишт.заг.}} = Q_2 \cdot 2 = 23,56 \text{ л/хв}$$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перепади тисків в порожнинах гідродвигунів визначаються за наступними формулами [29]:

$$\Delta p = p_{\text{н}} - p_{\text{зл}},$$

де Δp - перепад тиску, $p_{\text{н}}$ - тиск в робочій порожнині, $p_{\text{зл}}$ - тиск в зливній порожнині, p - робочий тиск основного циліндра.

Тиск в робочій порожнині під час виштовхування штоку:

$$p = \frac{P_{\text{н}}}{f \cdot \eta_{\text{М}}} + \frac{p_{\text{зл}}}{\psi}$$

Тиск в робочій порожнині під час втягування штоку:

$$p = \left(\frac{P_{\text{н}}}{f \cdot \eta_{\text{М}}} + p_{\text{зл}} \right) \cdot \psi, \text{ де}$$

$P_{\text{н}}$ – корисне навантаження на циліндр; F – поршня гідроциліндра;
 $p_{\text{зл}}$ – тиск в зливній порожнині; $\eta_{\text{М}}$ – механічний ККД (рахується за формулою $\psi = \frac{D^2 - d^2}{d^2}$)

Під час робочого режиму швидкого підводу, або відводу корисне навантаження на шток визначають механічними втратами за формулою:

$$P'_{\text{н}} = P_{\text{н}}(1 - \eta_{\text{М}})$$

Визначаємо тиски в робочій порожнині для кожного гідроциліндра в кожному з тактів [29]:

Такт 1. Гідроциліндр 1 працює на втягування:

$$p_{1,1} = \left(\frac{P_1 * \psi}{f_1 \cdot \eta_{\text{М}}} + p_{\text{зл}} \right) = \left(\frac{12000 * 1.33}{0.0014726 \cdot 0.95} + 500000 \right) = 11908393 \text{ Па}$$

$$= 11.908393 \text{ МПа}$$

Гідроциліндр 2 працює на втягування паралельно до циліндра 1, тому розрахунок аналогічний:

$$p_{1,2} = \left(\frac{P_1 * \psi}{f_2 \cdot \eta_{\text{М}}} + p_{\text{зл}} \right) = \left(\frac{12000 * 1.33}{0.0014726 \cdot 0.95} + 500000 \right) = 11908393 \text{ Па}$$

$$= 11.908393 \text{ МПа}$$

Такт 2. Гідроциліндр 1 працює на виштовхування:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_{2,1} = \frac{P_1}{F_1 \cdot \eta_M} + \frac{p_{зл}}{\psi} = \frac{12000}{0.001963 \cdot 0.95} + \frac{500000}{1.33} = 6810773 \text{ Па}$$

$$= 6.81073 \text{ МПа}$$

Гідроциліндр 2 працює на виштовхування паралельно до циліндра 1, тому розрахунок аналогічний:

$$p_{2,2} = \frac{P_1}{F_2 \cdot \eta_M} + \frac{p_{зл}}{\psi} = \frac{12000}{0.001963 \cdot 0.95} + \frac{500000}{1.33} = 6810773 \text{ Па}$$

$$= 6.81073 \text{ МПа}$$

2.3 Перевірка належності встановленого на носій насоса та схеми насосної установки під завдання нових виконавчих пристроїв

Для належної роботи гідроприводу необхідно, щоб у кожному такті виконувалась умова: $Q_H \geq \sum Q_i$, де:

Q_H – витрата насоса,

а Q_i – споживана витрата гідродвигуном в певному такті

Оптимальна подача насоса [29]:

$$Q_H = \frac{1,1 \dots 1,15 \cdot \sum Q_i \cdot t_i}{\sum t_{ц}} = \frac{1,15 \cdot ((Q_1 \cdot t_1) \cdot 2 + (Q_2 \cdot t_2) \cdot 2 + Q_{д,max} \cdot t_q)}{t_{ц}}$$

$$= \frac{1,15((0.00014726 \cdot 4 \cdot 2) + (0.00019635 \cdot 4 \cdot 2) + 0,00123 \cdot 4)}{12}$$

$$= 0,000736774 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 44.206 \text{ л/хв}$$

Оскільки встановлений в обраній мною носій гідронасос має стандартну подачу 87,1 л/хв та високу подачу – 151 л/хв, рівність буде мати наступний вигляд: $Q_d \geq Q_H$, де Q_d – дійсна подача насоса встановленого на носії;
 Q_H – оптимальна розрахункова подача насоса для приведення в дію навісного обладнання та заміненого гідроприводу.

2.4 Гідравлічний розрахунок

2.4.1 Вибір розмірів трубопроводів

Визначимо внутрішній діаметр труби для напірної і зливної ліній кожного з циліндрів за формулою:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де d_T - внутрішній діаметр трубопроводу, Q_T - витрата рідини на ділянці, щорозраховується, v_{cp} - середня швидкість руху рідини [29].

Після цього за визначеним стандартним розміром трубопроводу знайдемо дійсну швидкість рідини за формулою:

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

де d_T внутрішній діаметр трубопроводу, Q_T витрата рідини на ділянці, щорозраховується, v_p дійсна швидкість руху рідини [29].

Середню швидкість рідини обирають в залежності від призначення трубопроводу:

- для всмоктувальних: $V = 0,5 \dots 1,4$ м/с;
- для зливних: $V = 1,4 \dots 2,2$ м/с;
- для напірних: $V = 3 \dots 6$ м/с;

Визначимо діаметри трубопроводів:

Середню швидкість руху рідини приймаємо:

$$v_{cp} = 4.5 \text{ м/с}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу на всмоктувальній ділянці:

$$d_{Tbc} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{cp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00014726}{3,1416 \cdot 4,5}} = 0.006454 \text{ м} = 6.454 \text{ мм}$$

Округляємо до найближчого значення за [29].

$$d_{Tbc} = 6 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу на зливній ділянці:

Середня швидкість руху рідини:

$$v_{cp} = 2 \text{ м/с}$$

Внутрішній діаметр труби.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00019635}{3,1416 \cdot 2}} = 0.0111803 \text{ м} = 11.183 \text{ мм}$$

Округляємо до найближчого значення за [29].

$$d_{\text{Тзл}} = 10 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу на напірній ділянці:

Середня швидкість руху рідини:

$$v_{\text{ср}} = 4,5 \text{ м/с}$$

Внутрішній діаметр труби.

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot v_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.001234}{3,1416 \cdot 4,5}} = 0.0186855 \text{ м} = 18.68 \text{ мм}$$

Округляємо до найближчого значення за [29].

$$d_{\text{Тзл}} = 20 \text{ мм}$$

За попередньо прийнятими діаметрами визначаємо дійсну швидкість руху рідини в трубопроводах:

На всмоктувальній ділянці:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.00014726}{3,1416 \cdot 0,006^2} = 5,2 \text{ м/с}$$

Дійсна швидкість знаходиться в діапазоні швидкостей, прийнятих для напірних ліній.

$$3 \text{ м/с} \leq 5.2 \text{ м/с} \leq 6 \text{ м/с}$$

На зливній ділянці:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.00019635}{3,1416 \cdot 0,01^2} = 2,2 \text{ м/с}$$

Дійсна швидкість знаходиться в діапазоні швидкостей, прийнятих для напірних ліній.

$$1.4 \text{ м/с} \leq 2.2 \text{ м/с} \leq 2.2 \text{ м/с}$$

На напірній ділянці:

$$v_p = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 0.001234}{3,1416 \cdot 0,02^2} = 3,9 \text{ м/с}$$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна швидкість знаходиться в діапазоні швидкостей, прийнятих для напірних ліній.

$$3\text{ м/с} \leq \mathbf{3.9} \text{ м/с} \leq 6\text{ м/с}$$

2.4.2 Визначимо втрати тиску на гідравлічне тертя

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя Δp_T , втрат у місцевих опорах Δp_M і втрат у гідроапаратах Δp_G . Визначимо втрати на гідравлічне тертя Δp_T за формулою з [29].

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

де d_T внутрішній діаметр трубопроводу, Δp_T втрат на гідравлічне тертя, λ коефіцієнт тертя, v_p дійсна швидкість руху рідини, l довжина ділянки, ρ густина.

Визначимо довжини трубопроводів навісного та змінного обладнання:

Напірний трубопровід:

$$l_{н1} = \mathbf{0,5} \text{ м}$$

$$l_{н2} = \mathbf{2} \text{ м}$$

$$l_{н3} = \mathbf{1,2} \text{ м}$$

Трубопровід зливу:

$$l_{з1} = \mathbf{0,5} \text{ м}$$

$$l_{з2} = \mathbf{2,5} \text{ м}$$

$$l_{з3} = \mathbf{1,4} \text{ м}$$

З технічних характеристик машини Bobcat T870 беремо характеристики робочої рідини «Bobcat All-Season Hydraulic Fluid» значення ρ та ν .

Густина:

$$\rho = 0.88 \text{ г/см}^3 = 880 \text{ кг/м}^3$$

Кінематична в'язкість рідини:

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

Дійсна швидкість руху рідини:

$$v_p = \mathbf{2,2} \text{ м/с}$$

Зливна лінія ($l = 4,4$ м)

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{2.2 \cdot 0.01}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 478.26$$

Оскільки $Re < 2300$, коефіцієнт тертя визначаємо за формулою з [29].

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{478.26} = 0.156818$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l_T \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T} = \frac{0.5 \cdot 0.156818 \cdot 4.4 \cdot 880 \cdot 4.9^2}{0.01} = 728942.75 \text{ Па}$$
$$= 0.72894 \text{ МПа}$$

Напірна лінія ($l = 3,7 \text{ м}$)

Коефіцієнт Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_p \cdot d_T}{\nu} = \frac{3.9 \cdot 0.02}{0.046 \cdot 10^{-3}} = 1695.65$$

Оскільки $Re < 2300$, коефіцієнт тертя визначаємо за формулою з [29].

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{1695.65} = 0.0442308$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot l_T \cdot \rho \cdot v_p^2}{d_T} = \frac{0.5 \cdot 0.0442308 \cdot 3.7 \cdot 880 \cdot 4.9^2}{0.02}$$
$$= 86445.294 \text{ Па} = 0.08644529 \text{ МПа}$$

Сумарні витрати на гідравлічне тертя становлять:

$$\sum \Delta p_T = 0,81 \text{ МПа}$$

2.4.3 Визначення втрат у місцевих опорах [29]

При $Re > 105$ коефіцієнт тертя практично не залежить від Re , його приймають

$\lambda = 0,02$. Втрати на місцевих опорах Δp_M визначимо за формулою:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_M = 0.5 \cdot \rho \cdot \zeta \cdot v^2,$$

де v_p - дійсна швидкість руху рідини, ρ - густина, ζ - коефіцієнт місцевого опору [29].

Напірна лінія:

3 трійники.

$$\Delta p_T = 0.5 \cdot 880 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3.9^2 = 40154.4 \text{ Па}$$

Швидкознімна муфта:

$$\Delta p_T = 0.5 \cdot 880 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 3.9^2 = 2007.72 \text{ Па}$$

Зливна лінія:

2 трійники.

$$\Delta p_T = 0.5 \cdot 880 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3.9^2 = 26769.6 \text{ Па}$$

Швидкознімна муфта:

$$\Delta p_T = 0.5 \cdot 880 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 3.9^2 = 2007.72 \text{ Па}$$

2.4.4 Визначення втрат в гідроапаратах

Втрати в гідравлічних апаратах, котрі встановлені на певній ділянці, що розраховується, наведені в технічних параметрах самих агрегатів, рекомендується обирати максимальну втрату при проході через сам гідроапарат [29]. Якщо для конкретного випадку витрата менша за максимальну, то табличні значення перераховують за формулою:

$$\Delta p_d = \Delta p_M \left(\frac{Q_d}{Q_H} \right)^2$$

У випадку послідовного з'єднання гідроапаратів, витрати тиску розраховуються, як сума втрат на всіх ділянках:

Такт 1:

Фільтр 1: $\Delta p_r = 0,06 \text{ МПа}$

Клапан тиску КТ4: $\Delta p_r = 0,25 \text{ МПа}$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподільник ПР5:	$\Delta p_r = 0,5$ МПа
Реле тиску ДТ1:	$\Delta p_r = 0,2$ МПа
	$\sum \Delta p_d = 1,01$ МПа
Такт N1:	
Фільтр 1:	$\Delta p_r = 0,06$ МПа
Клапан тиску КТ4:	$\Delta p_r = 0,25$ МПа
Розподільник ПР5:	$\Delta p_r = 0,5$ МПа
	$\sum \Delta p_d = 0,81$ МПа

2.5 Розрахунок навантажень, котрі діють на орган розмінування.

Завдання розрахунку – перевірка правильності вибору тягача, тобто за допомогою розрахунку сили ударної хвилі, котра діє на наш навісний елемент визначимо чи може витримати дане навантаження наш тягач.

Для визначення надлишкового тиску у фронті ударної хвилі застосуємо формулу Садовського:

$$\Delta p = a_1 \frac{m^{1/3}}{r} + a_2 \frac{m^{2/3}}{r^2} + a_3 \frac{m}{r^3}, \text{ де}$$

m – маса ВР, або тротиловий еквівалент, кг; r – відстань від епіцентру вибуху, м; a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти, як вибираються в залежності від умов вибуху(повітряний, наземний та в ґрунті).

Оскільки в нашому випадку міни встановлені на ґрунті, або неглибоко в ґрунті, обираємо випадок для наземного вибуху, тоді обираємо відповідні кофіцієнти: $a_1=90, a_2=390, a_3=1300$ [30]. В характеристиках обраного ланцюгового органу розмінування заявлена можливість витримувати 9 кг ВР в тротиловому еквіваленті, тому коефіцієнт $m = 9$. Коефіцієнт r визначаємо на основі існуючого ескізу $r = 1,6$ м.

$$\Delta p = 90 \frac{9^{1/3}}{1,6} + 390 \frac{9^{2/3}}{1,6^2} + 1300 \frac{9}{1,6^3};$$

$$\Delta p = 3632,60 \text{ Па} = 3,632 \text{ кПа}$$

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переведемо отримане значення в кН/м^2 для зручності подальших розрахунків:

$$\Delta p = 3,632 \text{ кН/м}^2$$

Сила що діє на захисний кожух робочого органу:

$$F = ps, \text{ де}$$

s – площа захисного кожуха, визначається за формулою:

$$S = \frac{2\pi r * h}{360/\alpha} = \frac{2\pi * 0.9 * 2.3}{360/90} = 3,25 \text{ м}^2, \text{ де}$$

h – ширина захисного кожуха

Обчислюємо силу, що діє на захисний кожух, а також на стрілу та інші елементи нашого тягача, як зосереджене навантаження:

$$F = ps = 3,632 \cdot 3,25 = 11,804 \text{ кН}$$

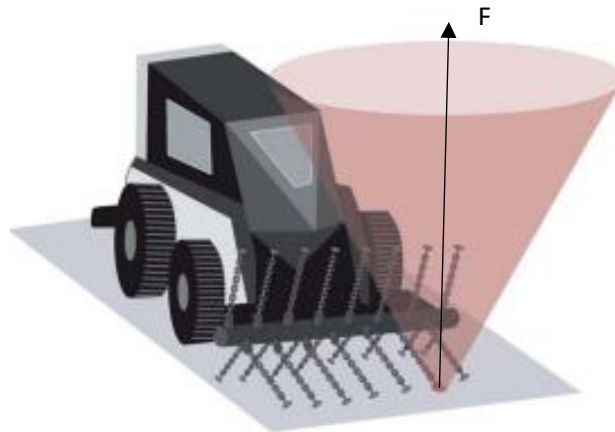


Рис. 2.1. Схематичне зображення поширення зосередженого навантаження на орган розмінування [31]

Вибухова хвиля поширюється у формі сфери, у спрощеному випадку вважаємо що зусилля від вибуху 9 кг в тротиловому еквіваленті передається на захисний кожух у вигляді зосередженого зусилля F , котре в свою чергу дорівнює 11,804 кН, що задовольняє характеристики обраного мною тягача, а саме зусилля перевероту 4931 кг, базова вантажопідйомність 1500 кг, в моєму випадку із змінним приводом нахилу навісного обладнання 2200 кг. А також перевіримо запас міцності стріли, оскільки номінальна вантажопідйомність становить 1500 кг, спираючись на запаси міцності основних металоконструкцій та інших вантажопідіймальних систем, подібний вузол має коефіцієнт запасу $k = 1,5 \dots 1,7$ [32], обираємо 1,5 з чого випливає:

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = F_{\text{НОМ}} \cdot 1,5 = 1500 \cdot 1,5 = 2250 \text{ кгс} = 12258,31 \text{ Н}$$

Що також задовольняє можливості застосування тягача Bobcat T870 в якості машини розмінування під обраний робочий орган.

2.6 Розрахунок бронювання трубопроводів та чутливих вузлів

Теоретичні розрахунки пробивання броні не завжди сходяться з реальністю [36]. Гарні показники з табличними та експериментальними даними показує формула Якоба де Марра:

$$b = \left(\frac{V}{K}\right)^{1,43} \cdot \left(\frac{q^{0,71}}{d^{1,07}}\right) \cdot (\cos A)^{1,4}, \text{ де}$$

b – товщина броньованого листа в дециметрах, V – зустріч снаряда з броньованим листом в м/с, K – коефіцієнт стійкості броні, від 1900 до 2400, зазвичай 2200, q – маса снаряду в кг, d – калібр снаряда в дм, A – кут між повздожньою віссю снаряда та нормаллю до броні в момент зустрічі в градусах [33].

Дана формула зазвичай застосовується для тупоголових бронебійних снарядів, до чого можна віднести ГВЕ.

В якості серії найпотужніших та найпоширеніших мін з направленим сектором ураження ГВЕ розглянемо осколкові направлені міни серії МОН.

2.6.1 Розрахунок початкової швидкості ГВЕ міни МОН-50 [34].

Міна складається з плаского заряду ВР та готових вражаючих елементів вклеєних в корпус самої міни. Осколки виконані в формі циліндрів висотою, яка дорівнює діаметру самого осколку. Осколки сталеві, густиною $\rho = 7850 \text{ кг/м}^2$. Приблизна маса ГВЕ – 1,5 г, а середня кількість $N = 485$. Маса заряду ВР(ПВВ-7) – 0,7 кг, швидкість детонації якої = 7400 м/с. Густина повітря $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^2$. Нехай коефіцієнт лобового опору C_x не залежить від швидкості, тоді $C_x = 1$. Форма осколка – циліндр $\Phi = 1,38$. Зазвичай критерій ураження незахищеної живої сили(людини) вважають у вигляді вбивчої енергії $E = 100 \text{ Дж}$. [34]

Для розрахунку потрібного броньованого листа знаходимо:

Знайдемо масу оболонки міни M за формулою: $M = M \cdot N = 0,73 \text{ кг}$.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Активну масу заряду визначимо за формулою:

$$m_a = \frac{m^2}{2 \cdot (M + m)} = 0,17 \text{ кг}$$

Початкову швидкість осколка V_0 визначаємо:

$$V_0 = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \frac{m}{M}}{2 \cdot \left(3 + \frac{m}{M}\right)}} = 1200 \text{ м/с}$$

Визначимо можливу бронепробійність заявленим осколком при детонації впритул:

$$b = \left(\frac{1200}{2200}\right)^{1,43} \cdot \left(\frac{0,00165^{0,71}}{0,07^{1,07}}\right) \cdot (\cos 90)^{1,4} = 0,024 \text{ дм} = 2,4 \text{ мм}$$

Також перевіримо найпотужнішу міну направленої дії МОН-200:

$$b = \left(\frac{1400}{2200}\right)^{1,43} \cdot \left(\frac{0,0107^{0,71}}{0,08^{1,07}}\right) \cdot (\cos 90)^{1,4} = 0,101 \text{ дм} = 10,1 \text{ мм}$$

Отже, оскільки найменш захищеними елементами в розглянутій системі є трубопроводи, вони потребують бронювання, для протидії осколкам та фрагментованим елементам корпусу, які утворились в наслідок вибуху. Оскільки протипіхотні міни можуть бути встановлені на розтяжці, тобто мати різну направленість і сектор ураження рекомендую здійснити кругове бронювання відкритих ділянок трубопроводу. Оскільки серії міни серії МОН-200 малопоширені, оптимальним буде створення броньованого кожуха розміром 6-8 мм з броньованої сталі Армох 400-440Т з твердістю 420-480 одиниць за Брінелем (420-480 HBW).

Висновки

В даному розділі розроблено принципову гідравлічну схему об'єднання тягача Bobcat та модифіковано навісний пристрій розмінування, розрахував та підібрав під нього гідравлічний мотор, також розрахував гідравлічний циліндр, призначення якого нахил навісного робочого інструменту. Провів розрахунки для перевірки сумісності навісного обладнання та нового приводу, в результаті яких обране обладнання цілком задовольняє можливості тягача.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім цього розраховано оптимальне бронювання трубопроводів для забезпечення роботи системи у випадку враження її найпоширенішими мінами направленої дії.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. КОРОТКИЙ ОПИС РОБОТИ СИСТЕМИ, АДАПТАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

3.1. Доцільність використання дистанційного керування

Оскільки обраний тягач від самого початку створений, як пілотований механізм, тобто потребує наявності водія-оператора, це означає що подібна система зобов'язана мати відповідний рівень захисту для збереження життя людини. Через те що обрана комбінація механізмів створює легку систему розмінування на мою думку більш доцільним рішенням буде перетворення пілотованої версії тягача на безпілотну за допомогою універсальних комплектів дистанційного керування для гідроприводів, аніж створення відповідних умов захисту в обмеженому просторі кабіни обраного тягача. Через наявність електронних органів керування, а саме джойстиків, існує можливість легкої інтеграції дистанційних модулів керування від різних виробників.

3.2. Принцип роботи подібних систем

Подібні системи дистанційного керування постачаються у вигляді дистанційної апаратури керування, котра в свою чергу є передавачем радіосигналу. Приймач – окремий блок, котрий приймає радіо сигнал та передає команди з апаратури керування на органи керування тягача. Задля перевірки роботоздатності подібної системи в наших умовах створюємо об'єднану спрощену гідравлічну та електричну схеми підключення (Рис. 3.1).

3.3. Вибір оптимальної системи керування

Оптимальним рішенням буде застосувати 6 каналну систему дистанційного керування, типу «TEQ LINE radio remote control» від компанії Tele radio wireless solutions. В можливості системи входить підключення 6 обраних гідроприводів, а також можливість керування бортовими системами, як ввімкнення світла, запуск та вимкнення двигуна, екстрена зупинка тягача, тощо. Система забезпечує стійкий радіозв'язок, на відстань 700 метрів, що цілком відповідає нормам безпечної відстані під час розмінування вибухонебезпечних предметів [35, 53]

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

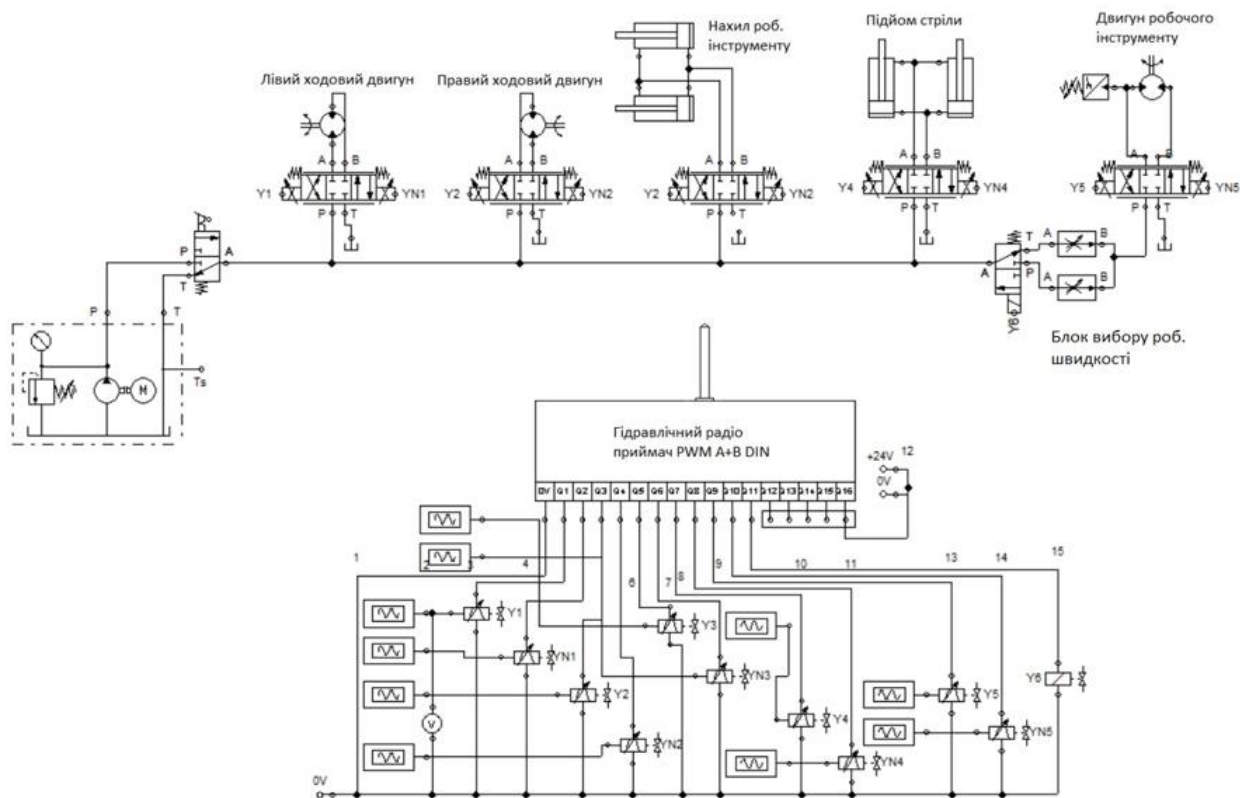


Рис. 3.1 Спрощена схема підключення дистанційного обладнання TEQ LINE

3.4. Опис підключення радіоприймача до систем тягача

На схемі (Рис. 3.1) зображено спосіб підключення гідроапаратів до системи дистанційного керування. Виходи Q1-Q10 підключаються до соленоїдів бістабільних пропорційних розподільників, та керуються за допомогою PWM сигналу. В той час як вихід Q11 підключаємо до дискертного магніту, котрий керує робочою швидкістю гідромотора. Виходи Q12-Q16 Підключаються до блоку керування двигуном та електричної системи тягача. Вихід Q12 відповідає за функції гудка, екстреної зупинки всіх систем та ін. Вихід Q13 підключається до системи керування двигуном та відповідає за можливості збільшення, зменшення робочих оборотів, увімкнення та вимкнення двигуна. Вихід Q14 в автоматичному режимі керує подачею робочої рідини відносно її споживання. Q15 має можливість вмикати резервні системи, а Об'єднаний вхід Q16 приймає живлення від носія та заживлює систему дистанційного керування.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Компоновка апаратури керування

В якості оптимальної конфігурації апаратури дистанційного керування необхідно забезпечити потрібний мінімум функцій для зручного керування нашою системою. Пропоную обрати систему з двома джойстиками, для забезпечення зручного управління подібного до органів керування гусеничної техніки. Окрім цього, двома трипозиційними перемикачами, котрі відповідають за керування стрілою, підйом-спуск та нахил робочого інструменту, а також потенціометр, котрим можна змінювати швидкість на напрям обертання робочого інструменту.



Рис. 3.1 Оптимальна конфігурація дистанційної апаратури керування TEQ LINE [36]

Висновки

В цьому розділі я коротко описав доцільність перетворення пілотованої системи на безпілотну за допомогою наявних та робочих рішень. Створив спрощену гідравлічну схему та схему підключення дистанційного блока керування для перевірки роботоспроможності подібної системи в лабораторних умовах, перед встановленням на техніку. Відносно схеми описав спосіб підключення модуля приймача, а також описав вид органів управління та їх мінімально необхідну кількість для забезпечення роботи системи.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Основна інформація та вимоги

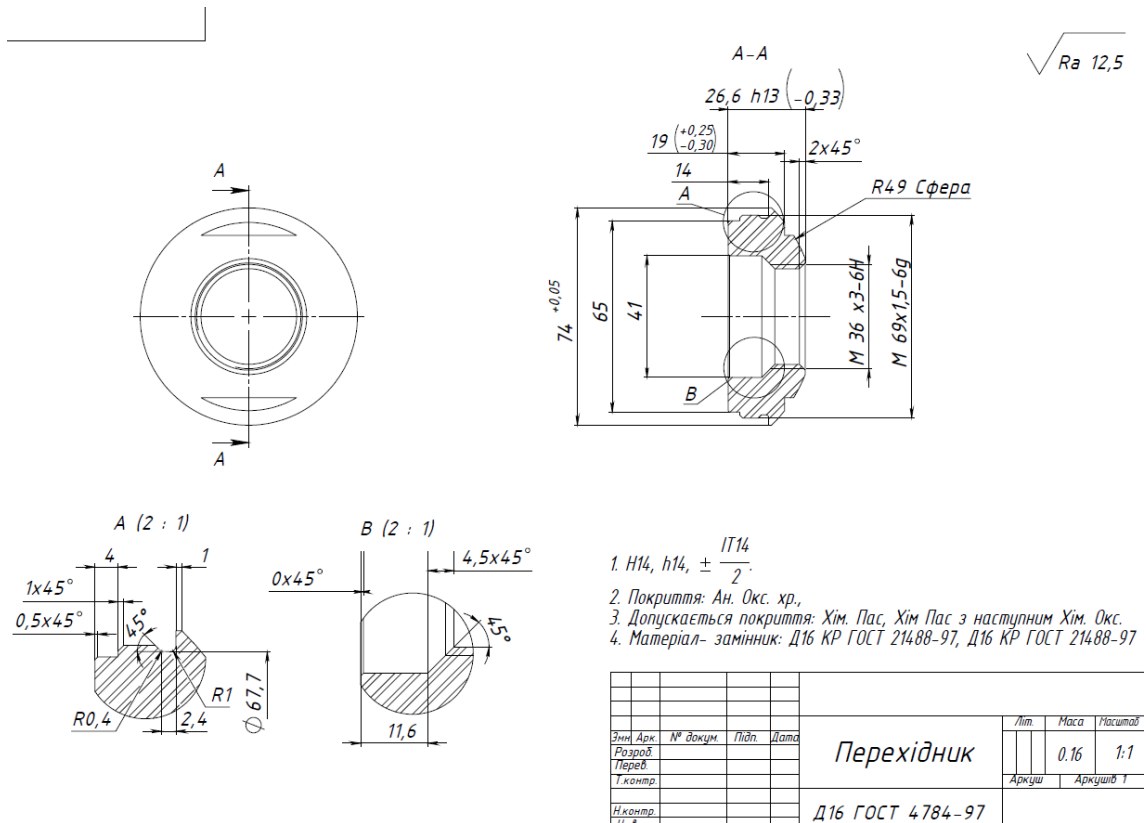


Рис. 4.1 Креслення деталі «Кришка-перехідник»

Назва деталі: «Кришка-перехідник»

Матеріал: Алюмінієвий сплав Д16 за ISO (2024-T3)

Службове призначення: Елемент переобладнання допоміжного циліндра

Габарити деталі: Діаметр 74 мм, довжина 26,6 мм

Програма випуску: 230 шт.

При виготовленні даної деталі необхідно забезпечити концентричність різьбових зовнішньої та внутрішньої нарізі. Зовнішня нарізь М69х1,5 має забезпечити поле допуску - гб. При цьому внутрішня нарізь М36х3 має забезпечити поле допуску - Нб.

Забезпечити зовнішні та внутрішні поверхні корпусу шорсткість Ra12.5мкм.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найточніші розміри даної деталі – довжина 26,6 h13, а також розміри заготовки під нарізання нарізі: M69x1,5,-g6 та M36x3-H6, всі інші поверхні обробляються по 14 квалітету.

4.2. Вибір заготовки

При виборі методу отримання заготовки в першу чергу враховують матеріал деталі, тип виробництва, якість поверхонь заготовки та її точність, а також можливості наявного обладнання. В моєму випадку обираємо круг діаметром 80 мм з сплаву Д16 за ISO (2024-T3), відрізаємо заготовку відрізним різцем після завершення токарних операцій.

Для моїх заготовок підходить круг Д16 - 80 мм, його можна придбати на сайті «cvetmetal.com.ua» З однієї заготовки ми можемо виготовити 115 деталей, тому обираємо довжину кругляка - 4000 мм. Для виготовлення 230 шт. потрібно 8 000 мм даного круга. Або приблизно 111,76 кг, округлюємо до 112 кг.

Розрахуємо вартість нашого матеріалу: $112 \cdot 330 = 36\,960$ грн.

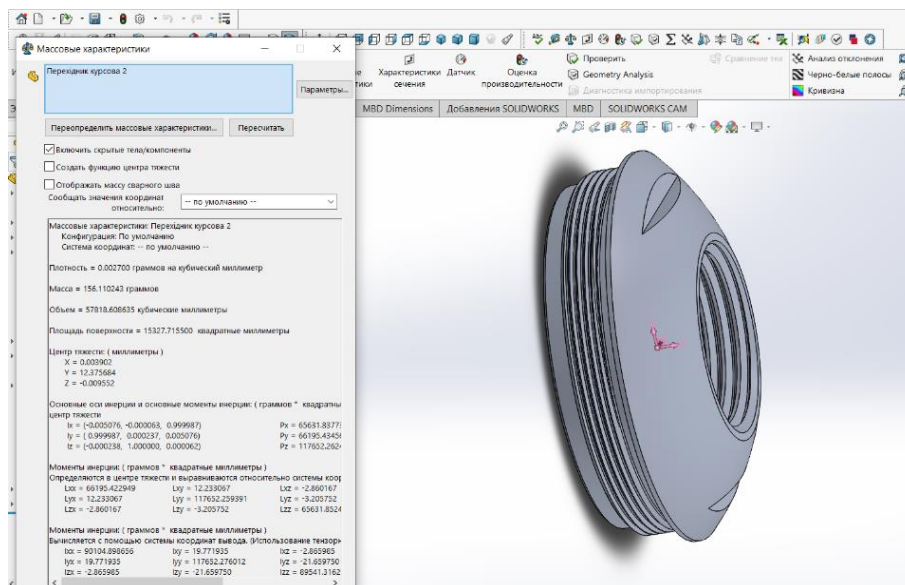


Рис. 4.2 - 3D модель заготовки деталі «Кришка-перехідник» (визначено масу – 156 г)

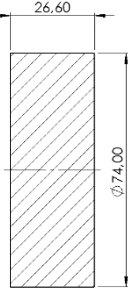
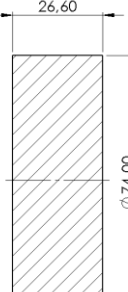

4.3. Розробка маршрутного технологічного процесу

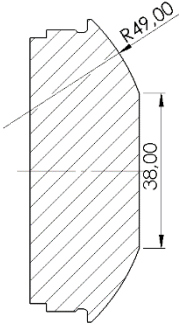
Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, які об'єднані загальним службовим призначенням деталі. Типовими елементами конструкції є: отвори та сукупність площин. Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід

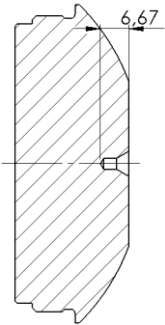
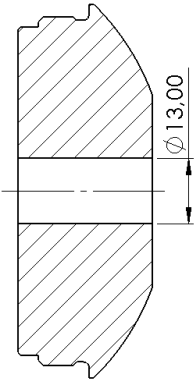
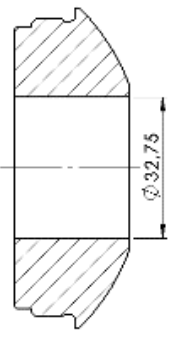
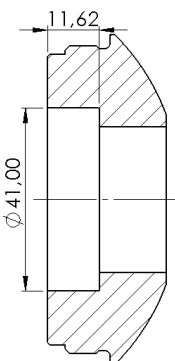
		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

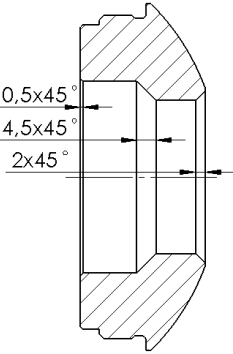
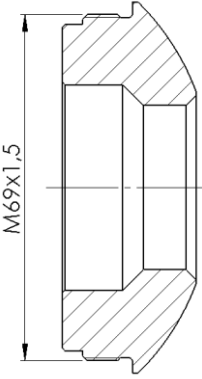
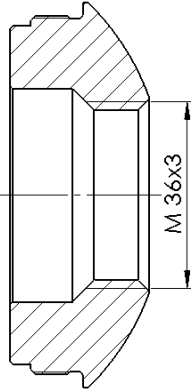
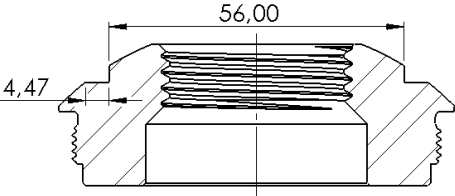
технологічних послідовностей оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів і параметрів шорсткості робочих поверхонь. [37 - 40]

Таблиця 4.1 - Маршрут технологічного процесу

№	Операції	Ескіз	Інструмент
1	Розмістити деталь в токарному патроні та зторцювати край нашої заготовки		Торцевий різець
2	Проточуємо нашу заготовку з 80 мм до 75 мм		Прохідний різець
3	Зточуємо заготовку до діаметра 68.97 мм(справочний розмір) під нарізь на відстань 14 мм від краю.		Прохідний різець

4	Зточуємо заготовку до діаметра 65 мм на відстань 4мм від краю		Прохідний різець
5	Проточуємо нестандартну канавку під нарізь глибиною 1 мм та довжиною 2,4 мм з закругленням и R1 та R0,4 відповідно		Канавковий різець
6	Створюємо сферичне заокруглення в декілька етапів радіусом R49.		Прохідний різець
7	Створюємо 2 фаски 0,5x45° та 1x45°		Прохідний різець

8	Центрування нашої заготовки		Центрувальне свердло
9	Наскрізне свердління		Свердло 13 мм
10	Розточування отвора під нарізь 32,752 мм (справочний розмір) під нарізь М36х3		Розточий різець
11	Внутрішнє розточування кришки до діаметру 41 мм		Розточий різець

12	Створюємо внутрішні фаски: 1)2x45°; 2)4,5x45°; 3)1x45°		Канавковий різець
13	Нарізаємо зовнішню нарізь М69х1,5		Різьбовий різець
14	Нарізаємо внутрішню нарізь М36х3		Різьбовий різець(внутрішній)
15	Відрізаємо нашу деталь		Відрізний різець
16	Переносимо деталь на інший вертстат та прорізаємо дві лиски фрезою 6мм		Фреза кінцева

Задаємо наш технологічний процес в програмному забезпеченні «Solidworks» та перевіряємо симуляцію певних процесів. [41]

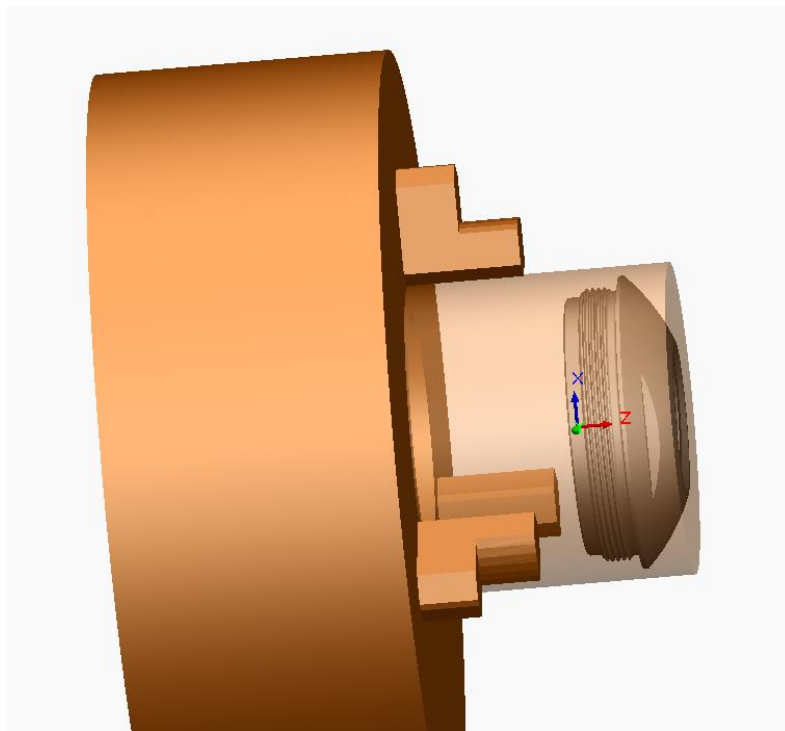


Рис. 4.3 Затиснута заготовка в токарному патроні

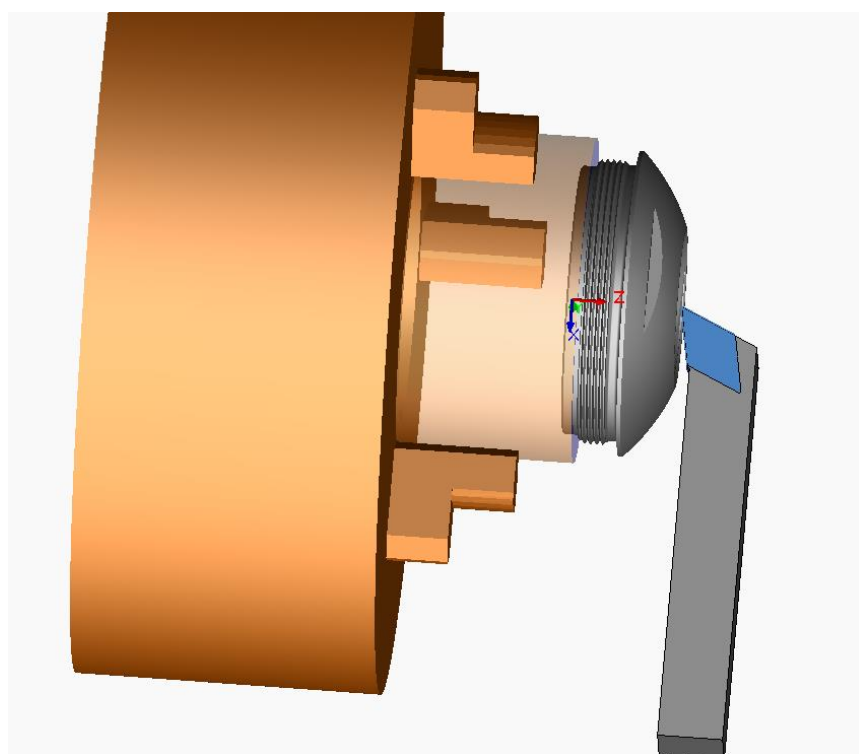


Рис. 4.4 Горцювання обраної заготовки

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

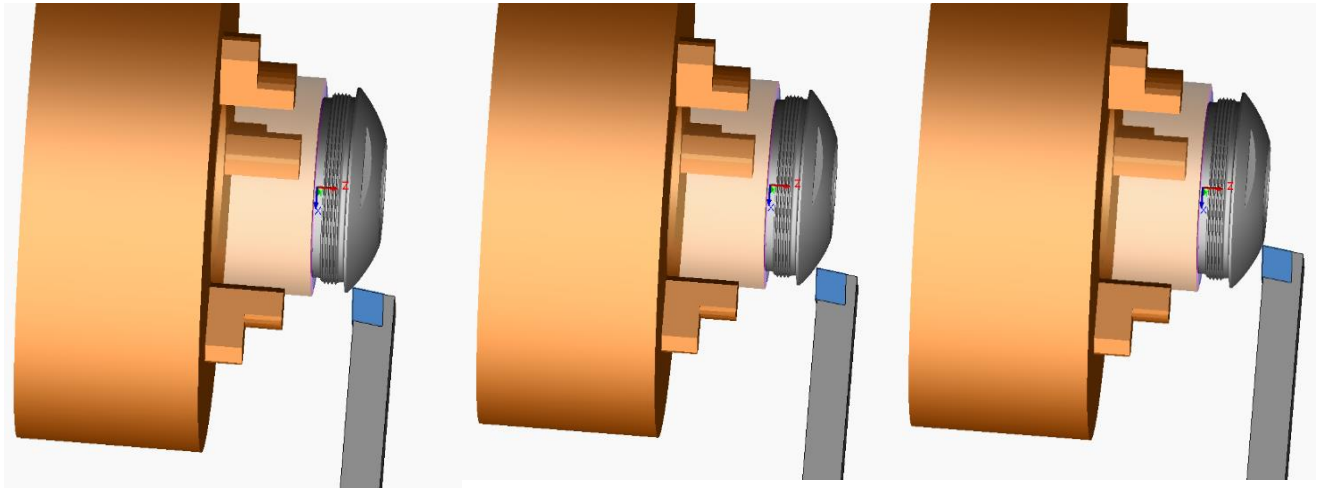


Рис. 4.5 Створення сферичності в 3 етапи.

Відбуваються 2 грубих проходи прохідним різцем - ступінчасто сточується заготовка, потім надається сферичність

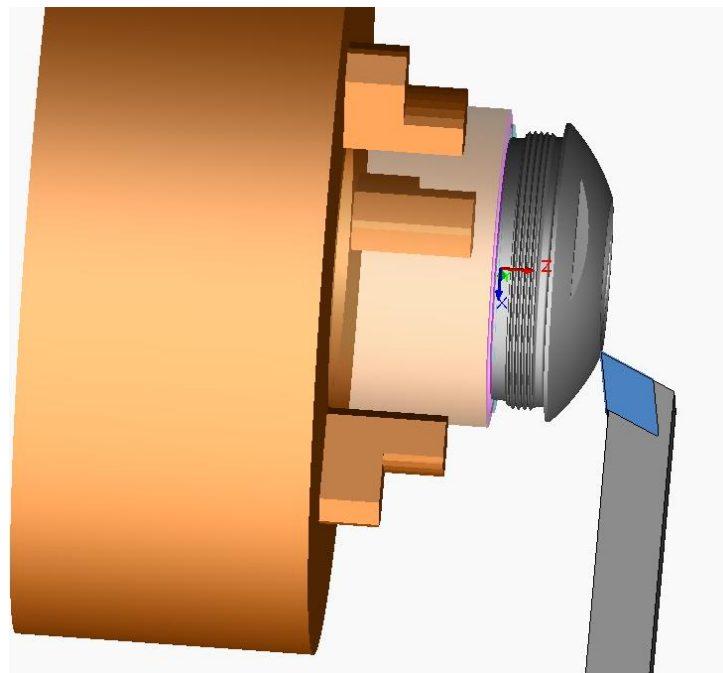


Рис. 4.6 Чистовий прохід прохідним різцем

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

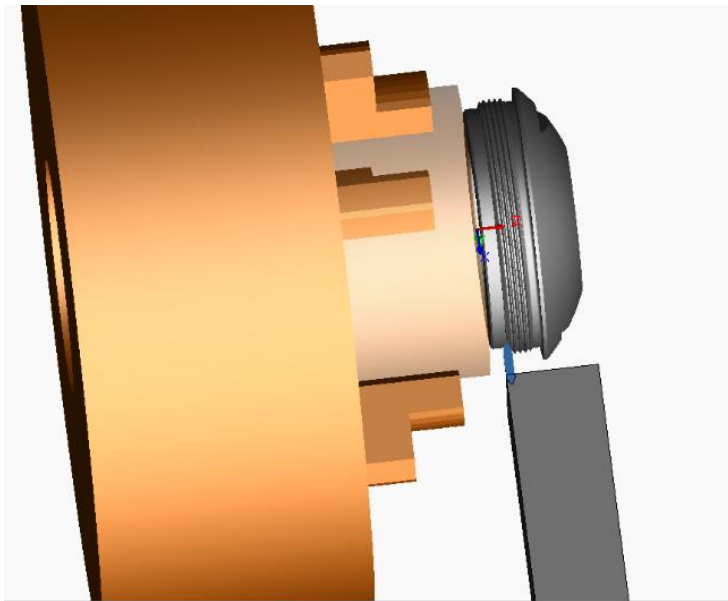


Рис. 4.7 Нарізання зовнішньої нарізі різьбовим різцем:

Після чого, центрується заготовка центрувальним свердлом та висвердлюється серцевина заготовки:

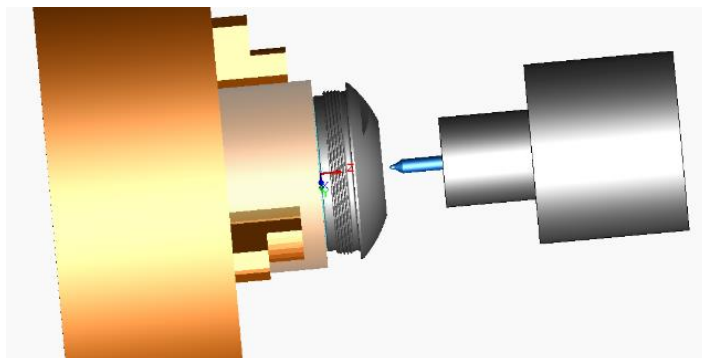


Рис. 4.8 Етап Центрування заготовки

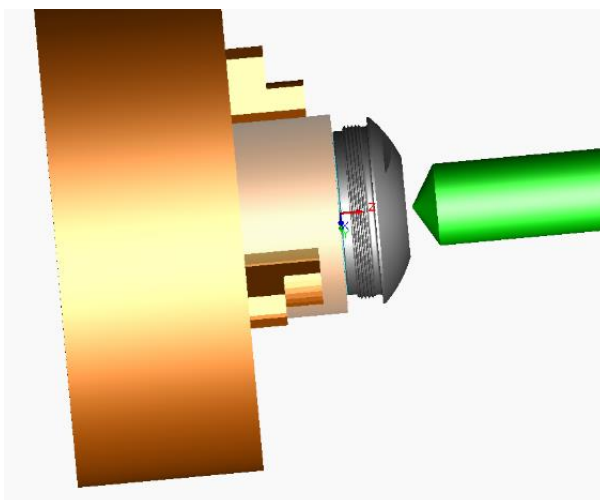


Рис. 4.9 Етап свердління отвору в заготовці

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

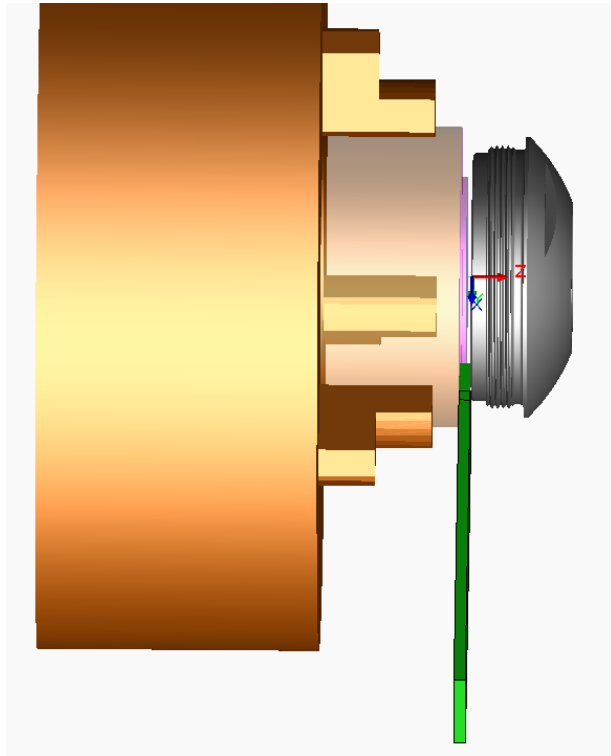


Рис. 4.10 Відрізання напівготової деталі:

Після чого переносимо напівфабрикат на наступний верстат, а саме вертикально-фрезерний верстат з ЧПК – HAAS VF-3, затискаємо заготовку, та фрезуємо лиски під ключ.

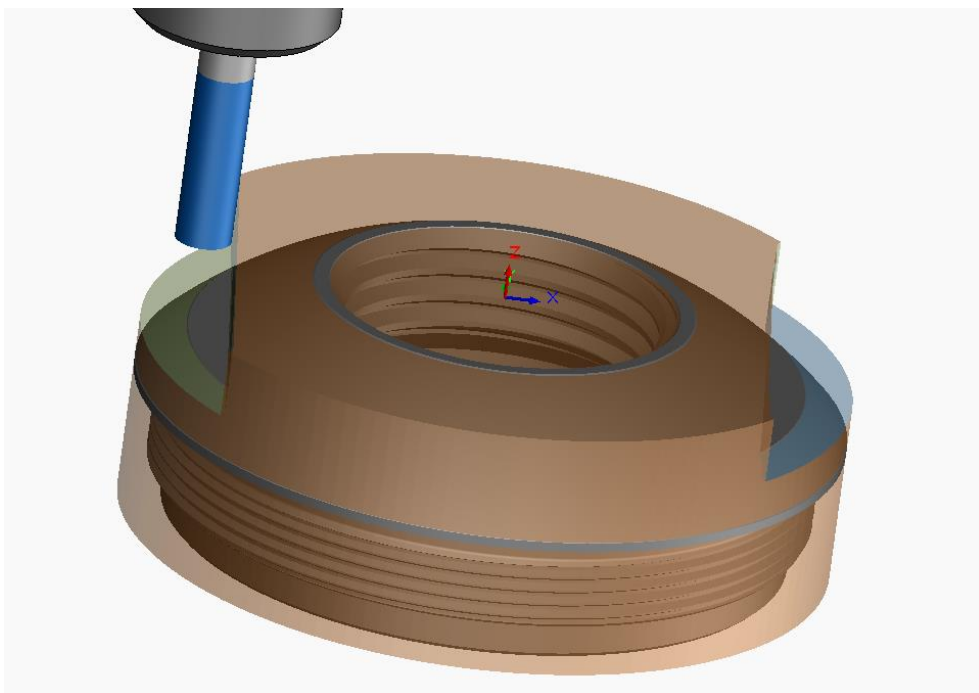


Рис. 4.11 Фрезерування лисок під ключ на вертикально фрезерному верстаті

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

Визначаємо режими різання за каталогами та рекомендаціями наданими виробниками інструментів [8,9,10]:

Прайс Плоский Торцевь 2 Зуба Спиральна Для М'яких Металів

Сортировка: По умолчанию На странице: 100

Номер	D	d	L (общая)	L (рабочая)	К-во зубьев	Цена	Заказать
AL13404-2	3	1	40	4	2	80.00грн.	1 Купить
AL153405-2	3	1.5	40	5	2	80.00грн.	1 Купить
AL23405-2	3	2	40	6	2	80.00грн.	1 Купить
AL334010-2	3	3	40	10	2	80.00грн.	1 Купить
AL444012-2	4	4	40	12	2	100.00грн.	1 Купить
AL554012-2	5	5	40	12	2	140.00грн.	1 Купить
AL664016-2	6	6	46	16	2	205.00грн.	1 Купить
AL884520-2	8	8	45	20	2	300.00грн.	1 Купить
AL10105020-2	10	10	50	20	2	385.00грн.	1 Купить
AL12126025-2	12	12	60	25	2	565.00грн.	1 Купить

Показано с 1 по 10 из 10 (страниц 1)



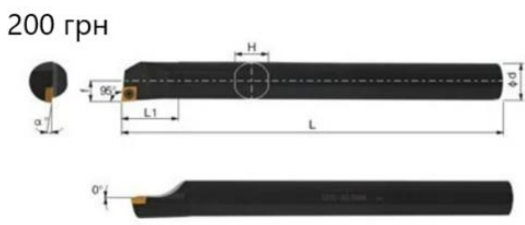
Рис. 4.1 Фреза кінцева діаметром 5 мм[50]

Обрані різці з каталогів з їх назвами:

SCLCR/L 200 грн

Tool cutting edge angle 95°

Internal turning tool



Type	Blade	Specification							Screw	Wrench
		φ Dmin	φ D	f	L	L1	H	α°		
S07K-SCLCR/L06	CC□□0602□□	9	7	4.9	125	14	6	15°	M2.5×5	T8
S08K-SCLCR/L06		10	8	5	125	14	7	15°		
S10K-SCLCR/L06		12	10	6	125	14	9	13°		
S12M-SCLCR/L06		16	12	9	150	25	11	10°	M2.5×6	T8
S16Q-SCLCR/L06		20	16	11	180	32	15	8°		


60грн

Рис. 4.2 Різець розточний токарний [50]

MGEHR/L 300 грн

MGEHR/L

外径槽刀 Slotting tool



型号 Type	刀片 Blade	规格 Specification							螺丝 Screw	扳手 Wrench
		w	b	h	L	h1	f	Tmax		
MGEHR/L1616-2	MGMN200-G	2	16	16	100	16	16	16	M5×20	L4
MGEHR/L2020-2		2	20	20	125	20	20	16		
MGEHR/L1616-3		3	16	16	100	16	16	20	M5×20	L4
MGEHR/L2020-3	MGMN300-G	3	20	20	125	20	20	20		

38грн

Рис. Різець відрізний токарний із змінними різальними пластинками[50]

Таблиця 4.2 - Режими різання рекомендовані виробниками інструменту

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція	Пе ре хі д	Інструмент	Подача	Частота обертання	Ціна
			F [мм]	N [об/хв]	Грн.
	1	Торцевий різець підрізний SCLCR/L 0808 D 06	74	2000	1370
	2	Прохідний різець SCLCR/L 0808 D 06	2.5	2000	1370
	3	Прохідний різець SCLCR/L 0808 D 06	2.515	2000	1370
	4	Прохідний різець SCLCR/L 0808 D 06	4.5	2000	1370
	5	Канавковий різець MGEHR/L 1616-2	1	1500	490
	6	Прохідний різець SCLCR/L 0808 D 06	Заб. R49	2000	1375
	7	Прохідний різець SCLCR/L 0808 D 06	0.5/1	2000	1375
	8	Свердло центрувальне HSS A6.3*14*64	6,67	1800	189
	9	Свердло 13мм	26,6	1600	130
	0	Різець розточний S07K-SCLCRL/L	9,876	2000	231
	1	Різець розточний S07K-SCLCRL/L	14	2000	231

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	12	Канавковий різець MGENR/L 1616-2	0,5/2/4,5	1090	350
	13	Різець різьбовий SER1010H11	1,3	1090	294
	4	Різець різьбовий SNR 0008 H11	2,59	1090	294
	5	Відрізний різець SPB26-3	37,5	1800	460
	6	Фреза кінцева 5мм z=3 BK6M 35/10	8	4000	170

Висновки

Для виконання нашого замовлення в 230 одиниць нам потрібно придбати матеріал на суму: 36 960 грн. Для його обробки потрібно закупити різального інструменту та обладнання до нього на суму: 9943 грн. Час на виготовлення даного замовлення 70,91 год. Для проведення контролю якості наших деталей потрібно закупити вимірювальне обладнання на суму: 59 228 грн.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Створення здорових і безпечних умов праці є важливою державною справою [51]. Поліпшення умов праці, підвищення її безпеки та нешкідливості має велике соціальне та економічне значення і впливає безпосередньо на підвищення продуктивності праці.

Найбільше відставання розвитку техніки припадає на сільгоспмашини малої та середньої потужності, котрі можна застосувати під новітні задачі. Типовим представником таких машин є фронтальний міні навантажувач Bobcat T870 має всі переваги тягача легкого класу. А завдяки своїй масовості та поширеності є значно дешевшими в порівнянні з безпілотними окремими тягачами під подібні задачі. Тягач є значно простішим у виготовленні, обслуговуванні та ремонті. Але наслідком застосованої схеми є залежність роботоспроможності від зусилля встановлених тягових моторів, а також розмірів його ходової, що може створити складності в проході невибухових інженерних загороджень, як танкові рови. Цю задачу можна вирішити, за допомогою попередньої підготовки місцевості, або встановленням додаткового обладнання.

4.1. Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення лабораторії

Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення лабораторії контролю якості технологічного процесу наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристика приміщення лабораторії контролю якості технологічного процесу [51].

Параметр	Характеристика
Габарити виробничого приміщення	10м x 9,5м x 5м
Площа	95м ²
Об'єм	475м ³
Кількість робочих місць	1
Природне освітлення	бокове
Штучне освітлення	4 лампи ЛБ-120

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентиляція	загальнообмінна вентиляція з місцевими відсмоктувачами із зон пилоутворення
Опалення	центральне водяне
Стіни	залізобетонні
Підлога	Бетон, кафель
Стеля	покрита сірою водоемульсійною фарбою

Проведено порівняння нормативних параметрів з реальними згідно з Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

Відповідність планування приміщення та розташування обладнання наведена у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Відповідність планування приміщення та розташування обладнання

Параметр	Реальні значення	Нормативні значення
Площа на одну людину	56 м ²	не менше 6 м ²
Об'єм на одну людину	280 м ³	не менше 20 м ³
Ширина двірного прорізу	1,3 м	не менше 0,8 м
Стіни	водостійка фарба	водостійка фарба
Підлога	бетон, кафель	бетон, кафель
Відстань від протруювача до стіни	2,4 м	не менше 0,5 м
Відстань протруювача до стелі	3,2 м	не менше 1,5 м
Розміри вікна	6 м ²	не менше 0,9 м ²

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря [51].

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 - Норми мікроклімату для приміщень

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	легка-1а	22 - 24	40 - 60	0,1
Теплий	легка-1а	23 - 25	40 - 60	0,1

4.3.Вимоги до освітлення під час роботи в лабораторії

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення [51]. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Зазначення освітлення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцева освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінісцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 град. з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж 200 кд/м², захисний кут світильників - не менше ніж 40 град.

Необхідно обмежувати відбиту блискість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість біків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м², а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення 200 кд/м².

Показник осліпленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20, а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40. Коефіцієнт запасу (К куб.) для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4.

Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5%, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мережі.

4.4. Пожежна безпека

Відповідно до норм пожежної небезпеки в проектованому технологічному процесі застосовуються матеріали і пожежонебезпечні нафтопродукти таких, як горюче масло [51]. Це відповідає категорії виробництва В відповідно до вимог ОНТП 24-86. Визначимо ступінь вогнестійкості будівлі. Для лабораторії ступінь вогнестійкості - III, будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, які захищені штукатуркою або мають вогнезахисну обробку.

Максимально припустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу - 80 м (СНиП 2.09.02-85).

Необхідна ширина евакуаційного виходу при цьому – 2м, коридор – 3м. Для лабораторії вибираємо тип і кількість засобів пожежегасіння: ручний вогнегасник ОУ-8 для гасіння різних установок під напругою до 1000В та повітряно-пінний ручний вогнегасник ОВВ-10 для гасіння легкозаймистих, твердих (у тому числі тліючих) матеріалів у разі займання.

Причинами виникнення пожеж в лабораторіях може бути:

- іскри при електрозварювальних роботах;
- коротке замикання, перевантаження та великі перехідні опори;
- поява напруги на відключених струмоведучих частинах під час роботи
- працівників, в наслідок помилкового включення обладнання;
- самозаймання промаслених та інших матеріалів;
- порушення технологічного режиму.

Найважливішими пожежно-профілактичними заходами є:

- правильний вибір електроустаткування та способів його монтажу з урахуванням пожежонебезпеки навколишнього середовища;
- попередження перегріву електродвигуна, деталей, що труться та механізмів шляхом своєчасного та якісного змащення, контролю за температурою і дотримання експлуатаційних вимог використовуваного обладнання;

Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій представлені в таблиці 4.4.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 - Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій

Будівельні конструкції	Група займистості	Межа вогнестійкості
Несучі стіни, стіни сходових кліток, колони	неспалимі	2 г
Плити, настили й інші несучі конструкції покриття міжповерхових перекриттів	важкозгораємі	0,75 г
Зовнішні стіни з начіпних панелей	важкозгораємі	0,25 г
Внутрішні перегородки	важкозгораємі	0,25 г

У лабораторії було проведено розрахунок гідроприводу, підбір обладнання, обрано необхідно апаратуру та визначення її характеристик. В подальшому було проведено гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбрано рукава високого тиску з металевим обплетенням при діаметрі рукава в 10 та 20 мм за ГОСТ 6286-73.

Оцінка небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори відповідно до ГОСТ 12.0.003-74, що наявні на даній ділянці цеху наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Вид небезпеки	Джерело небезпеки
Фізичні фактори	- підвищений рівень шуму на робочому місці - підвищений рівень вібрації - електробезпека - пожежна безпека

Хімічні фактори	- подразнення від аерозолів нафтових олій
-----------------	---

Згідно Правил пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України визначимо категорії приміщень по вибухопожежній небезпеці з класами вибухопожежонебезпечних зон для виробничого приміщення лабораторії (п.7.25 Правил) В П-Па. Заходи нормалізації пожежної безпеки наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.6 - Джерела пожежної небезпеки

№	Джерело небезпеки	Наслідок
1	Конструктивні недоліки обладнання	Знищення обладнання та матеріальних цінностей, травми робітників
2	Іскри при електрозварювальних роботах	
3	Коротке замикання, перевантаження та великі перехідні опори	
4	Поява напруги на відключених струмоведучих частинах під час роботи	
5	Самозаймання промаслених та інших матеріалів	
6	Порушення технологічного режиму	

Таблиця 4.7 - Заходи нормалізації пожежної безпеки

Вид заходу	Засоби подолання небезпеки
Технічний	-правильний вибір електроустаткування та способів його монтажу з урахуванням пожежонебезпеки навколишнього середовища;

	-попередження перегріву підшипників, деталей, що труться та механізмів шляхом своєчасного та якісного змащення, контролю за температурою
Організаційний	Наявність плану евакуації людей при пожежі, вогнегасників
ЗІЗ	ЗІЗ для органів дихання при роботі з хімічними речовинами

На підприємстві, з урахуванням його пожежної небезпеки, наказом встановлений відповідний протипожежний режим, зокрема, визначені:

- місця для куріння, порядок застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;
- місця для зберігання й допустима кількість сировини, напівфабрикатів і готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих порядках проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (зокрема зварювальних);
- правила приміщеннях і на території;
- порядок прибирання горючого пилу й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення повітроводів вентсистем від горючих відходів;
- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок огляду та зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок експлуатації та обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту;

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;

- дії працівників у разі виявлення пожежі.

Максимально припустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу - 80 м (СНиП 2.09.02-85). Евакуаційних виходів має бути не менше двох. Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Необхідна ширина евакуаційного виходу при цьому – 2 м, коридор – 3 м.

Висновки

Було перевірено характеристику робочої лабораторії. Враховано вимоги санітарії та охорони навколишнього середовища при застосування мастил. Надав рекомендації з вибору освітлення. На підприємстві розроблені інструкції про заходи пожежної безпеки. Ці інструкції слід вивчати під час проведення протипожежних інструктажів, проходження пожежно-технічного мінімуму та виробничого навчання і вивішувати для ознайомлення в установлених місцях

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до дипломного проєкту

Під час виконання дипломного проєкту був здійснений комплексний огляд видів та способів розмінування. Класифіковано вид вибухових та невибухових інженерних загороджень. Висвітлені переваги та недоліки існуючих інструментів машинного розмінування. В результаті чого сформульовані технічні вимоги та проведений проектний розрахунок основних систем під обраний робочий орган розмінування. Створено гідравлічну схему з підбором відповідних комплектуючих. Розраховано статичні навантаження, котрі діють на систему під час детонації інженерної міни. Розраховане оптимальне бронювання трубопроводів. Розроблено електричну схему підключення дистанційної системи керування та електрогідравлічну схему для перевірки роботоспроможності системи керування в лабораторних умовах.

В якості носія обладнання розмінування обрано поширену та маловартісну техніку, котра має багато змінних навісних інструментів, що дає змогу масово та ефективно застосовувати дане рішення в сфері розмінування. Порівнюючи з існуючими комерційними рішеннями запропонована система має велику варіативність комплектуючих, модульність та ремонтпридатність. Така система значно пришвидшить та забезпечить роботу рятувальників, а також саперних підрозділів, що на даний момент вкрай необхідно у зв'язку з масовим забрудненням територій вибухонебезпечними предметами.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Самсонов О. Стаття "\"Розмінування територій України: які нові рішення запропонувала держава?\"" [Електронний ресурс] / Олексій Самсонов – Режим доступу до ресурсу: <https://visitukraine.today/uk/blog/2369/mine-clearance-in-ukraine-what-new-solutions-has-the-government-proposed>.
2. Напрямки розмінування які застосовуються в системі ДСНС [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://mk.dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/napriamki-rozminuvannia-iaki-zastosovuiutsia-v-sistemi-dsns>.
3. Mikulic D. Toolbox Demining System / Dinko Mikulic // Design of Demining Machines / Dinko Mikulic., 2012. – (9781447145035). – (978-1447145035). – С. 38
4. CHAPTER 3. THE USE AND LIMITATIONS OF DEMINING MACHINES. // A HANDBOOK OF MECHANICAL DEMINING / – Geneve, 2009. – С. 59.
5. Mine flail [Електронний ресурс] // Wikipedia. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Mine_flail.
6. THE USE AND LIMITATIONS OF DEMINING MACHINES. TILLERS. // A HANDBOOK OF MECHANICAL DEMINING / – Geneve, 2009. – С. 58.
7. THE USE AND LIMITATIONS OF DEMINING MACHINES. ROLLERS.. // A HANDBOOK OF MECHANICAL DEMINING / – Geneve, 2009. – С. 73.
8. MECHANICAL MINE CLEARANCE SYSTEMS [Електронний ресурс] // SCOPEX – Режим доступу до ресурсу: <https://www.scopex.fr/en/products/mv4-c-ied-robotic-system/>.
9. Armtrac 75T-230 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/texnika-dlya-rozminuvannya/armtrac/armtrac-75t-230/>.
10. DOK-ING MV-4 Scorpion. Versions of MV-4 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eokhub.org/index.php/topics/equipment/42-dok-ing-demining-machine-mv-4>.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. DOK-ING MV-4 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/texnika-dlya-rozminuvannya/dok-ing/dok-ing-mv-4/>.
12. GCS 200 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/texnika-dlya-rozminuvannya/gcs/gcs-200/>.
13. Way Industries Bozena 5 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/texnika-dlya-rozminuvannya/way-industries/way-industries-bozena-5/>.
14. ТАКТИЧНА І ТАКТИКО-СПЕЦІАЛЬНА ПІДГОТОВКА. Методична розробка. Загальні відомості про інженерні загородження; – Х.: НУЦЗУ КВП. – 3 с.
15. Бойко І. А. МІННО – ВИБУХОВІ ПРИСТРОЇ. КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИПИ ДІЇ. АЛГОРИТМ ДІЙ ПРИ ВИЯВЛЕННІ. [Електронний ресурс] / І. А. Бойко. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-minno---vibuhovi-pristro-klasifikaciya-principi-di-algoritm-diy-pri-viyavlenni-298134.html>.
16. Міни [Електронний ресурс] // SAPPERS – Режим доступу до ресурсу: <https://sappers.com.ua/dovidnyk/miny>.
17. Орієнтовні технічні вимоги на машини механізованого розмінування [Електронний ресурс] / [Д. ПОЛЯРУШ, В. МАЛИХІН, О. БОНДАРЬ та ін.] – Режим доступу до ресурсу: <https://dsns.gov.ua/upload/1/8/9/4/6/1/8/orijentovni-texnicni-vimogi1.docx>.
18. Demining & EOD/IEDD solutions. ATTACHMENTS FOR REMOTE-CONTROLLED PLATFORMS. FLAIL(F) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gcs.ch/demining-eod-iedd-solutions>.
19. MINE CLEARANCE MACHINES. // MECHANICAL DEMINING EQUIPMENT | CATALOGUE 2008 / – Geneva, 2008. – С. 14.
20. T870 Bobcat Company [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.heavyequipmentguide.ca/product/816/t870>.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Міні-навантажувач Bobcat T870 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bobcat-service.com.ua/bobcat/gusenichnye-mini-pogruzchiki/t870>.
22. Mikulic D. Demining Machines with Flails. Flail demining helix system / Dinko Mikulic // Design of Demining Machines / Dinko Mikulic., 2012. – (9781447145035). – (978-1447145035). – С. 51.
23. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів, які навчаються за напрямами підготовки 6.050502 – Інженерна механіка та 6.050503 – Машинобудування / Уклад. Н.В. Семінська, О.С. Галецький, Д.В. Костюк – Київ: НТУУ «КПІ», 2014.
24. Гідромотор МГП 80 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gidroukr.com.ua/ua/p2094414941-gidromotor-mgp.html>.
25. Муфта розривна гідравлічна [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://hansa-flex.in.ua/ua/p1816437544-mufta-isobir12.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw65zBhBkEiwAjrqrMNPkjNXUD2xo5aSrUXjCBpYhfquuEg-sEAOaDH5SWN_0g8dIvnuZ5xoCoB0QAvD_BwE.
26. Фільтр всмоктуючий MP Filtri STR0704 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hydraulic.ua/ru/filtr-vsmoktuuchiy-mp-filtri-str0704-nerzhaviucha-sitka-90-mkm-80-l-khv/>.
27. Реле тиску гідравлічне HDS (MDSK) 30-320 Бар G 1/4 \"/>

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Теорія вибуху [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%B2%D0%B8%D0%B1%D1%83%D1%85%D1%83.
31. THE USE AND LIMITATIONS OF DEMINING MACHINES. Figure 3 | The cone of destruction. // A HANDBOOK OF MECHANICAL DEMINING / – Geneve, 2009. – С. 45.
32. Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин // ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ, Підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком «Інженерна механіка» ISBN 978-966-642-324-8, В.С. Бондарев, О.І. Дубинець, М.П. Колісник, С.В.Бондарев, Ю.П. Горбатенко, В. Я. Барабанов. Київ, «ВИЩА ШКОЛА», 2009.
33. Бронепробивність [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.m.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C>.
34. Протипіхотна міна МОН-50 [Електронний ресурс] // SAPPERS – Режим доступу до ресурсу: <https://sappers.com.ua/dovidnyk/miny/protypihotnikerovanoyi-diyi/mon-50>.
35. TEQ WAIST TRANSMITTERS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tele-radio.com/teq-waist-transmitters/>.
36. Hydraulic Remote Control [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tele-radio.com/us/remote-control-hydraulic/>.
37. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. – 835 с.
38. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машинобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005.-710с.
39. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.
40. Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

41. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Л. Міранцов [и др.] ; Донбаська державна машинобудівна академія (Краматорськ). - Краматорськ : ДДМА, 2012. - 151 с. - Бібліогр.: с. 125. - ISBN 978-966-379-549-2
42. УР-77 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%A0-77>.
43. Призначення, ГТХ заряду розмінування ЗРП-2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7632725/page:17/>.
44. Козубенко О. Як працюють системи лінійного розмінування М58 (США) і Minröjningsorm (Швеція) [Електронний ресурс] / Олександр Козубенко – Режим доступу до ресурсу: <https://armyinform.com.ua/2023/04/03/yak-praczuuyut-systemy-linijnogo-rozminuvannya-m58-ssha-i-minrojningsorm-shvecziya/>.
45. Гідророзподільвач 3WE-6B, 2-х поз., 24V, 315 bar, 80 l/min Oleodinamica Mozioni (3WE6B-6XCG24N9Z5L) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hydraulic.ua/gidrorozpodiluvach-3we-6b-2-kh-poz.-24v-315-bar-80-l-min-oleodinamica-mozioni/>.
46. РЕГУЛЯТОРИ ВИТРАТИ RFP2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://motorimpex.ua/ua/products/regulatory-rashoda-rfp2>.
47. Фільтр напірний MP Filtri LMP110 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hydraulic.ua/filtr-napirnyi-mp-filtri-lmp110-material-filtroelementa-fibrovolochno-propuskna-spromozhnist-37-l-khv-06-mkm-rizba-pidkliuchennia-1-bsp/>.
48. Зливний фільтр RF ON 160 V E 5 (160 л/хв, 5 мкм) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://skr-hydraulic.com.ua/uk/slivnoy-filtr-rf66-item>.
49. Маловацький Д.О., Семінська Н.В. Сучасні виклики в галузі гуманітарного і військового розмінування, а також рішення щодо вдосконалення інсууючих конструкцій. Теза. Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів 2024

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

50. Metal cutting tools [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools>.

51. Основи охорони праці: Підручник / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

52. Заходи безпеки під час розмінування [Електронний ресурс] // ДСНС України – Режим доступу до ресурсу:
<https://rv.dsns.gov.ua/upload/1/8/6/9/7/5/1/zaxodi-bezpeki.pdf>.

		Маловацький Д.О.			МА02.011.ДП.000.000.ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		