

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: _____ Висувна гідравлічна стріла для машини розмінування _____

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-03

_____ Поліщук Микита Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ Семінська Наталія Валеріївна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ 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 _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ			Пояснювальна записка		
2	A1	МА-03.04.ДП.000.000 СБ			Загальний вигляд	1	
3	A1	МА-03.04.ДП.000.001 СБ			Стріла. Збиральне креслення	1	
4	A1	МА-03.04.ДП.000.002 СБ			Гідроциліндр. Збиральне креслення	1	
5	A1	МА-03.04.ДП.000.001 ТВ			Технологія виготовлення деталі «Кришка передня»	1	
6	A3	МА-03.04.ДП.000.001			Кришка передня	1	
7	A3	МА-03.04.ДП.000.002			Кришка задня	1	
8	A3	МА-03.04.ДП.000.003			Поршень	1	
9	A3	МА-03.04.ДП.000.004			Шток	1	
		ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Поліщук				Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Семінська					1	
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПГМ, гр.МА-03	
Н/контр.							
Зав.каф.	Левченко						

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

_____ Поліщуку Микиті Сергійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема проєкту: Висувна гідравлічна стріла для машини розмінування

Керівник проєкту: Семінська Наталія Валеріївна,

(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 червня 2024

3.Вихідні дані до проєкту: вантажопідйомність – 1 т, довжина стріли – 2,8 - 4,6 м, вильот стріли – 0,6 - 2,5 м, швидкість висування – 10 м/хв, ударні навантаження – еквівалент вибуху 8 кг тротилу, максимальні габаритні розміри поперечного перерізу – 120x200 мм.

4.Зміст пояснювальної записки: огляд поширених мін, огляд існуючих конструкцій машин, проектування металоконструкції стріли, проектування гідравлічної системи, технологія виготовлення деталі, охорона праці.

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

загальний вигляд, збиральне креслення, принципова гідравлічна схема, технологічний процес, робочі креслення

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання _____ 25.04.2024 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Пошук інформації про різновиди мін	25.04.2024	
2	Огляд існуючих конструкцій	01.05.2024	
3	Проектування металоконструкції стріли	09.05.2024	
4	Розрахунок стріли на міцність	11.05.2024	
5	Проектування гідравлічної схеми	15.05.2024	
6	Підбір стандартного обладнання	17.05.2024	
7	Проектування гідроциліндра	19.05.2024	
8	Технологія виготовлення	21.05.2024	
9	Охорона праці	22.05.2024	

Студент

(підпис)

Микита ПОЛІЩУК
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

Наталія СЕМІНСЬКА
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Висувна гідравлічна стріла для машини розмінування __

Київ – 2024 рік

Анотація

Дипломний проект містить: 65 сторінки, 34 рисунки, 2 таблиці, 25 джерел.

Об'єкт проектування – висувна гідравлічна стріла для машини розмінування на основі міні-навантажувача типу Bobcat.

У дипломному проекті розглянуті основні види вибухових загроз, що підлягають знешкодженню за допомогою механізованих систем, розглянуті існуючі конструкції машин, обрана конструкція для подальшого вдосконалення, розроблена металоконструкція стріли, система гідроприводу, підібране стандартне гідравлічне обладнання.

Розроблено та описано технологічний процес виготовлення деталі гідроциліндру «Кришка передня», зроблено опис охорони праці при виготовленні деталей та при використанні машини для розмінувальних робіт.

Ключові слова: розмінування, вибух, навантажувач, телескопічна стріла, гідроциліндр, гідравлічна схема, кришка, охорона праці

Abstract

The diploma project contains: 65 pages, 34 figures, 2 tables, 25 sources.

The design object is a retractable hydraulic jib for a demining machine based on a bobcat-type mini loader.

The diploma project considered the main types of explosive threats can be neutralized by mechanized systems, considered existing machines designs, selected a design for further improvement, developed a jib metal structure, a hydraulic drive system, and selected standard hydraulic equipment.

The manufacturing process of the part of the hydraulic cylinder "Front cap" was developed and described, the description of labor protection during the production of parts and when using the machine for demining work was made.

Keywords: demining, explosion, loader, telescopic retractable jib, hydraulic cylinder, hydraulic scheme, production technology, labor protection

Зміст

Вступ	9
Розділ 1. Огляд проблеми та постановка задачі.....	10
1.1. Загальний огляд існуючих видів мін.....	10
1.2. Огляд існуючих конструкцій.....	15
Розділ 2. Проектування металоконструкції стріли.....	22
2.1. Постановка задачі.....	22
2.2. Розробка металоконструкції.....	24
2.3. Розрахунок на міцність.....	25
Розділ 3. Розробка гідравлічної системи.....	30
3.1. Розробка гідравлічної схеми.....	30
3.2. Підбір обладнання.....	31
3.3. Розрахунок гідроциліндру.....	32
Розділ 4. Технологія виготовлення для обраної деталі.....	37
4.1. Розробка технологічного процесу.....	37
4.2. Підбір інструменту та обладнання.....	44
Розділ 5. Охорона праці.....	47
5.1. Охорона праці на виробництві.....	47
5.2. Охорона праці при розмінувальних роботах.....	50
Висновок	60
Використана література.....	61

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Через повномасштабне вторгнення росії на територію України, наша країна є найбільш замінованою у світі, тому проблема розмінування, як військового, так і гуманітарного, на даний час стоїть дуже гостро. Більшість роботи з розмінування наразі виконують сапери, а отже – безпосередньо люди. Механізація цього процесу є на дуже невисокому рівні, зокрема через нерозуміння характеру замінування, рівня загрози, і ризику втрати і без того нечисленної спецтехніки і, відповідно, екіпажу з 3-4 людей.

Розглянемо найпоширеніші види вибухових загроз, які наразі присутні на території України:

- інженерні загородження (мінні поля)
- неспрацьовані авіаційні бомби (в більшості випадків - калібром більше 500 кг)
- неспрацьовані артилерійські боєприпаси
- міни-пастки (заміновані будівлі, предмети побуту, «розтяжки» тощо)

Абсолютно всі з перелічених боєприпасів, що з різних причин не спрацювали, зберігають роботоздатність, а отже, становлять загрозу впродовж тривалого часу, іноді – десятків років. Знешкодження деяких з цих загроз, а саме поодиноких боєприпасів та пасток, нелогічно та неефективно доручати механізованим системі, оскільки в більшості випадків необхідна дуже точна робота, яку може виконати тільки спеціально навчена людина.

Тому, як предмет нашої уваги, беремо до розгляду обширні загородження, а отже, мінні поля.

Мета роботи – механізувати розмінування великих площ доступними методами. Задачі – оглянути існуючі конструкції, обрати найперспективнішу з них, знайти недоліки та способи їх усунення, розробити відповідну систему і всі її елементи.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Огляд проблеми, постановка задачі

1.1. Загальний огляд існуючих видів мін

Міна (узагальнено) – вибуховий пристрій, призначений для ураження техніки або живої сили за допомогою фугасної, осколкової або комбінованої дії. Міни саме як інженерні боєприпаси, зазвичай використовуються для загородження великих площ [1]. За призначенням розрізняють наступні загороджувальні інженерні боєприпаси:

- протипіхотні (проти живої сили)
- протитанкові (проти танків, ББМ – бойових броньованих машин, та неброньованого транспорту)
- протитехнічні (залізничні, аеродромні, бетонобійні тощо)
- протидесантні (проти десантування з плаваючих засобів, розміщуються на берегах водойми)

З причини того, що протитехнічні боєприпаси використовуються точково, та мають зазвичай великий калібр та потужність, а протидесантні майже не використовуються зовсім, оскільки більша частина території України являє собою суходіл, і не має достатньо судохідних водойм, придатних для ведення бойових дій, розглядатимемо перші дві категорії – протипіхотні та протитанкові загородження.

Розглянемо основні принципи ураження:

для протипіхотних мін:

- фугасна дія (ураження високим тиском вибухової хвилі, характер пошкодження – від ампутації кінцівок до розриву внутрішніх органів, залежить від кількості вибухової речовини та розташування міни відносно жертви);
- уламкова дія (ураження уламками корпусу міни, готовими уражуючими елементами, шрапнеллю тощо, характер пошкодження – пробиття м'яких тканин, від невеликого отвору до обширних рваних поранень, залежить від конструкції міни та її розташування)

		Поліщук М.С.			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для протитанкових мін характерна лише фугасна дія, іноді кумулятивна (заряд вибухової речовини спеціальної форми, для створення напрямленого вибуху):

- Ураження гусениці або колеса (ураження основного елементу переміщення, а також елементів ходової частини та бронювання корпусу)
- Ураження дна (оскільки дно є найвразливішою частиною корпусу, відповідно найпростішою для ураження)
- Ураження бортів (часто кумулятивні, використовуються рідко, оскільки потребують визначеної відстані до цілі для ефективного ураження, і, відповідно, ретельного встановлення та маскування)

Для розуміння методів боротьби з вище перерахованими типами боєприпасів, розглянемо основні способи їх ініціації, тобто різновиди так званих датчиків цілі:

- Натискний датчик – найрозповсюдженіший варіант, спрацьовує при прикладанні до нього зусилля, визначеного його типом, конструкцією та налаштуванням. Для протипіхотних мін зазвичай зусилля спрацювання становить 5-10 кг, для протитанкових – понад 150 кг.
- Натяжний або обривний датчик – формально можна віднести до натискних, оскільки відбувається безпосередня фізична дія на датчик. Так звані «розтяжки», спрацьовують при зачіпанні датчика у вигляді тонкого дроту, волосіні, мотузки тощо.
- Магнітний (індукційний) датчик – працює за спрощеним принципом металошукача, спрацьовує на наявність великої кількості металу у радіусі його дії.
- Сейсмічний датчик – спрацьовує на вібрацію поверхні, на якій встановлена міна, наприклад, при проїзді в радіусі дії техніки чи проходження людини. Чутливість датчика, а отже і необхідна амплітуда вібрацій регулюються.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Датчик руху – спрацьовує від зміни положення самої міни або поверхні, на яку закріплено безпосередньо міну або сам датчик.
- Інфрачервоний, або тепловий датчик – спрацьовує від наявності в радіусі його дії теплового або інфрачервоного випромінювання. Чутливість та радіус дії регулюються.

Також існують міни та мінні поля в керованому варіанті. Являють собою зазвичай ті ж самі міни, до яких шляхом мінімальних переробок, або через передбачені конструкцією елементи, приєднуються системи ініціації (детонатори), що спрацьовують завдяки імпульсу електричного струму. Керування підривом відбувається людиною, через дротові лінії, системи радіозв'язку, або інші види дистанційного керування. Як правило, штатні датчики цілі з мін не демонтуються, що забезпечує їх спрацювання як в керованому, так і в некерованому варіанті [1].

Розглянемо найпоширеніші види мін, які наразі можна знайти на територіях, де відбувалися бойові дії, та деякі важливі для наших подальших розрахунків технічні характеристики:



Рис. 1.1. Міна ПФМ-1 [2]



Рис. 1.2. Міна ПМН-2 [3]

Рисунок 1.1 – протипіхотна фугасна міна ПФМ-1 (розмовна назва – «пелюстка»). Встановлюється завдяки засобам дистанційного мінування (РСЗВ, з літаків, тощо) виключно у некерованому варіанті. Має комбінований датчик цілі, що спрацьовує як на натиск, так і на зміну положення міни. Зусилля спрацювання на натиск – 5-7кг. Містить 37г вибухової речовини. [2]

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.2 – протипіхотна фугасна міна ПМН-2. Встановлюється виключно у некерованому варіанті. Має датчик цілі, що спрацьовує на натиск, зусилля спрацювання – 8-20кг, в залежності від модифікації. Містить 100г вибухової речовини. [3]



Рис. 1.3. Міна МОН-50 [4]



Рис. 1.4. Міна ОЗМ-72 [5]

Рисунок 1.3 – протипіхотна уламкова міна спрямованої дії МОН-50. Згідно з Женевською Конвенцією, має встановлюватись виключно у керованому варіанті, але зазвичай, оскільки конструктивно у міні передбачено два посадкових місця для детонаторів, встановлюється одночасно у керованому та некерованому варіантах. Датчик цілі у такому випадку – натяжний, зусилля спрацювання – мінімальне, настільки, що їм можна знехтувати. Містить близько 500 готових уражуючих елементів у вигляді сталевих циліндрів діаметром 6мм та довжиною 8мм, а також 700г вибухової речовини. [4]

Рисунок 1.4 – протипіхотна уламкова міна ОЗМ-72. Розмовна назва – «лягушка», через принцип дії. Встановлюється зазвичай у некерованому варіанті, датчик цілі – натяжний, зусилля спрацювання – мінімальне. Конструктивно складається з двох частин, стакану з вишибним зарядом, та бойової частини. Після спрацювання датчика цілі, вишибний заряд виштовхує бойову частину зі стакану на висоту 0,6-0,8м, для більш ефективного розльоту

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уламків. Після цього, бойова частина спрацює. Міна містить близько 2400 готових уражуючих елементів у вигляді сталевих кульок або циліндрів, діаметром близько 5мм, а також 660г вибухової речовини. [5]



Рис. 1.5. Міна ТМ-62 [6]

Фугасна протитанкова міна ТМ-62 (рис.1.6) встановлюється зазвичай в некерованому варіанті, з мінімальною переробкою в польових умовах спеціально навченою людиною – у керованому або комбінованому варіанті. Розміщують міну у полях, на ґрунтових дорогах, посеред накатаної колії, також без жодного маскування – на асфальтованих дорогах. Принцип ураження – пошкодження або знищення основних елементів ходової системи машини – коліс, гусениць, елементів підвіски. Датчик цілі – натискний, зусилля спрацювання – 200-500 кг в залежності від модифікації. Містить 8 кг вибухової речовини. [6]

Як бачимо, найпотужнішою, виходячи з кількості вибухової речовини, є протитанкова міна ТМ-62. Як показав досвід бойових дій, при спрацюванні вона може значно пошкодити елементи ходової частини танка, і майже повністю знищити частину легкої бронемашини, або неброньованого автомобіля, що потрапить під ураження. З іншого боку, деякі випадки використання її у керованому варіанті показали, що на відстані 3-4м фугасна дія міни не наносить значної шкоди конструкції навіть неброньованого автомобіля.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, виходячи з усього вище сказаного, і роблячи попередні висновки, для розмінування більшості територій, на яких наявні представлені вище боєприпаси, необхідна машина, яка допускає відсутність бронювання, має виліт робочого органу мінімум на 3м від елементів ходової частини, і може розвинути зусилля робочого органу до 500кг.

Наразі існують декілька основних технологій машинного розмінування, і, відповідно, різновидів машин та пристосувань до них. Для розмінування територій, замінованих виключно протипіхотними мінами, використовують важку бронетехніку, як ті ж самі танки, взагалі без додаткових навісних пристосувань, оскільки ваги танку вистачає для знешкодження протипіхотних мін, при цьому значної шкоди вони йому не наносять. Технологія добре працює тільки за умови наявності гарантованої інформації, що на даній території встановлені виключно протипіхотні міни, оскільки доволі часто мінні поля містять у собі як протипіхотні, так і протитанкові міни. Отже, опиратися будемо на найпотужнішу з поширених міну ТМ-62.

1.2. Огляд існуючих конструкцій



Рис. 1.6. Трал КМТ-7 [7]



Рис. 1.7. Т-72 із встановленим КМТ-7 [8]

Найпростіший спосіб розмінування – дія на міни спеціальним мінним тралом. Штатний мінний трал КМТ-7 для основного бойового танка Т-72 зображено на рисунку 1.6. Конструкція являє собою міцну раму, на якій встановлено два важких барабана в якості коліс, які діють на датчик цілі міни.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступиці барабанів закріплені до рами на поворотному кронштейні, для того, щоб під час вибуху вони мали можливість вільно рухатись, і не деформували раму. На танк трал встановлюється також через поворотну вісь, з тих самих міркувань. Встановлений трал показано на рисунку 1.7.

Переваги конструкції – простота у виготовленні, встановленні та використанні, за рахунок цього – висока ремонтпридатність, і низька вартість виготовлення, експлуатації та ремонту.

Недоліки – оскільки барабана лише два, і вони розташовані на тій самій відстані, що і гусениці танка, трали подібної конструкції знешкоджують міни лише у двох коліях, шириною близько 50см кожна, і на відстані близько 2,5-3м між собою, а отже, їх використання раціональне лише для прокладання тропи для самого танку, і ніяк не для розмінування великих площ.



Рис. 1.8. Інженерна машина розгородження ІМР-3 [9]

Другий найпростіший спосіб розмінування – зняття мін без їх спрацювання разом з верхнім шаром ґрунту. На рисунку 1.8 зображена інженерна машина розгородження ІМР-3. У її передній частині знаходиться ківш з гідравлічним приводом, здатний змінювати конфігурації між бульдозерною (ківш прямий, розташований перпендикулярно до напрямку руху машини), грейдерною (ківш прямий, розташований під кутом близьким до 40 градусів у горизонтальній площині відносно напрямку руху машини),

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та двухвідвальною (клиновидний, обидві частини ковша розташовані під кутом близько 40 градусів у різні сторони відносно напрямку руху машини). У клиновидній конфігурації ківш здатен занурюватися у ґрунт на глибину до 0,6м. Ширина колії, що прокладається, про роботі ковша у двухвідвальному (клиновому) режимі, становить 3,5м. Оскільки міни зазвичай встановлюються на глибині близько 10-15см від поверхні, ківш підчіпляє їх з нижньої сторони, і вигортає разом із ґрунтом по обидві сторони від машини. [9]

Переваги конструкції – відносно велика ширина колії, що прокладається, а отже площа, що розмінується за один прохід машини; цілісність мін, що видобуваються - при наявності у зоні розмінування спеціально навченого сапера, є можливість переводити міни з бойового у безпечне транспортне положення, і повторно використовувати, або утилізувати у спеціально призначеному для цього безпечному місці.

Недоліки – ускладнення конструкції та зниження ремонтпридатності у непристосованих для ремонту умовах (наприклад, польових), через наявність великої кількості елементів гідравліки, зокрема нічим не захищених від можливих пошкоджень гідравлічних магістралей та приводів; висока вартість та досить низька ефективність експлуатації – швидкість прокладання колії 2-3км/год, при цьому розхід пального близько 180-200л/год, залежно від режиму роботи; можливість пошкодження техніки та екіпажу за рахунок мін, що встановлені «на нездобуваність», тобто, коли під протитанковою міною встановлена міна-пастка, датчик цілі якої працює за зворотнім принципом від натискного - реагує на зняття з нього навантаження, і після спрацювання міни-пастки, вона ініціює спрацювання протитанкової міни.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.9. Установка реактивного розмінування УР-77 [10]

На рисунку 1.9 зображено установку реактивного вогневого розмінування УР-77, розмовна назва – «Змій-Горинич», що з'явилася через принцип роботи. У верхній частині машини знаходиться пускова установка, всередині якої розташовані ракета, і гнучкий рукав з пластичною вибуховою речовиною, довжиною близько 90м. Після запуску ракети, вона поступово витягує гнучкий рукав з його контейнера, та буксує його за собою. До рукава від машини тягнеться гальмівний трос та сигнальний дріт. Після відпрацювання реактивного двигуна, рукав гальмується тросом та лягає на ґрунт. Після чого, оператор по дроту дає команду на вибух, і рукав детонує. Ця детонація ініціює підриг мін, що знаходяться на деякій відстані від епіцентру вибуху. Для протитанкових мін це 3м від рукава, для протипіхотних – до 7 м [10].

Переваги системи – безпека екіпажу машини, оскільки довжина гальмівного троса 200-250м, відповідно, вибух відбувається на досить великій відстані від машини. Велика площа та висока швидкість розмінування - за один постріл мають знешкоджуватися міни у прямокутному секторі розміром 90х6м у випадку протитанкових мін, та 90х14м у випадку протипіхотних. Машина несе 2 постріли, які використовуються за 3-4хв з усіма підготовчими операціями. Перезаряджання машини триває близько 30хв при наявності навченого екіпажу.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки – висока вартість одного пострілу, навіть відносно площі, що розмінується; є вірогідність, що не всі міни у вказаному секторі спрацюють, оскільки деякі з них можуть мати конструкцію датчика цілі, стійку до зовнішніх вибухів. Також є вірогідність неспрацювання мін з сейсмічним датчиком; однозначно не знешкоджатися міни з інфрачервоним та магнітним датчиком, оскільки немає безпосередніх факторів, які б діяли на відповідний датчик.



Рис. 1.10. DOK-ING MV-4 [11]

Найуніверсальніший варіант розмінувальної машини зображено на рисунку 1.10. Він представлений машиною DOK-ING MV-4. Це тип машини з ударним барабаном, що обертається. В передній частині машини розташовано барабан, на якому за допомогою ланцюгів закріплені ударні елементи (кулачки). При обертанні барабана кулачки, за рахунок відцентрових сил, розходяться в сторони, а за рахунок обертання та великої маси набувають великої кінетичної енергії. Барабан закріплений на стрілі, яка опускає його на рівень ґрунту, або занурює його вглиб. При наявності міни на шляху машини, кожному окремо взятому кулачку вистачить кінетичної енергії для проминання ґрунту та подальшої впевненої дії на датчик цілі, що призведе до спрацювання міни, або її руйнування без детонації. [11]

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги системи – безпілотність, отже, оператор може знаходитись на безпечній відстані; дія на міни з усіма видами датчиків цілі – є кінетична енергія для спрацювання датчиків натиску, є велика кількість металу для спрацювання магнітних датчиків, достатня вібрація поверхні для спрацювання сейсмічних датчиків, є достатня фізична дія для спрацювання натяжних датчиків, і оскільки силовою установкою машини є двигун внутрішнього згоряння, є достатньо теплового випромінювання для спрацювання теплових датчиків.

Недоліки – невеликий вильот барабана відносно ходової частини, є ризик пошкодження машини вибуховою хвилею; висока ціна комплексу.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до розділу 1

Спираючись на всі оглянуті вище конструкції, системи та принципи роботи, зробимо наступний висновок. Найбільш універсальною та перспективною є конструкція з барабаном та ударними кулачками, її недоліком є близьке розміщення робочого органу до корпусу машини, яке можна виправити введенням в конструкцію висувної гідравлічної стріли для різних режимів роботи: для знешкодження протипіхотних мін стріла матиме мінімальну довжину, оскільки вони не нанесуть серйозних пошкоджень, і задля зменшення навантаження на систему, а для знешкодження протитанкових мін, стріла висувається на максимальну довжину, і мінімізує ризик пошкодження машини. Отже, отримуємо варіативність системи для виконання різних задач. Проблему високої вартості можна вирішити заміною бази з гусеничної на колісну, та більш поширену. Оскільки при великому вильоті стріли допускається відсутність бронювання машини, за основу для розробки візьмемо бортповоротний міні-навантажувач типу BOBCAT, із встановленою на нього системою дистанційного керування.

Мета роботи: розробити висувну стрілу з гідравлічним приводом, що встановлюється у штатні посадкові місця навантажувача, і живиться від його власної гідросистеми.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ СТІЛИ

2.1. Постановка задачі

Вихідні дані: вантажопідйомність – 1 т, довжина стріли – 2,8 - 4,6 м, вильот стріли – 0,6 - 2,5 м, швидкість висування – 10 м/хв, ударні навантаження – еквівалент вибуху 8 кг тротилу, максимальні габаритні розміри поперечного перерізу – 120х200 мм.

Оскільки за основу конструкції ми беремо міні-навантажувач, обираємо найпоширенішу модель - Bobcat S450 (рис. 2.1). Це регламентує нам деякі розміри, а саме розташування місць кріплення гідроциліндра підйому та осі обертання стріли, а також мінімальну її довжину та відстань до поверхні землі. Також це частково обмежує розміри стріли у поперечному перерізі, і, відповідно, габарити гідроприводу висування.



Рис. 2.1. Навантажувач Bobcat S450 [15]

Основна зовнішня сила, що регламентує увесь подальший розрахунок – сила дії вибухової хвилі. У даному випадку, оскільки ми орієнтуємось на міну ТМ-62, це сила вибухової хвилі, що виникає при детонації 8 кг тротилу.

Усереднені дані про відстань епіцентру вибуху безпосередньо від стріли, та площі, на яку діє вибухова хвиля візьмемо з існуючих конструкцій:

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приблизний діаметр умовного кола, що описують кулачки робочого органу на більшості машин близький до 1,5м, а основна площа, на яку діє хвиля – захисний кожух, що являє собою радіальну поверхню, радіусом близько 0,85-0,9м, довжиною близько 2-2,3м, і кутом сектора близько 90 градусів [11, 12, 13]. Оскільки при розрахунках у будь-якому випадку будемо враховувати запас міцності, оберемо найбільші значення з поданих вище.

Отже, для розрахунку сили дії вибухової хвилі остаточно приймаємо наступні параметри: 8 кг тротилу вибухає на відстані 1,5 м від кожуху радіусом 0,9 м, довжиною 2,3 м, та кутом сектору 90 градусів.

Знайдемо площу захисного кожуху:

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

Надлишковий тиск у фронті ударної хвилі знайдемо за формулою Садовського [14]:

$$\Delta p = a1 \frac{m^{1/3}}{r} + a2 \frac{m^{2/3}}{r^2} + a3 \frac{m}{r^3};$$

Де m – маса ВР, або його тротиловий еквівалент, кг; r – відстань від епіцентру вибуху, м; a1, a2, a3 – коефіцієнти, що вибираються в залежності від умов вибуху. Для наземного вибуху, обираємо a1=90, a2=390, a3=1300:

$$\Delta p = 90 \frac{8^{1/3}}{1,5} + 390 \frac{8^{2/3}}{1,5^2} + 1300 \frac{8}{1,5^3};$$

$$\Delta p = 90 \frac{2}{1,5} + 390 \frac{4}{2,25} + 1300 \frac{8}{3,375};$$

$$\Delta p = 4134,8 \text{ Па} = 4,134 \text{ КПа}$$

Отримане значення переведемо у кгс/м2:

$$\Delta p = 4,134 \text{ КПа} = 421,5 \text{ кгс/м}^2$$

Обчислимо силу, що діє на захисний кожух, а отже і на стрілу:

$$F = ps = 421,5 * 3,25 = 1369,8 \text{ кгс};$$

Для зручності подальших розрахунків переведемо кгс у Н:

$$F = 1369,8 * 9,81 = 13433,1 \text{ Н}$$

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане навантаження рівномірно розподіляється між двома описаними вище стрілами, що розташовані симетрично по обидві сторони навантажувача. Враховуючи коефіцієнт запасу $k=1.5$, знайдемо розрахункове навантаження на кожну окрему з двох стріл:

$$F_p = \frac{F}{2} * k = \frac{13433,1}{2} * 1.5 = 10074.8 \text{ Н}$$

2.2. Розробка металоконструкції.

Оскільки конструкція навантажувача регламентує нам у тому числі максимальні габарити поперечного перерізу стріли, а саме 120мм ширини та 200мм висоти [15], для нерухомої секції стріли обираємо наступну конфігурацію (рис. 2.2):

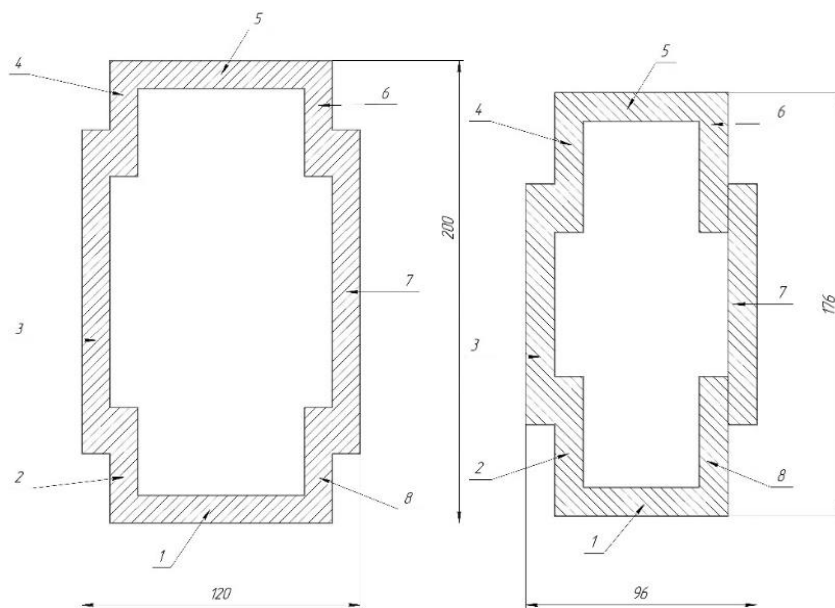


Рис. 2.2. Переріз нерухомої (зліва) та рухомої (справа) частини стріли

Конструкція зварна, складається з 8 елементів, що виготовлені з листа товщиною 12мм. Повздовжні пази, утворені з'єднанням елементів 2-3-4 та 6-7-8, утворюють направляючі для рухомої частини стріли. Використання замість з'єднання елементів 4-5-6 та 8-1-2 стандартних швеллерів у даному випадку є недоцільним, оскільки геометрія внутрішньої сторони швеллера ускладнює відповідну геометрію зовнішніх частин рухомої секції стріли, що призведе до ускладнення та здорожчання її виготовлення.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічну конструкцію, технологію виготовлення та матеріал обираємо для рухомої секції стріли. У цьому випадку, бічні грані елементів 3 та 7 утворюють направляючі поверхні, які контактують з відповідними пазами у нерухомій секції.

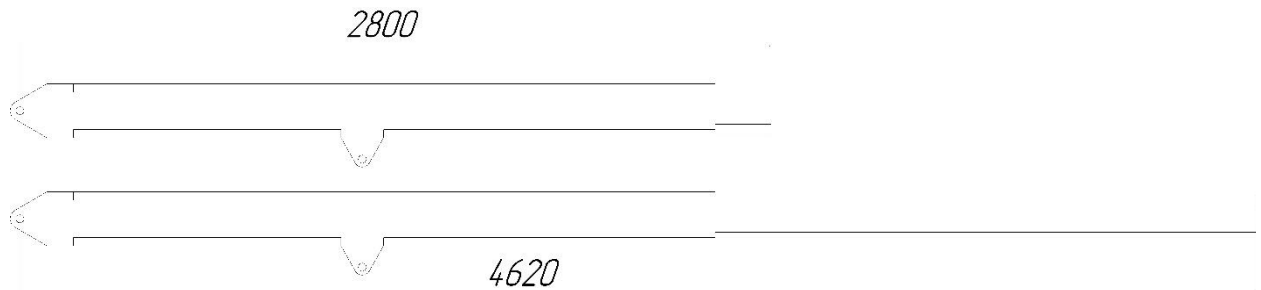


Рис. 2.3. Загальний вигляд стріли

Ескіз загального виду стріли та довжина відносно кріпильного отвору зображені на рис. 2.3, у втягнутому та висунутому положеннях відповідно.

2.3. Розрахунок на міцність

Для перевірки на міцність оберемо найслабшу ланку, з найменшою площею поперечного перерізу, а отже – рухому частину стріли.

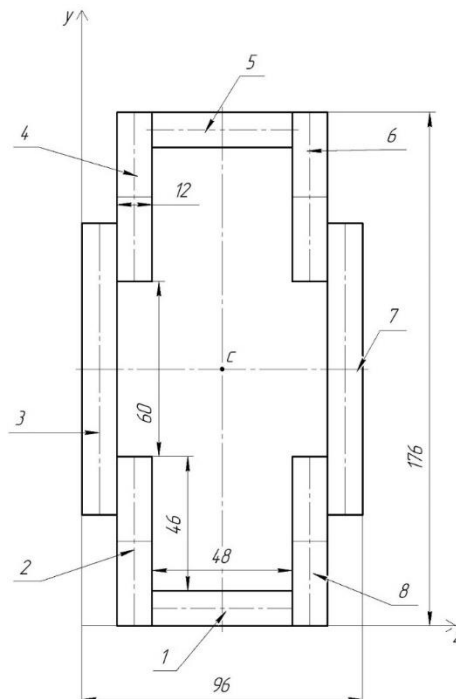


Рис. 2.4. Схема збірки перерізу стріли

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обчислимо її геометричні характеристики, щоб отримати момент опору [16]: Маємо 8 прямокутників (рис. 2.4). Деякі з них мають однаковий розмір та розташування, отже поділимо їх на групи для меншої кількості розрахунків:

(1, 5) – $h=1,2\text{см}$, $b=4,8\text{см}$;

(3, 7) – $h=10\text{см}$, $b=1,2\text{см}$;

(2, 4, 6, 8) – $h=5,8\text{см}$, $b=1,2\text{см}$

Знайдемо площу поперечного перерізу кожного окремого прямокутника:

$$F_1 = hb = 1,2 * 4,8 = 5,76 \text{ см}^2$$

$$F_2 = hb = 10 * 1,2 = 12 \text{ см}^2$$

$$F_3 = hb = 5,8 * 1,2 = 6,96 \text{ см}^2$$

Знайдемо моменти інерції відносно власних вісей:

$$I_{y1} = \frac{hb^3}{12} = \frac{1,2 * 4,8^3}{12} = 11,06 \text{ см}^4; \quad I_{z1} = \frac{bh^3}{12} = \frac{4,8 * 1,2^3}{12} = 0,69 \text{ см}^4;$$

$$I_{y2} = \frac{hb^3}{12} = \frac{10 * 1,2^3}{12} = 1,44 \text{ см}^4; \quad I_{z2} = \frac{bh^3}{12} = \frac{1,2 * 10^3}{12} = 100 \text{ см}^4;$$

$$I_{y3} = \frac{hb^3}{12} = \frac{5,8 * 1,2^3}{12} = 0,83 \text{ см}^4; \quad I_{z3} = \frac{bh^3}{12} = \frac{1,2 * 5,8^3}{12} = 19,51 \text{ см}^4;$$

Знайдемо координати центру ваги. Оскільки переріз симетричний відносно двох осей, центр ваги буде знаходитись у точці їх перетину:

$$y_c = 8,8 \text{ см}, \quad z_c = 4,8 \text{ см}$$

Знайдемо положення центрів ваги кожного з прямокутників відносно центральних осей:

$$\begin{aligned} a_1 &= 8,2 \text{ см}, & b_1 &= 0; \\ a_2 &= 5,9 \text{ см}, & b_2 &= 3 \text{ см}; \\ a_3 &= 0, & b_3 &= 4,2 \text{ см}; \\ a_4 &= 5,9 \text{ см}, & b_4 &= 3 \text{ см}; \\ a_5 &= 8,2 \text{ см}, & b_5 &= 0 \text{ см}; \\ a_6 &= 5,9 \text{ см}, & b_6 &= 3 \text{ см}; \\ a_7 &= 0, & b_7 &= 4,2 \text{ см}; \\ a_8 &= 5,9 \text{ см}, & b_8 &= 3 \text{ см}; \end{aligned}$$

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо моменти інерції прямокутників:

$$I_{yc1} = I_{y1} + b_1^2 F_1 = 11,06 + 0^2 * 5,76 = 11,06 \text{ см}^4$$

$$I_{yc2} = I_{y2} + b_2^2 F_2 = 0,83 + 3^2 * 6,96 = 63,47 \text{ см}^4$$

$$I_{yc3} = I_{y3} + b_3^2 F_3 = 1,44 + 4,2^2 * 12 = 213,12 \text{ см}^4$$

$$I_{yc4} = I_{y4} + b_4^2 F_4 = 0,83 + 3^2 * 6,96 = 63,47 \text{ см}^4$$

$$I_{yc5} = I_{y5} + b_5^2 F_5 = 11,06 + 0^2 * 5,76 = 11,06 \text{ см}^4$$

$$I_{yc6} = I_{y6} + b_6^2 F_6 = 0,83 + 3^2 * 6,96 = 63,47 \text{ см}^4$$

$$I_{yc7} = I_{y7} + b_7^2 F_7 = 1,44 + 4,2^2 * 12 = 213,12 \text{ см}^4$$

$$I_{yc8} = I_{y8} + b_8^2 F_8 = 0,83 + 3^2 * 6,96 = 63,47 \text{ см}^4$$

$$I_{zc1} = I_{z1} + a_1^2 F_1 = 0,69 + 8,2^2 * 5,76 = 387,99 \text{ см}^4$$

$$I_{zc2} = I_{z2} + a_2^2 F_2 = 19,51 + 5,9^2 * 6,96 = 261,78 \text{ см}^4$$

$$I_{zc3} = I_{z3} + a_3^2 F_3 = 100 + 0^2 * 12 = 100 \text{ см}^4$$

$$I_{zc4} = I_{z4} + a_4^2 F_4 = 19,51 + 5,9^2 * 6,96 = 261,78 \text{ см}^4$$

$$I_{zc5} = I_{z5} + a_5^2 F_5 = 0,69 + 8,2^2 * 5,76 = 387,99 \text{ см}^4$$

$$I_{zc6} = I_{z6} + a_6^2 F_6 = 19,51 + 5,9^2 * 6,96 = 261,78 \text{ см}^4$$

$$I_{zc7} = I_{z7} + a_7^2 F_7 = 100 + 0^2 * 12 = 100 \text{ см}^4$$

$$I_{zc8} = I_{z8} + a_8^2 F_8 = 19,51 + 5,9^2 * 6,96 = 261,78 \text{ см}^4$$

Знайдемо головні моменти інерції:

$$I_{yc} = \sum I_{yci} = (11,06 * 2) + (213,12 * 2) + (63,47 * 4) = 702,24 \text{ см}^4$$

$$I_{zc} = \sum I_{zci} = (387,99 * 2) + (100 * 2) + (261,78 * 4) = 2023,1 \text{ см}^4$$

Знайдемо моменти опору:

$$W_y = \frac{I_{yc}}{z_{max}} = \frac{702,24}{4,8} = 146,3 \text{ см}^3$$

$$W_z = \frac{I_{zc}}{y_{max}} = \frac{2023,1}{8,8} = 229,9 \text{ см}^3$$

		Поліщук М.С.			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіримо конструкцію на згин. Оскільки загальна довжина рухомої частини стріли 2500 мм, 500 мм з яких завжди знаходяться всередині нерухомої частини з конструктивних міркувань, прийmemo довжину балки 2000 мм, а частину довжиною 500 мм, що знаходиться всередині, прийmemo за консольне зацмлення.

Побудуемо схематичне зображення балки та епюру згинальних моментів (рис. 2.5):

$$M(x) = F \cdot x;$$

$$M(0) = 10,075 \text{ кН} \cdot 0 = 0;$$

$$M(2) = 10,075 \text{ кН} \cdot 2 = 20.149 \text{ кНм};$$

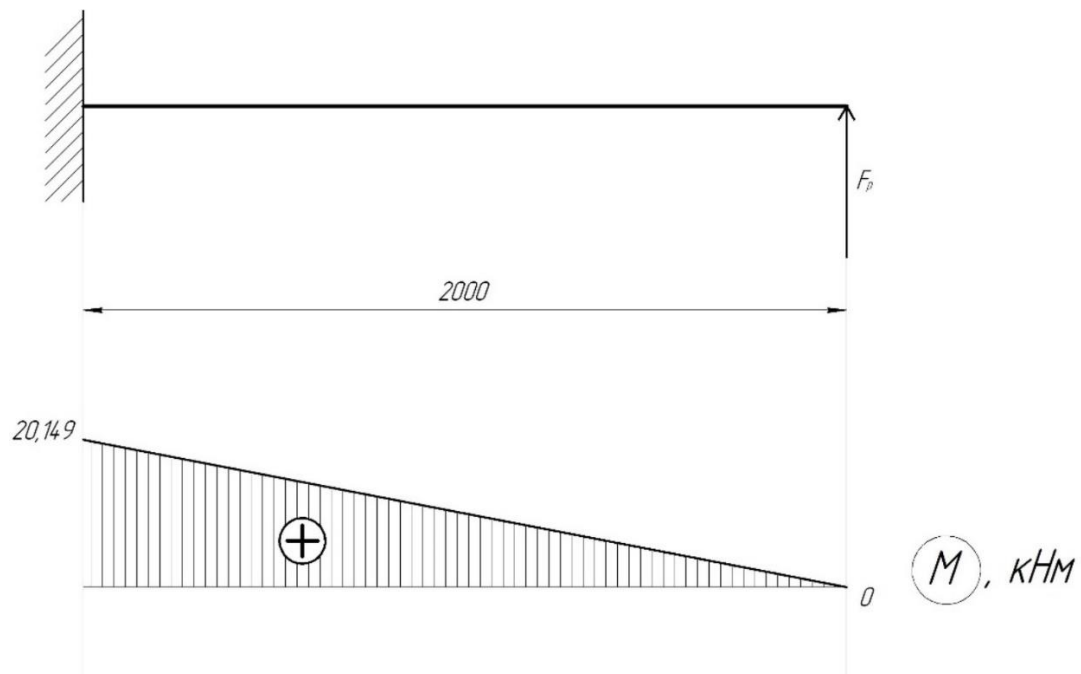


Рис. 2.5 Епюра згинальних моментів

Бачимо, що максимальний згинальний момент $M_{\max} = 20.149 \text{ кНм}$. Отже, з умови міцності при згині маємо наступне:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]; \quad \sigma_{\max} = \frac{20.149 \text{ кН}}{146,3 \text{ см}^3}; \quad \sigma_{\max} = 137,72 \text{ МПа}$$

Маємо найбільше напруження, що діє на балку $\sigma_{\max} = 137,72 \text{ МПа}$. Отже, як материал для даної конструкції обираємо сталь Ст3 ДСТУ 2651-2005, для якої $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до розділу 2

У даному розділі була розроблена металоконструкція стріли, а саме її нерухома та рухома частини. Було враховано особливості розміщення стріли на навантажувачі, а отже, місця кріплення та максимально допустимі габаритні розміри, її оптимальний вильот у втягнутому та висунутому положеннях, для різних режимів роботи, прикинуті параметри основного робочого органу, розрахована сила дії вибухової хвилі на конструкцію. Рухома частина стріли, як найслабша, але в той же час найбільш навантажена ланка була перевірена на міцність у найважчому для неї режимі роботи, виходячи з цього, був підібраний матеріал для її виготовлення.

Конструкцію вважаю оптимальною через сукупність факторів, таких як простота у виготовленні, доступність матеріалів, запас міцності та надійність, універсальність та невисока вартість.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Розробка гідравлічної схеми

Задача розроблюваного гідроприводу – змінювати вильот стріли, у більшості випадків – у одне із двох положень, мінімальне або максимальне. Використання проміжних положень нечасте і маловірогідне, в залежності від задачі, при цьому допускається досить низька точність позиціонування.

Отже, розробимо дискретну систему керування, але з великим часом спрацювання, для можливості встановлювати циліндр у проміжні положення.

Оскільки як базу для системи ми використовуємо існуючу машину з наявною власною гідросистемою, розглянемо її схему, принцип роботи і характеристики:

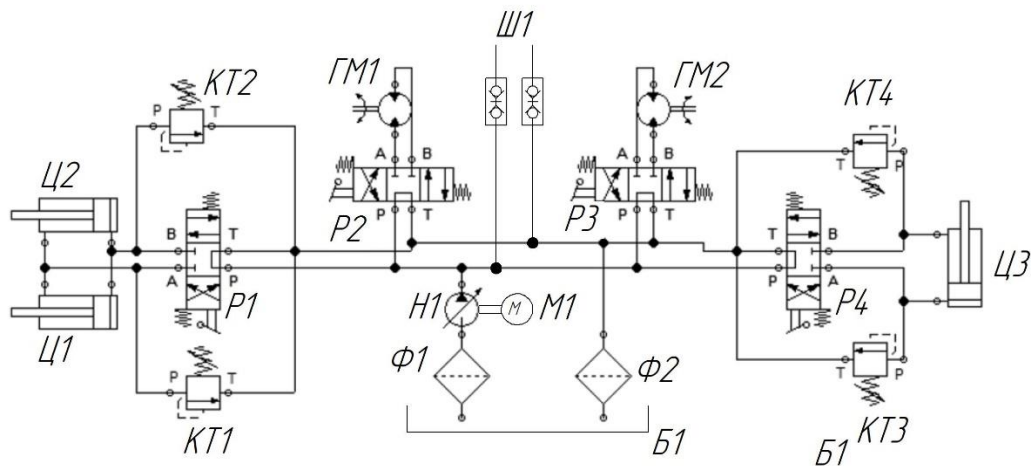


Рис. 3.1 гідравлічна схема навантажувача Bobcat S450

M1 – бензиновий двигун, що обертає насос H1. Через всмоктуючий фільтр Φ1 він подає робочу рідину на входи розподільників P1, P2, P3 та P4. P1 відповідає за спрацювання циліндрів підйому та опускання стріли Ц1 та Ц2, P4 – за циліндр підйому та опускання ковша Ц3, P2 та P3 – за обертання гідромоторів ГМ1 і ГМ2 приводу коліс лівого та правого борту відповідно. Клапани тиску КТ1, КТ2, КТ3 та КТ4 призначені для захисту системи при перевантаженні циліндрів. Також у системі наявні швидкокороз’ємні муфти Ш1, що під’єднані безпосередньо до виходу насоса, і зливного фільтру Φ2, для підключення додаткового навісного обладнання. Саме від них і буде житися розроблювана система гідроприводу.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри наявної на навантажувачі гідросистеми, виходячи з офіційної документації [15], наступні: робочий тиск – 24 МПа, максимальна витрата для навісного обладнання – 64 л/хв, робоча рідина – гідравлічне масло HLP 46.

Виходячи з конструкції стріли, хід штока розроблюваного гідроциліндра прийmemo 1900 мм.

Знайдемо орієнтовне необхідне зусилля гідроциліндра. Маса рухомої частини стріли – 125 кг. Оскільки як робочий орган розмінування можуть бути встановлені різні системи, як ланцюгові, так і фрези, і колісні чи барабанні трали, прийmemo максимальну масу робочого органу у 1000 кг. [11, 12, 13] Оскільки його маса розподіляється на дві стріли, на кожну з них буде приходиться відповідно 500 кг. Отже, враховуючи можливі конструктивні зміни робочого органу, які спричинять збільшення маси, а також деякий запас, прийmemo навантаження на циліндр 700 кг. Тоді необхідне зусилля:

$$P = mg = 700 * 9.81 = 6867 \text{ Н} = 6,867 \text{ кН}$$

Отже, додамо до існуючої системи схему дискретного гідроприводу, з регулюванням швидкості спрацювання гідроциліндра, який буде спроможний виконувати описані вище задачі:

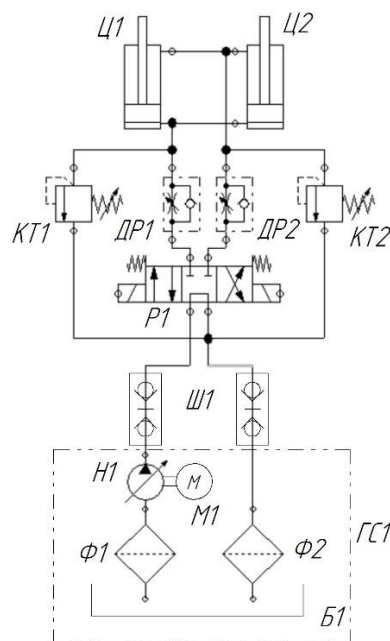


Рис. 3.2 Гідравлічна схема розроблюваного приводу

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідравлічна схема зображена на рис. 3.2. Оскільки на обраному навантажувачі встановлено власну гідросистему, яка має окремі виходи Ш1 для зовнішнього навісного обладнання, яким і являється розроблювана стріла, зобразимо її основні елементи спрощено у вигляді гідросистеми ГС1, у складі двигуна М1, насоса Н1, та всмоктуючого і зливного фільтрів Ф1 та Ф2. Маємо дві ідентичних стріли, що встановлені симетрично по різні сторони навантажувача, а отже, два гідроциліндра Ц1 та Ц2, що приводять їх в дію. Так як на навантажувач буде встановлена електрична система дистанційного керування, розподільник Р1 обираємо дискретний, з електричним соленоїдним керуванням. При подачі керуючого сигналу, розподільник Р1 відкриває потік рідини у поршневу або штокову порожнину циліндрів Ц1 та Ц2, що спричиняє їх висування чи втягування відповідно. При цьому робоча рідина з протилежної від заповнюваної порожнини скидається у бак Б1 через зворотній клапан дроселя. Дроселями ДР1 та ДР2 налаштовується необхідна витрата, а отже, швидкість спрацювання циліндрів. У нейтральному положенні робоча рідина з розподільника череез зливний фільтр скидається у бак Б1 гідростанції ГС1, а отже розвантажує гідросистему. Клапани тиску КТ1 та КТ2 служать для скидання надлишкового тиску у бак Б1 при досягненні поршнем циліндра кінцевої точки ходу. Тиск їх спрацювання регулюється, з практики – він встановлюється рівний максимальному робочому тиску гідросистеми. Клапан КТ1 також використовуються для захисту системи від гідроудару під час вибуху, коли на циліндр діє стискаюче навантаження, і у ньому різко зростає тиск. У такому випадку, клапан КТ1 мментально скидає масло із надлишковим тиском у бак Б1, запобігаючи пошкодженню чи руйнуванню системи.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Підбір обладнання

Оскільки частина гідравлічного обладнання вже встановлена на навантажувачі, а саме фільтри та насосна установка, необхідно підібрати розподільник Р1, дроселі ДР1 та ДР2, та запобіжні клапани КТ1 і КТ2.

Розподільник Р1 4/3: Rexroth 4WRZ10G50-7X/6EG12XEJ/M [23]

- Максимальний потік – 50 л/хв;
- Максимальний тиск – 315 бар (31,5 МПа)
- Керування – електричне, напруга 12 В.

Клапан тиску КТ1 та КТ2: Rexroth DR10G-4-1X/30YV [24]

- Максимальний потік – 160 л/хв;
- Максимальний тиск – 315 бар (31,5 МПа)
- Тиск відкриття – регульований, 30 - 250 бар (3-25 МПа)

Дросель зі зворотнім клапаном ДР1 та ДР2: Marchesini VRFU 90-V0582 [25]

- Максимальний потік – 30 л/хв;
- Максимальний тиск – 350 бар (35 МПа)
- Тиск відкриття зворотнього клапана – 0,5 бар (0,05 МПа)

3.3. Розрахунок гідроциліндра

Оскільки на обраному як основа навантажувачі є в наявності гідросистема з можливістю підключення додаткового навісного обладнання, рухома частина стріли буде приводитись в дію за рахунок гідроциліндра. Схематичне його розміщення у стрілі у втягнутому та висунутому станах зображено на рис. 3.3

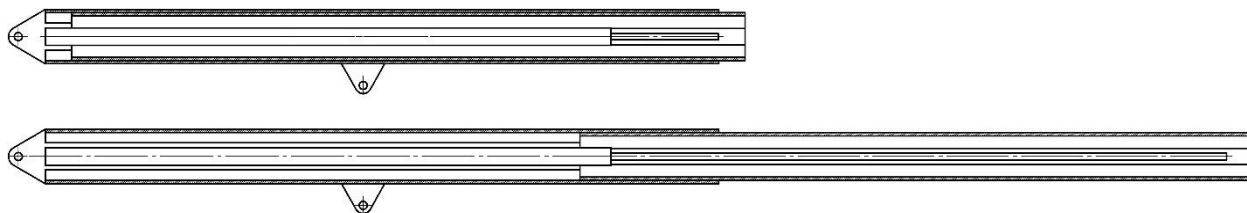


Рис. 3.3. Розташування гідроциліндра, поздовжній переріз

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідросистема навантажувача та конструкція стріли регламентує нам деякі параметри даного циліндру. Оскільки гільза повністю заходить всередину рухомої частини стріли у її втягнутому стані, зовнішній діаметр гільзи обмежений 65 мм, із запасом на можливу деформацію стріли (рис. 3.4)

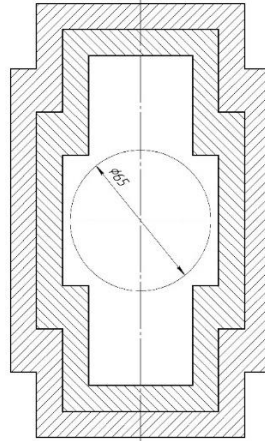


Рис. 3.4. Розташування гідроциліндра, поперечний переріз

Також конструкцією регламентовані наступні параметри: хід 1900 мм, тиск у системі 23 МПа, витрата насоса 64 л/хв. [15]

Отже, остаточні дані для розрахунку циліндру: довжина ходу $L=1900\text{мм}$, корисне зусилля $P=6867\text{ Н}$, робочий тиск $p=23\text{ МПа}$. Знайдемо внутрішній діаметр циліндра: [17]

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

Де P – задане робоче зусилля, Н; p_1 , p_2 – тиски у напірній та зливній порожнинах відповідно; ψ – відношення площ поршня зі сторін поршневої та штокової порожнин; η_m – механічний ККД циліндра. Для попереднього розрахунку приймаємо $p_2=0,5\text{ МПа}$, $\psi=1,33$, $\eta_m=0,95$.

Отже, внутрішній діаметр гільзи гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1 - \frac{p_2}{\psi})\eta_m}} = \sqrt{\frac{4 * 6867}{\pi \left(23 * 10^6 - \frac{0,5 * 10^6}{1,33} \right) * 0,95}} = 0,0407\text{ м}$$

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо внутрішній діаметр з ряду стандартних розмірів:

$$D = 0,04 \text{ м} = 40 \text{ мм}$$

Знайдемо товщину стінки гільзи гідроциліндра: [17]

$$a \geq \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + p(1 - 2\mu)}{[\sigma] - p(1 + 2\mu)}} - 1 \right);$$

Де а – товщина стінки, D – внутрішній діаметр гільзи, Р – робочий тиск циліндра, $[\sigma]$ – допустиме напруження обраного матеріалу, μ – коефіцієнт Пуассона. Як матеріал оберемо сталь Ст 40Х, приймемо $[\sigma] = 180 \text{ МПа}$, $\mu = 0,28$:

$$a \geq \frac{40}{2} \left(\sqrt{\frac{180 + 23(1 - 2 * 0,28)}{180 - 23(1 + 2 * 0,28)}} - 1 \right) = 11,29 \text{ мм}$$

Отже, приймемо наявну наразі товщину стінки $a = \frac{D_{\text{зовн}} - D}{2} = \frac{65 - 40}{2} = 12,5 \text{ мм}$.

Діаметр штока визначемо через співвідношення з діаметром поршня: [17]

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\psi}} = 40 \sqrt{1 - \frac{1}{1,33}} = 19,92 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штоку з ряду стандартних розмірів:

$$D = 0,02 \text{ м} = 20 \text{ мм}$$

Розрахуємо діаметр отворів підводу та відводу робочої рідини: [17]

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{\pi D^2 v_{px}}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{D^2 v_{px}}{v_p}};$$

Де v_{px} – швидкість робочого ходу, v_{px} – середня швидкість руху рідини.

Приймемо $v_{px} = 10 \text{ м/хв}$, $v_p = 5 \text{ м/с}$:

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{D^2 v_{px}}{v_p}} = \sqrt{\frac{40^2 * 10}{5 * 60}} = 7,3 \text{ мм};$$

Округляємо до найближчого стандартного значення:

$$d_{\pi} = 8 \text{ мм}$$

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо витрати у гідроциліндрі та час спрацювання: [17]

$$Q_{\text{п}} = F_1 v_1 \quad Q_{\text{ш}} = F_2 v_2 ,$$

де $Q_{\text{п}}$ – витрата при роботі на виштовхування, $Q_{\text{ш}}$ – витрата при роботі на втягування, F_1, F_2 – площа поршня відповідно зі сторони поршневої та штокової порожнини, v_1, v_2 – відповідні швидкості руху поршня.

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2 = 0.001256 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi * (40^2 - 20^2)}{4} = 942 \text{ мм}^2 = 0.000942 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{п}} = F_1 v_1 = 1.256 * 10 = 12,56 \text{ л/хв}$$

$$Q_{\text{ш}} = F_2 v_2 = 0,942 * 10 = 9,42 \text{ л/хв}$$

Оскільки система не виконує циклічних рухів, а більшість часу працює в одному, заздалегіть обраному положенні, обчислення циклових витрат, тисків та часу спрацювання не принесе практичного змісту. Тому обчислимо час спрацювання при висуванні на повну довжину, та на половину довжини, як для положень, що найчастіше використовуються: [17]

Знайдемо час спрацювання циліндру при роботі на увесь хід:

$$t_{\text{п1}} = \frac{l_1}{v_1} = \frac{1,9}{10/60} = 11,4 \text{ с}$$

$$t_{\text{ш1}} = \frac{l_2}{v_2} = \frac{1,9}{10/60} = 11,4 \text{ с}$$

Знайдемо час спрацювання циліндру при роботі на половину ходу:

$$t_{\text{п1}} = \frac{l_{11}}{v_1} = \frac{0,95}{10/60} = 5,7 \text{ с}$$

$$t_{\text{ш1}} = \frac{l_{21}}{v_2} = \frac{0,95}{10/60} = 5,7 \text{ с}$$

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо внутрішні діаметри трубопроводів: [17]

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

Де Q_T – витрата рідини, v_{cp} – середня швидкість рідини. Прийнемо $v_{cp}=5$ м/с для напірних магістралей, та $v_{cp}=2$ м/с для зливних магістралей. Оскільки у конструкції встановлений циліндр двосторонньої дії, і обидві магістралі виконують роль як напірних, так і зливних, виберемо з розрахунків найбільше значення:

$$d_{TH} = \sqrt{\frac{4 * 12,56}{\pi * 5}} = 3,2 \text{ мм};$$

$$d_{T3} = \sqrt{\frac{4 * 12,56}{\pi * 2}} = 8 \text{ мм};$$

Отже, приймаємо внутрішній діаметр трубопроводів $d_T=8$ мм.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до розділу 3

У даному розділі була розроблена гідросистема, а саме гідравлічна схема, з урахуванням наявності електричного дистанційного керування, а також раптових навантажень при вибуху. Згідно схеми та параметрів системи було підібране стандартне гідравлічне обладнання, а саме розподільник, дроселі та запобіжний клапан.

Виходячи з необхідного робочого зусилля були обчислені параметри гідроциліндра, а саме внутрішній та зовнішній діаметри гільзи, діаметр штоку, діаметри отворів подачі робочої рідини, а також витрата робочої рідини та швидкість спрацювання. Виходячи з цих даних, були обчислені та підібрані діаметри трубопроводів. Було розроблено

Розроблена система гідроприводу повністю відповідає вимогам конструкції.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЛЯ ОБРАНОЇ ДЕТАЛІ

У даному розділі буде розроблено технологічний процес виготовлення передньої кришки гідравлічного циліндра. Розробка буде проводитись у CAD-системі SolidWorks з тривимірною моделлю отриманої деталі (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Модель передньої кришки гідроциліндра

4.1. Розробка технологічного процесу

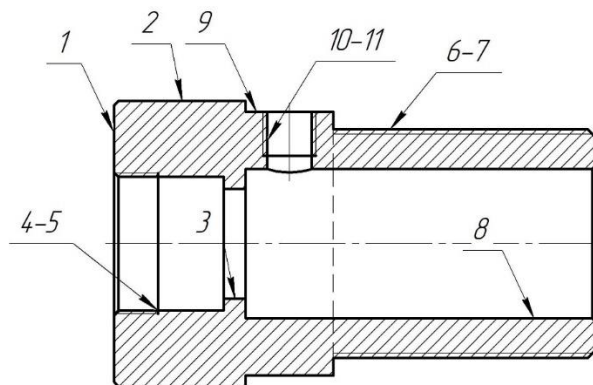


Рис. 4.2. Послідовність обробки поверхонь

Для виготовлення деталі необхідно 11 операцій, з яких 1-8 – токарні, 9 – фрезерна, 10 – свердлильна, 11 – нарізання різьби.

Як заготовку приймаємо круг діаметром 70 мм, довжиною 110 мм з припуском на чистове торцювання. Матеріал – сталь Ст 40Х ДСТУ 7806-2015.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складемо маршрутний технологічний лист та занесемо у таблицю 4.1:

	Характеристики якості поверхонь по кресленнику		Типова технологічна послідовність обробки поверхні	Характеристики якості поверхонь після обробки	
	Точність розмірів, IT	Шорсткість Ra, мкм		Точність розмірів, IT	Шорсткість Ra, мкм
1	14	3,2	Точіння торцеве чистове	14	3,2
2	14	3,2	Точіння зовнішнє чорнове Точіння зовнішнє чистове	14	3,2
3	14	12,5	Свердління	14	12,5
4	14	3,2	Точіння внутрішнє чорнове Точіння внутрішнє чистове	14	3,2
5	14	6,3	Нарізання внутрішньої різьби	14	6,3
6	14	3,2	Точіння зовнішнє чорнове Точіння зовнішнє чистове	14	3,2
7	14	6,3	Нарізання зовнішньої різьби	14	6,3
8	14	3,2	Точіння внутрішнє чорнове Точіння внутрішнє чистове	14	3,2
9	14	1,6	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	14	1,6
10	14	12,5	Свердління	14	12,5
11	14	1,6	Нарізання внутрішньої різьби	14	1,6

Табл. 4.1 Маршрутний технологічний лист

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

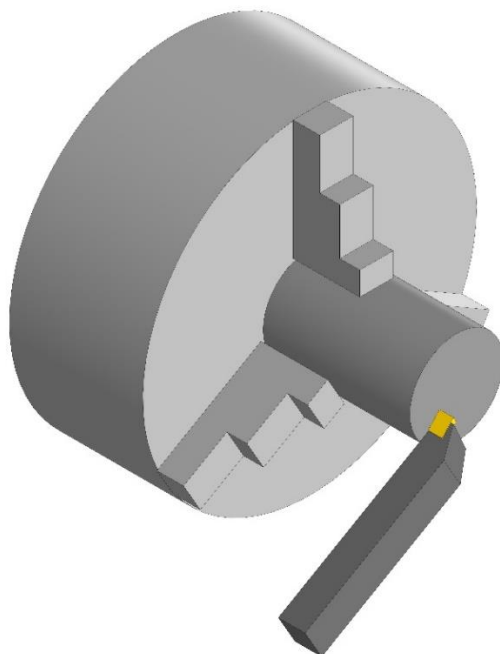


Рис. 4.4. Операція 1

Операція 1 – чистове торцювання після відрізки (рис. 4.4). Інструмент – прохідний різець.

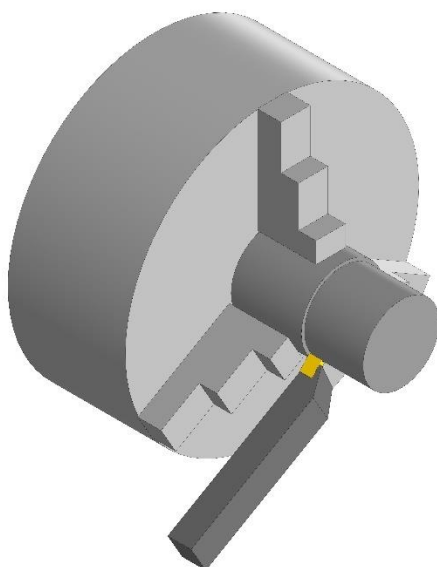


Рис. 4.5. Операція 2

Операція 2 – проточка до діаметра 65 мм на відстань 50 мм (рис. 4.5). Інструмент – прохідний різець.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

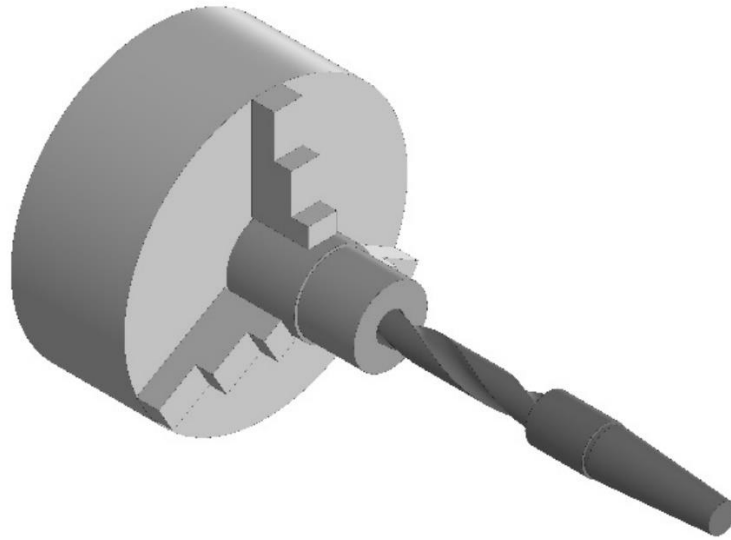


Рис. 4.6. Операція 3

Операція 3 – свердління наскрізного отвору (рис. 4.6). Інструмент - сверло діаметром 25 мм

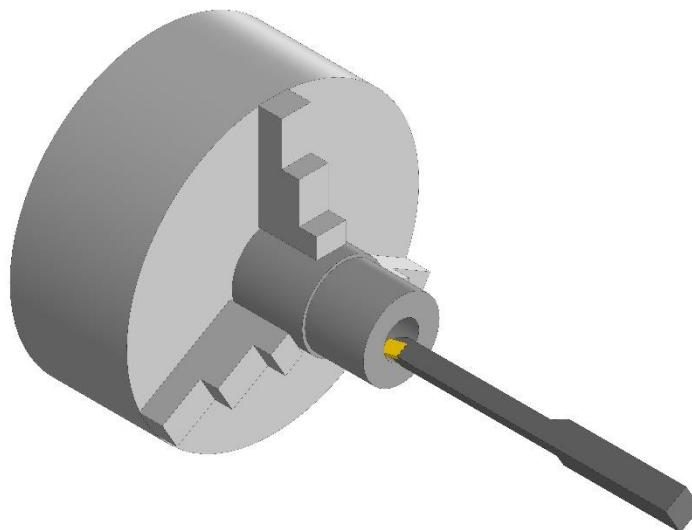


Рис. 4.7. Операція 4

Операція 4 – розточка отвору під встановлення штокових ущільнень до діаметра 30 мм на глибину 25 мм (рис. 4.7). Інструмент – розточний різець.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

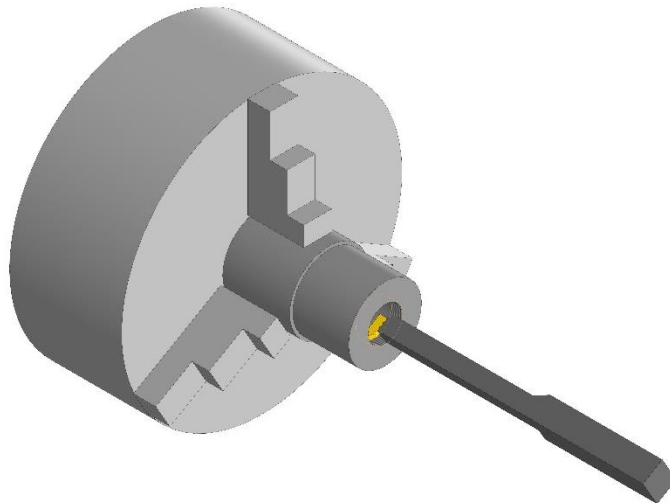


Рис. 4.8. Операція 5

Операція 5 – нарізання внутрішньої різьби М32х1,5 для гвинта, що затискає ущільнення (рис. 4.8). Інструмент – внутрішній різьбовий різець.

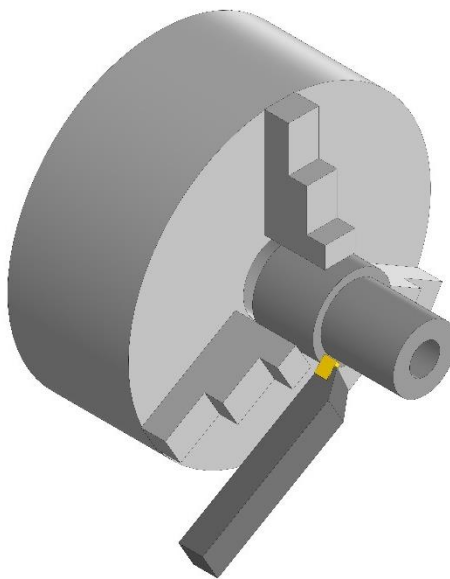


Рис. 4.9. Операція 6

Операція 6 – переустановка деталі іншим боком та проточка до діаметра 52 мм на глибину 60 мм (рис. 4.9). Інструмент – прохідний різець.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

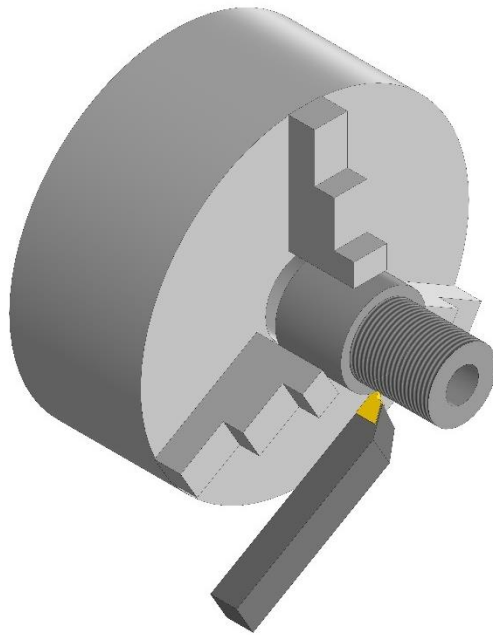


Рис. 4.10. Операція 7

Операція 7 – нарізка різьби М52х3 для кріплення кришки у гільзі циліндру (рис. 4.10). Інструмент – зовнішній різьбовий різець.

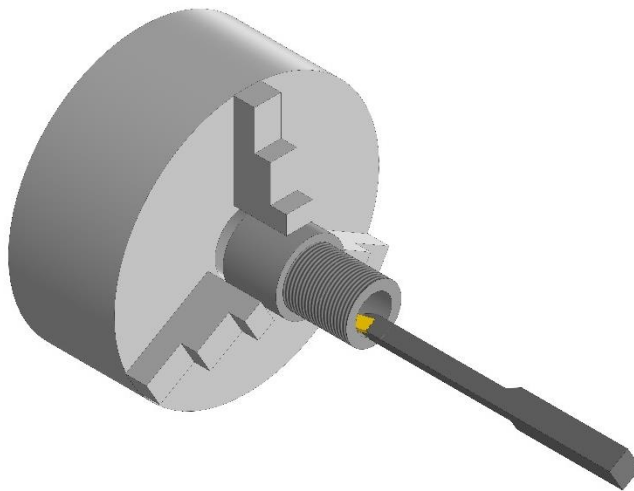


Рис. 4.11. Операція 8

Операція 8 – розточка отвору до діаметра 34 мм на глибину 80 мм (рис. 4.11). Інструмент – розточний різець.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

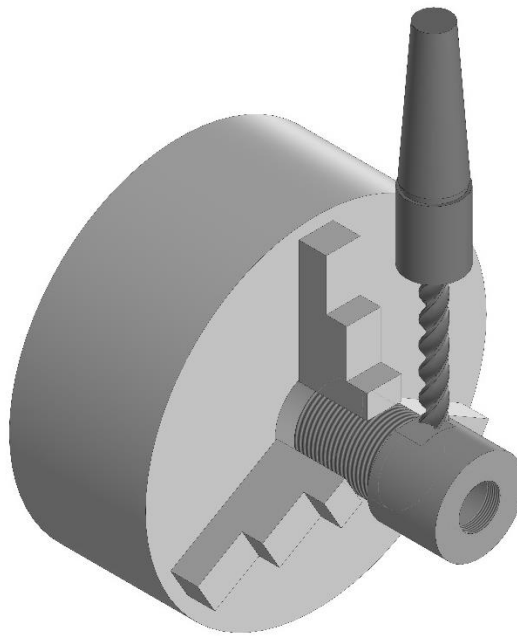


Рис. 4.12. Операція 9

Операція 9 – фрезерування двох лисок для затягування кришки у гільзі спецключем (рис. 4.12). Одна з лисок також є західною площадкою для свердління отвору подачі робочої рідини. Інструмент – кінцева спіральна фреза.

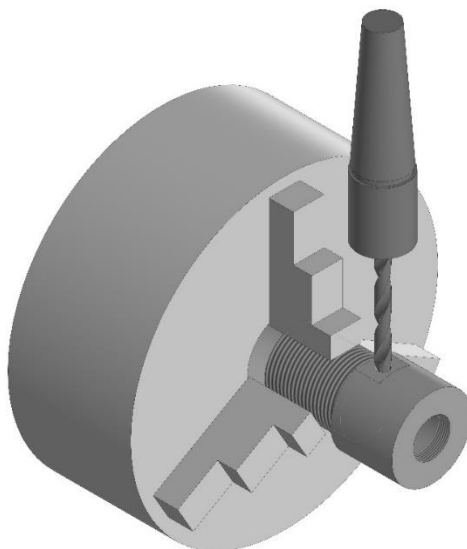


Рис. 4.13. Операція 10

Операція 10 – свердління отвору діаметром 10,5 мм для подальшої нарізки різьби (рис. 4.13). Інструмент – сверло діаметром 10,5 мм

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

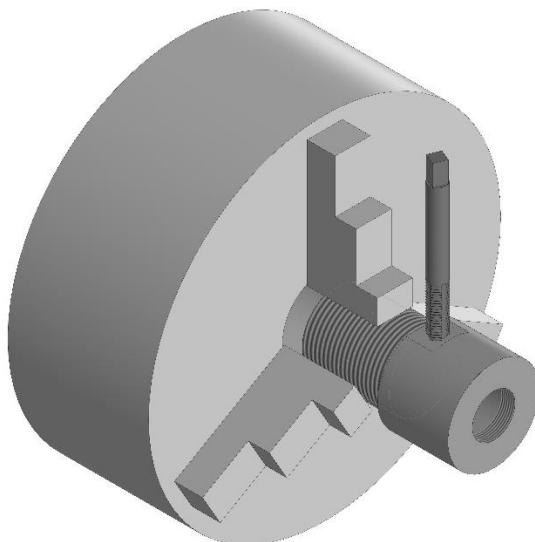


Рис. 4.14. Операція 11

Операція 11 – нарізання різьби M12x1,75 для кріплення трубопровода (рис. 4.14). Інструмент – мітчик.

4.2. Підбір інструменту та обладнання

Для виготовлення деталей буде використано токарно-фрезерний оброблюючий центр з ЧПК Haas ST-10 (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Haas ST-10 [18]

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні технічні характеристики верстату: відстань між центрами – 406 мм, максимальне поперечне переміщення супорта – 200 мм, прохідний отвір шпінделя – 58 мм, максимальні частота обертання шпінделя – 6000 об/хв, максимальна швидкість подачі по всіх осях - 30,5 м/хв. [18]. Виходячи з даних характеристик, підберемо інструмент та режими різання, і занесемо у таблицю 4.2.

Варто сказати, що технологічний процес є актуальним також при виготовленні на широкоуніверсальних токарному та фрезерному верстатах без системи ЧПК, з ручним керуванням.

Операція	Інструмент	D, мм	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв
1 точіння торцеве	Різець прохідний MCLNR-2525M12D	-	25	-	0,4	1000
2 точіння зовнішнє	Різець прохідний MCLNR-2525M12D	65	25	2,5	0,4	1000
3 сверління	Сверло ATORN 101052-2500, d=25мм	-	60	-	0,5	250
4 розточка внутрішня	Різець розточний TCLNR-12S20R	32	25	3,5	0,4	1000
5 нарізання різьби внутрішнє	Різець різьбовий внутрішній SIR-22S20P	32	20	1	1,5	400
6 точіння зовнішнє	Різець прохідний MCLNR-2525M12D	52	25	9	0,4	1000
7 нарізання різьби зовнішнє	Різець різьбовий зовнішній SER-2525M22D	52	20	2	3	400
8 розточка внутрішня	Різець розточний TCLNR-12S20R	34	25	4,5	0,4	1000
9 фрезерування	Фреза кінцева ATORN 226235-0250, d=25мм	-	80	2,5	0,5	630

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 сверління	Сверло ATORN 101052-1050, d=10,5мм	-	60	-	0,2	630
11 нарізання різьби	Мітчик ATORN 135460-0120, M12x1,75	-	15	1,5	1,75	100

Табл. 4.2 Підбор інструменту та режимів різання [19, 20]

Висновок до розділу 4

У даному розділі була розроблена технологія виготовлення передньої кришки гідроциліндра, розробленого у розділі 3. Була підібрана заготовка, описані та візуалізовані технологічні операції, підібране обладнання, і, виходячи з його технічних характеристик, був обраний інструмент та розраховані оптимальні режими різання.

Технологічний процес виявився оптимальним як для верстатів з ЧПК, так і для універсальних з ручним керуванням, отже, підходить для виробництва на підприємствах з різною матеріально-технічною базою.

Розділ 5. Охорона праці

5.1. Охорона праці на виробництві

Охорона праці займається важливими аспектами безпеки та захисту працівників під час виконання роботи. Її головними завданнями є створення належних умов праці, щоб максимально захистити працівників від можливих пошкоджень, травм та захворювань, а також розробка та впровадження стратегій та заходів для зниження ризиків та запобігання нещасним випадкам. Це включає ізоляцію небезпек, використання засобів індивідуального захисту, розробку безпечних процедур роботи та навчання персоналу.

Виділимо найбільш небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть вплинути на персонал при роботі з нашою системою:

- система високого тиску;
- хімічні речовини;
- електронебезпека;
- безпека при роботі з рухомими механізмами.

Небезпека роботи з системами високого тиску

Робота з гідравлічними системами високого тиску на робочому місці може включати певні потенційні небезпеки, які потребують особливої уваги та заходів безпеки. Гідравлічні системи, що працюють під високим тиском, наприклад, до 200 бар, мають потенціал створювати серйозні небезпеки для працівників, які з ними працюють, оскільки існує ризик викиду рідини під високим тиском, внаслідок роз'єднання компонентів або руйнування трубопроводу та елементів кріплення. Це може призвести до травматичних ушкоджень шкіри, очей або навіть кровоносних судин. Цей вид небезпеки описується нормативним документом про безпеку роботи з гідравлічними і пневматичними системами ДСТУ EN ISO 4413:2018.

Деякі заходи, які можна прийняти для забезпечення безпеки при роботі з системами високого тиску:

- Перед початком роботи з системою високого тиску проведіть оцінку ризиків.

Ідентифікуйте потенційні небезпеки, пов'язані з високим тиском, такі як

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викиди рідини, розриви трубопроводів або витік робочої рідини, і розробіть плани дій для їх запобігання.

-Дотримуйтесь інструкцій щодо правильного використання та обслуговування системи високого тиску. Використовуйте тільки рекомендовані компоненти та матеріали із високою стійкістю до тиску.

-Проводьте регулярні перевірки та обслуговування системи високого тиску. Переконайтеся, що всі компоненти в гарному стані, відсутні протікання та пошкодження, і проведіть необхідні ремонтні роботи своєчасно. Перевірки слід виконувати, коли в системі відсутній тиск.

Хімічна небезпека

При роботі з гідравлічною системою, яка використовує робочу рідину HLP 46, може існувати ризик прямого контакту робочої рідини зі шкірою або слизовими оболонками оператора. HLP 46 є синтетичним мастилом, яке відповідає класу HV по ДСТУ ISO 6743-4:2015. Воно має підвищені властивості біорозчинності, але містить речовини, які можуть викликати подразнення і пошкодження при потраплянні до слизової оболонки, а саме в очі, рот або ніс.

Для попередження серйозних наслідків від ураження рекомендуються такі кроки:

- При контакті робочої рідини з незахищеною шкірою, необхідно промити уражену ділянку теплою водою із спеціальним милом.
- У разі потрапляння мастила в очі, терміново і ретельно промийте їх проточною теплою водою протягом 5-10 хвилин. Потім слід стежити за реакцією організму, оскільки може виникнути серйозне подразнення сітківки або слизової. У такому випадку слід негайно звернутися до лікаря для надання невідкладної медичної допомоги та запобігання серйозних проблем із зором.
- Якщо мастило потрапило в організм через ротову порожнину, потрібно випити значну кількість води (приблизно 1,5-2 літри), щоб промити шлунок від токсичних речовин.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При потрапленні мастила на відкриту рану, спочатку її необхідно промити теплою проточною водою, а потім обробити знезаражуючим засобом, наприклад, перексидом водню.

- При вдиханні парів мастила можливе хімічне отруєння

Електробезпека

В даному випадку під електробезпекою йдеться мова про ураження електричним струмом. Ураження струмом може призвести до серйозних травм або навіть смерті. З можливих випадків може бути погана ізоляція або заземлення.

Тому необхідно дотримуватись конкретних заходів:

- Перед початком роботи з електричними пристроями проведіть оцінку ризиків для ідентифікації потенційних небезпек. Розгляньте характеристики пристроїв, особливості роботи та можливі шляхи поширення струму.

- Забезпечте належне навчання всіх працівників, які працюють з електричними пристроями. Ознайомте їх з правилами безпеки, включаючи використання захисного обладнання, розуміння електробезпеки та процедур у разі виникнення аварійних ситуацій.

- Впевніться, що всі електричні пристрої мають належне заземлення та ізоляцію. Заземлення допомагає відвести струм, зменшуючи ризик ураження струмом. Застосовуйте ізоляційні матеріали та бар'єри для запобігання проникненню струму до незахищених ділянок.

- Забезпечте працівникам необхідне захисне обладнання, таке як ізольовані рукавиці, окуляри, шоломи, захисні чоботи тощо. Це допоможе запобігти прямому контакту з електричними деталями та зменшить ризик ураження струмом.

- Проводьте регулярні перевірки та обслуговування електричного обладнання, щоб виявити можливі несправності або пошкодження, які можуть створювати ризик ураження струмом. Заміняйте пошкоджені частини та ремонтуйте обладнання, якщо це необхідно.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічна небезпека

Механічна небезпека в даному випадку включає можливість непередбаченого фізичного впливу рухомих частин гідравлічного обладнання на людину, а саме поступальний рух гідроциліндрів. Ця небезпека може призвести до ударів, притискань та тілесних пошкоджень різного ступеня важкості. Такі ситуації можуть виникати внаслідок неправильного розміщення частин тіла в зоні дії гідравлічного пристрою, розриву шлангів або ущільнень, а також через вплив небезпечних сил або неполадок у системі. Цей вид небезпеки описаний нормативним документом ДСТУ EN ISO 12100:2016.

Для запобігання травмуванню через захоплення рухомими частинами механізмів, працівники повинні дотримуватись таких правил:

- Носити спецодяг, який повністю закриває тіло та застібається на всі гудзики, для унеможливлення доступу рухомих частин до шкіри. Засукування рукавів та застібання халяв чобіт заборонено.
- Виконувати роботи з заміною елементів системи, наприклад, гідроциліндра або насоса всередині механізму, тільки при вимкненій системі та за умови, що всі рухомі елементи знаходяться в початковому положенні.
- Під час випробування роботи агрегату, монтажу або обслуговування працівник повинен знаходитись з іншого боку від рухомих частин, якщо це можливо, або відійти на безпечну відстань, при якій унеможлиблюється захоплення рухомими частинами. Це зменшує ризик потрапляння в зону руху частин і ймовірність травмування. Виконання цих правил допоможе забезпечити меншу імовірність травмування персоналу і зменшити ризики виникнення нещасних випадків, пов'язаних з механічними небезпеками. [21]

5.2. Охорона праці при розмінувальних роботах

Наразі збереження життя та здоров'я при розмінуванні регламентується наказом ДСНС № 375 від 26.06.2019 – Стандартна оперативна процедура 10.10-40/ДСНС «Заходи безпеки під час розмінування».

Нижче наведено витяг з даного нормативного документу:

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартну оперативну процедуру 10.10-40/ДСНС “Заходи безпеки під час розмінування” (далі — СОП 10.10-40/ДСНС) розроблено відповідно до Закону України “Про охорону праці”, ДСТУ-П ІМАС 10.10:2016 (ІМАС 10.10:2013, IDT) “Безпека трудової діяльності. Загальні відомості”, ДСТУ-П ІМАС 10.20:2016 (ІМАС 10.20:2013, IDT) “Безпека робочих ділянок розмінування”, ДСТУ-П ІМАС 10.30:2016 (ІМАС 10.30:2013, IDT) “Засоби індивідуального захисту”, ДСТУ-П ІМАС 10.40:2016 (ІМАС 10.40:2013, IDT) “Медичне забезпечення під час операцій з розмінування”. СОП 10.10-40/ДСНС реалізує фундаментальні принципи протимінної діяльності, якими є зменшення ризику та забезпечення безпечних умов праці, що сприяє збереженню життя, здоров’я, працездатності людини і дозволяє органам та підрозділам цивільного захисту (далі – органи та підрозділи ЦЗ) ефективно проводити розмінування території держави. Під час організації та проведення робіт із розмінування місцевості необхідно дотримуватися вимог стандартних оперативних процедур, національних та міжнародних стандартів із розмінування.

Особливі вимоги безпеки під час розмінування

Особовий склад не повинен перевищувати свої повноваження та виконувати роботи, що не відповідають його кваліфікації. Особовому складу, що виконує роботи з розмінування та перебуває на цих територіях, необхідно носити мінімальний комплект захисного спорядження, що складається з бронежилета та шолома відповідного класу захисту. Роботи з розмінування місцевості забороняється виконувати за відсутності зв'язку між начальниками розрахунків, начальником підрозділу і керівником, відповідальним за організацію та виконання робіт. Особовий склад, що виконує роботи, повинен мати практичні навички надання домедичної допомоги. У разі порушення заходів безпеки начальник підрозділу зобов'язаний зупинити роботи і провести додаткові заняття щодо дотримання заходів безпеки. Під час організації та виконання робіт з розмінування місцевості необхідно: поводитися зі всіма вибухонебезпечними предметами (далі — ВНП) вкрай

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обережно; дозволяти тільки одній людині працювати на окремій ділянці; заздалегіть визначати безпечні ділянки, та шляхи підходу та відходу; враховувати наявність мін-пасток; не різати натягнуті чи послаблені розтяжки та електричні дроти; передбачати виникнення тимчасових затримок під час виконання робіт; завжди знаходитися лише на перевірній ділянці, повільно пересуваючись у заданому напрямку; припиняти роботу у разі непередбачених обставин; знати усі заходи безпеки під час проведення підривних робіт; передбачати необхідні транспортні засоби для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій; блокувати під час проведення підривних робіт найближчі дороги дорожніми знаками для запобігання появі сторонніх транспортних засобів та людей на місцях проведення робіт; дотримуватися заходів безпеки під час роботи з вибуховими речовинами та засобами підриву (далі — ВР та ЗП); ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ: використання неперевірених чи несправних засобів розмінування та пошуку; проводити роботи з розмінування без засобів захисту органів зору та слуху; допускати скупчення особового складу під час виконання задач. Відстань між особами повинна запобігти можливості групового підриву людей; без необхідності піднімати, рухати або кидати і розбирати ВНП; розпалювати багаття без попередньої перевірки на наявність ВНП за допомогою щупа або металодетектора; випалювати (виплавляти) ВР з боєприпасів, що повністю не вибухнули; використовувати ВР та ЗП не за призначенням; відлучатися без дозволу начальника розрахунку з місця виконання робіт або без дозволу заходити на місцевість, на якій проводиться розвідка, розмінування та знищення ВНП; розташовувати особовий склад на відпочинок поблизу сховищ з ВР та ЗП; приносити у місця розташування персоналу будь-які ВНП; палити під час виконання робіт з розмінування; допускати сторонніх осіб у район виконання завдань з розмінування та знищення ВНП. За необхідності припиняти рух, оточивши небезпечну ділянку, і закрити усі шляхи, що ведуть у цей район. Категорично забороняється збирати і зберігати наступні боєприпаси: авіаційні бомби, що не вибухнули; артилерійські снаряди зі слідами нарізів на ведучому пояску;

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінометні міни зі слідами ударів бойка на капсулі хвостового патрона; артилерійські снаряди і мінометні міни з механічними пошкодженнями корпусу або підричників; ручні гранати з вставленими запалами без чек та спускових важелів; інженерні міни і підривні заряди з пошкодженим корпусом або підривиком, що не піддається викручуванню, міни з неконтактними підривниками, а також міни, встановлені дистанційними засобами. Особовий склад, який виконує роботи з розмінування, повинен дотримуватися мінімальних безпечних відстаней. Роботи з розвідки і розмінування місцевості повинні виконуватись у світлий час доби за сприятливих погодних умов (відсутність грози, опадів, вологості ґрунту тощо) за відсутності надзвичайних обставин або оперативної необхідності. Забороняється проводити роботи з розмінування мінних полів при промерзанні ґрунту більше ніж на 1 сантиметр. Тривалість робочого дня залежить від умов роботи і здатності персоналу концентрувати увагу на виконанні робіт з розмінування місцевості і не повинен перевищувати 8 год. Відпочинок персоналу має здійснюватися в спеціально відведеному місці. У нормальних умовах максимальна тривалість роботи без відпочинку має бути до 45 хвилин. Залежно від різних зовнішніх факторів, що можуть впливати на працездатність, тривалість роботи без відпочинку може змінюватися начальником розрахунку. Час відпочинку не повинен включати період часу, витрачений на вихід та повернення до місця виконання робіт, а також зняття і одягання засобів бронезахисту та іншого спорядження.

Під час проведення робіт із знешкодження та знищення ВНП **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**: допускати особовий склад до знешкодження ВНП без знання їх будови, характеристик та методів знешкодження або знищення; призначати у підривну групу особовий склад, який не пройшов спецпідготовку і не склав залік з навичок підривних робіт; вилучати підривники руками; підготовувати заряди в непризначених для цього місцях та ближче ніж 100 м до польового складу ВР та ЗП; видавати заряди і запальні трубки чи електродетонатори саперам без особистого дозволу начальника розрахунку;

		Поліщук М.С.			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заносити і зберігати у тимчасових польових складах ВР та ЗП будь-які інші предмети і матеріали; накривати заряд ґрунтом, камінням, щебнем та іншими предметами, що під час вибуху можуть зіграти роль уламків; проводити знищення ВНП при недостатньому освітленні, у темний час доби та за несприятливих погодних умов. Перед проведенням робіт зі знищення ВНП начальник підрозділу зобов'язаний: повідомити місцеві органи влади та населення про заплановане знищення ВНП; оточити район небезпечної зони, не допускати на його територію сторонній транспорт та населення; за необхідності – обладнувати укриття для персоналу, який забезпечує оточення району небезпечної зони; суворо слідкувати за дотриманням порядку, дисципліни та заходів безпеки. [22]

Засоби індивідуального захисту

Керівники органів та підрозділів ЦЗ забезпечують безпечні умови праці шляхом ефективного керування та контролю, вжиття заходів, направлених на зменшення ризиків, вибору обладнання безпечної конструкції, проведення відповідних навчань, надання доступних і ефективних засобів індивідуального захисту (далі – ЗІЗ) та захисного спецодягу для особового складу. ЗІЗ мають забезпечити захист особового складу від небезпечних впливів мін та ВЗВ. В органі та підрозділі ЦЗ, який займається розмінуванням, мають проводитися тренінги з належного використання, технічного обслуговування та зберігання всіх ЗІЗ, що використовуються та є в підрозділі. Мають бути виділені приміщення для належного зберігання, надягання, очищення та технічного обслуговування ЗІЗ. Регулярно має виконуватись обстеження та перевірка ЗІЗ для підтвердження їх придатності до застосування. [22]

Медичне забезпечення

Проведення піротехнічних робіт здійснюється з обов'язковим медичним забезпеченням. Медичне забезпечення особового складу піротехнічних підрозділів (формувань, груп) передбачає: проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і щорічних періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів відповідно до вимог наказу Міністерства охорони здоров'я

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

України від 21.05.2007 № 246 “Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій”, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 23 липня 2007 р. за № 846/14113 (із змінами); наявність медичної книжки (амбулаторної картки), до якої внесено інформацію щодо результатів проходження попереднього та періодичних медичних оглядів (у разі потреби також зазначаються результати проходження наркологічного огляду відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 6 листопада 1997 р. № 1238 “Про обов’язковий профілактичний наркологічний огляд і порядок його проведення” та проходження психіатричного огляду відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2000 р. № 1465 “Про затвердження Порядку проведення обов’язкових попередніх та періодичних психіатричних оглядів і переліку медичних психіатричних протипоказань щодо виконання окремих видів діяльності (робіт, професій, служби), що можуть становити безпосередню небезпеку для особи, яка проводить цю діяльність, або оточуючих)”); щоденне опитування особового складу перед початком робіт стосовно стану здоров’я, наявності скарг на погіршення самопочуття; медичний огляд – з відмітками в журналі огляду піротехніків про допуск або не допуск до проведення робіт. Не допускаються до виконання робіт особи, які мають скарги на стан здоров’я, з ознаками захворювань, вживання алкоголю та психотропних речовин; забезпечення особового складу індивідуальними аптечками; укомплектування кожної одиниці залученого автотранспорту аптечкою автомобільною загальновійськовою та своєчасне їх поповнення згідно з вимогами Переліків лікарських засобів та медичних виробів, які повинні бути в складі аптечок медичних загальновійськових індивідуальних, аптечки автомобільної загальновійськової, наплічника медичного загальновійськового санітара та наплічника медичного загальновійськового санітарного інструктора, затверджених наказом МОЗ України від 05.01.2017 № 6, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25 січня 2017 р. за № 113/29981; систематичний контроль за санітарно-гігієнічними умовами праці, побуту та відпочинку особового складу; проведення щоденного моніторингу психологічного стану; Навчання особового складу домедичної допомоги та практичних навичок транспортування пораненого; уміння особового складу володіти практичними навичками надання домедичної допомоги відповідно до Порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 16.06.2014 № 398, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 7 липня 2014 р. за № 750/25527; розроблення та затвердження плану медичної евакуації та взаємодії із найближчим закладом охорони здоров'я в районі проведення робіт з розмінування; надання своєчасної домедичної та невідкладної медичної допомоги (за життєвими ознаками та забезпечення вітальних функцій) при вибуховій травмі в зоні розмінування; забезпечення медичної евакуації до медичного закладу та стаціонарне лікування. Для надання невідкладної медичної допомоги безпосередньо у районі виконання завдань з очищення (розмінування) територій від ВНП призначається медичний працівник. Рішення щодо залучення медичного працівника безпосередньо у районі виконання робіт приймається керівником відповідного органу та підрозділу ЦЗ. На місці виконання робіт медичний працівник повинен мати при собі особисті медичні книжки особового складу підрозділу з відмітками про групу крові за системою антигенів АВО і резус-належністю, результатами медичних оглядів, щеплення, відмітками про перенесені захворювання, алергічні реакції до певних лікарських препаратів та висновки про допуск до виконання робіт із розмінування. Під час виконання завдань із розмінування без залучення медичного працівника керівник розрахунку повинен мати при собі список особового складу із зазначеними медичними даними. Медичний працівник у разі залучення підпорядковується керівнику групи піротехнічних робіт. У кожному підрозділі, який перебуває у зоні розмінування, повинен бути встановлений радіозв'язок з медичним працівником.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Медичний працівник з комплектом лікарських засобів, медичного обладнання, спеціалізованим санітарним автомобілем повинен перебувати в готовності до надання медичної допомоги пораненому і постійно знаходитись у визначеному керівником робіт місці до моменту повного закінчення робіт з розмінування. Медичний працівник не повинен входити в небезпечну зону без дозволу керівника робіт. Спеціалізований санітарний автомобіль, який залучається при організації та проведенні розмінування місцевості, використовується тільки за прямим призначенням. За допомогою спеціалізованого санітарного транспорту проводиться медична евакуація постраждалого у супроводі іншого технічно справного автомобіля загального призначення. Під час виконання великомасштабних робіт із розмінування місцевості (реалізація заходів програм, ліквідація надзвичайних ситуацій, пов'язаних з вибухами боєприпасів, виконання піротехнічних робіт при виявленні великої кількості або надто небезпечних ВНП, тощо) начальник медичної служби органу та підрозділу ЦЗ повідомляє оперативно-диспетчерську службу територіального центру екстреної (швидкої) медичної допомоги та медицини катастроф про місце і час виконання робіт з розмінування, можливої необхідності залучення бригад швидкої медичної допомоги територіального центру екстреної медичної допомоги та медицини катастроф і виділення ліжок у закладі охорони здоров'я, передбачення резерву медикаментів, донорської крові та її компонентів. При цьому в обов'язковому порядку відпрацьовується система оповіщення закладів охорони здоров'я про надзвичайну ситуацію або небезпечну подію. Особовий склад піротехнічного підрозділу (формування) комплектується аптечками медичними піротехнічними індивідуальними відповідно до Норм забезпечення органів і підрозділів (формувань) цивільного захисту, закладів освіти сфери управління ДСНС України лікарськими засобами, медичними виробами та медичною технікою поточного постачання, затверджених наказом ДСНС України від 14.12.2018 № 739.

		Поліщук М.С.			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткова номенклатура та кількість медичних засобів, які вкладаються у комплект медичного майна, визначаються з урахуванням вірогідного обсягу запланованих робіт. З метою організації медичного забезпечення особового складу піротехнічних підрозділів (формувань) під час виконання завдань з розмінування місцевості застосовується триетапна система лікувально-евакуаційних заходів. Перший етап. Надання домедичної допомоги у небезпечній зоні (у разі спрацювання ВНП) здійснюється у вигляді само- та взаємодопомоги особовим складом, що знаходиться найближче до місця події, і проведення евакуації пораненого у безпечну зону (смугу). Головне завдання особового складу – надати домедичну допомогу та доставити потерпілого до медичного закладу, з урахуванням вимог медичної евакуації. Другий етап. Медичний працівник у безпечній зоні надає медичну допомогу в обсязі невідкладної медичної допомоги за життєвими ознаками та забезпечення вітальних функцій (фельдшер, лікар). Медична допомога повинна бути надана в обсязі, необхідному для стабілізації життєвих функцій організму, з наступною медичною евакуацією до закладу охорони здоров'я. Для цього використовуються табельні засоби – укладка фельдшерська або лікарська. У разі необхідності медичний працівник викликає (через керівника робіт) бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги територіального центру екстреної медичної допомоги та медицини катастроф. Після надання невідкладної медичної допомоги за життєвими ознаками постраждалих у супроводі медичного працівника доставляється спеціалізованим санітарним транспортом або бригадою екстреної (швидкої) медичної допомоги у найближчий заклад охорони здоров'я. Третій етап. Надання вторинної (спеціалізованої) та третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги здійснюється в закладах охорони здоров'я. Після закінчення третього етапу постраждалих направляється на медико-психологічну реабілітацію. Надання медичної допомоги особовому складу координує начальник медичної служби, або керівник медичної структури органу ДСНС України. [22]

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

У дипломному проекті була розроблена гідравлічна висувна стріла, яка по суті є навісним обладнанням для навантажувача типу Bobcat, оскільки встановлюється у штатні місця кріплення, і живиться від гідросистеми самого навантажувача. Також розроблена стріла є перехідною ланкою між навантажувачем та робочим органом, що у сукупності перетворює будівельну техніку на повноцінну машину розмінування. Оскільки подібні навантажувачі дуже поширені через невисоку вартість, великий функціонал, модульність і ремонтпридатність, а конструкція стріли та технологічний процес її виготовлення дозволяє виробляти її з широкодоступних матеріалів, та на підприємствах з різним, навіть не дуже високим рівнем розвитку матеріально-технічної бази та верстатного парку, і робочі органи розмінування існують на ринку у вигляді готового навісного обладнання, це дозволяє досить швидко, дешево та у великій кількості забезпечити країну та відповідні служби та установи ефективними засобами розмінування, що наразі необхідно для очищення територій від наслідків війни.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використана література

1. Довідник мін, підричників та вибухових речовин [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://sappers.com.ua/dovidnyk>.
2. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – ПФМ-1 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%A4%D0%9C-1>.
3. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – ПМН-2 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%9C%D0%9D-2>.
4. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – МОН-50 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%9E%D0%9D-50>.
5. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – ОЗМ-72 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%97%D0%9C-72>.
6. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – ТМ-62 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%9C-62>.
7. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – КМТ-7 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.turbosquid.com/ru/3d-models/3d-model-kmt7-tank-mine-roller-1722384>.
8. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – Т-72 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%9C%D0%A0-3%D0%9C>.
9. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – ІМР-3 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%9C%D0%A0-3>.
10. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – УР-77 [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%A0-77>.

		Поліщук М.С.			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				62
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. Design of demining machines – London: D. Mikulic, 2013. – 213 с. – (Springer-Verlag).
13. Bozena-5 [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу:
<https://wiki.minoshukach.com.ua/wiki/texnika-dlya-rozminuvannya/way-industries/way-industries-bozena-5/>.
14. Онлайн-енциклопедія Wikipedia – Теорія вибуху. Формула Садовського [Електронний ресурс] // Wikipedia – 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.
15. Bobcat S450 [Електронний ресурс] // Офіційний каталог – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.bobcat.com/cis/ru/equipment/loaders/skid-steer-loaders/s450>.
16. Опір матеріалів. Підручник – Київ: Писаренко Г. С., 2004. – 655 с. – (Вища школа).
17. Проектування об'ємних гідроприводів. Методичні вказівки – Київ: В. К. Буслов, 2008. – 80 с. – (НТУУ КПІ)
18. Haas ST-10 [Електронний ресурс] // HaasCNC official catalogue – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.haascnc.com/machines/lathes/st/models/standard/st-10.html>.
19. SARA+Atorn drilling and milling tools. // GB Catalogue. – 2019. – №2. – С. 230.
20. Sandvik turning tools catalogue [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/turning-tools>.
21. Основи охорони праці: Підручник / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. 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>.
23. <https://www.boschrexroth.com/en/gb/media-details/a034278e-d9e7-4a9a-b388-d1d3b3f47aed>
24. <https://www.boschrexroth.com/en/gb/media-details/3daf5578-1175-4499-9934-f59dee673b3d>
25. <https://hydraulic.ua/content/files/vrfu-90-29496191.pdf>

		Поліщук М.С			МА-03.04.ДП.000.000 ПЗ	Арк.
		Семінська Н.В.				64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		