

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

_____ О.В.Шевченко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки _____ **6.050503 «Машинобудування»** _____
(код і назва)

на тему _____ **Мобільний роботизований комплекс** _____
_____ **з системою маніпуляторів** _____

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

_____ **Вакуленко Сергій Юрійович** _____

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проекту

_____ **Струтинський В.Б.** _____

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

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

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Напрямок підготовки _____ **6.050503 «Машинобудування»** _____
(код і назва)

Назва програми професійного

спрямування _____ **«Металорізальні верстати та системи»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **О.В.Шевченко** _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____ **Вакуленко Сергій Юрійович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: _____ **Мобільний роботизований комплекс** _____
_____ **з системою маніпуляторів** _____

керівник проекту: _____ **Струтинський В.Б.** _____

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

затверджені наказом по університету від **“22” травня 2019 року № 1326-с**

2. Термін подання студентом проекту: **15 червня 2019 року**

3. Вихідні дані до проекту: _____ **технічні характеристики роботизованого** _____
_____ **комплексу згідно технічного завдання на аванпроект «Роботизований** _____
_____ **комплекс ЦНДІОВТ».** _____

4. Зміст пояснювальної записки: **1) Огляд існуючих технічних рішень.**
2) Проектування мобільного роботизованого комплексу з системою
маніпуляторів. 3) Інноваційна діяльність по темі мобільний роботизований
комплекс. _____

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

Плакат з оглядом аналогів А1, плакат по редуктору та патенту А1, кінематика системи маніпуляторів А1, робочий простір системи маніпуляторів А1, схема комплексу А1, загальний вигляд А1, збірка та деталювання А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 16 січня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих технічних рішень.	16 січня – 27 січня	
2	Створення плакатів, інформаційний пошук.	27 січня – 3 лютого	
3	Проектування мобільного роботиз. комплексу.	3 лютого – 3 березня	
4	Розрахунок кінематики маніпуляторів.	3 березня – 24 бер.	
5	Створення моделей в Autodesk Inventor.	24 березня – 7 квітня	
6	Інноваційна діяльність.	7 квітня – 28 квітня	
7	Проектування вузла з'єднання.	28 квітня – 15 червня	

Студент _____ Вакуленко С.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Струтинський В.Б.

Анотація

В дипломному проекті бакалавра на тему «Мобільний роботизований комплекс з системою маніпуляторів» проведений патентно-інформаційний пошук наявних технічних рішень у сфері мобільних роботизованих комплексів, розроблене схемне рішення конструкції вузлів робота на основі модульного підходу до проектування, досліджена кінематика системи маніпуляторів та їх робочий простір, зроблені висновки про переваги та недоліки використання системи двох маніпуляторів перед стандартною компоновкою з одиничним маніпулятором, спроектовані вузол з'єднання модулів шасі та маніпуляторів, висвітлена інноваційна діяльність за темою.

Проект виконаний на 68 сторінках з 45 рисунками, 30 посиланнями на джерела інформації.

Ключові слова: мобільний роботизований комплекс, маніпулятор, система маніпуляторів, робот-сапер.

Abstract

In this bachelor diploma project on the topic "Mobile robotic complex with a system of manipulators" were completed: the patent-information research for modern technical solutions in the field of mobile robotic systems, the schematic construction of the robot was developed on the basis of the modular approach to the design, were studied the kinematics of the system of manipulators and their workspace, conclusions were made about the advantages and disadvantages of the use of the system of two manipulators before the standard layout with a single manipulator, the design of the connection between the chassis modules and manipulators, revealed innovative activity on the topic.

The project is executed in 68 pages with 45 drawings, 30 references to the sources of information.

Keywords: mobile robotic complex, manipulator, system of manipulators, robot-sapper.

Аннотация

В дипломном проекте бакалавра на тему «Мобильный роботизированный комплекс с системой манипуляторов» проведён патентно-информационный поиск существующих технических решений в сфере мобильных роботизированных комплексов, разработано схемное решение конструкции узлов робота на основе модульного подхода к проектированию, исследована кинематика системы манипуляторов и их рабочее пространство, сделаны выводы о преимуществах и недостатках использования системы двух манипуляторов перед стандартной компоновкой с одиночным манипулятором, спроектированы узел соединения модулей шасси и манипуляторов, описана инновационная деятельность по теме.

Проект выполнен на 68 страницах с 45 рисунками, 30 ссылками на источники информации.

Ключевые слова: мобильный роботизированный комплекс, манипулятор, система манипуляторов, робот-сапер.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Мобільний роботизований комплекс з системою маніпуляторів

Київ – 2019 року

Зміст

Вступ	3
1. Огляд існуючих технічних рішень	4
1.1. Класифікація вибухонебезпечних пристроїв	4
1.2. Огляд існуючих робототехнічних комплексів	13
1.3. Вузол комплексу - циклоїдний редуктор	24
2. Проектування мобільного роботизованого комплексу з системою маніпуляторів	28
2.1. Схемне рішення та принцип роботи	28
2.2. Кінематика системи двох маніпуляторів	29
2.3. Проектування конструкції модулів шасі	39
2.4. Проектування з'єднання модулів шасі та маніпуляторів	42
3. Інноваційна діяльність по темі Мобільний роботизований комплекс	48
3.1. Патентний пошук по категорії маніпуляторів, встановлених на шасі	48
3.2. Опис конструкції мобільного робота, на який подана заявка на патент України	56
3.3. Представлення проекту мобільного роботизованого комплексу на конкурс оборонних технологій Sikorsky Challenge	59
Перелік посилань	62
Додатки	66

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ				
					Пояснювальна записка	Літ.		Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		В			
Розроб.		Вакуленко							
Перевір.		Струтинський							
Т. Контр.						Арк.	2	Аркушів	68
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ, МВ-51			
Н. Контр.									
Затверд.									

Вступ

В теперішній час для оперативників Збройних сил України, Національної гвардії та Державної служби України з надзвичайних ситуацій є актуальною задачею отримати можливість дистанційного знешкодження вибухонебезпечних об'єктів. Джерелами таких об'єктів можуть виступати залишки боєприпасів часів Другої світової війни, терористичні акти замінування будівель, бойові дії в Донецькій та Луганських областях, пожежі на складах боєприпасів. З задачею розмінування найкраще справляються мобільні роботи з антропоморфними маніпуляторами. На даний момент немає прийнятих на озброєння моделей, вітчизняні розробки знаходяться на етапах прототипування через ослаблену економіку та науку, купуються дорогі іноземні роботи.

Тому метою дипломного проекту є розробка мобільного роботизованого комплексу, оснащеного системою маніпуляторів - що є актуальною науково-технічною задачею. Основною сферою використання комплексу є дистанційна робота з небезпечними об'єктами, такими як: міни, снаряди, токсичні речовини тощо.

Для виконання проекту поставлені та вирішені задачі: проведення аналізу наявних конструкцій та обґрунтування характеристик комплексу, розробка схемного рішення мобільного роботизованого комплексу та його вузлів, проведення необхідних розрахунків, створення технічної документації.

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Огляд існуючих технічних рішень

1.1. Класифікація вибухонебезпечних пристроїв

Головною задачею мобільного роботизованого комплексу з системою маніпуляторів є знешкодження вибухонебезпечних об'єктів. Основними джерелами таких об'єктів є: залишки боєприпасів після бойових дій Другої світової війни, заміновані ділянки місцевості та об'єкти в окремих районах Донецької та Луганської областей, замінування приміщень як терористичні акти, результати інцидентів на складах боєприпасів.

Так, за даними Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у м. Києві в період з січня по серпень 2018р. у м. Києві було вилучено та знищено 1251 одиницю вибухонебезпечних об'єктів часів Другої світової війни [23].

На Донбасі, за даними Міноборони, 833 цивільні людини постраждали через міни та вибухонебезпечні об'єкти; близько 16 тис. квадратних кілометрів Луганської та Донецької областей містять мінну небезпеку для населення [22].

Інциденти на складах боєприпасів, такі як пожежі, створюють певну заміновану зону. Так, після вибухів на арсеналі біля м. Ічня 10 жовтня 2018 року, рятувальники вилучили 3641 вибухонебезпечний об'єкт під час ліквідації наслідків з 39 навколишніх населених пунктів [24].

Вибухонебезпечні об'єкти, для дистанційної нейтралізації яких можна використати мобільний роботизований комплекс, поділимо на декілька категорій.

Наземні міни - вибухові пристрої, які можуть бути встановлені на землі, під землею або біля поверхні землі. Бувають протипіхотні і протитранспортні. Протипіхотні міни - боєприпаси, які використовують, щоб убити або поранити людину або декількох людей. Можуть вибухнути, якщо людина наступить на неї або зачепить «розтяжку» – провід, проволочку або нить, прикріплену до міни (рис. 1.1).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 1.1. Протипіхотні міни моделей ПМН-1 (а) та ОЗМ-72 (б)

Протипіхотні міни, як правило, зеленого, коричневого та інших кольорів, які легко зливаються з навколишнім середовищем. Можуть «вистрибувати» та вибухати на висоті 60 см – 1 м. Бувають встановлені так, що навіть спеціалісти – сапери – не можуть їх знешкодити без спеціальних дистанційних засобів знищення або знешкодження. Іноді міни мають самоліквідатор та вибухають через певний час або при певній температурі, вологості або після передачі радіо- або провідного сигналу на підриг міни.

Протитранспортні міни - боєприпаси, за допомогою яких знищують або виводять із строю танки, бронетранспортери, машини та іншу техніку. Часто

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходяться поруч з протипіхотними мінами, можуть бути встановлені над ними або під ними. Протитанкова міна має корпус та підривач (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Протитанкова міна моделі ТМ-57

Протитранспортні міни бувають встановлені без можливості деактивації, тобто навіть сапери – не можуть знешкодити їх без спеціальних засобів знешкодження або знищення. Іноді мають самоліквідатор, що спрацює через певний час або при параметрах навколишнього середовища або після передачі керуючого радіо- або провідного сигналу.

Крім мін, наявні інші вибухонебезпечні об'єкти, такі як боєприпаси.

Боєприпаси, що не розірвалися або були покинуті – це різні боєприпаси, які були використані, але з якоїсь причини не спрацювали. Їх основна небезпека в тому, що вони можуть вибухнути в будь який момент від найменшого впливу. Це можуть бути артилерійські та мінометні снаряди, авіабомби, детонатори, касетні боєприпаси, ракети та патрони. Територія, на якій проходили бойові дії, зазвичай має велику кількість боєприпасів, які не вибухнули.

Мінометний снаряд - оперений снаряд каплевидної форми для стрільби з міномета(рис. 1.3).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.3. Стандартні артилерійські міни

Снаряд, що не розірвався, частково розташований у ґрунті, а його хвостова частина знаходиться назовні. Може вибухнути від найменшого доторку або коливання ґрунту, викликаних машиною, що проїжджає поруч, людиною або твариною, що проходять біля нього.

Артилерійський снаряд - боєприпас для стрільби з артилерійського озброєння та пускових установок. Артилерійські боєприпаси, що не вибухнули, особливо небезпечні, тому що їх детонатор знаходиться в бойовому положенні (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Фугасний артилерійський снаряд, який знаходиться на ґрунті

Авіабомби - дуже небезпечні боєприпаси, які містять велику кількість вибухівки, мають великий радіус ураження та дуже чутливі детонатори. До

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього часу на території України зустрічаються авіаційні бомби часів Другої світової війни (рис. 1.5).

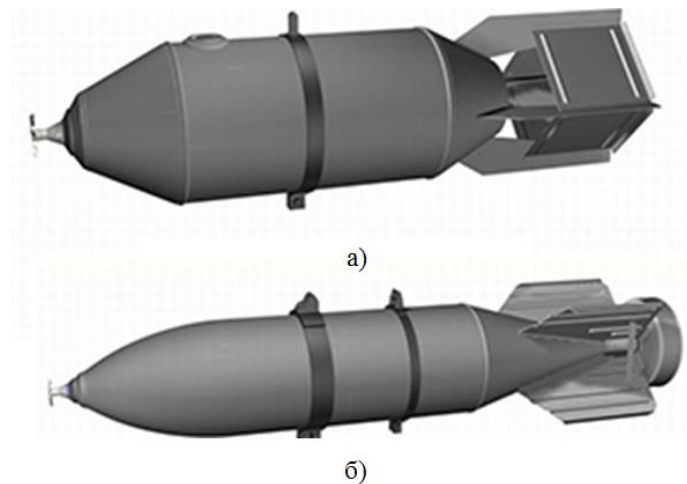


Рис. 1.5. Авіабомби моделей ФАБ-500 (а) та ФАБ-250 (б)

Авіаційні бомби використовують для бомбардування військових та промислових об'єктів, населених пунктів та місць скупчення військ. Як правило, бомба, що не вибухнула, має два та більше детонаторів в бойовому положенні, які дуже чутливі до зовнішнього впливу.

Касетні боєприпаси - містять так звані «касетні елементи»: невеликі міни, бомби або інші елементи у вигляді голок, шариків . Ці касетні елементи розкидаються хаотично, погано помітні через маленький розмір та чутливі до зовнішнього впливу. Іноді боєприпаси мають самоліквідатор та вибухають через деякий час (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Один із зарядів касетного боєприпасу

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ручні гранати - боєприпаси, котрі травмують людей уламками та ударною хвилею (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Ручна граната моделі Ф-1

Запали та детонатори - елементи боєприпасів, котрі іноді зустрічаються окремо від них та можуть вибухнути від найменшого впливу (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Запали артилерійських снарядів

Вибух детонатора або запалу неодмінно призведе до травм.

Патрони - боєприпаси для стрільби з бойової зброї, які використовують, щоб травмувати або вбити людину (рис. 1.9).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.9. Гвинтівкові патрони

Не дивлячись на невеликий розмір, куля може травмувати або вбити людину на відстані до 2 кілометрів. Категорично забороняється розбирати патрон, наносити удари по ньому або кидати у вогонь. Неможливо передбачити, куди і в якому напрямі полетить куля.

Ракети - дуже небезпечні боєприпаси, котрі містять велику кількість вибухівки, мають великий радіус ураження уламками та чутливі детонатори. Частіше за все ракета, яка не розірвалася, заривається глибоко в землю, а її хвостова частина з оперенням залишається ззовні (рис. 1.10).



а)

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



б)

Рис. 1.10. Ракета залпової системи «Ураган» (а)
та ручний гранатомет РПГ-7 з ракетами до нього (б)

Ракети великі за розміром – до декількох метрів, по формі нагадують трубу. Можуть вибухнути від найменшого коливання ґрунту або доторку, викликаних машиною, що проїде поруч, твариною або людиною, що проходять біля нього.

Покинуті боєприпаси - це боєприпаси, які учасники конфлікту не використали та залишили після бойових дій. Покинутими можуть виявитися цілі тайники зі зброєю або склади с боєприпасами (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Залишені в хаотичному стані боєприпаси

Саморобні вибухові пристрої - дуже небезпечні пристрої, оскільки можуть мати будь-яку форму та вигляд (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Саморобний вибуховий пристрій

Ознаки саморобного вибухового пристрою:

- Чемодани, пакети, коробки, залишені без нагляду;
- Зовнішня схожість з боєприпасами та піротехнічними виробами;
- Розтяжки, дроти, мотузки, скотч на предметі;
- Наявність батарейок, акумуляторів, антен, мобільного телефону, часового або електронного таймера;
- Підозрілі звуки з предмету: тіканье годинника, сигнали через певний проміжок часу;
- Характерний запах керосину, розчинника та хімічних матеріалів;
- Можуть бути в дверях, вікнах, на деревах, дитячих площадках та закріплюватися за допомогою проволочки, ниток, скотчу, шнурів.

Міна-пастка - вибуховий пристрій, замаскований під цікавий та безпечний на вигляд предмет, наприклад, пачку сигарет, телевізор, іграшку. Спрацьовує неочікувано, коли людина наближається до нього або торкається його. Частіше за все встановлюється в будівлях, біля предметів повсякденного бити, дитячих іграшках (рис. 1.13) [27].



Рис. 1.13. Міна-пастка, в якій заряд вибухівки замаскований під коробку цукерок

1.2. Огляд існуючих робототехнічних комплексів

З технічної точки зору нейтралізація одиничного вибухонебезпечного пристрою можна розбити на два етапи: пошук та знищення.

Пошук та ідентифікація небезпечних предметів є найважчим етапом. Особливо в сучасності, коли технології виготовлення та використання мін дуже широкі та у зв'язку з поширенням світового тероризму. Традиційними методами пошуку є використання індукційного металошукача та щупів, натренованих на запах вибухівки собак, огляд спеціалістом у важкому саперному костюмі. Вони обов'язково призводять до певної кількості пропущених мін, жертв у персоналі саперів та собак, що є цінними та довго тренованими спеціалістами.

Через це, має сенс перехід на безлюдні технології з використанням мобільних роботизованих комплексів, що унеможливлюють безпосередній контакт людини з вибухонебезпечним предметом та мають більшу точність, вибірковість та швидкодію.

Для реалізації цих процедур, саперні роботи потребують мультисенсорних систем, що складаються з телекамер видимого та інфрачервоного діапазонів, датчиків, локаторів. Тому, в моєму проекті мобільного роботизованого комплексу використані одна обзорна камера та дві рухомі камери на кінцях

маніпуляторів, що забезпечать загальний огляд локації та локальний погляд на об'єкт з двох точок зору.

Коли вибухонебезпечний об'єкт був локалізований, приступають до знищення. Якщо він знаходиться на безлюдній території та поруч відсутні важливі об'єкти, має сенс підірвати його на місці за допомогою шашки динаміту або пластичної вибухівки з дистанційним детонатором. Для цього, мобільному роботизованому комплексу достатньо під'їхати до об'єкта, покласти поруч з ним шашку, від'їхати на безпечну відстань та здетонувати заряд.

Якщо вибухонебезпечний об'єкт знаходиться в зоні проживання людей, після їх евакуації із зони ураження, саперні служби можуть вжити певних заходів. По-перше, за допомогою системи маніпуляторів та телекамер, можуть бути виявлені та видалені запальники, детонатори, електросхеми, що потенціально можуть ініціювати вибух. По-друге, корпус об'єкту беруть схватами маніпуляторів та пакують у спеціальні контейнери та переносять у віддалене місце або роблять це одразу. Коли об'єкт опиняється в безлюдному місці, проводять процедуру дистанційного детонування, як в першому кроці.

Для реалізації цих процедур, саперні роботи потребують антропоморфних маніпуляторів та систем маніпуляторів, спеціальних схватів – що повинні забезпечити як точність для роботи з дрібними об'єктами, так і силові характеристики для перенесення вантажів. Тому, в моєму проекті мобільного роботизованого комплексу розроблена система двох маніпуляторів, що порівняно з традиційною компоновкою, зможе досягти цих показників [21].

Перед проектуванням мобільного роботизованого комплексу потрібно провести дослідження аналогічних конструкцій. Це дозволить перейняти їх переваги та позбавитися від недоліків існуючих технічних рішень [16]. Розглянуті саперні роботи іноземного виробництва:

- Dragon Runner – невеликий дистанційно керований робот, що був розроблений компанією «QinetiQ» за заказом Пентагону. Яскраво показав себе під час операцій Коаліції в Афганістані, коли таліби використовували само-

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

робні вибухові пристрої проти військ міжнародних сил. Знаходиться на озброєнні з 2003 року (рис. 1.14).



а)



б)

Рис. 1.14. Мобільний робот Dragon Runner
в ході виконання бойових задач (а) та у складеному стані (б)

Робот оснащений маніпулятором, що дозволяє йому захватувати та переміщувати об'єкти, копати ґрунт. Вантажопідйомність – до 4.5кг. Інформа-

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ція оператору поступає з шести відеокамер та мікрофонів, а завдяки наявній інфрачервоній системі нічного бачення, Dragon Runner може бути використаний в темноті. Розмінування – не єдина функція роботи. Dragon Runner може також виконувати розвідувальні та патрульні операції. Доступні три режими керування: пряме управління оператором, режим «часового», режим спостереження. Так, Dragon Runner здатний виявляти рух в радіусі 9 метрів.

Важливою перевагою є компактність – робот може бути перенесений одною людиною. Також він має достатньо надійну конструкцію – за необхідності може бути перекинутий через огороження, скинутий з транспорту на ходу або з третього поверху. Це дозволяє стабільно використовувати його безпосередньо в зоні бойових дій для отримання оперативної інформації.

Завдяки гусеничному шасі Dragon Runner має непогану маневреність та високу прохідність. Модернізовані зразки здатні переміщуватися сходами.

Технічні характеристики:

- Макс. швидкість руху: до 10км/год;
- Довжина: 38 см;
- Ширина: 30 см;
- Висота: 13 см;
- Маса: 6,4 кг [3, 4].

- TALON – легкий, безпілотний, керований військовий робот, що був розроблений компанією Foster-Miller, що є частиною QinetiQ North America. Розроблений для захисту військових та груп швидкого реагування від вибухових загроз. Здатний виконувати ряд завдань, таких як робота з вибуховими, хімічними, біологічними загрозами; перенесення вантажів, охорона, розвідка тощо. Знаходиться на озброєнні американської армії з 2001 року (рис. 1.15).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



а)



б)

Рис. 1.15. Мобільний робот TALON

під час виконання бойових задач (а) та вид на пульт управління (б)

Роботизований комплекс TALON має модульний дизайн та може бути обладнаний широким спектром додаткових пристроїв. Робот швидкий, міцний та простий у використанні, володіє високим співвідношенням корисного навантаження до ваги та може бути використаний у всіх природніх середовищах та ландшафтах.

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Довжина робота дорівнює 86.4см, ширина - 57.2см, 27.9см у висоті із складеною робо-рукою, кліренс – 7см. Може вести вантаж до 45кг, може тягнути до 77.11кг, вантажопідйомність маніпулятора – до 9.07кг.

TALON має руку-маніпулятор з плечем, здатним обертатися на 360°, схват, мікрофон та гучномовець. Додатково можуть бути розміщені сенсори газів, хімікатів, радіації та температури. Також може бути змонтований маніпулятор з великою досяжністю та вантажопідйомністю або ряд озброєнь системи SWORDS, GPS-трекер, глушилки радіосигналів, компактний рентгенівський сканер, системи знищення детонаторів, дробовик, пристрій перерізання дротів тощо.

Робот має до семи відеокамер, щоб забезпечити оператора вичерпним оглядом місцевості для ідентифікації та детонації небезпечних об'єктів з великої відстані. Встановлюють також інфрачервоні камери, світлодіодні ліхтарі, камери нічного виду та тепловізори. Керування здійснюється через радіо- або оптоволоконне з'єднання з вологозахищеного пульта керування.

Акумулятори ємністю 300Wh дозволяють працювати до 3 годин. Макс. швидкість – 8.37 км/год. Може підійматися сходами до 43°, бічний нахил до 45° та снігові або конструкційні завали висотою до 38см [10].

- Andros MarkV-A1 – робот для роботи з вибухонебезпечними об'єктами, розроблений компанією Northrop Grumman в 2004р. з метою зниження ризику для життя операторів. Він є представником лінійки Remotec ANDROS, що включає в себе інші роботизовані комплекси. Знаходиться на озброєнні саперних підрозділів та спеціальних загонів поліції (рис. 1.16) [8].

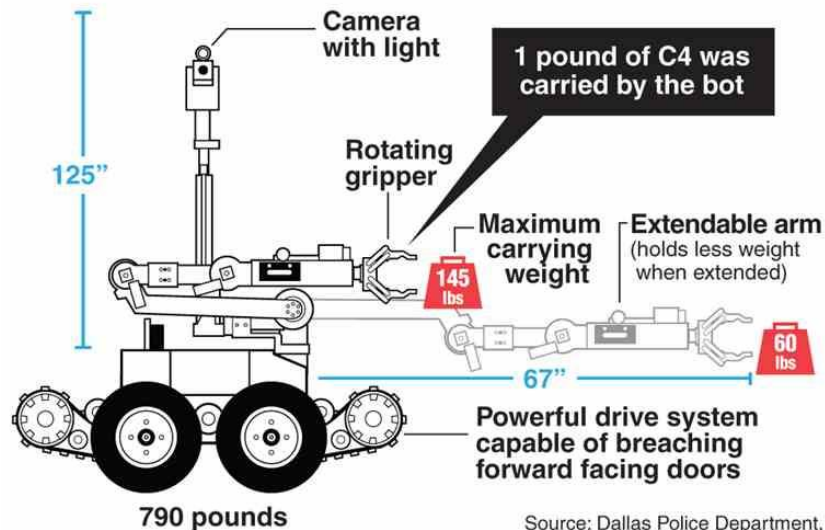


a)

Dallas bomb-bot

The robot used against the Dallas shooter, was remote-controlled by police officers. Here's a look at the bomb-bot:

Remotec Andros Mark V-A1



Source: Dallas Police Department, Northrop Grumman, Remotec Graphic: Tribune News Service

б)

Рис. 1.16. Мобільний робот Andros MarkV-A1 загальний вид і технічні характеристики (а) та (б)

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Ця модель була використана, наприклад, Департаментом поліції Далласа, щоб вбити терориста, який вбив п'ятьох поліцейських 7 липня 2016р. Поліція використала робота для доставки в захоплене приміщення заряду вибухівки C4, що був після підірваний поруч з бойовиком.

MarkV може оброблювати та знешкоджувати вибухові речовини, відходи та інші матеріали. Робот володіє модульністю. Коштує близько 180тис. доларів.

Конструктивно, робот має кольорову камеру з підсвіткою, що встановлена на 620-мм мачту; 3 окремі камери, маніпулятор з механічним схватом з круговим обертанням. Рука маніпулятора здатна витягуватися на відстань до 2.5м. Аудіосистема із стійкими до погодних умов динаміком та мікрофоном. Робот поставляється з декількома навісними системами та датчиками, що можуть бути використані за необхідності. Керування здійснюється за допомогою оптоволоконного кабелю, радіокерування або жорсткого електричного кабелю. MarkV важить біля 340кг в стандартній комплектації. Довжина складає 1219мм, ширина – 1092мм, висота – 2000мм, кліренс – 228мм.

На побажання замовника можуть встановити лазерний блок наведення, блок повороту камер, помпову рушницю або гранатомет, крюк, вузол розбивання вікон, циркулярну пилу тощо.

Максимальна швидкість 6.5км/год., може долати уклон до 45° та має можливість підніматися та спускатися по сходам. Протектори призначені для пересіченої місцевості, а швидкознімні колеса та можливість використання гусениць роблять машину універсальною, здатною долати провали шириною до 620мм, вертикальні перепони висотою до 400мм, а також багнюку та кани [1].

- KAPLAN EOD – робот для знешкодження вибухівки дистанційно з безпечної відстані. Перевагами є сила, зносостійкість та простота управління (рис. 1.17) [7].

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 1.17. Мобільний робот KAPLAN EOD
в зібраному стані (а) та при роботі з небезпечним об'єктом (б)

KAPLAN EOD дає можливість саперам вивчати підозрілі об'єкти з відстані в 500м та екіпований робо-рукою з сімома ступенями вільності для детального обстеження та знешкодження вибухівки. Гнучка транспортна платформа дає високу мобільність на різних ландшафтах. Система спостере-

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

ження на борту дозволяє оператору оглянути підозрілий об'єкт у високій якості та реальному часі з пульта керування. Також доступні автоматизовані та наперед задані операції для зменшення навантаження на спеціаліста в такому високостресовому середовищі [6].

- Digital Vanguard ROV – багатоцільовий робот виробництва MED-ENG (Канада) для роботи з небезпечними агресивними та вибухонебезпечними матеріалами, спостереження та тактичних місій. Низький профіль, маневреність та швидкість дозволяють його використання у важкодоступних та обмежених просторах (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Мобільний робот Digital Vanguard ROV

Робот оснащений телескопічним маніпулятором з можливістю використання навісного обладнання, такого як: камери, руйнівники, електронне обладнання, рентгенівські сканери; детектори хімічної, біологічної та ядерної зброї.

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В стандартній комплектації безпроводний цифровий робот на гусеничному ході містить модулі зв'язку (2G, Bluetooth, радіо), набір інструментів. Приводи використовують черв'ячну передачу. Маніпулятор має 6 ступенів вільності. Відеокамери кольорові та з оптичним зумом. Вага 56кг, розмір 45см x 104см x 56см, матеріал – авіаційний алюміній [17].

- AVENGER ROV – тактичний робот виробництва компанії MED-ENG (Канада). Призначений для знешкодження бомб групами військових та поліції (рис. 1.19).



а)



б)

Рис. 1.19. Мобільний робот AVENGER ROV: загальний вид (а) та проникнення маніпулятором в салон замінованої машини (б)

Маніпулятор робота має 7 ступенів вільності та надає можливості, що зустрічаються звично на великих ROV. Він володіє здатністю проникати під, в та на автомобіль для розслідування підозрілих пристроїв. Система кріплень дозволяє встановлювати рентгенівські системи, руйнівники, датчики тощо.

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Системи редуктора та гусениць AVENGER дозволяють йому дуже швидко рухатися на відкритій та пересіченій місцевості. Гусениці є дистанційно керованими для підйому по сходам. Керування здійснюється через бортовий комп'ютер, що оброблює інформацію з датчиків, та командну консоль, що надає оператору відео та аудіо в реальному часі. Існують наперед задані програми для маніпулятора.

Розміри дозволяють перевозити робота в невеликих міських транспортних засобах. Комплекс має три спеціалізовані камери, включаючи панорамну. Присутня система освітлення для роботи в темних місцях та двостороннє аудіо, що може стати в нагоді при звільненні заручників [29].

1.3. Вузол комплексу - циклоїдний редуктор

Для досягнення високих показників роботи мобільного роботизованого комплексу потрібно використати сучасні технічні розробки. Так, в приводах маніпуляторів потрібні редуктори для зменшення частоти обертання електродвигунів. Редуктори класичної компоновки мають порівняно великі габарити. Одною з новітніх розробок, представлених на Конкурсі оборонних технологій Sikorsky Challenge, був проект Двоступеневого збалансованого циклоїдного редуктора. Завдяки ряду переваг над традиційними редукторами, він показав себе таким, що підходить для використання в приводах маніпулятора.

Циклоїдний редуктор — механізм, що понижує частоту обертання та має фіксоване передаточне відношення. Циклоїдні редуктори при своїй компактності мають великі передаточні відношення. Він може кріпитися безпосередньо до валу та корпусу приводного керованого електродвигуна, утворюючи з ними цільну конструкцію (рис. 1.20) [9].

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

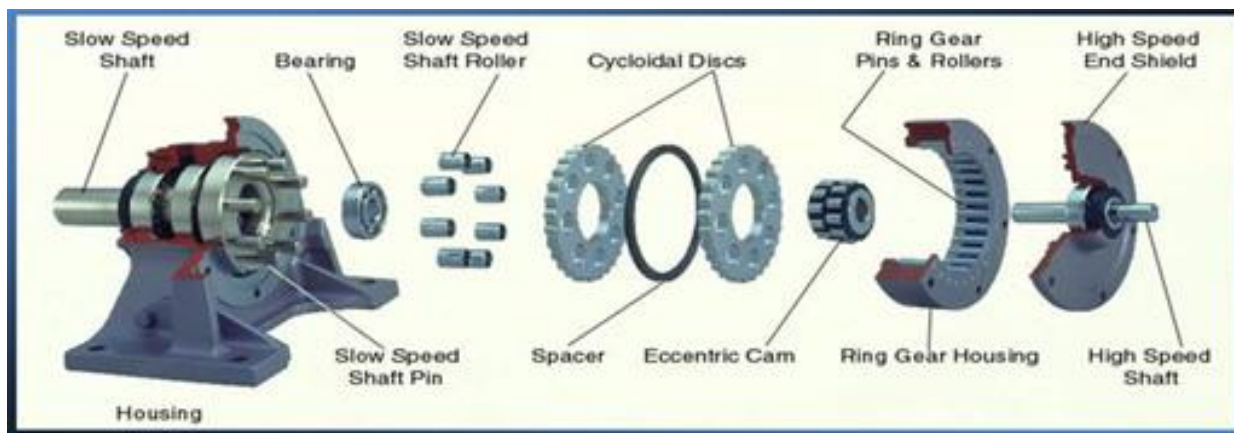


Рис. 1.20. Схема циклоїдного редуктора в розборі

Світові компанії, що серійно виготовляють циклоїдні редуктори: STM Team, Varvel, SITI, Nord, Bonfiglioli, Bauer, Varmec, Motovario, Nabtesco та ін. [30].

Ведучий вал приводить в рух ексцентриковий вал із шпильками, який, в свою чергу, передає циклоїдній пластині ексцентричний, циклоїдний рух. По колу на деякій відстані від центру пластини розташовані круглі отвори. В ці отвори вставлені шпильки або ролики, закріплені на нижче розташованому диску. За допомогою стержнів та диски обертання передається вихідному валу. При цьому радіальні переміщення циклоїдної пластини не передаються вихідному валу.

Вхідний (ведучий) вал закріплений ексцентрично до шарикопідшипника, примушуючи циклоїдну пластину обертатися по колу. Циклоїдна пластина незалежно обертається навколо підшипника. Її обертання відбувається за рахунок того, що впадини по периметру пластини входять в зачеплення з нерухомими виступами («зуб'ями») на зовнішньому кільці. Напрямок обертання вихідного (веденого) вала протилежно напрямку обертання вхідного (ведучого) вала. Рух деталей в циклоїдній передачі подібний руху, що має місце в планетарній передачі (рис. 1.21).

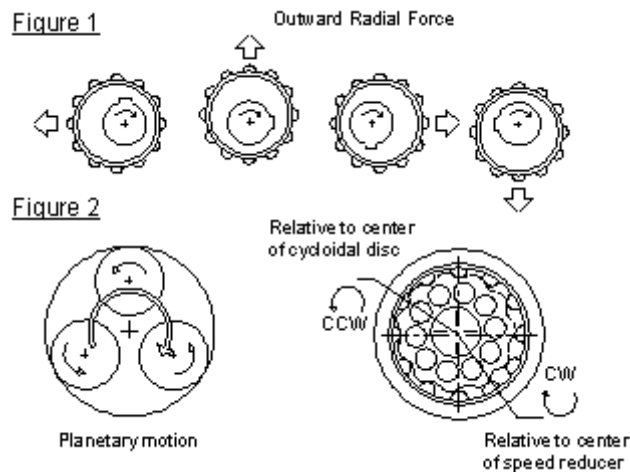


Рис. 1.21. Принцип перетворення руху в циклоїдному редукторі

Кількість виступів на зовнішньому кільці більше кількості виступів на циклоїдній пластині. Це примушує пластину обертатися відносно вхідного вала швидше у порівнянні з тим, яким би був її рух відносно вхідного вала при відсутності зовнішнього кільця. За рахунок цієї «збільшеної» швидкості обертання циклоїдної пластини, вихідний вал отримує обертання в сторону, протилежну до напрямку обертання вхідного вала.

Циклоїдна пластина має отвори, які трохи більше вставлених в них роликів. Ролики в отворах рухаються по колу, і таким чином вихідний вал отримує відносно рівномірний обертальний рух від руху хитання циклоїдної пластини [12].

Передаточне відношення циклоїдного редуктора визначається за наступною формулою:

$$i = \frac{P - L}{L}$$

где P — кількість виступів на зовнішньому коронному кільці,
 L — кількість виступів на циклоїдальній пластині.

ККД одноступеневої циклоїдної передачі складає 95 %, а двоступеневої — 90 %. При цьому, передаточне відношення одноступеневого циклоїдного редуктора досягає значення 119:1, двоступеневого — 7569:1, трьохступеневого — до 1 000 000:1.

Існують різні схеми циклоїдних передач, замість шарикопідшипника може використовуватися роликотпідшипник, що має більшу несучу здатність, а замість одного ексцентрика можуть бути використані 2 або 3 ексцентрика, розташовані на периферії, в цьому випадку обертання ексцентрикам надає окремі зубчасті колеса, введені в зачеплення з вхідним валом. Така схема дає більшу жорсткість всій передачі, а також дозволяє реалізовувати ще більш вищі передатні відношення. Такі редуктори використовуються у високоточних приводах верстатів та автоматів. Виконано аналіз переваги та недоліків.

До переваг циклоїдних передач відносять:

- компактність при високій навантажувальній здатності;
- широкий діапазон передатних чисел в одній ступені (3...191);
- висока надійність та підвищений ресурс (до 50 000 ч);
- плавність ходу та низький рівень шуму;
- незворотність та безлюфтовість;
- невеликі показники інерційності за рахунок конструкційних особливостей, що дає низький момент інерції всього приводу;
- висока кінематична точність.

До недоліків циклоїдних передач відносять:

- високі вимоги до точності виготовлення, через ексцентричне розміщення циклоїдної пластини, у випадку низької точності виготовлення, може призвести до скорочення строку служби редуктора та виникненню вібрацій, які передаються як на вхідний, так і на вихідний вали. Дану проблему вирішує установка другої циклоїдної пластини, повернутої відносно першої пластини на півоберта;
- висока вартість передачі в порівнянні з вартістю передач інших типів (в наслідок високих вимог до точності та великих навантажень підшипників) [2].

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Проектування мобільного роботизованого комплексу з системою маніпуляторів

2.1. Схемне рішення та принцип роботи комплексу

Системи двох та більше маніпуляторів суттєво підвищують функціональні можливості мобільного роботизованого комплексу, на якому вони встановлені. Розробка об'єднаних у систему маніпуляторів є актуальною науково-технічною задачею [14].

Мобільний роботизований комплекс з системою маніпуляторів має розширені функціональні можливості (рис. 2.1).

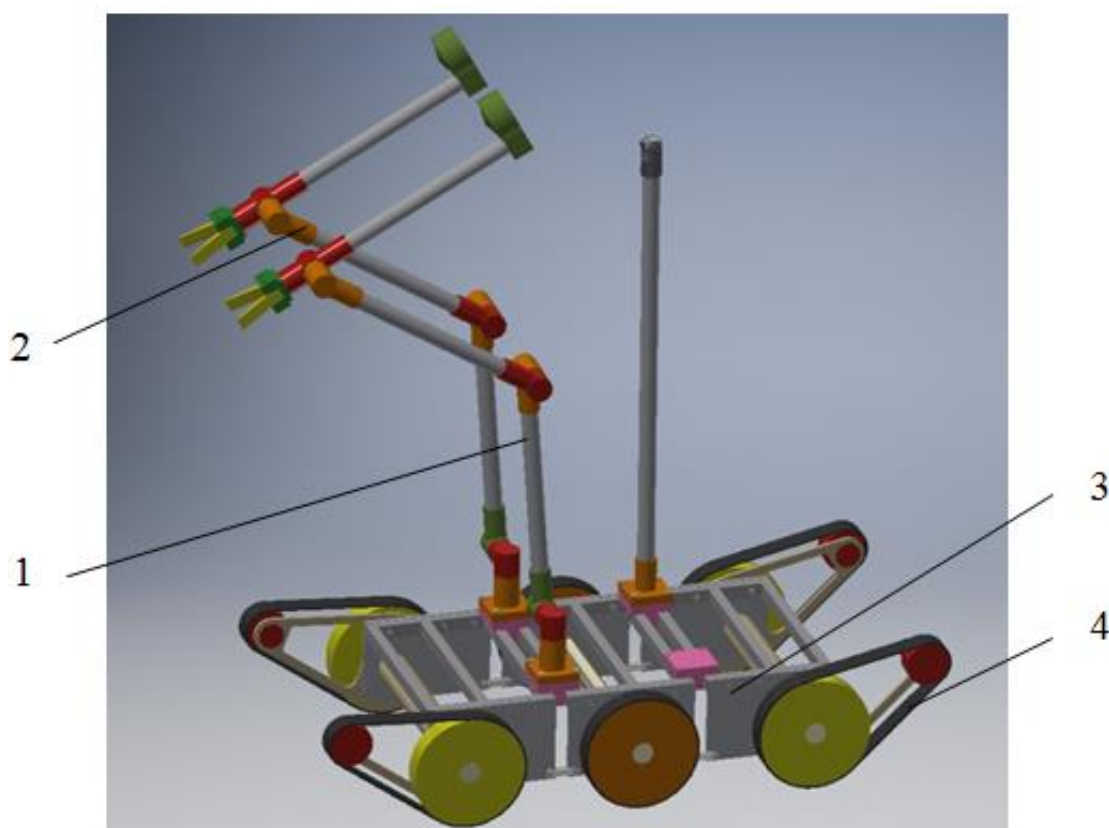


Рис. 2.1. Твердотільна модель мобільного роботизованого комплексу, оснащеного системою маніпуляторів

Використання двох маніпуляторів збільшує робочий простір, зменшує «мертві зони», де робота маніпулятора неможлива або ускладнена. Суттєво підвищується точність позиціонування об'єктів та вантажопідйомність через складання замкнутої схеми, порівняно з розімкнутою схемою одиничного

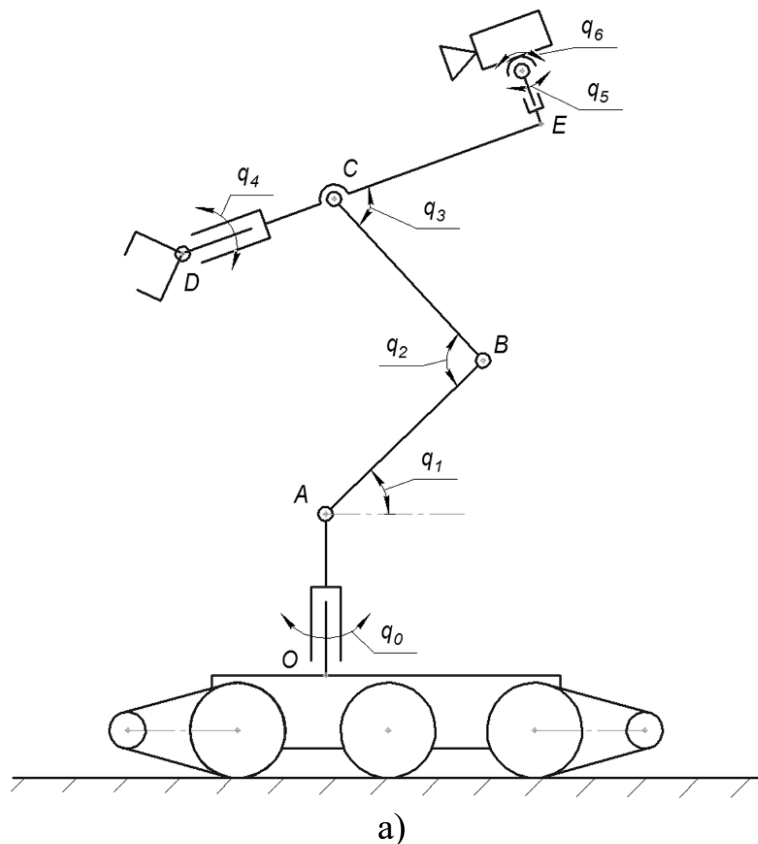
					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

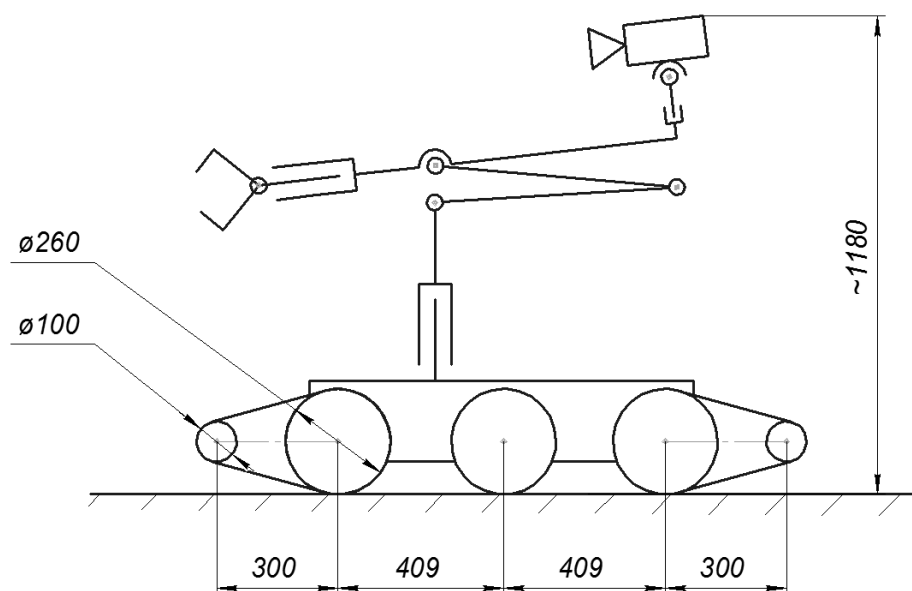
маніпулятора. Встановлені на кожному маніпуляторі відеокамери дають можливість одержати комплексне зображення об'єкту маніпулювання та робочої зони.

Розташовані симетрично відносно площини симетрії комплексу, маніпулятори 1,2 встановлені на платформі 3 колісно-гусеничного шасі із пристроями підвищення прохідності – фліперами 2. Кожен маніпулятор має 5 ступенів вільності і складається із важелів, з'єднаних шарнірами з приводами обертального руху. Камера, встановлена на зворотному від схвату кінці штанги, має 2 ступені вільності.

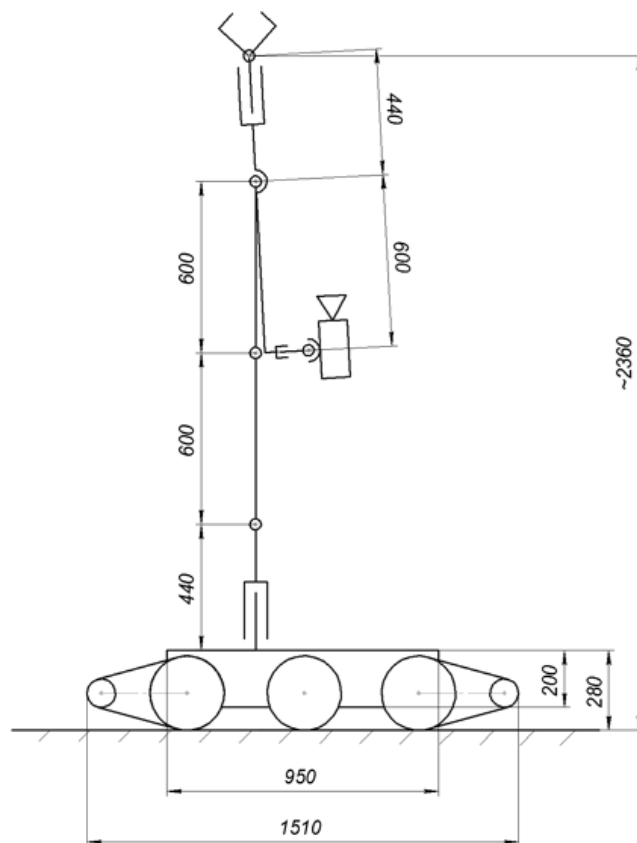
2.2. Кінематика системи двох маніпуляторів

Кінематичною схемою маніпулятора є плоский шарнірний механізм, встановлений на поворотній основі. Маніпулятор має кутову (ангулярну) систему координат – керовані координати q_0, \dots, q_4 з відповідними приводами (рис. 2.2) [16].





б)



в)

Рис.2.2. Кінематична схема окремого маніпулятора (а), габарити комплексу в складеному стані (б) та при найбільшому вильоту схвату (в)

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

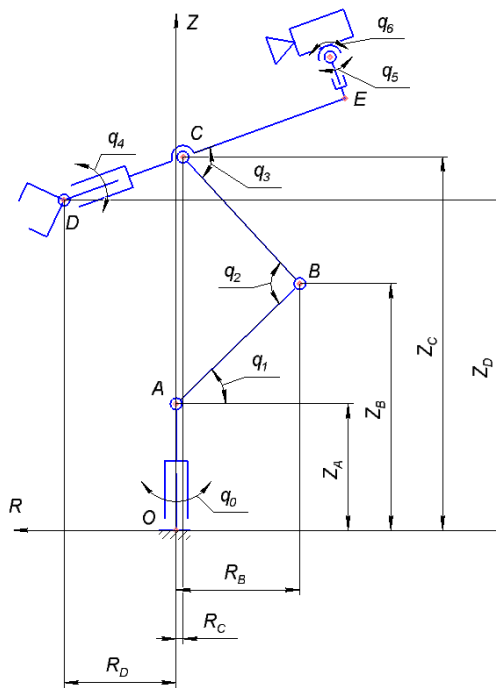
Маніпулятор має 5 ступенів вільності для роботи схвату та 2 додаткові ступені вільності для руху камери. Зміна значень керованих координат здійснюватиметься з пульта дистанційного керування (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

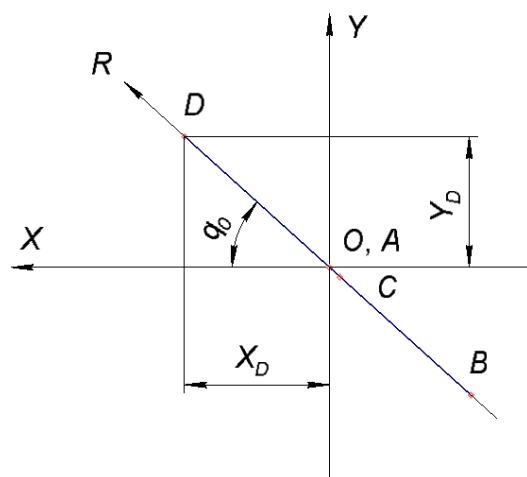
Характеристика змін керованих координат

Назва керованої координати	Діапазон значень, °	Максимальна швидкість зміни, °/сек
q_0	-180..+180	30
q_1	0..180	40
q_2	0..360	40
q_3	0..180	40
q_4	0..360	40
q_5	0..360	50
q_6	-90..+90	50

Для аналізу кінематики, а саме – макропереміщень, необхідно обчислити координати кінця маніпулятора, де знаходиться кріплення схвату, відносно бази кріплення робо-руки. Через те, що механізм є плоским на поворотній основі, введемо в системі координат XYZ з центром в точці О допоміжну площину ROZ, що знаходиться під кутом q_0 до площини XOY (рис. 2.2.4). Послідовно вичислимо проекції точок на осі R та Z, а після – проекцію відрізка OR на осі X та Y (рис. 2.3) [13].



а)



б)

Рис.2.3. Координати точок маніпулятора в площині ROZ (а) та положення цієї площини відносно осей X та Y

Визначаємо проекції точок на вісь R:

$$R_A = 0;$$

$$R_B = -AB \cdot \cos q_1;$$

$$R_C = R_B + BC \cdot \cos(q_2 - q_1);$$

$$R_D = R_C + CD \cdot \cos(q_3 - q_2 + q_1).$$

Визначаємо проекції точок на вісь Z:

$$Z_A = OA;$$

$$Z_B = Z_A + AB \cdot \sin q_1;$$

$$Z_C = Z_B + BC \cdot \sin(q_2 - q_1);$$

$$Z_D = Z_C - CD \cdot \sin(q_3 - q_2 + q_1).$$

Визначаємо проекцію відрізка OR на вісь X:

$$X_D = \cos q_0 \cdot R_D$$

Визначаємо проекції відрізка OR на вісь Y:

$$Y_D = \sin q_0 \cdot R_D$$

Остаточно, формули для знаходження координат точки D (кріплення схвата) відносно бази кріплення маніпулятора:

$$X_D = \cos q_0 (-AB \cdot \cos q_1 + BC \cdot \cos(q_2 - q_1) + CD \cdot \cos(q_3 - q_2 + q_1));$$

$$Y_D = \sin q_0 (-AB \cdot \cos q_1 + BC \cdot \cos(q_2 - q_1) + CD \cdot \cos(q_3 - q_2 + q_1));$$

$$Z_D = OA + AB \cdot \sin q_1 + BC \cdot \sin(q_2 - q_1) - CD \cdot \sin(q_3 - q_2 + q_1).$$

Швидкості та прискорення точки D дорівнюють:

$$V_{X_D} = \frac{d X_D}{dt}; V_{Y_D} = \frac{d Y_D}{dt}; V_{Z_D} = \frac{d Z_D}{dt};$$

$$a_{X_D} = \frac{d^2 X_D}{dt^2}; a_{Y_D} = \frac{d^2 Y_D}{dt^2}; a_{Z_D} = \frac{d^2 Z_D}{dt^2}.$$

Кутові координати точки D дорівнюють (нехтуємо q_4):

$$\varphi_D = 180^\circ - \arctg\left(\frac{tg(q_3 - q_2 + q_1)}{\sin q_0}\right);$$

$$\theta_D = -\arctg\left(\frac{tg(q_3 - q_2 + q_1)}{\cos q_0}\right);$$

$$\psi_D = q_0.$$

Фактичні значення можна визначити після того, як задані закони зміни керованих координат. Класичними є лінійні, синусоїдальні залежності та суми синусоїд.

Для оцінки мікропереміщень маніпулятора використаємо метод через складання матриці Якобі. Мікропереміщення – переміщення точок об'єкту,

що є порівняно малим в порівнянні з його характерними розмірами, на 2..3 порядки менше.

Згідно прямої задачі кінематики, координати виконавчого органу знаходяться в функціональній залежності від значень керованих координат:

$$(x_i) = f[(q_i)],$$

де (x_i) – вектор лінійних та кутових координат кінця маніпулятора;
 (q_i) – вектор керованих координат:

$$(x_i) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix}; (q_i) = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \end{bmatrix}.$$

Після диференціювання та групування змінних, з допущенням рівності диференціалів та малих приростів, отримаємо формулу мікропереміщень:

$$(\delta x_i) = (m_{ij}) \cdot (\delta q_j),$$

де (δx_i) – вектор приростів лінійних та кутових координат кінця маніпулятора; (δq_i) – вектор приростів керованих координат, (m_{ij}) – матриця Якобі $(m_{ij} = \frac{\delta f_i}{\delta q_j}; i = 1..6; j = 1..5)$:

$$(\delta x_i) = \begin{bmatrix} \delta X \\ \delta Y \\ \delta Z \\ \delta \varphi \\ \delta \theta \\ \delta \psi \end{bmatrix}; (\delta q_j) = \begin{bmatrix} \delta q_0 \\ \delta q_1 \\ \delta q_2 \\ \delta q_3 \\ \delta q_4 \end{bmatrix}; (m_{ij}) = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} & m_{45} \\ m_{51} & m_{52} & m_{53} & m_{54} & m_{55} \\ m_{61} & m_{62} & m_{63} & m_{64} & m_{65} \end{bmatrix}.$$

В математичному пакеті MathCAD записуємо залежності лінійних та кутових положень точки D від керованих координат:

$$X := \begin{bmatrix} \cos(q_0) \cdot (-AB \cdot \cos(q_1) + BC \cdot \cos(q_2 - q_1) + CD \cdot \cos(q_3 - q_2 + q_1)) \\ \sin(q_0) \cdot (-AB \cdot \cos(q_1) + BC \cdot \cos(q_2 - q_1) + CD \cdot \cos(q_3 - q_2 + q_1)) \\ OA + AB \cdot \sin(q_1) + BC \cdot \sin(q_2 - q_1) + -CD \cdot \sin(q_3 - q_2 + q_1) \\ 180 - \operatorname{atan}\left(\frac{\tan(q_3 - q_2 + q_1)}{\sin(q_0)}\right) \\ -\operatorname{atan}\left(\frac{\tan(q_3 - q_2 + q_1)}{\cos(q_0)}\right) \\ q_0 \end{bmatrix}$$

Описуємо матрицю Якобі – матрицю відповідних похідних:

$$\begin{pmatrix} \frac{d}{dq_0} X_0 & \frac{d}{dq_1} X_0 & \frac{d}{dq_2} X_0 & \frac{d}{dq_3} X_0 & \frac{d}{dq_4} X_0 \\ \frac{d}{dq_0} X_1 & \frac{d}{dq_1} X_1 & \frac{d}{dq_2} X_1 & \frac{d}{dq_3} X_1 & \frac{d}{dq_4} X_1 \\ \frac{d}{dq_0} X_2 & \frac{d}{dq_1} X_2 & \frac{d}{dq_2} X_2 & \frac{d}{dq_3} X_2 & \frac{d}{dq_4} X_2 \\ \frac{d}{dq_0} X_3 & \frac{d}{dq_1} X_3 & \frac{d}{dq_2} X_3 & \frac{d}{dq_3} X_3 & \frac{d}{dq_4} X_3 \\ \frac{d}{dq_0} X_4 & \frac{d}{dq_1} X_4 & \frac{d}{dq_2} X_4 & \frac{d}{dq_3} X_4 & \frac{d}{dq_4} X_4 \\ \frac{d}{dq_0} X_5 & \frac{d}{dq_1} X_5 & \frac{d}{dq_2} X_5 & \frac{d}{dq_3} X_5 & \frac{d}{dq_4} X_5 \end{pmatrix} \rightarrow$$

Матриця-результат розрахунків:

$$\begin{bmatrix}
 -\sin(q_0) \cdot (CD \cdot \cos(q_1 - q_2 + q_3) - AB \cdot \cos(q_1) + BC \cdot \cos(q_2 - q_1)) & \cos(q_0) \cdot (AB \cdot \sin(q_1) - CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) + BC \cdot \sin(q_2 - q_1)) & \cos(q_0) \cdot (CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) - BC \cdot \sin(q_2 - q_1)) & -CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) \cdot \cos(q_0) & 0 \\
 \cos(q_0) \cdot (CD \cdot \cos(q_1 - q_2 + q_3) - AB \cdot \cos(q_1) + BC \cdot \cos(q_2 - q_1)) & \sin(q_0) \cdot (AB \cdot \sin(q_1) - CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) + BC \cdot \sin(q_2 - q_1)) & \sin(q_0) \cdot (CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) - BC \cdot \sin(q_2 - q_1)) & -CD \cdot \sin(q_1 - q_2 + q_3) \cdot \sin(q_0) & 0 \\
 0 & AB \cdot \cos(q_1) - CD \cdot \cos(q_1 - q_2 + q_3) - BC \cdot \cos(q_2 - q_1) & CD \cdot \cos(q_1 - q_2 + q_3) + BC \cdot \cos(q_2 - q_1) & -CD \cdot \cos(q_1 - q_2 + q_3) & 0 \\
 \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3) \cdot \cos(q_0)}{\sin(q_0)^2 \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\sin(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\sin(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\sin(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\sin(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\sin(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\sin(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\sin(q_0)^2} + 1 \right)} & 0 \\
 -\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3) \cdot \sin(q_0)}{\cos(q_0)^2 \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\cos(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\cos(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\cos(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\cos(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\cos(q_0)^2} + 1 \right)} & \frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2 + 1}{\cos(q_0) \cdot \left(\frac{\tan(q_1 - q_2 + q_3)^2}{\cos(q_0)^2} + 1 \right)} & 0
 \end{bmatrix}$$

Завдяки антропоморфній компоновці маніпулятора отриманий великий робочий простір. Він має складну форму та близький до півсфери. Для оцінки розглянемо робочий простір у фронтальній, боковій та горизонтальній проекціях. Для подальших розрахунків введемо позначення: S_{ϕ} – площа робочого простору у фронтальній площині; S_r – площа робочого простору у горизонтальній площині; S_{π} – площа робочого простору у профільній площині; індекс позначає належність робочого простору до першого або другого маніпулятора, пересічення (\wedge) або суми (\vee) відповідних робочих просторів.

Робочий простір в фронтальній площині (рис. 2.4) дорівнює:

$$S_{\phi 1} = S_{\phi 2} = 3.84 \text{ м}^2;$$

$$S_{\phi 1\wedge 2} = 3.40 \text{ м}^2;$$

$$S_{\phi 1\vee 2} = 4.32 \text{ м}^2.$$

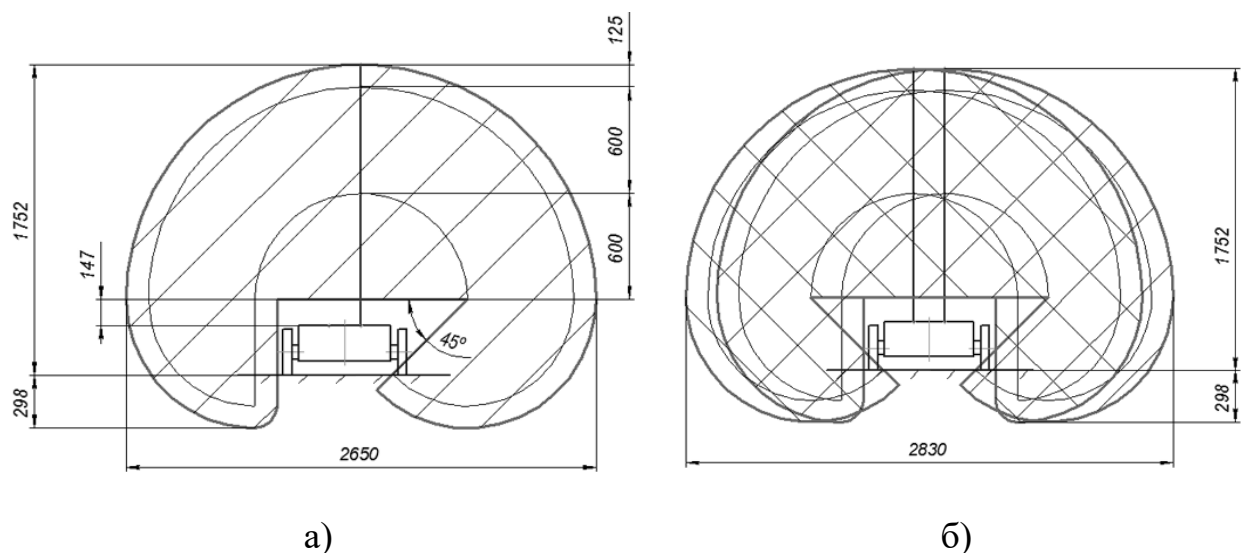


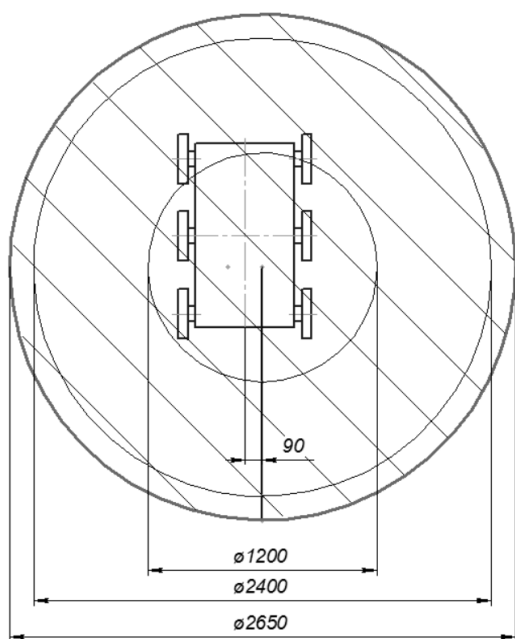
Рис. 2.4. Робочий простір маніпулятора в фронтальній площині з одиничним маніпулятором (а) та з системою маніпуляторів (б)

Робочий простір в горизонтальній площині (рис. 2.5) дорівнює:

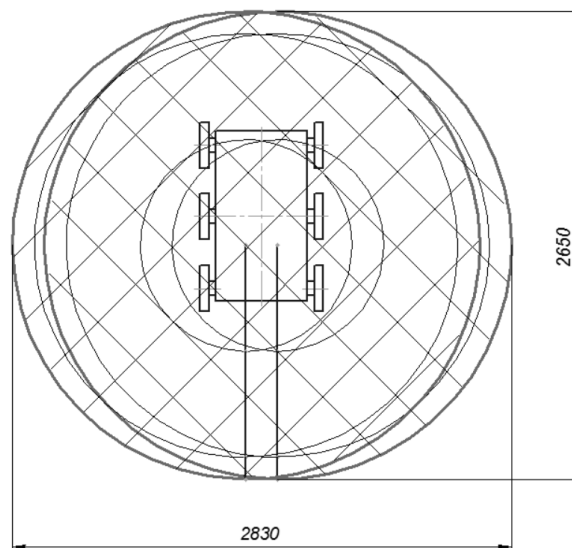
$$S_{r 1} = S_{r 2} = 5.49 \text{ м}^2;$$

$$S_{r 1\wedge 2} = 5.02 \text{ м}^2;$$

$$S_{r 1\vee 2} = 5.98 \text{ м}^2.$$



а)



б)

Рис. 2.5. Робочий простір маніпулятора в горизонтальній площині з одиничним маніпулятором (а) та з системою маніпуляторів (б)

Робочий простір в профільній площині (рис. 2.6) дорівнює:

$$S_{п1} = S_{п2} = 3.46 \text{ м}^2.$$

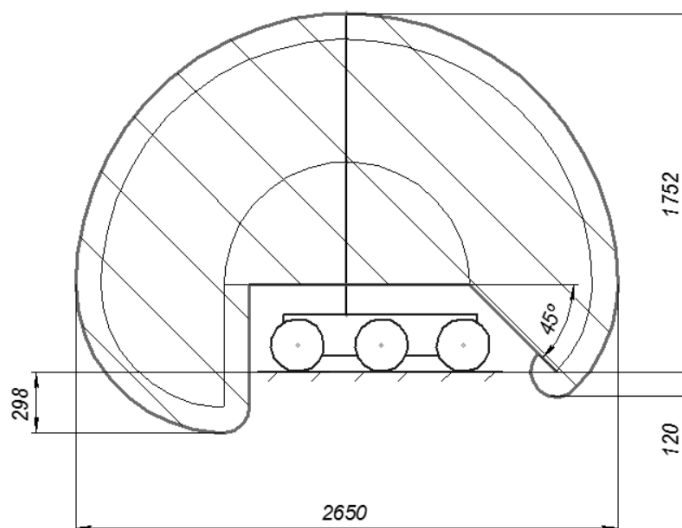


Рис. 2.6. Робочий простір маніпулятора в профільній площині

Визначимо коефіцієнти збільшення загального робочого простору у фронтальній та горизонтальній площинах через наявність двох маніпуляторів. Вони складають:

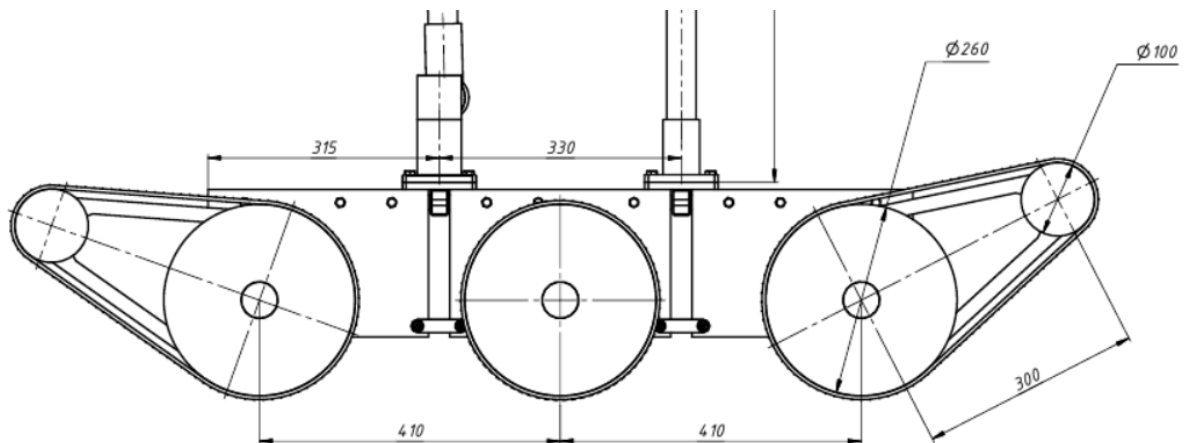
$$k_{\phi} = \left(\frac{S_{\phi 1v2}}{S_{\phi 1}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{4.32}{3.84} - 1 \right) \cdot 100\% = 13\%;$$

$$k_{\Gamma} = \left(\frac{S_{\Gamma 1v2}}{S_{\Gamma 1}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{5.98}{5.49} - 1 \right) \cdot 100\% = 9\%.$$

Таким чином, установка другого маніпулятора збільшує робочий простір на 13% у фронтальній площині та на 9% у горизонтальній площині; більша частина робочого простору доступна для оперування обома маніпуляторами, що розширює функціональні можливості.

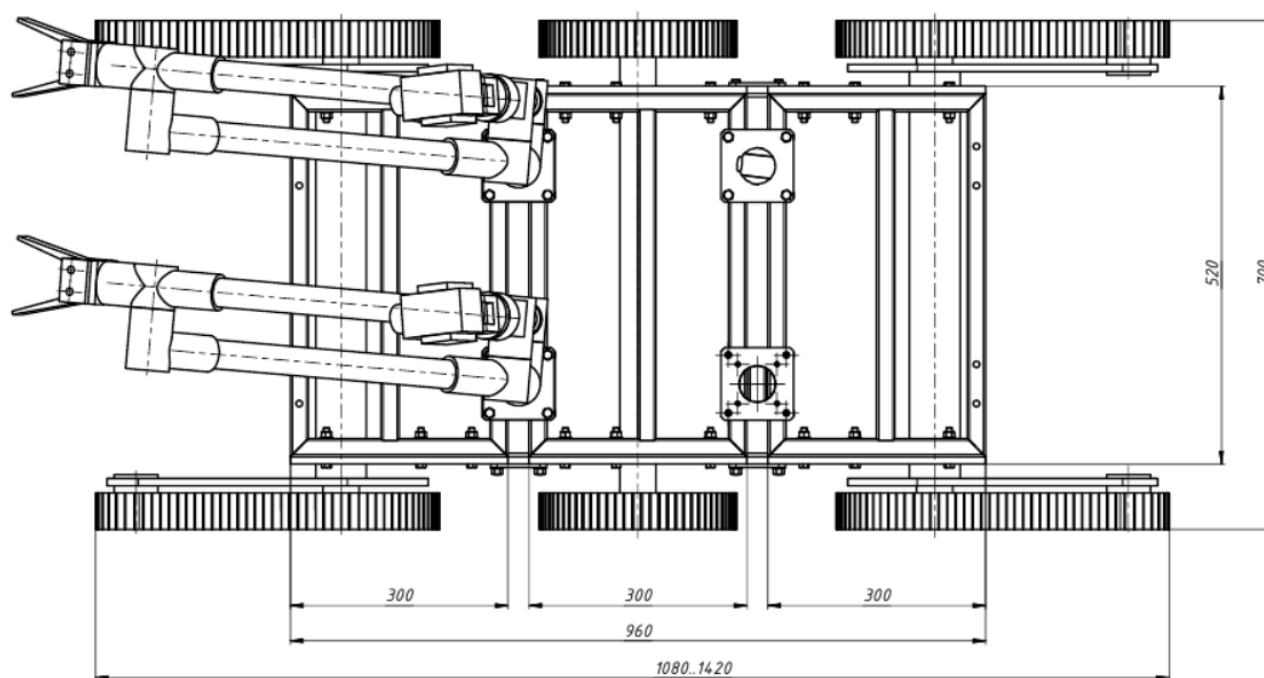
2.3. Проектування конструкції модулів шасі

Мобільний роботизований комплекс з системою маніпуляторів буде використовувати для пересування по землі колісно-гусеничне шасі. В даній компоновці використані три модулі: передній та задній обладнані фліперами з гусеничним шасі, середній – колісне шасі (рис. 2.7).

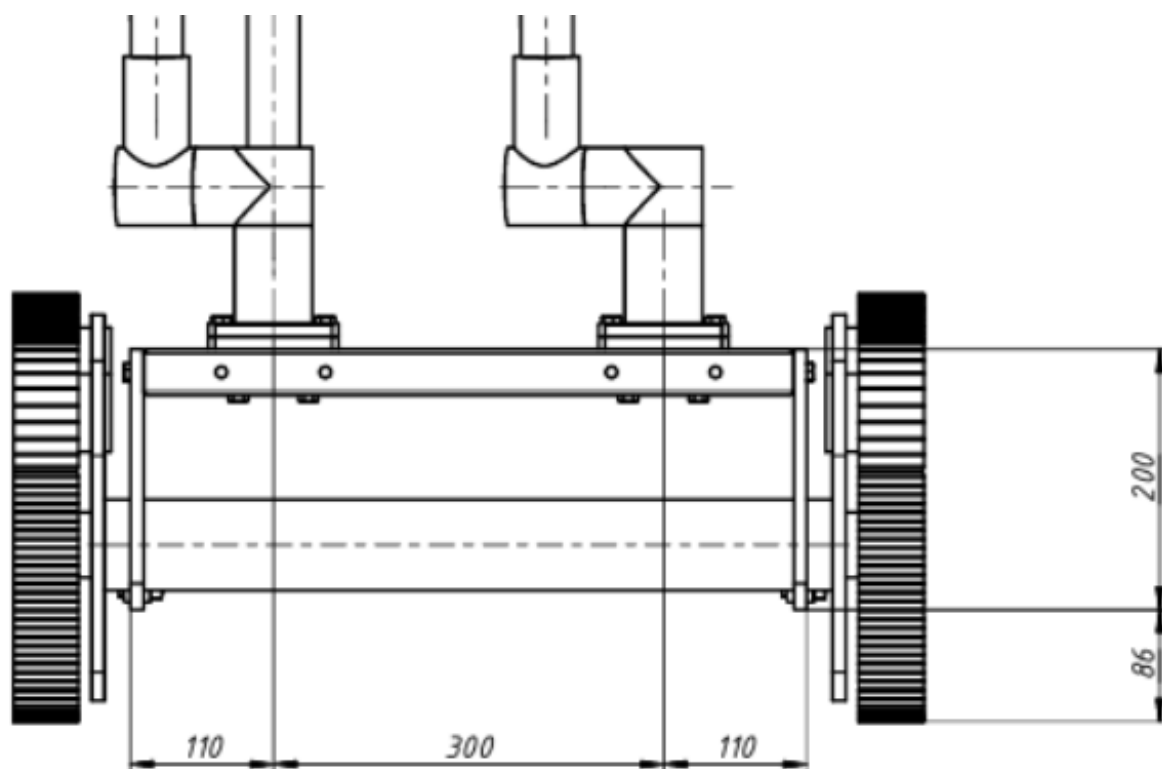


а)

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



б)



в)

Рис.2.7. Вигляд шасі в профільній (а), горизонтальній (б)
та фронтальній (в) площинах

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Фліпери – пристрої підвищення прохідності. Завдяки їх можливості обертатися навколо осі – наземний роботизований комплекс зможе долати складні перешкоди, що часто непідвласні традиційним колесам та гусеницям. В умовах міста – це сходи, високі бордюри. Також вони дають можливість збільшити кліренс з 86мм до 300мм при установці їх в нижнє положення; загальна довжина шасі варіюється з 1080мм до 1420мм; фліпери можуть бути використані як упори в землю для збільшення стійкості на місці.

Для керування нахилом кліперів, обертання осей коліс мають бути використані керовані електродвигуни, забезпечені акумулятори для їх автономного живлення, створене електронне обладнання для подачі керуючих сигналів на двигуни та аналізу інформації з датчиків.

Для розширення маневрування та збільшення стабільності може бути створена інтелектуальна система керування фліперами. Мобільний роботизований робот має передній та задній фліпери, що можуть обертатися навколо своєї осі. Ці пристрої збільшення прохідності в сукупності з приводними керованими серводвигунами дозволяють ефективніше долати перешкоди.

За допомогою камер та системи розпізнавання об'єктів (3D-сканування) можна створити тривимірну модель певної території та запланувати на певний період часу сценарію проходження цієї поверхні з використанням багатфакторного аналізу. Критеріями вибору одного сценарію з нескінченної їх множини можуть виступати мінімізація загального часу проходження території, мінімізація динамічних навантажень на маніпулятори (рис. 2.8).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

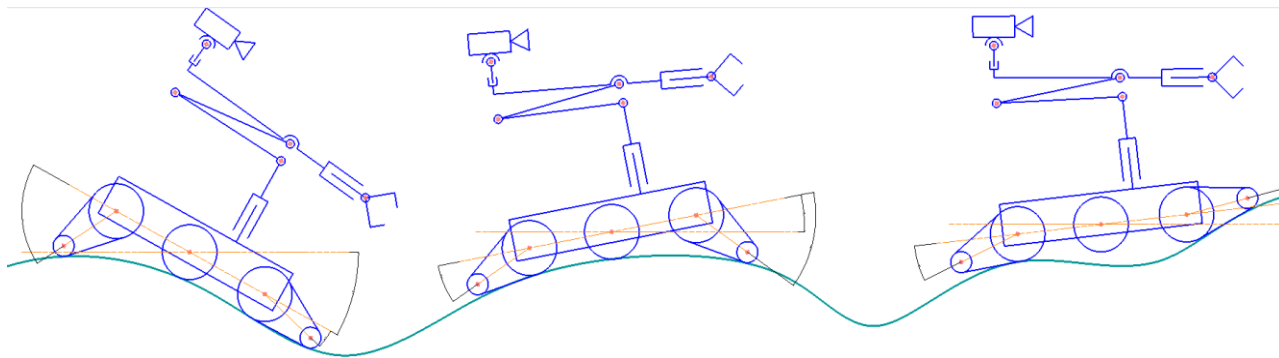


Рис. 2.8. Приклад керування фліперами з метою збільшення стійкості та контакту шасі з поверхнею складного ландшафту

Програма, що формуватиме сценарій проходження маршруту, матиме як вхідні дані: тривимірну модель території, поточні значення кутів (між горизонтом та корпусом, між фліперами та корпусом робота); як вихідні дані: схема керування кутами між фліперами та корпусом (оптимальним є максимальний дотик траків із поверхнею), схема керування приводними двигунами (можливе зниження кутової швидкості та відповідне збільшення обертового моменту при проковзуванні) [26].

2.4. Проектування з'єднання модулів шасі та маніпуляторів

Важливою частиною проекту є елемент «З'єднання» (додаток 3). Завдяки ньому скріплюються між собою модулі шасі, є базою для установки маніпулятора, камери відеоспостереження на штанзі та ін. (рис. 2.9).

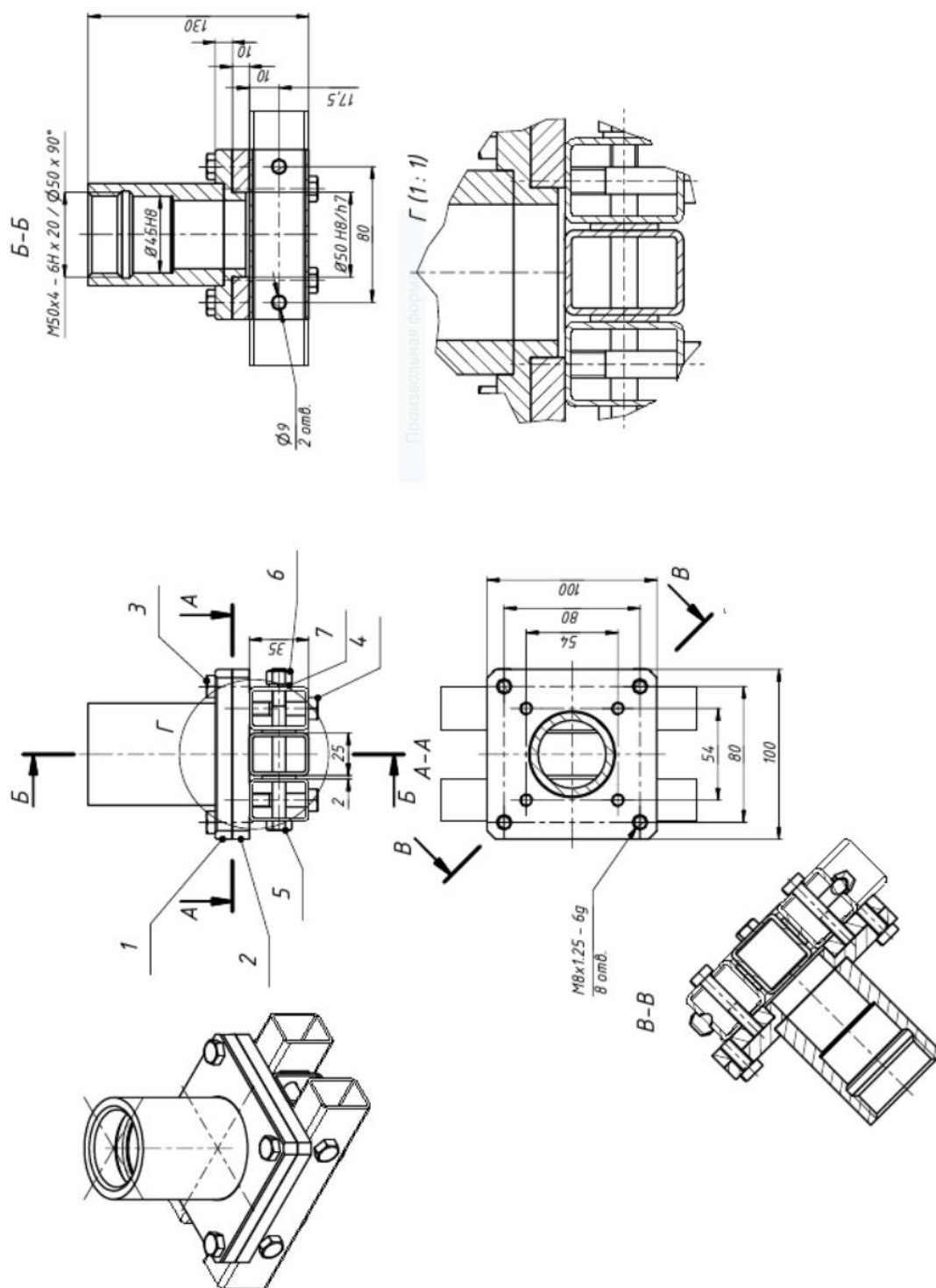


Рис. 2.8. Складальне креслення вузла «З'єднання»

Опора манипулятора (1) складається з верхньої (труби) та нижньої частини (фланця), що попередньо з'єднані двома зварними швами по круговому контуру. Опора центрується по осі контактом вала та отвору $\varnothing 50$ та фіксується-

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

ся чотирма болтами М8 ГОСТ 15589-70 довжиною 20мм до пластини підставки 2. До пластини приварена труба-вставка розмірами 35x25x2 ГОСТ 8645-68 довжиною 100мм. До труби вздовж попередньо приварені двома швами дистанційні пластини через наявність зварних швів, що викривляють поверхню контакту труби-вставки та труб рами шасі. Ці труби кріпляться до пластини чотирма болтами М8 довжиною 45мм та стягуються двома болтами М8 довжиною 90мм, відповідними гайками ГОСТ 15526-70 та гроверами ГОСТ 6402-70 для запобігання розкручуванню. Ділянки труб, що належать до модулів шасі показані в збірці для ілюстрації. Для деталей, що не є стандартизованими, розроблені креслення для подальшого виготовлення.

- Кріплення маніпулятора складається з двох частин. Даний вузол може бути виконаний у вигляді цільної деталі, але це призведе до великої кількості металу, знятого обробкою різанням. Тому вузол виконаний з двох деталей, з'єднаних двома швами ручного дугового зварювання по замкнутому контуру з наступним зняттям посилення шва. Фаски, необхідні для зварювання, не показані на кресленні, бо вказаний спосіб зварювання носить рекомендаційний характер і може бути замінений на інший.

Верхня частина виконується із сталюї труби $\varnothing 60$ зі Сталі 40Х ГОСТ 13663-86. Обробка токарна. Відповідальні поверхні: отвір $\varnothing 40H8$, що служить для встановлення сервоприводу; різьба М50, що буде використана для встановлення кришки над двигуном (рис. 2.9).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

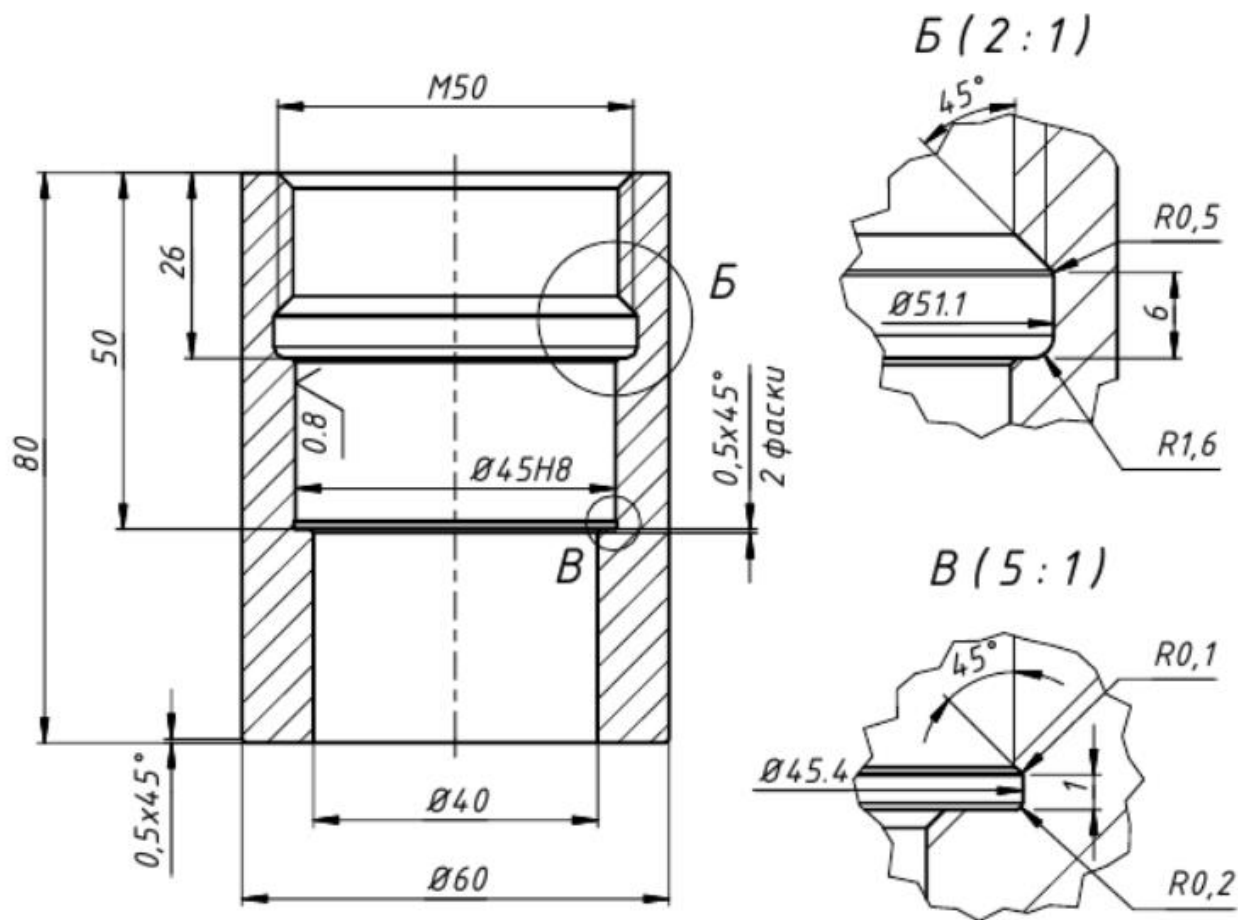


Рис. 2.9. Нижня частина кріплення маніпулятора - Труба

Нижня частина виконується із квадратного каліброваного сталюго прутка 100x100 зі Сталі 40Х ГОСТ 13663-86. Обробка фрезерно-токарна. Відповідальні поверхні: циліндричний виступ $\varnothing 50h8$; його циліндрична поверхня та площина пластини, що мають бути оброблені шліфуванням Ra0.8 та має бути витримана перпендикулярність вказаної площини до осі виступу (рис. 2.10).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

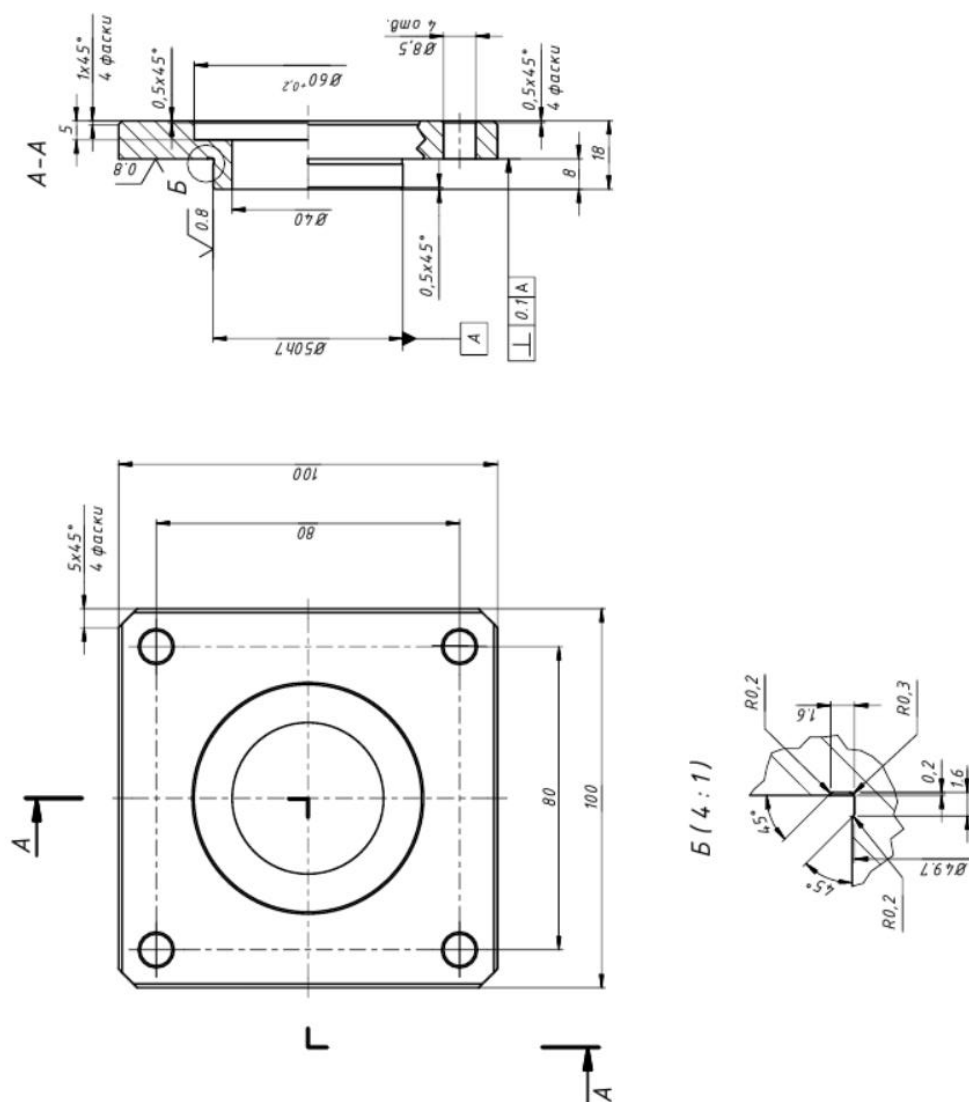


Рис. 2.9. Верхня частина кріплення маніпулятора - Фланець

Пластина, що належить до складальної одиниці Підставка виконується із квадратного каліброваного сталюго прутка 100x100 Сталь 40Х ГОСТ 13663-86. Обробка координатно-розточувальна. Відповідальні поверхні: отвір $\varnothing 50H8$; дві групи по 4 отвори з різьбою М8 зверху та знизу пластини; отвір та верхня площа пластини, що мають бути оброблені шліфуванням Ra0.8 (рис. 2.10).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

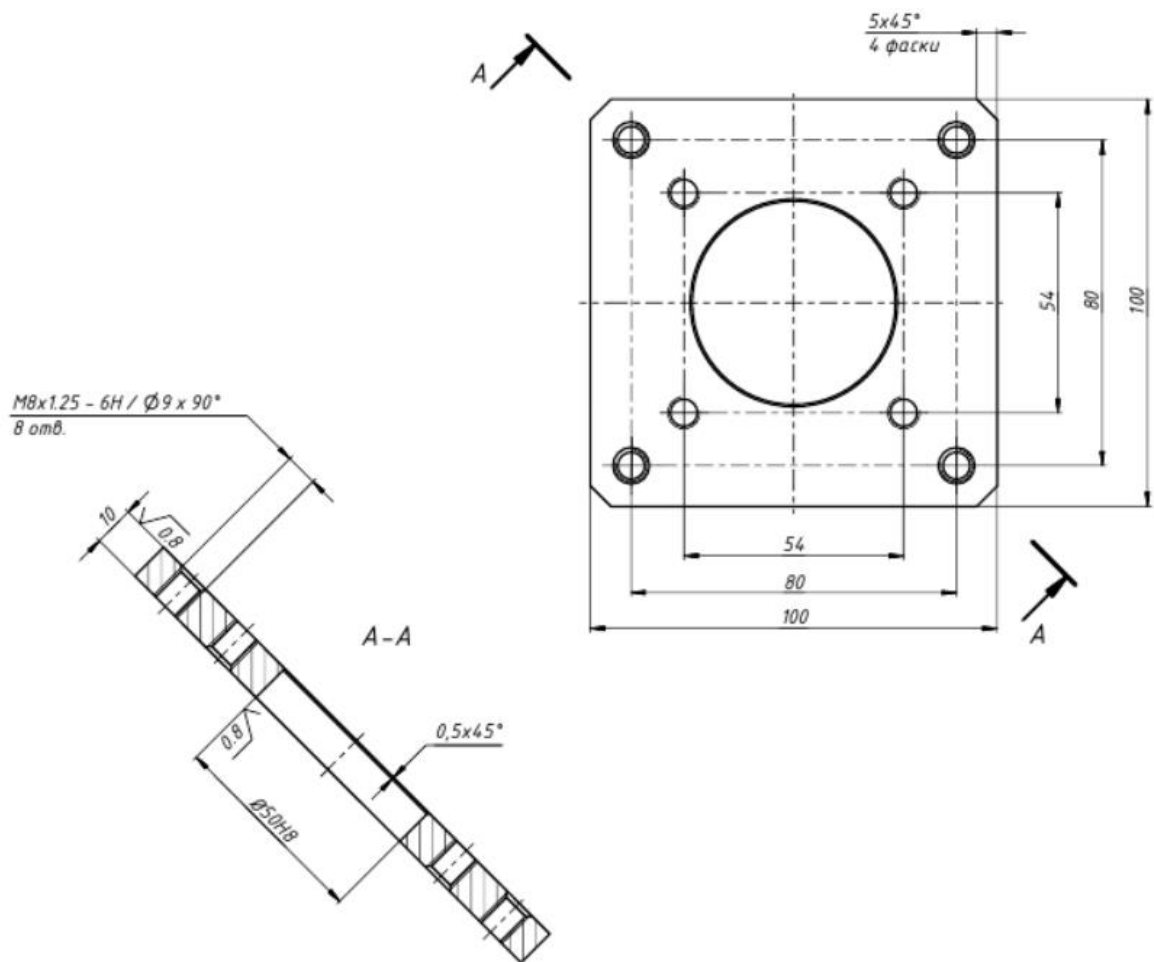


Рис. 2.10. Пластина

Пластина дистанційна виконується із сталюї полоси 2х20 зі сталі Ст3 ГОСТ 103-76. Обробка – відрізання пластини потрібної довжини та пробивання отворів $\varnothing 9$ на пресі (рис. 2.11).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

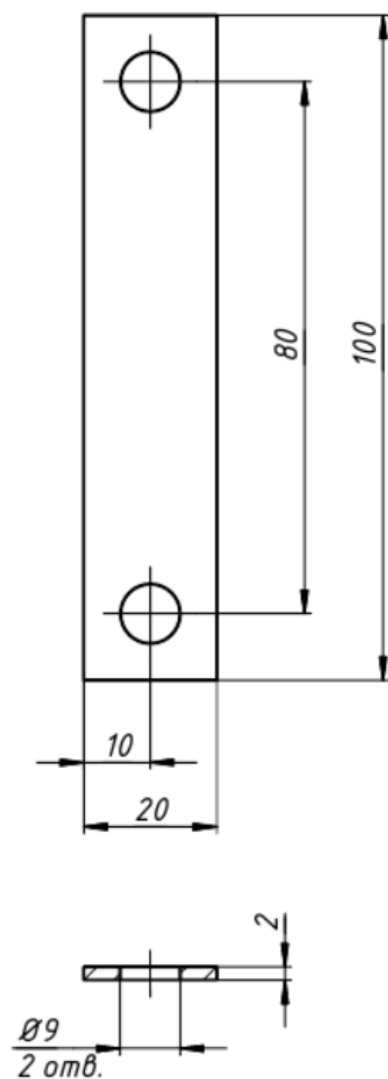


Рис. 2.11. Пластина дистанційна

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

3. Інноваційна діяльність
по темі Мобільний роботизований комплекс
3.1. Патентний пошук по категорії маніпуляторів,
встановлених на шасі або колеса

Для систематизації інформації та полегшення патентного пошуку були визначені УДК та МПК для проекту.

- Універсальна десяткова класифікація (УДК) – Universal Decimal Classification – індекс, створений для упорядковування створеної людьми інформації, розроблений Консорціумом УДК.

Проект Мобільного роботизованого комплексу з системою маніпуляторів віднесено до групи УДК 623.67 – «Знешкодження боеприпасів, що не розірвалися, знищення старих. Знешкодження бомб». Проект роботи належить до «Інженерної справи», а саме – «Військової техніки» – «Військово-інженерного обладнання та роботи по інженерному забезпеченню» [11, 28].

- Міжнародна патентна класифікація (МПК) – International Patent Classification – система класифікації патентів та корисних моделей, введена Страсбурзькою угодою.

Проект віднесено до груп В25J 5/00 «Маніпулятори, встановлені на колеса або шасі» та F41H 11/00 «Організація оборони. Захисні пристрої. Засоби знешкодження та знаходження наземних мін» [2006.01]. Були обрані дві категорії, щоб висвітлити як структуру комплексу (маніпулятори на самохідному шасі), так і його призначення (розмінування) [5, 20].

Результати патентно-інформаційного пошуку:

- Відомий Мобільний робот, патент RU 2487007 С1. Мобільний робот містить платформу, встановлену на транспортному засобі, прилад для ідентифікації перешкод на шляху, систему керування, маніпулятор. Маніпулятор виконаний у вигляді обладнаних приводами та шарнірно з'єднаних ланок, на кінці якого встановлений прилад для виявлення перешкод. Робот може бути

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використаний для ліквідації надзвичайних ситуацій, наприклад для знаходження та знищення вибухонебезпечних пристроїв (рис. 3.1).

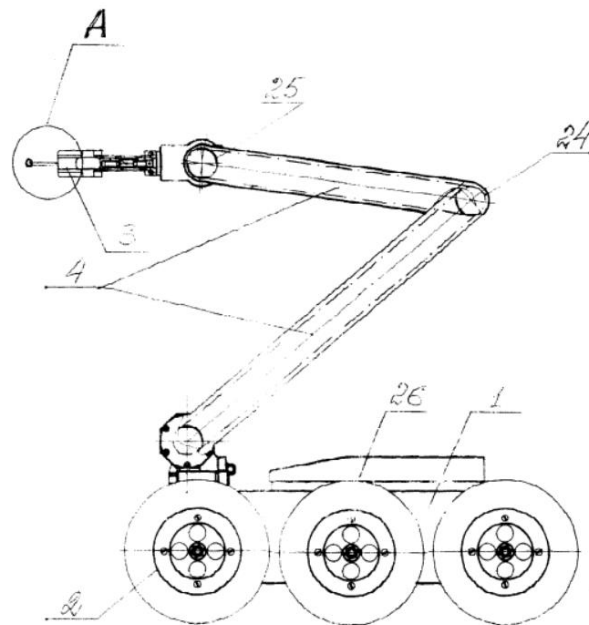


Рис. 3.1. Загальний вид мобільного робота

Технічною задачею даного винаходу є підвищення точності виявлення перешкод, що вирішується відповідним пристроєм, що містить рухомий щуп з наконечником та позиційно-чутливий датчик, що складається з оптично пов'язаних джерела випромінювання, об'єктиву та фотоприймача (рис. 3.2).

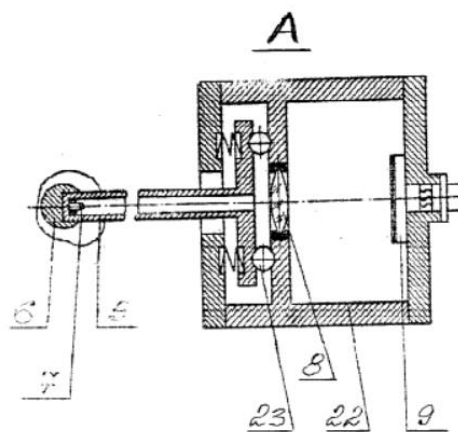


Рис. 3.2. Конструкція щупа мобільного робота

Інформація про наявність перешкод та про пройдений шлях поступає в систему керування, що управляє рухом транспортного засобу та приладом для визначення перешкод, забезпечує необхідні оберти кожного колеса та відповідні рухи робота без проковзування платформи при поворотах, керовані під'їзди та від'їзди від перешкод на шляху [18].

- Відомий Збірний мобільний робот – патент RU 174140 U1. Робот включає в себе платформу, два колеса, два колісних вала з вмонтованими в них колесами, два електродвигуни, блок живлення, бортовий комп'ютер, блоки різноманітних датчиків, реконфігуруємий корпус (рис. 3.3).

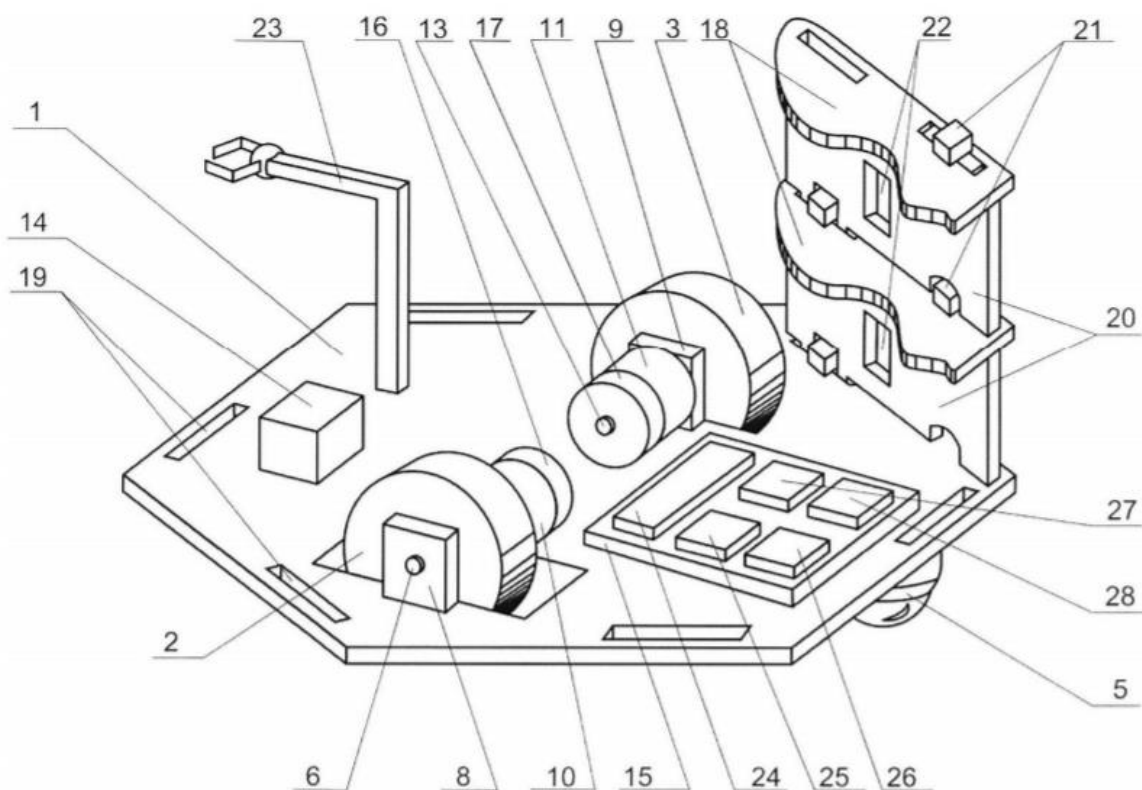
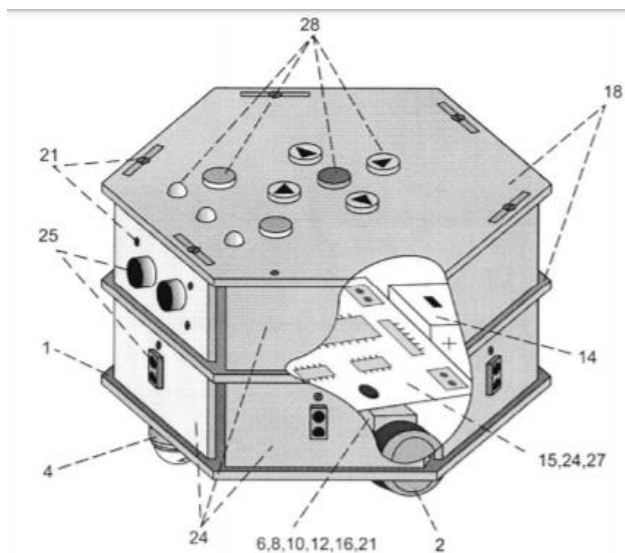
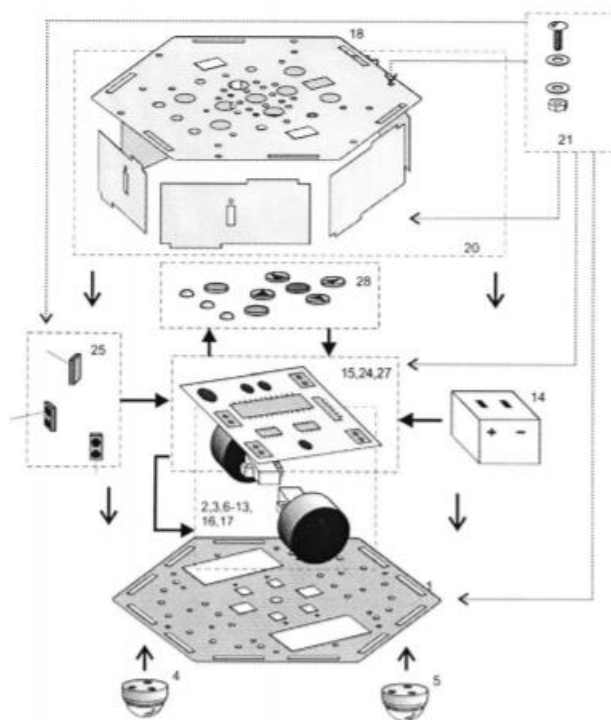


Рис. 3.3. Конструкція Збірного мобільного робота

Технологічні отвори в корпусі є передбаченими отворами для кріплення з'єднувальними механізмами: блока перепрограмування, блока датчиків відстані, блока оптичних датчиків, блока датчиків позиціонування та навігації, блока комунікації та блока виконавчих пристроїв (рис. 3.4) [25].



а)



б)

Рис. 3.4. Вид комплексу з двох модулів у зібраному стані (а)
та один з них у розібраному стані (б)

- Відомий Мобільний робототехнічний комплекс – патент RU 2241594. Комплекс з дистанційним керуванням, призначений для роботи в екстремальних умовах, складається з антропоморфного маніпулятора, встановленого на

корпусі самохідного шасі, блоку електроавтоматики та телемеханіки, поста дистанційного керування (рис. 3.5).

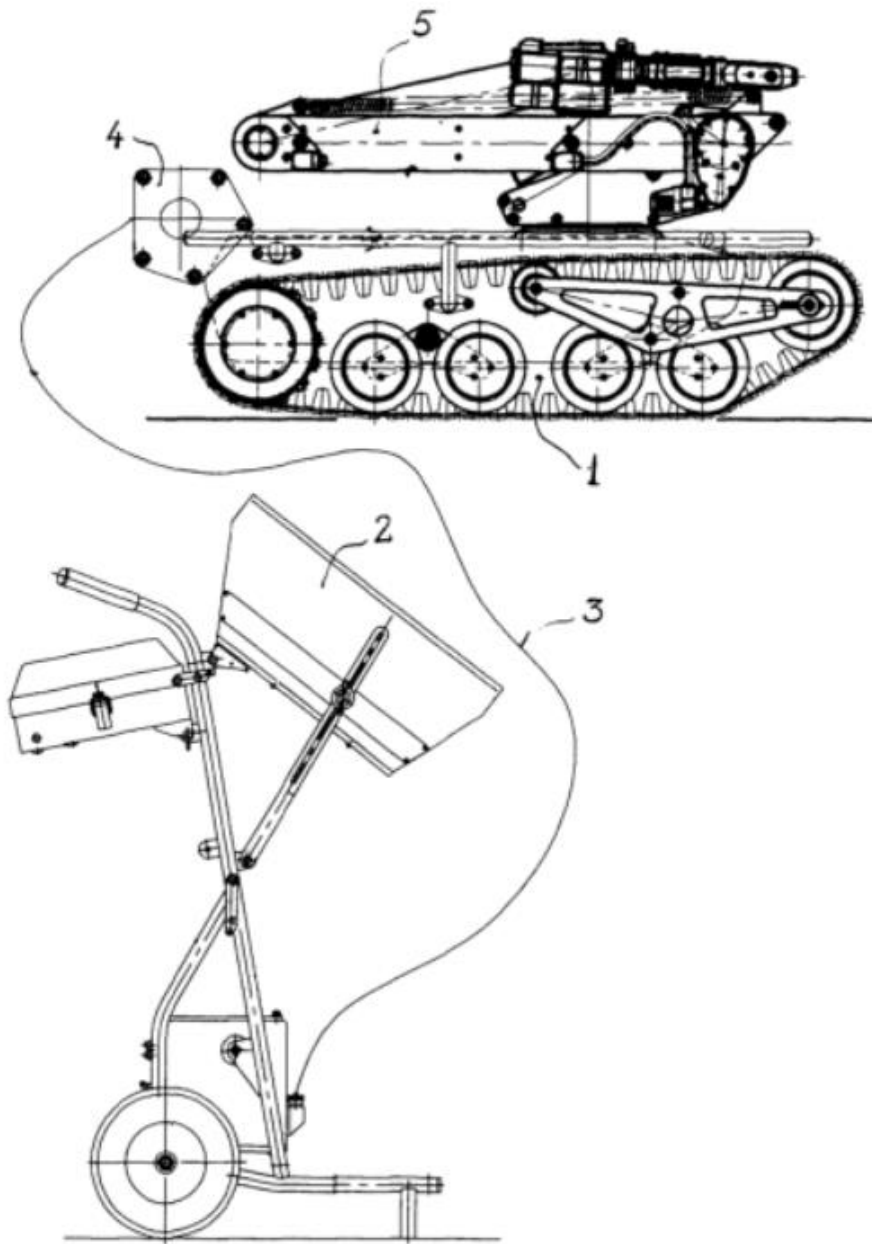
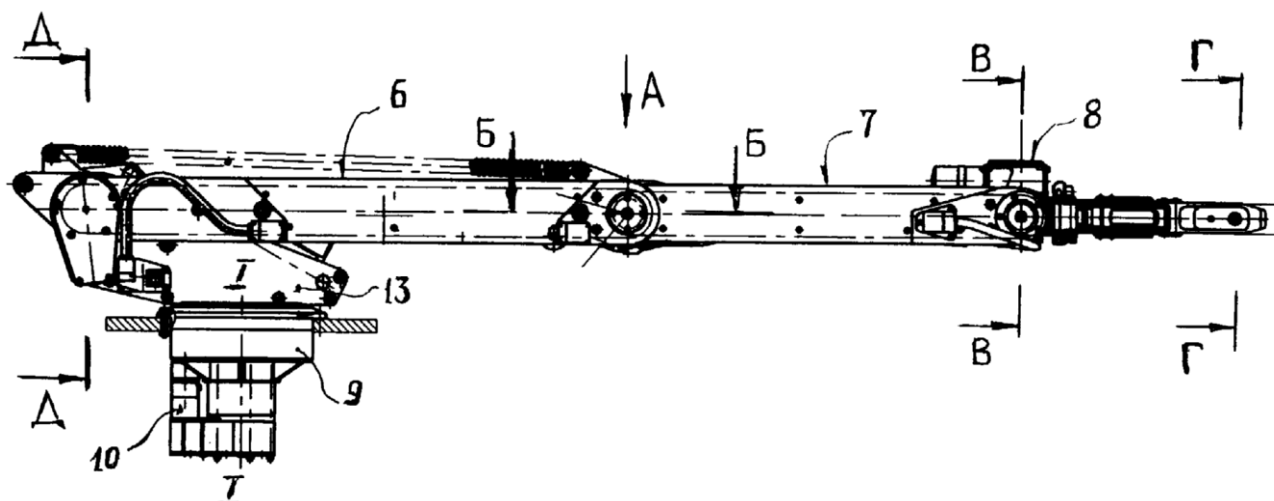
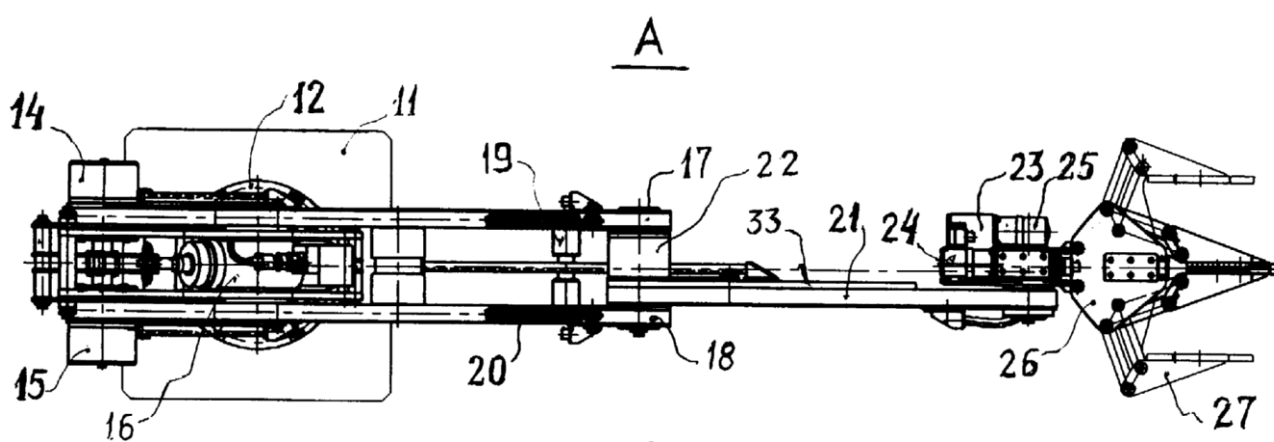


Рис. 3.5. Загальний вид Мобільного робототехнічного комплексу

Суттєвою перевагою є конструкція антропоморфного маніпулятора, що при максимальному вильоті руки має вантажопідйомність більшу за власну вагу. Це досягається тим, що конструкція силового плеча маніпулятора виконана у вигляді жорсткої просторової рами, що складається з поздовжніх щік та поперечних стяжок (рис. 3.6).



а)



б)

Рис. 3.6. Маніпулятор Мобільного робототехнічного комплексу в розвернутому положенні: вид збоку (а) та вид зверху (б)

В головній частині він має активний шарнір диференціального типу, розвантажувальні пружини (рис. 3.7).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

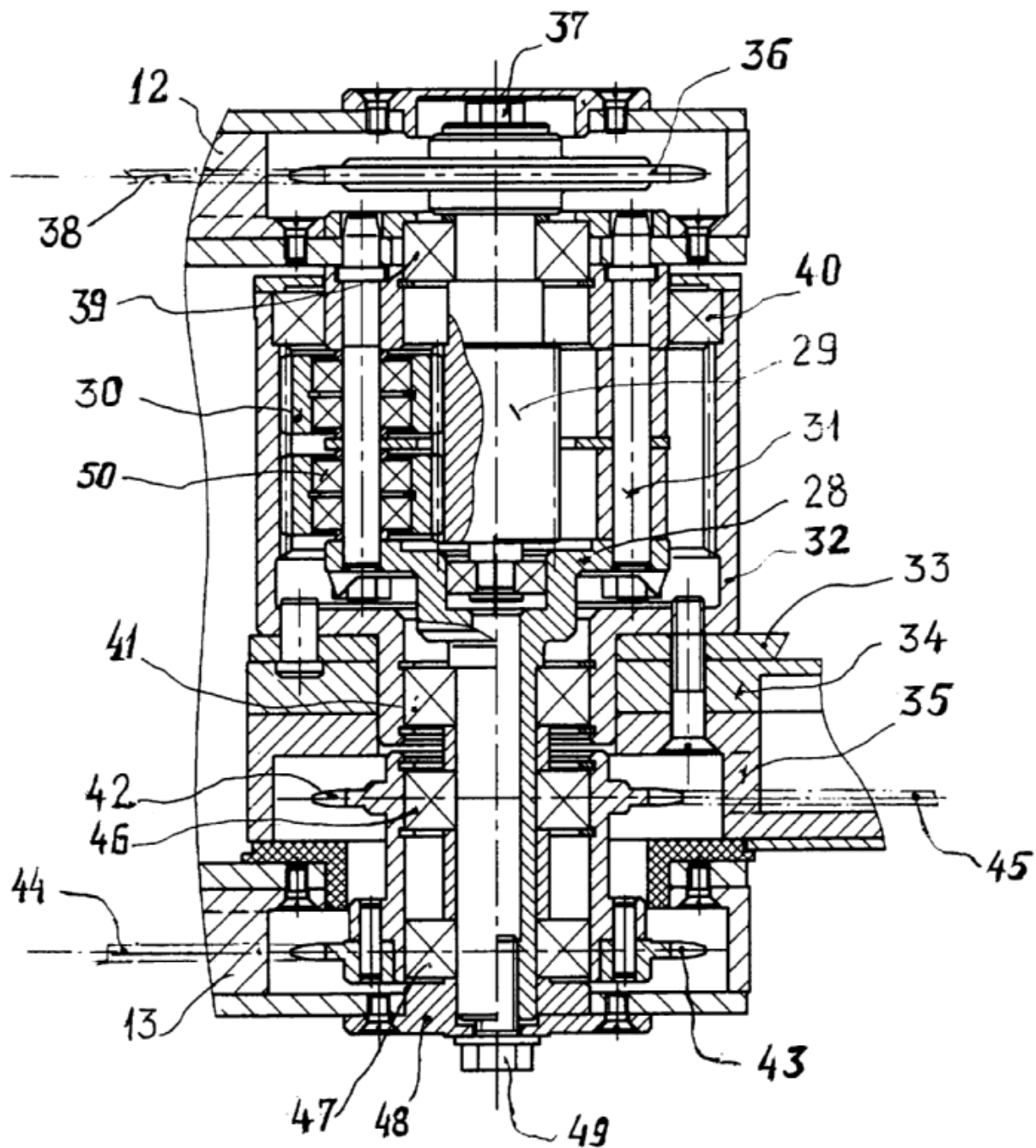


Рис. 3.7. Диференціальний шарнір в розрізі

В маніпуляторі приводи передпліччя та кисті встановлені на платформі опорно-поворотного пристрою. В приводах ведучі зірочки являють собою одночасно корпусами водил планетарних редукторів. Робота схвата та антропоморфного маніпулятора регулюється з поста керування (рис. 3.8) [19].

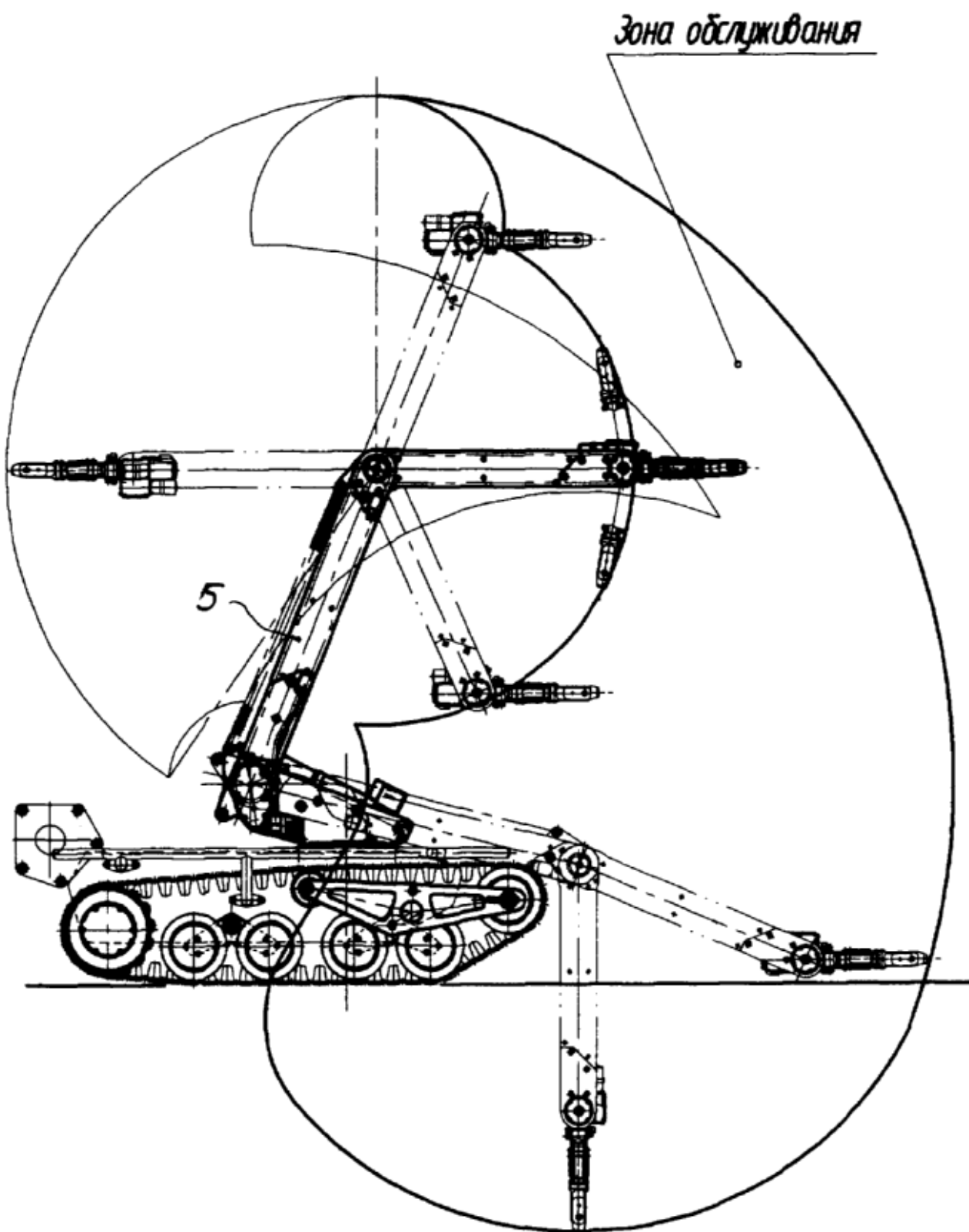


Рис. 3.8. Робочий простір маніпулятора
Мобільного роботизованого комплексу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

56

3.2. Опис конструкції мобільного робота, на який подана заявка на патент України

В конструкції розробленого мобільного роботизованого комплексу та системи маніпуляторів зворотній зв'язок забезпечується лише за рахунок безпосереднього спостереження схватів через відповідні відеокамери оператором. Наявність забезпечуваного електронікою зворотного зв'язку могла б суттєво підвищити точність маніпулювання. Для реалізації цієї мети разом групою співавторів (Струтинський В., Гуржій А., Новак В., Вакуленко С.) була розроблена оптично-електронна система та оформлена заявка на патент України на модель та корисний винахід (додаток 2); заявка знаходиться на розгляді патентного відділу НТУУ КПІ (рис. 3.9).

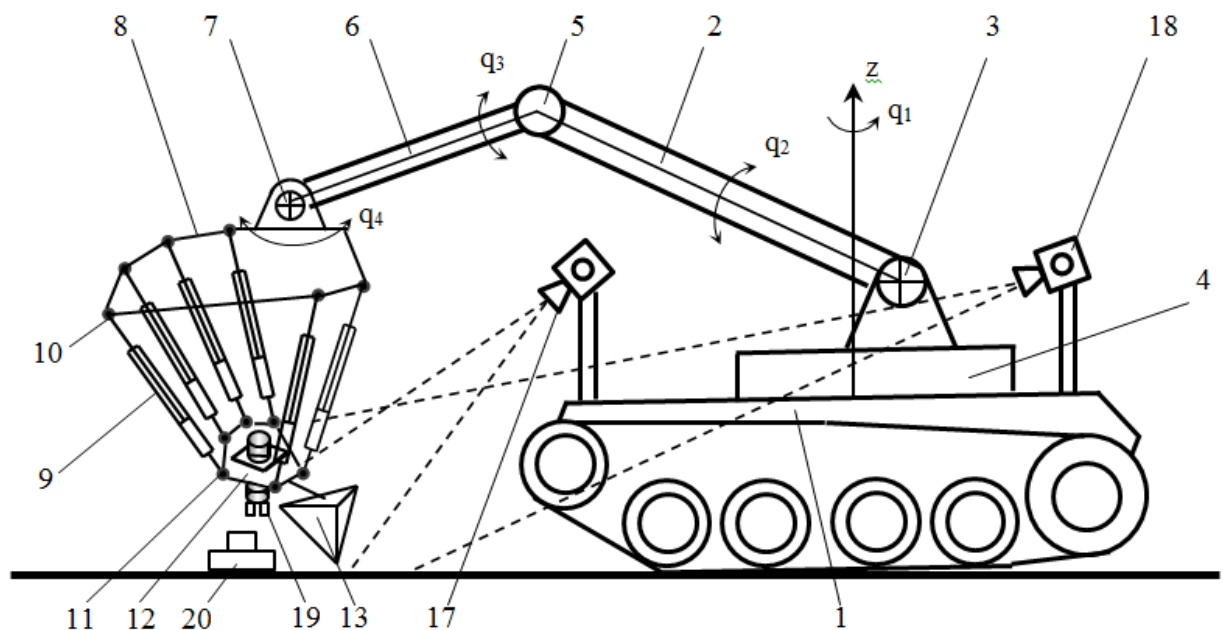


Рис.3.9. Конструктивна схема мобільного робототехнічного комплексу

Мобільний роботизований комплекс має самохідне шасі, антропоморфний маніпулятор з пристроєм на кінці з паралельними кінематичними структурами, на кінці якого жорстко встановлений пристрій визначення точного просторового положення платформи, що виконаний у вигляді тригранної піраміди спеціальної форми. За допомогою встановлених на шасі 3D-сканерів,

можна точно визначити положення цієї піраміди, а разом з нею – вершини маніпулятора (рис. 3.10).

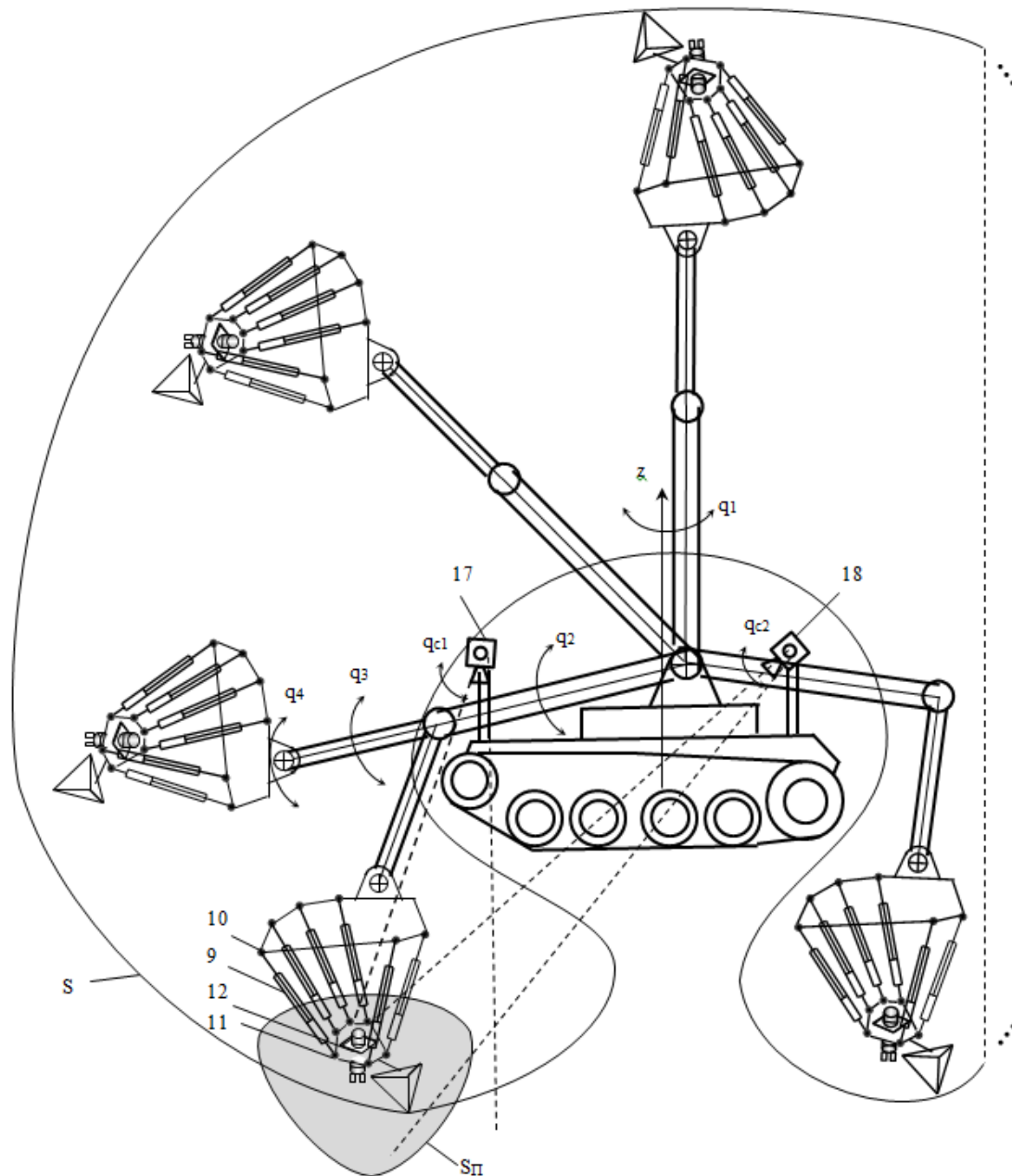


Рис.3.10. Робочий простір маніпулятора

Запропоноване технічне рішення є новим у порівнянні з відомими конструкціями та підвищує точність маніпулювання, необхідну при оперуванні небезпечними об'єктами. Це дає можливість створювати програми деякого спектру стандартних операцій, що виконувались би машиною в авто-

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

матичному режимі з використанням зворотного зв'язку, знімаючи частину навантаження з оператора мобільного робота-сапера, що працює в морально складних умовах.

3.3. Представлення проекту мобільного роботизованого комплексу на конкурс оборонних технологій Sikorsky Challenge

У складі команди проекту №37 «Експериментальний роботизований комплекс для відпрацювання основних положень проектування мобільних роботів спеціального призначення» у травні 2019 року мною була взята участь в Конкурсі оборонних технологій під керівництвом стартап-школи Sikorsky Challenge (додаток 1). Команда проекту: Струтинський В.Б., д.т.н., професор; Юрчишин О.Я., к.т.н., доцент; Кравець О.М., к.т.н., доцент; Костриця С.М., зав. Лабораторією; Полунічев В.Е., аспірант; Новак В. та Вакуленко С., студенти.

У проекті були використані мої напрацювання з проектування мобільного роботизованого комплексу з системою маніпуляторів (рис. 3.11).

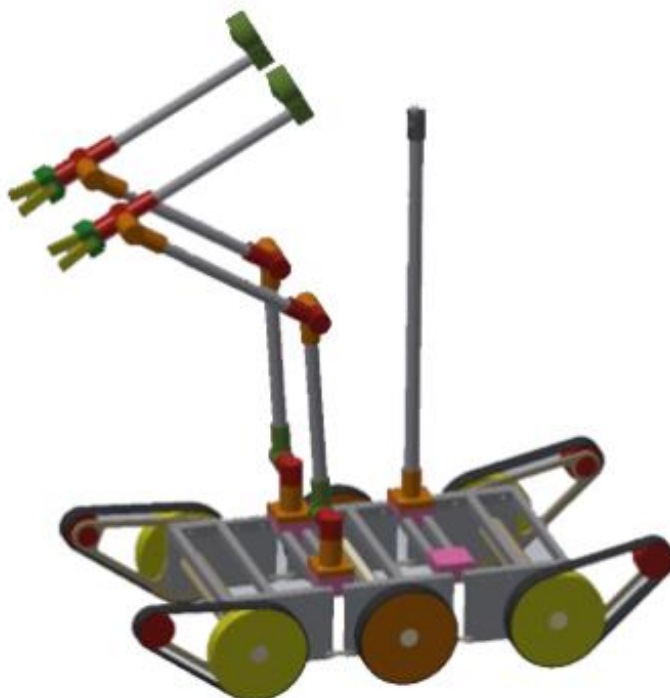


Рис. 3.11. Проект мобільного робота з системою маніпуляторів

Були представлені напрацювання співавтора з проектування мобільного модульного комплексу спеціального призначення (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Проект стану для проведення балістичних випробувань

Були розроблені презентація проекту, плакат та продемонстрований вироблений модуль із колесо-гусеничним шасі та маніпулятором з паралельною кінематикою (рис. 3.13).

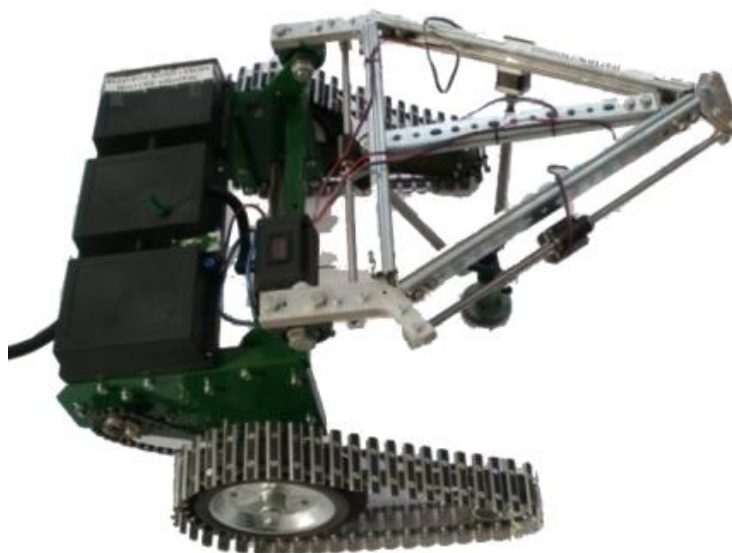


Рис. 3.13. Зібраний мобільний робот для маніпулювання небезпечними об'єктами

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ідеєю проекту було створення універсального стенду для проведення випробувань конструкцій роботів спеціального призначення. Стенд може містити широкий набір модулів: для діагностики та огляду об'єктів, дистанційного керування, маніпулятори, пристрої підвищення прохідності та ін.

Перевагою рішення над конкурентними пропозиціями є те, що запропоноване рішення дає можливість спростити проектування, збірку та випробування тестових конструкцій мобільних наземних роботизованих комплексів. Забезпечує експериментальну перевірку запропонованих рішень і об'єктивний вибір найкращого варіанту для подальшого серійного виготовлення. Комплекс призначений для компаній, що проектують та виготовляють мобільні роботизовані комплексу для підрозділів Збройних сил та Служби надзвичайних ситуацій.

Поточний стан проекту - розроблено діючий варіант мобільного робота, адаптований до роботи з небезпечними об'єктами. Спроектовано та запатентовано певна кількість вузлів та технічних рішень.

Були досліджені винаходи та технічні рішення інших команд для можливого використання в майбутніх проектах, налагоджені контакти з інженерними групами та представниками компаній, публічно висвітлена проблема створення Україною мобільних роботів для широкого спектру застосувань.

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Andros MarkV-A1 [Електронний ресурс] // Army Guide. URL: <http://www.army-guide.com/rus/product.php?prodID=5960&printmode=1> (дата звернення: 01.06.2019).
2. Cycloidal drive [Електронний ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cycloidal_drive (дата звернення: 01.06.2019).
3. Dragon runner - сапёрный робот [Електронний ресурс] // Страйкбольна команда 40 Commando Royal Marines. 2013. 07 квітня. URL: <https://40cdorm.ru/articles/britanskaya-armiya/snaryajenie/dragon-runner> (дата звернення: 01.06.2019).
4. Dragon Runner – ультракомпактный разведывательный робот [Електронний ресурс] // OHRANA.RU - електронне видання. URL: <http://ohrana.ru/equipment/technique/3134/> (дата звернення: 01.06.2019).
5. International Patent Classification (IPC) [Електронний ресурс] // World Intellectual Property Organization. URL: <https://www.wipo.int/classifications/ipc> (дата звернення: 01.06.2019).
6. KAPLAN [Електронний ресурс] // Army Guide. URL: <http://www.army-guide.com/rus/product5044.html> (дата звернення: 01.06.2019).
7. KAPLAN Explosive Ordnance Disposal Robot [Електронний ресурс] // Aselsan. URL: <https://www.aselsan.com.tr/en-us/capabilities/unmanned-systems/unmanned-vehicles/kaplan-explosive-ordnance-disposal-robot> (дата звернення: 10.05.2019).
8. MarkV-A1 [Електронний ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/MarkV-A1> (дата звернення: 01.06.2019).
9. Sumitomo Cyclo Drive 6000 [Електронний ресурс] // ТД ИРБИС. URL: <https://www.irbis.ua/ru/produktsiya-i-uslugi/motor-reduktory/sumitomo.html> (дата звернення: 01.06.2019).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. TALON Tracked Military Robot [Електронний ресурс] // Army Technology.
URL: <https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/>
(дата звернення: 01.06.2019).
11. The UDC Summary (UDCS) [Електронний ресурс] // UDC Consortium.
URL: <http://www.udcsummary.info/php/index.php?tag=6&lang=uk> (дата звернення: 01.06.2019).
12. What is a Cycloidal Speed Reducer? [Електронний ресурс] // Darali Drives.
URL: <http://www.darali.com/page17.html> (дата звернення: 01.06.2019).
13. Журавлев Ю.Н. Кинематическое и динамическое исследование промышленного робота. – Псков : Издательство ППИ, 2008. – 121 с. – ISBN 978-5-91116-036-4.
14. Конюх В.Л. Основі робототехніки. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 281 с. – ISBN 978-5-222-12575-5.
15. Корендясев А.И. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. – М. : Наука, 2006. – 383 с. – ISBN 5-02-033952-0.
16. Левков О. Українським саперам допоможуть роботизовані системи [Електронний ресурс] // Defense Express. 2018. 23 січня. URL: <https://defence-ua.com/index.php/statti/4044-ukrayinskym-saperam-dopomozhut-robotyzovani-systemy> (дата звернення: 01.06.2019).
17. Легкий робот для разминирования DIGITAL VANGUARD ROV [Електронний ресурс] // Інтертрейд-Україна. URL: <http://intertrade-ukraine.com/oborudovanie/robototekhnicheskie-kompleksy/legkij-robot-dlya-razminirovaniya-digital-vanguard-rov> (дата звернення: 01.06.2019).
18. Мобильный робот // Патент России № 2487007. 2013. Бюл. №19 / Алешин А.А.
19. Мобильный робототехнический комплекс // Патент России № 2241594. 2004. Бюл. №34 / Лукьянчиков В.В.
20. О Международной патентной классификации [Електронний ресурс] // World Intellectual Property Organization. URL:

<https://www.wipo.int/classifications/ipc/ru/preface.html> (дата звернення: 01.06.2019).

21. Парафонова В. Мины живут дольше людей [Електронний ресурс] // Наука и жизнь. Вип. №6, 2012. URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/4338/> (дата звернення: 01.06.2019).
22. Понад 800 цивільних постраждали через міни та вибухонебезпечні предмети на Донбасі – Міноборони [Електронний ресурс] // Радіо Свобода. 2019. 03 квітня. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-minoborony/29859043.html> (дата звернення: 01.06.2019).
23. Понад півсотні протитанкових мін часів другої світової знайшли в Києві [Електронний ресурс] // 5 канал. 2018. 10 серпня. URL: <https://www.5.ua/kyiv/ponad-pivstotni-protytankovykh-min-chasiv-druhoi-svitovoi-znaishly-v-kyievi-175356.html> (дата звернення: 01.06.2019).
24. Рятувальники розповіли про ліквідацію наслідків вибухів біля Ічні [Електронний ресурс] // Радіо Свобода. 2018. 18 жовтня. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-vybukhy-v-ichni/29550174.html> (дата звернення: 01.06.2019).
25. Сборный мобильный робот // Патент России № 174140. 2017. Бюл. №28 / Прокопович Г.А.
26. Сырямкин В.И. Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы. – Томск, 2017. – 256 с. – ISBN 978-5-93629-586-7.
27. Типы мин [Електронний ресурс] // Stopmina.com. URL: http://stopmina.com/ru/what_to_know/types (дата звернення: 01.06.2019).
28. УДК классификатор – что означает и зачем нужен [Електронний ресурс] // Издавництво «Триумф». URL: <https://www.triumph.ru/udk-klassifikator.html> (дата звернення: 01.06.2019).
29. Универсальный робот для разминирования AVENGER ROV [Електронний ресурс] // Інтертрейд-Україна. URL: <http://intertrade->

ukraine.com/oborudovanie/robototekhnicheskie-kompleksy/universalnyj-robot-dlya-razminirovaniya-avenger-rov (дата звернення: 01.06.2019).

30. Циклоидальный редуктор [Электронный ресурс] // ТОРГОВО-ТЕХНИЧЕСКИЙ АЛЪЯНС «АРС». 2017. 17 травня. URL: <https://www.ttaars.ru/about/stati/tsikloidalnyy-reduktor> (дата звернення: 01.06.2019).

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сертифікат проекту, що вийшов в фінал Конкурсу проектів оборонних технологій Sikorsky Challenge

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

ДЕРЖАВНИЙ КОНЦЕРН "УКРОБОРОНПРОМ"

ГРОМАДСЬКА СПІЛКА «ЛІГА ОБОРОННИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ»

СЕРТИФІКАТ ФІНАЛІСТА

Цей сертифікат засвідчує, що команда проекту
**Експериментальний роботизований
комплекс для відпрацювання основних
положень проектування мобільних
роботів спеціального призначення**
стала фіналістом у Конкурсі проектів оборонних
технологій «Sikorsky Challenge»
2019 року

Ректор
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Перший заступник генерального директора
Державного концерну «УКРОБОРОНПРОМ»

Голова Правління
ГС «Ліга оборонних підприємств України»

М. З. Згуровський

С. Г. Омельченко

О. М. Висоцький

Довідка, видана патентним відділом НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського,
про подачу та розгляд заявки на патент

ДОВІДКА

Видана авторам корисної моделі «Мобільний робото технічний комплекс з дистанційним керуванням, призначений для роботи в екстремальних умовах» Новаку Владиславу Віталійовичу та Вакуленку Сергію Юрійовичу надалі в тому, що 30.05.2019 опис, формула, реферат подані до відділу з питань інтелектуальної власності та комерціалізації наукових розробок для подання заявки на видачу патенту до Державного підприємства інститут інтелектуальної власності.

Подані документи передано на розгляд Комісії з питань комерційної таємниці зв'язку з тим, що вони містять відомості, що можуть становити комерційну таємницю Університету.

Рішення про збереження матеріалів заявки на корисну модель «Мобільний робото технічний комплекс з дистанційним керуванням, призначений для роботи в екстремальних умовах» в режимі комерційної таємниці або про подання заявки до ДП «УКРПАТЕНТ» буде прийнято на підставі висновку комісії протягом місяця.

Начальник відділу
з питань інтелектуальної власності
та комерціалізації наукових розробок

 Орешникова О.О.
20.05.2019



					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація збірки вузла,
призначеного для з'єднання модулів шасі та маніпулятора

[illegible]

					МВ-5104.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявні робототехнічні комплекси

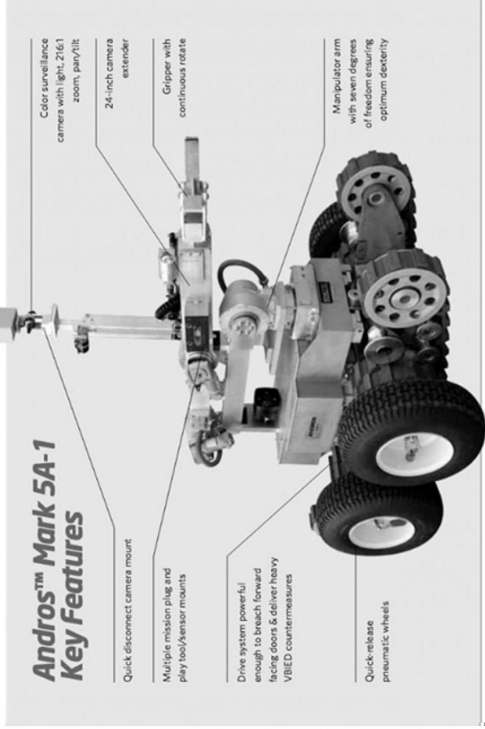
Dragon Runner



TALON



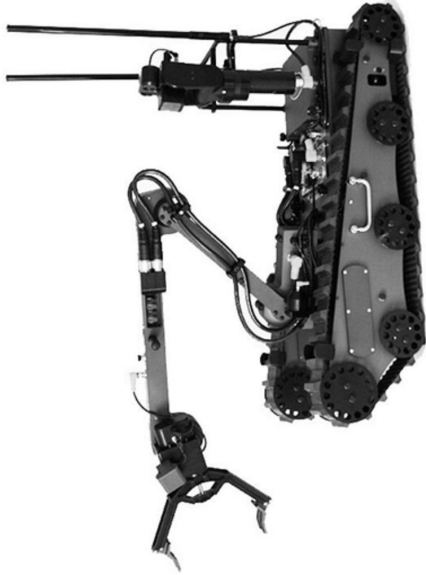
Andros Mark 5A-1



KAPLAN EOD



Digital Vanguard ROV

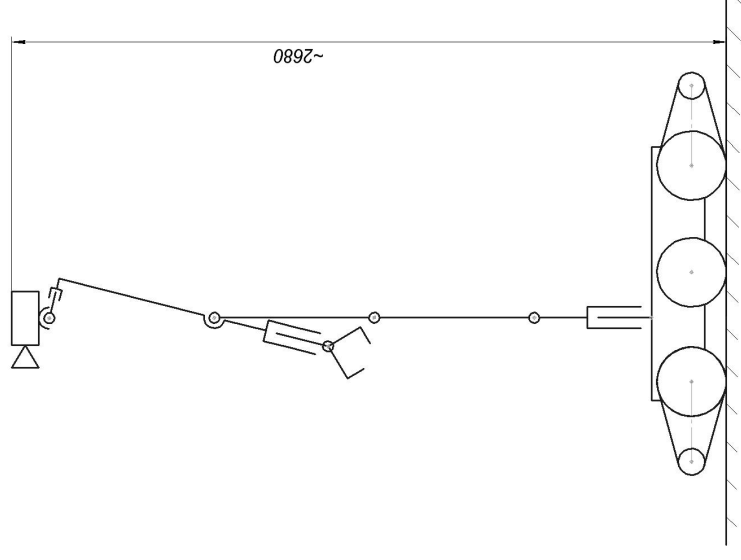
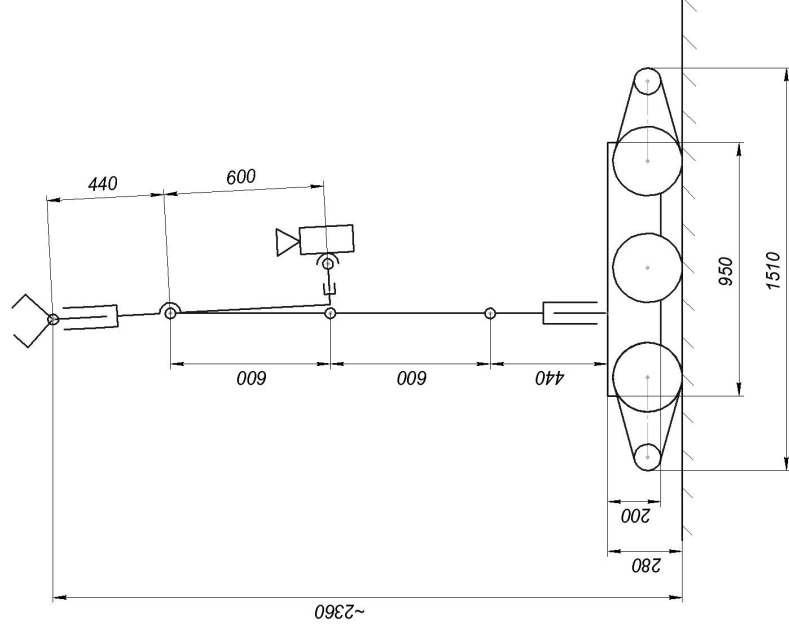
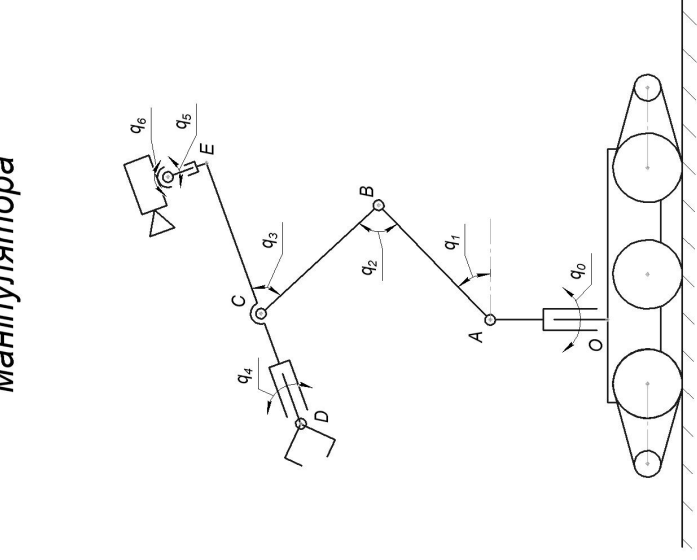


Avenger ROV

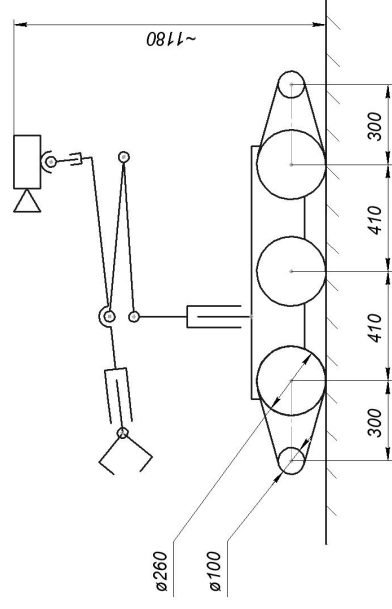


Кінематика системи двох маніпуляторів

Максимальный вильот схвату



Маніпулятор у складеному стані



Вид сверху на комплекс

Назва керуваної координати	Діапазон значень, °	Максимальна швидкість зміни, °/сек
q_0	-180...+180	30
q_1	0...180	40
q_2	0...360	40
q_3	0...180	40
q_4	0...360	40
q_5	0...360	50
q_6	-90...+90	50

[illegible]

Координатні площини для визначення
робочого простору маніпулятора

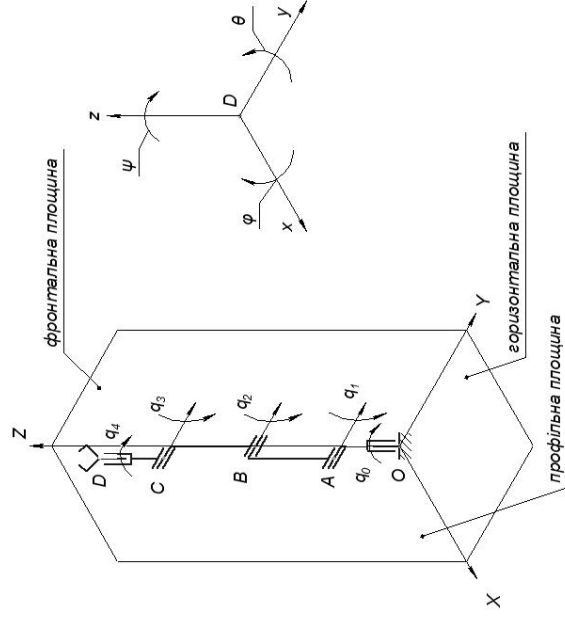
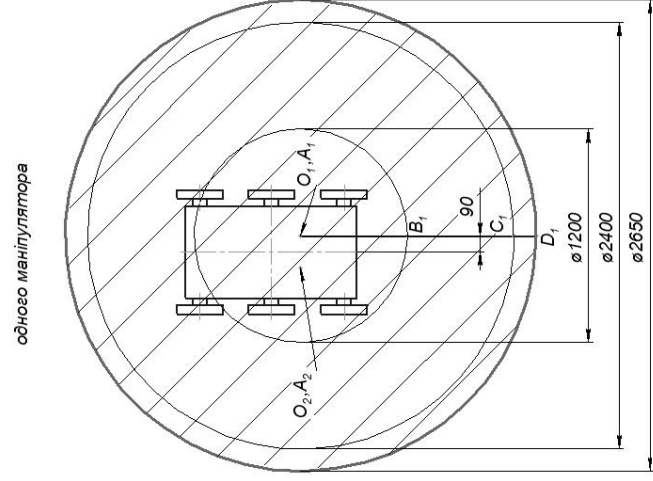
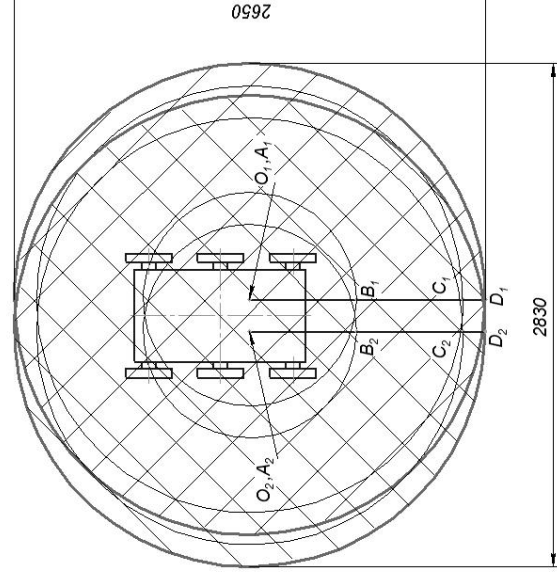


Схема робочого простору в горизонтальній площині

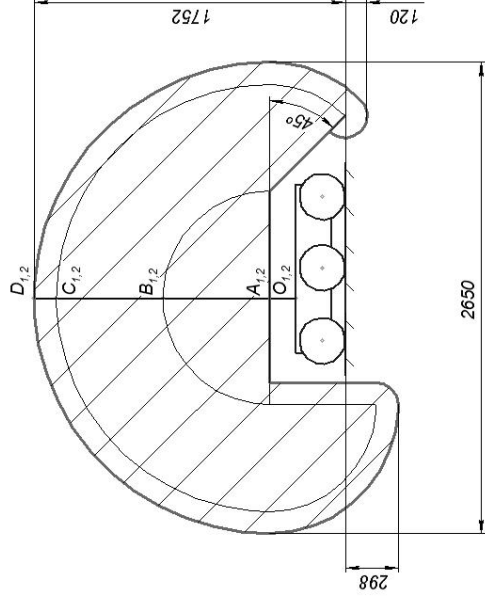


одного маніпулятора

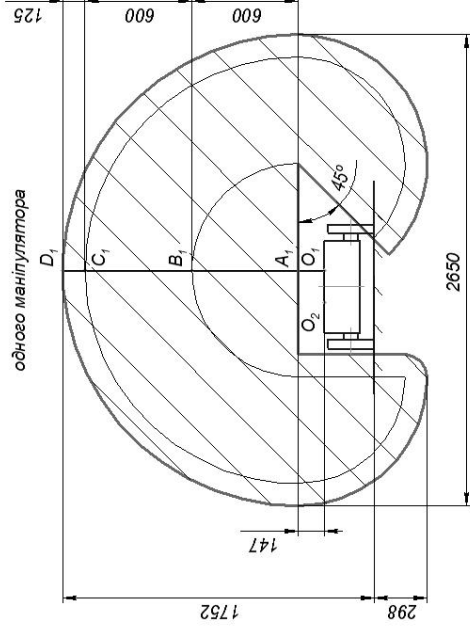


двох маніпуляторів

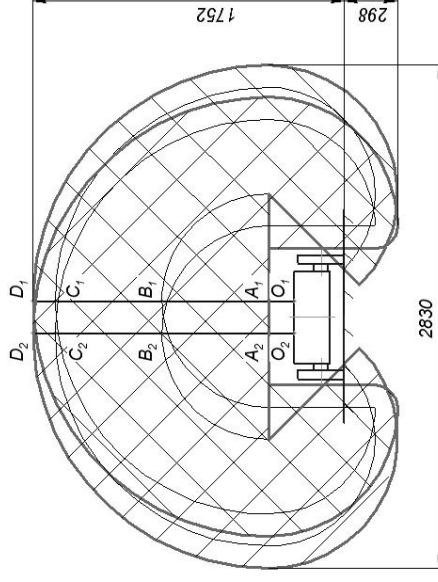
Схема робочого простору
в профільній площині



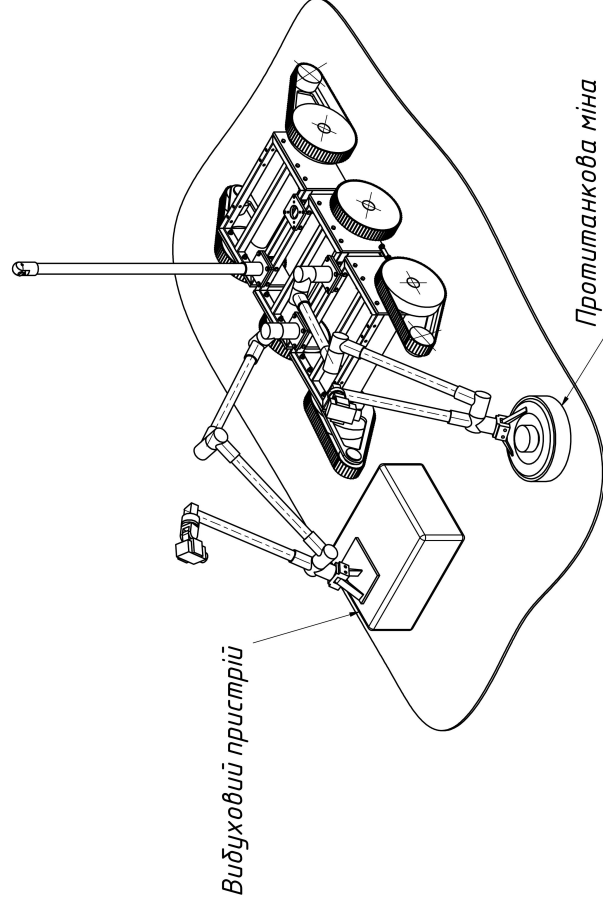
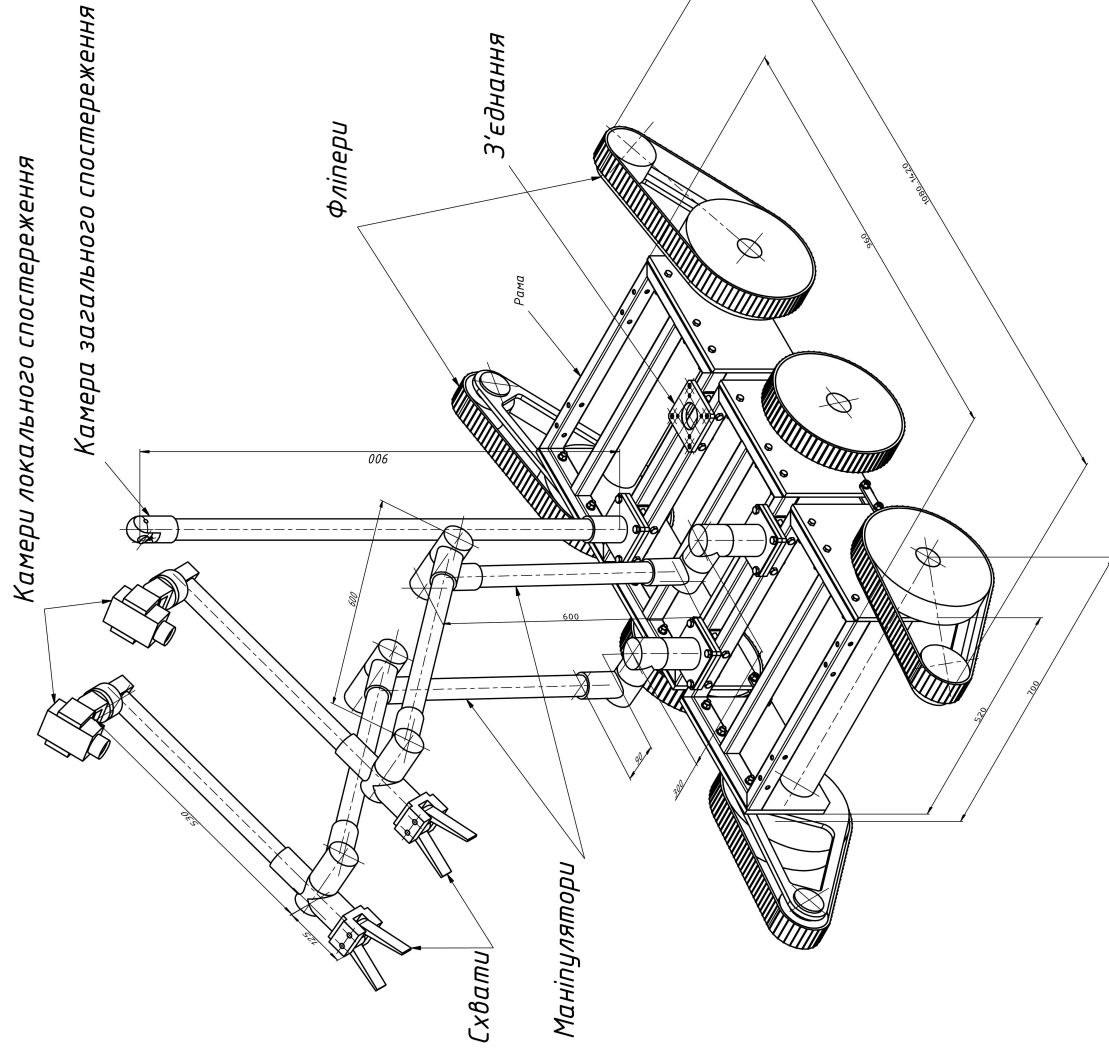
двох маніпуляторів



одного маніпулятора

$$D_2 \quad D_1$$
[illegible]

Загальний вид комплексу

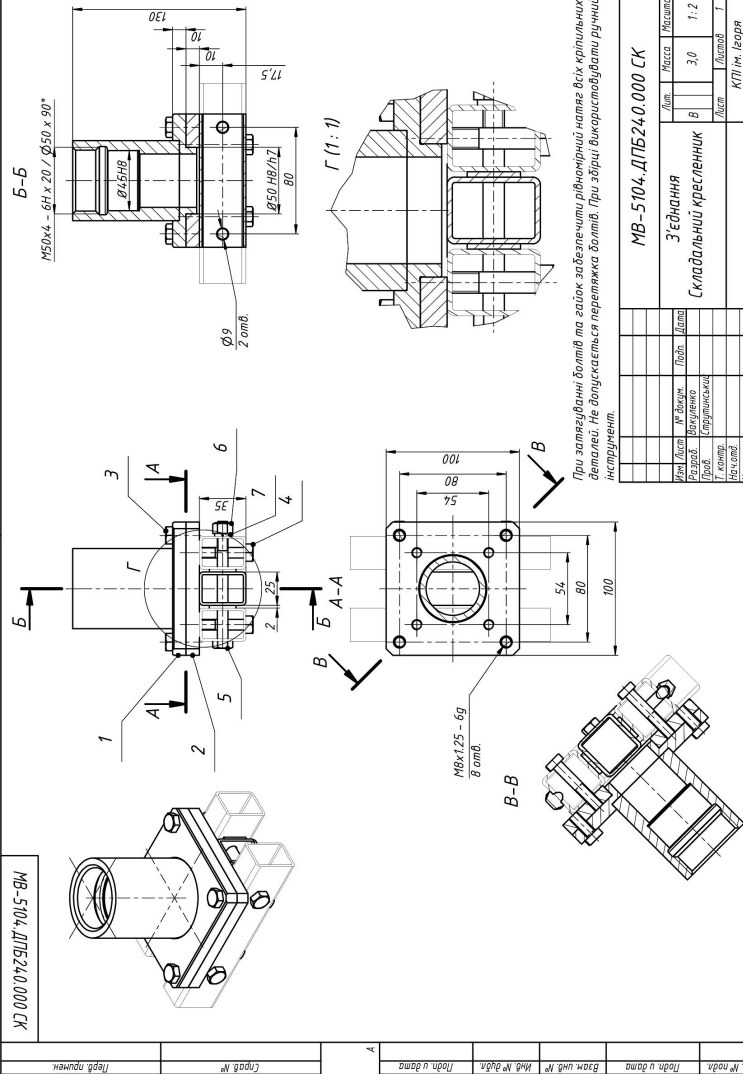


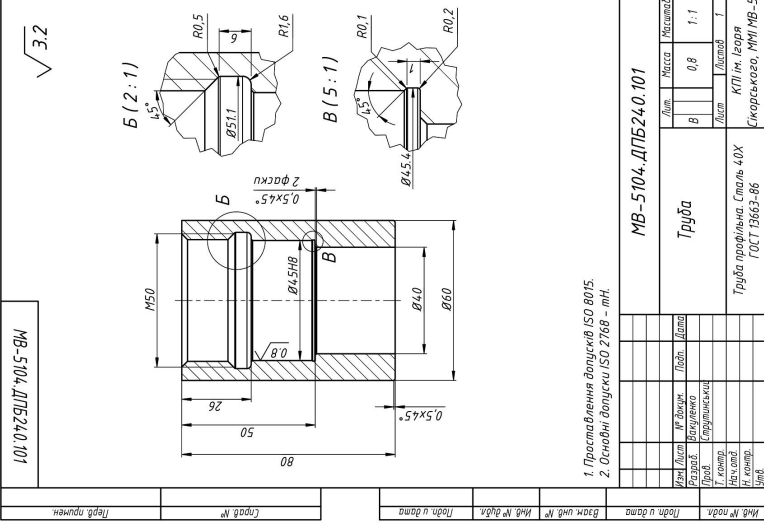
Представлений наземний роботизований комплекс має високі показники прохідності завдяки колісно-гусеничному шасі із застосуванням пристроїв підвищення прохідності (фліперів).

Кількість модулів може бути змінена в залежності від потреби (в даній комплектації 3 модулі).

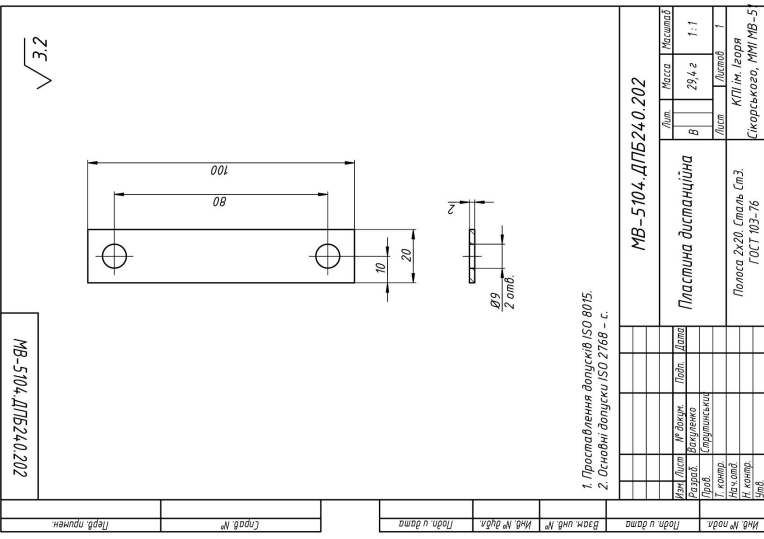
Комплекс оснащений системою двох антропоморфних маніпуляторів та відеокамерою для загального огляду

[illegible]

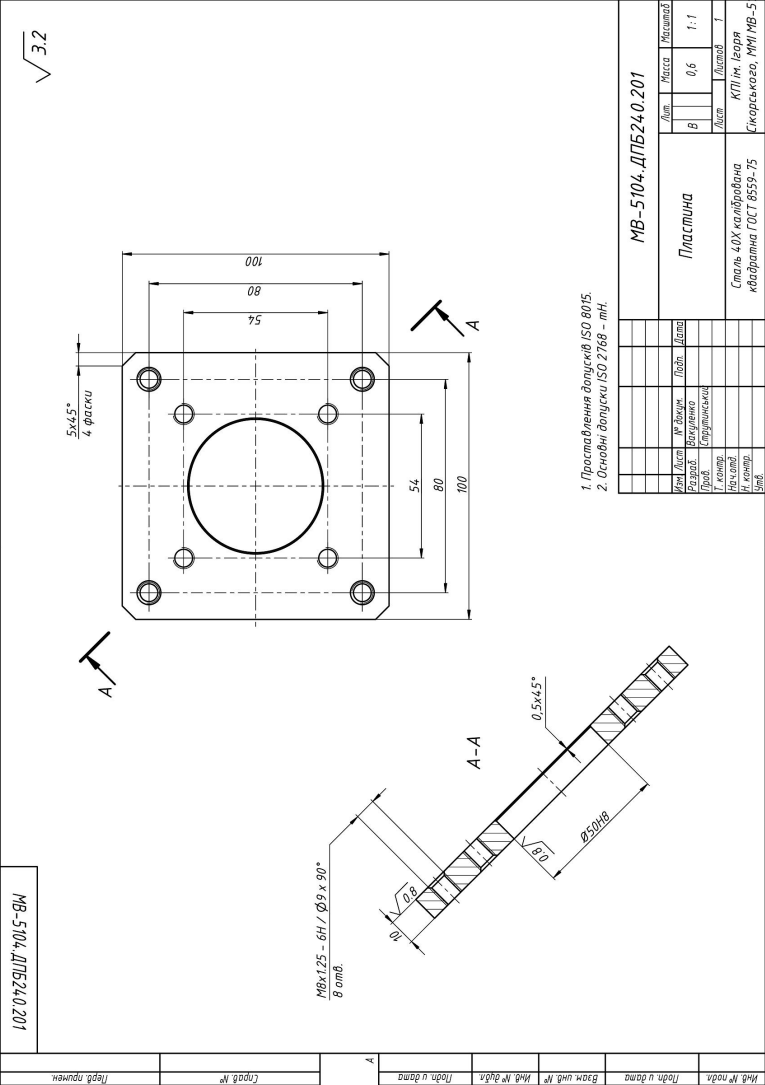
[illegible]

[illegible]

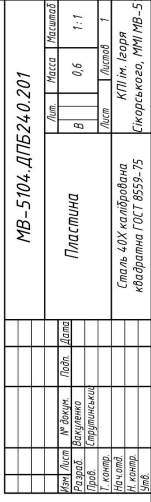
--	--	--

[illegible]

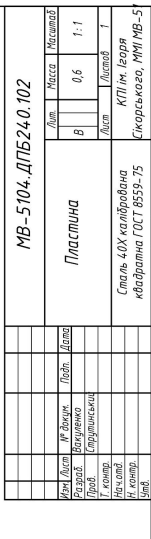
--	--	--

[illegible]

2

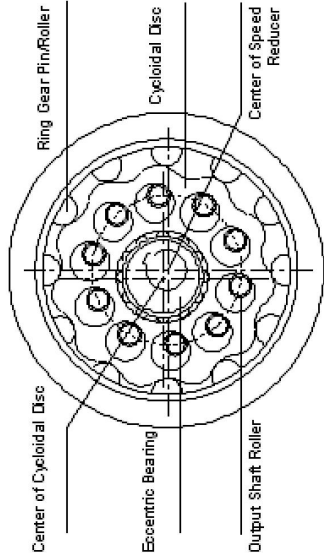
[illegible]

Формат А3

[illegible]

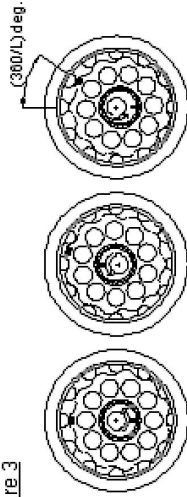
WG

Циклоїдний редуктор



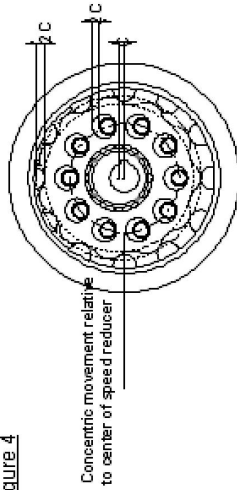
Cutaway View of a Ring Gear Sub-Assembly

Figure 3



As the eccentric bearing turns one revolution, the cycloidal disc rotates in the opposite direction equal to $(360/L)$ degree or (P/L) pitches of roller pin.

Figure 4



Concentric movement relative to center of speed reducer

Figure 1

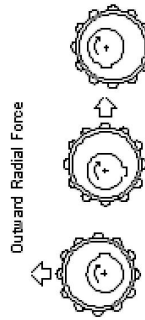
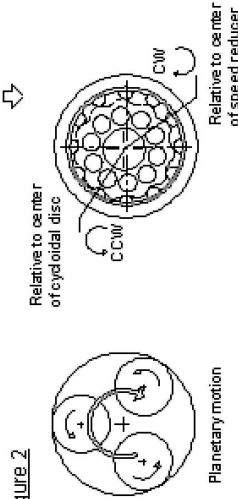
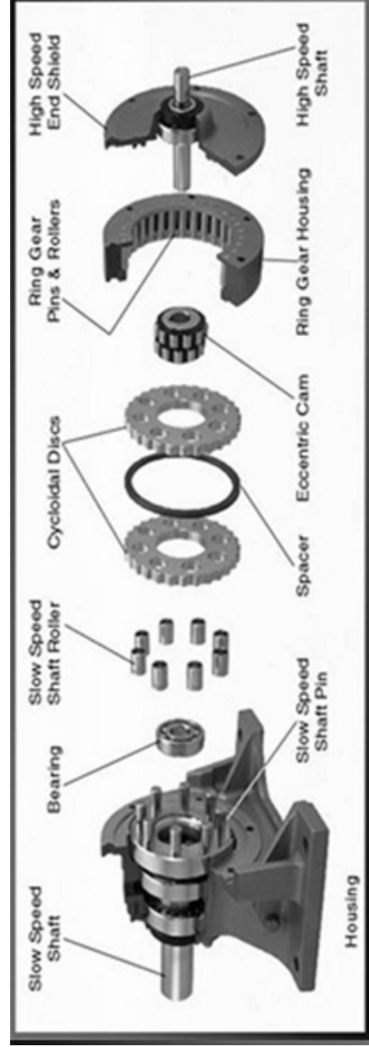


Figure 2



Planetary motion



Патент на винахід та корисну модель "Мобільний робототехнічний комплекс"

