

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Ніколенко Ігор Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 629.02
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розробка рухомої багатофункціональної платформи-маніпулятора для дослідження
Марса
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Ніколенко І.М.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Онисько О.Р.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

Панчук В.Г.

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ-2024 рік
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«___» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Ніколенку Ігору Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка рухомої багатофункціональної платформи-маніпулятора для дослідження Марса

керівник роботи Онисько О.Р., професор, доктор технічних наук _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "22" листопада 2024 року № 780/7

2. Строк подання студентом роботи 20 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічні параметри Марсоходу _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)____
1. Дослідження наукових місій на Марсі. 2. Розробка та розрахунок агрегату. 3. Розробка програми для обробки деталі на верстаті з ЧПК. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

1. Загальний вигляд установки – 1 лист А1. 2. Габаритне креслення установки – 1 лист А1. 3.

Деталювання установки – 1 лист А1. 4. Деталювання установки – 1 лист А1. 5. Деталювання

установки – 1 лист А1. 6. Візуалізація ЧПК обробки – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Онисько О.Р., вчене звання- професор, наукова ступінь- доктор технічних наук		
2	Онисько О.Р., вчене звання- професор, наукова ступінь- доктор технічних наук		
3	Онисько О.Р., вчене звання- професор, наукова ступінь- доктор технічних наук		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика	01.04.2024	
2	Опис та завдання проєкту	01.06.2024	
3	Вступ та літературний огляд	05.08.2024	
4	Конструкторська частина	01.10.2024	
5	Технологічно-розрахункова частина	20.11.2024	
6	Захист магістерської роботи	23.12.2024	

Студент _____
(підпис)

Ніколенко І.М.

Керівник роботи _____
(підпис)

Онисько О.Р._
(прізвище та ініціали)

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Розробка рухомої багатофункціональної платформи-маніпулятора для дослідження Марса. Дана робота складається із 91 аркуша. До неї входять 98 рисунків, 6 таблиць, 6 додатків. Для розрахунку роботи було використано 8 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дослідження – інопланетні рухомі дослідницькі автоматичні платформи

Предмет дослідження – розробка колісної рухомої платформи- Марсохода із інтегрованим роботом маніпулятором.

Мета роботи – Спроектувати роботизовану установку для дослідження Марса із незалежною підвіскою, герметичним корпусом та рукою маніпулятором.

Основним завданням роботи є створення нової, повністю герметичної та автономної конструкції Марсохода, що зможе витримати клімат червоної планети, переліт за допомогою ракетносія, космічне випромінювання а також буде придатна для застосування на бездоріжжі в складних умовах експлуатації в умовах впливу пісочних бурь. Для цього розроблялася спеціальна база, корпус, незалежна підвіска закритого типу та привід на шість коліс з можливістю розвороту на місці. Також необхідно розробити програму обробки та силовий аналіз деталі яка буде відігравати ключову роль у конструкції.

Відповідно до поставленої задачі в конструкторській частині було розроблено корпус ровера, елементи незалежної підвіски та систему амортизації, підібрано силові установки для задання руху коліс та розроблено поворотну роботизовану руку на п'ять осей із захватним пристроєм. У технологічно-розрахунковій частині прораховано потужність двигунів, генератора, системи захисту від космічного випромінювання, ємність акумуляторів та потужність сонячних панелей. Завершальним етапом третьої частини стало виконання розрахунку на міцність деталі «Скалка силова» та написано програму обробки на верстаті із числовим програмним керуванням.

студент Ніколенко І.М.

Summary

Master's qualification work on the topic: Development of a movable multifunctional platform-manipulator for Mars exploration. This work consists of 85 pages. It includes 98 figures, 6 tables, 6 appendices. To calculate the work, 8 bibliographic references were used.

Object of research - alien mobile research automatic platforms

The subject of the research is the development of a wheeled mobile platform - a Mars rover with an integrated robotic manipulator.

Purpose - To design a robotic system for Mars exploration with an independent suspension, a sealed housing and a manipulator arm.

The main task of the work is to create a new, fully sealed and autonomous design of the Mars Rover, which will be able to withstand the climate of the red planet, flight with a rocket carrier, cosmic radiation and will be suitable for off-road use in difficult operating conditions under the influence of sandstorms. For this purpose, a special base, body, independent closed-type suspension and six-wheel drive with the ability to turn on the spot were developed. It was also necessary to develop a machining program and force analysis of the part that would play a key role in the design.

In accordance with the task, in the design part developed the rover's body, independent suspension elements, and shock absorption system, selected power units to drive the wheels, and developed a five-axis rotary robotic arm with a gripper. In the technological and calculation part, the power of the engines, generator, cosmic radiation protection system, battery capacity, and solar panel capacity were calculated. The final stage of the third part was the calculation of the strength of the "Power Rock" part and the writing of a machining program on a CNC machine.

student Nikolenko I.M.

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	7
1. Теоретична частина	8
1.1 Ознайомлення з установками для дистанційного дослідження поверхонь інших планет	8
1.2 Результати роботи Марсоходу "Curiosity".....	15
1.3 Підготовка до проектування Марсоходу.....	20
2. Конструкторська частина	22
2.1 Проектування корпусу та системи підвіски Марсоходу.....	22
2.2 Проектування внутрішньої системи амортизації підвіски.....	43
2.3 Проектування 5 осьової роботизованої руки	47
2.4 Проектування зовнішніх елементів Марсоходу	53
3. Технологічно-розрахункова частина	56
3.1 Системи спостереження та зв'язку Марсохода.....	56
3.2 Системи живлення та заряджання Марсохода.....	59
3.3 Розрахунок ваги, системи ізоляції корпусу та фінальні характеристики Марсоходу.....	65
3.4 Написання програми обробки деталі на верстаті із ЧПК	69
Висновки.....	84
Список використаних джерел.....	85
Додаток А 3- D загальний вигляд установки.....	86
Додаток Б 3- D габаритне креслення установки.....	87
Додаток В 3- D деталювання установки.....	88
Додаток Г 3- D деталювання установки	89
Додаток Д 3- D деталювання установки.....	90
Додаток Е 3- D візуалізація ЧПК обробки.....	91

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>			
		№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ніколенко І.М.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Онисько О.Р.				6	91	
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКМ-23-01		
Н. Контр.								
Затверд.		Панчик В.Г.						

Вступ

Найважливішим етапом навчання на спеціальності «Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування» є виконання магістерської роботи. Саме магістерська робота дає можливість показати реальні знання та вміння студента які були здобуті. Від теоретичних так і до практичних навичок та рівня підготовки спеціаліста, який закінчує процес навчання та переходить до освоєння професії за спеціальністю. Виконуючи магістерську роботу, на практиці закріплюються та відточуються усі знання які накопичувалися та засвоювалися протягом усього періоду навчання а також втілюються попередньо заплановані задуми.

Проектуючи вироби такої складності, важливо насамперед передбачити усі складності із якими в подальшому прийдеться зіштовхнутися щоб недопустити прорахунків на практичному етапі. Використання систем автоматизованого проектування дає можливість виявляти усі недоліки при проектуванні на ранньому етапі, швидко їх виправляти, щоб не допустити виготовлення елементів майбутньої конструкції з недопрацюваннями або з помилками. Кожен інженер-конструктор, який на практиці працював із машинами та механізмами знає наскільки важливо виправити помилки ще на стадії проектування, тому такого роду проекти дають змогу максимально вдосконалити знання та навички.

При роботі над магістерською роботою однією із основних цілей є повне засвоєння усіх передбачених навчальною програмою для студента фахових компетентностей. Лишень досконало освоївши та на практиці вдосконаливши усі фахові компетентності як: здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі фундаментальних законів і знань прикладної механіки, механіки рідини і газу, здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань, здатність практично використовувати комп'ютерні системи проектування, розуміння принципів функціонування засобів автоматизації, можливо стати затребуваним та професійним спеціалістом на тлі сучасного, технологічного та швидко розвиваючого світу [1].

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Ознайомлення з установками для дистанційного дослідження поверхонь інших планет

З року в рік, із розвитком технологічного наукового та технічного прогресу інженери та науковці намагаються вийти за горизонти нашої планети та провести дослідження там, де не сягала нога людини. Для проведення таких досліджень інженери керуючись запитом науковців створюють інноваційні продукти які здатні витримувати нелюдські навантаження та працювати там де людині навіть складно себе уявити. Такі машини здебільшого називаються планетоходами, самими популярними із яких є Марсоходи та Місяцеходи. Першою машиною для дослідження іншої планети став Місяцехід який був доставлений на поверхню супутника Землі у 1970 році- «Апарат 8ЕЛ» (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1- Апарат 8ЕЛ

Цей Місяцехід розпочав епоху розвитку такого типу апаратів та призначався для дослідження рельєфу, радіоактивного та рентгенівського космічного випромінювання, хімічного складу та властивостей ґрунту. Сконструйований

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	8
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

автоматичний самохідний апарат 8ЕЛ був гібридом космічного апарату та транспортного засобу для високої прохідності. Він складався з двох основних частин: восьмиколісного рухомого шасі і герметичного приладового контейнера. Кожне з 8 коліс шасі було провідним і мало електродвигун який був розташований в маточині колеса. У приладовому контейнері місяцеходу крім службових систем перебувала наукова апаратура: прилад для аналізу хімічного складу ґрунту, прилад для дослідження механічних властивостей ґрунту, радіометричне обладнання, рентгенівський телескоп і лазерний кутовий відбивач французького виробництва для точкового виміру відстаней. Контейнер мав форму конуса, причому верхня основа конуса, що служила радіатором-охолоджувачем для скидання тепла, мала більший діаметр, ніж нижня. На час місячної ночі радіатор закривався кришкою.

Внутрішня поверхня кришки була покрита фотоелементами сонячної батареї, що забезпечувало підзарядку акумуляторної батареї протягом місячного дня. У робочому положенні панель сонячної батареї могла розташовуватися під різними кутами в межах 0-180 градусів, щоб оптимально використовувати енергію Сонця за різних його висотах над місячним горизонтом.

Маса цього Місяцеходу складала 756 кілограм, а довжина складала 4.42 метри. Він мав відкриту сонячну батарею та пропрацював на поверхні Місяця до 29 вересня 1971 року після чого зв'язок із ним обірвався. Після успішної місії цієї машини, слідом були і решта конструктивно цікавих та інноваційних проєктів з різних країн світу. Згодом, для інженерів того часу висадка на поверхню нашого супутника вже не була технологічно складною проблемою, тому конструктори та науковці пішли далі та вирішити освоїти «червону» планету.

Освоєння Марсу було та є задачею із зірочкою, оскільки на поверхні цієї планети доволі неоднозначний температурний режим- від мінус 142 градусів по Цельсію до плюс 20 градусів по Цельсію. Зважаючи на це усі Марсоходи мають запускатися або у період високих температур або мати змогу працювати у всьому діапазоні клімату. Сила тяжіння червоної планети складає- 0,38/1 у порівнянні із Землею. Та головною проблемою є відстань від Землі, яка коливається від 56 до 401

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

мільйони кілометрів. Також на цій планеті високий вплив іонізованого випромінювання та велика інтенсивність пісочних бурь.

Першим Марсоходом який висадився на Марс став- «Соджорнер» (рисунок 1.2).

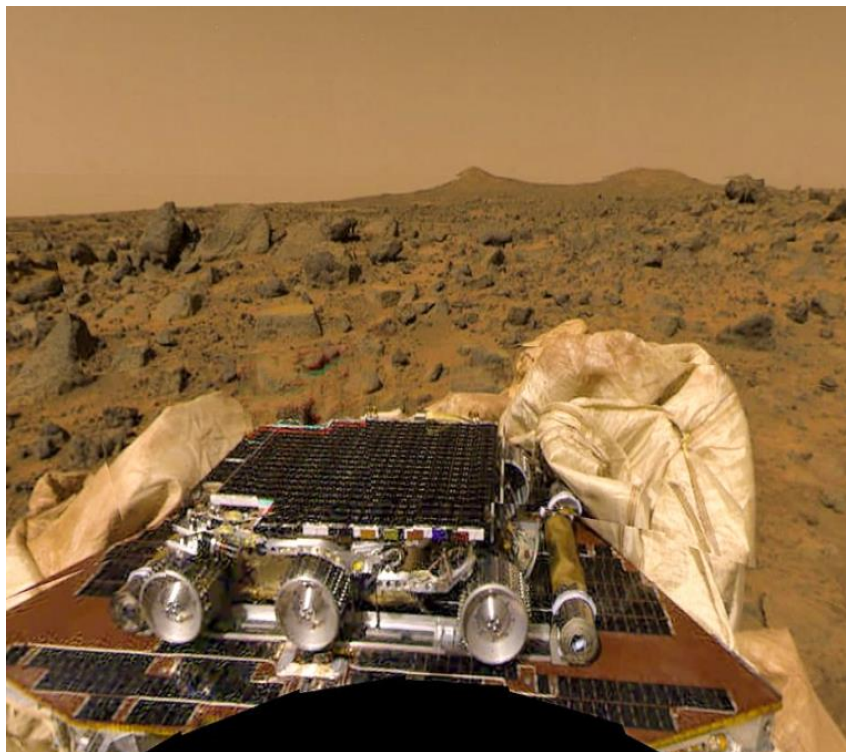


Рисунок 1.2- Марсохід Соджорнер

Цей Марсохід приземлився на поверхню у 1997 році у рамках програми Mars Pathfinder [2]. Маса марсохода 11,5 кг, Розміри - $0,65 \times 0,48 \times 0,3$ м. Марсохід був розрахований на 7-сольну (сол - Марсіанські добу) місію, з можливістю розширення до 30 сол. Незважаючи на це, він працював протягом 83 сол. 27 вересня 1997 року станція «Патфайндер», що діяла в якості ретранслятора, перестала виходити на зв'язок, після чого ровер втратив можливість спілкуватися з Землею. На цей момент ровер знаходився в робочому стані й від'їхав від станції приблизно на 100 метрів. Вироблення енергії для цього апарату відбувалося за допомогою сонячної батареї яка повністю покривала його дах, а накопичена енергія зберігалася всередині у акумуляторі який був з'єднаним із трьох батарей. Даний Марсохід мав 11 двигунів постійного струму. Шість двигунів обертають колеса, по одному на кожне колесо, 4 задають напрямок руху, а останній піднімає й опускає спектрометр.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Марсохід обладнано шістьма колесами діаметром 13 см, кожне з яких здатне обертатися самостійно. Апарат здатний нахилитися на 45° без перевертання і долати перешкоди заввишки до 20 см. Потужності батареї вистачало для роботи апарата протягом кількох годин на добу навіть у похмуру погоду. Крім того, Марсохід мав 3 радіоізотопних елементи з кількома грамами плутонію 238 для підтримання необхідної температури в електронному блоці.

Найцікавішою машиною, що здійснила висадку на поверхню Марсу прийнято вважати «Curiosity» (рисунок 1.3).

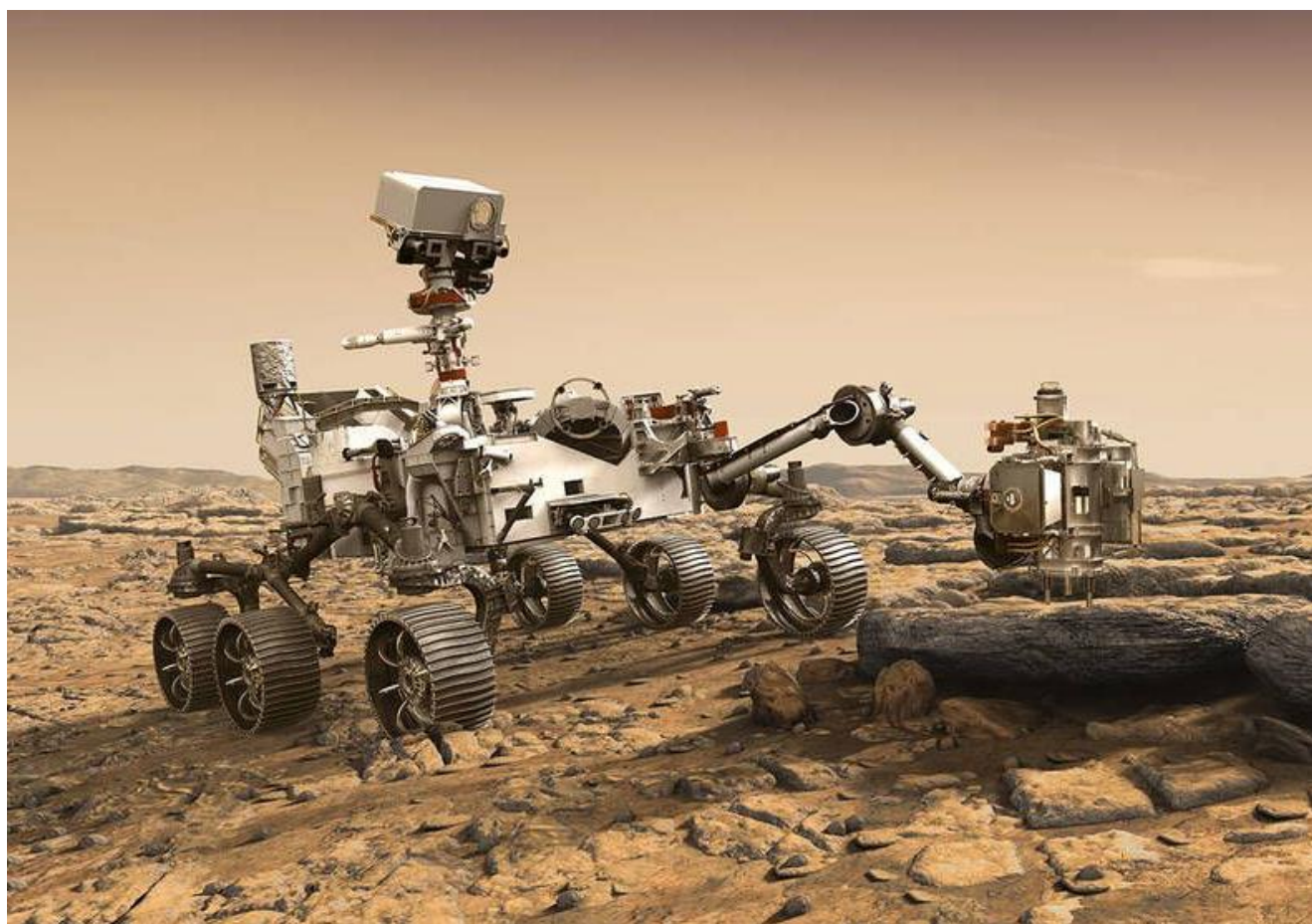


Рисунок 1.3- Марсохід Curiosity

Це роботизований ровер, розмірами з автомобіль, який досліджує планету Марс та є частиною програми НАСА «Марсіанська наукова лабораторія» (MSL). «К'юріосіті» був запущений з мису Канаверал 26 листопада 2011 року, о 10:02 на борту космічного корабля «Марсіанська наукова лабораторія» і приземлився на Aeolis Palus у кратері Гейла на Марсі 6 серпня 2012 року, о 5:17.

					<i>MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Місце посадки Bradbury Landing розташовується менше ніж за 2,4 км від точки приземлення марсохода після подорожі завдовжки 563 млн км. Мета Марсоходу охоплює дослідження клімату та геології Марса, визначення та передача інформації чи були в вибраній ділянці кратера Гейла коли-небудь сприятливі умови навколишнього середовища для мікробного життя, включаючи дослідження ролі води і заселення планети в процесі підготовки для подальшого освоєння космосу людиною.

Дизайн «К'юріосіті» послужив основою для планованої місії (Марс 2020). У грудні 2012 року місія «К'юріосіті» була продовжена на невизначений термін. 24 червня 2014 року «К'юріосіті» завершив марсіанський рік (687 земних діб). Він виявив, що Марс колись мав умови навколишнього середовища, сприятливі для мікробного життя.

Даний Марсохід має перед собою такі завдання:

- З'ясувати, чи існувало коли-небудь життя на Марсі.
- Отримати докладні відомості про клімат Марса.
- Отримати докладні відомості про планетологію Марса.
- Здійснити підготовку до висадки людини на Марс.

Для досягнення цих цілей перед MSL поставлено вісім основних завдань:

- Виявити та встановити природу марсіанських органічних вуглецевих сполук.
- Виявити речовини, необхідні для існування життя: вуглець, водень, азот.
- Виявити можливі сліди перебігу біологічних процесів.
- Визначити хімічний склад марсіанської поверхні.
- Встановити процес формування марсіанських каменів і ґрунту.
- Оцінити процес еволюції марсіанської атмосфери в довгостроковому періоді.
- Визначити поточний стан, розподіл і кругообіг води та вуглекислого газу.
- Встановити спектр радіоактивного випромінювання на поверхні Марса [3].

Виходячи із результатів досліджень та надісланих фото, даний Марсохід повністю зарекомендував себе як надійна та технічно досконала машина. За рахунок прогресивної конструкції, даний апарат ще не один рік буде працювати та досліджувати червону планету.

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	12
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Не менш цікавою подією історії вивчення планет стала висадка на Венеру. Венера- це планета яка славиться дуже жорстким кліматом. Середня температура сягає 467 градусів за Цельсієм, тиск сягає до 93 атмосфер та зовсім не придатні для життя гази на поверхні. 15 грудня 1970 року спусковий модуль здійснив першгу у світі посадку на Венеру. Апарат відділився від космічної станції "Венера-7". Модуль став першим літальним апаратом, який досягнув поверхні планети Сонячної системи.

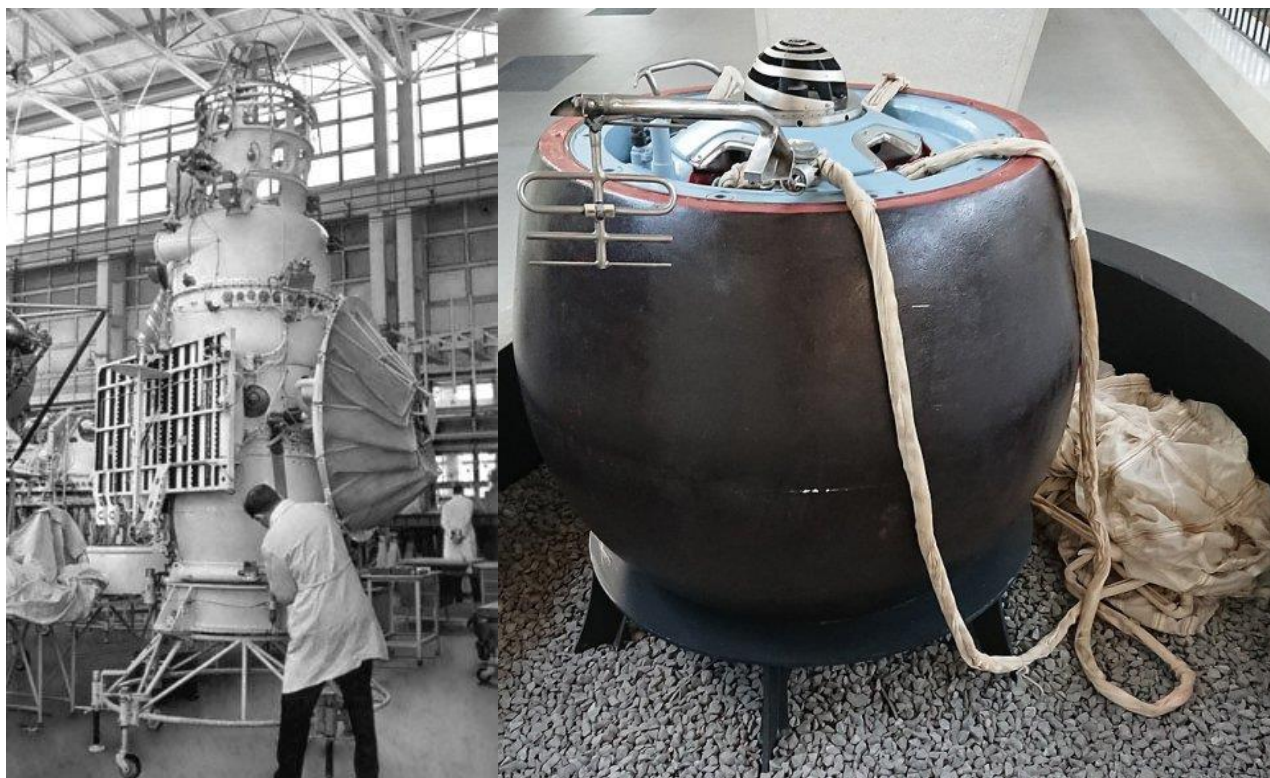


Рисунок 1.4 Модуль Венера-7

Апарат створили з титанового сплаву, здатного витримувати температуру 500°C і тиск до 180 земних атмосфер. На висоті понад 55 км спусковий модуль вивільнив гальмівний парашут. Та зі швидкістю близько 60 км/год здійснив посадку на планету[4]. Апарат передавав інформацію протягом 33 хвилин спуску та 20 хвилин з поверхні самої планети. Це дало можливість отримати дані про тиск і температуру Венери на різних висотах. Згодом зв'язок з модулем був втрачений через дуже великі навантаження. Чітких фото або відео з Венери отримано не було але вдалося отримати надзвичайно важливі дані про навколишнє середовище.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Ще однією із найважливіших подій та відкриттів на Марсі став запуск гелікоптера Ingenuity. Цей проєкт феноменальний по своїй суті та задумці, адже знаючи відстань від Землі, цим дроном потрібно було керувати не втрачаючи сигнал та отримуючи інформацію без серйозних затримок. Гелікоптер Ingenuity був доставлений на Червону планету разом із марсоходом Perseverance NASA 18 лютого 2021 року. Свій перший політ Ingenuity здійснив 19 квітня. Гелікоптер вартістю (рисунок 1.5) 85 млн дол. став першим літальним апаратом, запущеним на іншій планеті.

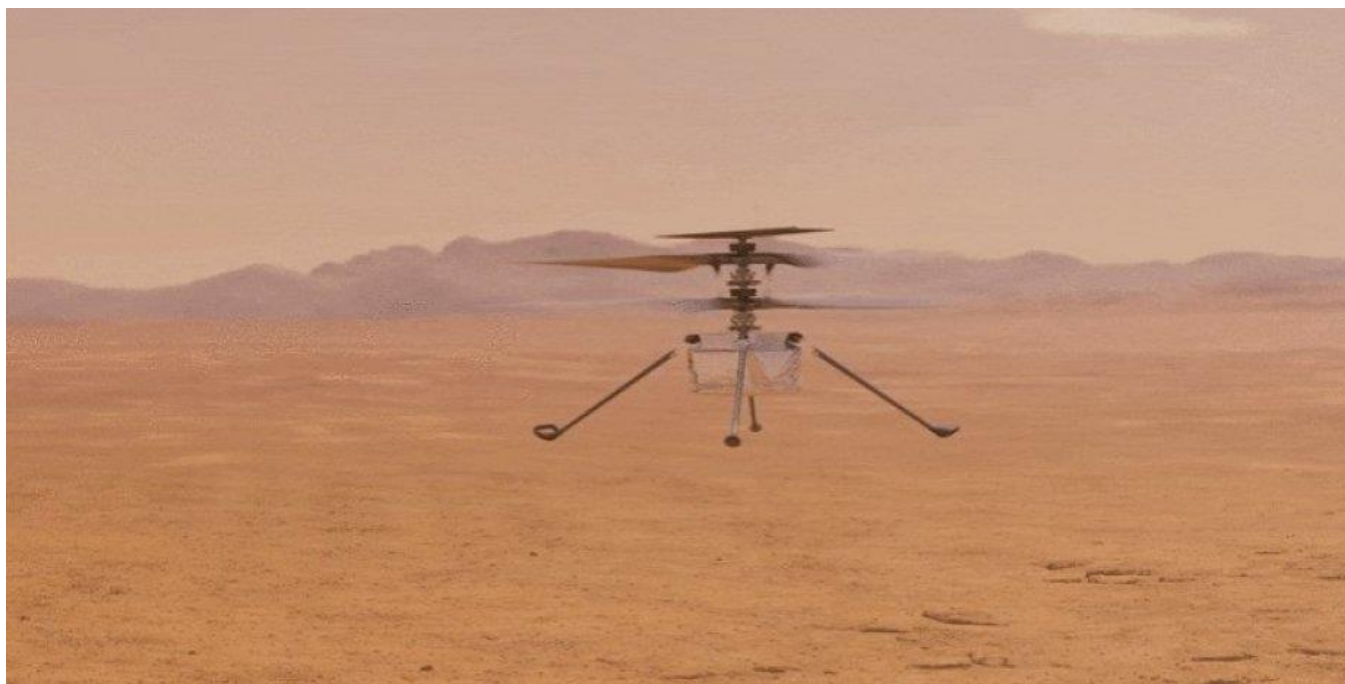


Рисунок 1.5 Гелікоптер Ingenuity в польоті

Гелікоптер пролетів над Марсіанською місцевістю в 14 разів більше, ніж спочатку планувалося, зареєструвавши більше двох годин та восьми хвилин польотного часу та подолавши відстань у 17 км під час усіх 72 польотів. Його максимальна висота була виміряна на рівні 24 метри. Після 72 польоту 18 січня Ingenuity передав на Землю зображення, на яких було видно, що його роторні лопаті були пошкоджені під час посадки. Це означає, що він не може продовжувати свою місію. Ця місія показала, що Марс має свою атмосферу а запускаючи дрон на ньому, лопаті можуть створювати підйомну силу. В результаті чого науковці

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

побачили велику перспективу у майбутній колонізації червоної планети а також змогли чітко визначити майбутній вектор досліджень на цій планеті.

1.2 Результати роботи Марсоходу «Curiosity»

Після понад восьми місяців польоту до Марсу, ровер нарешті приземлився на поверхню кратеру Гейл, звідки і почав свої наукові та технічні дослідження які проводить і досі. За перших 3000 земних діб апарат проїхав (рисунок 1.6) близько двадцяти кілометрів, зробив більше тисячі фото (рисунок 1.7) та кілька важливих відкриттів.

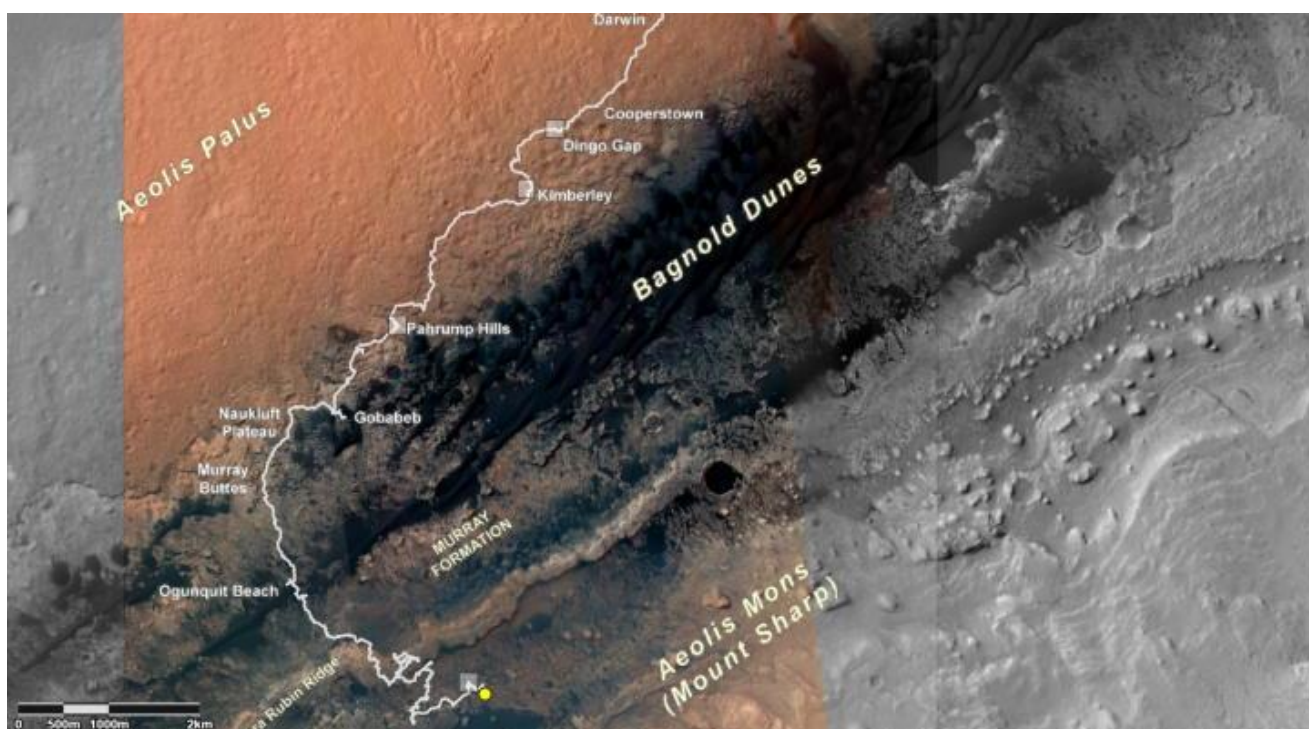


Рисунок 1.6 Карта переміщень Марсоходу Curiosity

Основною метою досліджень стала відповідь на запитання чи був кратер де приземлився цей ровер- придатний до життя у минулому? Щоб дізнатися про це, ровер збирав зразки гірських порід, ґрунту та атмосфери для аналізу на борту. Великі розміри «К'юріосіті», порівняні із середньою автівкою, дозволили йому переносити вдосконалений комплект наукових приладів. Зокрема, на ровері встановлено 17 різних камер, лазер для випаровування та вивчення невеликих ділянок гірських порід на відстані, а також бур для збирання порошкоподібних

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

зразків порід, хімічний склад яких апарат потім вивчає за допомогою спеціальних інструментів.

Уже через кілька тижнів після початку роботи «К'юріосіті» спеціалісти NASA оголосили, що апарат зафіксував сліди рідкої води у кратері Гейл в минулому. Ровер виявив пересохле русло, що лишило округле каміння та осадові породи. Окрім того, виявилось, що кратер Гейл колись був великим озером, і до того ж, солоним, на що вказують глинисті мінерали із включенням сульфатів.

У зібраних зразках порід «К'юріосіті» виявив сірку, азот, кисень, фосфор та вуглець — ключові інгредієнти, необхідні для життя. Таким чином, відповідь на головне питання місії знайшлася дуже скоро: так, у минулому Червона планета могла бути придатною для існування мікроорганізмів. Пізніше ровер відшукав на Марсі органічні сполуки: тіофен, метилтіофен, метантиол, диметилсульфід. Це свідчить про те, що органічна хімія Марсіанських глинистих порід надзвичайно схожа на земну.



Рисунок 1.7 Селфі Марсоходу на поверхні Марсу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	16

А робить такі фото Марсохід на спеціальну камеру яка розміщена на маніпуляторі в довжину понад два метри та має назву MAHLI (Mars Hand Lens Imager) що показана на рисунку 1.8.

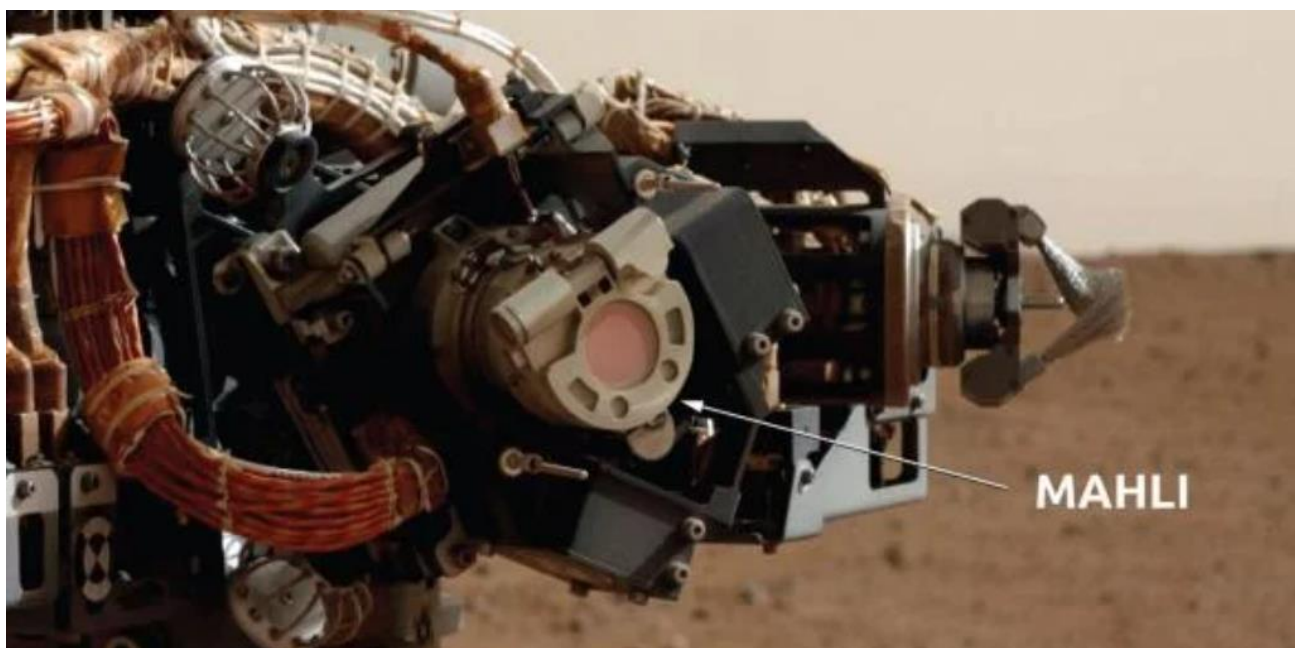


Рисунок 1.8 Камера MAHLI

Таким чином, Марсохід може розташувати камеру вище свого корпусу. До того ж, хоча його селфі й виглядають ніби одна єдина фотографія, це насправді композитні знімки, складені з десятків кадрів. Отже, ровер знімає себе частинами, а також пейзаж за спиною і поверхню під своїми ногами, й увесь цей час маніпулятор, що тримає камеру, знаходиться за кадром. Потім ці фотографії збираються в один знімок, подібно до того, як складаються панорамні зображення. Ще однією родзинкою «К'юріосіті» стали його широкі панорамні світлини, частина яких охоплює усі 360 градусів місцевості навколо апарата. Спеціалісти NASA створили відео з таких світлин, у яких зображення можна крутити, щоб роздивитися з усіх сторін. Виглядає це майже як прогулянка за допомогою Гугл-мап, тільки по іншій планеті. Дюни на Марсі, так само, як і на Землі, переміщуються під дією вітрів. «К'юріосіті» вперше спостерігав такі структури за межами нашої

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

планети. Ровер зафіксував темну дюну Наміб, яка є частиною дюн Багнольда, що тягнуться вздовж північно-західної частини гори Шарпа.

Однією з найбільш цікавих знахідок Марсоходу став метеорит, який він сфотографував та дослідив. Порода має розмір 30 сантиметрів та складається з нікелю та заліза, що яскраво виділяє її на тлі червонуватої від оксидів поверхні Марса. У NASA метеорит назвали назвали «Какао» (рисунок 1.9). І хоча подібні металеві-нікелеві метеорити є звичним класом на Марсі, завдяки «К'юріосіті» вчені мають можливість детально вивчати їх.



Рисунок 1.9 Метеорит «Какао»

Також «К'юріосіті» дослідив знахідку за допомогою свого інструмента ChemCam, завдяки якому вчені отримали і спектроскопічний аналіз «Какао». Фото

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

метеорита марсохід зробив 27 січня, на 3 724 марсіанський день своєї місії у кратері Гейл [5].

Проводячи дослідження породи по фотографіям та даним із приладів, що були у Марсохода, вдалося створити портрет поверхні, що показано на рисунку 1.10.

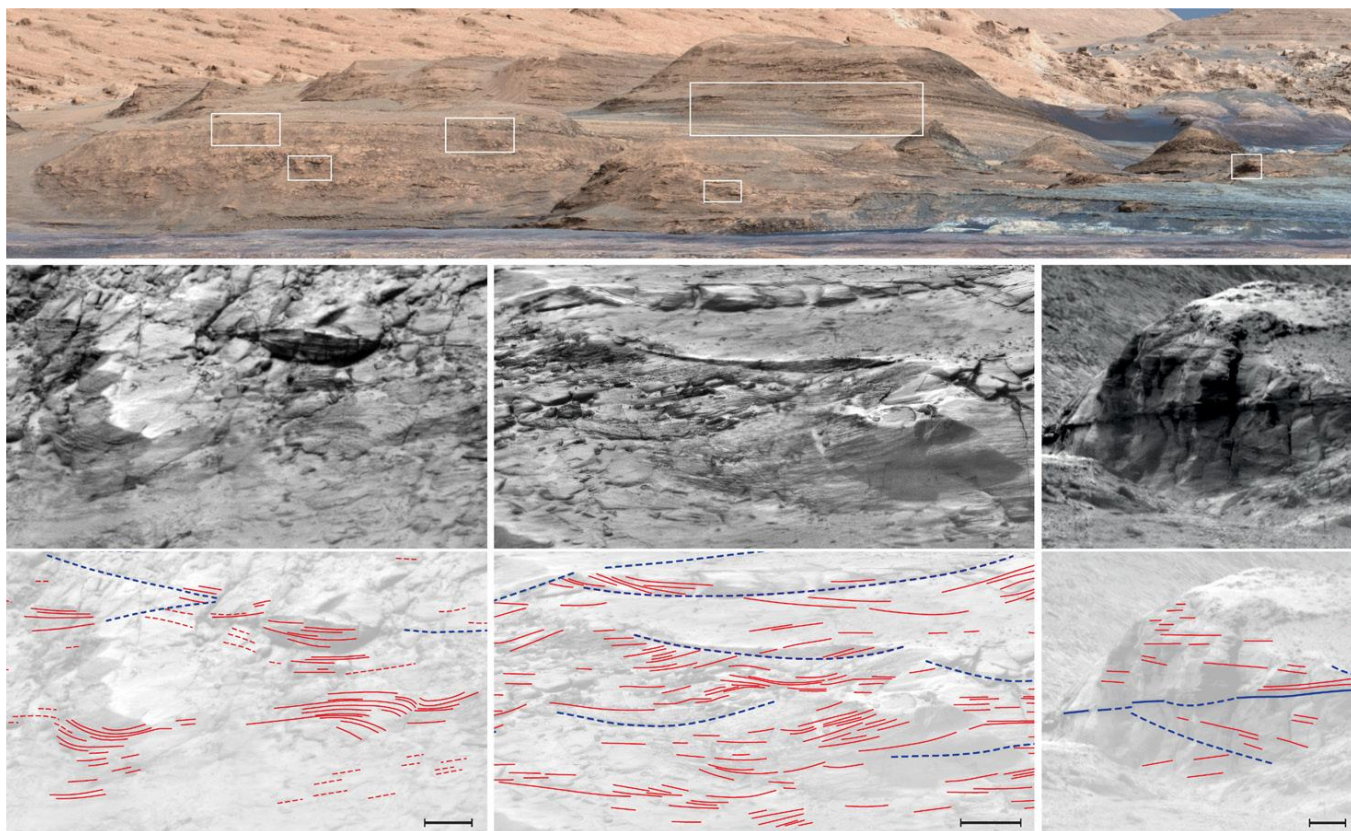


Рисунок 1.10 Дослідження поверхні Марсу

Грязеві озерні відкладення, присутні у формації Мюррея, вище змінюються відкладеннями із сульфатами, які утворилися в сухих умовах під дією вітру. Потім знову з'являються породи, утворені у вологих умовах. Такі результати дозволили вченим інтерпретувати умови, в яких могли сформуватися ці шари. Сульфатні солі були присутні у воді, яка надходила у давній басейн кратера Гейл. Коливання між вологим і сухим кліматом сприяло коливанням рівня води, що могло б спричинити кристалізацію солей у пористому осаді. Таким чином, протягом гейперійського періоду умови у кратері не були однорідними, а кілька разів коливалися від сухого до вологого стану. Таким чином результати досліджень явно вказують на існування

води на поверхні Марсу, що говорить про теоретичну можливість життя на даній планеті.

1.3 Підготовка до проектування Марсоходу

Провівши аналіз усіх даних про планетоходи які були попередньо спроектовані та успішно висаджені на планети та супутники, потрібно продумати модель конструкції, підвіски та приладів які будуть на Марсоході власного виробництва, врахувати усі аспекти які можуть виникнути при виготовленні та запуску майбутньої машини, підібрати матеріали які будуть доступними та легкими, матимуть здатність добре оброблятися на обладнанні а також матимуть високу міцність. Для виконання таких завдань необхідно використовувати сучасні методи проектування.

Марсохід- це установка яка призначена для роботи у важких умовах на поверхні Марсу. Для дослідження порід цієї планети, відшукування води, можливих мікроорганізмів, нових металів та аналізу властивостей як екосистеми так і поверхні Марсу потрібно наперед продумати усі можливі аспекти конструкції. Температурні особливості цієї планети доволі унікальні. Найнижча зафіксована температура сягає мінус 142 градуси по Цельсію, а найвища 20 градусів по Цельсію. Також сила тяжіння на даній планеті є у співвідношенні 0,32/1 у порівнянні із Землею. Рельєф гірський, неоднорідний а значить підвіска має бути незалежна та пристосована до різних навантажень при подоланні перешкод. На усі механізми буде припадати активний вплив іонізованого випромінювання, тому це потрібно передбачити при виборі електронних компонентів а також при проектуванні корпусу, адже матеріали мають мати певний рівень стійкості до космічного випромінювання. Також є велика інтенсивність пісочних бурь, тому механізми мають бути та повністю герметичні.

Об'єкт дослідження – інопланетні рухомі дослідницькі автоматичні платформи.

Предмет дослідження – розробка колісної рухомої платформи- Марсохода із інтегрованим роботом маніпулятором.

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постановка завдання:

1. Розробити підвіску, яка має бути енергоємною та незалежною, кожне колесо якої має мати окрему силову установку для високої прохідності а сам агрегат повинен володіти мінімальним кутом повороту для можливості швидкого об'їзду перешкод які не можливо подолати. Окрім того корпус Марсоходу має мати таку форму, щоб була можливість заїжджати на перешкоди під кутом до 45 градусів без контакту корпуса до поверхні об'єкту та ризику перевероту. Важливим елементом даного апарату є колеса. Вони повинні мати хороше зчеплення із ґрунтом, високу зносостійкість та не ламатися при деформаціях.

2. Усі механізми мають бути легкими та надійними, оскільки найважливішою проблемою є доставка Марсоходу на поверхню червоної планети, де важливо при транспортуванні на ракетноносіях не спричиняти зайвих навантажень та витрат ракетного палива. Зважаючи на це варто обирати матеріали які застосовуються в аерокосмічній галузі та мають велику міцність при низькій вазі.

3. Невідомною частиною Марсоходу є робот-маніпулятор яким ровер зможе проводити дослідження та переміщати об'єкти. Для цього маніпулятор має мати довжину більшу ніж сам Марсохід, щоб була можливість дотягнутися до об'єктів в ущелинах та впадинах. Також даний робот-маніпулятор повинен мати запас потужності, щоб замінивши захватний пристрій на бурову установку, мати можливість просвердлити тверду породу та потім завантажити її для аналізу у корпус.

4. Для живлення Марсоходу потрібно розмістити сонячні батареї. У корпусі повинен бути розташований акумулятор, який забезпечить живлення робота впродовж місії а батареї мають дозаряджати даний акумулятор. Також ровер повинен бути обладнаний камерами спостереження, антеною, записуючим приладом та приладами орієнтування у просторі.

5. Розробити технологічне забезпечення виготовлення деталі «Скалка силова», яка буде відігравати одно із найголовніших функцій при транспортуванні Марсоходу ракетноносієм до точки висадки.

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	21
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Довжина рами (рисунок 2.1) складає 865 мм, висота 230 мм, ширина 480 мм. По даним габаритам можливо вважати майбутній Марсохід як установку середньорозмірної конфігурації. На передній частині рами спроектовано уклон, щоб майбутній ровер міг заїжджати на підйом до 45 градусів. З кожної сторони рами розташовано по 6 ребер жорсткості. По контуру у верхній частині розташована кріпильна основа для кришки корпусу. Даний корпус після встановлення усіх конструктивних елементів буде герметичним згідно стандарту IP-60. У верхній частині рами розташовано два підсилені квадрати у які в подальшому будуть вкручені спеціальні скалки для закріплення ровера у зібраному вигляді до ракетносія. Також у рамі розташовано 4 отвори діаметром 50 міліметрів та по 4 кріпильних отвори навколо кожного під болт М-10 для встановлення пластин кріплення майбутньої підвіски. Усередині рами у майбутньому планується розміщення електронних компонентів роботизованої системи та акумуляторів. Окремо усередині будуть розміщені елементи підвіски.

Для закріплення елементів підвіски, застосовуючи попередньо виготослений отвір діаметром 50 мм, було спроектовано обойму бронзової втулки (рисунок 2.2) яка кріпиться ззовні бази Марсохода.

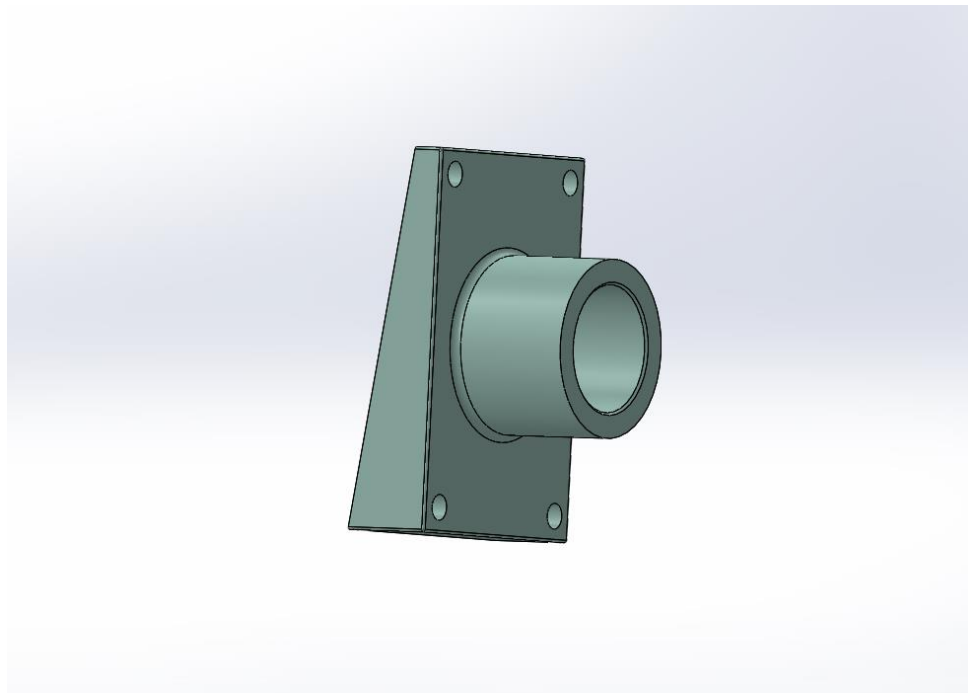


Рисунок 2.2- Обойма бронзової втулки підвіски

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дана деталь має доволі товсту стінку для жорсткості, кріпиться у контакт до бази на 4 болта М-10 та виготовляється із того самого матеріалу. У конструкції застосовуються 4 однакові обойми. На усіх кутах спроєктоване скруглення, усередині західну фаску.

З внутрішньої частини корпуса кріпиться схожа деталь до попередньої, має назву обойма втулки бронзової під підшипник (рисунок 2.3) та комплектується упорним підшипником.

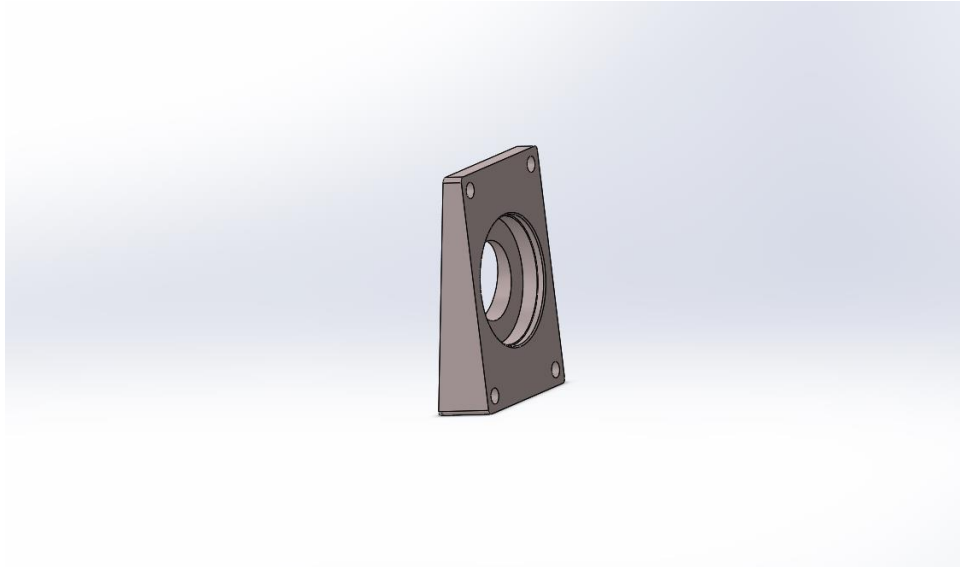


Рисунок 2.3- Обойма бронзової втулки під підшипник

Усередину запресовується упорний підшипник 746580 (рисунок 2.4) та уся конструкція стягується за допомогою болтів та гайок під нарізь М-10 як показано на рисунку 2.5.

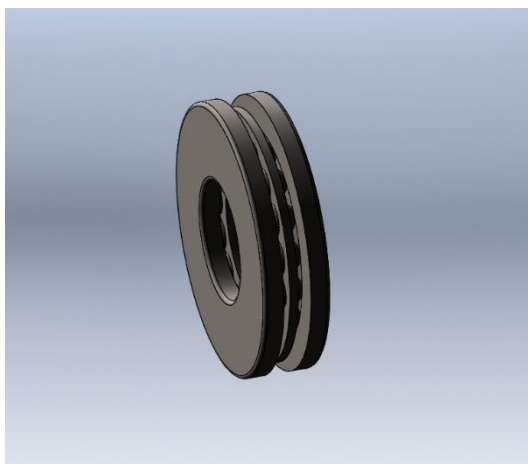


Рисунок 2.4- Підшипник 746580

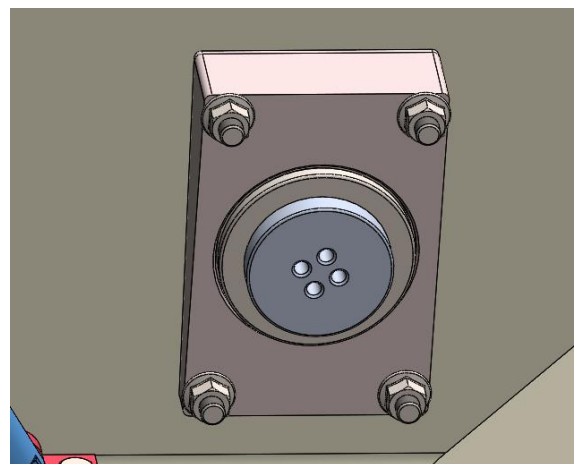


Рисунок 2.5- Загальний вигляд

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маючи закріплені обойми, усередину запресовується із натягом втулка, що виготовляється із бронзи марки- БрА9Ж4. У даному випадку було вирішено застосувати саме бронзову втулку (рисунок 2.6), у якій буде рухатися вал до якого буде закріплено стійку з колесом оскільки усе навантаження візьме на себе упорний підшипник, а втулка буде виконувати роль центрування валу. Також втулка з бронзи при температурі мінус 120 градусів по Цельсію не зможе примерзнути до валу а також краще буде сприймати перепади температур ніж кульковий підшипник.

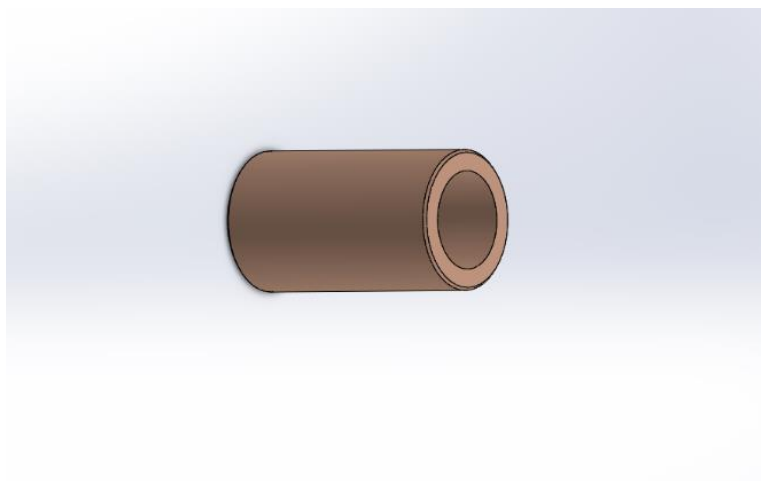


Рисунок 2.6- Втулка з бронзи марки БрА9Ж4

У дану втулку вкладається вал, який і буде рухатися по ній (рисунок 2.5). Даний вал з середини буде опиратися в упорний підшипник а ззовні до нього будуть закріплені стійка з механізмом колеса. Користуючись правилом, що застосовується при проектуванні прес-форм, що довжина колонки, а у даному випадку валу має мати не менше двох величин діаметру втулки виходить, що мінімальна довжина валу для цієї втулки має бути 70 міліметрів. Довжину валу було вибрано із запасом по міцності, а матеріал також алюміній тієї самої марки що і у корпусі. Якщо розраховувати на довготривале використання Марсоходу, варто замінити матеріал даного валу на нержавіючу сталь марки 08Х18Н10, оскільки в даному випадку алюміній не має високої зносостійкості. Але для максимального зменшення ваги залишаємо алюмінієвий вал.

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	25
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

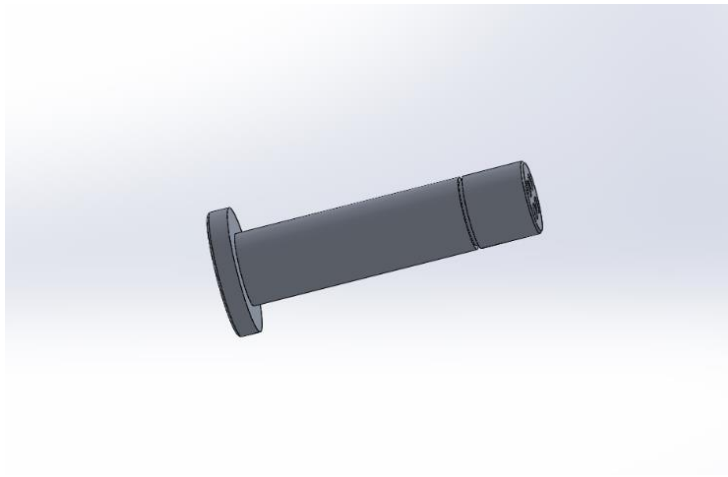


Рисунок 2.7- Вал підвіски

На рисунку 2.7 у збільшеному вигляді показано вал підвіски який рухається у втулці. З одної сторони якого розміщено упорну частину до підшипника. Також на торці як з одного краю так і з іншого розміщено 4 отвори. По два кріпильних отвори під гвинт М-8, та по два отвори під штифт для позиціонування усієї конструкції. Штифти у даному випадку будуть також виконувати силову функцію та протистояти зрізу, тому будуть виконані із нержавіючої сталі марки 08Х18Н10.

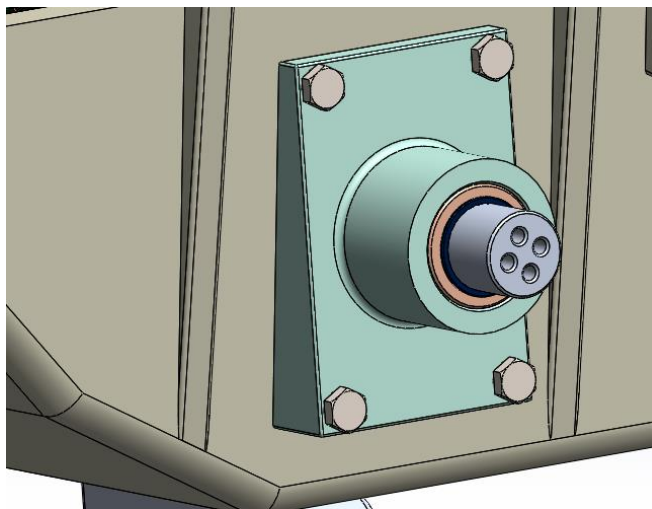


Рисунок 2.8- Вал підвіски

На рисунку 2.8 показаний вигляд ззовні конструкції із обоймою втулки, бронзовою втулкою та валом підвіски. Тепер ззовні ця конструкція слугуватиме базою для закріплення шарнірів з колесами Марсоходу, а з середини (рисунок 2.5) базою для закріплення елементів підвіски.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	26
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для фіксації валу та запобіганню зміщенню при навантаженнях, у попередньо виготовлену канавку на валу (рисунок 2.7) буде вкладатися стопорне кільце (рисунок 2.9), яке буде фіксувати вал у заданому положенні а також запобігатиме попаданню в зону тертя пилу та бруду.



Рисунок 2.9- Стопорне кільце валу

До валу підвіски закріплюється суглоб, який буде напряму з'єднаний за допомогою стійки із поворотним механізмом колеса та самим колесом. Даний суглоб має дві точки кріплення. З однієї сторони насаджується до упору із натягом на вал (рисунок 2.8) а з іншої стійка запресовується усередину. Конструкція передбачає ряд механічних кріплень для надійної фіксації усєї конструкції. Дані механічні кріплення будуть працювати як на зріз так і на прижим деталі.

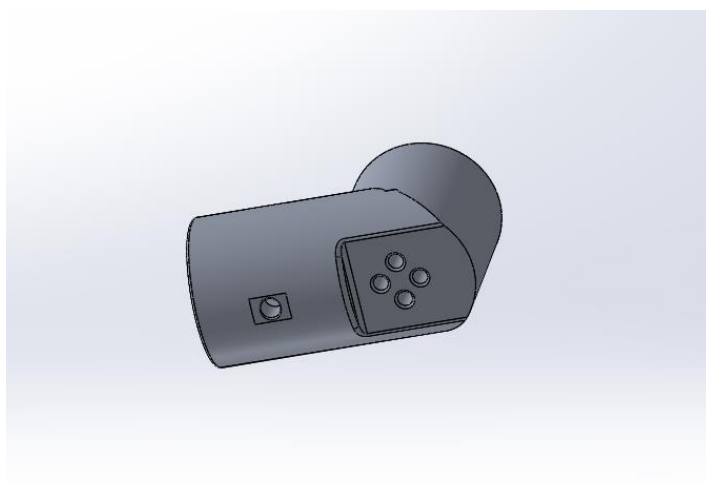


Рисунок 2.10- Передній суглоб підвіски

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	27
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Оскільки на даний суглоб у точці кріплення із валом буде припадати велике навантаження за «зріз», закріплювати було вирішено двома методами. Спершу, використовуючи два штифта довжиною 50 мм. та два із чотирьох кріпильних отворів суглоб центрується із валом. Посадка штифтів повинна забезпечуватися натягом. Після того як штифти спозиціювали суглоб відносно валу, за допомогою двох болтів під нарізь М-6 та двох кріпильних отворів які залишилися, суглоб додатково механічно закріплюється. Комбінація штифтів та болтів часто використовується у машинобудуванні та забезпечує надійне з'єднання конструкцій особливо в місцях підвищених навантажень. Штифт (рисунок 2.11) варто також виконати із нержавіючої сталі 08Х18Н10. Хоча для фінансової економії можна вибрати і інші марки сталі, оскільки після збірки конструкція не буде розбиратися та сам штифт не впливатиме на функціональні можливості механізму.

Усі болти для кріплення механізмів були вибрані саме із зовнішнім шестигранником а не внутрішнім під ключ. Це було зроблено для того, щоб у процесі експлуатації виробу у порожнини у болтах не забивався пил та бруд та у результаті не порушував загальну вагу роботизованої машини. Клас міцності даних болтів необхідно обрати 8,8. При такому класі міцності, закручений у попередньо вибрану марку сталі болт буде забезпечувати найбільш міцне з'єднання, а у випадку надмірного затягування ключем не зможе пошкодити нарізь у валу.

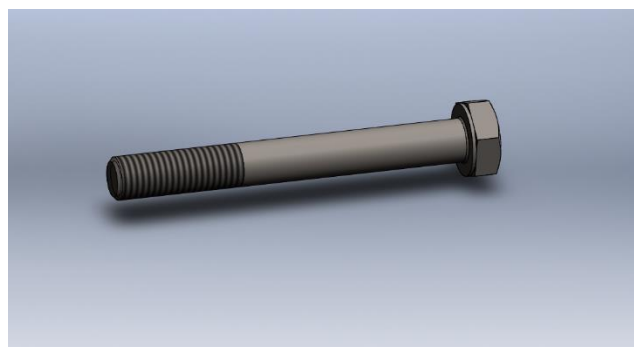
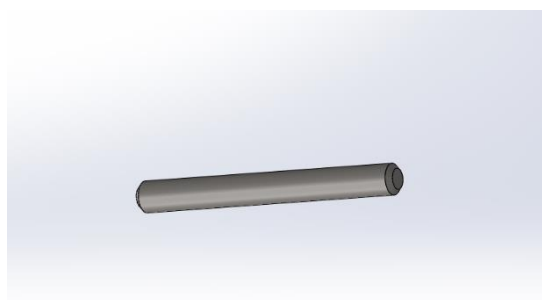


Рисунок 2.11- Штифт фіксації суглобу Рисунок 2.12- Кріпильний болт суглобу

При затягуванні усіх болтів необхідно використовувати динамометричний ключ, та слідувати параметрам, що наведені на рисунку 2.13. В жодному разі не збільшувати зусилля затягування болтів. Через певний час, мінімум одну добу,

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	28
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

варто дотягнути усі болти з таким самим зусиллям яке було використане перед цим, оскільки запускаючи виріб у експлуатацію такої можливості більше не буде.

Діаметр різьби	Клас міцності							
	5.6		8.8		10.9		12.9	
	Nm	ft. lb.	Nm	ft. lb.	Nm	ft. lb.	Nm	ft. lb.
M3	0.6	0.44	1.37	1.01	1.92	1.42	2.3	1.7
M4	1.37	1.01	3.1	2.29	4.4	3.05	5.25	3.87
M5	2.7	1.99	6.15	4.54	8.65	6.38	10.4	7.6
M6	4.6	3.3	10.5	7.7	15	11	18	13
M7	7.6	5.6	17.5	12.9	25	18.4	29	21.3
M8	11	8.1	26	19	36	26	43	31
M10	22	16	51	37	72	53	87	64
M12	39	28	89	65	125	92	150	110
M14	62	45	141	103	198	146	240	177
M16	95	70	215	158	305	224	365	269
M18	130	95	295	217	420	309	500	368
M20	184	135	420	309	590	435	710	523
M22	250	184	570	420	800	590	960	708
M24	315	232	725	534	1020	752	1220	899
M27	470	346	1070	789	1510	1113	1810	1334
M30	635	468	1450	1069	2050	1511	2450	1806
M33	865	637	1970	1452	2770	2042	3330	2455
M36	1111	819	2530	1865	3560	2625	4280	3156
M39	1440	1062	3290	2426	4620	3407	5550	4093

Рисунок 2.13- Таблиця моментів при затягуванні нарізевих з'єднань

Наступним кроком є встановлення стійки, яка повинна бути закріплена у суглоб (рисунок 2.10). Дана стійка представляє собою алюмінієву трубку марки Д16Т з внутрішнім діаметром 25 мм, зовнішнім 35 мм та довжиною 300 мм. Дана деталь також має силову функцію та передбачає по два кріпильних отвори із двох сторін. Після запресовування у суглоб, фіксується за допомогою болтів під нарізь М-8 (рисунок 2.15) , класом міцності 5.6. У даному випадку клас міцності вибраний саме такий, оскільки болти кріпляться до алюмінію. До кріплення алюмінію потрібно підходити доволі обережно, оскільки дуже легко перетягнути болт та зрізати нарізь. Для повноцінного прилягання контактуючої поверхні болта, на суглобі (рисунок 2.10) спроектовано уступ, що дасть можливість повноцінно розподілити навантаження по усій деталі після затягування з'єднання.



Рисунок 2.14- Стійка передня

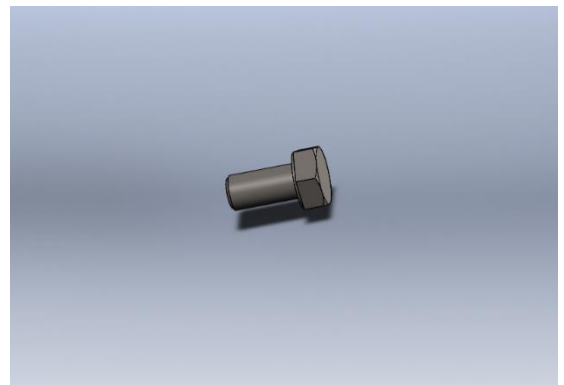


Рисунок 2.15- Болт М-8х16

Загальний вигляд спроектованого механізму показано на рисунку 2.16. Як показано нижче, деталь на яку буде припадати найбільше навантаження є суглоб, тому товщина його стінок є найбільшою.

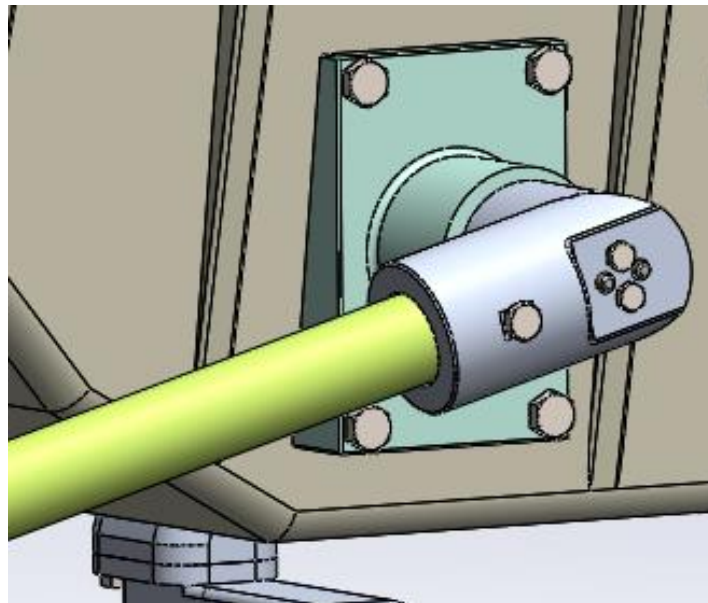


Рисунок 2.16- Загальний вигляд конструкції

За рахунок використання бронзової втулки у конструкції, усе навантаження від валу буде рівномірно розподілятися на обойму бронзової втулки (рисунок 2.2), та на упорний підшипник який розташований усередині корпусу (рисунок 2.5). За рахунок закріплення обойми до корпусу на чотири точки кріплення, навантаження від неї рівномірно розподілиться на стінки рами Марсоходу та на два повздовжніх ребра які розміщені поряд. Понаднормові навантаження будуть гаситися елементами пружинного амортизатора який буде розташований всередині у корпусі.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення точності та потужності при повороті колеса, було вибрано крокові двигуни NEMA 17- 8401 (рисунок 2.19).

Характеристики двигуна NEMA 17- 8401

1. Типорозмір- NEMA 17;
2. Діаметр фланця- 42 мм;
3. Робочий струм- 1.8 А;
4. Крок 1.8° ;
5. Утримуючий момент 52 Н×см;
6. Підключення- роз'єм 4 пін, дві фази;
7. Маса- 0.335 кг.



Рисунок 2.19- Двигун NEMA 17- 8401;

Головна перевага даних крокових двигунів полягає у їх точності позиціонування. Двигуни такого типу видають відносно високий момент при низьких швидкостях кручення. Застосовуються у машинах і механізмах, які працюють у режимі старт- стоп.

Після вибору двигуна потрібно було вибрати редуктор, який би підійшов по параметрах для даної конструкції. Редуктор було вирішено вибрати стандартний, спроектований саме для двигунів цієї моделі, із передаточним відношенням 1:5. Особливістю даного редуктора є наявність підшипників всередині та простота у виготовленні. Завдяки цьому, такі редуктора дуже часто використовуються з даними двигунами (рисунок 2.19).

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Далі, маючи посадкове місце під підшипник, та вибраний двигун потрібно спроектувати поворотний механізм колеса Марсохода, який одночасно буде задавати рух колесу.

Першим кроком потрібно обрати двигун за необхідною потужністю який задаватиме рух колесу, оскільки він є рушійною силою агрегату. Для даного проекту був вибраний кроковий двигун серії NEMA 23, оскільки він може працювати при низьких температурах та стійкий до випромінювань через свою просту конструкцію. Але оскільки із таким двигуном ніхто не проводив експериментів на стійкість до випромінювання, його потрібно буде додатково захистити.

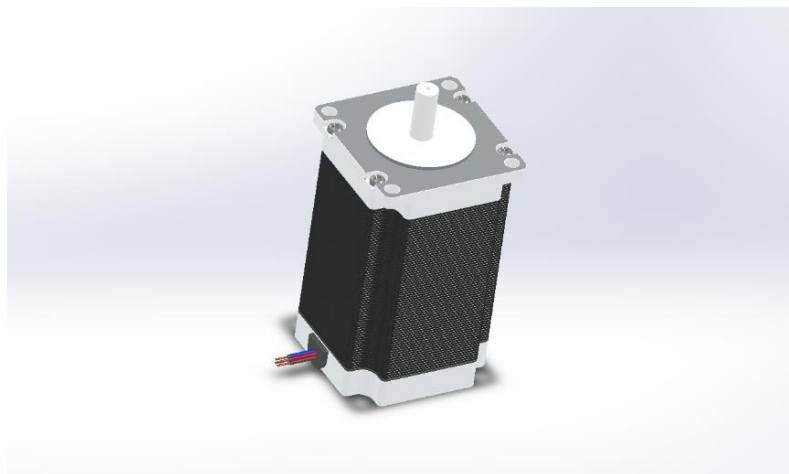


Рисунок 2.20- Двигун NEMA 23 на 100 міліметрів;

Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm Min)	Detent Torque (N.cm Max)	Rotor Inertia (g.cm ²)	Lead Wire (No.)	Motor Weight (g)
23HS0601	1.8	41	1.0	5.2	5.5	40	2.5	150	6	470
23HS0405	1.8	41	0.62	12	24	55	2.5	150	4	470
23HS0408	1.8	41	2.0	1.2	2.5	55	2.5	150	4	470
23HS4412	1.8	45	0.62	12	26	80	2.8	190	4	520
23HS4425	1.8	45	2.5	1.0	2.2	80	2.8	190	4	520
23HS5406	1.8	51	0.62	13	28	90	2.8	190	4	520
23HS5425	1.8	51	2.5	1.2	3.2	90	2.8	190	4	520
23HS5602	1.8	51	0.8	6.8	9.2	63	3.0	230	6	590
23HS6602	1.8	56	1.5	3.2	5.5	90	3.5	280	6	590
23HS6403	1.8	56	2.5	1.3	3.6	110	3.5	280	4	680
23HS6430	1.8	56	3.0	0.8	2.4	110	3.5	280	4	680
23HS6404	1.8	56	4.2	0.4	1.2	110	3.5	280	4	680
23HS7401	1.8	64	1.0	7.5	20	150	5.0	380	4	850
23HS7425	1.8	64	2.5	1.5	4.5	150	5.0	380	4	850
23HS7430	1.8	64	3.0	0.8	2.3	150	5.0	380	4	850
23HS7404	1.8	64	4.2	0.55	1.2	150	5.0	380	4	850
23HS8603	1.8	76	1.5	4.5	10	140	6.0	440	6	1050
23HS8425	1.8	76	2.5	1.8	6.5	180	6.0	440	4	1050
23HS8430	1.8	76	3.0	1.0	3.5	180	6.0	440	4	1050
23HS8404	1.8	76	4.2	0.6	1.8	180	6.0	440	4	1050
23HS1430	1.8	100	3.0	1.4	5.5	250	10	680	4	1250
23HS1410	1.8	100	4.2	0.8	3.0	250	10	680	4	1250
23HS2430	1.8	112	3.0	1.6	6.8	280	12	800	4	1400
23HS2410	1.8	112	4.2	0.9	3.8	280	12	800	4	1400

Рисунок 2.21- Характеристики двигунів серії NEMA 23

Момент утримання даного двигуна орієнтовно складає 200 Н.см, що буде явно не достатньо для керування колесами в складних умовах. Попередньо прорахувавши загальну вагу Марсоходу, яка склала орієнтовно 60 кілограм, а значить по 10 кілограм на одне колесо було вирішено додати редуктор із моментом 1:6, що зменшить швидкість обертання колеса але додасть потужність для можливості заїзду на перешкоди під кутом 40 та навіть більше градусів.



Рисунок 2.22- Двигун NEMA 23 та редуктор 1:6

Використовуючи розміри наявного двигуна разом із редуктором, можна приступити до проектування поворотної частини. Перед проектуванням за основу було так само вибрано матеріал алюміній, марка Д16Т.

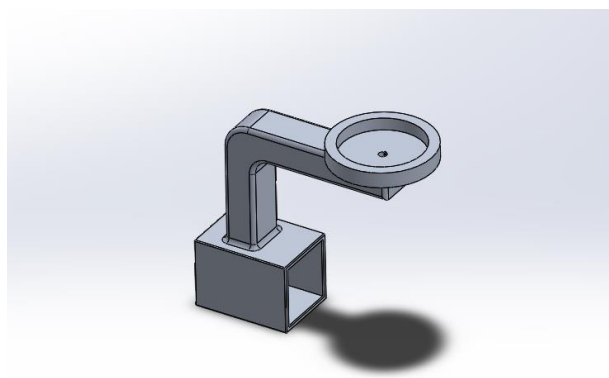


Рисунок 2.23- Поворотна частина переднього колеса

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	34
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Для закріплення двигуна із редуктором було спроектовано корпус який вміщує та повністю закриває двигун. У подальшому це дасть можливість зробити захисний екран для обмеження впливу іонізованого випромінювання на двигун. Над кріпленням двигуна спроектовано шарнір підвіски до якого кріпиться корпус для посадки упорного підшипника. Усі елементи мають скруглення, а місце посадки підшипника західну фаску. По центру місця посадки підшипника розташований отвір для валу двигуна що в майбутньому буде повертати переднє колесо.

Для даної опори було вибрано упорний підшипник із сепаратором, що має внутрішній діаметр 35 міліметрів а зовнішній 80 міліметрів. Він дасть змогу повністю розподілити вагу передньої частини Марсохода на усю частину поворотної підвіски та облегшить навантаження на двигун.

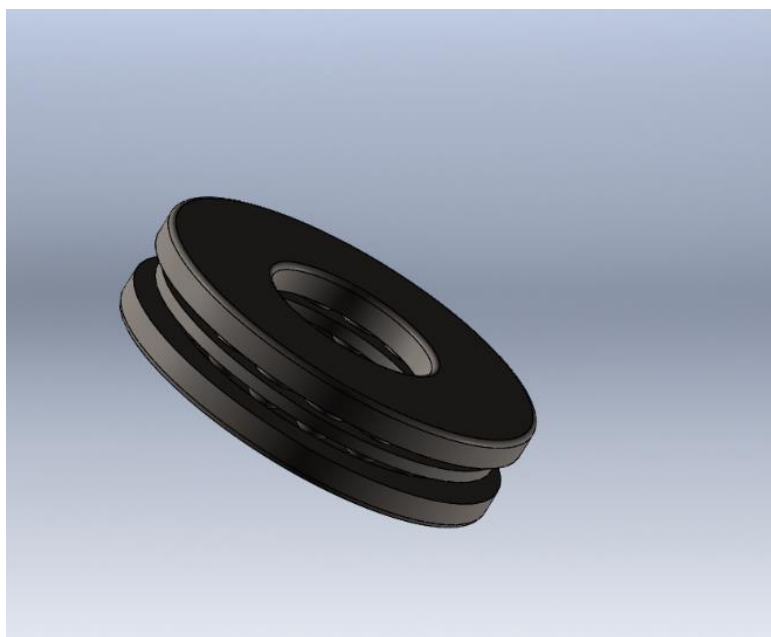


Рисунок 2.24- Підшипник упорний моделі 743580

У зібраному вигляді механізм має наступний вигляд (рисунок 2.25). Після збирання частини механізму необхідно проаналізувати конструкцію на правильність дотримання усіх необхідних технологічних зазорів та запустити автоматичний процес аналізу який є у програмі для проектування. Після такого аналізу часто впливають помилки які могли бути у конструкції.

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	35
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

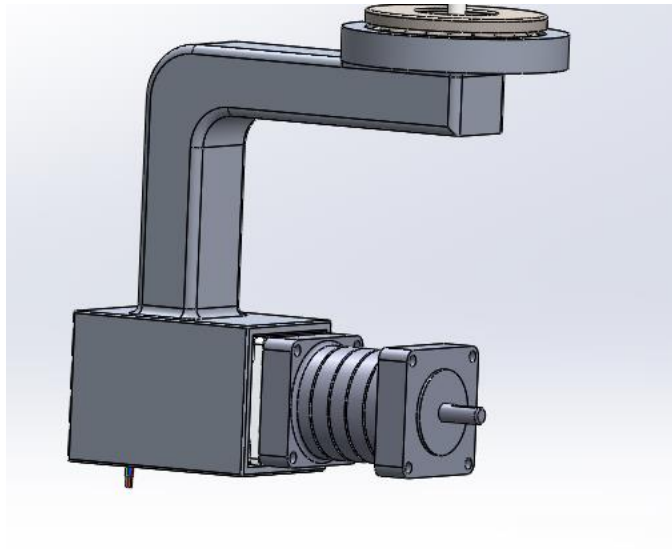


Рисунок 2.25- Поворотний елемент переднього колеса

Наступним кроком є проектування колеса яке буде закріплене до валу редуктора та метизів для остаточної збірки конструкції. Проектування колеса є доволі важким процесом, адже воно має бути гнучке при попередньо розписаному діапазоні температур, а значить звичайна автомобільна гума не підійде для таких задач. Провівши аналіз матеріалів (рисунок 2.26) які можуть використовуватися, було вибрано також алюміній для коліс, адже лишень такий матеріал витримує навантажень на Марсі та руйнується дуже повільно. Всеж колеса є слабким місцем Марсоходу, адже з часом, як показано на рисунку вони зношуються та марсохід стане не придатним. Колеса із алюмінію не будуть гнучкими але за допомогою спеціальної конструкції диска, зможуть витримувати деформації та не ламатися. Також на колесі варто спроектувати певний рисунок протектора, який дасть змогу Марсоходу мати краще зчеплення із ґрунтом а також при виконанні поворотів на місці не буксувати та не виривати ями. Провівши аналіз протекторів Марсоходів, що використовувалися на практиці у всіх місцях, було вибрано розмістити на колесі із певним кроком прямі невисокі лінії, які і будуть протектором колеса а також виконуватимуть роль зовнішніх ребер жорсткості. Такий тип протектора найкраще буде підходити для піску, хоча у інших середовищах буде мати ряд недоліків.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

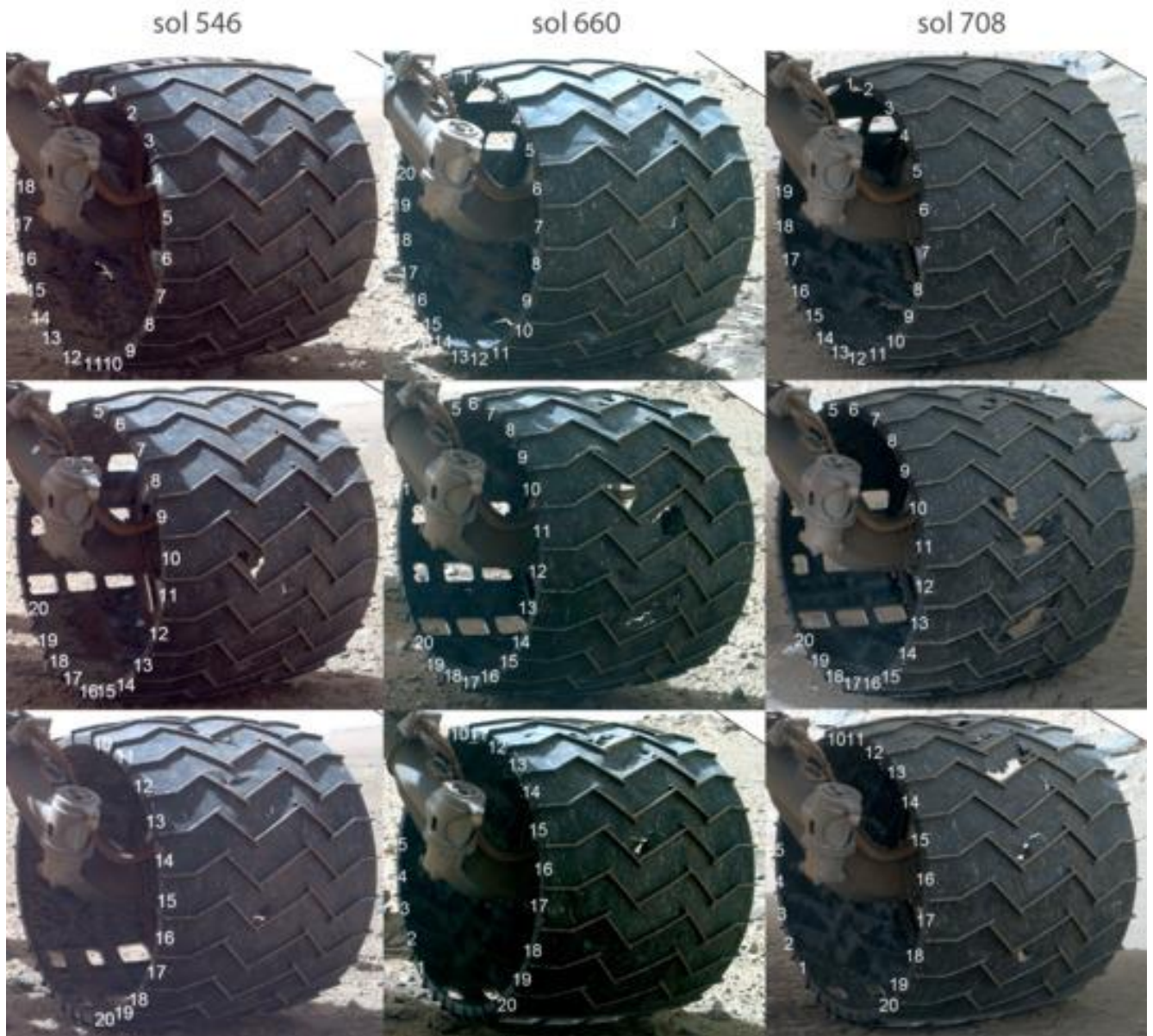


Рисунок 2.26- Аналітика зношування коліс в реальних умовах

Використовуючи програму для проектування було змодельовано 3-Д модель колеса (рисунок 2.27). Діаметр колеса складає 210 мм. Даний діаметр було пропорційно вибрано враховуючи габарити машини. Загалом Марсохід має шість коліс та на кожне із них без руху буде приходити навантаження у десять кілограм. Дане навантаження є доволі невелике, але враховуючи, що під час руху колесо буде проїжджати через різні перешкоди, навантаження буде значно більшим. Тому потрібно продумати товщини та розташування диска (рисунок 2.28) який буде розподіляти навантаження від колеса та не деформуватися при русі.

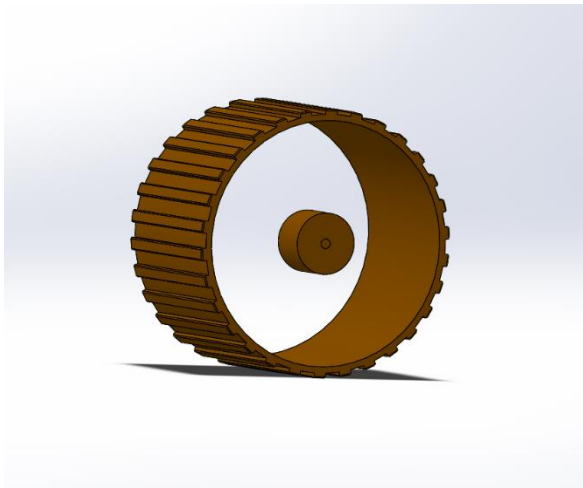


Рисунок 2.27- Модель колеса без диска

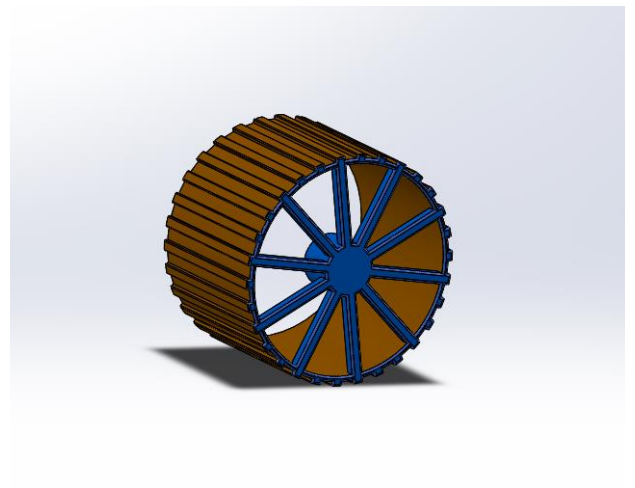


Рисунок 2.28- Модель колеса з диском

Далі був спроектований механізм повороту колеса. Для цього механізму було використано додатковий двигун із редуктором, але меншої потужності а також спроектовано спеціальний суглоб із місцем кріплення до підшипника та закріплення двигуна (рисунок 2.10).

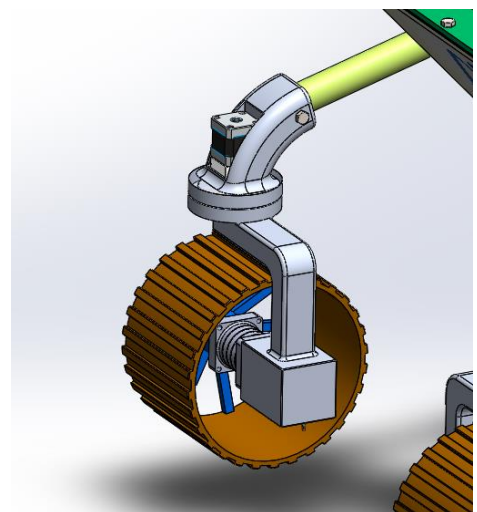
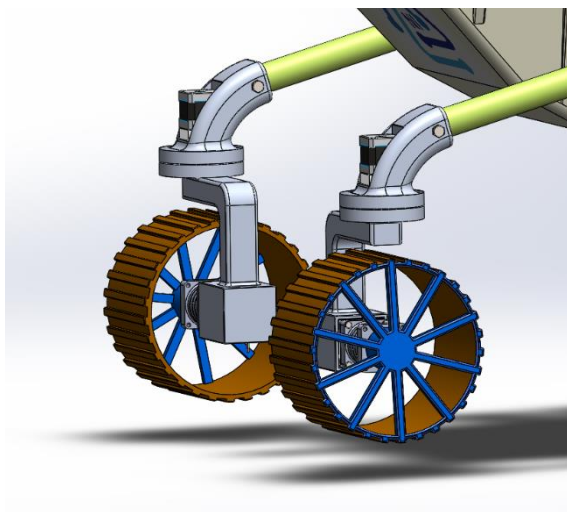


Рисунок 2.29- Загальна конструкція передньої рухомої частини підвіски

Такий механізм (рисунок 2.29) буде використовуватися у передній частині марсоходу з правої та лівої сторони. Передні колеса будуть поворотними на 360 градусів та задаватимуть напрямок руху для установки дослідження Марсу. Центральні 2 колеса та задні 2 колеса будуть не поворотними, але кожне колесо буде мати окремий двигун та механізм підвіски. За допомогою програмного коду можна буде забезпечити поворот на місці. Для цього передні колеса будуть

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	
						38

розвертатися а задні по чергово обертатися. Такий принцип застосовується у військовій техніці що робить машину висококомобільною.

Наступним елементом є проектування задньої пари коліс. Якщо посередині два колеса були повністю незалежні один від одного, то задні будуть працювати по парно. З правої сторони Марсохода та з лівої по два закріплені до одного суглоба (рисунок 2.30), який в свою чергу вже буде мати свою систему підвіски. Спершу було спроектовано задній суглоб підвіски, який зроблений із такого самого матеріалу як і передній, закріплюється по такому самому принципу, але має дві точки кріплення стійок із колесами.



Рисунок 2.30- Задній суглоб підвіски

Дана 3-D модель є дуже технологічно складною, оскільки охоплює кілька додаткових площин при проектуванні, які необхідно розмістити з високою точністю, щоб у подальшому посадочні місця стійок зійшлися з розрахунковими значеннями. Правильне розташування посадкових місць впливає на те, чи будуть розташовані передні та задні колеса на одній лінії чи ні.

Далі до суглобу потрібно спроектувати дві стійки. Стійка яка буде кріпити колеса, що будуть розташовані по центру корпуса буде короткою, та матиме у довжину 180 мм. Це максимально можлива довжина для цієї конструкції.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	39
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 2.31- Сійка на 180 мм.

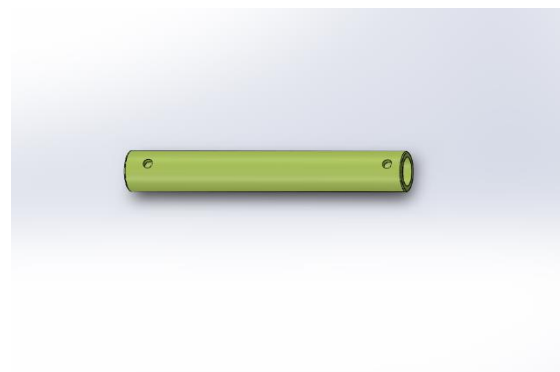


Рисунок 2.32- Сійка на 250 мм.

Щодо сійки, яка кріпитиме заднє колесо (рисунок 2.32), її довжина складатиме 250 мм. Така довжина вибрана, щоб заднє колесо було як найдалі від крайньої точки корпусу ровера, щоб забезпечити опору у випадку заїзду на перешкоду під кутом понад 30 градусів. Дана сійка так само запресовується у суглоб та закріплюється за допомогою болтів М-8х16 класом міцності 5.6. На задню частину Марсохода, а саме на підвіску буде приходити більше навантаження при русі, оскільки колеса з'єднані парами, а також у задній частині буде розташовано багато електронних компонентів а на верху корпусу сонячна панель. Це потрібно врахувати при проектуванні пружини підвіски.

До кожної задньої сійки кріпиться тримач опори колеса (рисунок 2.33). У даній конструкції, оскільки колесо не буде поворотним, тримач не має точки закріплення підшипника як у тримачі на рисунку 2.17. Тримач запресовується на сійку та фіксується болтами М-8х16 класу міцності 5.6. Має західну фаску 1 мм на 45 градусів та скругленні кромки корпусу.

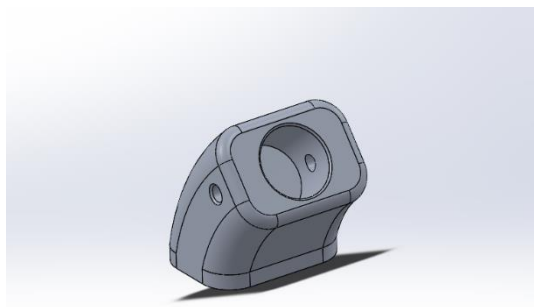


Рисунок 2.33- Тримач опори колеса

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

До даного тримача за допомогою трьох болтів такого самого розміру кріпиться кріпильний механізм колеса

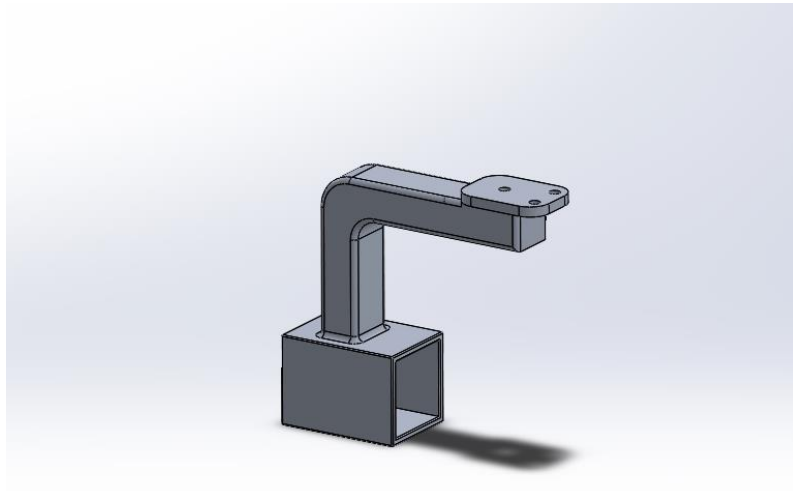


Рисунок 2.34- Кріпильний механізм колеса

Даний кріпильний механізм як і механізм такого самого типу для переднього колеса має посадкове місце для двигуна NEMA 23 із редуктором 1:6. Даний двигун закріплюється на усю довжину та стає повністю захищений корпусом деталі. З торця двигун фіксується за допомогою комплектних гвинтів. За рахунок щільної посадки редуктора на вал, додаткових ущільнень не передбачено.

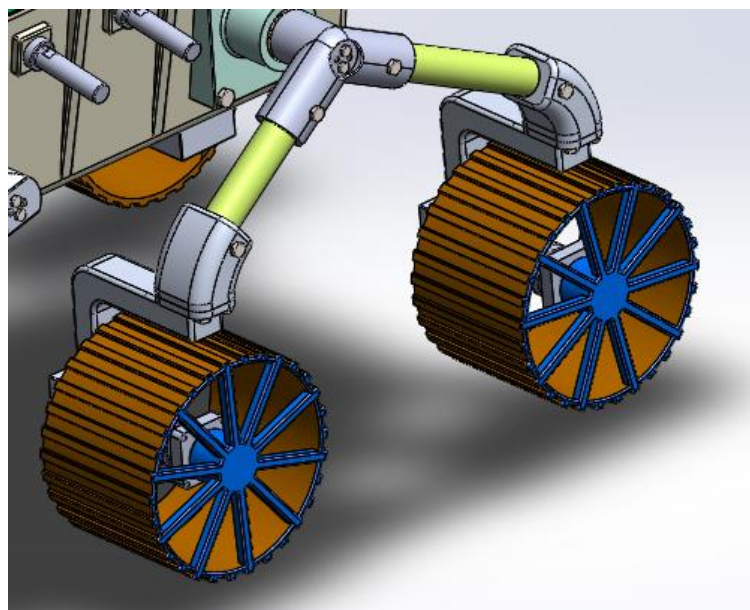


Рисунок 2.35- Загальний вигляд конструкції

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	41
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2.2 Проектування внутрішньої системи амортизації підвіски

У даному Марсоході система амортизації відіграватиме ключову роль при пересуванні, оскільки гаситиме усі коливання та забезпечуватиме плавне пересування по поверхні червоної планети. Механізм амортизації, який застосований у даному Марсоході повністю закритого типу та знаходиться всередині корпусу. Такий механізм був вибраний не просто так. Зовні колеса на стійках закріплені до суглобів, які в свою чергу закріплені до валів, що заходять у корпус. На рисунку 2.36 показано яким чином вал з'єднання якого описані у попередньому розділі розташований усередині корпусу.

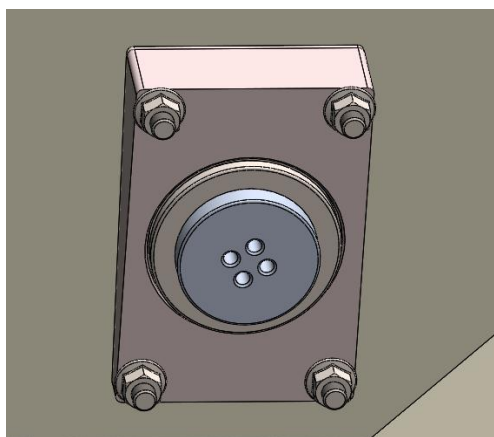


Рисунок 2.36- Основа кріплення системи амортизації

Даний вал має чотири кріпильних точки до якої буде закріплено шарнір, який буде передавати навантаження від колеса на амортизатор. Даний шарнір (рисунок 2.38) є силовим елементом підвіски та передає основне навантаження виконуючи роль плеча. Матеріал- алюміній марки Д16Т. Товщина стінки складає 12 мм.

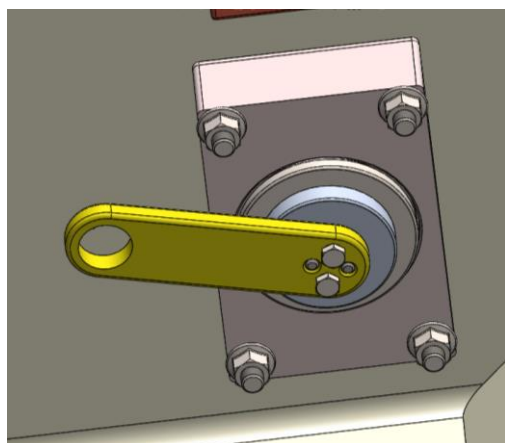


Рисунок 2.37- Кріплення шарніру

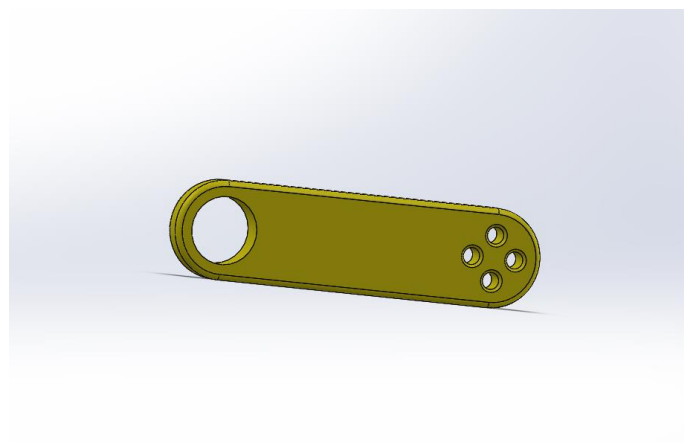


Рисунок 2.38- Шарнір підвіски

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	42
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Кріпиться даний шарнір так само як і з зовнішньої сторони корпусу до валу кріпляться суглоби підвіски. За допомогою двох штифтів а також двох болтів М-6 (рисунок 2.12). У системі амортизації використовуються чотири таких шарніри. По одному на передні колеса та по одному для спарених задніх коліс. У даний шарнір вкладається підшипник 3912-12 (рисунок 2.39).

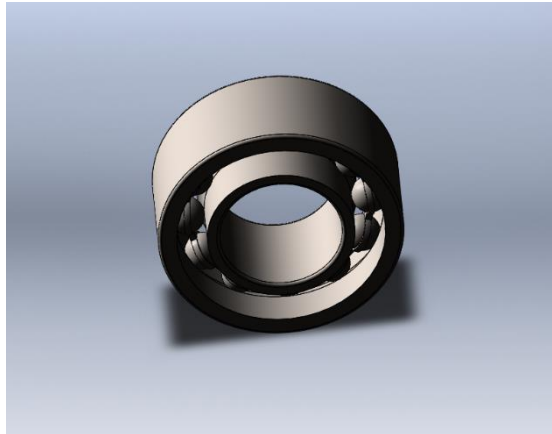


Рисунок 2.39- Підшипник 3912-12

Даний підшипник саджається із натягом та розподілятиме рівномірно навантаження та крутний момент який буде іти від усієї підвіски Марсохода. У даний підшипник саджається вісь кріплення амортизатора (рисунок 2.41) та опирається торцем більшого діаметру у рухому частину підшипника. З іншої сторони закріплюється амортизатор який також має свій підшипник. Дана вісь має бути зроблена із нержавіючої сталі марки 08X18Н10. Така марка сталі тут обрана оскільки на дану вісь буде припадати дуже велике а інколи навіть і ударне навантаження. У випадку поломки або зрізу цієї осі, уся підвіска стане непридатна.

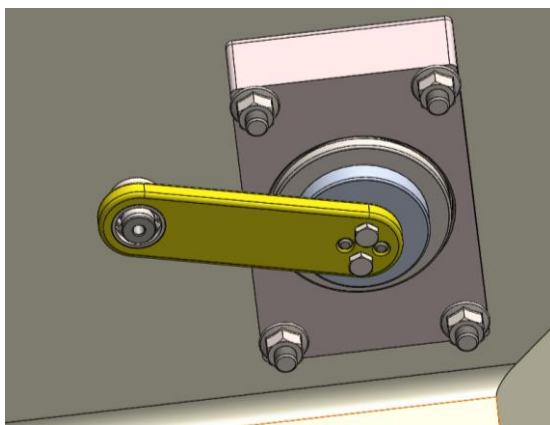


Рисунок 2.40- Кріплення підшипника

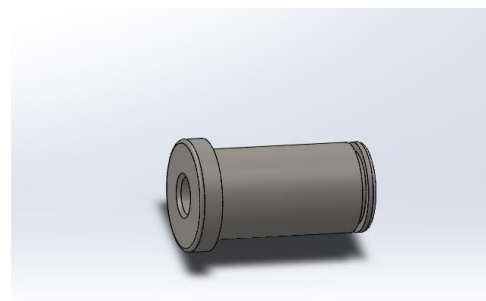


Рисунок 2.41- Вісь кріплення амортизатора

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До дна бази Марсохода закріплюється упорна платформа (рисунок 2.42) амортизатора, яка слугуватиме базою для нижнього закріплення штоку амортизатора. Кріпиться дана упорна платформа на два болта М-8х16 класу міцності 5.6. Усередину цієї платформи запресовуються два підшипника 378-20.

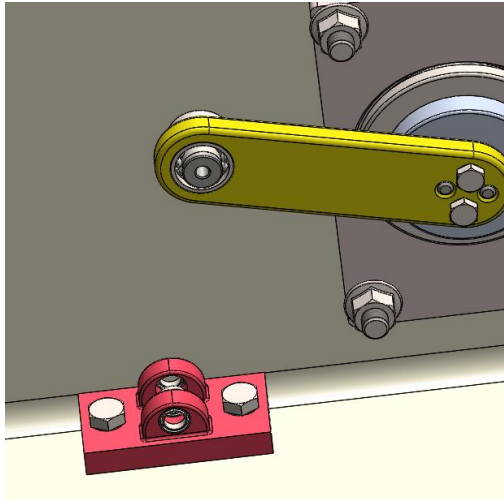


Рисунок 2.42- Упорна платформа

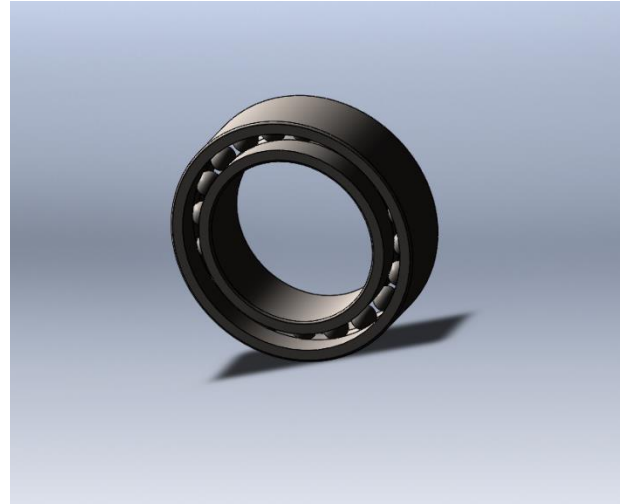


Рисунок 2.43- Підшипник 378-20

Як видно із усіх 3-D моделей, у зони тертя закладені підшипники, тому усі механізми є довговічними та надійними. Далі необхідно спроектувати амортизатор, який буде використовуватися у даній підвісці. Оскільки підвіска є нестандартною, тож амортизатор також має бути індивідуальним а враховуючи те, що на задню і передню осі будуть приходити різні навантаження, амортизаторів має бути два види. Можна обрати газовий амортизатор, але у випадку розгерметизації та порушення системи нагріву корпусу із середини, газовий амортизатор при температурі мінус 120 градусів по Цельсію вийде із ладу, тому необхідно обрати амортизатор пружинного типу. У випадку нештатної ситуації та різкого зниження температурі такого типу амортизатор теж не буде працювати ідеально, але точно не зламається та забезпечить подальше функціонування підвіски. Також газові амортизатор мають велику кількість ущільнень, що теж сильно ускладнює процес експлуатації. Для проектування пружинного амортизатора спершу необхідно визначити його хід. Оскільки шарнір що закріплений до валу грає роль плеча, яке передає зусилля, хід амортизатора та фактичний хід підвіски ззовні буде різним.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Враховуючи ці особливості, використовуючи спеціальну програму по обрахунках, було вчислено, що хід амортизатора на 40 мм, забезпечить хід колеса на 112 (рисунок 2.44) міліметрів. Цього повністю достатньо для роботи підвіски в умовах агресивної експлуатації Марсоходу даних розмірів.

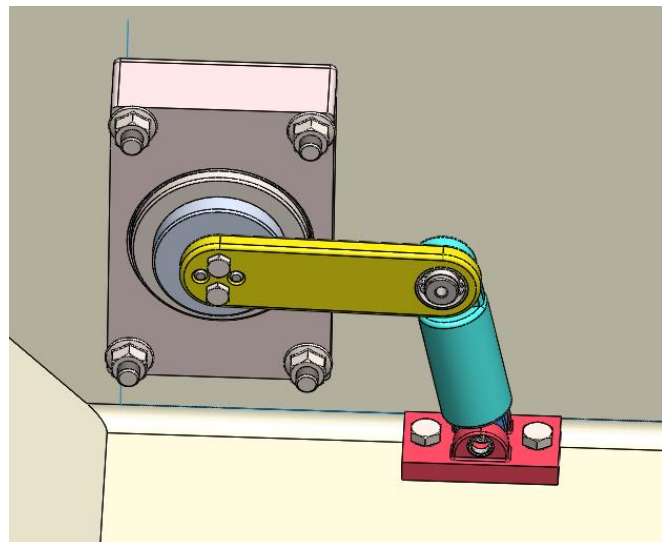
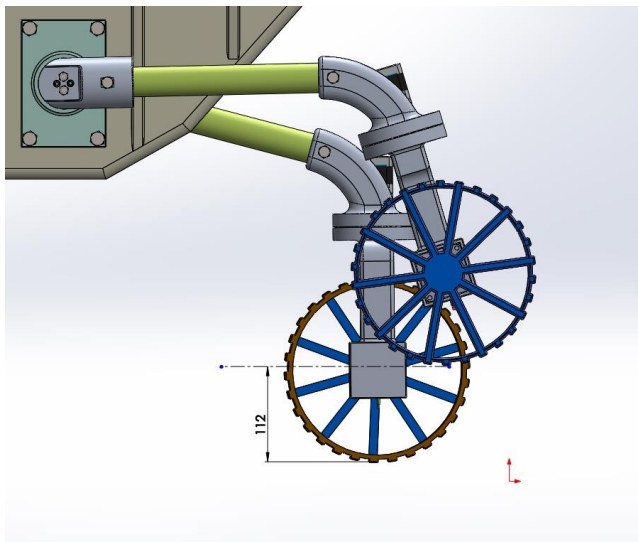


Рисунок 2.44- Хід підвіски Рисунок 2.45- Максимальне стиснення амортизатора

Даний амортизатор (рисунок 2.46) складається із рухомого штока, у який запресовується підшипник 378-20 (рисунок 2.43), який має зовнішній діаметр 25 мм., довжину 55 мм, на краю робочої частини фаску 3x45 градусів а також упор у вигляді фланцю під пружину із плоским торцем. Саме потужність пружини на стискання, січення та матеріал її дроту буде відігравати ключову роль у роботі амортизатора. Матеріал штоку- Сталь 40Х.

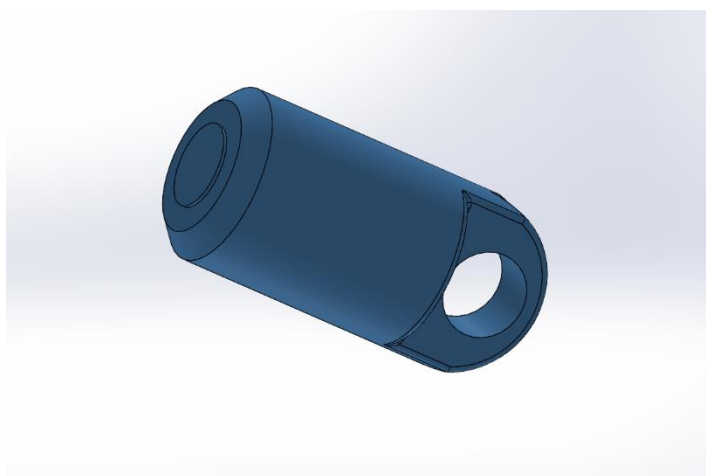


Рисунок 2.46- Шток амортизатора

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	<i>MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>					45

Шток буде заходити у корпус амортизатора (рисунок 2.47), який має наступні параметри: зовнішній діаметр 32 мм, довжину 95мм, посадкове місце під підшипник 3912-12. У даному корпусі буде рухатися шток, що підтискається пружиною. Пружину варто обрати стандартну. Як показали результати по аналізу конструкції, пружину варто обрати із зусиллям стискання 25 кілограм на передню вісь та 35 кілограм на задню вісь. Серед стандартних пружин є безліч варіантів, які задовільняють умови розрахунку. Також варто зауважити, що окрім зусилля, пружина ще має мати достатній хід, щоб змикатися та розмикатися на усю величину амортизатора. На хід пружини у корпусі закладено 33% запасу довжини від величини штока амортизатора.

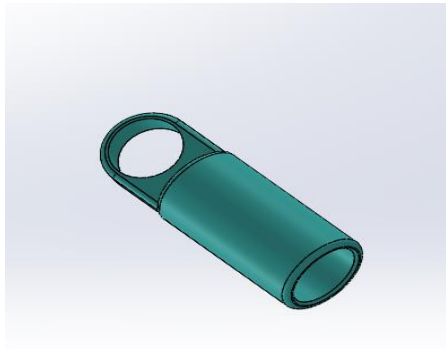


Рисунок 2.47- Корпус амортизатора

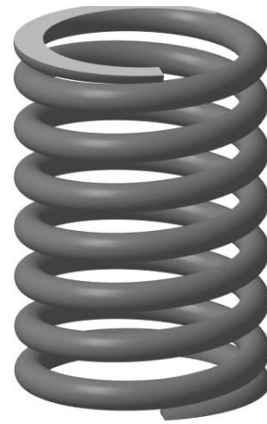


Рисунок 2.48- Пружина

У зібраному вигляді даний амортизатор показано на рисунку 2.45. Для фіксації осі, що з'єднує шарнір та амортизатор використовується стопорне кільце (рисунок 2.49). На рисунку 2.50 показано розташування підвіски у корпусі.

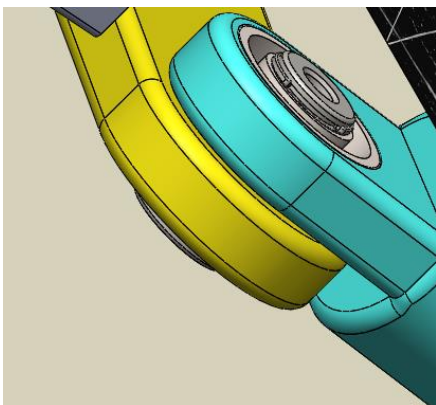


Рисунок 2.49- Фіксація конструкції

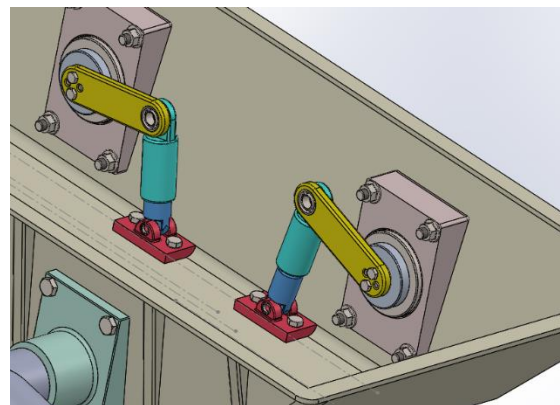


Рисунок 2.50- Загальний вигляд підвіски

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Проекування 5 осової роботизованої руки

Для можливості дослідження поверхні Марсу, ровер повинен мати руку, яка змогла б дістати за межі його корпусу, підняти зразок який буде досліджуватися а також зробити аналіз різними інструментами. Для можливості виконання такого роду операцій було вирішено спроекувати руку-маніпулятор яка змогла б обертатися та мала б 4 осі руху та базу для інструментів. Спершу потрібно спроекувати вісь обертання. Для повноцінного функціоналу вісь обертання повинна обертатися на 360 градусів та не бути обмеженою у русі. Це дасть можливість роверу віддалено працювати із породою червоної планети, адже інколи не можливо дуже близько наблизитися до бажаного зразку.

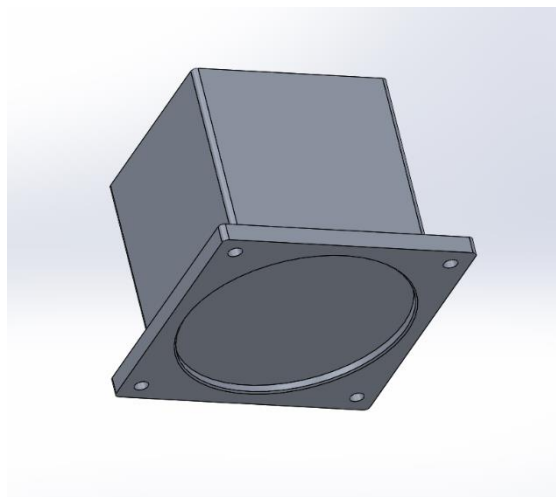


Рисунок 2.51- Корпус поворотної осі

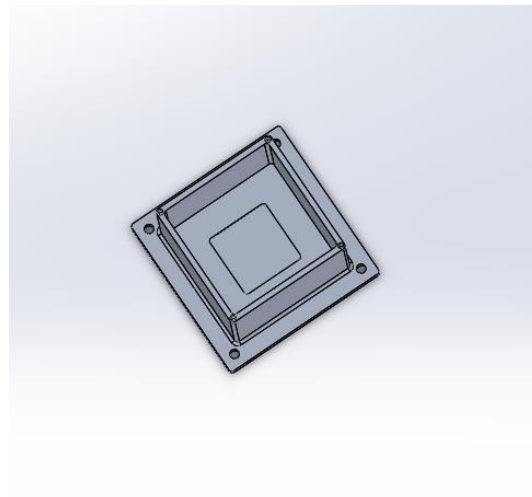


Рисунок 2.52- Внутрішній вигляд

Була спроекува деталь, яка є корпусом поворотної осі. В нижній частині (рисунок 2.51) деталь сідає на фланець, який розташований на кришці корпусу та кріпиться за допомогою двох болтів М8х16 класу міцності 5.8. Матеріал алюміній марки Д16Т. Коли деталь закріплена на корпусі та посаджена на фланець, всередину у квадратний отвір саджається двигун марки NEMA 23 довжиною 100 міліметрів. Даний двигун буде задавати обертовий рух усій роботизованій руці. Двигун знизу не фіксується за допомогою гвинтів, його фіксує кришка яка накладається на фланець двигуна. В результаті двигун буде замкнений між двох площин корпусу. У вільне місце у корпусі поворотної осі необхідно розмістити драйвери та електронні компоненти робота маніпулятора.

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	47
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Наступною деталлю спроектована кришка обертової осі (рисунок 2.53), яка має отвір по центру під вал двигуна а також посадкове місце під упорний підшипник із сепаратором який повинен бути запресований.

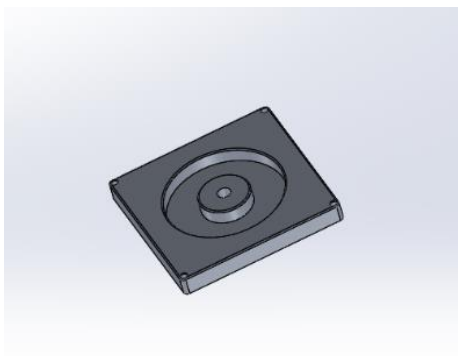


Рисунок 2.53- Кришка поворотної осі

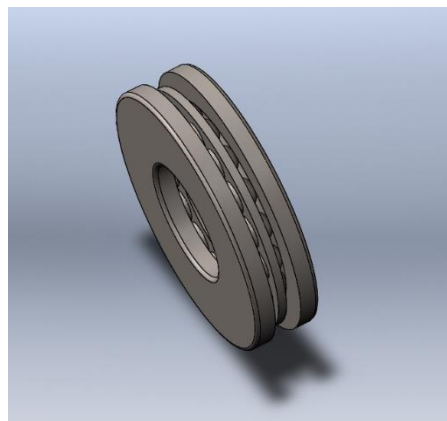


Рисунок 2.54- Підшипник 743580

Після того як конструкція зібрана та підшипник запресований у кришку, була спроектована сама обертова вісь яка і стане початком роботизованої руки. Деталь (рисунок 2.55) є доволі масивною, твердотільною та має з однієї сторони пряму а з другої скруглену форму. Оскільки роботизована рука буде нахилена вперед Марсохода, на передню частину буде концентруватися навантаження, тому пряма частини спереду також слугуватиме обмежувачем ходу першої осі а за рахунок скругленої форми позаду навантаження буде рівномірно розподілятися по корпусу.

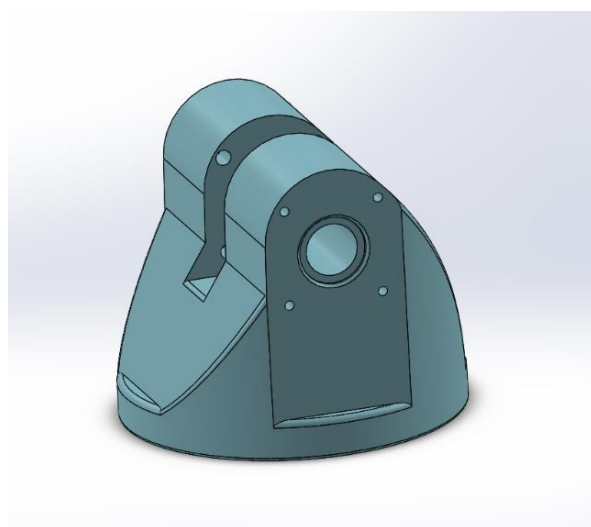


Рисунок 2.55- Поворотна вісь роботизованої руки

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Також дана деталь має посадкові місця під підшипник та виточку під посадковий фланець двигуна. У даній деталі буде запресовано 4 підшипника моделі 389-14. Усередину у підшипник буде запресована вісь, яка буде виготовлена із нержавіючої сталі 10X23Н18 та матиме усередині паз під шпонку для кріплення до валу двигуна та такий самий паз ззовні.

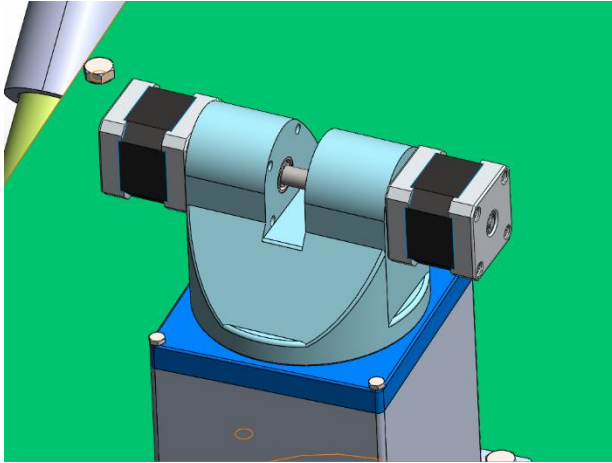


Рисунок 2.56- Загальний вигляд осі руки

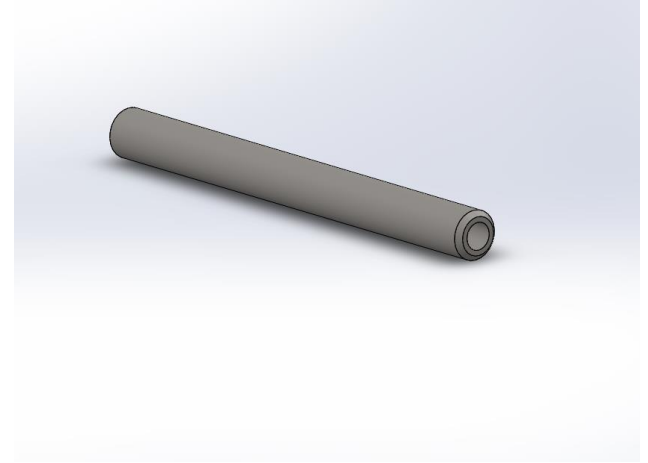


Рисунок 2.57- Вісь центральна

Для задання руху майбутній руки, до центральної осі закріплюється втулка яка також зроблена зі сталі 08X18Н10. Для задання руху будуть використовуватися двигуни NEMA 17- 8401 (рисунок 2.19). Таким чином двигуни будуть синхронно задавати рух центральній осі, вона буде з'єднана із втулкою осі, а втулка буде запресовуватися у саму вісь маніпулятора та підтискатися із торця гвинтом М-3х10. Двигуни також закріплюються на такі самі гвинти (рисунок 2.56).

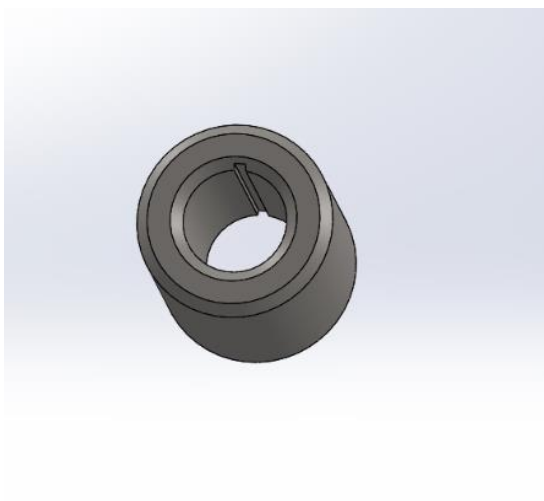


Рисунок 2.58- Втулка осі

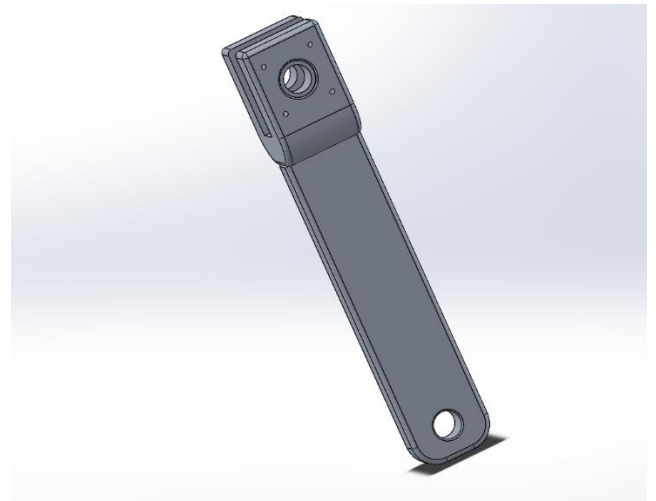


Рисунок 2.59- Ланка осі

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	49
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Конструкція ланки осі (рисунок 2.59) є доволі простою. У низу отвір під втулку осі із західними фасками та на торці отвір під нарізь М-3 для фіксації втулки. У верхній частині посадкові місця під підшипники моделі 389-14 та кріпильні отвори для двигунів. Перша та друга ланки робота однакові та мають довжину 275 міліметрів. Третя ланка є коротшою за попередню та має 205 мм довжини. Четверта та крайня ланка найкоротша та має 104 мм довжини разом із кріпильною платформою захватного пристрою.

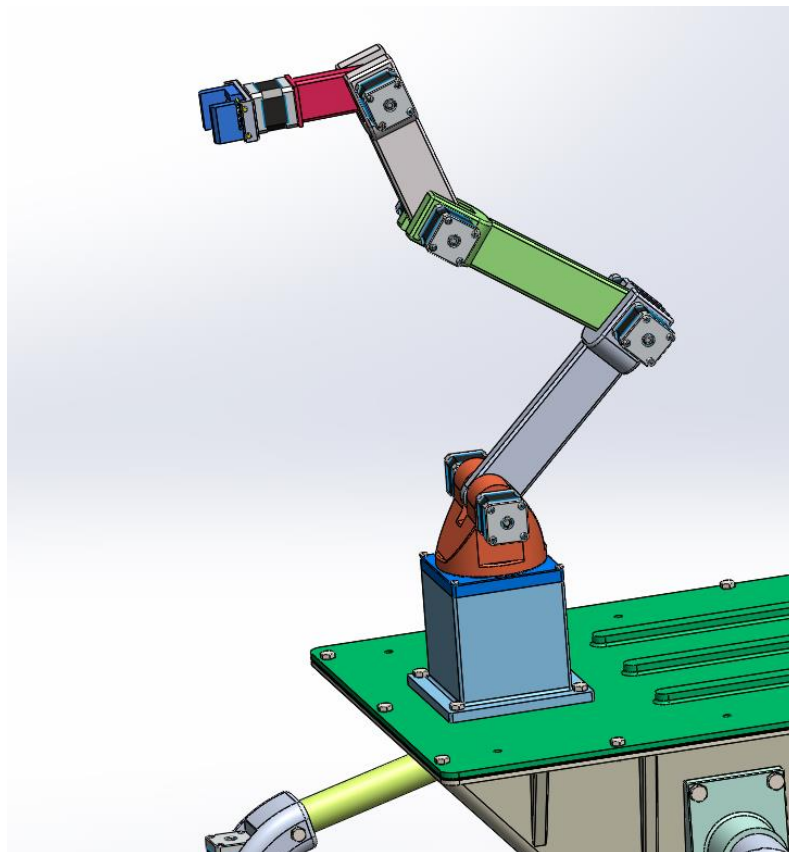


Рисунок 2.60- 5 осьова роботизована рука

Така конструкція із поступовим зменшенням довжин ланок була зроблена для того, щоб при навантаженні у захватному пристрої на нижню вісь не було надмірного плеча навантаження та щоб кожен двигун максимально задавав крутний момент. Якби ланки були б однакові за довжиною, двигуни які задають рух першої осі не змогли б утримувати навантаження. Усі осі окрім п'ятої мають два двигуни для задання руху. Оскільки остання вісь найменша, було використано один двигун. Конструкція передбачає також використання редукторів 1:4.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для дослідження та транспортування зразків використовується захватний пристрій (рисунок 2.61), мета якого захватити, утримати деталь та перенести до контейнера або пакету досліджень який може бути закріплений на направляючих корпуса.

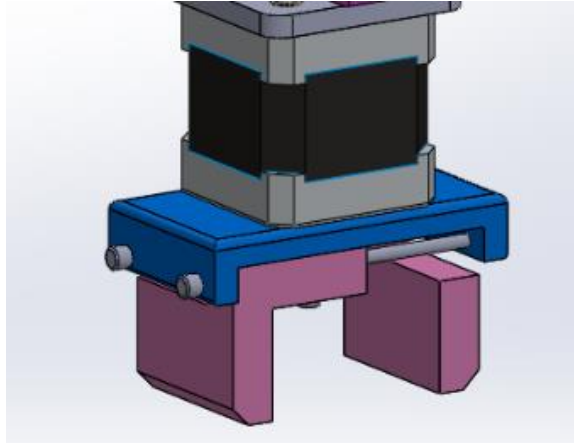


Рисунок 2.61- Захватний пристрій

Даний захватний пристрій є доволі універсальним та має широку контактуючу поверхню захвату. Конструкція складається з двох рухомих губок (рисунок 2.62) та платформи на якій вони розташовані. Приводить пристрій у рух двигун NEMA 17 як у осях роботизованої руки. На його вал була спроектована шестерня, що мала 16 зубів та модуль 0.9 яка за допомогою зубчатої передачі передає рух та рухає губки по направляючих (рисунок 2.63).

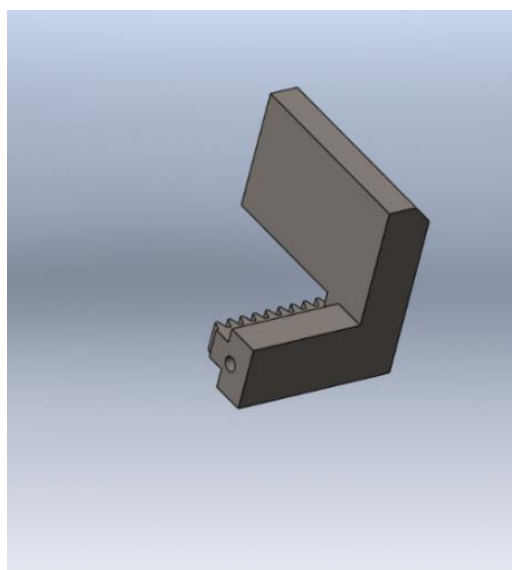


Рисунок 2.62- Рухома губка захватного пристрою

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Особливістю даної рухомої пластини є її велика площа контакту з деталлю. Окрім цього, контактуюча поверхня спроектована плоскою без жодного рельєфу, а це значить, що на неї можна встановити будь-які накладки, залежно від завдань що будуть покладені перед захватним пристроєм. Накладки можна виготовити із фторопласту оскільки він може працювати у режимі низьких температур. У випадку необхідності застосування для каменів або круглих зразків, можна виготовити дві напів матриці, які будуть краще повторювати форму зразків, що будуть досліджуватися. Товщина стінок даного захватного пристрою дозволяє з легкістю витримувати різні діапазони стискання, від слабких до сильних. Кріпиться пластина до двигуна на 4 гвинта М-3х10. Клас міцності 8,8.

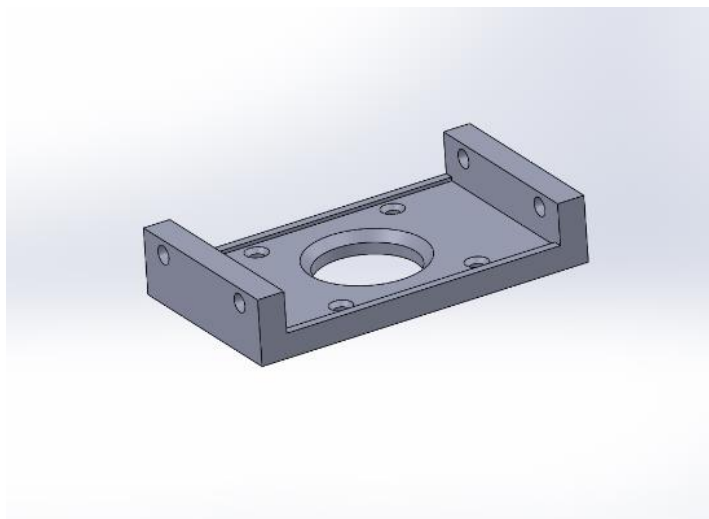


Рисунок 2.63- Платформа для руху захватного пристрою

Функціонал роботизованої руки тільки починається із захватного пристрою. Використовуючи пакет дослідницького обладнання від NASA- Chem Cam, робо рука може використовувати буд, локатор, лазерні, оптичні прилади та багато іншого, що буде підбиратися безпосередньо перед місією та запуском Марсохода на червону планету. Кожен ровер перед запуском має свій запрограмований маршрут та цілі досліджень, під які і підбираються або проєктуються інструменти. Головна мета, щоб інструмент був легкий по вазі, потужний та високофункціональний. Також має бути компактний для займання невеликої площі при транспортуванні.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	52
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Маючи термостійку прокладку, наступним кроком буде проектування кришки корпусу. За основу взято алюміній тієї самої марки що і до того та спроектовано кришку, яка має установочний фланець для робота маніпулятора. Навколо установочного фланця є 4 кріпильних отвори під болт М-8. Для закріплення до корпусі цієї кришки, навколо неї спроектовано 12 отворів також під М-8. Шість отворів для закріплення камер відеоспостереження, шість отворів для опор сонячних панелей та по два отвори поряд один із одним для закріплення опор датчиків та антени зв'язку.

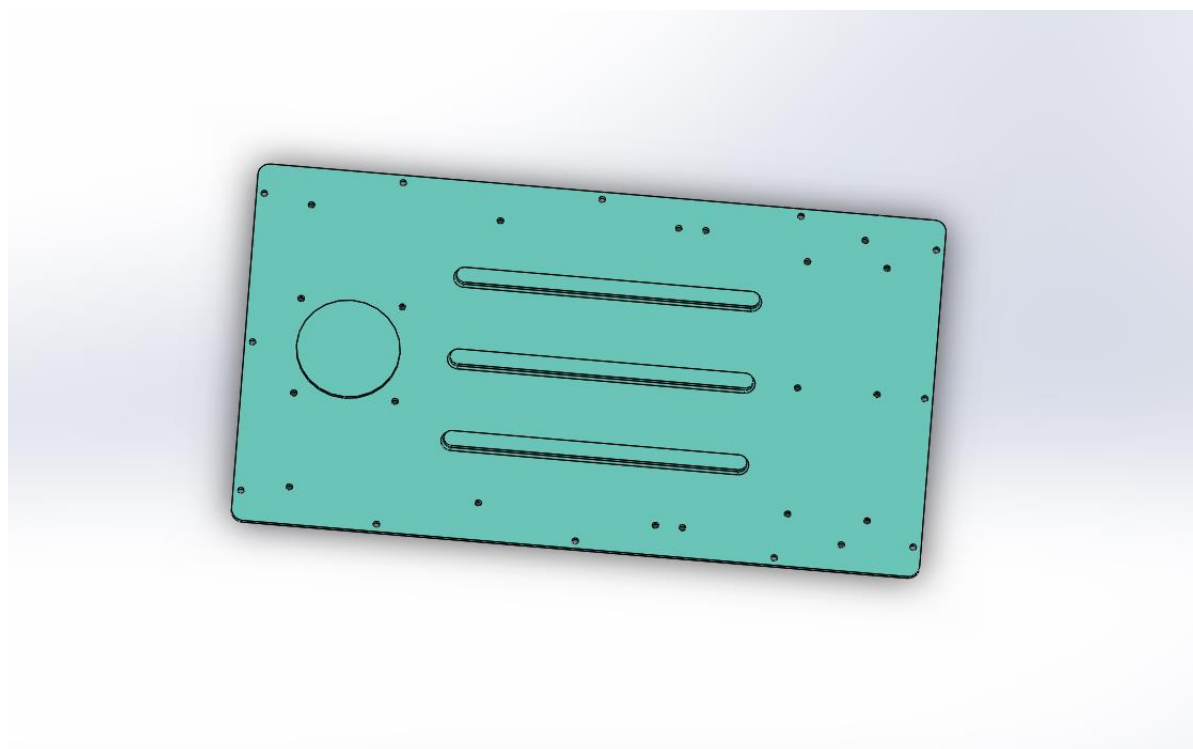


Рисунок 2.65- Кришка корпусу

Дана кришка має мінімальну товщину в 4 мм, але за рахунок ребер жорсткості, великої кількості кріпильних точок зможе містити на собі великий функціонал приладів без деформації. Також для додаткової жорсткості у місці кріплення робота маніпулятора, під кришкою можна закріпити проміжну пластину, щоб розподілити навантаження. Наразі її не передбачено.

Для кріплення сонячних панелей, було спроектовано кронштейн (рисунок 2.66), який кріпиться напряму до кришки корпусу, та дублюється три рази. До попередньо

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	54
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

розміщених кронштейнів кріпиться рама (рисунок 2.67) сонячних елементів живлення. Усі точки кріплення спроектовані під болти М-8х16 класом міцності 5.6.

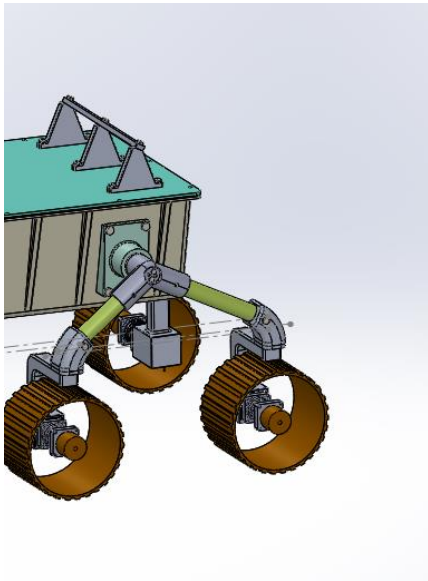


Рисунок 2.66- Кронштейн

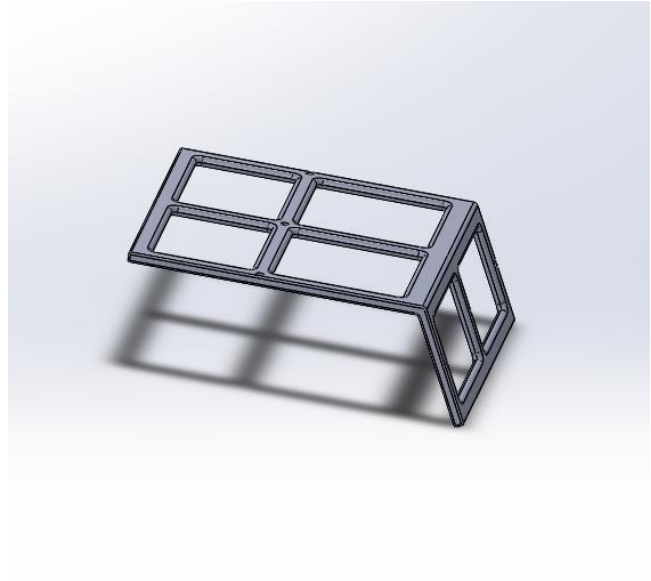


Рисунок 2.67- Рама сонячних панелей

Для закріплення майбутніх датчиків було спроектовано опору (рисунок 2.68), яка кріпиться на два болта до кришки. До бази за допомогою нарізевого з'єднання прикрєчено з кожної сторони по дві скалки (рисунок 2.69), які розташовані під кутом у підсиленому місці корпусу, та мають фрезеровані виточки. Дані скалки слугують для закріплення усього зібраного Марсохода до пускової платформи із парашутом, яка і повинна його спустити на Марс. Навантаження на одну скалку до 20 кілограм.

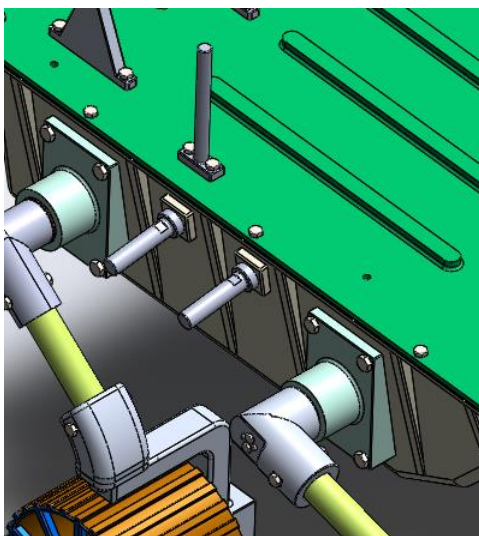


Рисунок 2.68- Вигляд механізму



Рисунок 2.69- Скалка силова

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>				
									55

3 ТЕХНОЛОГІЧНО - РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Системи спостереження та зв'язку Марсохода

Оскільки Марсохід є дуже технологічною та продуманою машиною, яка повинна автономно або за допомогою людського керування проводити дослідження поверхні Марсу, перши ділом корпус повинен бути обладнаним камерами відеоспостереження. Камера- це не проста система, матриця якої є дуже чутливою до космічного випромінювання, тому на Марсоході камера повинна бути не чутливою до космічного випромінювання. Камери які стійкі до космічного випромінювання, по типу як показано на рисунку 1.8 мають меншу роздільну здатність аніж камери які не пристосовані для цього. Тому камера яка буде використовуватися на даному ровері буде робити кілька знімків одного об'єкту, а людина за допомогою спеціальних фото редакторів накладати їх один на одний. Також отримання кадрів нижчої якості технічно простіше на такій великій відстані від Землі. На даному Марсоході було розміщено шість камер (рисунок 3.2), які будуть фіксувати цікаві знахідки при потребі а також ровер буде орієнтуватися в просторі якщо встановити на нього запатентовану компанією Subaru систему Eye-Sight. Дана система використовується компанією для безпечного та автоматичного керування автомобілем використовуючи камери відеоспостереження. Провівши перекалібрування системи, її можна підлаштувати під висоту та габарити Марсохода. Також компанія Subaru активно розвиваються в авіамоделюванні, тому досвід саме цієї компанії можна застосувати в проєкті.

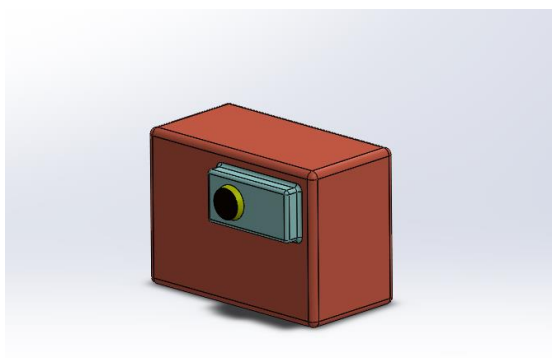


Рисунок 3.1- Камера Марсохода

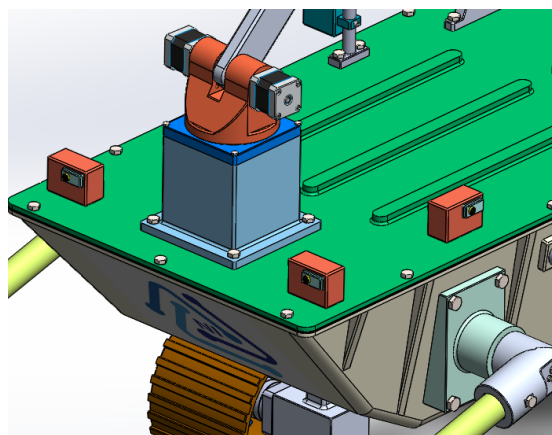


Рисунок 3.2- Розміщення на корпусі

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розмістивши шість відеокамер, Марсохід зможе повністю бачити об'єкти які знаходяться з кожної сторони корпусу. Позаду камери не розміщені, оскільки передбачений розворот на місці, тож ровер зможе оглядати поле навколо себе на 360 градусів. Також можна укомплектувати Марсохід поворотною камерою на ланці роботизованої руки, але вага камери на підведення дротів до неї обмежить технічні характеристики руки.

Для можливості запису відео зі звуком, на корпусі встановлений звуковий датчик-диктофон, який зможе вести звукозапис, що дасть можливість науковцям визначити по звуку швидкості та інтенсивність вітру. Особливо це буде корисним при пилових бурях, які доволі часто відбуваються на червоній планеті.

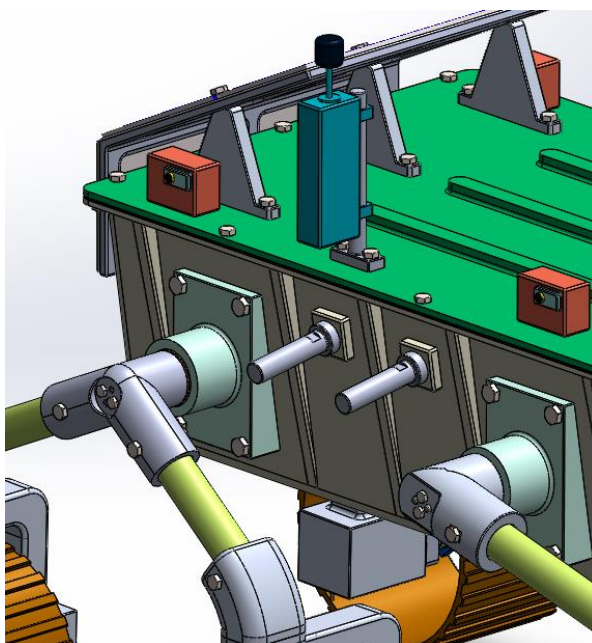


Рисунок 3.3- Пристрій запису звуку

Стосовно моделі, яка зможе витримувати Марсіанські навантаження, можливо взяти диктофон від приладу Марсоходу Perseverance- Super Cam. Даний мікрофон спеціально був створений для таких умов експлуатації та не має аналогів. У продажі та на просторах інтернету немає моделей, які могли б замінити попередньо описаний пристрій запису звуку. Приблизна 3-D модель показана на рисунку 3.3 та відтворює пристрій по габаритах та масових характеристиках. Для навчань та тренувань на Землі можна використати диктофон моделі ZOOM H6.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для отримання та передачі інформації застосовується антена, яка закріплена з іншої сторони від мікрофона, та має схожий вигляд, оскільки представляє собою таку саму лінійку дослідницьких інструментів Super Cam. Дана антена показана на рисунку 3.4.

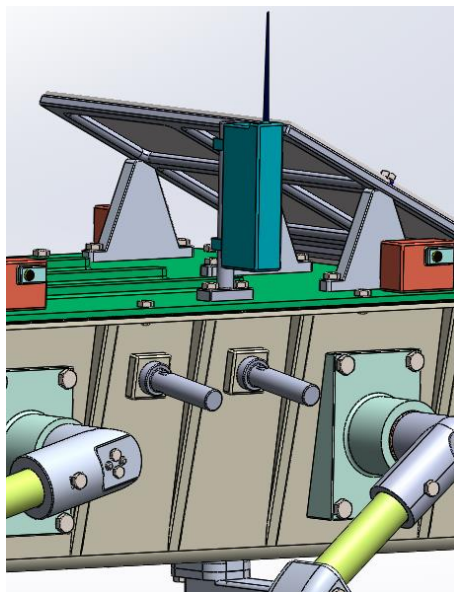


Рисунок 3.4 - Антена зв'язку

Встановлена антена має дві системи зв'язку. У першу систему входять передавач і приймач для X-діапазону, за допомогою яких Марсохід зв'язується безпосередньо із Землею, зі швидкістю до 32 кбіт/с. Друга система працює в діапазоні UHF і створена на базі радіосистеми Electra — Lite, розробленої в компанії JPL спеціально для космічних апаратів. UHF - радіо використовується для зв'язку зі штучними супутниками Марсу. Незважаючи на те, що у Марсохода є можливість прямого зв'язку із Землею, велика частина даних буде ретранслюватись орбітальними супутниками, що забезпечують більшу пропускну здатність за рахунок більшого діаметра антен і більш потужних та продуктивних передавачів. Швидкості передачі даних між ровером і кожним орбітальним апаратом можуть бути 2 Мбіт/с з «Mars Reconnaissance Orbiter» і 256 кбіт/с з «Марс Одиссей», кожен супутник має можливість тримати зв'язок приблизно 8 хвилин у день. Такий принцип вже протестований та застосований на практиці, тож використання його є найбільш доцільним у даному проєкті.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	58
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.2 Системи живлення та зарядження Марсохода

Для живлення усіх елементів Марсохода потрібно розмістити акумулятор у корпусі та генератор енергії. Для акумулятора передбачено безліч місця всередині, яке потрібно повністю використати. Для підбору стандартного акумулятора необхідно прорахувати споживання усіх систем. Найбільше споживання буде у двигунах, оскільки частина з них будуть постійно задіяні. У конструкції використовуються двигуни двох типів: NEMA 17 та NEMA 23. Перший має робочий струм 1.8 Ампер а другий до 4 Ампер. Усі двигуни працюватимуть від 24 Вольт для більшої ефективності.

Визначаємо споживання двигуна NEMA 17 8401.

$$P \text{ (Вт)} = U \text{ (В)} \times I \text{ (А)}$$

$U \text{ (В)}$ — напруга живлення обмоток двигуна.

$I \text{ (А)}$ — струм, що протікає через обмотки двигуна.

$$P = 24 \times 1.8 = 43,2 \text{ Вт.}$$

Визначаємо споживання двигуна NEMA 23.

$$P \text{ (Вт)} = U \text{ (В)} \times I \text{ (А)}$$

$U \text{ (В)}$ — напруга живлення обмоток двигуна.

$I \text{ (А)}$ — струм, що протікає через обмотки двигуна.

$$P = 24 \times 4 = 96 \text{ Вт.}$$

Оскільки крокові двигуни мають дві фази, то загальна потужність може множитися на два, якщо обидві фази активні одночасно. Це слід врахувати. Марсохід обладнаний шістьма двигунами, що обертають колеса, тому для руху розраховуємо споживання.

Визначаємо споживання усіх двигунів задання руху коліс.

$$6 \text{ (кількість двигунів NEMA 23)} \times 96 \text{ (Вт)} = 576 \text{ Вт.}$$

$$576 \text{ (Вт)} \times 2 \text{ (при роботі двох фаз)} = 1152 \text{ Вт.}$$

Під час роботи роботизованої руки застосовується один двигун NEMA 23 та 8 двигунів NEMA 17. Визначаємо споживання роботизованої руки:

$$96 \text{ (Вт)} + (43,2 \text{ Вт} \times 8) = 441,6 \text{ Вт.}$$

$$441,6 \text{ (Вт)} \times 2 \text{ (при роботі двох фаз)} = 883,2 \text{ Вт.}$$

					<i>MP.PMKM-13.00.00.000 ПЗ</i>	59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Визначаємо максимальне споживання двигунів при умові одночасної роботи:

$$1152 \text{ (Вт)} + 883,2 \text{ (Вт)} = 2035 \text{ Вт.}$$

Отже усі двигуни Марсохода споживатимуть 2035 Вт за одну годину своєї роботи. Виходячи із основ розрахунку електроустановок, додаємо запас потужності 20 відсотків. В результаті отримуємо 2442 Вт максимального споживання двигунами. Такий запас необхідний у випадку перенавантаження двигуна. Насправді при реальній експлуатації переважно працюватиме 6 двигунів для руху, потім Марсохід зупиниться і працюватиме роботизована рука. Незважаючи на це акумуляторна установка має мати можливість заживити усі двигуни, в іншому випадку прийдеться програмно обмежувати функціонал ровера.

Для того, щоб задати рух кроковому двигуну, потрібно використати спеціальний драйвер, який буде налаштований та підключений до двигуна. Для двигунів серії NEMA 23 було вибрано драйвер моделі TB6600 9-42В 4А TB67 (рисунок 3.5). Даний драйвер підходить найоптимальніше.

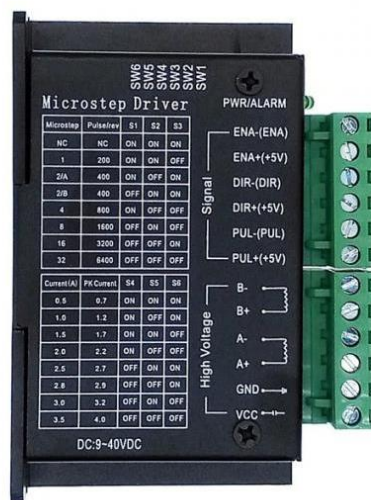


Рисунок- 3.5 Драйвер TB6600 9-42В 4А TB67

Даний драйвер підключається і до системи керування і до двигуна. До системи керування підключається для того, щоб зчитувався керуючий код. Підключення відбувається за схемою, представленою на рисунку 3.6

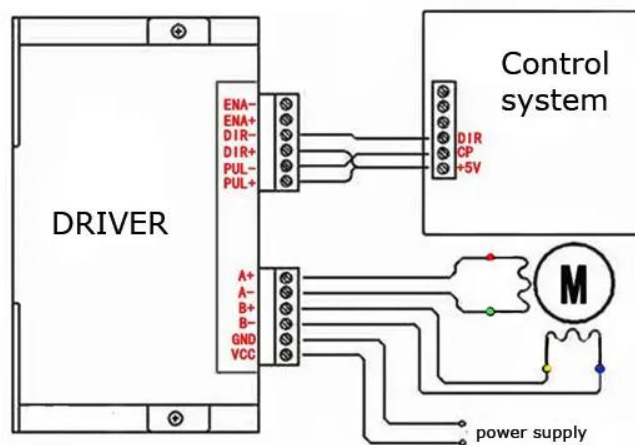


Рисунок- 3.6 Схема підключення драйвера

Для двигуна серії NEMA 17, був підібраний драйвер типу drv 8825 (рисунок 3.7), із встановленим радіатором охолодження. Даний драйвер підключається по аналогії із попереднім, але оскільки має інший тип, то і схема підключення застосовується інша.

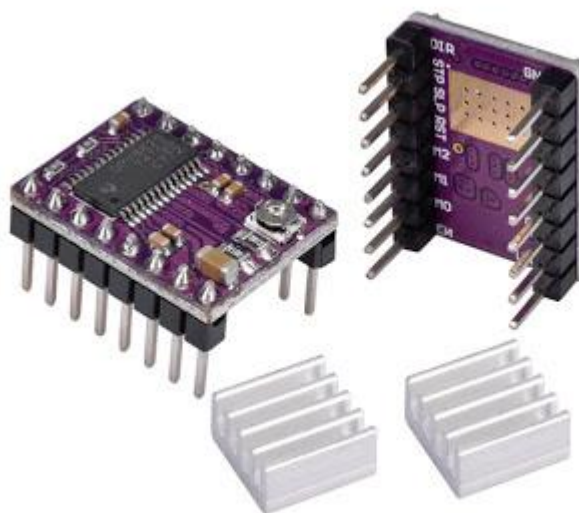


Рисунок- 3.7 Драйвер drv 8825

Перед підключенням драйвера слід пам'ятати про налаштування такого показника, як V_{ref} . Цей показник налаштовується для підбору необхідної напругу для двигуна. При неправильному налаштуванні даного параметру, драйвер при роботі перегрівається та виходить із ладу, або у іншому випадку подає недостатній струм на двигун. Для визначення необхідних параметрів налаштувань використовують формулу: $Current\ Limit = V_{ref} * 2$. Current Limit- струм, який

Рахуємо загальне споживання Марсоходу:

$2442 \text{ Вт} + 20 \text{ Вт} + (6 \text{ камер} \times 20 \text{ Вт}) + 30 \text{ Вт} + 2 \text{ Вт} = 2614 \text{ Вт}$. за одну годину.

Враховуючи, що на Марсоході може бути встановлене додаткове обладнання, варто враховувати для розрахунків 2.7 КВт/годину пікового споживання. Отже маючи споживання за одну годину, необхідно обрати акумулятор який можна застосувати у даній конструкції та генератор, що буде генерувати енергію. Дане споживання являється надто великим для використання простого акумулятора, адже він послугує максимум до години. Для забезпечення постійного живлення необхідно застосувати сонячну панель та встановити генератор енергії у корпус.

Спершу прораховуємо максимальну потужність сонячної панелі яка може бути встановлена на корпусі даного Марсохода (рисунок 3.9).

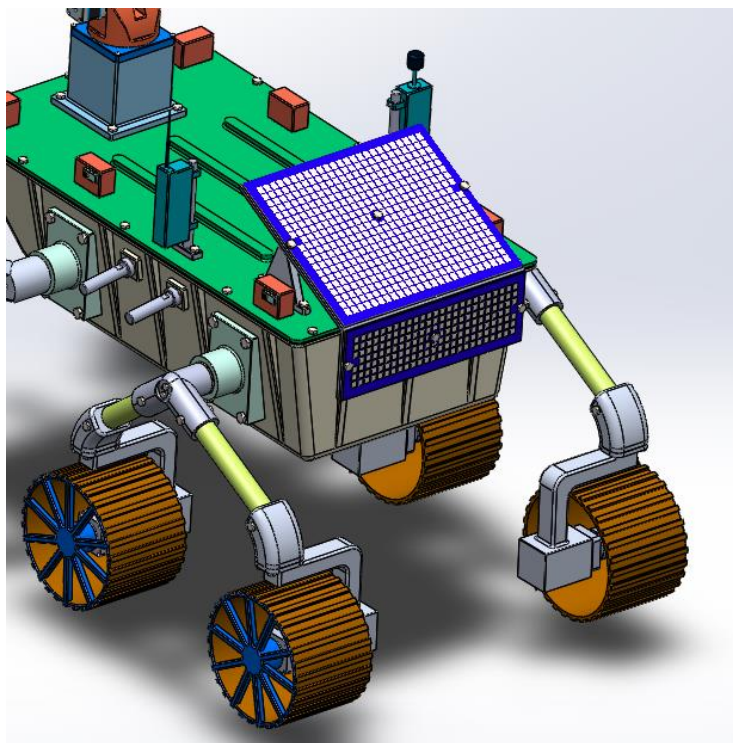


Рисунок- 3.9 Сонячні панелі Марсохода

Площа основної сонячної панелі становить 0,102 метри квадратні а додаткової 0,042 метри квадратні. Загальна площа сонячних панелей 0,1448 метри квадратні.

Визначаємо потужність генерації сонячної панелі:

$0,1448 \text{ м}^2 \times 4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \times 0,18 \text{ ККД панелі} = 104 \text{ Вт}$ на одну годину.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даної потужності вистачить для живлення усієї електроніки Марсоходу. Для живлення двигунів необхідно створити генератор. Генерувати енергію на Марсі можливо лишень за допомогою ядерної реакції. Потрібно застосувати радіоізотопний термоелектричний генератор MMRTG або його аналог який підійде під габарити корпусу. Даний генератор використовує тепло, яке виділяється під час розпаду плутонію-238, і перетворює його на електричну енергію. Генерує такий генератор близько 110 Вт у номінальному режимі з поступовим зниженням продуктивності.

Отже, максимальна генерація енергії складає 214 Вт енергії на годину. При такій генерації Марсохід не зможе одночасно генерувати енергію та працювати, тож режим роботи може бути наступний- частину часу Марсохід простоює та заряджається а потім працює. При помірному споживанні, наприклад коли поверхня Марсу дозволяє застосовувати не повний привід а два із шести коліс для пересування, Марсохід зможе одночасно пересуватися та заряджатися. При повній зупинці, вимкненні двигунів руху та ввімкненні двигунів роботизованої руки, Марсохід також зможе працювати постійно. Зупинятися на зарядку ровер буде лишень після важких умов пересування на повному приводі, ведення активних фото та відео фіксацій та одночасному ввімкненні роботизованої руки або усіх двигунів пересування.

Для накопичення енергії необхідно обрати акумулятор. Акумулятор варто обрати літій-іонний, він матиме найвищу продуктивність та працюватиме у парі із генераторами. Обираємо 2 акумулятори напругою 24 вольти, та ємністю 25 Ампер-годин. Такий акумулятор поміститься у корпус Марсохода у задній частині та у передній. Потужність одного такого акумулятора буде 600 Вт/год. Двох акумуляторів 1200 Вт/год. Виходячи із характеристик акумулятора, одночасно зможе працювати 6 двигунів задання руху або роботизована рука. Паралельно із цим зможе працювати усі апаратура та техніка адже споживає відносно не багато. В будь якому випадку, Марсохід має зупинятися, вимикатися та підзаряджатися від внутрішнього генератора та енергії сонця. Залежно від наявності пісочних бурь, час зарядки може збільшуватися.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	64
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.3 Розрахунок ваги, система ізоляції корпусу та фінальні характеристики Марсоходу

Для ізоляції електроніки Марсоходу від іонізованого космічного випромінювання необхідно відсікати усі хвилі які будуть діяти на компоненти. Для відсікання хвиль іонізованого випромінювання використовують матеріали високої щільності- алюміній, свинець, титан. Для найкращого результату використовують свинець. Оскільки корпус Марсоходу повністю виконаний із алюмінію марки Д16Т, де найменша товщина стінки складає 4 мм, необхідно прорахувати чи зможе корпус із даного матеріалу захистити електроніку чи потрібно встановлювати додатковий екран захисту. Спершу потрібно визначити рівень космічного випромінювання який є на Марсі. Найкраще звернутися до конкурента- Марсохода Curiosity, який вже провів дослідження та вивів наступні результати- середня доза випромінювання на поверхні Марсу становить 210 мікрозівертів на день. Це приблизно в 50 разів більше, ніж середній фон на поверхні Землі (~4 мкЗв/день). Основні компоненти космічної радіації:

- Галактичні космічні промені (GCR): складаються з високоенергетичних протонів (~85%), альфа-частинок (~14%), важких іонів (~1%).
- Сонячне випромінювання (SEPs): менш енергетичне, але також містить заряджені частинки.

Корпус із алюмінію повністю захистить електричні компоненти від альфа частинок та від протонів до 10 MeV. Але потужність високоенергетичних протонів складає орієнтовно 10 GeV тому корпус лиш зменшить вплив випромінювання орієнтовно на 20 відсотків. Щодо важких іонів та гамма випромінювання алюміній не захистить зовсім. Для захисту від випромінювання потрібно створити додаткові екрани із інших матеріалів. Провівши аналітику матеріалів було визначено, що для повноцінного захисту необхідно використовувати графен, поліетилен або кевлар. Порівнявши характеристики ваги та ефективності найкраще себе зарекомендує поліетилен. Один із найефективніших і легких матеріалів для захисту від галактичних космічних променів (GCR) і сонячного випромінювання (SEPs). Високий вміст водню дозволяє добре екранувати

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	65
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

протони й мінімізує утворення вторинного нейтронного випромінювання. Використання панелей створить необхідність для використання додаткових механічних кріплень, тому потрібно використовувати листовий поліетилен який буде використовуватися як наповнювач корпусу. Оптимальна товщина 3 мм, а вага настільки мала, що нею можна знехтувати при розрахунках. На ключових вузлах можливо встановити 6 мм. товщини для додаткового захисту. Розрахунки є теоретичними, та потребують практичної перевірки у лабораторії при використанні зрізів поліетилену, спектрального аналізу та еталони які виділятимуть випромінювання. Необхідно встановити екран, позаду нього дозиметр та перед ним міру, що виділятиме випромінювання та провести вимірювання ефективності екранів.



Рисунок- 3.10 Поліетилен листовий



Рисунок- 3.11 Міри випромінювання

Наступним етапом є Фінальний розрахунок ваги Марсоходу. Для коректного прорахування ваги необхідно врахувати абсолютно усі компоненти які будуть використовуватися. Оскільки у системі автоматизованого проєктування були зроблені усі 3-D моделі які були складені у збірку, за допомогою інструментів аналізу можливо провести вимірювання масових характеристик. Перед початком вимірювань необхідно спершу перевірити чи усі моделі мають вибраний матеріал, а збірка не має помилок конструкції. Після цього запустити автоматичний аналіз обрахунку характеристик. Результат на рисунку 3.12.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

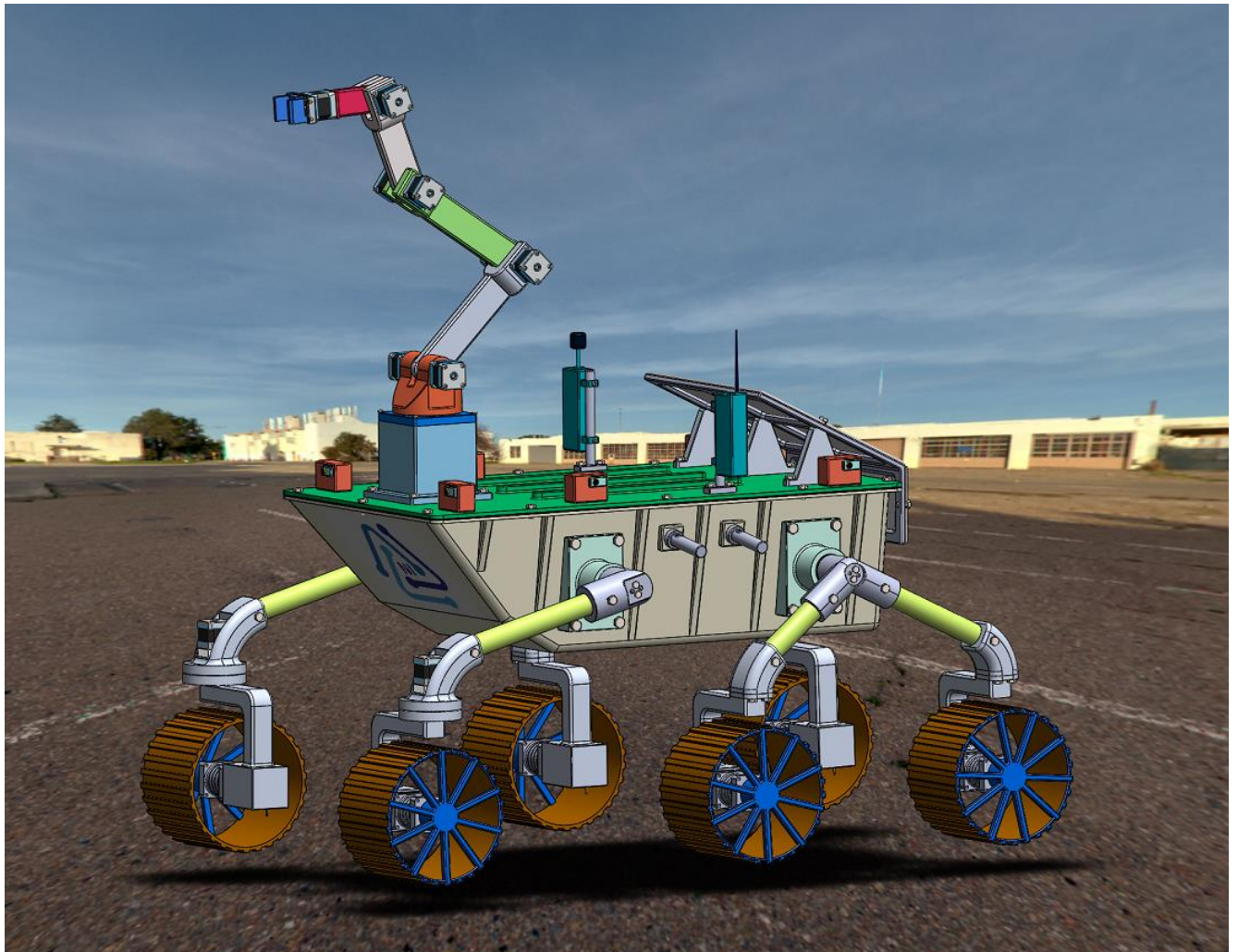


Рисунок- 3.13 Марсохід NI ROVER 2024

Вага- 80000 грам

Герметичний корпус

Унікальна система підвіски закритого типу

Довжина по колісній базі- 1260 мм.

Ширина по колісній базі- 768 мм.

Висота до крайньої точки кришки корпусу- 580 мм.

Максимальна потужність двигунів задання руху- 1.2 кВт.

Роботизована рука- 5 осьова, поворотна.

Заїзд на перешкоди до 45 градусів

Незалежна амортизована підвіска

Повний привід із шести коліс

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.4 Написання програми обробки деталі на верстаті із ЧПК

Для написання програми обробки деталі, було вибрано деталь під назвою «Скалка силова». Дана деталь використовується у Марсоході у кількості чотирьох однакових штук, тому це обумовлює написання програми для обробки даної деталі. Матеріал- нержавіюча сталь марки 08X18H10 (рисунок 3.14) згідно ГОСТ 5632-72. Дана сталь стійка до низьких та помірно високих температур, зберігає характеристики міцності, добре обробляється.

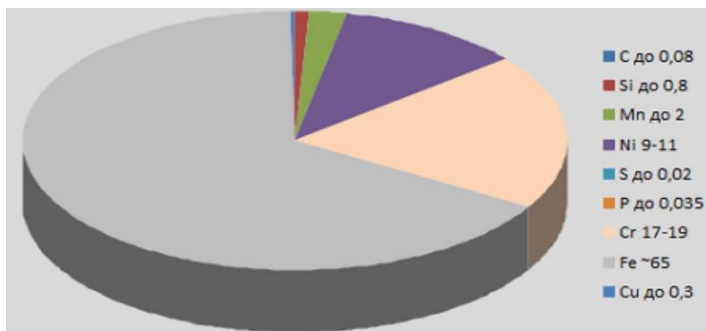


Рисунок- 3.14 Хімічний склад сталі 08X18H10

Спершу потрібно обрати параметри заготовки, яка буде використовуватися для виготовлення даної деталі. Вибирати заготовку необхідно з урахуванням максимального діаметру деталі, щоб виготовити її без зайвої витрати матеріалу.

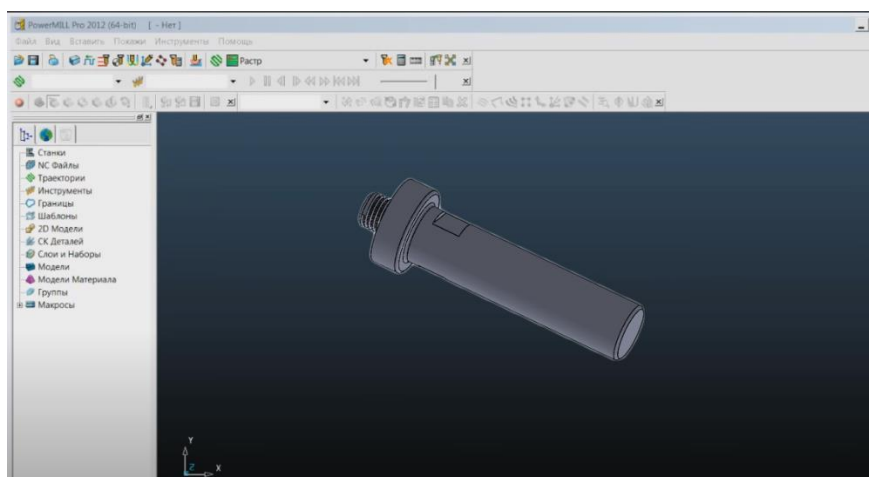


Рисунок- 3.15 Модель деталі «Силовая скалка» у середовищі Power Mill

Оскільки дана деталь (рисунок 3.15) є тілом обертання з невеликим перепадом діаметрів найбільш економічно вигідною заготовкою для даної деталі являється прокат \varnothing 32мм, і довжиною 134 мм.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо силу затиску деталі у патроні верстата. Верстат з ЧПК DMG MORI cx 450 (рисунок 3.16).



Рисунок- 3.16 Верстат з ЧПК DMG MORI cx 450

- інструмент: фреза кінцева 1K334-1000-050-XD 1730;
 - матеріал різальної частини: швидкорізальна сталь R6M5;
- Режими різання на операції при фрезеруванні $d=10$; $S_o=0,37$ мм/об
 Границя міцності при розтягу, $\sigma_B=650$ МПа
 Знаходимо швидкість різання:

$$K_{mv} = K_T \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v};$$

$$n_v = 1.0;$$

$$K_{mv} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^1 = 1.15$$

$$K_{nv} = 0.85$$

$$K_{uv} = 1.0$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1.15 \cdot 0.85 \cdot 1 = 0.977$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot B^{u \cdot z^p}} \cdot K_v;$$

Вибираємо коефіцієнти: $C_v=46.7$; $y=0.5$; $m=0.33$; $q=0.45$; $p=0.1$; $x=0.5$; $u=0,1$; без охолодження. $T = 80$ хв

$$v = \frac{46.7 \cdot 10^{0.45}}{80^{0.33} \cdot 2^{0.5} \cdot 0.37^{0.5} \cdot 3.5^{0.1} \cdot 4^{0.1}} \cdot 0.977 = 27.03 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертів шпінделя:

					<i>MP.PMKM-13.00.00.000 ПЗ</i>	70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 27.03}{3.14 \cdot 10} = 860.82 \text{ хв}^{-1};$$

Коректуємо знайдене значення по паспорту верстата $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$;

Перерахунок швидкості різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$v = \frac{3.14 \cdot 10 \cdot 1000}{1000} = 31.4 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо найбільшу складову сили різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Вбираємо коефіцієнти:

$$C_p = 82; x = 0.75; y = 0.6; w = 0; u = 1.0; q = 0.86.$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n;$$

$$n = 0.75;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0.75} = 0.89;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 2^{0.86} \cdot 0.37^{0.6} \cdot 3.5^{1.0}}{10^{0.86} \cdot 1000^0} \cdot 0.89 = 352.43 \text{ Н};$$

Розрахунок потужності різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

$$N_p = \frac{352.43 \cdot 31.4}{1020 \cdot 60} = 0,18 \text{ кВт};$$

Повинна виконуватися умова $N_p \leq 11.2 \text{ кВт}$;

Отже обробка можлива.

Знаходимо крутний момент

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100};$$

$$M_{кр} = \frac{352.43 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 17,62 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Розрахунок потужності різання:

Отже обробка можлива.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Другорядні складові сили різання:

$$P_h = P_z \cdot 0.75 = 264.3 \text{ Н}; \quad P_x = P_z \cdot 0.75 = 264.3 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z \cdot 0.85 = 299.56 \text{ Н}; \quad P_y = P_z \cdot 0.75 = 264.3 \text{ Н};$$

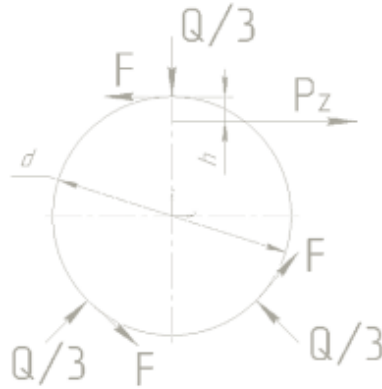


Рис.2.1-Схема дії сил для визначення сили закріплення

$$\sum M_o * k * M_p - M_T = 0$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 1,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,32$$

$$M_p = P_z \left(\frac{d}{2} - h \right)$$

$$M_T = 3F \cdot \frac{d}{2}$$

$$F = \frac{Q}{3} \cdot f = \frac{111.9}{3} \cdot 2.7 = 100.71 \text{ Н}$$

$$f = f_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 1.2 = 2.7$$

$$kP_z \left(\frac{d}{2} - h \right) = \frac{3Q}{3} \cdot \frac{d}{2} f$$

$$Q = \frac{kP_z \left(\frac{d}{2} - h \right)}{\frac{d}{2} \cdot f} = \frac{1.32 \cdot 352.43 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3.5 \right)}{\frac{20}{2} \cdot 2.7} = 111.9 \text{ Н}$$

Після того як розраховано, що обробка можлива, перевіряємо деталь у програмі на можливість витримування поставленого навантаження у вигляді 20 кілограм.

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

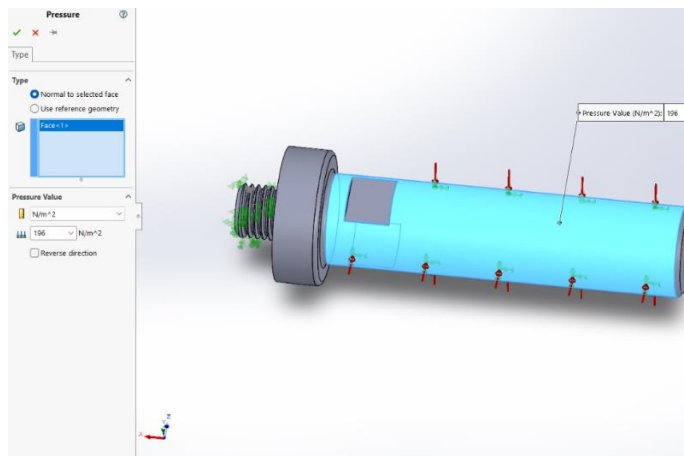


Рисунок- 3.17 Налаштування деталі

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 6 face(s) Type: Fixed Geometry
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 196 N
Pressure-1		Entities: 1 face(s) Type: Normal to selected face Value: 196 Units: N/m^2

Рисунок- 3.18 Таблиця завдань

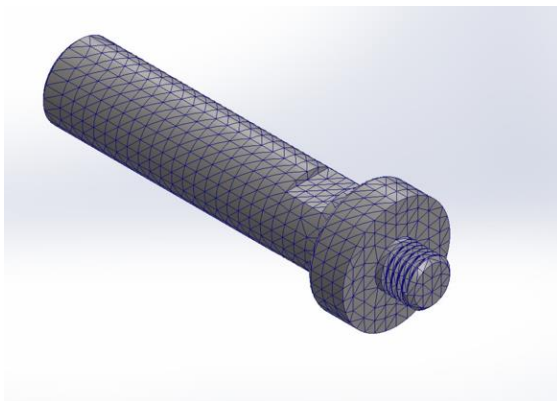


Рисунок- 3.19 Карта навантажень

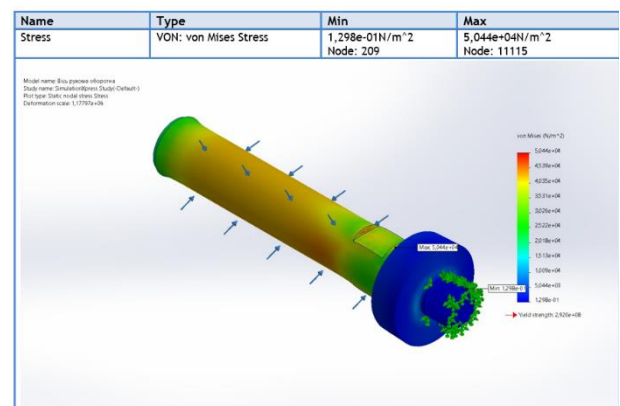


Рисунок- 3.20 Карта напружень

Оскільки нам необхідно перевірити, чи деталь витримає навантаження у 20 кілограм, вибираємо місце подачі навантаження (показано червоним) та місце закріплення (показано зеленим) на рисунку 3.17. Після вибору параметрів вписуємо навантаження яке буде дорівнювати 196 Ньютон метрів. Підтверджуємо вибраний матеріал та запускаємо обчислення й отримуємо результат, що точка кріплення витримає поставлене навантаження та має запас як показано на рисунку 3.20. Запас необхідний, тому що навантаження у 20 кілограм статичне, але коли Марсохід закріплений буде до ракетносія, при валеті будуть діяти додаткові навантаження.

Наступним кроком необхідно вибрати інструмент який буде застосовуватися при обробці. Інструмент вибрано від виробника Sandvik Coromant. Різець прохідний «DCLNR 2020K 09» з різальною пластиною «CNMG 09 03 04-PM 4425» для чорнової і напівчистої обробки, різець прохідний «TRD13JCR 2020K» з

					<i>MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	73
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

різальною пластиною «TR-DC1304-F 1125» для чистової обробки , різбовий різець «266RG-16MM02A150M 1125» з різальною пластиною «266RG-16MM01A300M 1125», фреза кінцева «1K334-0600-XB 1730», фреза кінцева «1K334-1000-050-XD 1730». Повноцінні характеристики інструменту можна переглянути у технологічних картах виробника. Коли верстат необхідно приступати до написання програми. 3-D модель була створена попередньо у проєкті та показана на рисунку 2.56.

Для написання програми обробки, попередньо виготовлену 3-D модель завантажуюмо у середовище для імітації та розробки програм для виготовлення після чого проробляємо ряд маніпуляцій по налаштуванню. Для виконання усіх завдань можливо скористатися безкоштовним середовищем Sandvik Coromant [6]. Спершу налаштовуємо верстат який буде використовуватися. Обираємо характеристики даного верстату, які зазначені на рисунку 3.21.

Система управління	Siemens
Максимальний діаметр точення над станиною	400 мм.
Діаметр отвору в шпинделі	80 мм.
Розмір робочого переміщення по осі X	276 мм.
Величина робочого переміщення осі Z	755 мм.
Інструментальних місць у револьвері	12 шт.
Кількість приводних позицій у револьвері	6 шт.
Потужність приводу шпинделя	17,5 кВт
Оберти приводного інструменту	4000 об/хв.
Габарити верстата ДхШхВ	2500х2400х2300 мм
Вага	5000 кг

Рисунок- 3.21 Характеристики верстату з ЧПК DMG MORI cx 450

Частину характеристик можливо внести у програму, але деякі параметри відсутні, тому вибираємо наближені а при реальному виготовленні коригуємо програму вручну. Після внесення даних про версат вносимо дані про інструмент. Оскільки саме таких інструментів немає, редагуємо існуючі. Вносимо дані про державки та пластини різців. Коли усі дані внесено генеруємо операційний план та створюємо керуючу програму.

					<i>MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	74
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Станция Ромбовая вставка Державка

Профиль

Форма: Стандарт Идентификатор оправки : 1

Ширина державки: 20mm Толщина державки: 20mm

Длина державки: 125mm

Угол опережения: -5deg

Задний зеркальный угол: 0deg

Передний зеркальный угол: 0deg

Смещение при вставке по оси Z: 0mm

Смещение при вставке по оси X: 0mm

Вылет: 0mm

Направление: Слева

Комментарий: DCLNR 2020K 09

Грань державки
 Боковая По торцу

Угол приращения по оси B:

Ориентация

Вниз вправо Вниз влево

Вправо вверх Влево вверх

Вправо вниз Влево вниз

Вверх вправо Вверх влево

Рисунок- 3.22 Вибір інструменту

Токарна обробка деталі:

%MPF1

N5 TRANS Z0

N10 LIMS=3000

N15 T01 D01

N20 G95 S21565 M03

N25 M08

N30 G00 Z4.354

N35 X38.707

N40 G01 X32. Z1. F.264

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ

N45 X-.8
N50 X-1.507 Z1.354
N55 G00 Z4.354
N60 X32.707
N65 Z.354
N70 G01 X32. Z0
N75 X-.8
N80 X-1.507 Z.354
N85 G00 Z4.6
N90 G95 S6325
N95 Z3.354
N100 X34.707
N105 G01 X28. Z0 F.264
N110 Z-30.5
N115 X31.975
N120 X32.682 Z-30.146
N125 G00 X38.682
N130 Z.354
N135 X24.851
N140 G01 X24.144 Z0
N145 Z-30.5
N150 X28
N155 X28.707 Z-30.146
N160 G00 X34.707
N165 Z.354
N170 X20.994
N175 G01 X20.287 Z0
N180 Z-30.537
N185 X20.969 Z-30.507
N190 G03 X21.3 Z-30.5 B1.9

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N195 G01 X24.144
N200 X24.851 Z-30.146
N205 G00 X30.851
N210 Z.354
N215 X17.138
N220 G01 X16.431 Z0
N225 Z-16.328
N230 X17.887 Z-17.056
N235 G03 X19. Z-18.4 B1.9
N240 G01 Z-29.45
N245 G03 X18.986 Z-29.616 B1.9
N250 G01 X18.813 Z-30.602
N255 X20.287 Z-30.537
N260 X20.93 Z-30.154
N265 X21.83
N270 G00 X26.93
N275 Z.5
N280 X14.727
N285 G01 X12.574
N290 Z0
N295 X13.887 Z-.656
N300 G03 X15. Z-2. B1.9
N305 G01 Z-15.613
N310 X16.431 Z-16.328
N315 X17.431
N320 G00 Z.666
N325 X9.414
N330 G01 Z.166
N335 X12.473 Z-1.364
N340 G03 X13. Z-2. B.9

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	77
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N345 G01 Z-16.027
N350 X16.473 Z-17.764
N355 G03 X17. Z-18.4 B.9
N360 G01 Z-29.45
N365 G03 X16.993 Z-29.528 B.9
N370 G01 X16.613 Z-31.702
N375 X21.143 Z-31.503
N380 G03 X21.3 Z-31.5 B.9
N385 G01 X29.2
N390 X29.907 Z-31.146
N395 G00 X37.2
N400 X508. Z127. D0 M09
N405 M05
N410 T03 D03
N415 G95 S5821 M03
N420 M08
N425 G00 Z3.383
N430 X14.566
N435 G01 X8.566 Z.383 F.409
N440 Z-.117
N445 X11.766 Z-1.717
N450 G03 X12. Z-2. B.4
N455 G01 Z-16.234
N460 X15.766 Z-18.117
N465 G03 X16. Z-18.4 B.4
N470 G01 Z-29.45
N475 G03 X15.878 Z-29.662 B.4
N480 G01 X15.5 Z-29.965
N485 Z-31.7
N490 G02 X15.887 Z-32.141 B.6

					<i>MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	78
<i>Эмн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

N495 G01 X21.258 Z-32.001

N500 G03 X21.3 Z-32. B.4

N505 G01 X29.2

N510 X29.907 Z-31.646

N515 G00 X35.907

N520 X508. Z127. D0 M09

N525 M05

N530 T10 D10

N535 G96 S153 M03

N540 M08

N545 G00 Z0

N550 X17.08

N555 R20=1.5 R21=9.4 R22=0 R23=0 R24=1.3 R25=.25 R26=0 R27=0

R28=00 R29=0

R31=9.4 R32=-13. L97 P1

N560 M30

%

Фрезерна обробка деталі:

%

O00001 N5 G21 G17 G40 G80 G90

N10 T05 M06 (\$@570 :V=F520 «1K334-1000-050-XD 1730»)

N15 G54 G90 G94

N20 S7868 M03

N25 G52 X0 Y0 Z0

N30 M98 P0002

N35 G52 X0 Y0

N40 G52 X0 Y0 Z0

N45 M98 P0003

N50 G52 X0 Y0

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N55 G00 G90 G53 G49 H0 Z0 M05
 N60 G54 X0 Y0
 N65 M30
 %
 O0002
 N5 G00 G90 X17.134 Y-6.616 S7868 M03
 N10 G43 H05 Z25. M08
 N15 Z-13.
 N20 G01 Z-19. F439.686
 N25 G90 G41 X12.051 Y-5.521 D05 F1319.057
 N30 G03 X11.298 Y-5.659 I-.211 J-.978
 N35 G01 X0 Y-12.951 F1758.743
 N40 X-11.298 Y-5.659
 N45 G03 X-12.051 Y-5.521 I-.542 J-.84
 N50 G40 G01 X-17.134 Y-6.616
 N55 G00 Z-13
 N60 G90 G54 X17.134 Y-6.616
 N65 Z-16.
 N70 G01 Z-21.625 F439.686
 N75 G90 G41 X12.051 Y-5.521 D05 F1319.057
 N80 G03 X11.298 Y-5.659 I-.211 J-.978
 N85 G01 X0 Y-12.951 F1758.743
 N90 X-11.298 Y-5.659
 N95 G03 X-12.051 Y-5.521 I-.542 J-.84
 N100 G40 G01 X-17.134 Y-6.616
 N105 G00 Z-13.
 N110 G90 G54 X17.134 Y-6.616
 N115 Z-18.625
 N120 G01 Z-24.25 F439.686
 N125 G90 G41 X12.051 Y-5.521 D05 F1319.057

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	80
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

N130 G03 X11.298 Y-5.659 I-.211 J-.978
N135 G01 X0 Y-12.951 F1758.743
N140 X-11.298 Y-5.659
N145 G03 X-12.051 Y-5.521 I-.542 J-.84
N150 G40 G01 X-17.134 Y-6.616
N155 G00 Z-13.
N160 G90 G54 X17.134 Y-6.616
N165 Z-21.25
N170 G01 Z-26.875 F439.686
N175 G90 G41 X12.051 Y-5.521 D05 F1319.057
N180 G03 X11.298 Y-5.659 I-.211 J-.978
N185 G01 X0 Y-12.951 F1758.743
N190 X-11.298 Y-5.659
N195 G03 X-12.051 Y-5.521 I-.542 J-.84
N200 G40 G01 X-17.134 Y-6.616
N205 G00 Z-13.
N210 G90 G54 X17.134 Y-6.616
N215 Z-23.875
N220 G01 Z-29.5 F439.686
N225 G90 G41 X12.051 Y-5.521 D05 F1319.057
N230 G03 X11.298 Y-5.659 I-.211 J-.978
N235 G01 X0 Y-12.951 F1758.743
N240 X-11.298 Y-5.659
N245 G03 X-12.051 Y-5.521 I-.542 J-.84
N250 G40 G01 X-17.134 Y-6.616
N255 G00 Z-13.
N260 G01 Z25. F500. M09
N265 M99
O0003
N5 M03

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	81
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N10 G90 G41 D05 G00 X-10.458 Y6.201

N15 G43 H05 Z25. M08

N20 Z-13.

N25 G01 Z-19. F439.686

N30 X0 Y12.951 F1758.743

N35 X10.458 Y6.201

N40 G00 Z-13.

N45 G40 X10.458 Y6.201

N50 G90 G41 D05 X-10.458 Y6.201

N55 Z-16.

N60 G01 Z-21.625 F439.686

N65 X0 Y12.951 F1758.743

N70 X10.458 Y6.201

N75 G00 Z-13.

N80 G40 X10.458 Y6.201

N85 G90 G41 D05 X-10.458 Y6.201

N90 Z-18.625

N95 G01 Z-24.25 F439.686

N100 X0 Y12.951 F1758.743

N105 X10.458 Y6.201

N110 G00 Z-13.

N115 G40 X10.458 Y6.201

N120 G90 G41 D05 X-10.458 Y6.201

N125 Z-21.25

N130 G01 Z-26.875 F439.686

N135 X0 Y12.951 F1758.743

N140 X10.458 Y6.201

N145 G00 Z-13.

N150 G40 X10.458 Y6.201

N155 G90 G41 D05 X-10.458 Y6.201

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	82
<i>Эмн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

N160 Z-23.875

N165 G01 Z-29.5 F439.686

N170 X0 Y12.951 F1758.743

N175 X10.458 Y6.201

N180 G00 Z-13.

N185 G01 Z25. F500. M09

N190 G40 G00 X10.458 Y6.201

N195 M99

%

Дана керуюча програма дає змогу виготовити деталь «Скалка силова» за допомогою верстату із числовим програмним керуванням. При використанні іншого верстату з числовим програмним керуванням також може бути використана але з урахуванням коректив які потрібно внести. При виготовленні деталей Марсоходу, на частину деталей які мають складну конфігурацію теж необхідно прописати програми такого типу. Деталі по типу валів та втулок, ланок для роботизованої руки та конструктивно схожих деталей можна виконати на верстатів без ЧПК, використовуючи ручне керування, оскільки виробництво Марсоходу є одиничним а застосування верстатів із числовим програмним керуванням необхідне тоді, коли точність та повторюваність деталей відіграє ключову роль. Для виготовлення деталей не складної конфігурації точність закладається до $\pm 0,01$ мм, що можна досягти на ручному обладнанні та зекономити кошти при виготовленні конструкцій та механізмів.

					MP.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Відповідно до поставлених завдань та сформованої мети магістерської роботи проаналізовано наявні роботизовані установки для дослідження Марсу, електричні пристрої та системи які використовуються під час сучасних дослідницьких місій. А також проведено аналітику ключових дослідницьких місій які були проведені протягом останнього століття. Найперспективніші та найпрогресивніші із них викладені у теоретичній частині даної роботи.

Результатом виконаної магістерської роботи є спроектована підвіска, промисловий взірець Марсохода NI ROVER 2024 який має повністю герметичну конструкцію, унікальну систему підвіски та п'яти осьову роботизовану руку. Роботизована установка спроектована та прорахована у передовій системі автоматизованого проектування. Серед конструктивних особливостей є довжина по колісній базі- 1260 мм, ширина по колісній базі- 768 мм, висота до крайньої точки кришки корпусу- 580 мм. Максимальна потужність двигунів задання руху- 1.2 КВт. Форма та габарити корпусу дозволяють заїжджати на перешкоди під кутом 45 градусів а 6 колісний привід дає можливість впевнено пересуватися в умовах бездоріжжя. У даному Марсоході також застосовані серед електроніки передові технології компанії NASA, встановлені шість незалежних камер спостереження, записуючий прилад, система навігації та зв'язку. Використаний у проєкті основний матеріал Алюміній, марки Д16Т, дозволив забезпечити роверу мінімальну вагу 80 кілограм а також у комплексі із спеціальними наповнювачами захистити від космічного випромінювання. Для виготовлення силової деталі написана програма обробки на верстаті із числовим програмним керуванням.

Підсумуючи пророблену роботу, усі поставлені завдання виконано. Посилаючись на це- можна вважати магістерську роботу виконаною успішно. Робота складається із анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Виконання проєкту проводилося із застосуванням навичок та компетенцій отриманих впродовж усього навчання за спеціальністю «Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування».

					<i>МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ</i>	84
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаних джерел

1. Передові технології в автоматизованому виробництві. Практикум: навч.-метод. посібник / Кирилович В.А., Моргунов Р.С., Дімітров Л.В., Мельничук П.П.; за заг. ред Кириловича В.А. – Житомир: Видавець О.О. Євенок, 2016. – 144 с.
2. Історія Марсоходу Соджорнер
<https://find-way.com.ua/oblast/soniachna-systema/marc/marsokhid-sodzhorner-mars>
3. Історія Марсоходу Кюріосіті
<https://uk.wikipedia.org/wiki/К%27юріосіті>
4. Перша висадка на Венеру
https://gazeta.ua/articles/edu-and-science/_litalnij-aparat-dosyagnuv-poverhni-veneri/1002918
5. Дослідження Марсоходу Кюріосіті
<https://nauka.ua/news/rover-kyuriositi-natrapiv-na-meteorit-na-marsi>
6. Навчальник Sandvik Coromant
<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/coroplus-toolguide>
7. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин [Текст]: підручник / Я. Т. Кіницький. — К. : Наукова думка, 2002. — 662 с.
8. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с

					МР.ПМКМ-13.00.00.000 ПЗ	85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

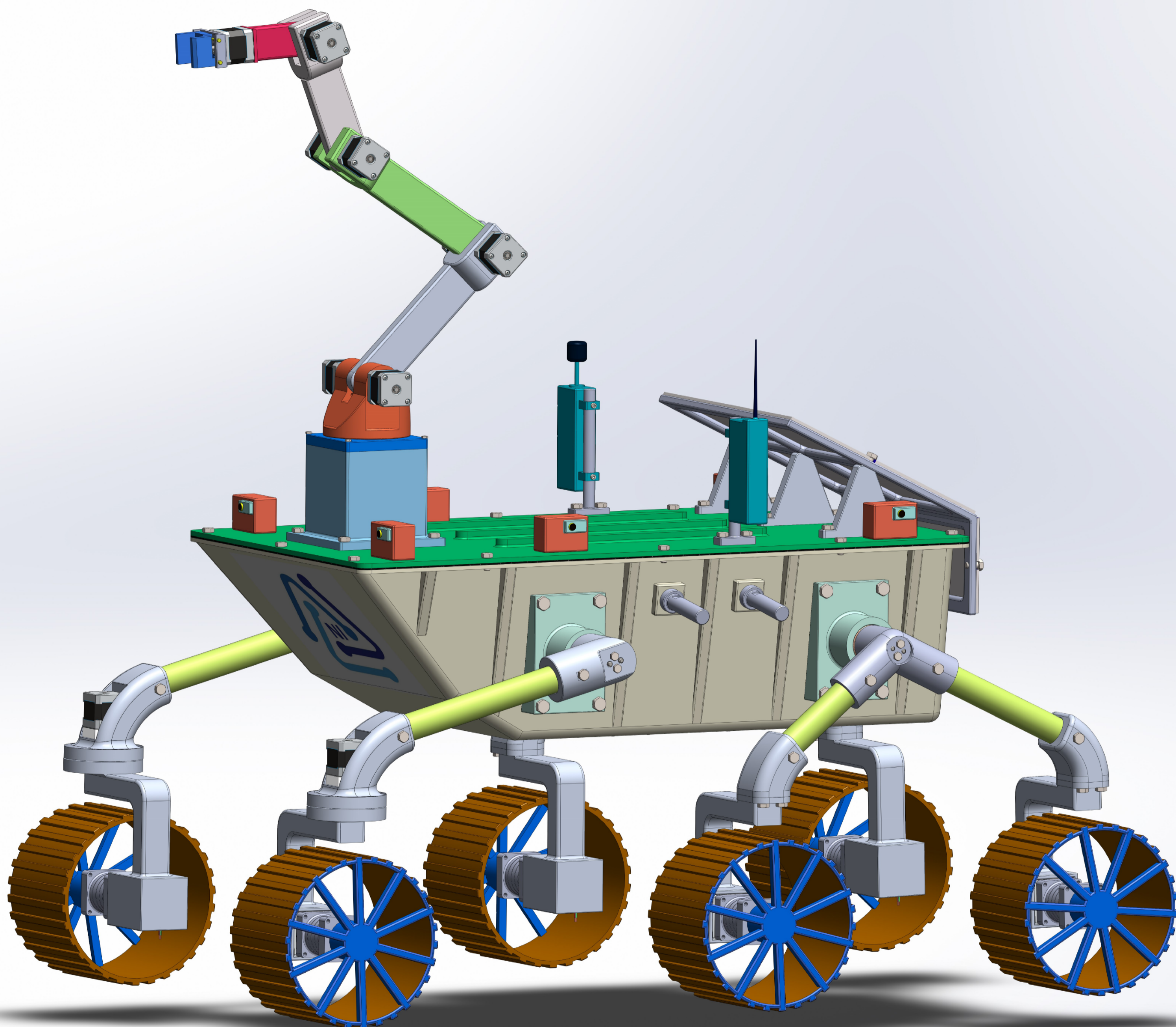


Рисунок 1 - Аксонометричне зображення

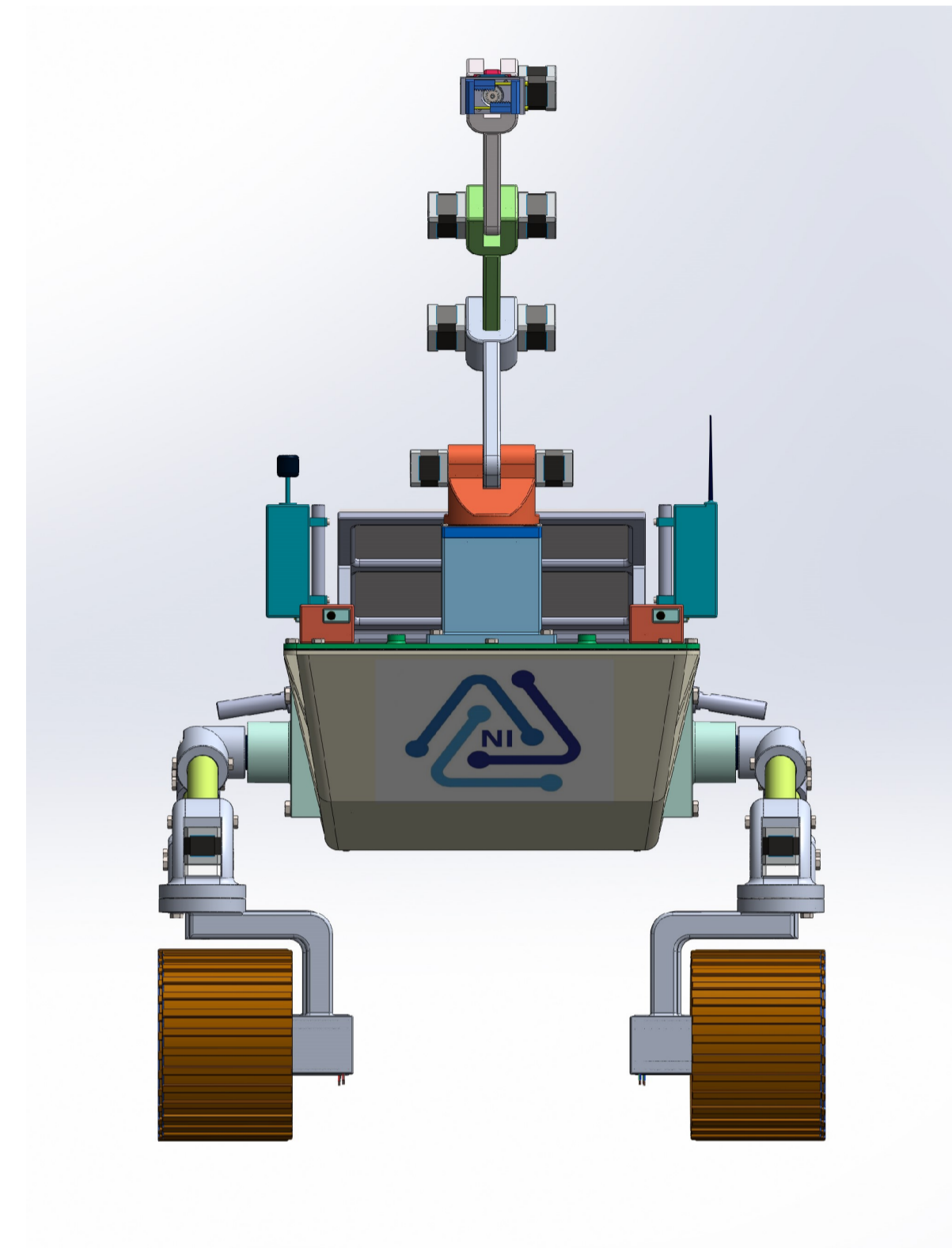


Рисунок 2 - Вигляд з переду

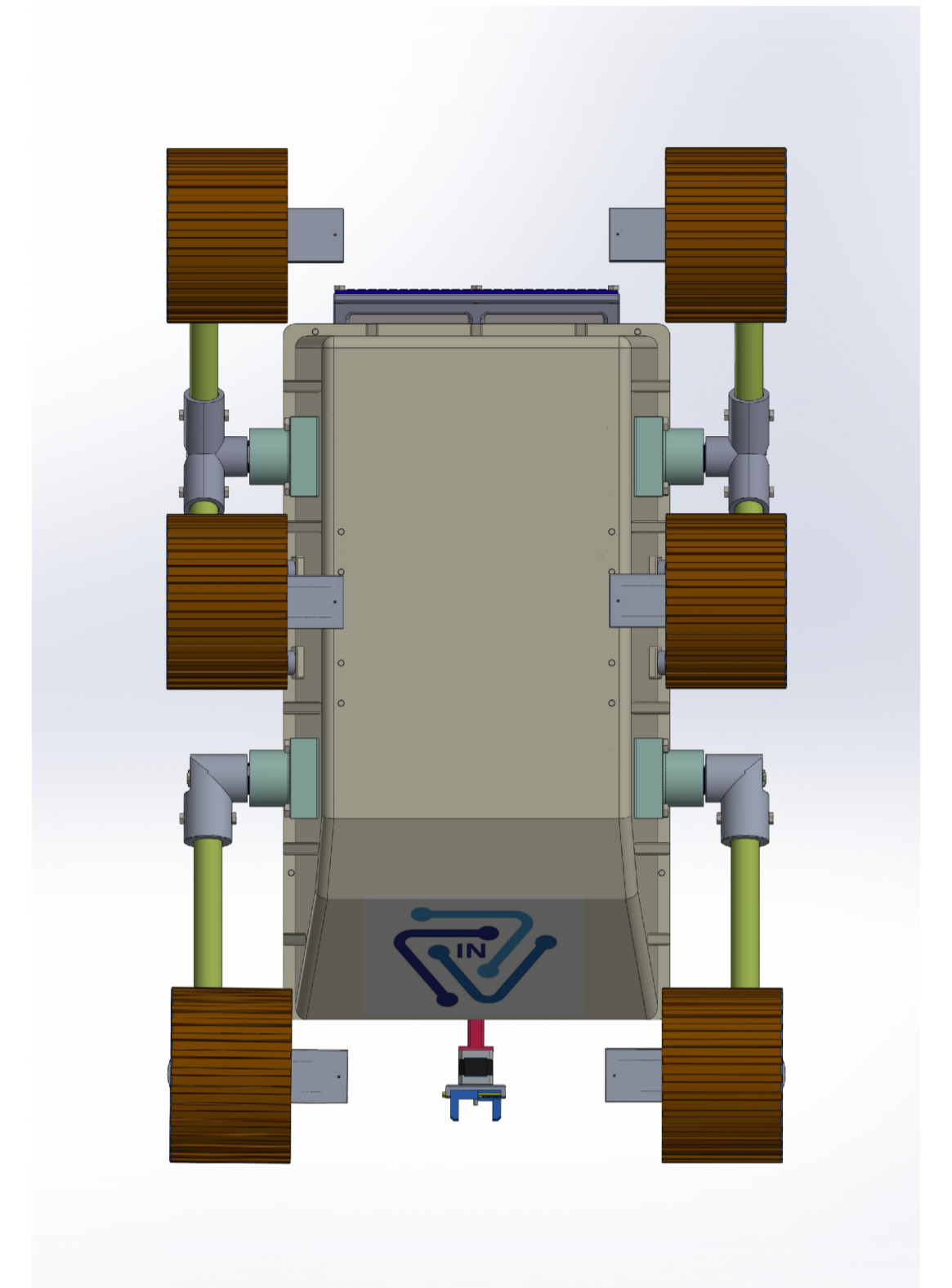


Рисунок 3 - Вигляд з низу

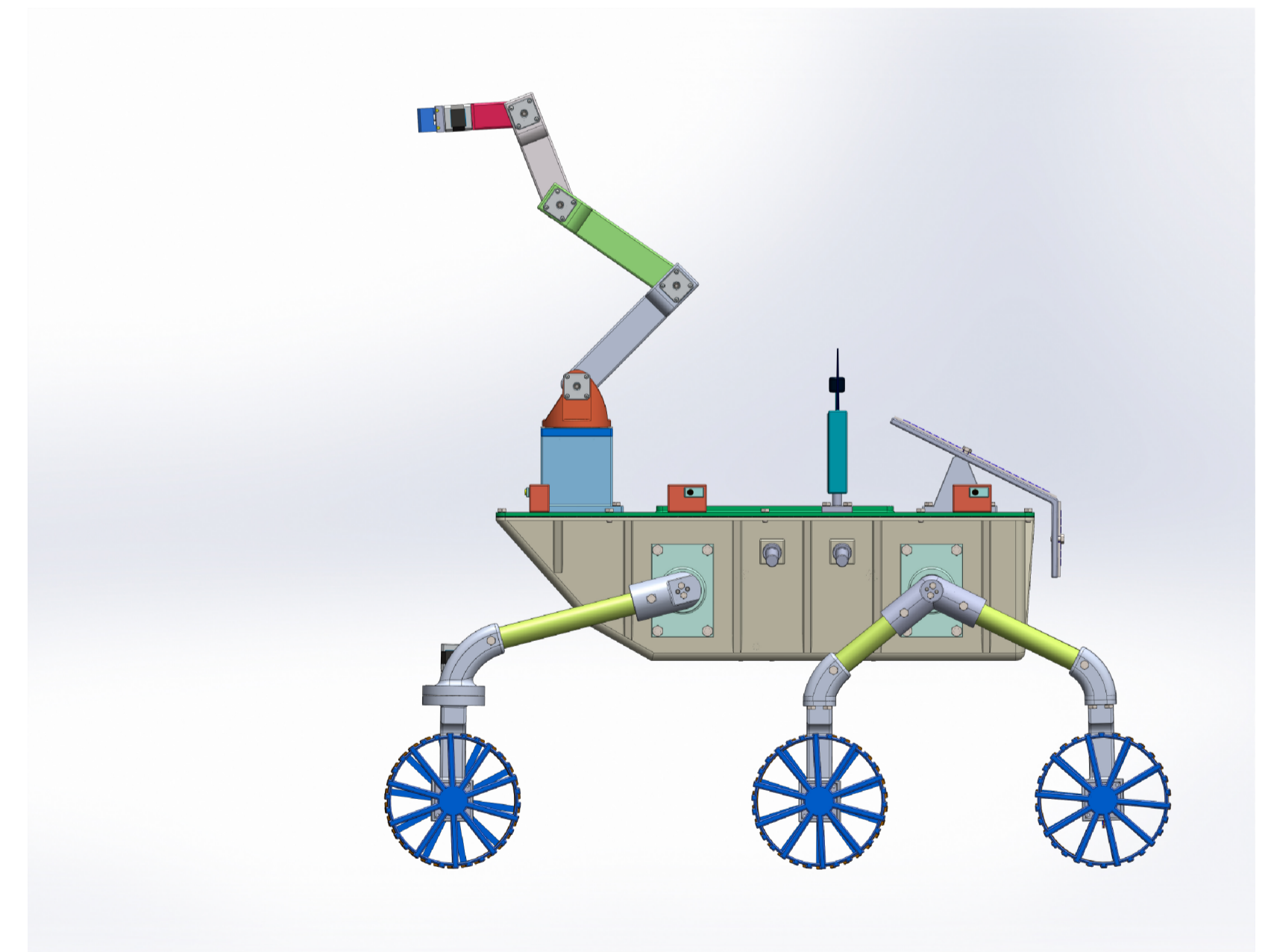


Рисунок 4 - Вигляд з боку

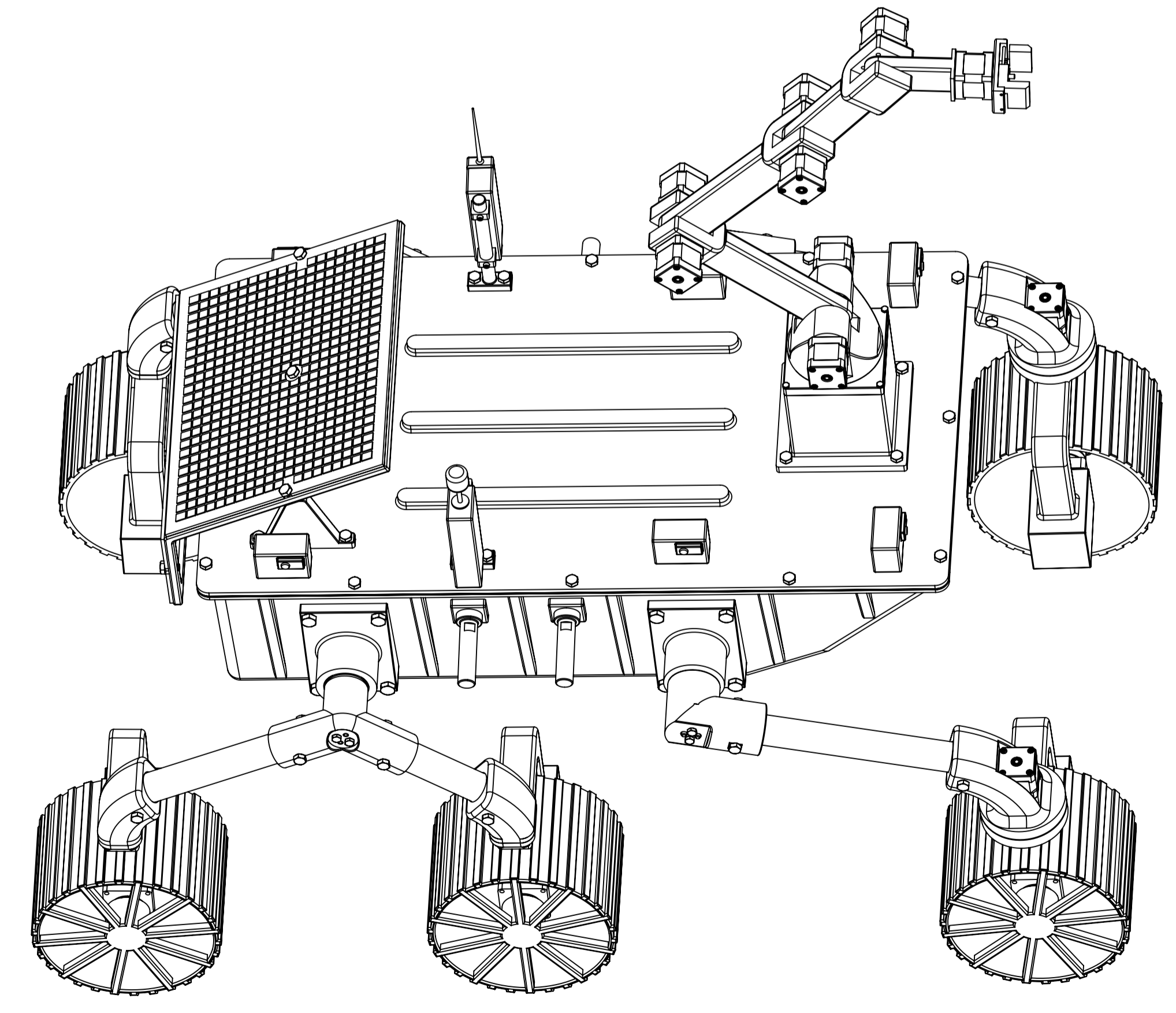
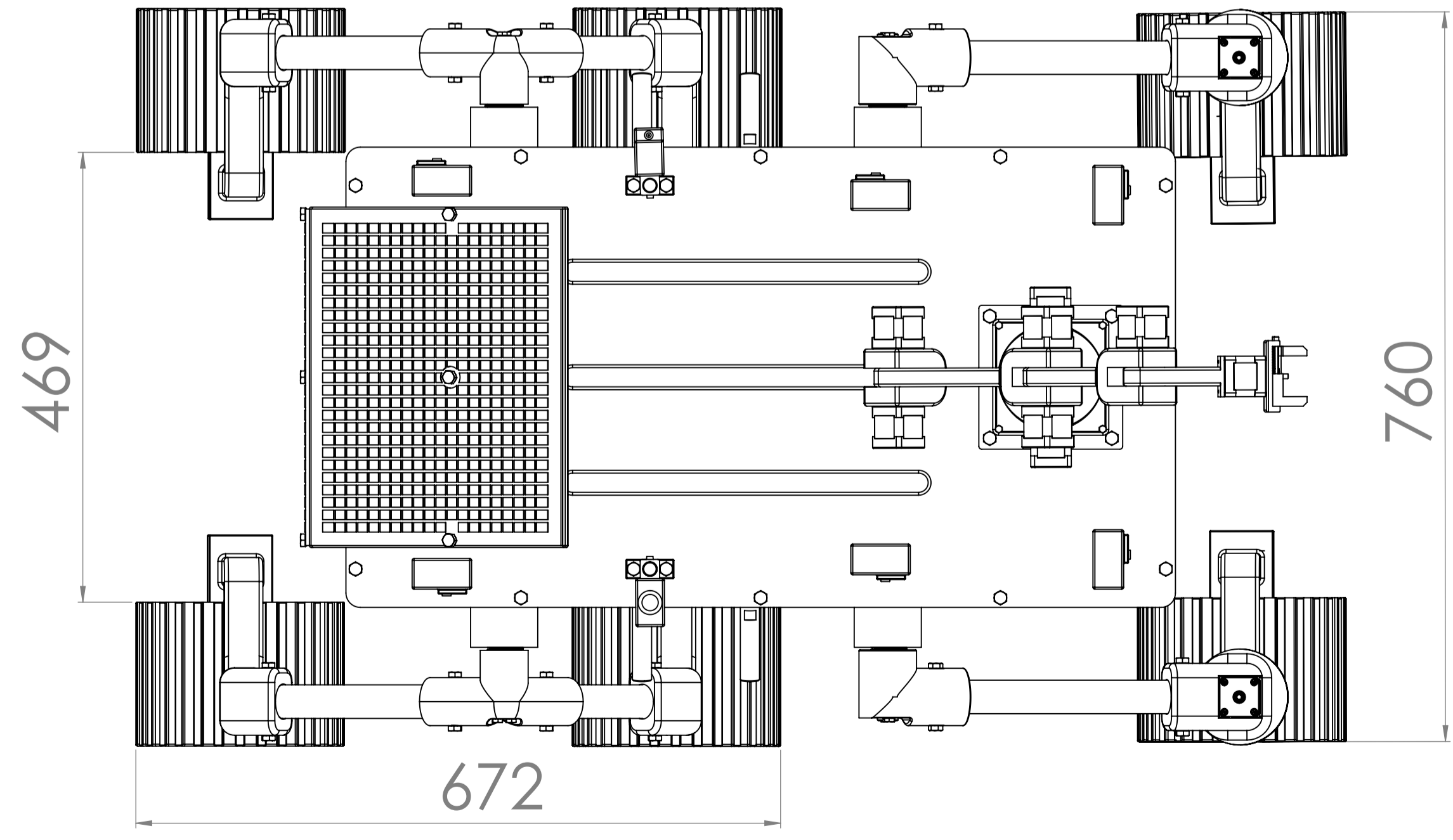
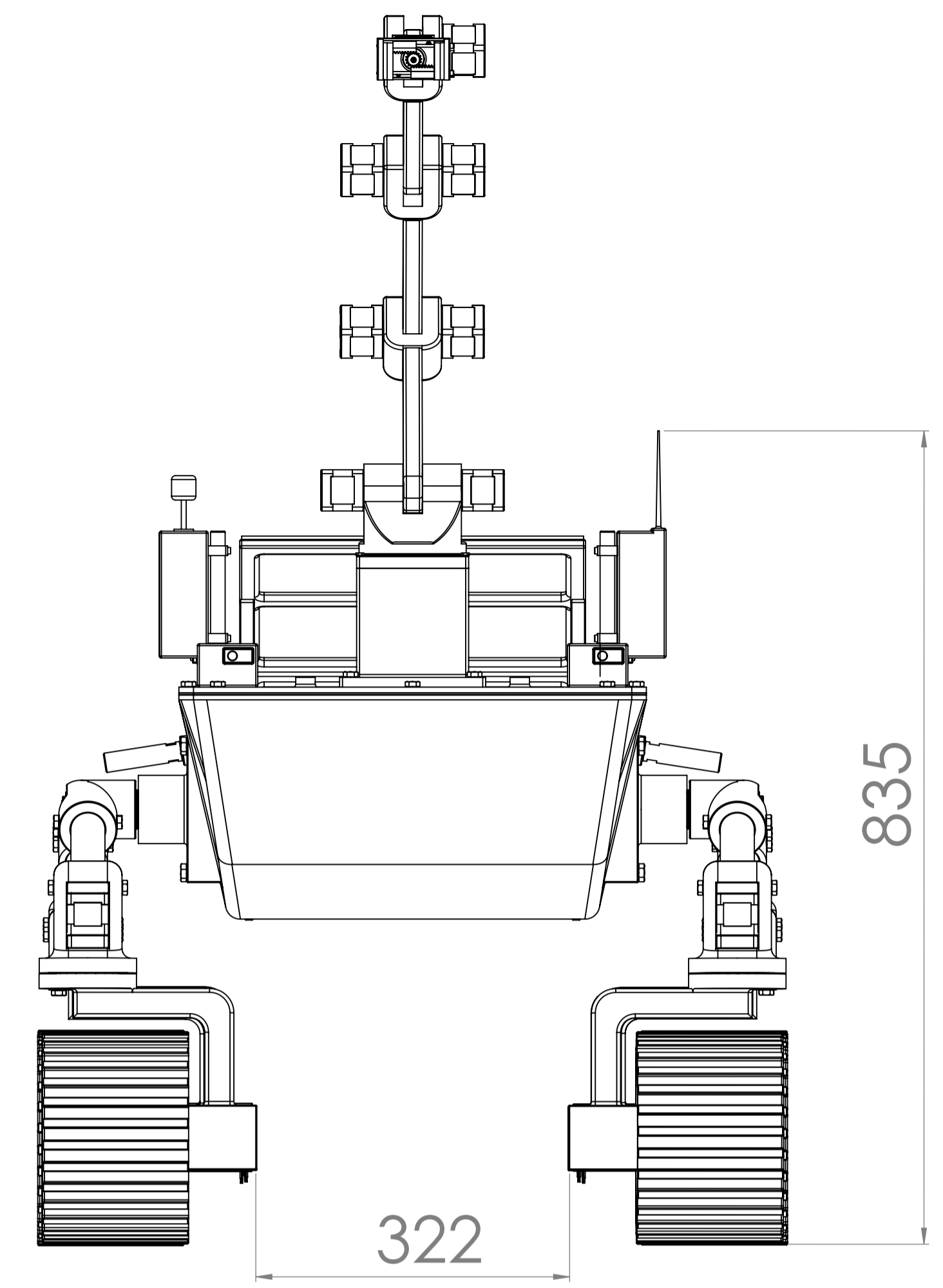
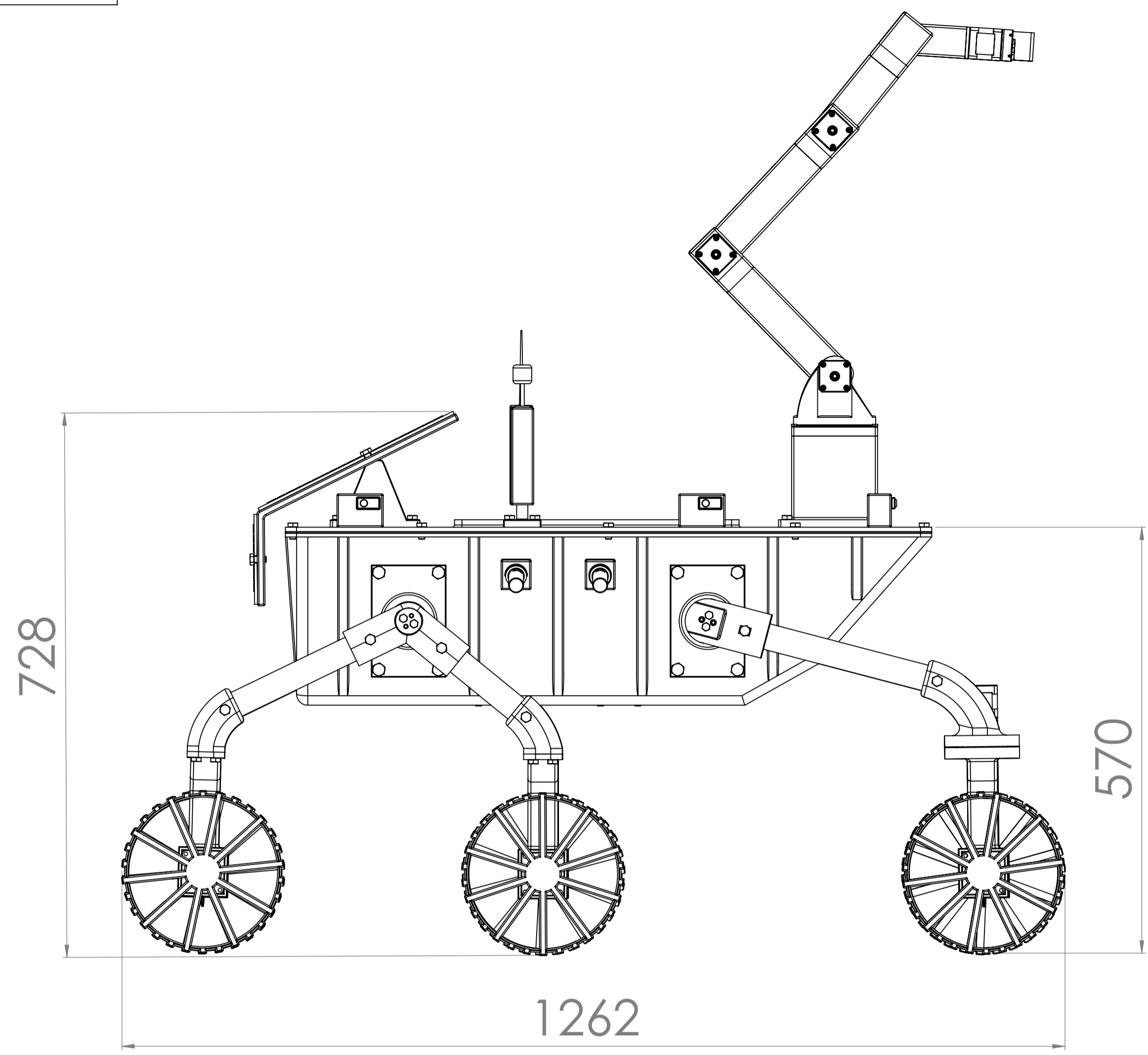
				МР.ПМКм-13.00.00.001 3В			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.		
Разраб.		Ніколенко І.М.		18.12	Масса	Масштаб	
Пров.		Онисько О.Р.		18.12	Лист 1 Листов 1		
Т. контр.						ІФНТУНГ	
Н. контр.						ПМКм-23-1	
Утв.	Панчук В.Г.			18.12	Формат А1		

МР.ПМКм-13.00.00.001 3В

Загальний вигляд установки

Лит. Масса Масштаб

ІФНТУНГ ПМКм-23-1



				МР.ПМКм-13.00.00.002 3В		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Габаритне креслення установки	
Разраб.		Ніколенко І.М.		18.12		
Пров.		Онисько О.Р.		18.12		
Т. контр.						
Н. контр.						
Утв.		Панчук В.Г.		18.12	Лист 1 Листов 1 ФНТУНГ ПМКм-23-1 Формат А1	

Имя, № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата Страна, № Перв. примен.

MP.ПМКм-13.00.00.001

Dimensions: 480, 400, 865, 200, 400, 335.32, 250, 500, 213, 50, 50, 15+0.1, 11+0.1, 230+0.01, 118+0.1, 248+0.1, 354+0.01, R15, 0.8, 676+0.1, 564+0.1, 389+0.1, 276+0.1, 164+0.1, 136, M12X10 4 отвори, 130, 140.50, 130, 47.50, 5+0.01, 0.8, 67°, 58°.

С-С

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:10

MP.ПМКм-13.00.00.001				Лит.	Масса	Масштаб
База Марсохода						1:5
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
	Разробив	Ніколенко І.М.		18.12		
	Перевірів	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Затвердив	Панчук В.Г.		20.12		

Д16Т ГОСТ 4784-97

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Копировал

Формат А3

MP.ПМКм-13.00.00.003

Dimensions: 148+0.1, 100+0.1, 12.50+0.01, 0.8, 35.82+0.01, 15+0.1, 100+0.1, 1x45° фаска, 0.8, 1x45° фаска, МАСШТАБ 1:1.

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:1

MP.ПМКм-13.00.00.003				Лит.	Масса	Масштаб
Обойма бронзової втулки						1:2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
	Разроб.	Ніколенко І.М.		18.12		
	Перевірів	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Затв.	Панчук В.Г.		20.12		

Д16Т ГОСТ 4784-97

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.005

Dimensions: 88+0.01, 1x45° фаска, 0.8, 35+0.01, 50+0.01.

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:1

MP.ПМКм-13.00.00.005				Лит.	Масса	Масштаб
Втулка бронзова						1:1
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
	Разроб.	Ніколенко І.М.		18.12		
	Перевірів	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Затв.	Панчук В.Г.		20.12		

БрА9Ж4 ГОСТ 18175-78

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.002

Dimensions: 480, 400, 865, 200, 400, 380, 127.28, 66.36, 70, 176.36, 237.50, 20+0.01, 40, 34, 100, 170, 70, 300, 170, 340, 36, 100, 240, 90, 130, 5+0.1, 6+0.01, R15, 0.8, 226, 380, 0.8.

С-С

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:10

MP.ПМКм-13.00.00.002				Лит.	Масса	Масштаб
Кришка корпуса						1:10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
	Разробив	Ніколенко І.М.		18.12		
	Перевірів	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Затвердив	Панчук В.Г.		20.12		

Д16Т ГОСТ 4784-97

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Копировал

Формат А3

MP.ПМКм-13.00.00.004

Dimensions: 148+0.1, 100+0.1, 12.50+0.01, 5+0.1, 82+0.1, 15+0.1, 35.82+0.01, 100+0.1, 1x45° фаска, 0.8, 0.8, 1x45° фаска, МАСШТАБ 1:1.

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:1

MP.ПМКм-13.00.00.004				Лит.	Масса	Масштаб
Обойма бронзової втулки (внутрішня)						1:2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
	Разроб.	Ніколенко І.М.		18.12		
	Перевірів	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Затв.	Панчук В.Г.		20.12		

Д16Т ГОСТ 4784-97

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.003 ЗВ

Dimensions: 88+0.01, 1x45° фаска, 0.8, 35+0.01, 50+0.01.

А-А

Б-Б

МАСШТАБ 1:1

MP.ПМКм-13.00.00.003 ЗВ				Лит.	Масса	Масштаб
Деталювання установки						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разроб.	Ніколенко І.М.		18.12		
	Пров.	Онисько О.Р.		18.12		
	Т. контр.					
	Н. контр.					
	Утв.	Панчук В.Г.		18.12		

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Копировал

Формат А1

В

Перв. примен.

Справа №

Подп. и дата

Изм. инв. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

4

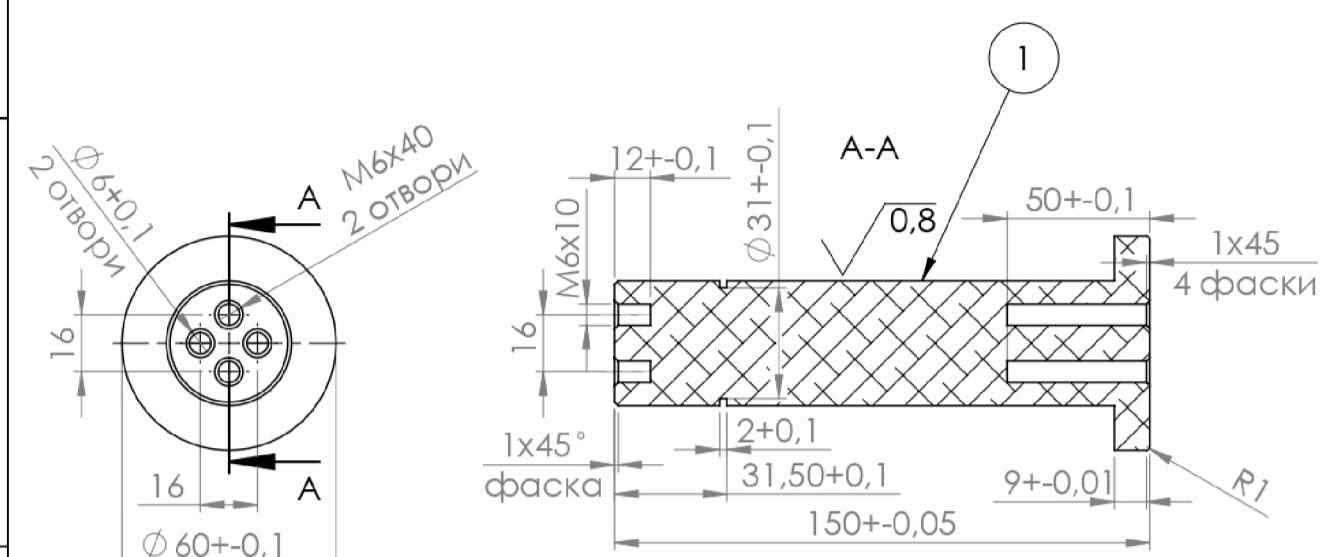
3

2

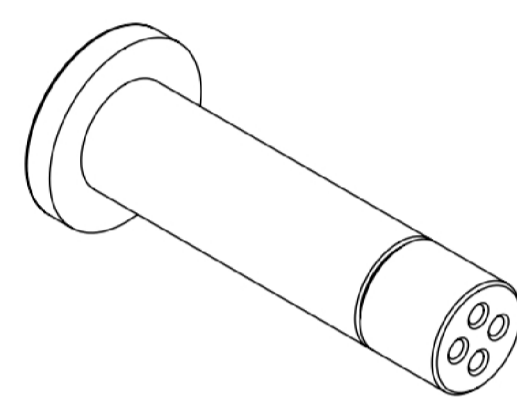
1

4

MP.ПМКм-13.00.00.006



* поверхню позначеною 1 - притерти по місцю



MP.ПМКм-13.00.00.006

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

Вал підвіски

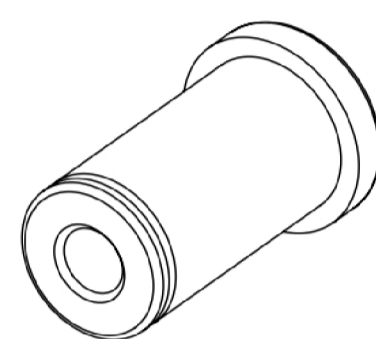
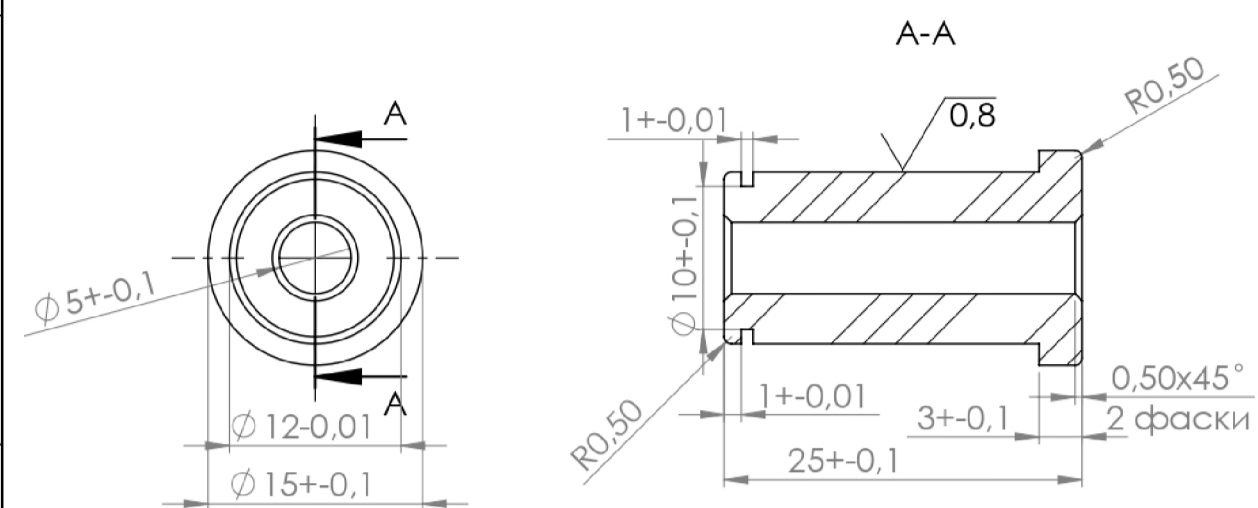
Д16Т ГОСТ 4784-97

Літ.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ 23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.008



MP.ПМКм-13.00.00.008

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

Втулка кріплення штоку амортизатора

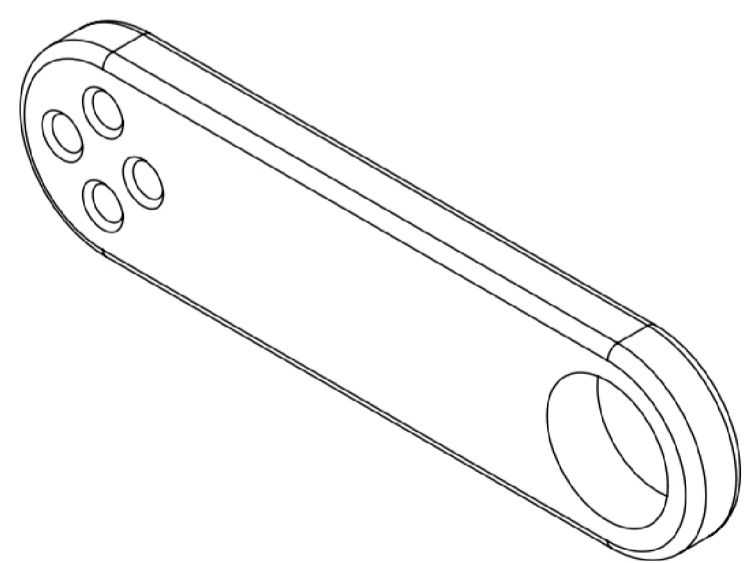
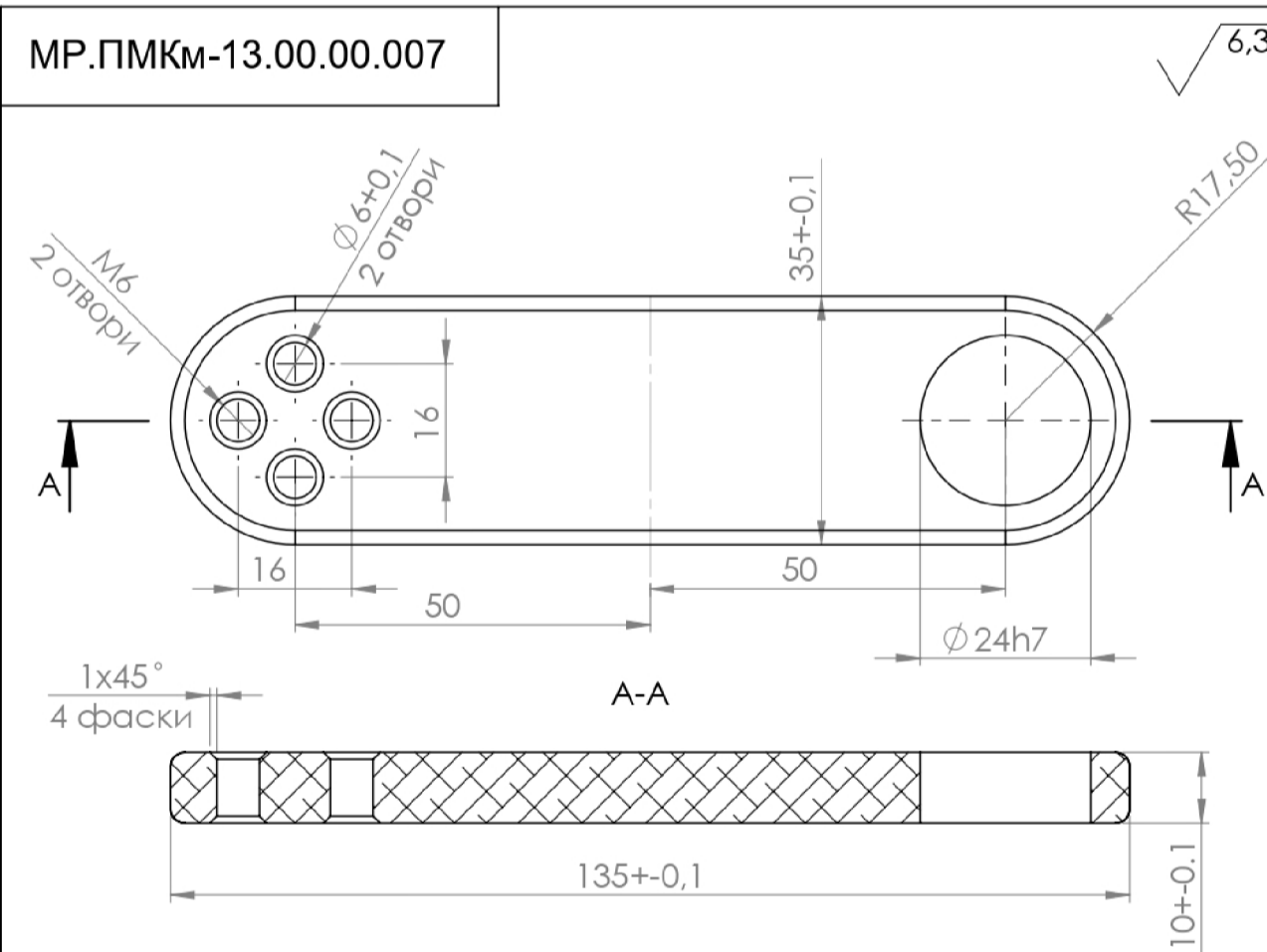
08Х18Н10 ГОСТ 5632-72

Літ.	Масса	Масштаб
		2:1
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ 23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.007



MP.ПМКм-13.00.00.007

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

Шарнір підвіски

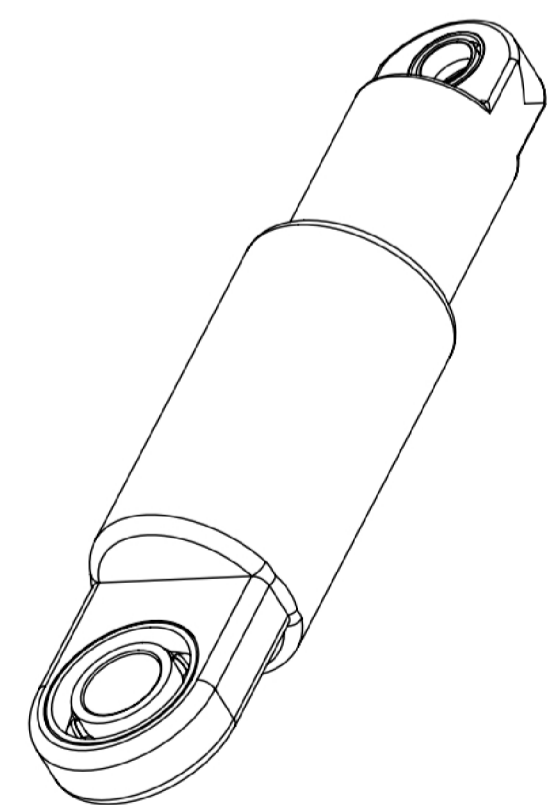
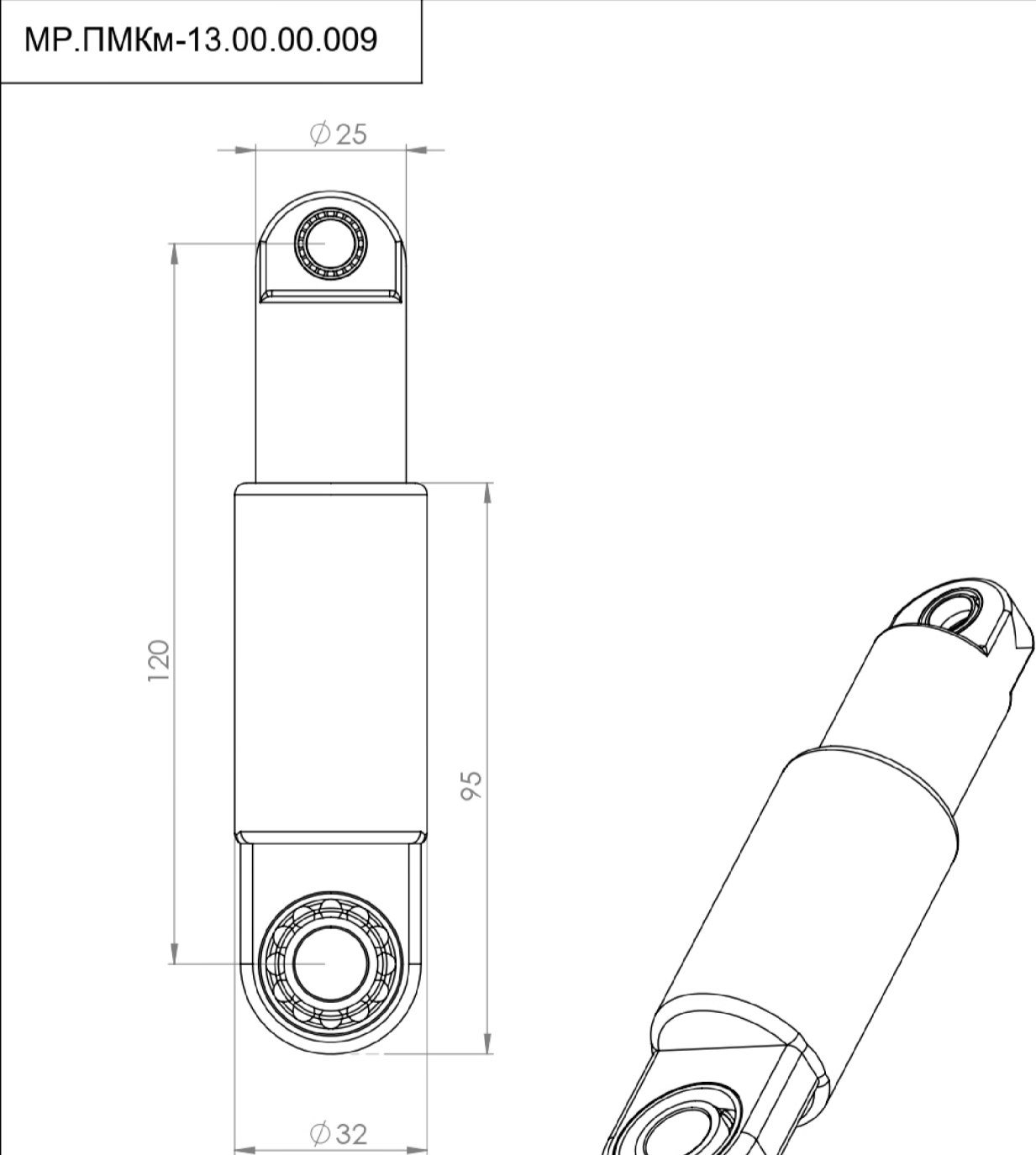
Д16Т ГОСТ 4784-97

Літ.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ 23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.009



*підшипник штока- 3912-1. 1 шт.
*підшипник осі- 378-20. 2 шт.

MP.ПМКм-13.00.00.009

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

Габаритне креслення амортизатора

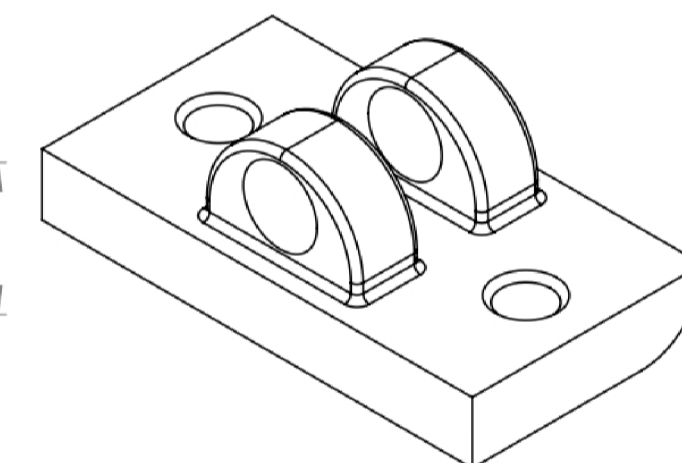
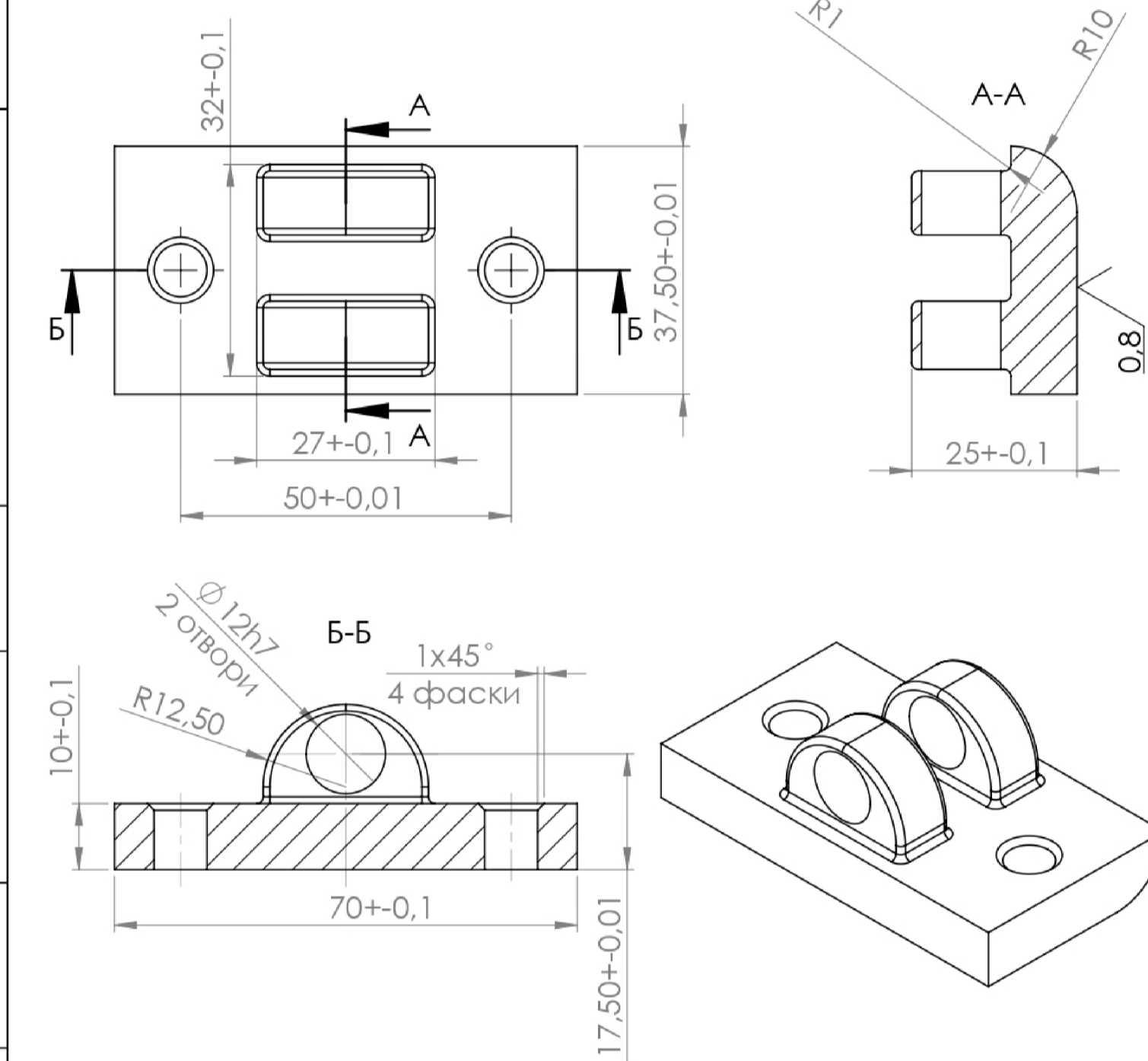
4 шт.

Літ.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ 23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.010



MP.ПМКм-13.00.00.010

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

Платформа кріплення амортизатора

Д16Т ГОСТ 4784-97

Літ.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ 23-1

Формат А4

MP.ПМКм-13.00.00.004 3В

Деталювання установки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.	Панчук В.Г.			18.12

Літ.	Масса	Масштаб
Лист 1	Листів 1	

ІФНТУНГ ПМКМ-23-1

Формат А1

Копіював

MP.ПМКм-13.00.00.011

MP.ПМКм-13.00.00.011
Передній суглоб підвіски
Д16Т ГОСТ 4784-97
ІФНТУНГ ПМКм 23-1
Формат А4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

MP.ПМКм-13.00.00.013

MP.ПМКм-13.00.00.013
Втулка під шпонку
08X18H10 ГОСТ 5632-72
ІФНТУНГ ПМКм 23-1
Формат А4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

MP.ПМКм-13.00.00.015

MP.ПМКм-13.00.00.015
Скалка силова
08X18H10 ГОСТ 5632-72
ІФНТУНГ ПМКм 23-1
Формат А4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

MP.ПМКм-13.00.00.006

MP.ПМКм-13.00.00.012
Передня стійка
Д16Т ГОСТ 4784-97
ІФНТУНГ ПМКм 23-1
Формат А4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

MP.ПМКм-13.00.00.014

MP.ПМКм-13.00.00.014
Сійки задньої підвіски
Д16Т ГОСТ 4784-97
ІФНТУНГ ПМКм 23-1
Формат А4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Перевірив	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.	Панчук В.Г.			20.12

MP.ПМКм-13.00.00.005 3В

Деталювання установки

ІФНТУНГ ПМКм-23-1

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ніколенко І.М.			18.12
Пров.	Онисько О.Р.			18.12
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.	Панчук В.Г.			18.12

Справа №
Ліва № дубл.
Взам. инв. №
Инд. № дубл.
Подп. и дата
Инд. № подл.

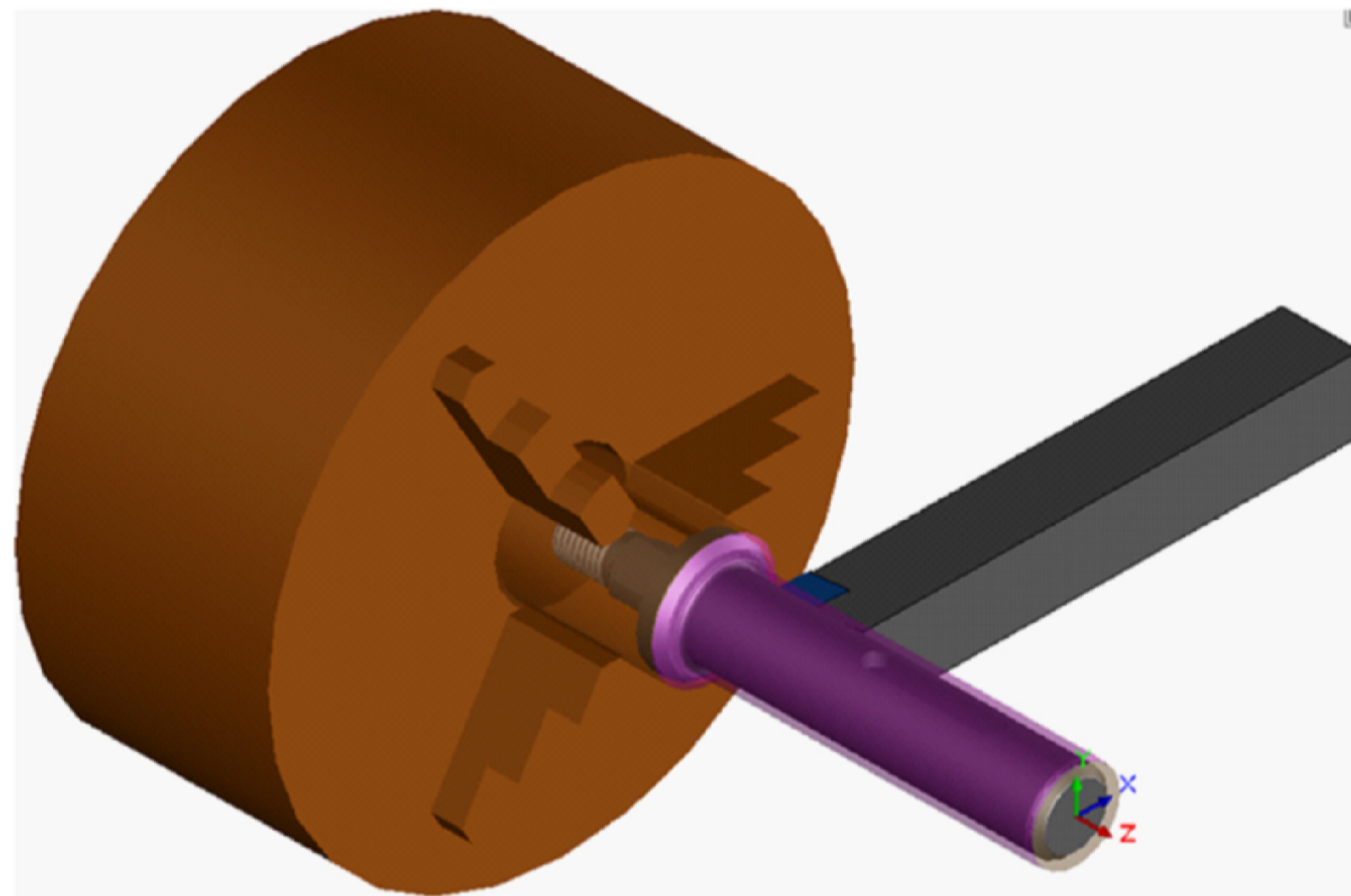
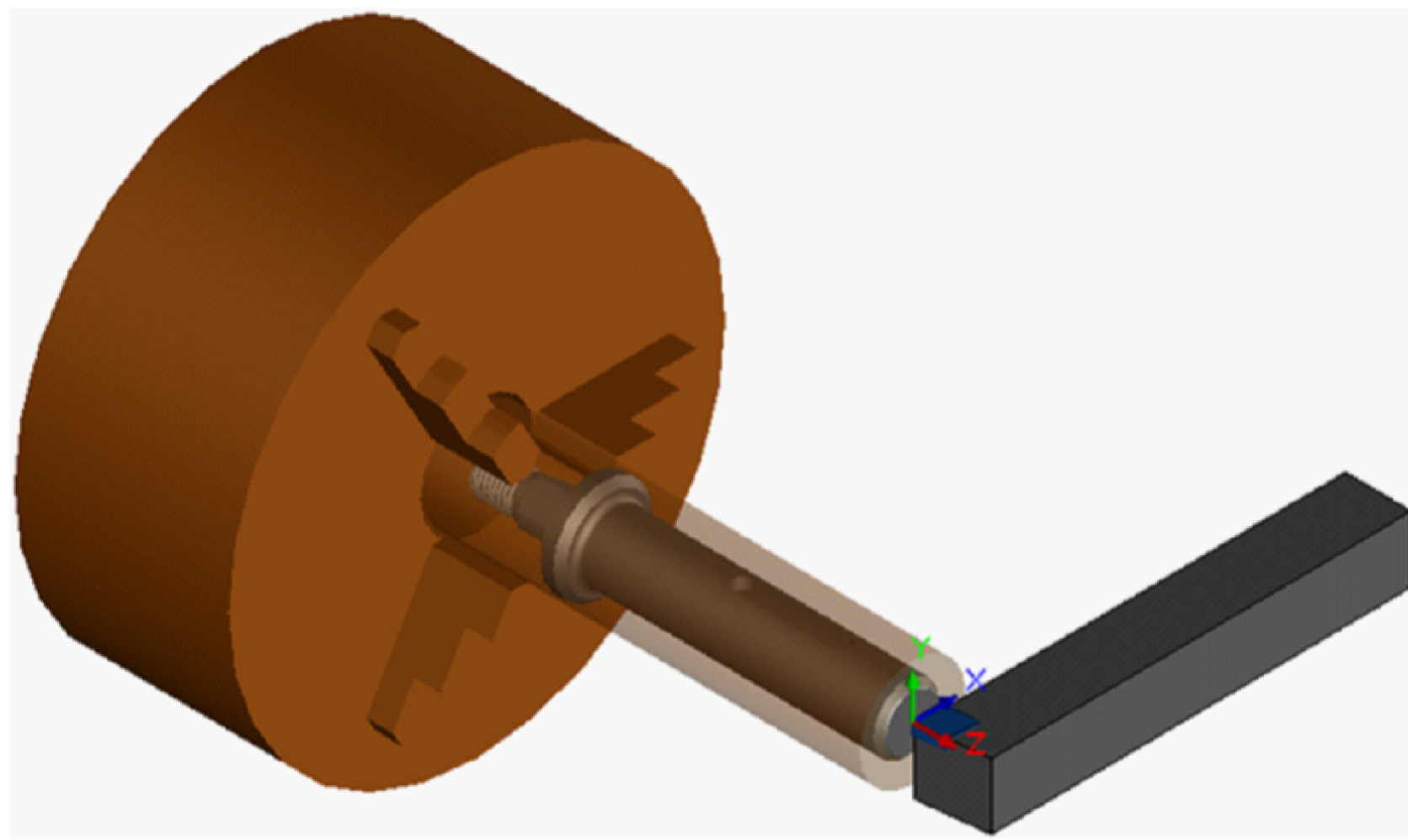
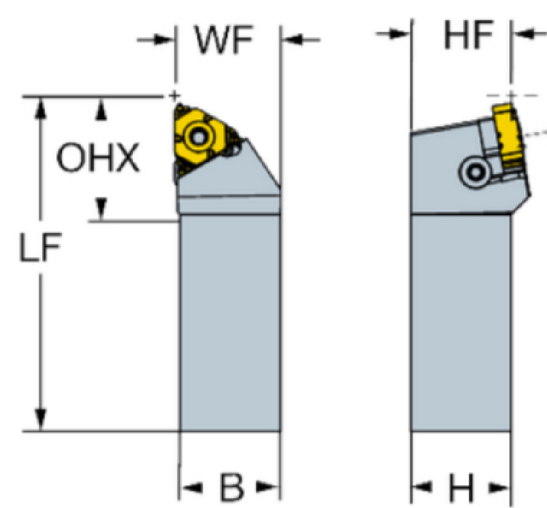


Рисунок 1 - токарна обробка



Код типу затиску (MTP) **S: затискач із гвинтовим отвором**

Тип вставки (CUTINT_MASTER) **CogoThread - зовнішній розмір 16 (266.RG-16/254RG-16CC)**

Кут осового зазору (ALP) **-10 ти**

Кут корекції спіралі нитки (THCA) **1 ти**

Підключення на стороні машини (ADINTMS) **Прямокутний хвостовик - метрика: 20 x 20**

Кут сторони машини (BAMS) **0 ти**

Максимальний звис (OHX) **21,6 мм**

Рука (PYKA) **P**

Стиль входу охолоджуючої рідини (CNCS) **0: без охолоджуючої рідини**

Ширина хвостовика (B) **20 мм**

Висота хвостовика (H) **20 мм**

Функціональна довжина (LF) **125 мм**

Функціональна ширина (WF) **20,5 мм**

Функціональна висота (HF) **20 мм**

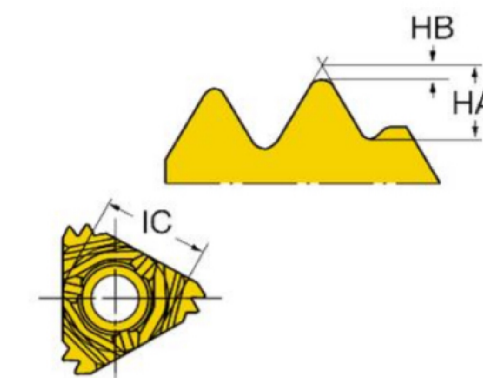
Крутний момент (TQ) **3 Нм**

Вага предмета (WT) **0,3756 кг**

Дата випуску (ValFrom20) **19/09/2012**

Ідентифікатор пакета випуску (RELEASEPACK) **12.2**

Рисунок 3 - державка пластини



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO) **P M K N S**

Стружолом (CBMD) **A**

Форма потоку (THFT) **M60**

Стандартний номер (STDNO) **ISO 965-1998**

Тип потоку (TTP) **EXT**

Крок різби (TP) **1,5 мм**

Тип профілю різби (TPT) **F: повний профіль**

Кількість зубів (NT) **2**

Клас допуску різби (TCTR) **IT 6**

Теоретична висота різби (HA) **1,12 мм**

Перепад висоти різби (HB) **0,22 мм**

Профільна відстань ех (PDX) **2,2 мм**

Профільна відстань еу (PDY) **1,42 мм**

Вставте код типу монтажу (IFS) **8: потайний отвір 40°-60°, нижня частина рейки**

Діаметр кріпильного отвору (D1) **4,4 мм**

Розмір і форма вставки (CUTINT_SIZESHAPE) **CogoThread 266/254 - зовнішній розмір 16R**

Передовий підрахунок (CEDC) **3**

Діаметр вписаного кола (IC) **9,525 мм**

Рука (PYKA) **P**

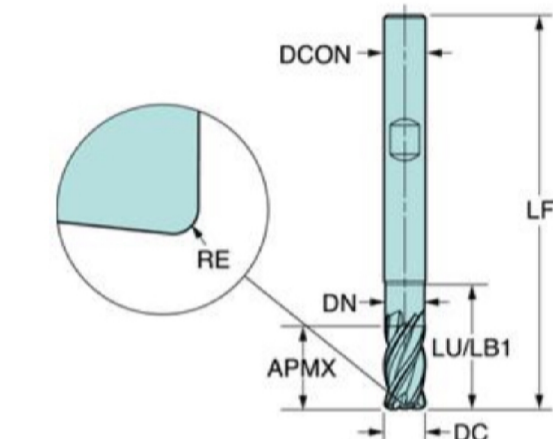
Оцінка (КЛАС) **1125**

Підкладка (SUBSTRATE) **HC**

Покриття (COATING) **PVD TIAN**

Товщина вставки (S) **3,9688 мм**

Рисунок 4 - ріжуча пластинка



Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO) **P M K N S**

Діаметр різання (DC) **10 мм**

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR) **90 ти**

Діаметр різання класу допуску (TCDC) **h10**

Діаметр торця різання (DCF) **9 мм**

Радіус кута (RE) **0,5 мм**

Максимальна глибина пропилю (APMX) **22 мм**

Максимальна глибина пропилю (APMXFFW) **22 мм**

Максимальна глибина пропилю (APMXPFW) **22 мм**

Можливість різання по центру (CCC) **Так**

Корисна довжина (LU) **31 мм**

Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок (ZEFP) **4**

Максимальний кут нахилу (RMPX) **20 ти**

Підключення на стороні машини (ADINTMS) **Weldon (DIN635-HB) - метрика: 10**

Допуск на діаметр з'єднання (TCDCON) **h6**

Оцінка (КЛАС) **1730**

Підкладка (SUBSTRATE) **HW**

Стандартна група хвостовика (BSG) **Вони задіаються**

Стиль входу охолоджуючої рідини (CNCS) **0: без охолоджуючої рідини**

Діаметр з'єднання (DCONMS) **10 мм**

Функціональна довжина (LF) **72 мм**

Діаметр корпусу (BD) **9,6 мм**

Діаметр горловини (DN) **9,6 мм**

Довжина тіла (LB1) **31 мм**

Рисунок 5 - фреза кінцева

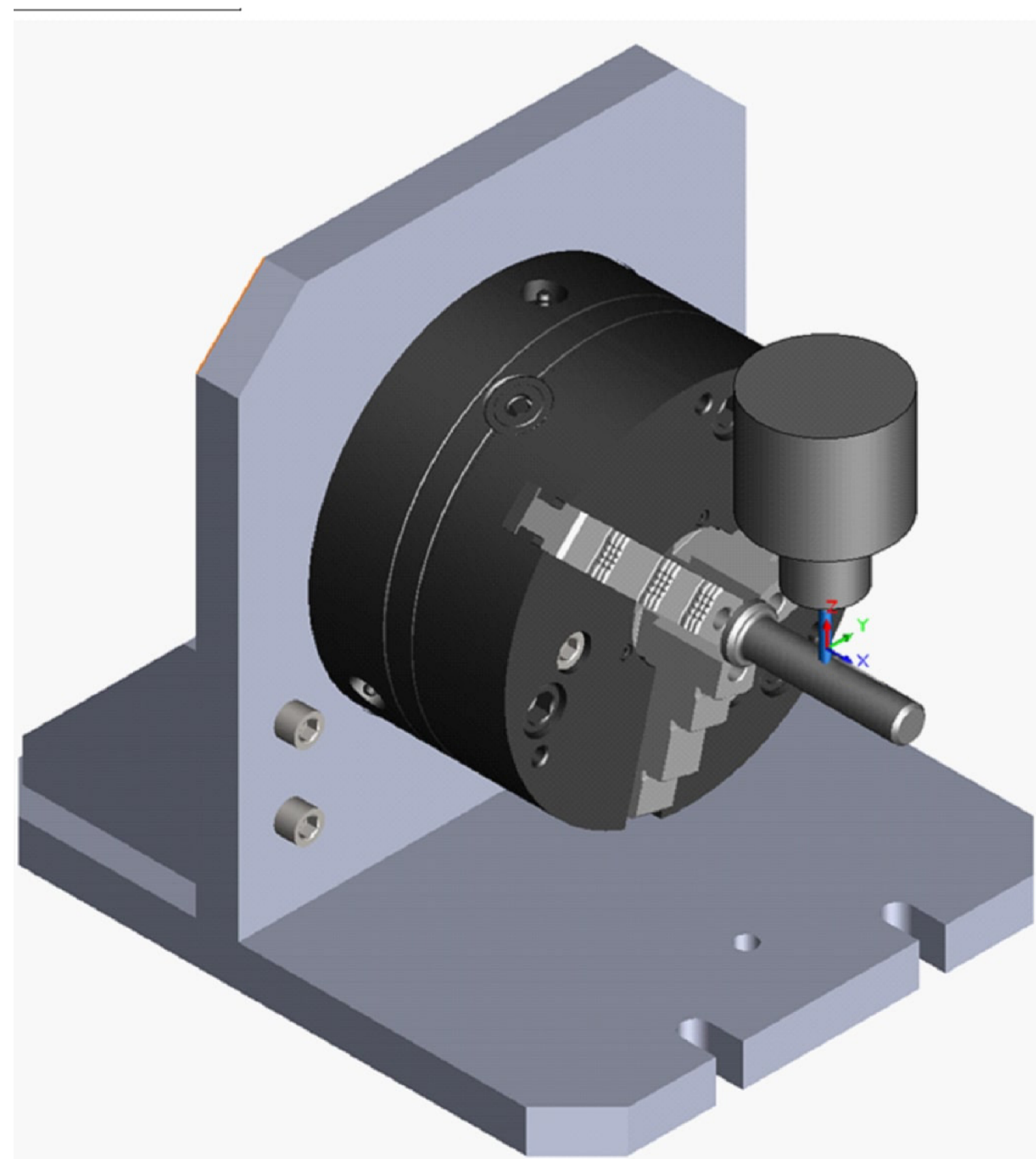


Рисунок 2 - фрезерна бробка

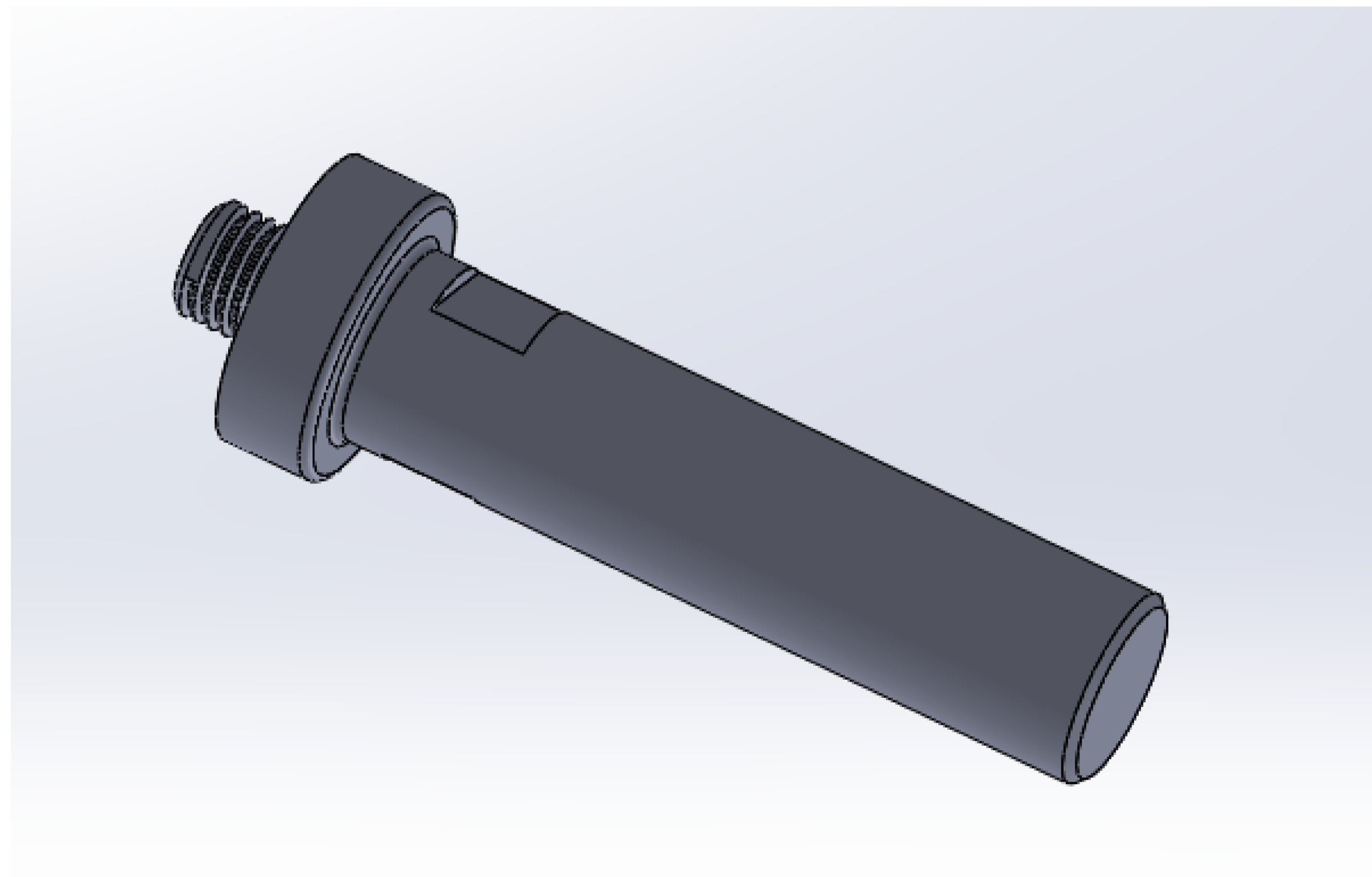


Рисунок 6 - 3-D модель деталі

				MP.ПМКм-13.00.00.006 3В				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Візуалізація ЧПК обробки	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Ніколенко І.М.		18.12				
Пров.		Онисько О.Р.		18.12				
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.		Панчук В.Г.		18.12				
					Лист 1	Листов 1		
					ФНТУНГ ПМКм-23-1			
					1 Копировал			

Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инов. № дубл.

Инов. № подл.