

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМКм-135.00.000

Група ПМКм-21-1

Заник Володимир

Володимирович

2022

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Заник Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 62-526

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розробка крокуючого робота для переміщення вантажів

(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

В.В. Заник

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Врюкало В.В., к.т.н., доцент

(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-2022 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

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Занику Володимиру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка крокуючого робота для переміщення вантажів

керівник роботи Врюкало В.В.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від "14" 10 2022 року № 494/7

2. Строк подання студентом роботи 24 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Умови роботи робота

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1. Вступ. 2. Конструкторська частина 3. Технологічна частина. 4. Керуюча електроніка. .

5. Програма керування роботом.

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

1. Складальне креслення робота гексапода – 1 лист А1. 2-4. Деталювання – 3 листи А1.

5. Система керування роботом – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Врюкало В.В., доц каф. КМВ		
2	Врюкало В.В., доц каф. КМВ		
3	Врюкало В.В., доц каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання “ 01 ” 09 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Конструкторська частина		
3	Технологічна частина		
4	Програма керування роботом		
5	Оформлення графічної частини		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7			
8			

Студент _____
(підпис)

Заник В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Врюкало В.В.
(прізвище та ініціали)

“ 01 ” 09 2022 р.

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему: Розробка крокуючого робота для переміщення вантажів.. Дана робота складається з 69 аркушів. До неї входять 44 рисунків, 6 таблиць Для виконання роботи було використано 19 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дослідження – робототехніка.

Предмет дослідження – робот-павук гексапод..

Мета роботи – Розробка крокуюча робота для переміщення вантажів.

Дипломна робота містить вступ, конструкторську частину,, технологічну частину, розділ з керуючою електронікою, розділ з керуючою програмою.

В конструкторській частині описується принцип роботи крокуючих роботів, послідовність дій для створення всіх 15 основних деталей, призначення кожної деталі, конструкція складання робота-павука, принцип роботи робота павука та розрахунки статичні.

В технологічній частині описується вибраний матеріал з якого будуть виготовлятися деталі, його фізичні та хімічні властивості, описується вибране обладнання на якому будуть виготовлятися деталі, його технічні характеристики, та принцип роботи.

В розділі керуючої електроніки описуються вибір керуючої електроніки для керування роботом, технічні характеристики електроніки та її схема підключення.

В розділі керуюча програма описується розробка керуючої програми для керування роботом.

Ключові слова: Робот-павук, ескіз, сервопривід, кріплення, кут, переміщення, нога, деталь, крок, корпус, отвори, конструкція, поверхня.

Студент: Заник В.В.

Summary

The master's qualification work was completed on the topic: Development of a walking robot for moving cargo's. This work consists of a 69 sheet. It includes 44 figures, 6 table's. 19 bibliographic titles were used to perform the work.

The object of research is robotics. The subject of research is a hexapod spider robot. The purpose of the work is to develop a walking robot for moving goods. The thesis contains an introduction, a design part, a technological part, a section with control electronics, a section with a control program.

Thesis contains the following sections: introduction, design part, technological part, control electronics, control program.

The design part provides a description of the principle operation of the walking robots, sequence of actions to create all 15 main parts, the purpose of each detail, the design of the assembly of the robot spider, the principle operation of the spider robot and static calculations.

In the technological part is described the selected material, from which the parts will be made, its physical and chemical properties, describes the selected equipment on which the parts will be manufactured, its technical characteristics and the principle operation.

The control electronics section describes the choice of control electronics for controlling the robot, the technical characteristics of the electronics and its connection diagram.

Student: Zanyk V.V.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Конструкторська частина.....	7
1.1 Основні поняття та принцип роботи крокуючих роботів.....	7
1.2 Моделювання деталей в CAD-системі SolidWorks.....	9
1.3 Опис компонентів робота-павука.....	24
1.4 Конструкція робота-павука.....	27
1.5 Принцип роботи робота-павука.....	28
1.6 Розрахунки.....	34
1.6.1 Статика.....	34
2 Технологічна частина.....	37
2.1 Вибір матеріалу для деталей.....	37
2.2 Вибір обладнання для виготовлення деталей.....	43
3. Керуюча електроніка.....	48
3.1 Вибір керуючої електроніки.....	48
3.1.1 Arduino UNO.....	48
3.1.2 Adafruit 16 Channel 12-bit PWM/Servo Shield - I2C interface.....	53
3.1.3 Радіомодуль.....	55
3.1.4 Понижуючий перетворювач JW5068A (mini 560).....	57
3.1.5 Сервомотор MG996R.....	58
3.1.6 Акумулятор GENS ACE 5A 7.4V RX/TX 2S1P.....	60
3.1.7 Схема підключення.....	62
4 Керуюча програма.....	64
Список використаної літератури.....	67
Додатки.....	69

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розробка крокуючого Робота для переміщення вантажів			<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Заник В.В.</i>									
<i>Перевірив</i>	<i>Врюкало В.В.</i>									
<i>Т.контр.</i>	<i>Врюкало В.В.</i>									
<i>Н. контр.</i>										
<i>Затв.</i>					ІФНТУНГ ПМКм-21-1					

ВСТУП

Життя людини - крихка річ. Необхідно стільки зусиль, щоб не згасло життя. З давніх часів для підтримки життя та задоволення власних потреб людству необхідно було щоденно виконувати великий ряд операцій. Від простих домогосподарських робіт до масштабних виробничих процесів.

Наприклад, для того, щоб просто зробити теплу накидку з шкіри тварини, щоб вижити в холодну пору, в давні часи людині потрібно було виконати велику кількість операцій, потратити багато сил і часу. Спочатку потрібно було роздобути інструмент праці, наприклад камінь, потім розколоти його і відшліфувати об іншу тверду поверхню, після цього знайти матеріал, з якого буде розроблятися зброя, потім відділити від загальної маси матеріалу частину з необхідними розмірами, далі обробити і заточити накінецьник, після цього, за допомогою створеного інструмента убити тварину, зняти з неї шкіру за допомогою інструменту, промити її та висушити. І тільки після цього цю шкіру можна було використовувати.

По мірі розвитку людства для покращення умов життя люди з кожним разом вдосконалювались та старались знаходити все кращі рішення для різних побутових задач. Але щоденно було надзвичайно багато різних справ, на що йшло багато сил і часу. Через це люди намагались знайти спосіб вдосконалити всі побутові процеси роботи та операції, полегшити їх, пришвидшити та зробити ефективнішими. Для цього люди спочатку покращували свої інструменти, застосовували в якості робочої сили тварин у сільському господарстві та в тяжкій фізичній праці, застосовували нові матеріали, вдосконалювали методи виконання роботи. Але виконання щоденних побутових операцій за рахунок лише тільки ручної роботи навіть з допомогою різних інструментів та методів виявилось недостатньо точним і надійним. Роботи не ставало менше, а деякі операції неможливо було виконати навіть за рахунок використання тварин в якості рушійної сили. Для вирішення цієї проблеми люди придумали механізми.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

З цих самих часів люди почали будувати різні машини та механізми, які б за рахунок роботи операторів за панеллю керування, могли виконувати масштабні фізично важкі операції при одному лиш натисканні на важіль. Усі масштабні фізично складні операції стали виконуватися за допомогою різних машин і механізмів. Люди довірили всі свої справи техніці і почали масово конструювати машини і агрегати для виконання різних побутових операцій та полегшення своїх умов праці і життя. Як виявилось, цього було недостатньо. Людство стикнулось з проблемою, що хоч їм більше і не потрібно було виконувати тяжку фізичну працю вручну, при виконанні різних операцій був присутній людський фактор, який був необхідний для керування цими машинами і агрегатами. Але люди недосконалі та перемінні створіння. Багато різних чинників можуть вплинути на результат і точність роботи людини. Такими чинниками можуть бути як фізичні, так і психологічні. Через це результат роботи за рахунок впливу людського фактора часто був не постійним, непередбачуваним і недостатньо точним. В зв'язку з цим, людство дійшло висновку, що застосування різних машин і агрегатів з ручним керуванням не є надійним, оскільки все одно потребує людського втручання для керування машинами. І тому люди дійшли висновку, що для покращення виконання різного роду операцій в подальшому необхідно буде мінімізувати вплив людського фактора в роботі або повністю його виключити. Так, на зміну великим машинним агрегатам, якими керували вручну, з'явилися автоматизовані машини, механізми і техніка, які не потребували людського втручання для виконання роботи, а виконували її в автоматичному режимі. Так людство змогло уникнути впливу людського фактору на умови виробництва та виконання різних побутових операцій, потрібних для простого задоволення щоденних потреб і виживання людства.

В магістерській дипломній роботі, відповідно до завдання, передбачається розробка крокуючого робота для переміщення вантажів.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1 Основні поняття та принцип роботи крокуючих роботів

Існують два найпоширеніші види роботів:

- Роботи, які переміщуються коченням, за допомогою коліс
- Крокуючі роботи, які переміщуються за допомогою ніг.

Даний робот відноситься до другого виду – до крокуючих роботів.

Існує багато визначень поняття крокуючих роботів. Найпростішим можна вважати пояснення від Массачусетського технологічного інститута:

«Крокуючий робот – це робот, який переміщується за допомогою ніг, а не коліс».

Якщо розглядати **конструкції** крокуючого робота, то під крокуючим роботом розуміється механізм, сукупність великої кількості ланок (деталей), система твердих тіл, з'єднаних шарнірами та силовими елементами.

Якщо дати визначення, виходячи із **основної задачі** крокуючих роботів – переміщення по криволінійних поверхнях, то: Крокуючий робот – це робот, який при здійсненні переміщення адаптується до зміни розміщення і форми поверхні. З цього слідує потреба в наявності для крокуючого робота адаптивності в будь-якому вигляді. В загальному випадку, систему вважають адаптивною, якщо вона здатна пристосовуватись до змін внутрішніх і зовнішніх умов. Під адаптивним переміщенням робота розуміється переміщення, при якому контроллер робота враховує зміну форми і розміщення поверхні, по якій він здійснює переміщення, і виконує обчислення для свого наступного положення ноги (ніг) для збереження стійкості при переміщенні. Відмінності такого типу об'єктів від колісних полягають в тому, що при їх конструюванні взірцем виступає біологічна будова живої істоти. Тобто конструкція і алгоритм ходьби ґрунтується на основі результатів, отриманих через спостереження за живою істотою, наприклад, павуком. Відмінність варіантів конструкцій обумовлені різними видами використаних прикладів з природи, але при цьому можливо виділити загальні

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

характеристики, переваги і недоліки.

Переваги:

- 1) Можливість здійснення переміщення по криволінійних поверхнях.
- 2) Поворот навколо себе на місці.
- 3) Можливість здійснення переміщення в будь-якому напрямку з місця.
- 4) Можливість зберігати горизонтальне положення корпусу робота при переміщенні по криволінійним поверхнях.

Недоліки:

- 1) Невелика швидкість руху порівняно з об'єктами, які здійснюють переміщення коченням.
- 2) Складна конструкція робота.
- 3) Складна програма керування.
- 4) Більші вібрації всередині корпусу порівняно з об'єктами, які здійснюють переміщення коченням.

В результаті порівняння роботів двох видів стає зрозуміло, що роботи, які здійснюють переміщення кроками, більш доцільні для переміщення по криволінійних поверхнях. Переміщення по рівній поверхні не викликає проблем, но переміщення по криволінійній, з невідомою формою, поверхні, вимагає створення особливого коду для керування.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Моделювання деталей в CAD-системі SolidWorks

Всі деталі розроблені в CAD-системі SolidWorks

1) Задня нижня кришка

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіз створюємо половину контура деталі та вісь. Віддзеркалюємо контур відносно осі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування (видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо внутрішню горизонтальну поверхню задньої кришки та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори під шестерню сервопривода. Завершуємо ескіз та за допомогою функції витягнутий виріз, вибираємо всі створені раніше елементи та задаємо глибину вирізу. Точно таким же способом створюємо виріз для платформи під болти, отвори в вирізі під платформу, отвори під сервоприводи, отвори бокових ручок та отвори для кріплення верхньої кришки. Створюємо платформи з отворами для кріплення до передньої нижньої кришки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

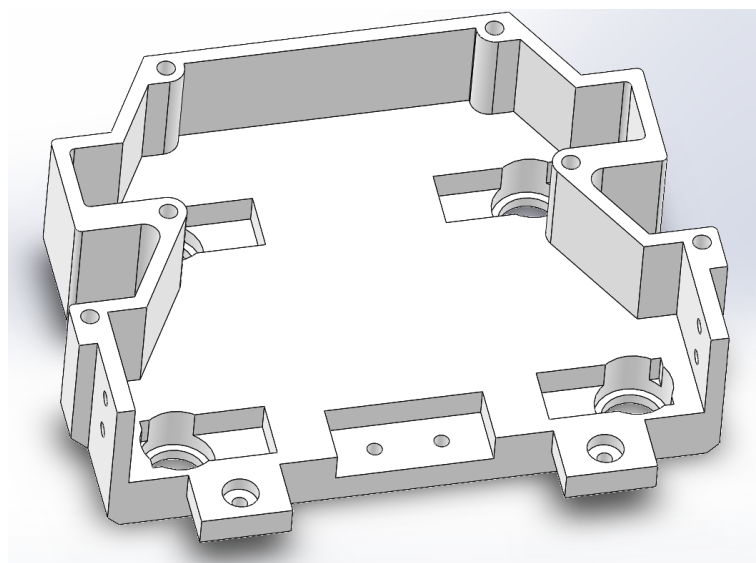


Рис. 1.1 – Нижня задня кришка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

9

2) Передня нижня кришка

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіз створюємо половину контура деталі та вісь. Віддзеркалюємо контур відносно осі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо внутрішню горизонтальну поверхню передньої кришки та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори під шестерню сервопривода. Завершуємо ескіз та за допомогою функції витягнутий виріз, вибираємо всі створені раніше елементи та задаємо глибину вирізу. Точно таким же способом створюємо виріз для платформи під болти, отвори в вирізі під платформу, отвори під сервоприводи, отвори бокових ручок та отвори для кріплення верхньої кришки. Створюємо платформи з отворами для кріплення до задньої нижньої кришки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

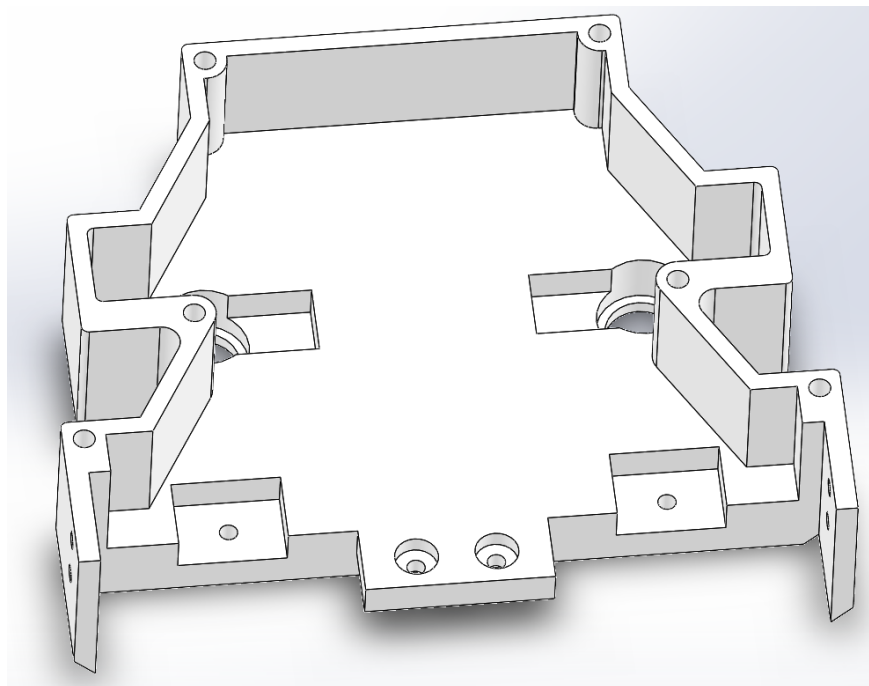


Рис. 1.2 – Нижня передня кришка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ

Арк.

10

3) Задня верхня кришка

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіз створюємо половину контура деталі та вісь. Віддзеркалюємо контур відносно осі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом створюємо виступ під кріплення додаткових пристроїв зверху на зовнішній горизонтальній поверхні верхньої задньої кришки. Вибираємо бокову вертикальну поверхню бокових ручок. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори для кріплення до передньої верхньої кришки. Точно таким же способом створюємо виріз для платформи під болти, отвори в вирізі під платформу та отвори для кріплення нижньої кришки. Створюємо платформи з отворами для кріплення до передньої верхньої кришки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

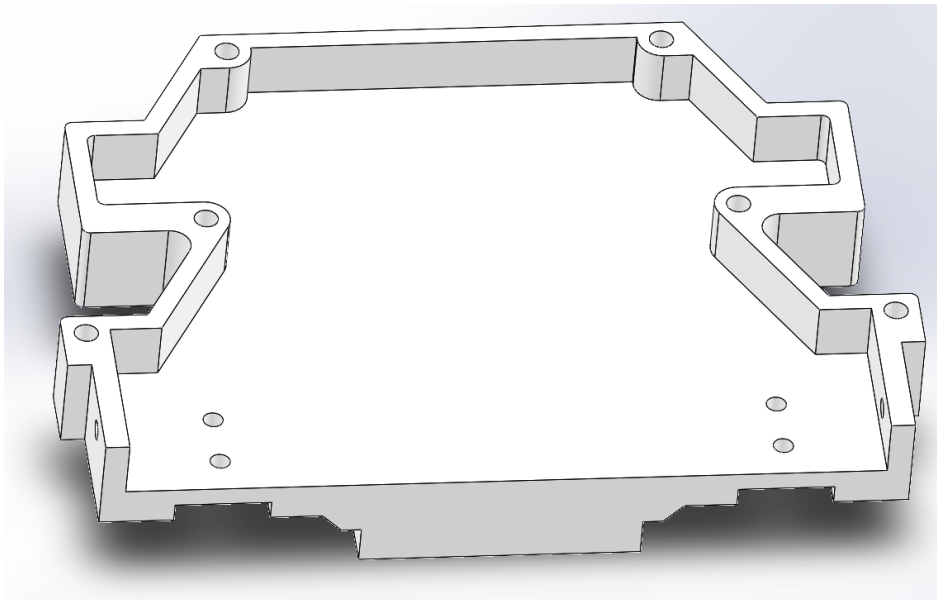


Рис. 1.3 – Верхня задня кришка.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

4) Передня верхня кришка

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіз створюємо половину контура деталі та вісь. Віддзеркалюємо контур відносно осі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом створюємо поверхню під кріплення додаткових пристроїв зверху на зовнішній горизонтальній поверхні верхньої передньої кришки. Вибираємо внутрішню горизонтальну поверхню передньої кришки та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвір під акумулятор. Завершуємо ескіз та за допомогою функції витягнутий виріз задаємо глибину вирізу. Точно таким же способом створюємо виріз для платформи під болти, отвори в вирізі під платформу, отвори бокових ручок та отвори для кріплення нижньої кришки. Створюємо платформи з отворами для кріплення до задньої верхньої кришки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

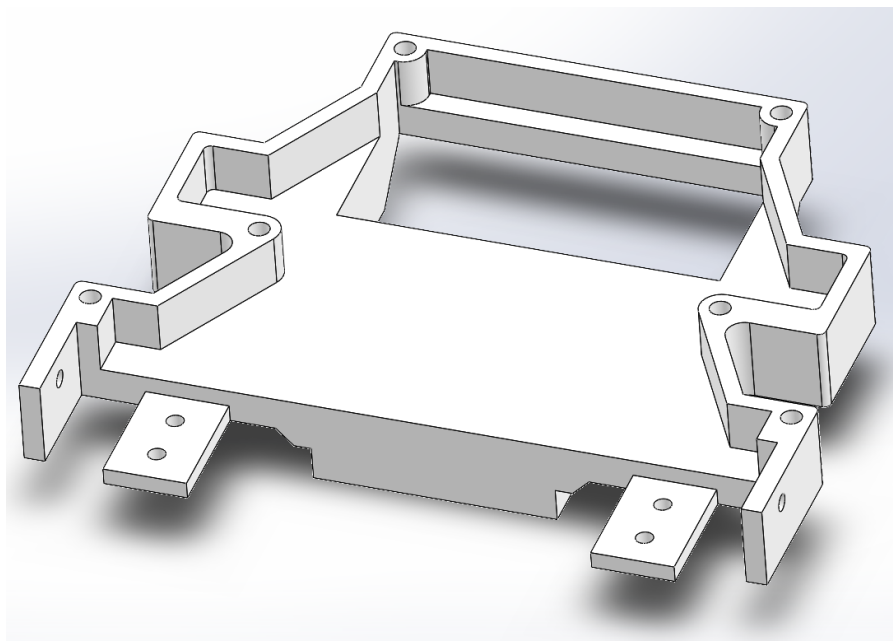


Рис. 1.4 – Верхня передня кришка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

12

5) Стегно частина 1

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіз створюємо коло. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо нижню горизонтальну поверхню створеного тіла та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо коло. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування. Точно таким же способом створюємо ще один циліндр знизу, отвори під кріплення стегна частини 1 до шестерні сервопривода, отвори під кріплення стегна частини 1 до плити та виріз під кріплення втулки з внутрішньою передачею до стегна частини 1.

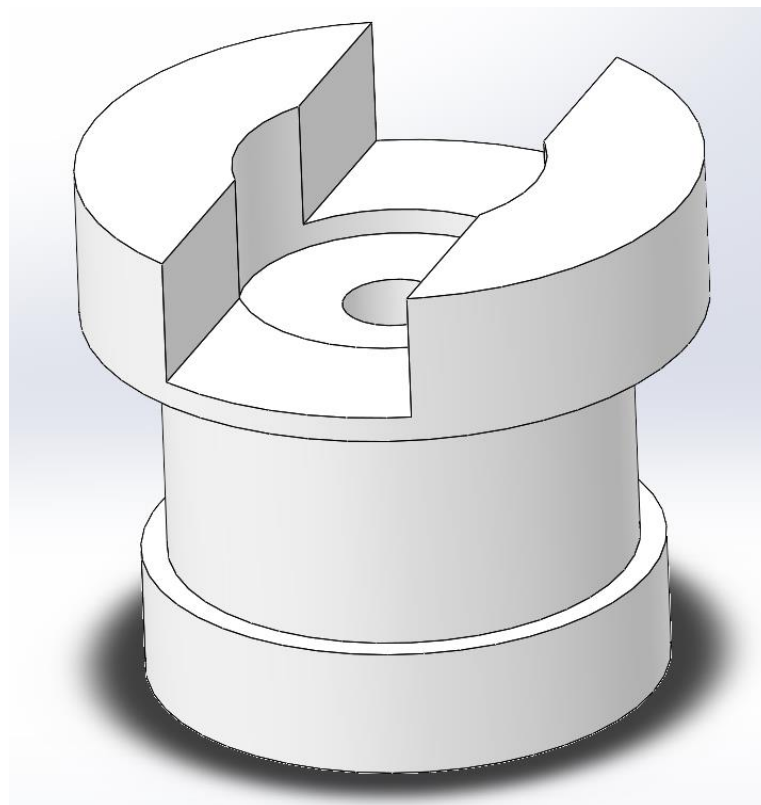


Рис. 1.5 – Стегно частина 1.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

б) Стегно частина 2

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо будь-яку бокову вертикальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо квадратний контур. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування (видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом, за допомогою функції витягнутий виріз, створюємо отвори для кріплення ручки тип 2 та для кріплення стегна частини 2 до плити.

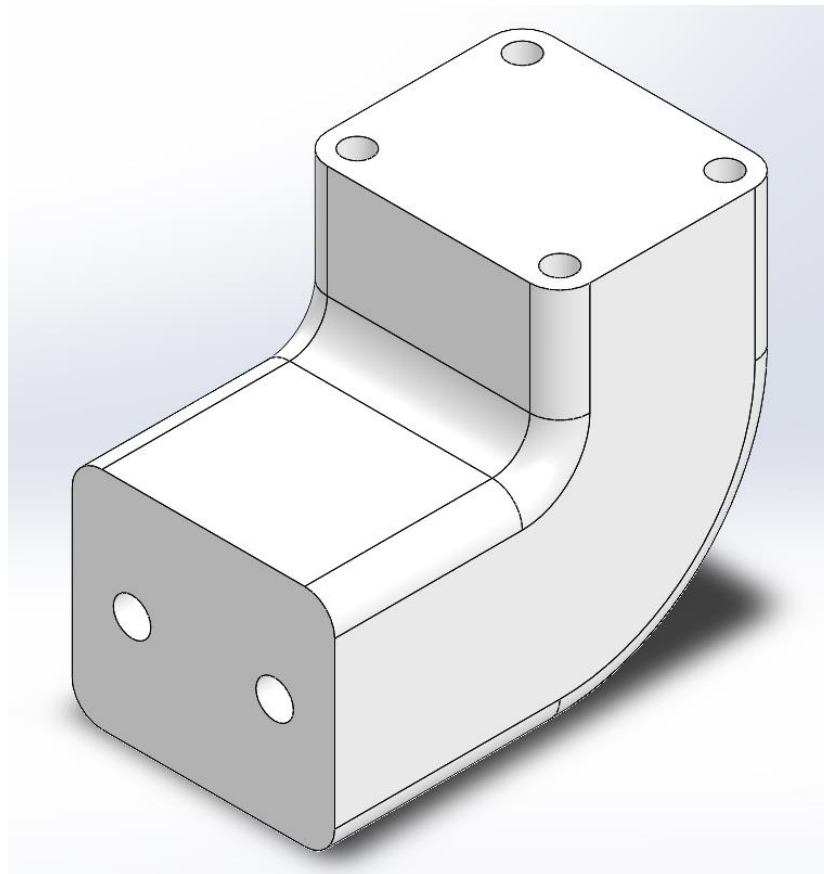


Рис. 1.6 – Стегно частина 2.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

7) Стегно частина 3

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіз. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо будь-яку бокову вертикальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори для кріплення до ручки тип 2. Завершуємо ескіз. Вибираємо всі створені елементи та за допомогою функції витягнутий виріз вирізаємо всі вибрані елементи. Точно таким же способом створюємо отвори на верхній горизонтальній поверхні для кріплення кріпильної чашечки.

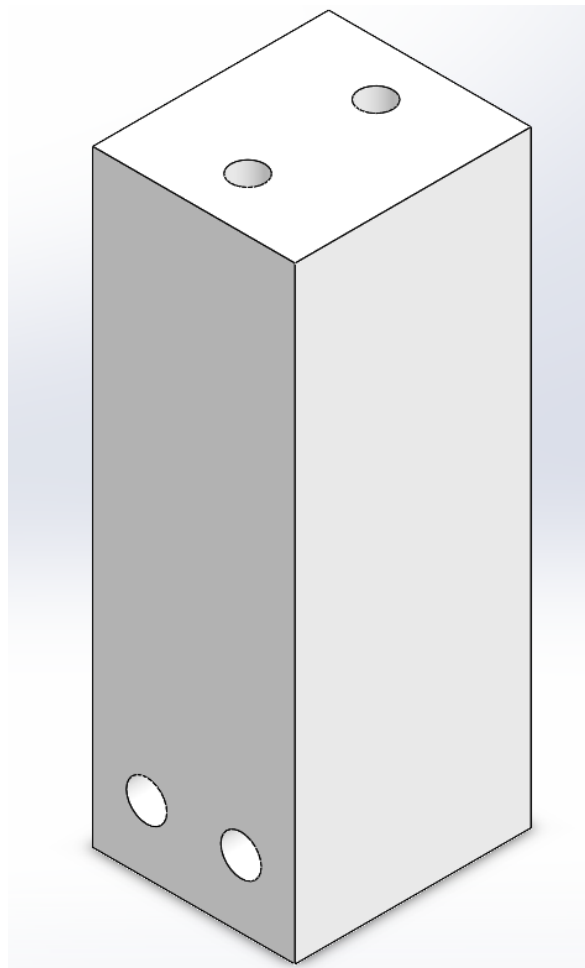


Рис. 1.7 – Стегно частина 3.

8) Плита

Створюємо новий файл. Вибраємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибраємо верхню горизонтальну поверхню та натискаємо на неї. Вибраємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори під кріплення до стегна частини 2, отвори під кріплення до стегна частини 1 та центральний отвір для болта для кріплення стегна частини 1 до шестерні сервопривода. Завершуємо ескіз. Вибраємо всі створені елементи та за допомогою функції витягнутий виріз вирізаємо всі вибрані елементи.

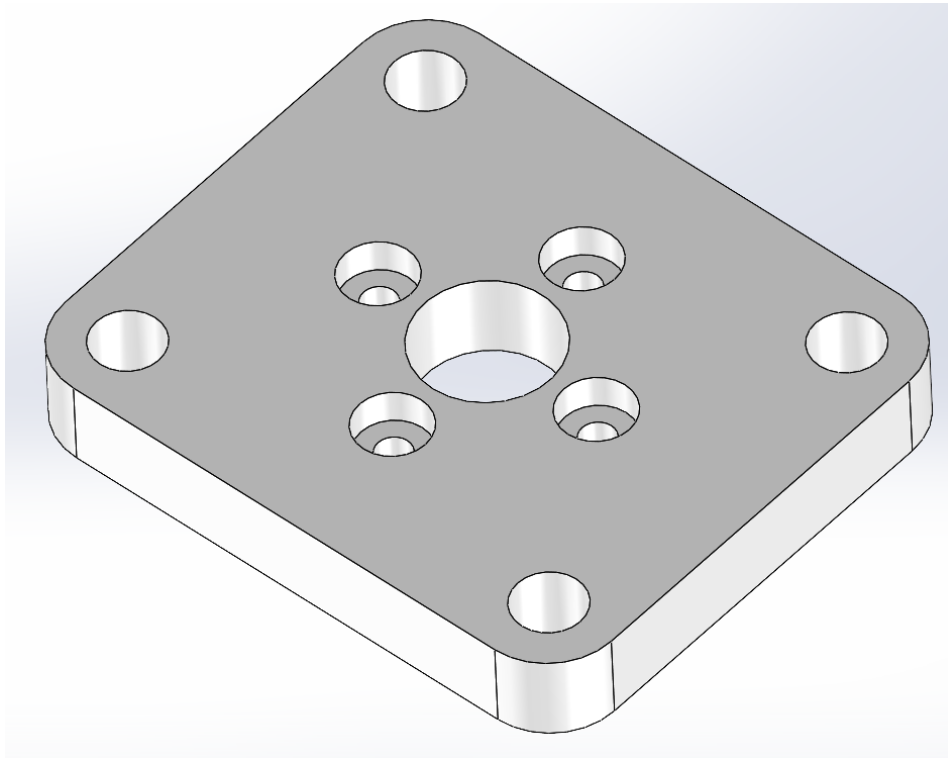


Рис. 1.8 – Плита.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

9) Втулка з внутрішньою передачею

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо верхню горизонтальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо коло. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом створюємо нижній виступ та отвори під кріплення до стегна частини 1. Втулка з внутрішньою передачею являється стандартною деталлю, яка входить в комплект сервопривода, тому дана модель розроблена в спрощеному вигляді. Замість зубців з евольвентним зачепленням, були розроблені трикутні вирізи по колу. Вибираємо верхню горизонтальну поверхню циліндра та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо коло та один трикутник, основа якого буде частиною дуги кола. За допомогою функції круговий масив створюємо масив з трикутників. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягнутий виріз та задаємо глибину вирізу. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом.

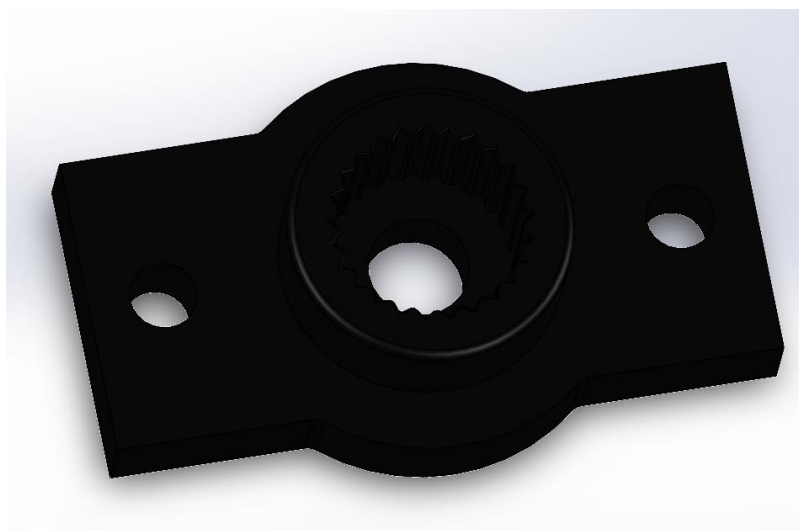


Рис. 1.9 – Втулка з внутрішньою передачею.

					МП.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

10) Ручка тип 2

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо верхню горизонтальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо квадратиний контур. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягнутий виріз та задаємо глибину вирізу. Точно таким же способом створюємо отвори під болти для кріплення ручки тип 2 до стегна частини 2 та отвори під болти для кріплення ручки тип 2 до стегна частини 3. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

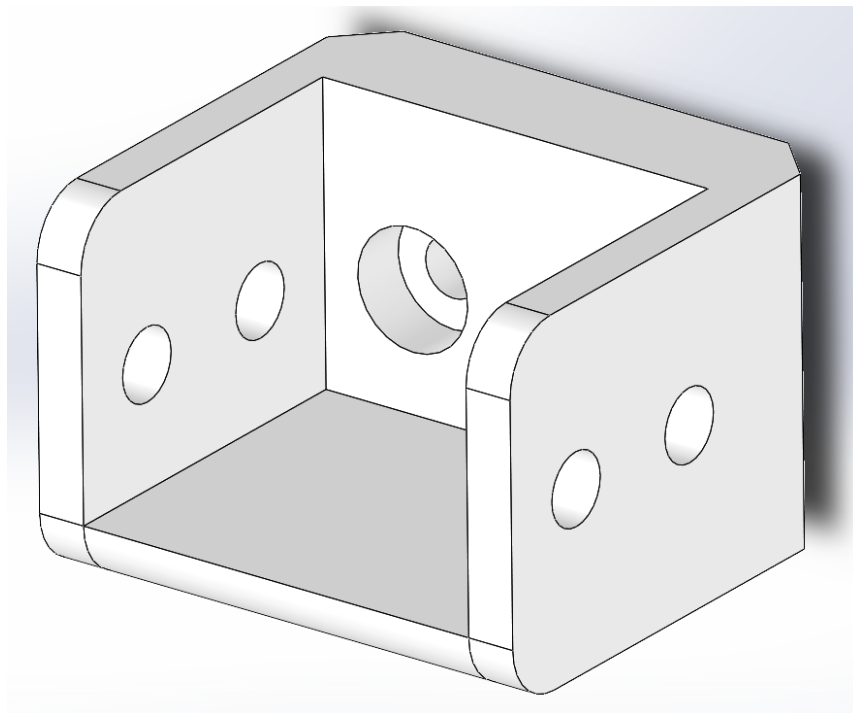


Рис. 1.10 – Ручка тип 2.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

11) Кріпильна чашечка

Створюємо новий файл. Вибираємо вертикальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Створюємо додаткову вертикальну площину посередині деталі. Вибираємо створену додаткову площину та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза копіюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягнутий виріз, в функції витягнутий виріз вибираємо налаштування виріз в обидві сторони від центру та задаємо глибину вирізу. Вибираємо внутрішню горизонтальну поверхню створеної деталі та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо отвори під болти для кріплення кріпильної чашечки до стегна частини 3. Точно таким же способом створюємо виріз під втулку та отвори на бокових ручках під болти для кріплення кріпильної чашечки до гомілки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом.

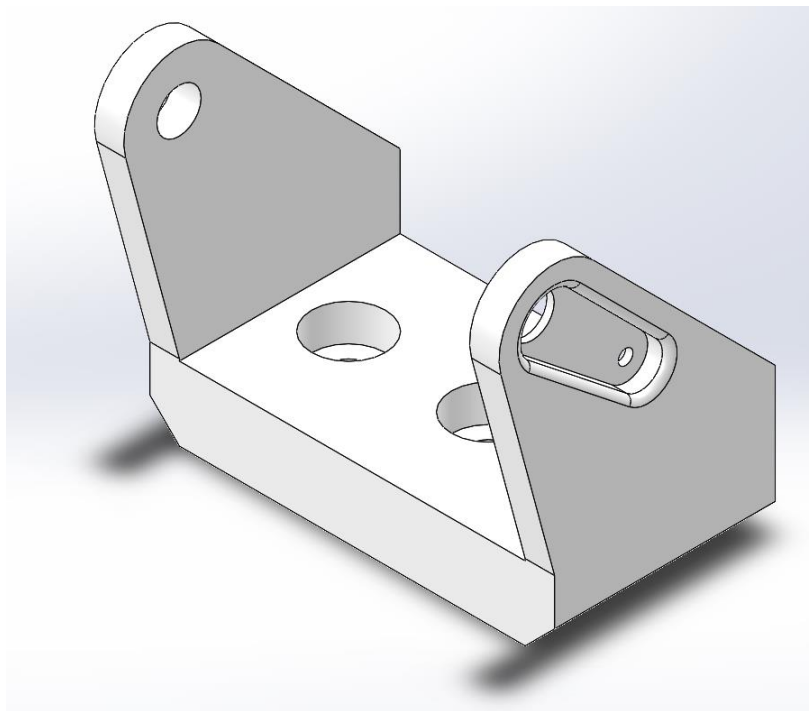


Рис. 1.11 – Кріпильна чашечка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

19

12) Гомілка

Створюємо новий файл. Вибираємо вертикальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо бічну вертикальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо вирізи. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягнутий виріз та задаємо глибину вирізу. Створюємо додаткову вертикальну площину посередині деталі. Вибираємо функцію відзеркалення та віддзеркалюємо створені вирізи відносно додаткової вертикальної площини. Точно таким же способом створюємо отвір для кріплення гомілки до стопи, отвір для кріплення кріпильної чашечки до гомілки та виріз для кріплення сервопривода.

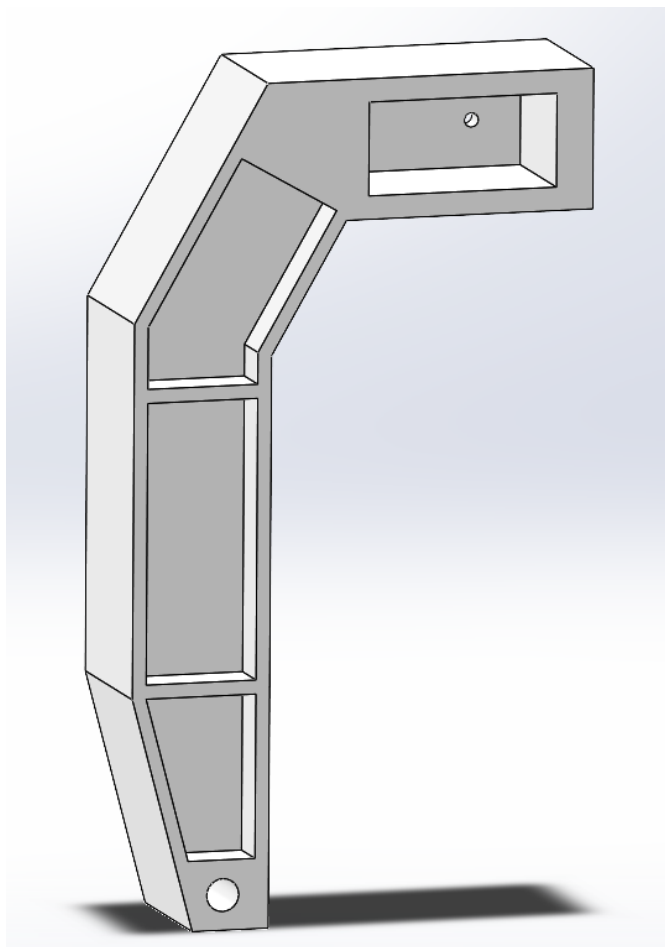


Рис. 1.12 – Гомілка.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

13) Втулка

Створюємо новий файл. Вибираємо вертикальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо бічну вертикальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо коло. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом створюємо отвір в створеному циліндрі під шестерню сервопривода, отвори під болти для кріплення втулки до кріпильної чашечки.

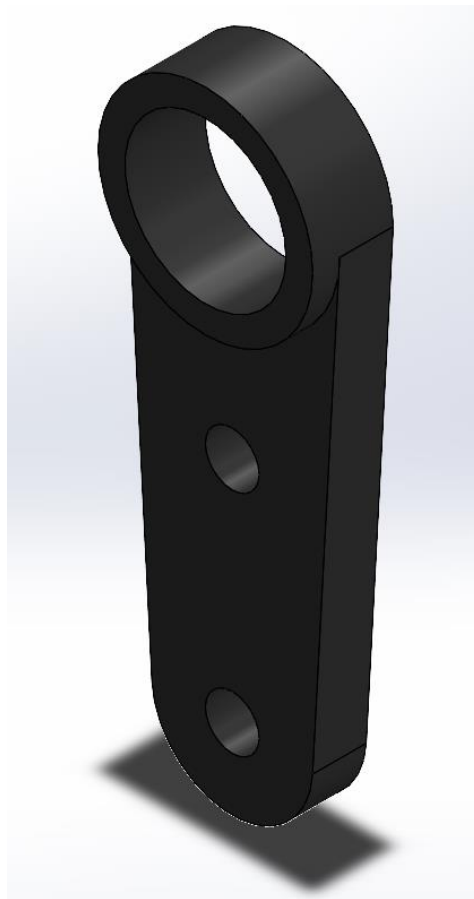


Рис. 1.13 – Втулка.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

14) Стопа

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо нижню горизонтальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо т-подібний контур. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування (видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Точно таким же способом створюємо виступ на передній грані стопи для кріплення підошви, виріз для посадки гомілки та отвір під болт для кріплення стопи до гомілки. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити фаску та за допомогою функції фаска робимо фаску з потрібним розміром і кутом. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

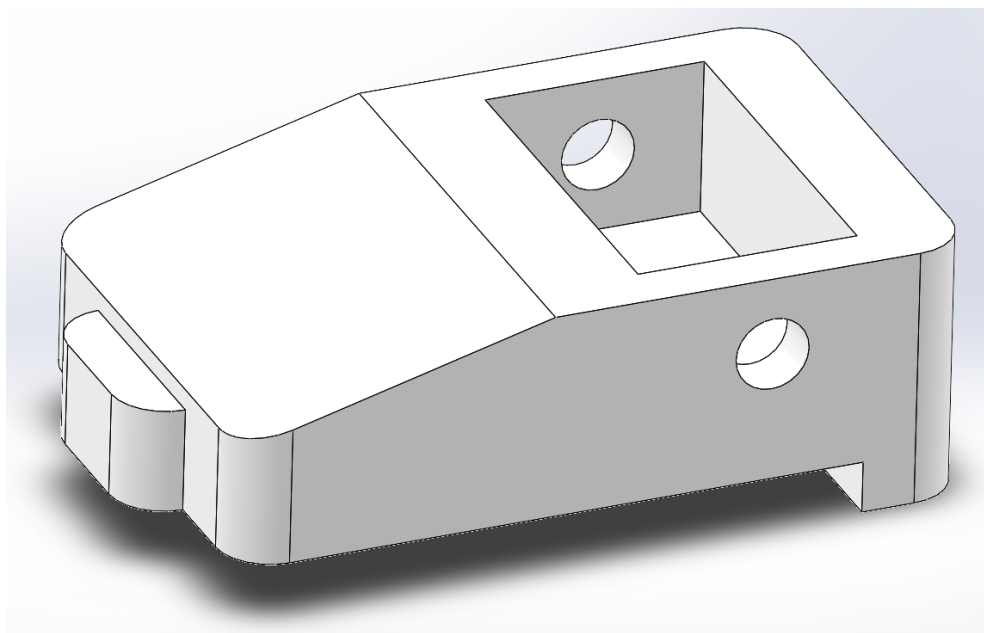


Рис. 1.14 – Стопа.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

15) Підшва

Створюємо новий файл. Вибираємо горизонтальну площину для створення ескіза. Переходимо в режим ескіза. В режимі ескіза створюємо контур деталі. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування(видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо верхню горизонтальну поверхню та натискаємо на неї. Вибираємо перехід в режим ескіза. В режимі ескіза малюємо п-подібний контур. Завершуємо ескіз та вибираємо функцію витягування (видавлювання) та задаємо висоту витягування ескізу. Вибираємо ребра на яких хочемо зробити скруглення та за допомогою функції скруглення робимо скруглення з потрібним радіусом.

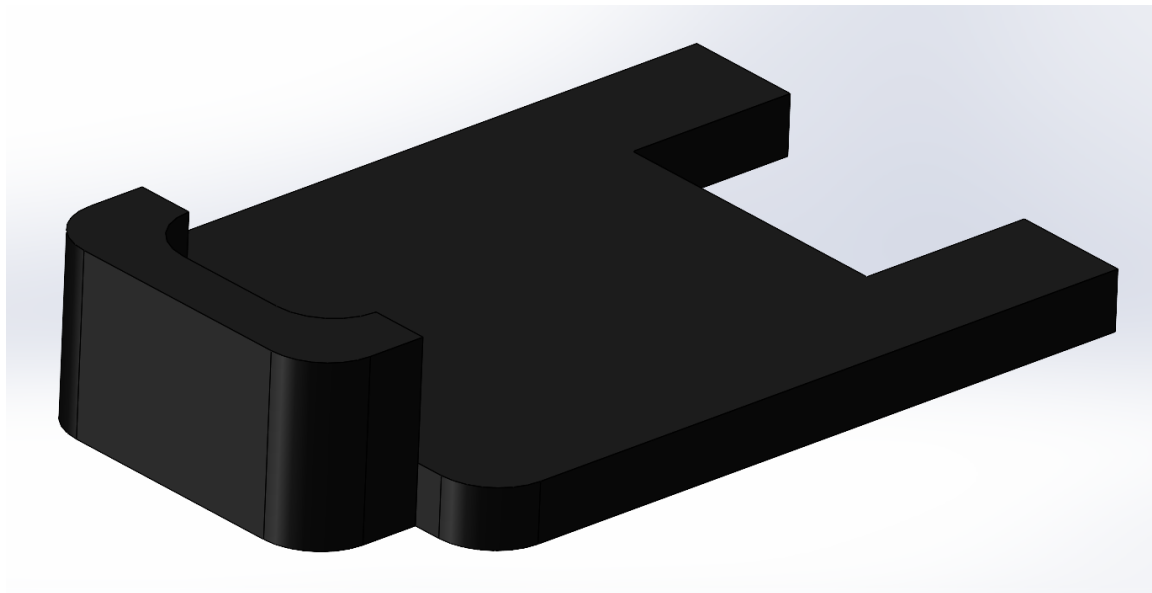


Рис. 1.15 – Підшва.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.3 Опис компонентів робота-павука

Робот павук складається з 15 видів основних деталей (рис 1.16):

1) задня нижня кришка, 2) передня нижня кришка, 3) задня верхня кришка, 4) передня верхня кришка, 5) стегно (частина 1), 6) стегно (частина 2), 7) стегно (частина 3), 8) плита, 9) втулка з внутрішньою передачею, 10) ручка (тип 2), 11) кріпильна чашечка, 12) гомілка, 13) втулка, 14) стопа, 15) підощва.

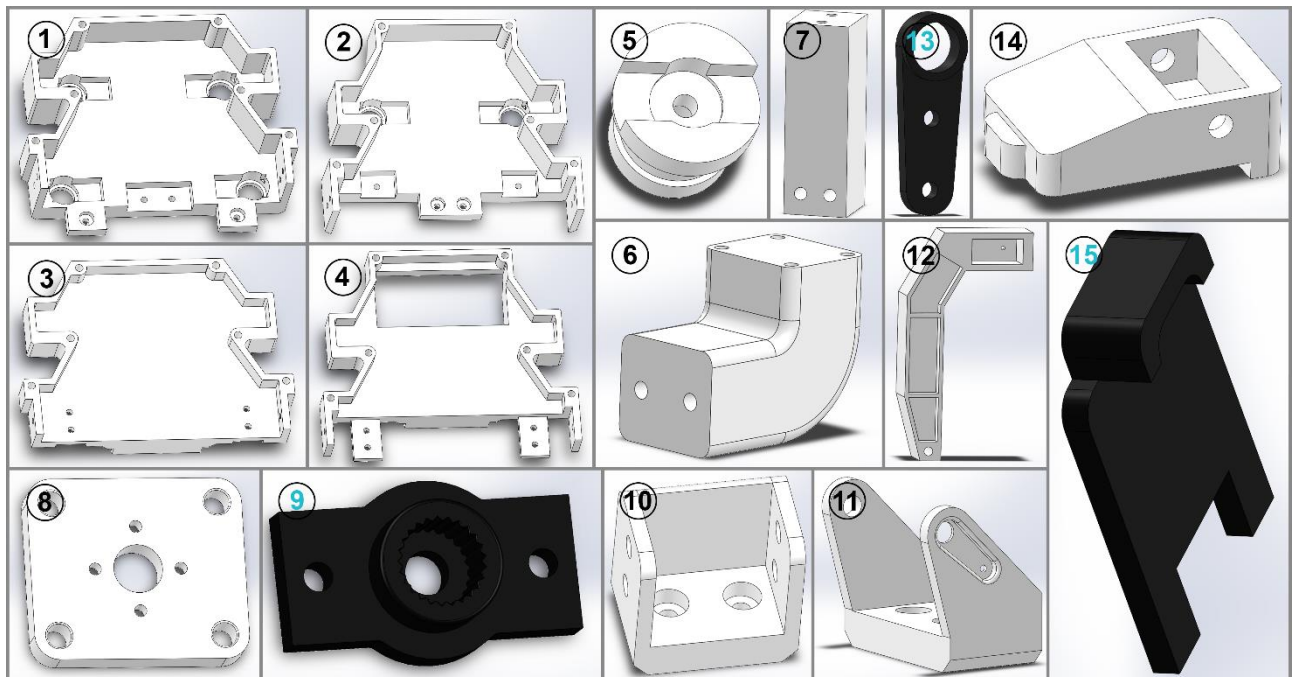


Рис. 1.16 – Основні деталі, з яких складається робот павук.

Конструкція робота-павука базується на прикладі із живої природи. Тип конструкції шестиногого робота-павука визначається формою і параметрами корпусу і ніг. Вони, в свою чергу, впливають на можливість реалізації алгоритмів локомоції і можливість виконання різних рухів, а також визначають місткість корпусу і вантажопідйомність.

Розповсюджено 2 основних типи конструкції корпусу:

- Осесиметрична форма (кругла або гексагональна)
- Видовжена форма (найчастіше прямокутна)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

24

Осесиметрична форма добра тим, що в ній відсутня конструктивна орієнтація напрямку. Тобто у робота такого типу корпус не ділиться на передню, задню, ліву та праву частини. Симетричне розміщення кінцівок по обидвох осях дозволяє роботу здійснювати переміщення однаково для будь-якого із всіх 6 напрямків, без потреби у визначенні передньої, задньої, лівої та правої сторін робота. Але в той же час, через розміщення ніг по колу і обмеження кута повороту, може виникнути необхідність в додатковій степені свободи кінцівки для здійснення переміщення по прямій.

Видовжена форма має визначений напрямок. Роботи з таким типом конструкції корпусу більш придатні до переміщення в напрямку довшої осі симетрії. Відмінність від гексагональної осесиметричної форми корпусу – це інші обмеження кутів повороту передніх і задніх ніг. Це дозволяє реалізувати прямолінійний рух за рахунок тільки двох степенів свободи. Саме тому був вибраний тип конструкції корпусу даного робота – видовжений гексагональний. Корпус даного робота ділиться на 4 основні деталі: нижня задня кришка, нижня передня кришка, верхня задня кришка і верхня передня кришка. Спочатку нижня задня кришка (деталь 1) кріпиться до передньої нижньої кришки (деталь 2) за допомогою виступаючих платформ знизу, а по бокам кріпиться за допомогою ручок, після цього кріпиться нога. Як і в справжнього павука із живої природи у робота-павука нога кріпиться всередині корпусу, проходить через отвір знизу, після цього проходить знизу корпусу за межі, і потім згинається ввєрх. Всього нога робота-павука складається з 11 основних деталей. Перша із них це стегно частина 1 (деталь 5). Стегно частина 1 (деталь 5) розроблена так, щоб верхньою шапкою сідати на поверхню корпусу, а нижня частина деталі проходить через отвір, також на стегні частині 1 зроблений проріз для втулки з внутрішньою зубчастою передачею (деталь 9). Втулка з передачею сідає нижньою поверхнею на проріз на стегні частини 1, а верхньою поверхнею через внутрішню зубчасту передачу вступає в зачеплення із шестернею сервопривода із зовнішньою зубчастою передачею. А сервопривід, в свою чергу, кріпиться всередині

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

корпусу. До стегна частини 1 (деталь 5) кріпиться плита (деталь 8) для того, щоб здійснити перехід від круглої деталі до прямокутної. Можна, звичайно ж, було б зробити плиту (деталь 8) і стегно частину 1 (деталь 5) суцільною деталлю, але тоді така деталь не змогла би пройти через отвір корпусу. Можна було б зробити більший радіус отвору в корпусі так, щоб прямокутна деталь могла легко прокручуватись в отворі. Але розмір корпусу вийшов достатньо великим, а після збільшення отворів для ніг у корпусі, всередині корпусу буде недостатньо місця для керуючої електроніки, через що прийдеться збільшувати корпус ще більше. Тому було прийнято рішення зробити стегно частину 1 деталлю з малим діаметром, а прямокутну деталь з великими розмірами - стегно частину 2 (деталь 6) з'єднати зі стегном частиною 1 через плиту. До стегна частини 2 кріпиться ручка тип 2 (деталь 10). До ручки тип 2 кріпиться стегно частина 3 (деталь 7), спеціально для того, щоб стегно частина 3 залишалась нерухомою відносно ручки тип 2, на ручці тип 2 була розроблена нижня платформа, на яку стегно частина 3 сідає нижньою поверхнею, а по бокам були зроблені отвори для кріплення за допомогою болтів. До стегна частини 3 кріпиться зверху кріпильна чашечка (деталь 11). Кріпильна чашечка спеціально розроблена так, щоб гомілка (деталь 12) кріпилася з правого боку, за допомогою втулки (деталь 13), за допомогою болтів, яка передаватиме крутний момент від сервопривода, а з лівого боку щоб кріпилася за допомогою болтів через підшипник і шайбу. Таким чином гомілка зможе легко прокручуватись відносно кріпильної чашечки, отримуючи крутний момент від сервопривода за допомогою втулки. До гомілки знизу кріпиться стопа (деталь 14).

Стопа розроблена спеціально таким чином, щоб за допомогою прямокутного вирізу сідати на гомілку, по боках кріпитися за допомогою болта і залишатися нерухомою відносно гомілки. На стопу знизу приклеюється за допомогою клейкої рідини резинова підошва (деталь 15), яка розроблена для того, щоб збільшити тертя для більш стійкого положення ноги на поверхні. Таким чином отримується спрощена версія ноги людини тільки з меншою кількістю ступеней вільності.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Після цього верхня задня кришка кріпиться до верхньої передньої кришки за допомогою виступаючих платформ, за допомогою болтів, і після цього верхня кришка кріпиться до нижньої кришки за допомогою 12 болтів.

1.4 Конструкція робота-павука

Як вже було вище сказано, всього робот-павук складається з 15 основних деталей. Корпус, нижня задня кришка, нижня передня кришка, верхня задня кришка, верхня передня кришка, стегно частина 1, стегно частина 2, стегно частина 3, плита, втулка з внутрішньою передачею, ручка тип 2, кріпильна чашечка, гомілка, стопа, підошва і втулка.

Корпус, нижня задня кришка кріпиться до нижньої передньої кришки на 4 болти М4 х 25 в основі і на 2 болти М4 х 16 по бокам. До нижньої кришки корпусу у глухі отвори 25 мм вставляються шість деталей стегно частина 1. Стегно частина 1 кріпиться на 4 болти М2 х 12 до плити, а плита кріпиться на 4 болти М4 х 25 до стегна частини 2. До стегна частини 2 кріпиться на 2 болти М4 х 25 ручка тип 2, а до ручки тип 2 кріпиться стегно частина 3 за допомогою болтів М6 х 50. До стегна частини 3 кріпиться кріпильна чашечка на 2 болти М4 х 25. До кріпильної чашечки кріпиться гомілка. З однієї сторони гомілка кріпиться до кріпильної чашечки за допомогою втулки на 2 болти М2 х 4 та М2 х 8, а з другої сторони в гомілку запресовується гайка. В кріпильну чашечку запресовується підшипник і поверх нього шайби і кріпильна чашечка закріплюється зверху до гомілки за допомогою болта М3 х 10. До гомілки кріпиться стопа за допомогою болта М6 х 50, а до стопи кріпиться на клейку рідину резинова підошва. Після цього верхня задня кришка кріпиться до передньої верхньої кришки за допомогою 4 болтів М4 х 16, а наостанок верхня кришка кріпиться до нижньої кришки за допомогою 12 болтів М4 х 40.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

1.5 Принцип роботи робота-павука

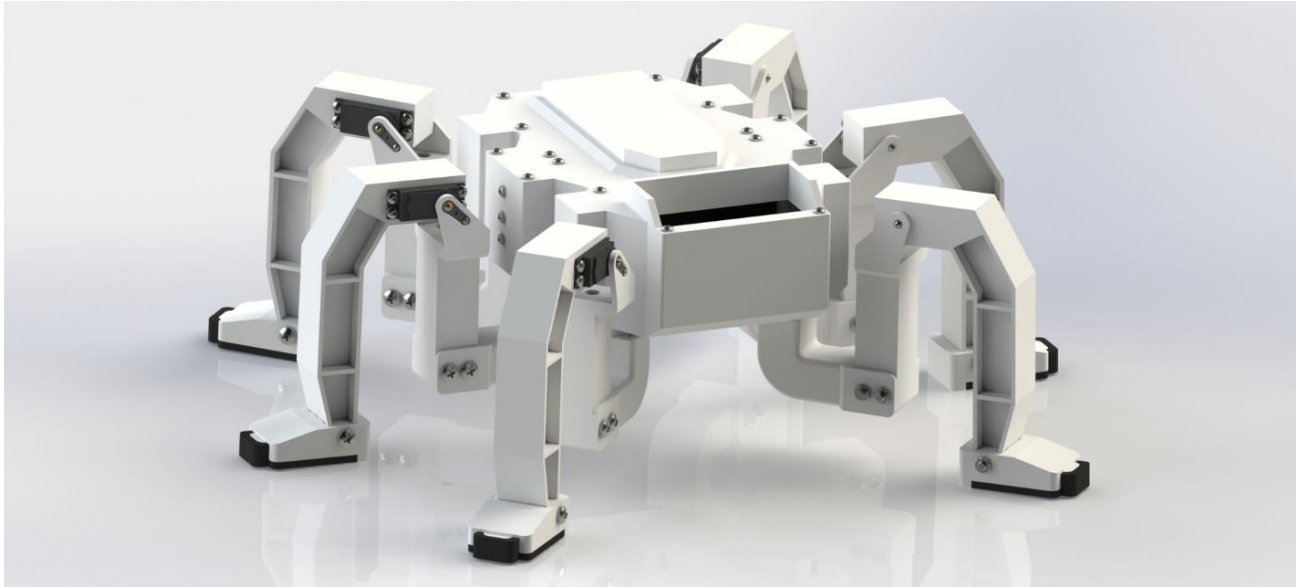


Рис. 1.17 – Робот-павук гексапод.

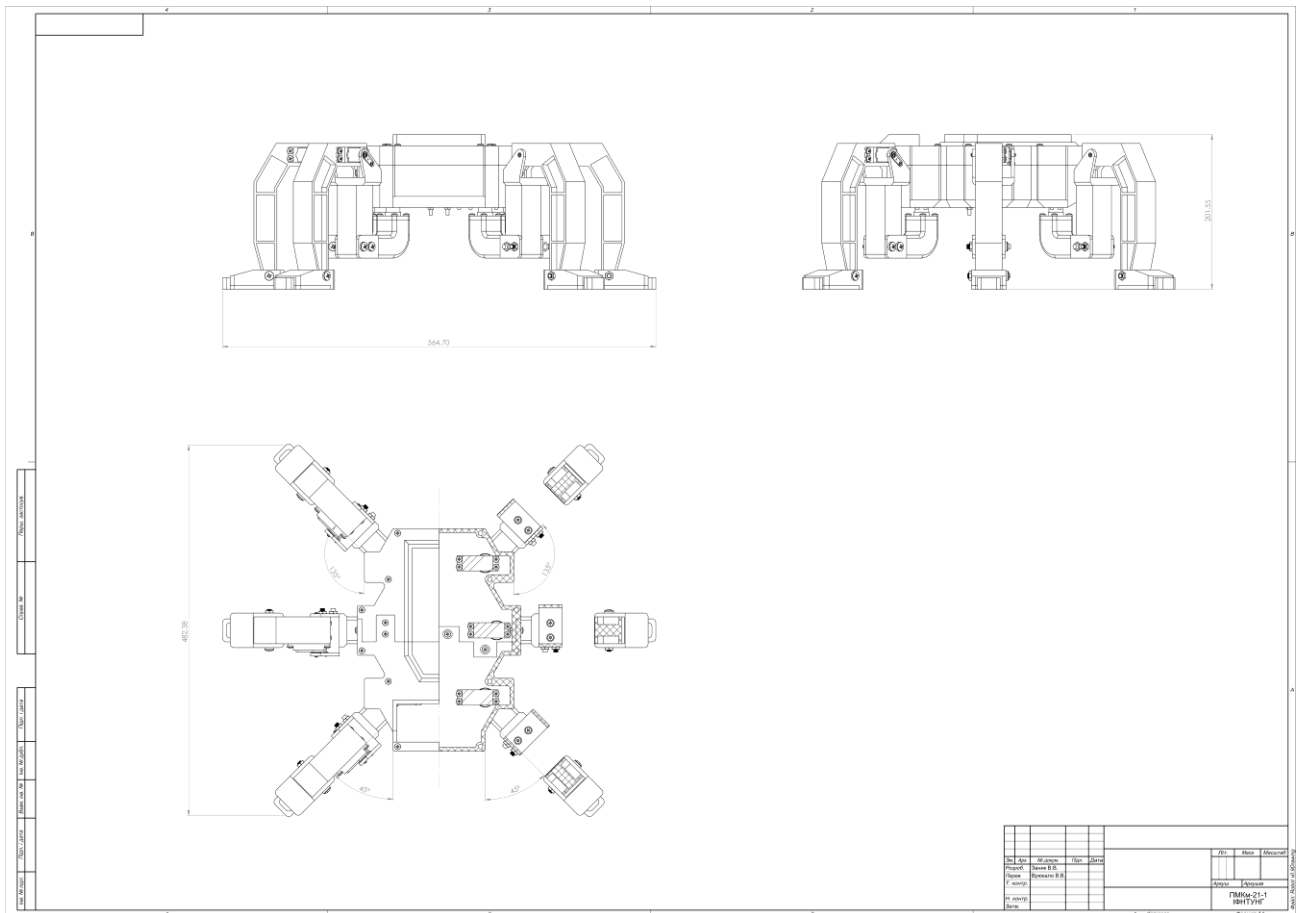


Рис. 1.18 – Робот-павук гексапод креслення.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

28

Існують два основні види наземного переміщення:

- переміщення коченням, за допомогою коліс
- переміщення кроками, за допомогою ніг.

Даний робот (рис. 1.17, 1.18) відноситься до другого виду об'єктів – до крокуючих.

Робот-павук переміщується за допомогою 6 ніг, на кожній з яких є по 2 сервоприводи (рис. 1.19).

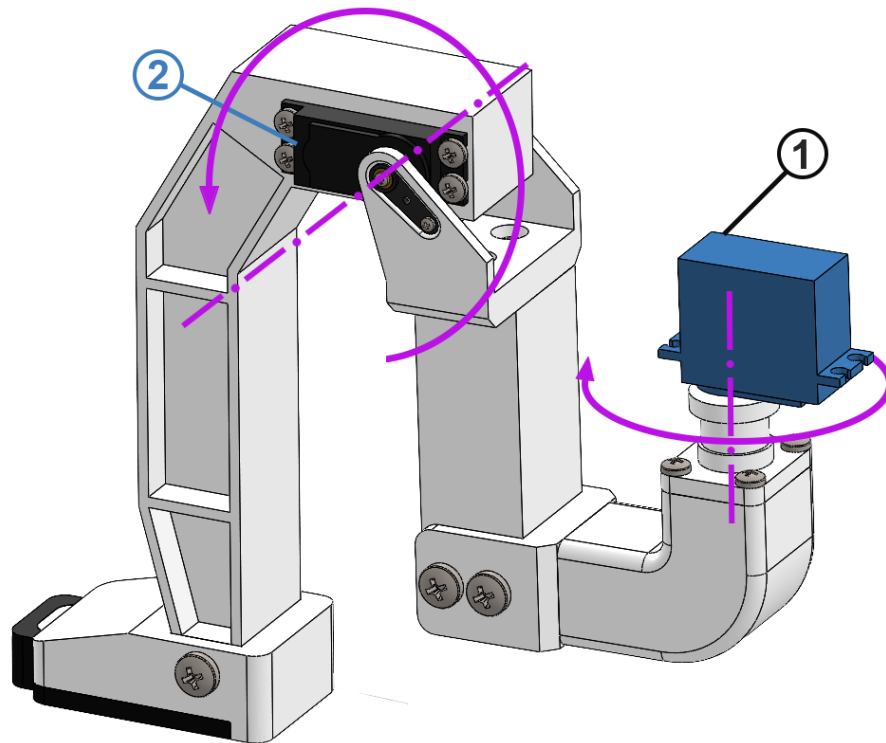


Рис. 1.19 – Розміщення сервомоторів та їх осі обертання

1 – сервомотор №1, 2 – сервомотор №2.

1. Перший сервопривід закріплений всередині корпусу та відповідає за поворот ноги в горизонтальній площині.

2. Другий сервопривід закріплений в носі, в частині гомілки, та відповідає за поворот ноги у профільній площині.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Траєкторія руху ноги.

Комбінуючи два крутні моменти обидвох площин(профільної та горизонтальної), можна зімітувати рух подібний до кроку ноги. Для налаштування правильної траєкторії руху ноги потрібно встановити для кожного сервоприводу свою величину кута повороту на крок, при комбінації яких нога здійснювала б рух подібний до кроку ноги.

В результаті, після налаштування кутів повороту, ми отримуємо приблизно таку траєкторію руху ноги, яка показана на рисунку 1.20 і по якій будуть переміщуватись всі шість ніг.

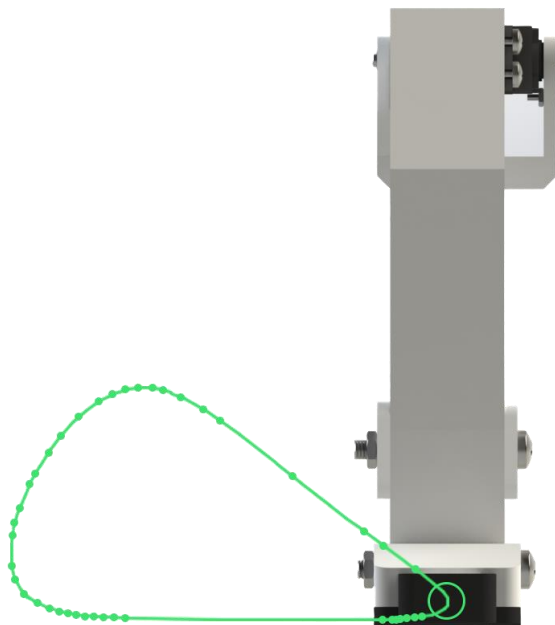


Рис. 1.20 – Траєкторія руху ноги.

Режими руху робота.

Досить легко уявити об'єкт, який здійснює рух за допомогою 2 ніг, подібно як людина. Спочатку одна нога виступає вперед, а потім за нею виступає друга. Але зі 6-ма ногами все трохи інакше. Для переміщення багатоногому об'єкту необхідно комбінувати деякі ноги разом при здійсненні кроку та змінювати комбінацію ніг на кожний наступний крок.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Існує багато видів комбінацій ніг, якими багатоногий об'єкт може здійснювати переміщення.

Робот-павук, як шестиногий об'єкт, має 4 види комбінацій ніг (або 4 режими ходьби), якими він може здійснювати переміщення (рис.1.6-1.9):

- Tripod - триногий
- Wave - хвиля
- Tetrapod - чотириногий
- Ripple – пульсація

Розглянемо детальніше кожен із чотирьох режимів ходьби.

1) Tripod – триногий

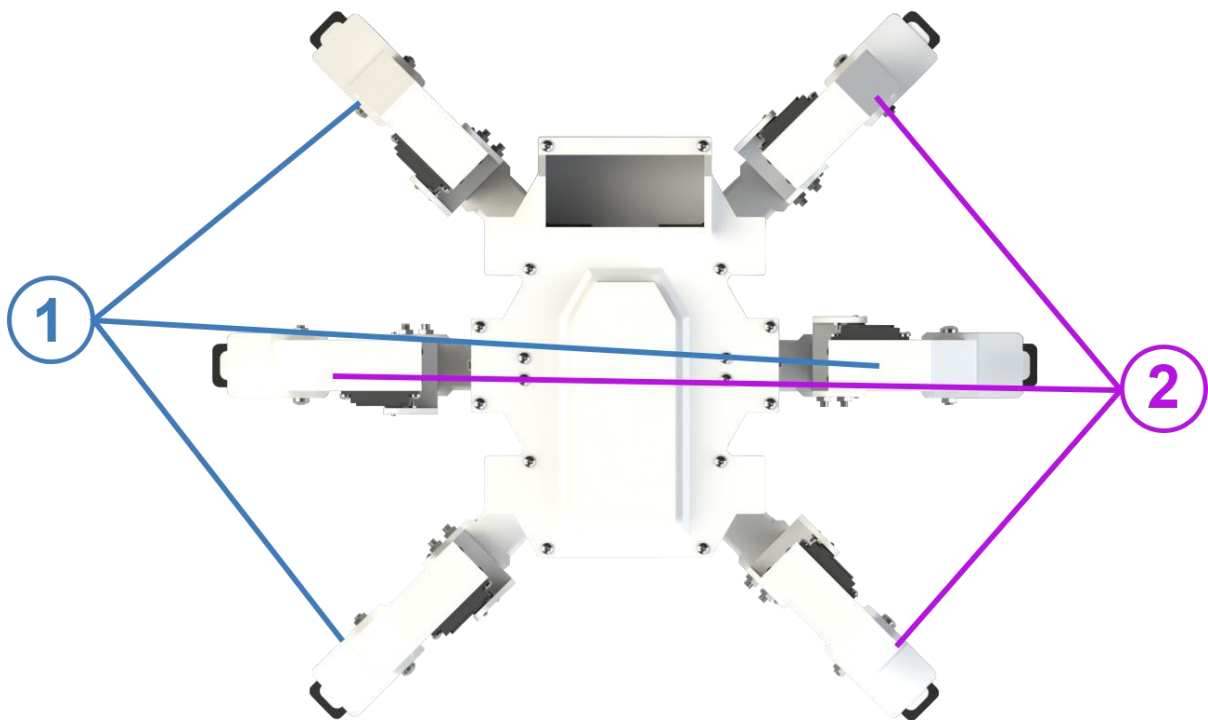


Рис. 1.21 – Режими ходьби Tripod.

В цьому режимі, для переміщення, робот-павук переставляє по 3 ноги за один крок.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2) Wave – хвиля

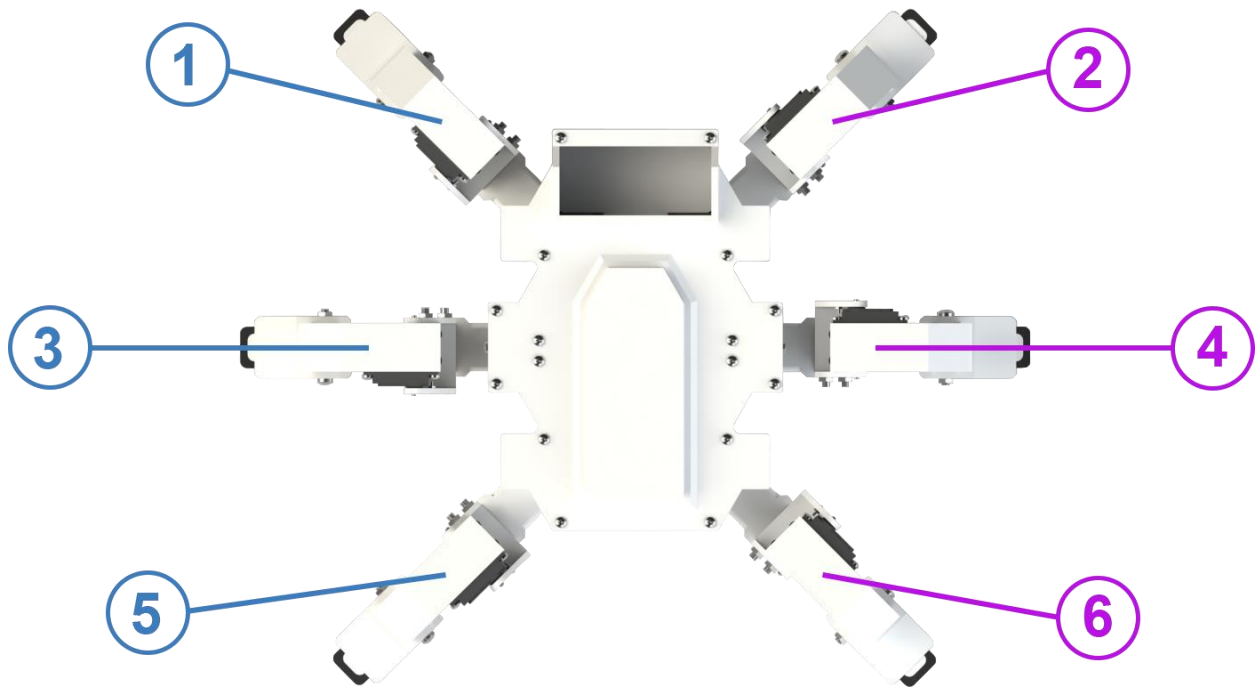


Рис. 1.22 – Режим хотьби Wave – хвиля.

В цьому режимі, для переміщення, робот-павук переставляє по 1 нозі за один крок, по черзі.

3) Tetrapod - чотириногий

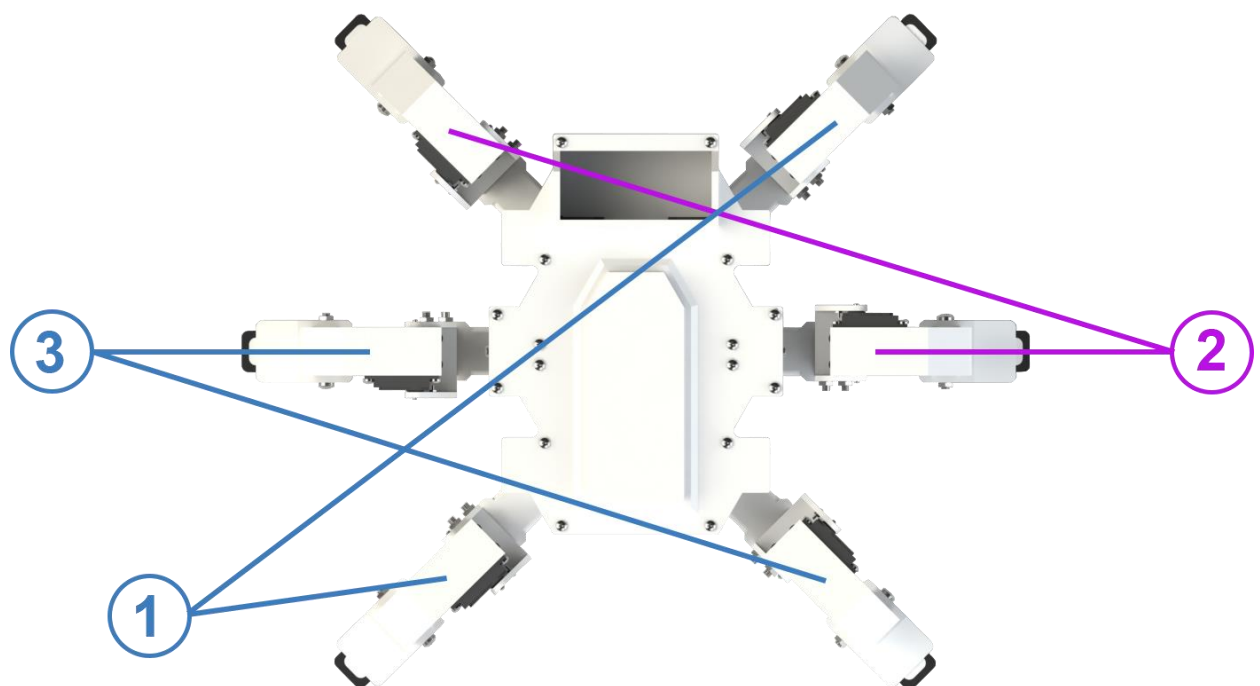


Рис. 1.23 – Режим хотьби Tetrapod – чотириногий.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Хоч tetrapod і перекладається з іншої мови як чотириногий, але для переміщення в цьому режимі, робот-павук переставляє по 2 ноги за один крок.

4) Ripple – пульсація

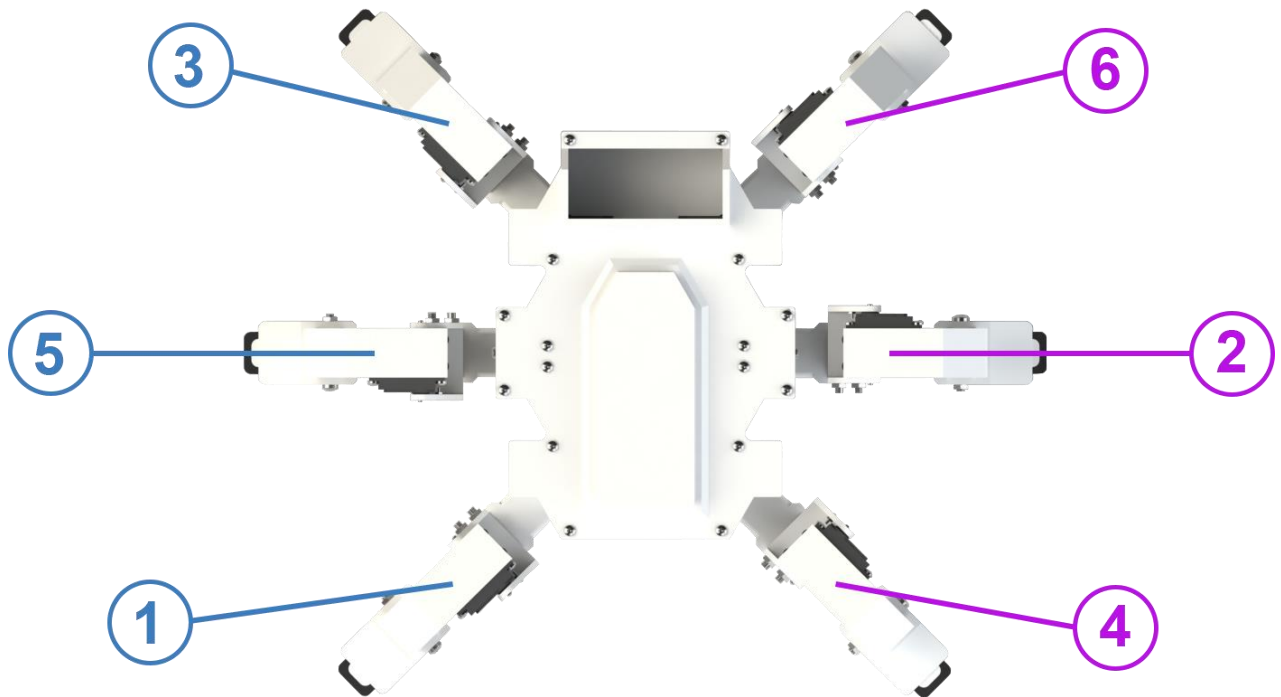


Рис. 1.24 – Режим ховтби Ripple – пульсація.

В цьому режимі, для переміщення робот-павук переставляє по 1 нозі за один крок, Але не по черзі, як в режимі Wave, а навхрест.

1.6 Розрахунки

1.6.1 Статика

Як відомо, у робота-павука є 4 режими ходьби.

Перший режим Tripod – триногий. В цьому режимі, для переміщення, робот-павук переставляє по 3 ноги за один крок. При цьому на кожному кроці 3 ноги знаходяться у відриві від землі, а інші 3 залишаються на землі і служать опорою.

Другий режим Wave – хвиля. В цьому режимі для переміщення робот-павук переставляє по 1 нозі за один крок, по черзі. При цьому на кожному кроці 1 нога знаходиться у відриві від землі, а інші 5 залишаються на землі і служать в якості опори.

Третій режим Tetrapod – чотириногий. Хоч tetrapod і перекладається з іншої мови як чотириногий, для переміщення в цьому режимі робот-павук переставляє по 2 ноги за один крок. При цьому на кожному кроці 2 ноги знаходяться у відриві від землі, а інші 4 залишаються на землі і служать опорою.

І четвертий режим Ripple – пульсація. В цьому режимі, як і в режимі Wave, на кожному кроці 1 нога знаходиться у відриві від землі, а інші 5 залишаються на землі і служать опорою.

Розглянемо випадок з найекстремальнішими умовами, коли 3 ноги знаходяться у відриві від землі, а решта 3 залишаються на землі і служать опорою.

Відстань від осі обертання сервопривода, який кріпиться в нозі, в частині гомілки, до центральної осі робота для передньої та задньої пари ніг дорівнює 160 мм, а для середньої пари ніг - 175 мм.

Розглянемо варіант з найбільшою відстанню для всіх трьох ніг. Кінематина схема робота-павука показана на рис. 1.10. Там також позначені необхідні для розрахунків відстані між елементами.

Для розв'язку запишемо рівняння рівноваги сил та моментів.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

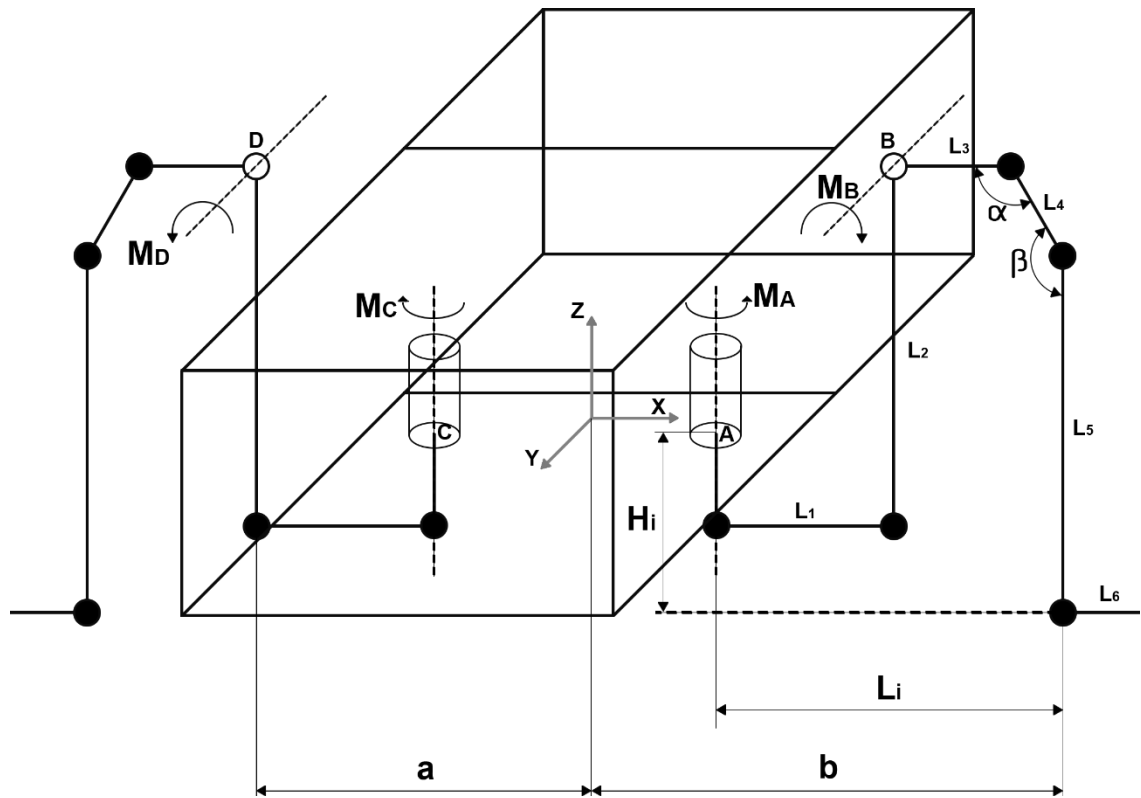


Рис. 1.25 – Кінематична схема робота-павука гексапода

G – маса робота, $G = 8$ кг

$L_i = 146,35$ мм

$H_i = 117$ мм

$L_1 = 100$ мм

$L_2 = 149,5$ мм

$L_3 = 71,14$ мм

$L_4 = 57,75$ мм

$L_5 = 140$ мм

$L_6 = 80$ мм

$\alpha = 120^\circ$

$\beta = 150^\circ$

$M_A = M_B = M_C = M_D = 9$ кг/см (при 4.8V) або 11 кг/см (при 6V)

$a = 175$

$b = 221,5$

$R_1 = R_2 = R_3 = R$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

35

$$\sum X_i = 0;$$

$$\sum Z_i = 0; \quad R_1 + R_2 + R_3 - G = 0;$$

$$3R - G = 0;$$

$$3R = G; \quad R = G/3 = 8/3 = 26,7 \text{ кН.}$$

Для проведення обчислення переведемо все в систему Сі.

Визначимо мінімальний крутний момент, який необхідний роботу-павуку для збереження стійкого статичного положення на поверхні в стані спокою.

$$\sum M_{iB} = 0; \quad 3R (b-a) + G \cdot a/3 - 3 \cdot M_B = 0;$$

$$3 \cdot 2,67(0,2215 - 0,175) + 8 \cdot 0,175/3 - 3M_B =$$

$$0,372465 + 8 \cdot 0,175/3 - 3M_B; \quad 0,372465 + 0,47 - 3M_B; \quad 0,842465 - 3M_B;$$

$$M_{Bmin} = 0,842465/3 = 0,281 \text{ кг} = 2,81 \text{ Н.}$$

Згідно з розрахунками, мінімальний крутний момент, який необхідний для збереження стійкого положення на поверхні в стані спокою дорівнює 2,81 Н.

Згідно з вихідними даними крутний момент у сервопривода MG996R дорівнює 9 кг*см. Визначимо крутний момент на відстань 100 мм:

$$M_B = 9 \text{ кг*см} \quad \text{і} \quad M_B = 0,9 \text{ кг*10см} = 9 \text{ Н.}$$

Крутний момент сервопривода MG996R дорівнює 9 Н, що задовільняє умові $M_B \geq 2,81 \text{ Н}$.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір матеріалу для деталей

Як вказувалося раніше, робот-павук складається з 15 основних деталей, 4 з яких це корпусні, а 11 інших це деталі ноги. Всі ці деталі будуть виготовлятися з пластику, марки PLA на 3D-принтері.

Про матеріал

Полімолочна кислота або полілактид (PLA) - це біологічний біосумісний термопластичний аліфатичний полімер, який виробляється з відновлюваних ресурсів шляхом ферментації, завдяки чому є хорошою альтернативою традиційним пластмасам з хімікатів нафти, таких як поліетилен, поліпропілен і полістирол. Полі(молочна кислота) або полілактид (PLA) є найбільш поширеним використовуваним для дослідів та біологічно переробним і відновлювальним. PLA має доведений потенціал для заміни звичайних полімерів на полімери на нафтохімічній основі для промислового застосування або як провідний біоматеріал для численних варіантів застосування у медицині. Екологічні, економічні проблеми та виклики безпеки спонукали вчених і виробників упаковок до часткової заміни нафтохімічних полімерів на біорозкладні полімери, які б легко піддавались переробці. PLA, як провідний кандидат, є термопластичним, високоміцним, високомодульним полімером, який може бути виготовлений з щорічно поновлюваних ресурсів для отримання різних компонентів для використання в галузі промислового пакування або на ринку біосумісних/біорозсмоктуваних медичних виробів. Він легко піддається обробці на стандартному пластиковому обладнанні для отримання формованих деталей, плівок або волокон.

Як біоабсорбуючий полімер, PLA є одним із найперспективніших біополімерів завдяки тому, що мономері можуть бути виготовлені з нетоксичної відновлюваної сировини і також завдяки тому, що він є природною органічною кислотою. Молочна кислота (2-гідроксипропіонова кислота, LA), PLA складова

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

одиниця, як хіральна молекула, існує у вигляді двох енантіомерів, L- і D-молочної кислоти (рис. 2.1). PLA має стереоізомери, такі як полі(L-лактид) (PLLA), полі(D-лактид) (PDLA) і полі(DL-лактид) (PDLLA). Молочна кислота може бути отримана шляхом бродіння цукру, отриманого з відновлюваних ресурсів, таких як цукрова тростина або кукурудзяна крохмаль. У США і Канаді в якості вихідної сировини використовують кукурудзяний крохмаль, коріння тапіока і використовують головним чином в Азії, в інших країнах світу застосовують цукровий очерет. Таким чином, PLA є екологічно чистим продуктом з одними з найкращих властивостями для використання в організмі людини (нетоксичність).

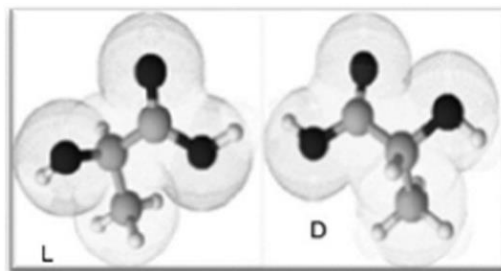


Рис. 2.1 – Атомна хімічна будова L – та D – полімолочної кислоти.

PLA є першим товарним полімером, виробленим із щорічно поновлюваних ресурсів. Його класифікують як загально визнаний безпечний (GRAS) Управлінням США з контролю за продуктами й ліками (FDA) і безпечним для будь-якої упаковки харчових продуктів. Дослідження полімерів на основі молочної кислоти, призначених для медичного застосування, прискорилося з моменту схвалення FDA, а протягом останніх двох десятиліть збільшилася великомасштабна промислова утилізація полімерів на основі молочної кислоти для використання для інших цілей. У 2012 році PLA пластик зайняв друге місце за обсягами споживання у всьому світі.

Полілактид в 1845 році вперше описав французький фізик Теофіль-Жюль Пелуз (Théophile-Jules Pelouze), учень Гей-Люссака. При нагріванні молочної кислоти він спостерігав її конденсацію і утворення олігомерів і полімерів. У 1932 році американський хімік Уоллес Карозерс винайшов спосіб виробництва полілактидів з лактидів, який був запатентований в 1954 році найбільшою

американською хімічною компанією Дюпон (DuPont), де Уоллес Карозерс обіймав посаду провідного хіміка-органіка.

На той час це була єдина компанія, здатна виробляти PLA з низькою молекулярною масою (M_w) шляхом нагрівання молочної кислоти під вакуумом, видаляючи конденсат. Проблема на той час була в збільшенні M_w продуктів; но, нарешті, у 1932 році, методом полімеризації з розкриттям кільця лактиду, PLA з високою M_w був синтезований.



Рис. 2.2 – Метод синтезу полімолочної кислоти.

Хоча сьогодні існує багато способів виготовлення PLA, жоден із них не є простим або легким для виконання. Для синтезу PLA необхідне дотримання строгого контролю умов (температура, тиск і рН), застосування каталізаторів і тривалий час полімеризації. PLA можна приготувати різними процесами полімеризації з молочної кислоти, включаючи: поліконденсацію, полімеризацію з розкриттям кільця та прямими методами, такими як азеотопна дегідратації та ферментативна полімеризація.

Фізичні властивості матеріалу

PLA розчиняється в розчинниках, включаючи діоксан, гарячий бензол і тетрагідрофуран. Фізичні та механічні властивості відрізняються залежно від точного типу полімеру, варіюючи від аморфного склоподібного полімеру до напів- або висококристалічного полімеру з температурою склування $60\text{--}65\text{ }^\circ\text{C}$, температурою плавлення $130\text{--}180\text{ }^\circ\text{C}$ і міцністю на розтяг. Модуль $2,7\text{--}16\text{ ГПа}$.

Термостійкий PLA може витримувати температуру $110\text{ }^\circ\text{C}$, а температуру плавлення можна підвищити на $40\text{--}50\text{ }^\circ\text{C}$, а температуру теплового відхилення

можна підвищити приблизно з 60 °C до 190 °C шляхом фізичного змішування полімеру з PDLA (полі-D-лактид).

Відпал, додавання зародків-утворювачів або формування композитів з іншими матеріалами можуть змінити механічні властивості PLA. Однак основні механічні властивості PLA коливаються між властивостями полістиролу та ПЕТ, з властивостями, подібними до ПЕТ, але нижчою максимальною температурою тривалого використання.

Висока поверхнева енергія PLA робить його ідеальним для 3D-друку. PLA також можна зварювати розчинником за допомогою дихлорметану, тоді як ацетон пом'якшує поверхню матеріалу, роблячи його липким, не розчиняючи його, тому його можна зварювати до іншої поверхні PLA. Етилацетат можна використовувати як органічний розчинник, який розчиняє PLA, що робить його хорошим рішенням для видалення опор для друку PLA або очищення головок екструдера для 3D-друку. Пропіленкарбонат і піридин також можна використовувати як розчинник, але вони менш сприятливі, ніж етилацетат і пропіленкарбонат, оскільки в першому випадку менш безпечні, а в другому виділяють різкий неприємний запах риби.

Фізичні властивості пластику PLA представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Фізичні властивості пластику PLA

Властивість	Значення
Температура теплового відхилення (HDT)	126 °F (52 °C)
Щільність	1,24 г/см ³
Міцність на розрив	50 МПа
Сила гнучкості	80 МПа
Ударна міцність (без надрізу) IZOD (Дж/м)	96.1
Швидкість скорочення	0,37-0,41% (0,0037-0,0041 дюйм/дюйм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

40

Переваги

PLA має декілька переваг перед іншими матеріалами, зокрема:

- Екологічно чистий (при правильній утилізації)
- Легкий 3D-друк
- Безпечний для використання в таких додатках, як харчові контейнери та медичні пристрої
- Поставляється з широким діапазоном варіантів композитів і кольорів для забезпечення різних властивостей і зовнішнього вигляду
- Можна зварювати розчинником (наприклад, дихлорметаном)

Недоліки

Однак використання PLA має деякі недоліки, зокрема:

- Низька термостійкість
- Порівняно невисока міцність
- Машинна обробка може бути складною

Методи виробництва

Існує кілька промислових способів виробництва придатного для використання PLA з високою молекулярною швидкістю. Молочна кислота та циклічний дієфір, лактид, є двома основними мономерами, які використовуються для цього.

Найпоширенішим методом створення PLA є полімеризація лактиду з розкриттям кільця з різними металевими каталізаторами (як правило, октоатом олова) у розчині або у вигляді суспензії. Реакція, каталізована металом, має тенденцію призводити до рецемізації PLA, що зменшує стереорегулярність порівняно з вихідним матеріалом біомаси.

					MP.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Також можна виробляти PLA шляхом прямої конденсації мономерів молочної кислоти. Цей процес здійснюється при температурах нижче 200 °С, у цей момент утворюється ентропічно сприятливий лактидний мономер. Цей процес генерує воду, еквівалентну кожному етапу етерифікації. Воду потрібно видалити або за допомогою вакууму, або за допомогою азеотропної дистиляції, щоб сприяти поліконденсації та досягти високої молекулярної швидкості. Ще вищих молекулярних показників можна досягти шляхом кристалізації сирого полімеру з розплаву. Це концентрує кінцеві групи карболової кислоти та спирту в аморфній області твердого полімеру, реагуючи з досягненням молекулярної маси 128–152 кДа.

Шляхом полімеризації рацемічної суміші L- і D-лактидів можна синтезувати аморфний полі-DL-лактид (PDLLA). Стереоспецифічні каталізатори можуть призвести до гетеротактичної PLA, яка, як відомо, демонструє кристалічність. Ступінь цієї кристалічності контролюється співвідношенням енантіомерів D до L, які використовуються, а також типом каталізатора, який використовується. П'ятичленна циклічна сполука O-карбоксіангідрид молочної кислоти (lac-OCA) також використовується в академічному середовищі замість молочної кислоти та лактиду. Ця сполука не виробляє воду як побічний продукт і є більш реакційноздатною, ніж лактид. PLA також був безпосередньо біосинтезований, тоді як молочна кислота також контактувала з цеолітом, створюючи одноетапний процес, який відбувається при температурі приблизно на 100 °С нижчій.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.2 Вибір обладнання для виготовлення деталей

Для виготовлення основних 15 деталей, з яких складається робот-павук виберемо 3D принтер моделі da Vinci 1.0 Pro, який виготовляє деталі методом FDM 3D друку. FDM – це аббревіатура на англійській мові “Fused Deposition Modeling”, що перекладається як “Моделювання методом наплавлення”. Як і будь-яким іншим методом адитивного виробництва, суть FDM 3D друку полягає в пошаровому відтворенні об’ємних виробів на основі цифрових даних (3D моделей). В якості матеріалу в FDM 3D принтерах для цієї цілі використовуються спеціальні нитки пластику. Такі нитки можуть бути діаметром 1,75 мм або 2,85 мм. В методі FDM 3D друку відбувається безперервна подачка нитки матеріалу в екструдер (друкуючу головку), оснащений нагрівальним елементом. Нагрівальний елемент призначений для нагрівання сопла, яким подається матеріал. На цьому етапі відбувається плавлення пластику та екструзія (видавлювання) його на платформу 3D принтера. Кожен наступний шар видавлюється на попередній по заданій траєкторії, за рахунок чого відбувається побудова виробу. Для більш плавної подачі матеріалу, а також швидкого затвердіння шарів екструдери оснащуються зовнішніми вентиляторами, що створюють різкий перепад температур.

Загалом, систему екструзії та осадження можна розділити на дві основні групи: «холодний кінець» і «гарячий кінець». Термопласти, які використовуються в принтері FDM 3D друку, часто поставляються в котушках з ниткою, і холодний кінець відповідає за подачу цього матеріалу з котушки в 3D-принтер. Таким чином, холодний кінець також контролює швидкість, з якою матеріал осідає на іншому кінці, що часто називають «потокком».

Гарячий кінець, з іншого боку, відповідає за нагрівання рухомого пластикового матеріалу до такого рівня, при якому його можна «продувати» через сопло, звідси і його назва. Цей крок містить в собі різні компоненти, включаючи нагрівальні картриджі, радіатори та, звичайно, сопла.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Холодний і гарячий кінці повинні працювати синергетично, щоб екструдувати потрібну кількість матеріалу за необхідної температури та фізичного стану для правильного укладання шарів.

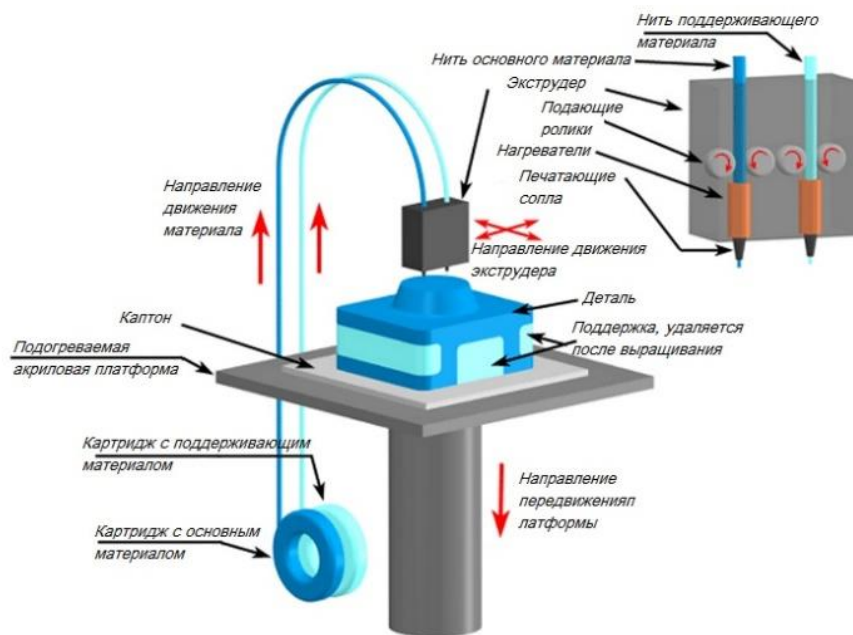


Рис. 2.3 – Схема будови 3Д принтерів з технологією FDM 3Д друку.

Da Vinci 1.0 Pro – це 3Д принтер та мобільна робоча станція, що підтримує керування G-кодами та друк нитками різних виробників. Завдяки встановленому 3Д – сканеру та наявності додаткового обладнання та спеціальної програми цей принтер цілком замінить цілу майстерню або невеликий офіс. Технічні характеристики 3Д принтера da Vinci 1.0 Pro представлені в таблиці 2.2.



Рис. 2.4 – 3Д принтер da Vinci 1.0 Pro

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики 3Д принтера da Vinci 1.0 Pro

Загальний	
Вхідна потужність змінного струму	Від 100 до 240 В змінного струму, 50/60 Гц
Робоча температура	Від 59 до 89°F / від 15 до 32°C
Робоча вологість	від 30 до 60%
Температура зберігання	Від 50 до 104°F / від 10 до 40°C
Розміри (Ш * В * Д)	18,4 x 20 x 22» / 46,74 x 50,8 x 55,88 см
Вага	50,7 фунтів / 23 кг
Принтер	
Технологія друку	Виготовлення плавленої нитки (FDM)
Нарощування обсягу	7,8 x 7,8 x 7,8» / 19,8 x 19,81 x 19,8 см (1 екструдер)
Кількість екструдерів	1
Роздільна здатність шару	Вісь XY: від 20 до 400 мікрметрів / від 0,02 до 0,4 мм (5 налаштувань)
Підтримуваний діаметр сопла еструдера	400 мікрметрів / 0,4 мм (в комплекті)
Температура сопла екструдера	Від 338 до 464°F / від 170 до 240°C
Точність позиціонування	Вісь XY: 12,5 мікрметрів / 0,0125 мм Вісь Z: 0,4 мікрметрів / 0,0004 мм
Швидкість друку	120 мм/с
Сумісність ниток	1,75 мм Діаметр: ABS, HIPS, PETG, PLA, Дерево
Площа забудови	
Тип площі забудови	Додається
Особливості збірної пластини	Автоматичне вирівнювання, підігрів
Температура пластини	від 105 до 194°F / від 40 до 90°C

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

46

Продовження таблиці 2.2

Побудова композиції плати	Алюміній
Зберігання котушки нитки	внутрішнє
Підключення	
Дротові підключення	1 x USB-B 2.0
Wi-Fi	Wi-Fi 4 (802.11n)
Слот для носія/карти пам'яті	Так
Програмне забезпечення	
Сумісність з ОС	Android; Linux; Windows 7 або пізнішої версії; macOS 10.1 або пізнішої версії;
Підтримувані типи файлів 3Д	.3w, .gcode, .obj, .stl

3 КЕРУЮЧА ЕЛЕКТРОНІКА

3.1 Вибір керуючої електроніки.

3.1.1 Arduino UNO.

Даний робот розроблений на основі контролера Arduino UNO 16 Channel та керується за допомогою джойстика від Play Station 2.

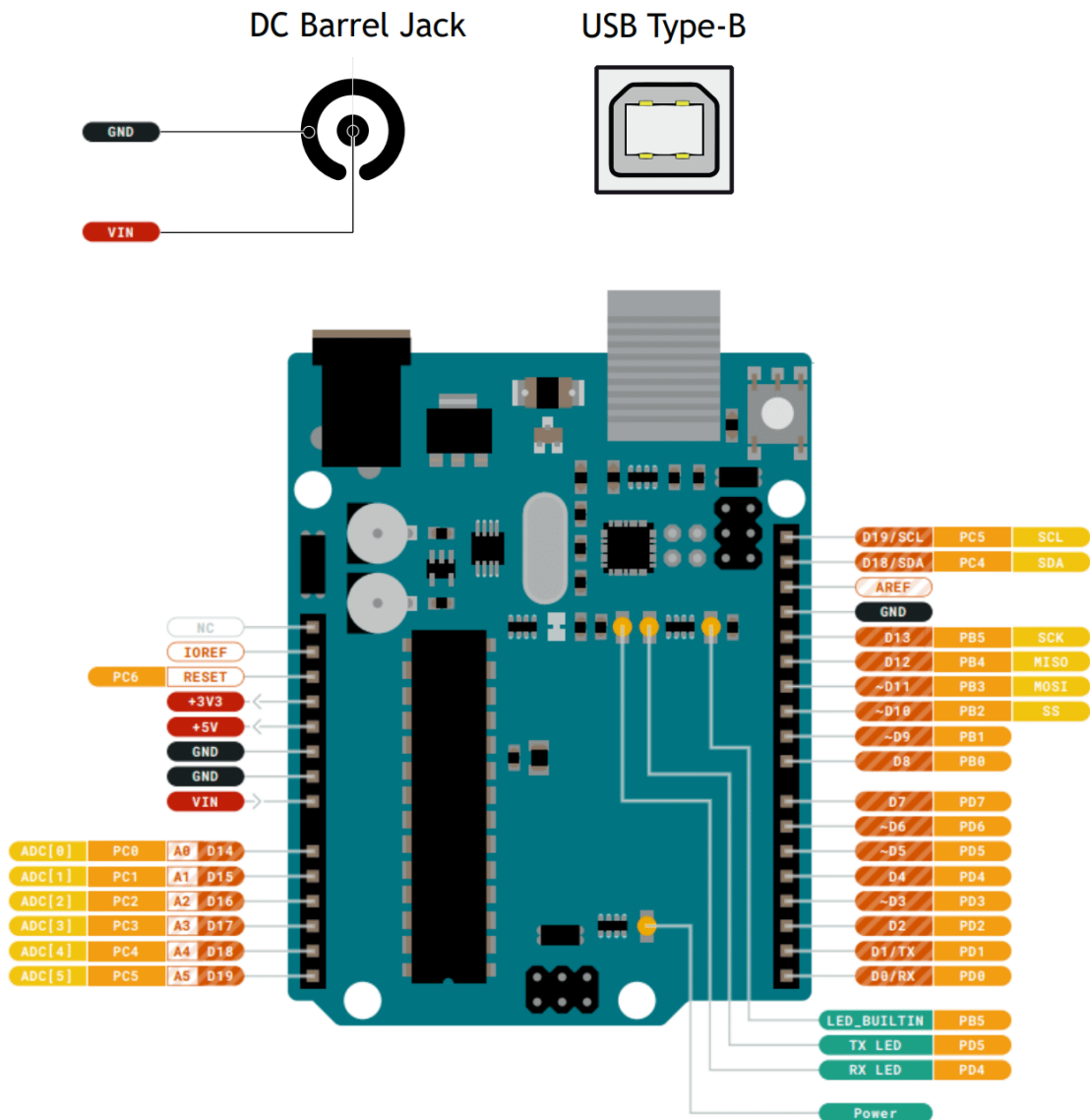


Рис. 3.1 – Контакті виходи контролера Arduino UNO

Arduino UNO оснащений відомим процесором ATmega328P, 20-ма пінами вхідних/вихідних контактів, з них 14 цифрових вхідних/вихідних контактів і 6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Піни з АЦП: 6
- Розрядність АЦП: 10 біт
- Піни з ШІМ: 6
- Розрядність ШІМ: 8 біт
- Апаратні інтерфейси: 1*UART, 1*I2C, 1*SPI
- Напруга логічних рівнів: 5 V
- Вхідна напруга живлення:
 - через USB: 5 V
 - через DC-роз'єм або пін Vin: 7,5-12 V
- Максимальний вихідний ток піна 3V3: 150 mA
- Максимальний вихідний ток піна 5V: 1 A
- Розміри: 69*53 мм

Піни живлення

- **Vin:** Вхідний пін для підключення зовнішнього джерела напруги в діапазоні від 7 до 12 вольт.
- **5V:** Вихідний пін від стабілізатора напруги з виходом 5 V і максимальним током 1 A.
Регулятор забезпечує живлення мікроконтролера та іншої обв'язки плати.
- **3V3:** Вихідний пін від стабілізатора напруги з виходом 3,3 V і максимальним током 150 mA
- **IOREF:** Вихід, який надсилає інформацію платам розширення про робочу напругу мікроконтролера.
- **AREF:** Пін для підключення зовнішньої опорної напруги АЦП, відносно якого відбуваються аналогові вимірювання при використанні функції `analogReference()` з параметром "EXTERNAL".
- **GND:** Виходи землі (заземлення)

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Порти введення/виведення

- **Піни загального призначення:** 20 пінів: 0 - 19
Логічний рівень одиниці - 5 V, нуля - 0 V. До контактів підключені підтягуючі резистори, які по замовчуванню вимкнені, но можуть бути включені програмно.
- **АЦП:** 6 пінів: 14 - 19/ A0 - A5
Дозволяють подати аналогову напругу в цифровому вигляді. Розрядність АЦП не змінюється і встановлена в 10 біт.
Діапазон вхідної напруги від 0 до 5 V, при подачі більшої напруги, мікроконтролер може вийти із ладу.
- **ШІМ:** 6 пінів: 3, 5, 6 і 9 - 11
Дозволяє виводити аналогову напругу в вигляді ШІМ-сигнала із цифрових значень. Розрядність ШІМ не міняється і встановлена в 8 біт.
- **I2C** Для загального контролера з платами розширення та сенсорами по інтерфейсу I2C.
 - I2C: піни SDA/18/A4 та SCL0/19/A5
- **SPI** Для взаємодії контролера з платами розширення і сенсорами по інтерфейсу SPI.
 - SPI: піни MOSI/11, MISO/12 та SCK/13
- **Serial/UART** Для взаємодії контролера з платами розширення і сенсорами по інтерфейсу UART.
 - Serial: піни TX1/1 та RX1/0. Контакти також з'єднані з існуючими виходами співпроцесора ATmega16U2 для взаємодії плати по USB. Під час прошивки і налагодження програми через ПК, не слід використовувати ці піни.

Таблиця 3.1. Рекомендовані умови експлуатації

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40°F)	85 °C (185°F)

Таблиця 3.2. Споживання енергії

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

Таблиця 3.3 Аналогові входи

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

Таблиця 3.4 Цифрові входи

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

52

- 6 контактів вибору адреси, їх можна об'єднати до 62 з них на одну шину і2с, загалом 992 виходи.
- Регульована частота ШІМ приблизно до 1,6 кГц
- 12-бітна роздільна здатність для кожного виходу - для сервоприводів це означає приблизно 4 мкс при частоті оновлення 60 Гц
- Вага: 68,04 грам

При керуванні великою кількістю сервоприводів одночасно, стрибки струму можуть досягати кількох ампер. Конденсатор вирівнює ці стрибки. Конденсатор знадобиться для того, щоб забезпечити стабільне живлення для всіх сервоприводів. Для цього найкраще підходять електролітичні конденсатори. Як правило, чим вища ємність, тим краще. Напруга конденсатора має бути трохи вищою, ніж у акумулятора, тому, якщо в нашому випадку, ми використовуємо акумулятор 7,4 В для живлення всіх сервоприводів, то конденсатор 10 В 6800 мкФ має бути ідеальним.



Рис. 3.4 – Електролітичний конденсатор (EXR682M10V-Hitano)
10V 6800uF 16x26mm.

Ємність: 6800 μ F, номін. напруга: 10 V, опис: низькоімпедансні,
темп. діап.: -40...+105°C, розміри: 16x26mm. Строк життя: 5000 годин

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3.1.3 Радіомодуль

Радіомодуль складається із радіоприймача та Bluetooth адаптера та керується за допомогою геймпада від Play Station 2.



Рис. 3.5 – Радіоприймач, Bluetooth адаптер та геймпад від Play Station 2.

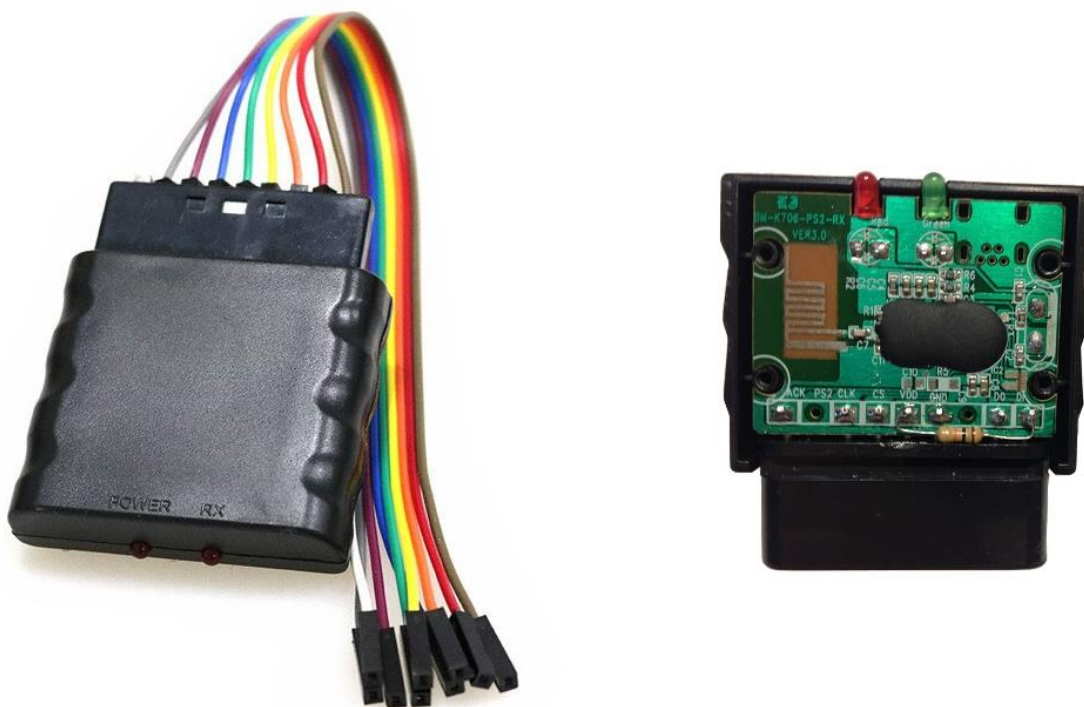


Рис. 3.6 – Радіоприймач

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Технічні характеристики

- Вага: 50 г
- Робоча частота: 2,4 ГГц
- Діапазон радіопередачі: 8 м
- Розміри з корпусом: 57*47*13,1
- VDD – живлення +3.3 VDC.
- GND – земля
- АСК – підтвердження. Сигнал підтвердження від контролера до PS2
- PS2 – NC. Не використовується
- CLK – зв'язок через ППІ (послідовний периферійний інтерфейс). SCK (Serial Clock) – тактові імпульси, які синхронізують передачу даних.
- CS – АТТ (Увага) – використовується для привернення уваги контролера. Цей ряд повинен понизитись перед надсиланням/отриманням кожної групи байтів, а потім знову збільшитись. Цей пін розглядається як рядок “Вибір мікросхеми” або “Вибір підлеглого”, який використовується для адресації різних контролерів на одній шині. Вхідний контакт вибору мікросхеми.
- NC – не використовується
- D0 – Командний. PS2 > контролер. Майстер в підлеглий вихід (MISO) – зв'язок через ППІ. Підлеглий ряд для надсилання даних до майстру.
- D1 – Дані. Контролер > PS2. Майстер вихід/підлеглий в (MOSI). Зв'язок через ППІ. Ряд майстра для надсилання даних до периферій.

					МР.ПМКм-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

3.1.4 Понижуючий перетворювач JW5068A (mini 560)

Для зменшення напруги від 7,4 V до 5 V на виході для підключення до Arduino використовується понижуючий перетворювач JW5068A (mini 560).

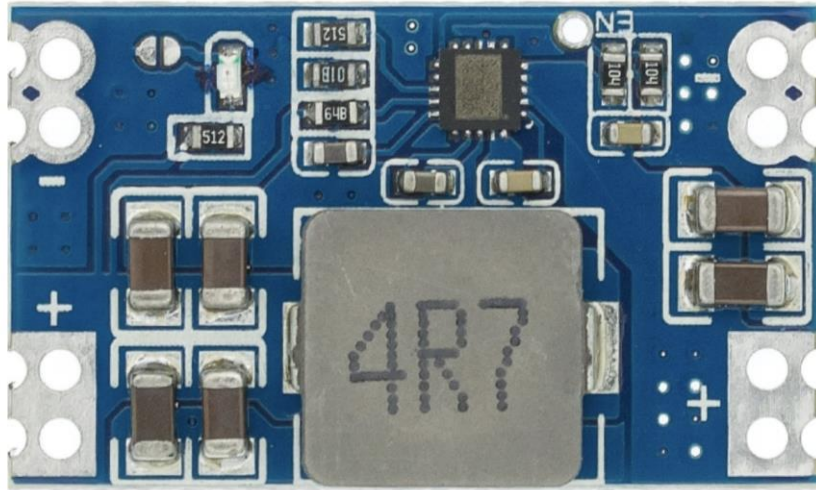


Рис. 3.5 – JW5068A (mini 560).

Технічні характеристики

- Модель: Mini 560 DC-DC Step-down
- Тип модуля: понижуючий DC-DC
- Діапазон вхідної напруги (DC): 7-20 V
- Діапазон вихідної напруги (DC): 5 V
- Номінальний вихідний струм: 4 A
- Максимальний вихідний струм: 5 A
- Коефіцієнт корисної дії < 99 %
- Робоча частота: 500 кГц
- Діапазон робочої температури: від -40...+85°C
- Розміри: 29*18*5,4 мм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.1.5 Сервомотор MG996R

Для здійснення руху ніг, був вибраний сервомотор MG996R



Рис. 3.6 – Сервомотор MG996R

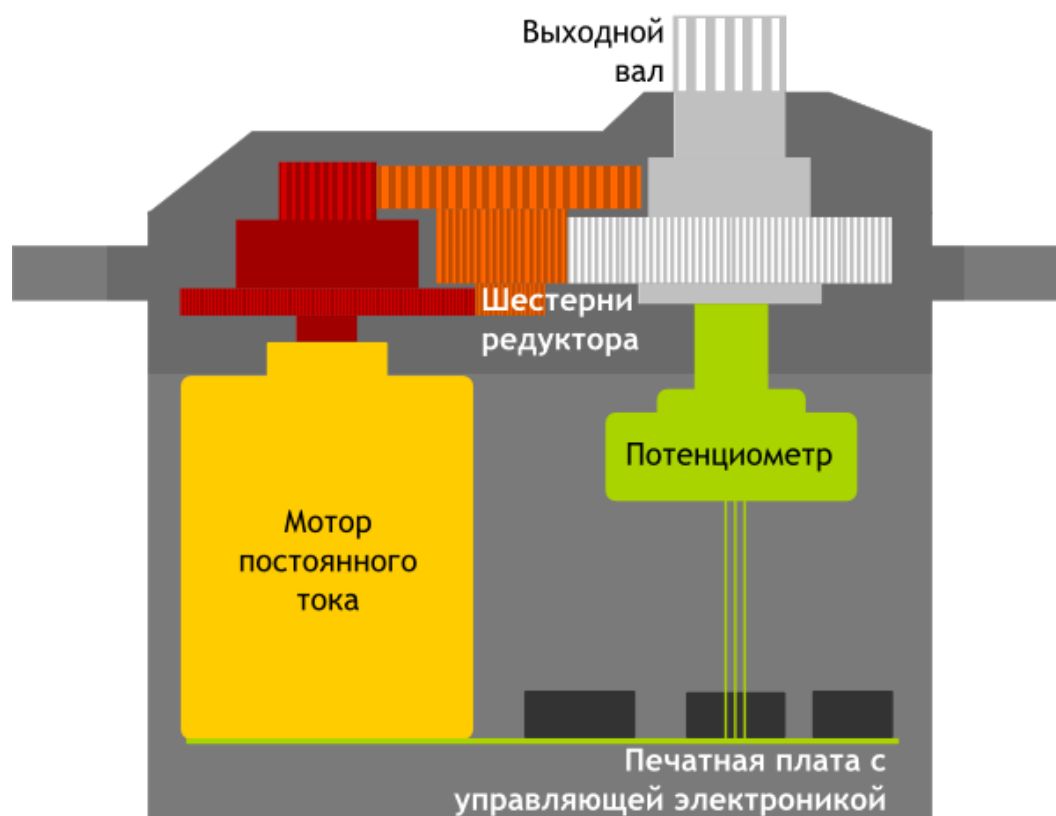


Рис 3.7 – Схема внутрішнього механізму сервомотора MG996R

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

58

Технічні характеристики

- Вага: 55 г.
- Розміри: 40.7 * 19.7 * 42.9 мм
- Пусковий момент: 9.4 кг*см (при напрузі 4.8V), 11 кг*см (при 6V).
- Робоча швидкість: 0.17 с/60° (при напрузі 4.8V), 0.14 с/60° (при 6V).
- Робоча напруга: 4.8 – 7.2 V
- Робоча сила струму: 500 – 900 мА (при напрузі 6 V).
- Струм зупинки: 2.5 А (при напрузі 6 V).
- Ширина мертвої зони: 5 μ s
- Стабільна та ударостійка конструкція подвійного шарикового підшипника
- Довжина проводу: 300 мм
- Температурний діапазон: 0...+55°C

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

3.1.6 Акумулятор GENS ACE 5A 7.4V RX/TX 2S1P

Для живлення контролера використовується акумулятор Gens Ace 7.4 V 5000 mAh RX/TX 2S1P .



Рис. 3.7 – Акумулятор Gens Ace 7.4 V 5000 mAh RX/TX 2S1P

Технічні характеристики

- Тип батареї: Літій полімерна
- Напруга: 7.4 V
- Ємність: 5000 mAh
- Вага: 200 г
- Розміри: 96*44*20 мм
- Розмірність роз'єму кабеля: 20#
- Довжина кабеля: 50 мм/100 мм
- Тип роз'єму: FUTABA
- Тип балансера роз'єму: JST-XHR

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

60

Для зарядки акумулятора використовується зарядний пристрій SkyRC IMAX B6 Mini.



Рис. 3.8 – Зарядний пристрій IMAX B6 Mini

Технічні характеристики

- Напруга живлення від джерела постійного струму (DC): 11 -18 V
- Максимальна потужність заряду: 60 W
- Максимальна потужність розряду: 5 W
- Діапазон струму заряду: 0.1 – 6 A
- Діапазон струму розряду: 0.1 – 2 A
- Напруга заряду: для Li-Po – 4.18 – 4.3 V/елемент
- Напруга відсіку заряду: для Li-Po – 3.0 V/елемент
- Струм балансування літєвих елементів: 300 mAh на елемент
- Рекомендований струм заряду: 0.3 A
- Налаштування температури переривання заряду/розряду: 20-80 °C
- Розміри: 102 x 84 x 29 мм
- Вага: 233 г.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ

Арк.

61

3.1.7 Схема підключення

Плата Adafruit 16 channel 12 bit pwm servo shield підключається до всіх 32 виходів на контролері Arduino UNO за допомогою вихідних контактів. Після цього припаюємо провідники GND (Ground - земля) і VIN (Vehicle identification number – ідентифікаційний номер транспортного засобу) до понижуючого перетворювача JW5068A (mini 560). Провідник GND припаюємо виходом до входу понижуючого перетворювача зі знаком “-“. Провідник VIN припаюємо виходом до входу понижуючого перетворювача зі знаком “+”. І, тепер, припаюємо так же само провідники GND та VIN до виходів понижуючого перетворювача “+” та “-”. GND до “-“ та VIN до “+”. Тепер два ВХІДНІ провідники GND та VIN припаюємо до кабеля з типом роз’єму “FUTABA”. Тепер кабелі з роз’ємом “FUTABA” підключаємо до роз’єму FUTABA від акумулятора Gens Ace. І після цього припаюємо ВИХІДНІ провідники GND та VIN до плати Arduino UNO. Провідник GND понижуючого перетворювача припаюємо до виходу GND на платі Arduino UNO, а провідник VIN понижуючого перетворювача припаюємо до виходу VIN на платі ARDUINO UNO. Для вирівнювання стрибків струму на платі Adafruit 16 channel Servo shield припаюємо конденсатор. Конденсатор Hitano EXR 10 V 6800 uF припаюємо виходом до виходу з символом “C2” на платі Adafruit 16 channel Servo shield. Контакт зі знаком “-” на конденсаторі, припаюємо до виходу зі знаком “-” на платі Adafruit 16 channel Servo shield, а контакт зі знаком “+” на конденсаторі припаюємо до виходу зі знаком “+” на платі Adafruit 16 channel Servo shield. Після цього кабелі з типом роз’єму на 3 контакти (PWM, V+, GND) сервопривода MG996R під’єднуємо до виходів 0 – 15 з типом роз’єму на 3 контакти (PWM, V+, GND) на платі Adafruit 16 channel Servo shield. Після цього підключаємо Bluetooth модуль до радіоприймача. І потім підключаємо 6 кабелів з типом роз’єму DUPONT через вихідні контакти до Bluetooth модуля. Інший спосіб підключення радіомодуля до контролера – припаяти провідники з одної сторони до радіоприймача, а з другої сторони приєднати провідники до

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

контролера за допомогою роз'ємів типу DUPONT. Під'єднуємо радіоприймач через провідники через роз'єм DUPONT до плати Adafruit 16 channel Servo shield по заданій схемі:

- DAT (DI) – D13
- CMD (DO) – D11
- GND – GND
- VDD – 5V
- CS/SEL – D10
- CLK – D12

Слід пам'ятати, що при живленні контролера від акумулятора ні в якому разі не можна під'єднувати контролер через USB – кабель до комп'ютера, інакше можна спалити плату.

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63


```

87 // Хотьба №3 вперед або назад: // j= 0 42 85 127 170 212 255
88 case 3: // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
89 funLimbStep(1, j); // L >>>> | >>>> <<<<<< >>>> >>>> >>>> >>>>
90 funLimbStep(2, 127+j); // R >>>> | >>>> >>>> <<<<<< >>>> >>>> >>>>
91 funLimbStep(3, 170+j); // L <<<<<< | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> >>>>
92 funLimbStep(4, 42 +j); // R <<<<<< | <<<<<< >>>> >>>> >>>> >>>> >>>>
93 funLimbStep(5, 85 +j); // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
94 funLimbStep(6, 212+j); // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
95 break; // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
96 // Хотьба №4 пиве вперед або назад: // j= 0 42 85 127 170 212 255
97 case 4: // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
98 funLimbStep(1, j); // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
99 funLimbStep(2, j); // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
100 funLimbStep(3, j); // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
101 funLimbStep(4, j); // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
102 funLimbStep(5, j); // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
103 funLimbStep(6, j); // R >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
104 break; // L >>>> | >>>> >>>> >>>> >>>> >>>> <<<<<<
105 } //
106 } //
107 // Функція встановлення всієї кінцівки в положення від 0 до 255: //
108 void funLimbStep(uint8_t num, uint8_t pos){ // 36.Аргументи функції: (num) - номер кінцівки від 1 до 6 , (pos) - позиція від 0 до 255
109 int i, j; // 37. Об'являємо змінні (i) - для
110 if(pos < 213){i = map(pos, 0, 212, +100, -100); }else // 38. Сустав кінцівки повертається назад (+100 >>> -100)
111 (i = map(pos, 213, 255, -100, +100); } // 39. Сустав кінцівки повертається вперед (-100 >>> +100)
112 if(pos < 213){j = -100; }else // 40. Сустав кінцівки опущений (-100)
113 if(pos < 224){j = map(pos, 213, 223, -100, +100); }else // 41. Сустав кінцівки піднімається вгору (-100 >>> +100)
114 if(pos < 246){j = +100; }else // 42. Сустав кінцівки піднятий (+100)
115 if(pos < 256){j = map(pos, 246, 255, +100, -100); } // 43. Сустав кінцівки опускається вниз (+100 >>> -100)
116 if(limwidth<0 && num%2==0){ i = map(i, -100, +100, -(100+limwidth) , 100+limwidth);} // 44. Обмежуємо кут (i) горизонтального сустава лівих кінцівок (поворот влево)
117 if(limwidth>0 && num%2==1){ i = map(i, -100, +100, -(100-limwidth) , 100-limwidth);} // 45. Обмежуємо кут (i) горизонтального сустава правих кінцівок (поворот вправо)
118 j = map(j, -100, +100, limheight*(-2)+100, 100 ); // 46. Обмежуємо кут (j) вертикального сустава будь-яких кінцівок (висота гексапода)
119 funLimbMove(num, 0, i); // 47. Встановлюємо кут (i) для горизонтального (0) сустава кінцівки (num)
120 funLimbMove(num, 1, j); // 48. Встановлюємо кут (j) для вертикального (1) сустава кінцівки (num)
121 } //

```

Рис. 4.4 – Керуюча програма (продовження).

```

122 // Функція встановлення одного сустава кінцівки в значення від -100 до 100: //
123 void funLimbMove(uint8_t num, bool joint, int8_t pos){ // 49. Аргументи функції: (num) - номер кінцівки від 1 до 6 , (joint) - тип сустава 0
124 // (горизонтальний) або 1 (вертикальний) , (pos) - положення сустава від -100
125 // (внизу-ззаду) до +100 (вгору-вперед)
126 uint8_t i = (num-1) * 2 + joint; // 50. Визначаємо № сервоприводу (i) по № кінцівці (num) і типу сустава (joint)
127 int k = 0, j = pos? cenAngle[i]:0; // 51. Визначаємо змінні (j) і (k) для збереження екстремумів
128 if(pos>0){k = +100; if(num%2==1){j=-maxAngle[i];}else{j+=maxAngle[i];} // 52. Знаходимо (k) - максимально допустиме значення для аргумента (pos). Знаходимо (j)
129 // - максимально допустимий кут в градусах.
130 if(pos<0){k = -100; if(num%2==0){j=-minAngle[i];}else{j+=minAngle[i];} // 53. Знаходимо (k) - мінімальне допустиме значення для аргумента (pos). Знаходимо (j)
131 // - мінімальний допустимий кут в градусах.
132 if(!objServo[i].attached()){objServo[i].attach(pinServo[i]);} // 54. Підключаємо об'єкт (objServo), який працює з сервоприводом (i) до виходу
133 (pinServo[i]) // 55. Встановлюємо сервопривід (i) в кут, який знаходиться між центром (cenAngle[i])
134 objServo[i].write(map(pos, 0, k, cenAngle[i], j)); // 1 екстремумом (j)
135 } //
136 } //
137 // Функція звільнення кінцівок: //
138 void funLimbFree(void){ // 56. Аргументи функції: відсутні
139 for(uint8_t i=0; i<12; i++){ // 57. Проходимо по 12 суставам 6 кінцівок
140 objServo[i].detach(); // 58. Вимикаємо об'єкт (objServo), який працює з сервоприводом (i) від виходу, до
141 якого він був підключений
142 digitalWrite(pinServo[i],LOW); // 59. Встановлюємо на відключеному виході (pinServo[i]) низький (LOW) логічний рівень
143 // (в цілях безпеки)
144 } }
145 }

```

Рис. 4.5 – Керуюча програма (продовження).

```

146 // Керування:
147 if(millis() % 5 == 0){i++;} // 60. Збільшуємо i на 1 за кожні 5 мс (це позиція хотьби)
148 if(i>255){i=0;} // 61. Скидуємо i в 0, т.к. позиція може приймати значення від 0 до 255
149 funLimbGait(3, i); // 62. Йдемо вперед хотьбою № 3 (всі кінцівки здійснюють повний цикл свого ходу за час, поки i збільшується від 0 до 255, далі i скинеться в 0 і цикл
150 // повториться)
151
152 if(millis() % 9 == 0){i++;} // 63. Збільшуємо i на 1 за кожні 9 мс (в цьому прикладі значення змінної i збільшується повільніше)
153 if(i>255){i=0;} // 64. Скидуємо i в 0, т.к. позиція може приймати значення від 0 до 255
154 funLimbGait(3, i); // 65. Йдемо вперед хотьбою № 3 (тепер гексапод буде йти повільніше ніж в попередньому прикладі)
155
156 if(millis() % 5 == 0){i--;} // 66. Зменшуємо i на 1 за кожні 5 мс (в цьому прикладі i не збільшується, а зменшується)
157 if(i<0){i=255;} // 67. Встановлюємо i в 255, т.к. позиція може приймати значення від 0 до 255
158 funLimbGait(3, i); // 68. Йдемо назад хотьбою № 3 (гексапод піде назад, т.к. всі сугави будуть здійснювати свої рухи в зворотньому порядку, як при перемотці анімації назад)
159
160 //Калібрування:
161 const int cenAngle[12] = {90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90}; // 69. Задаємо масив, який буде зберігати кути в градусах, при яких сервоприводи знаходяться в центральному
162 // положенні (КОРЕКТУЄТЬСЯ В КАЛІБРУВАНЬОМУ СКЕТЧІ)
163

```

Рис. 4.6 – Керуюча програма (продовження).

Список використаної літератури

1. https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/112940/Anderson_Physical%20and%20mechanical%20properties.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. <https://3d4u.com.ua/uk/blog/post/3-plastik-pla-khimicheskie-i-fizicheskie-karakteristiki>
3. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-pla>
4. <https://www.thingiverse.com/thing:4576790>
5. <https://www.thingiverse.com/thing:3463845>
6. <https://www.hse.ru/data/2013/06/17/1287016759>
7. <https://3ddevice.com.ua/3d-pechat-fdm/>
8. <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
9. <https://aemca.pl/pliki/wsparcie/instrukcje/10-pro-3in1/instrukcja-pro-10-3in1-en.pdf>
10. https://www.bhphotovideo.com/c/product/1203364-REG/xyzprinting_3f1awxus00k_da_vinci_1_0_pro.html/specs
11. <https://docs.arduino.cc/static/9d6ed041fec691039663ae42f50fabcc/A000066-datasheet.pdf>
12. <http://wiki.amperka.ru/products:arduino-uno>
13. <https://www.deviceplus.com/arduino/how-to-arduino-hexapod-part-1-mechanics-and-wiring/>
14. https://lesson.iarduino.ru/page/robot_hexapod_2/
15. https://www.adafruit.com/product/1411?gclid=Cj0KCQiAqOucBhDrARIsAPCQL1aS9hV4dxJH_RSkBoCSGi5F9Aw-LP6b_fAC-TEyyWOOcxX0Px9zByYaAl4FEALw_wcB
16. <https://ndft.com.ua/module-dc-dc-mini-560-jw5068a/>
17. <https://youtube.com/watch?v=3pkfT5J0I9c>

					МР.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

18. <https://acoptex.com/project/276/basics-project-058b-wireless-ps2-controller-lcd1602-i2c-module-at-lex-c/>
19. https://www.youtube.com/watch?v=kUHmYKWwuWs&t=932s&ab_channel=DroneBotWorkshop

					MP.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

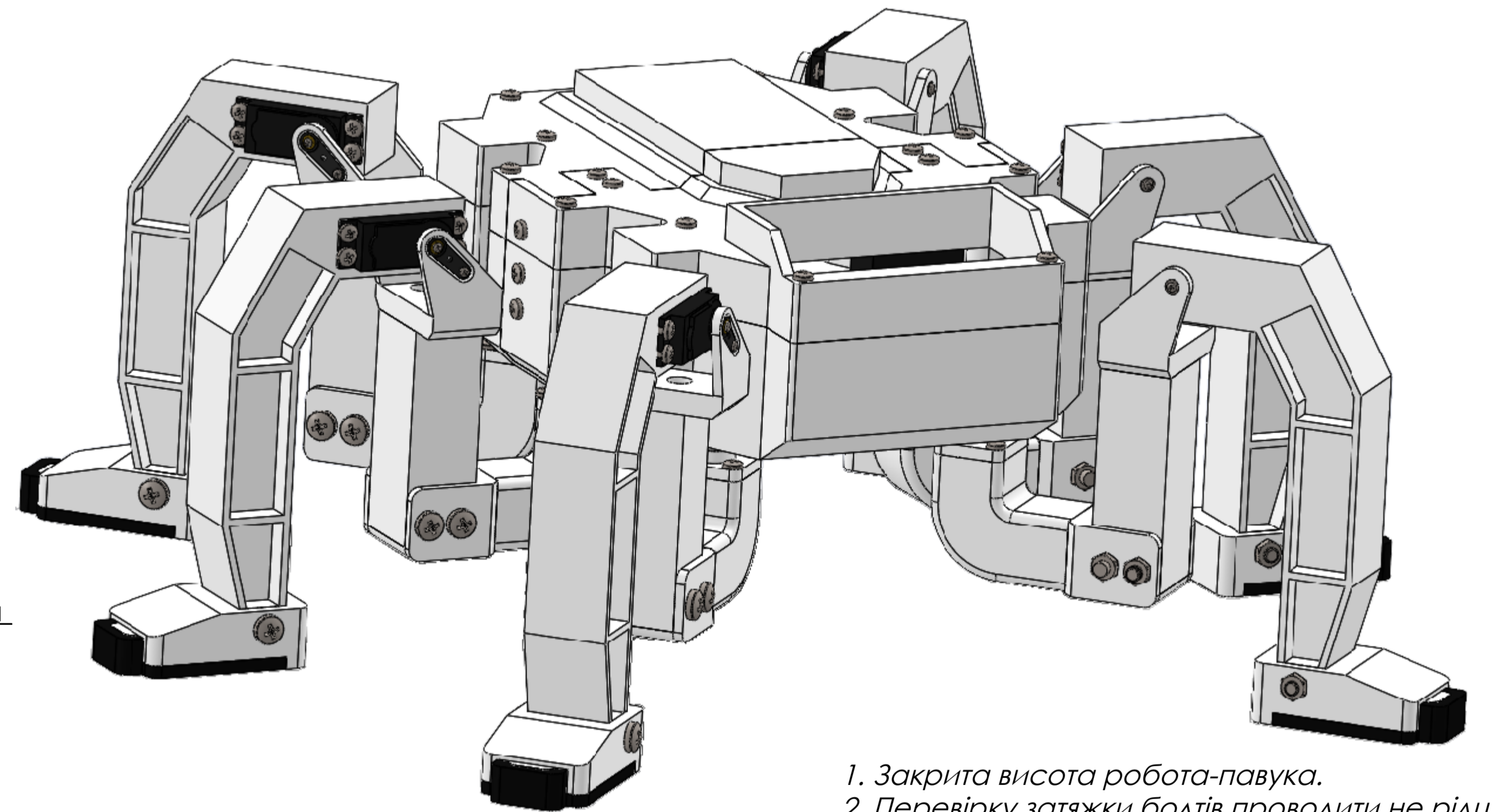
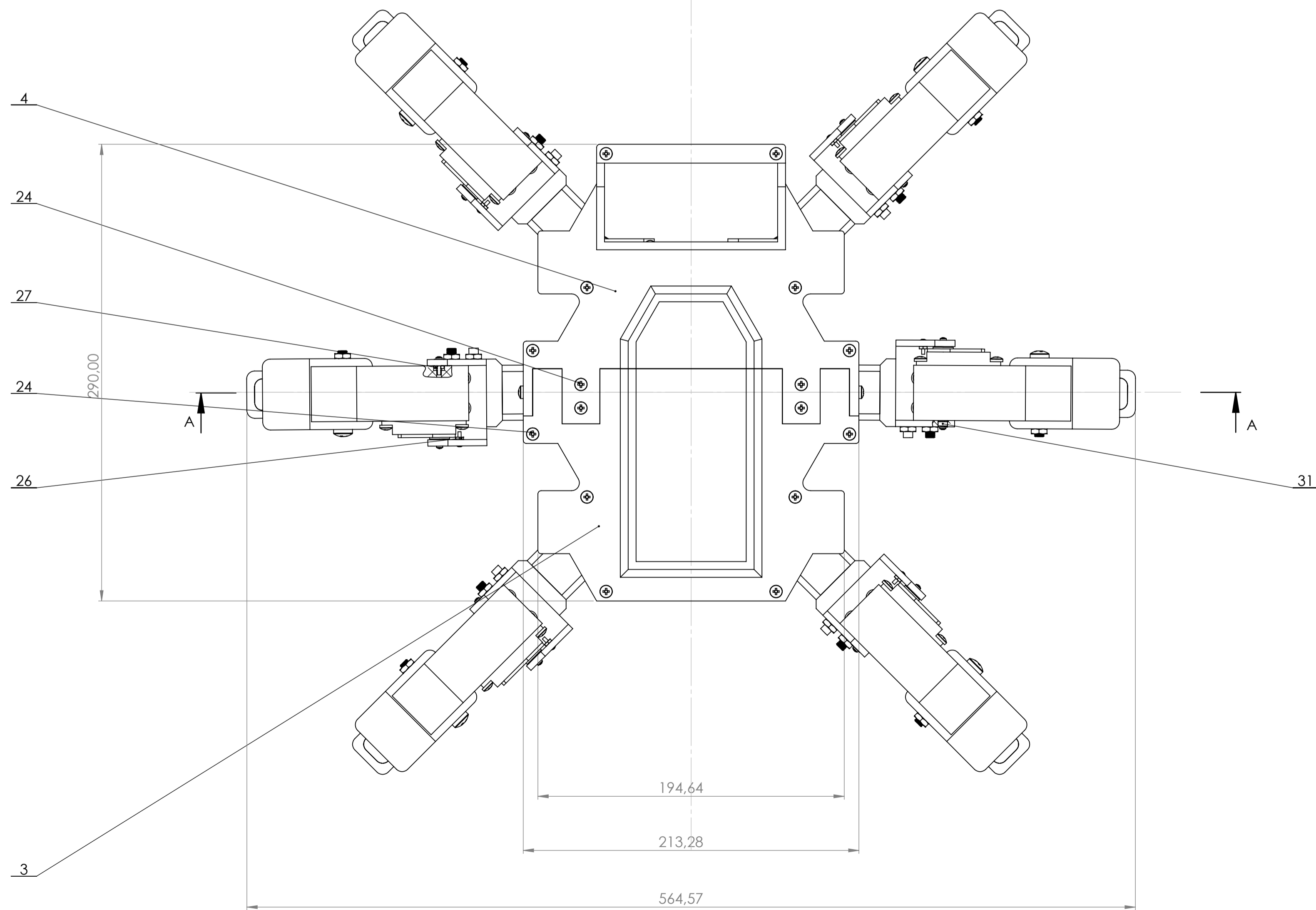
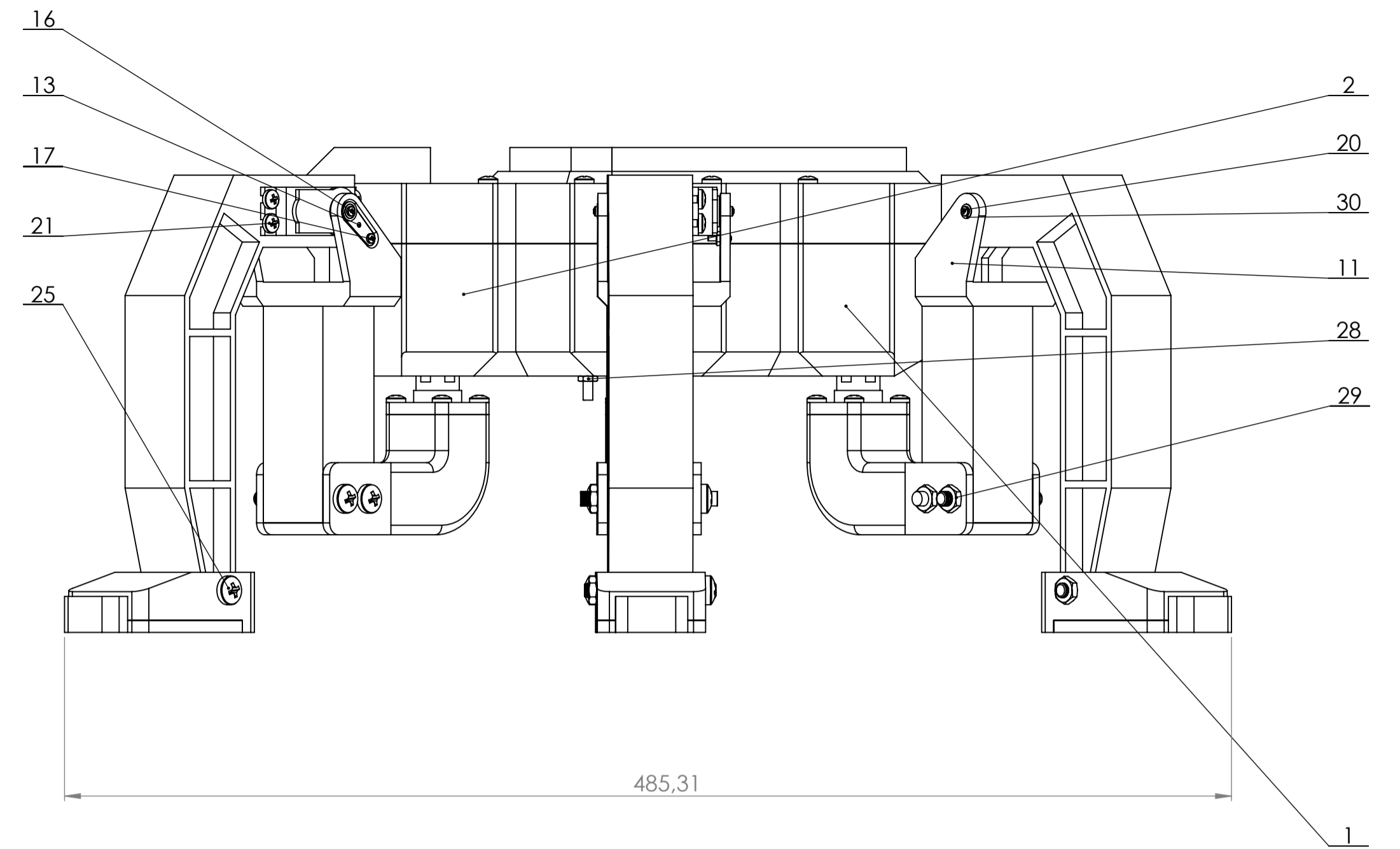
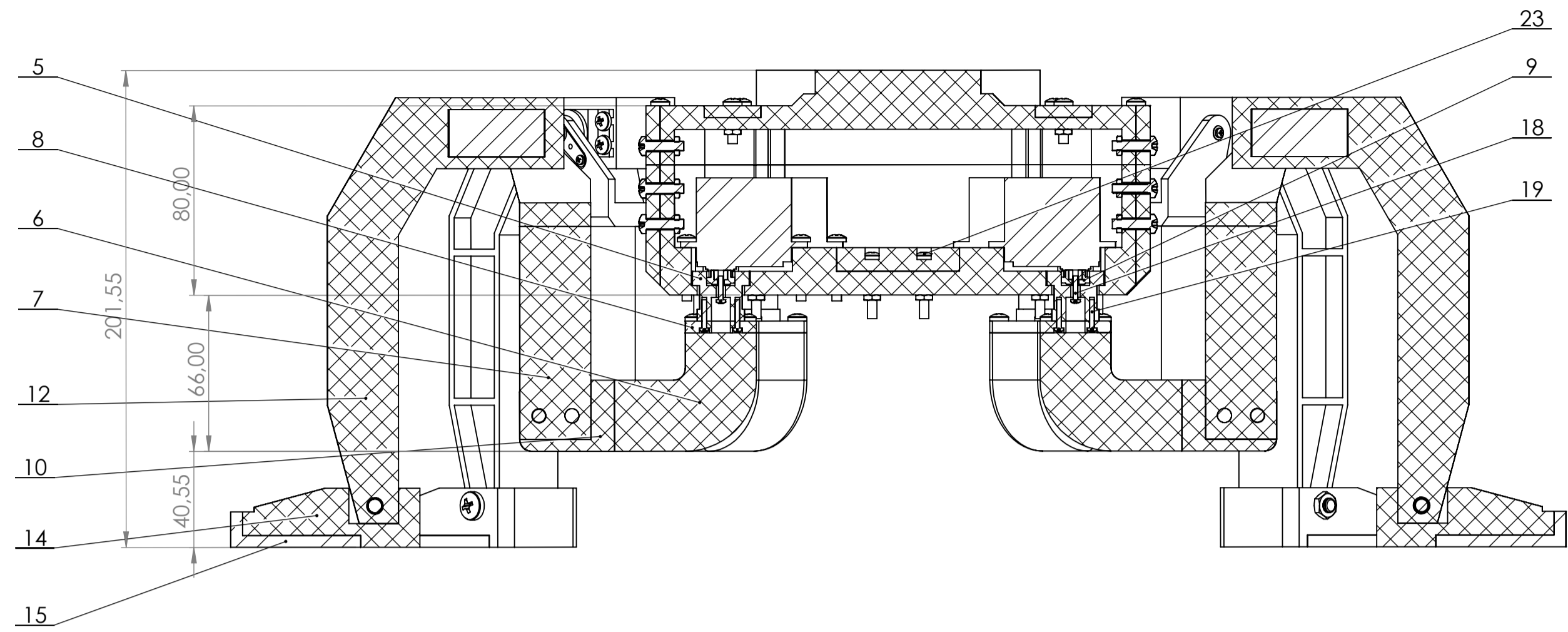
Додатки

					MP.ПМКМ-135.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				<u>Документація</u>		
A1			MP.ПМКм-135.00.000.СК	Складальний кресленик	1	
				<u>Деталі</u>		
A3	1		MP.ПМКм-135.00.001	Нижня задня кришка	1	
A3	2		MP.ПМКм-135.00.002	Нижня передня кришка	1	
A3	3		MP.ПМКм-135.00.003	Верхня задня кришка	1	
A3	4		MP.ПМКм-135.00.004	Верхня передня кришка	1	
A4	5		MP.ПМКм-135.00.005	Стегно частина1	6	
A4	6		MP.ПМКм-135.00.006	Стегно частина2	6	
A4	7		MP.ПМКм-135.00.007	Стегно частина3	6	
A4	8		MP.ПМКм-135.00.008	Плита	6	
A4	9		MP.ПМКм-135.00.009	Втулка з внутріш. передачею	6	
A4	10		MP.ПМКм-135.00.010	Ручка тип2	6	
A4	11		MP.ПМКм-135.00.011	Кріпильна чашечка	6	
A4	12		MP.ПМКм-135.00.012	Гомілка	6	
A4	13		MP.ПМКм-135.00.013	Втулка	6	
A4	14		MP.ПМКм-135.00.014	Стопа	6	
A4	15		MP.ПМКм-135.00.015	Підосва	6	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		16		Гвинт з хрестоподібним пазом	6	
				ISO 7045 M2 x 4 - Z - 4N		

					MP.ПМКм-135.00.000					
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата	Робот павук			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.									1	3
Перев.										
Н.контр.										
Затв.										

A - A



1. Закрита висота робота-павука.
2. Перевірку затяжки болтів проводити не рідше одного разу в два місяці.
3. Конденсатор на платі Adafruit 16 channel Servo Shield міняти не рідше ніж раз в пів року.
4. Гомілка повинна здійснювати кутове переміщення відносно кріпильної чашечки плавно без ривків.
5. Підшіву приклеяти до стопи полімерним клеєм, ГОСТ 30535-97.
6. Вмикання робота павука ручне, через кнопку.

				MP.ПМКм-135.00.000.СК				
Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата	Робот-павук гексапод	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Занчик В.В.							1:2
Перев.	Врюкало В.В.					Аркуш	Аркушів	1
Т. контр.						ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Н. контр.								
Затв.								

Робот павук МР.ПМКм-135.00.000

Робот павук, являється різновидом крокуючих роботів та призначений для переміщення грузів.

В склад збірки робота павука входять наступні стандартні вироби:

- поз. 16 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 4 - Z - 4N (6 шт.);
- поз. 17 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 8 - Z - 8N (6 шт.);
- поз. 18 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 10 - Z - 10N (6 шт.);
- поз. 19 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 12 - Z - 12N (24 шт.);
- поз. 20 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M3 x 10 - Z - 10N (6 шт.);
- поз. 21 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 12 - Z - 12N (48 шт.);
- поз. 22 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 16 - Z - 16N (10 шт.);
- поз. 23 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 25 - Z - 25N (52 шт.);
- поз. 24 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 40 - Z - 40N (12 шт.);
- поз. 25 – Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M6 x 50 - Z - 50N (18 шт.);
- поз. 26 – Гайка ISO 4035 M2 - N (6 шт.);
- поз. 27 – Гайка ISO 4035 - M3 - N (6 шт.);
- поз. 28 – Гайка ISO 4035 - M4 - N (14 шт.);
- поз. 29 – Гайка ISO 4035 - M6 - N (18 шт.);
- поз. 30 – Шайба ISO 10673 - 2.75 - 5 (12 шт.);
- поз. 31 – Кульковий підшипник ISO 1224 - 390206 - R, 8, SI, NC, 8, 68 (6 шт.);

Корпус, нижня задня кришка 1 кріпиться до нижньої передньої кришки 2 на чотири гвинти 23 в основі і на два гвинти 22 по бокам і загвинчується на гайки 28. До нижньої кришки корпусу у глухі отвори діаметром 25 мм вставляються шість деталей стегна частина 1, а поверх них вставляється втулка з внутрішньою передачею 9 для зачеплення з мотором всередині корпусу. Стегно частина 1 кріпиться на чотири гвинти 19 до плити 8, а плита кріпиться на чотири гвинти 23 до стегна частини 2. До стегна частини 2 кріпиться на два гвинти 23 ручка тип 10, а до ручки тип 2 кріпиться стегно частина 3 7 за допомогою гвинтів 25 та загвинчується на гайки 29. До

стегна частини 3 кріпиться кріпильна чашечка 11 на два гвинти 23. До кріпильної чашечки кріпиться гомілка 12. З одної сторони гомілка кріпиться до кріпильної чашечки за допомогою втулки 13 на два гвинти 16 та на гвинти 17, які загвинчуються на гайки 26, а з другої сторони в гомілку запресовується гайка 27, в кріпильну чашечку запресовується підшипник 31 і поверх нього шайби 30 і, поверх всіх цих стандартних деталей, кріпильна чашечка закріплюється до гомілки за допомогою гвинта 20. До гомілки кріпиться стопа 14 за допомогою гвинта 25 та загвинчується на гайки 29, а до стопи кріпиться на клейку рідину резина підшова 15. Після цього верхня задня кришка 3 кріпиться до передньої верхньої кришки 4 за допомогою чотирьох гвинтів 22 в основі і одного гвинта 22 по бокам та загвинчується на гайки 28, і на кінець верхня кришка кріпиться до нижньої кришки за допомогою дванадцяти гвинтів 24.

МР.ПМКм-135.00.005

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Заник В.В.						2:1
Т. контр.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркуше	
Н. контр.					ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Затв.					Формат А4		

МР.ПМКм-135.00.006

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Заник В.В.						1:1
Т. контр.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркуше	
Н. контр.					ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Затв.					Формат А4		

МР.ПМКм-135.00.007

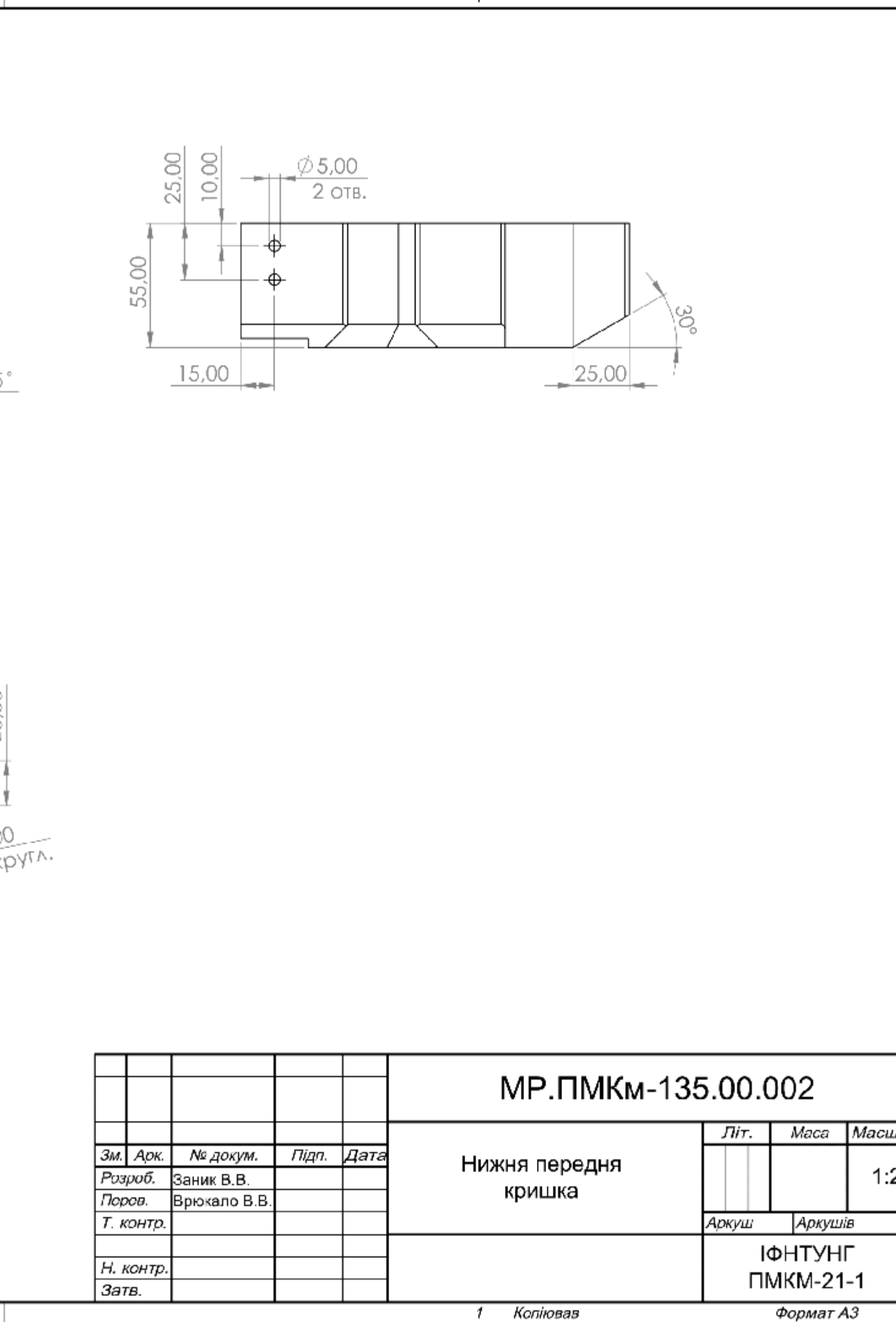
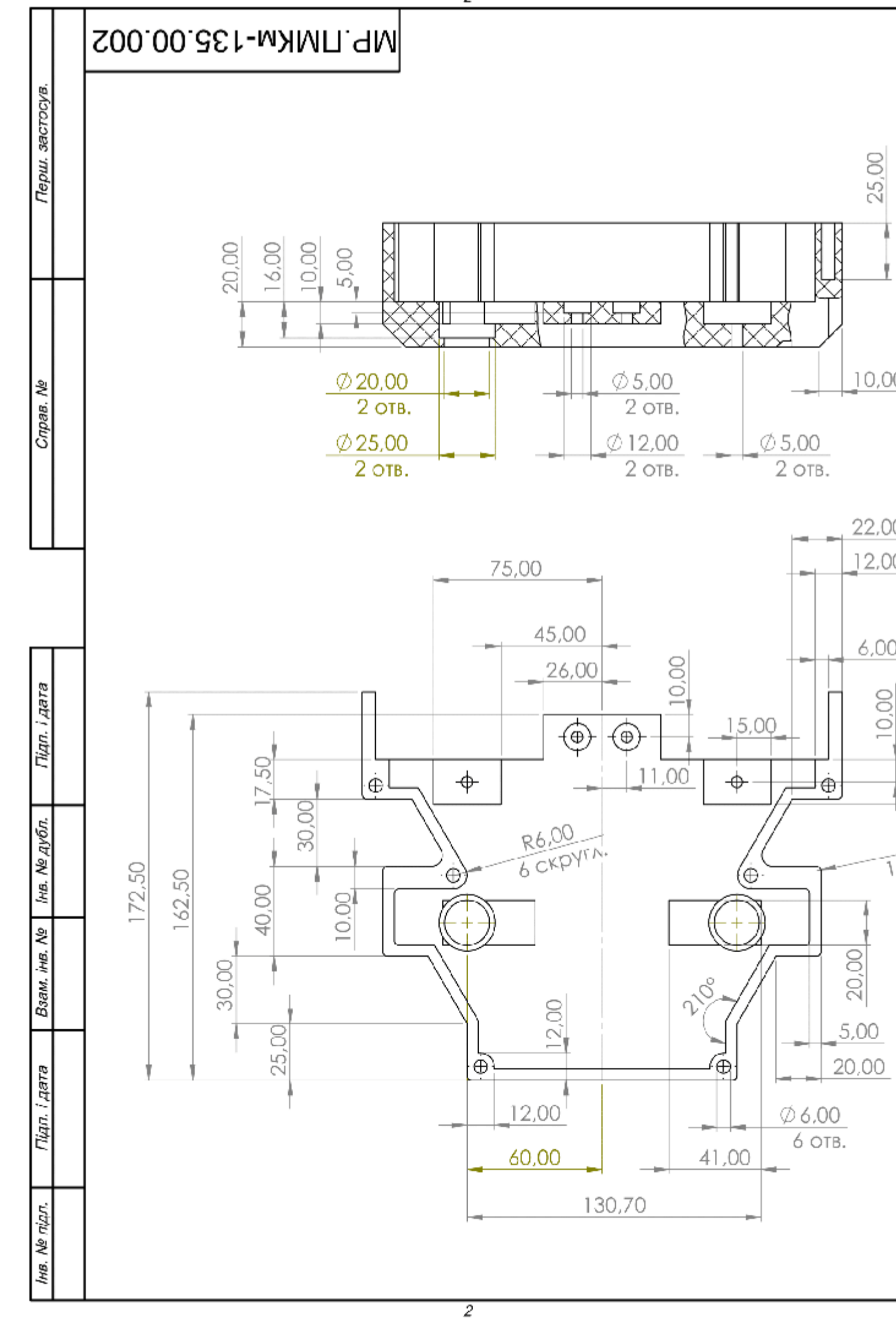
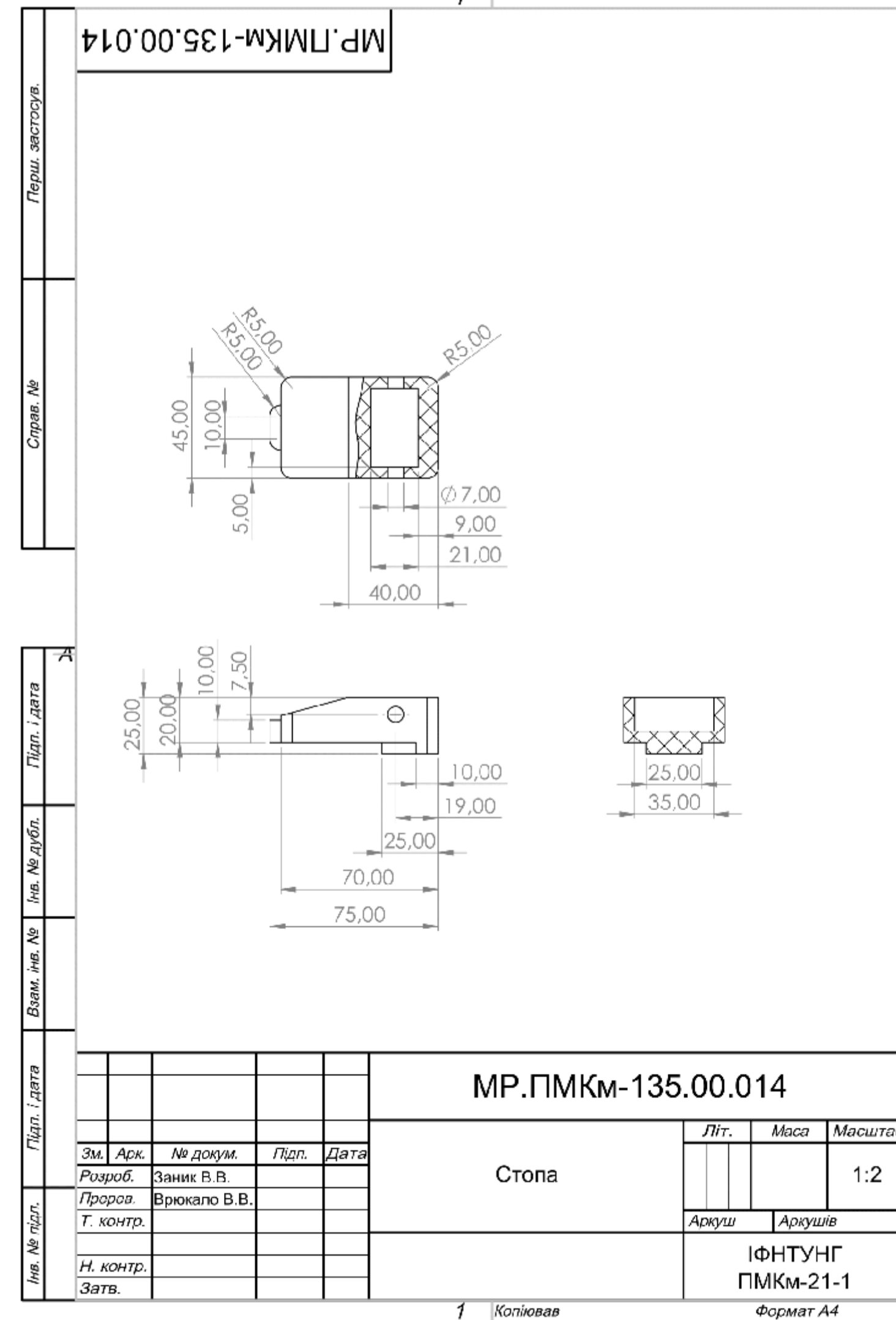
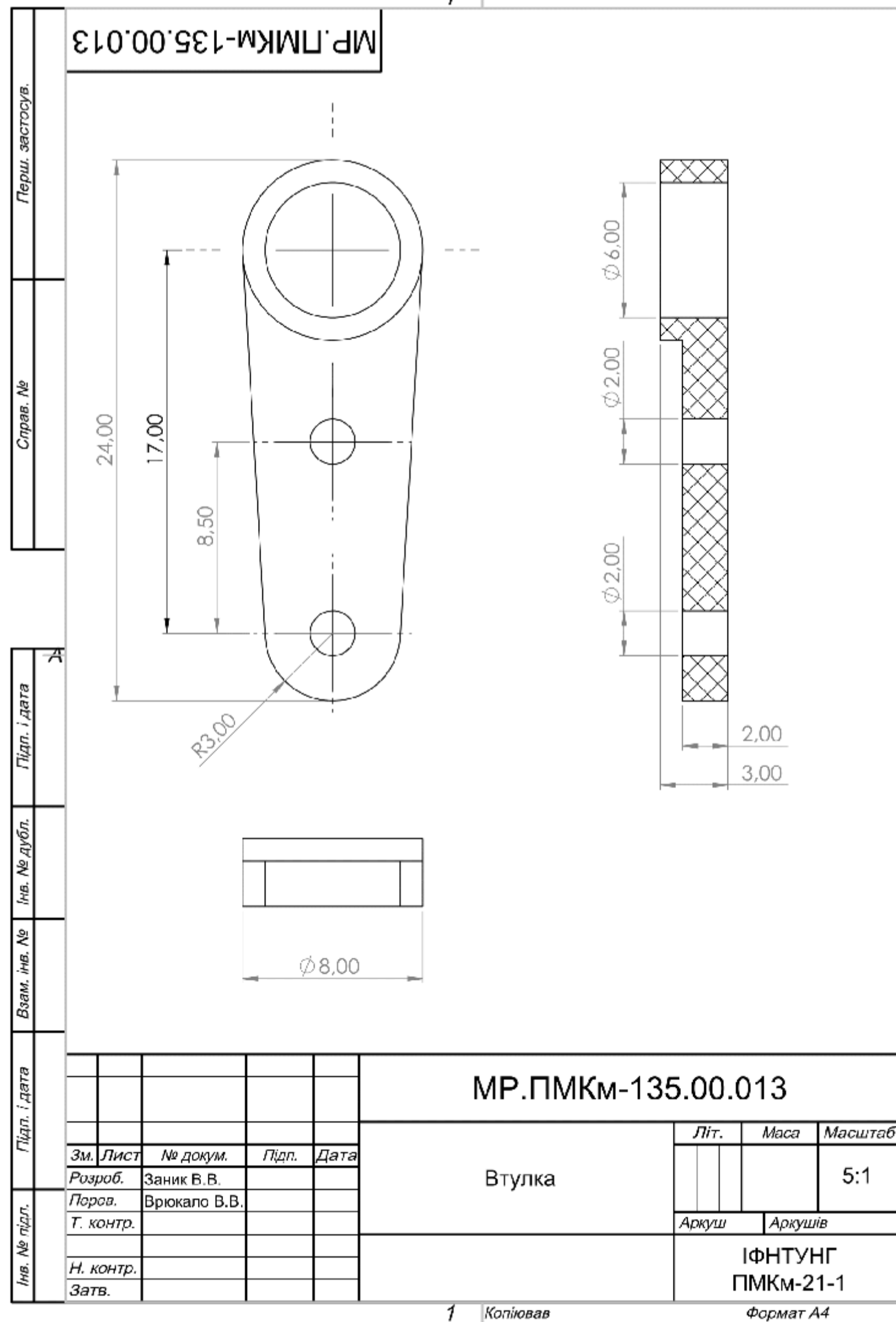
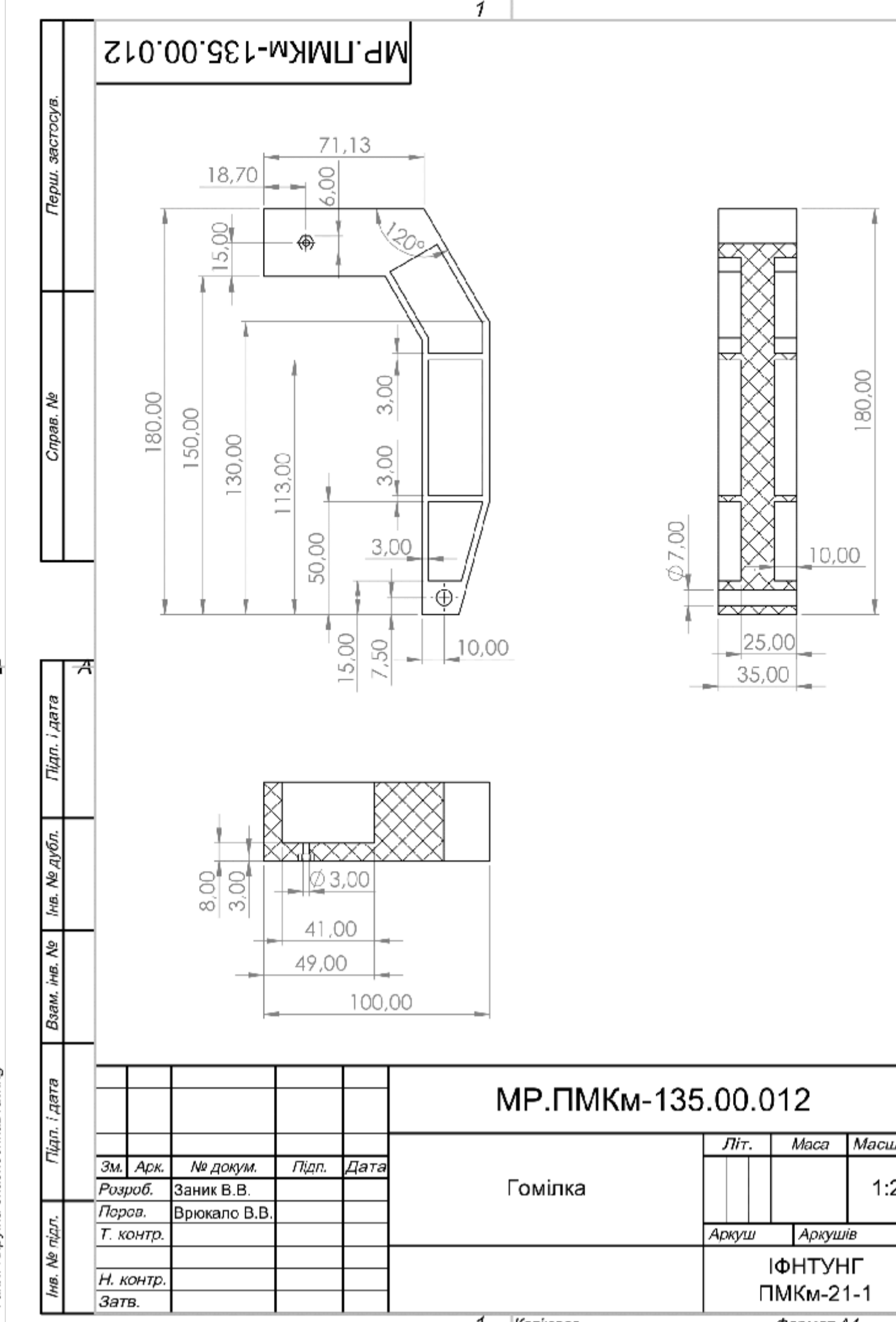
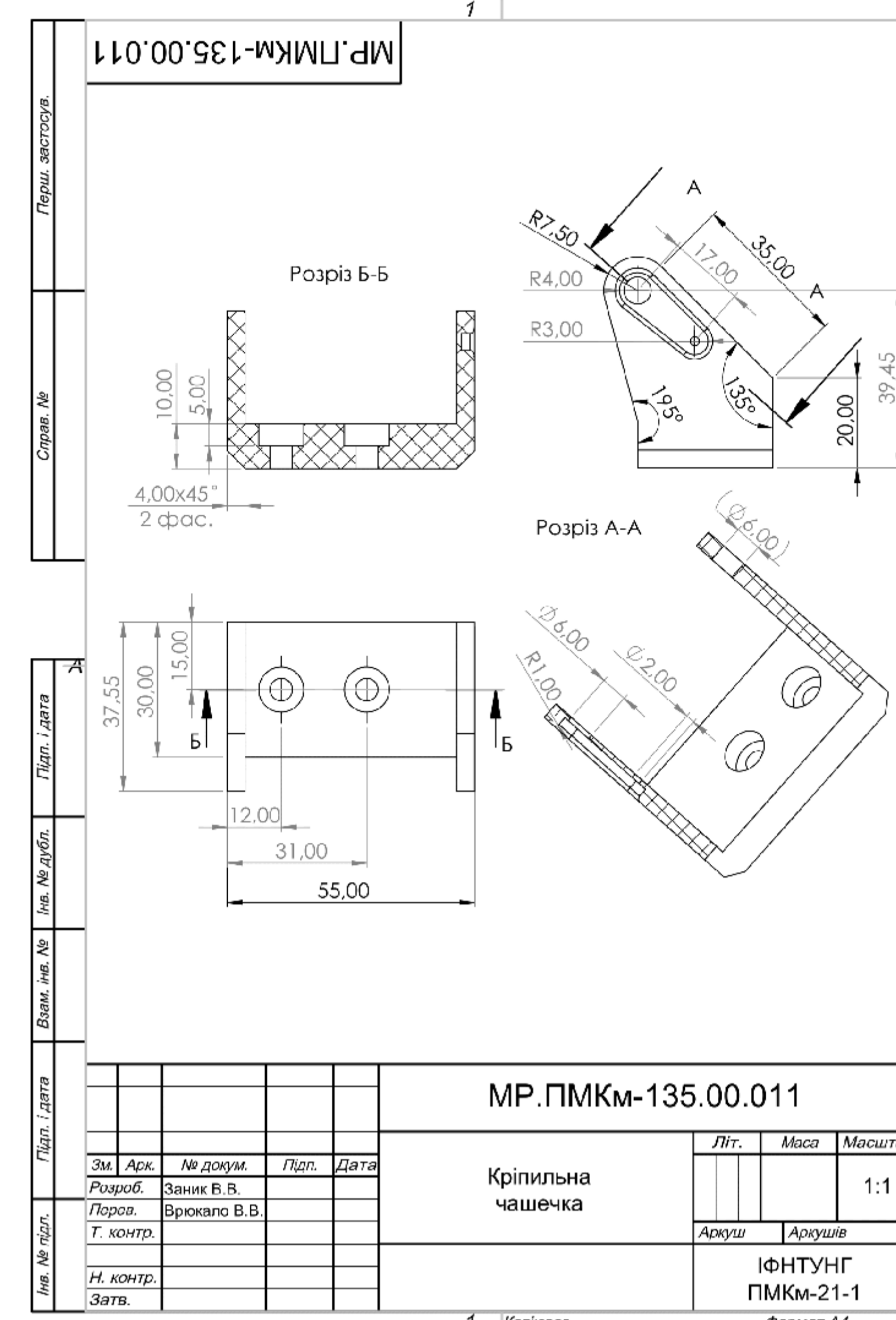
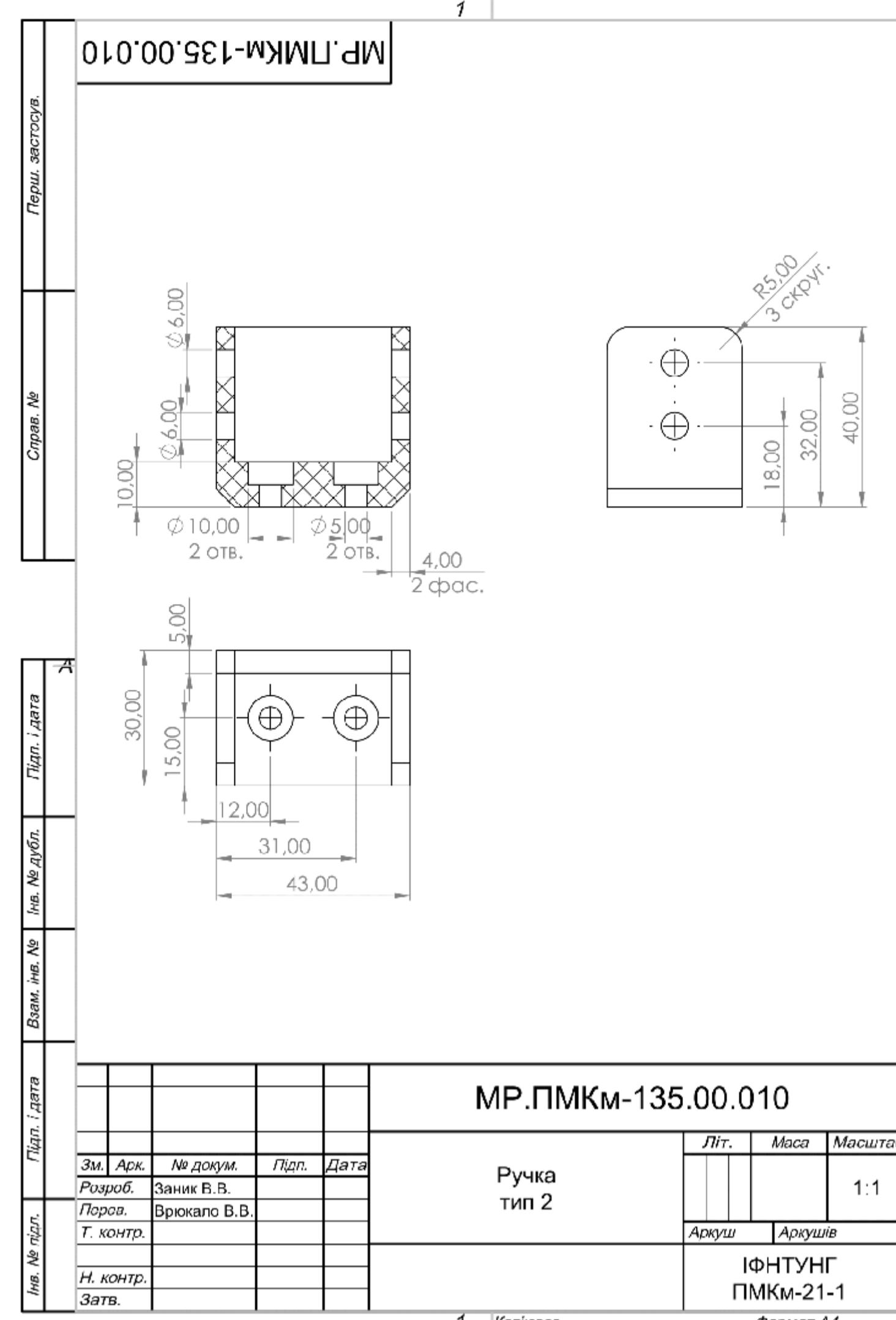
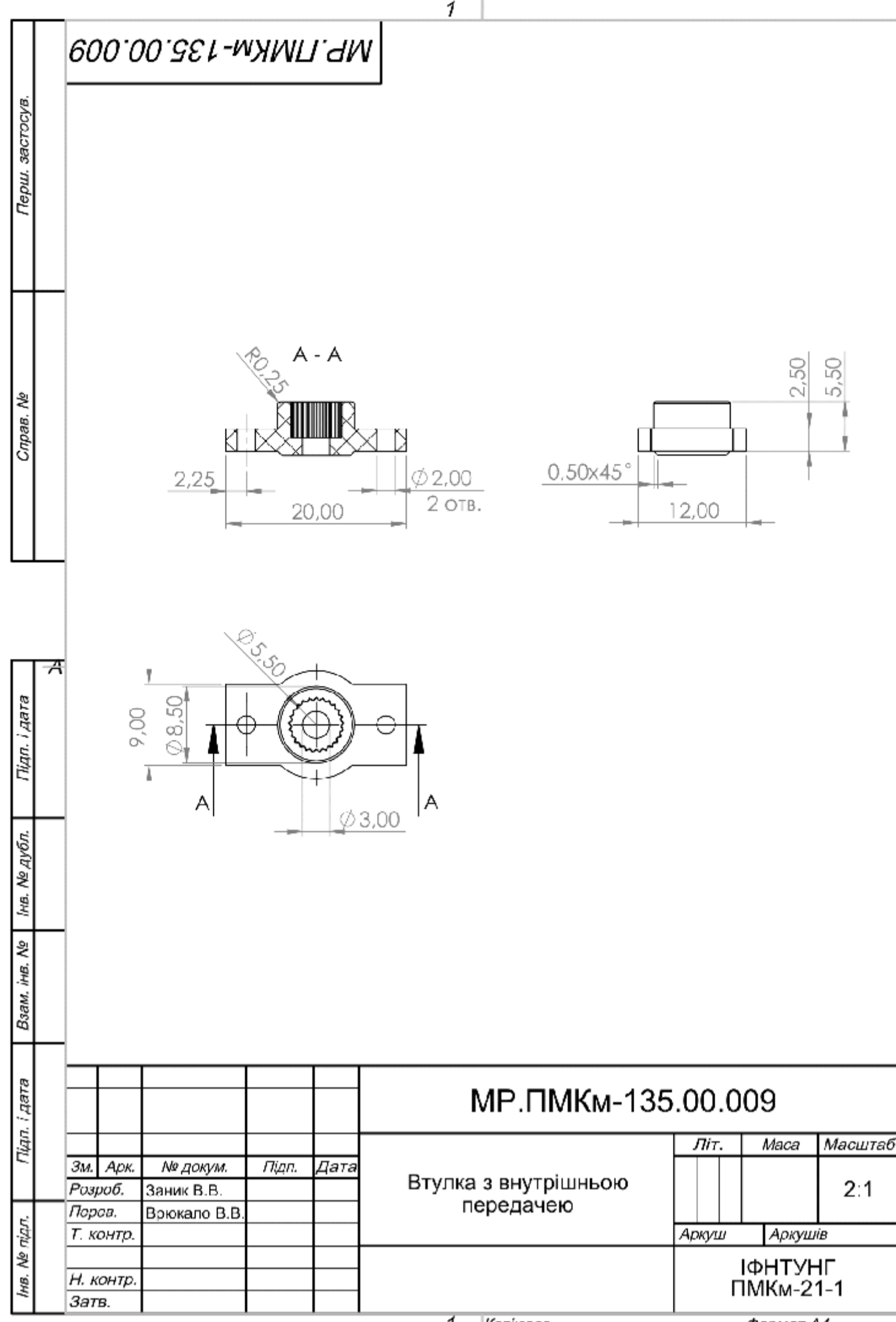
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Заник В.В.						1:1
Т. контр.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркуше	
Н. контр.					ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Затв.					Формат А4		

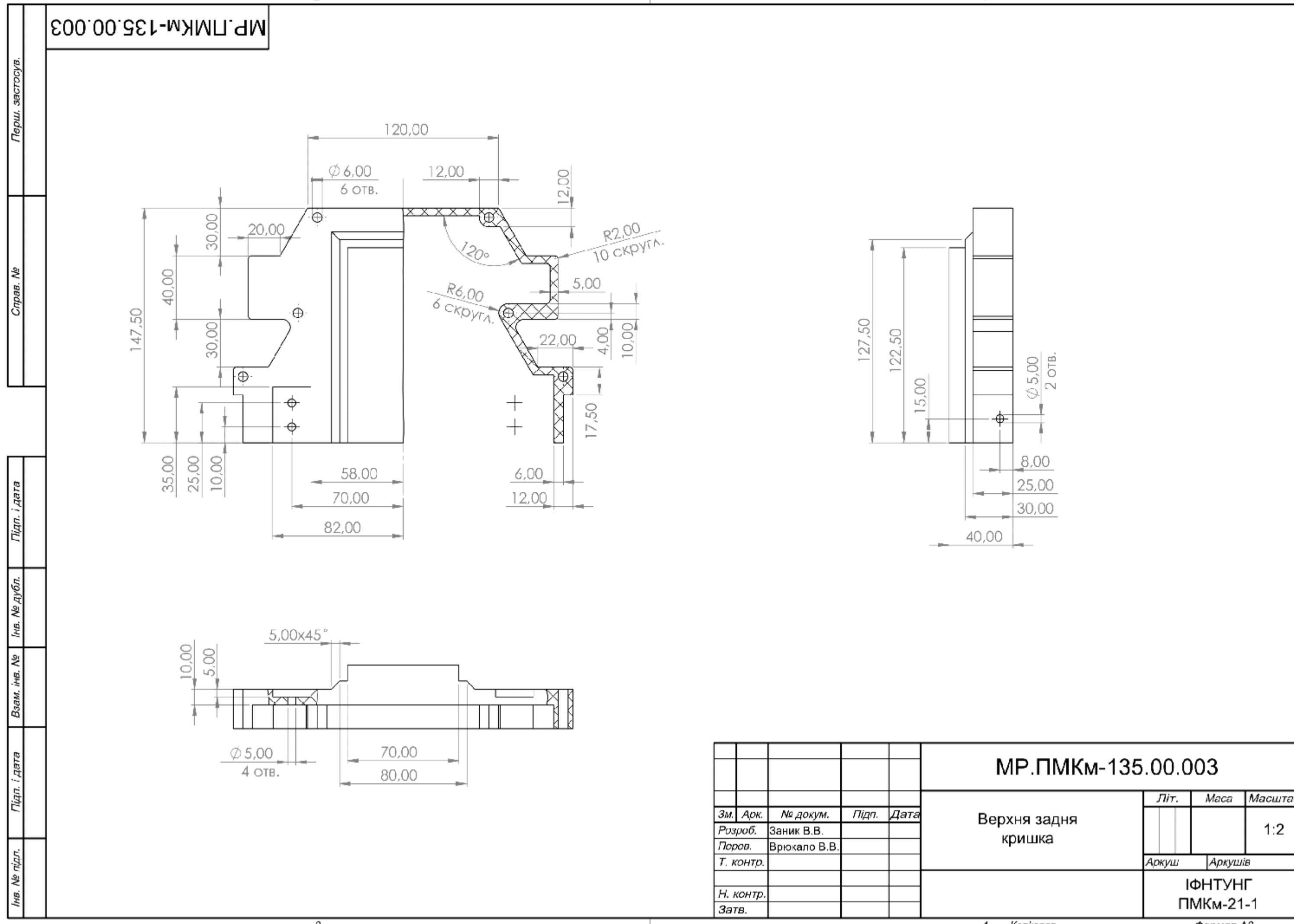
МР.ПМКм-135.00.008

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Заник В.В.						1:1
Т. контр.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркуше	
Н. контр.					ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Затв.					Формат А4		

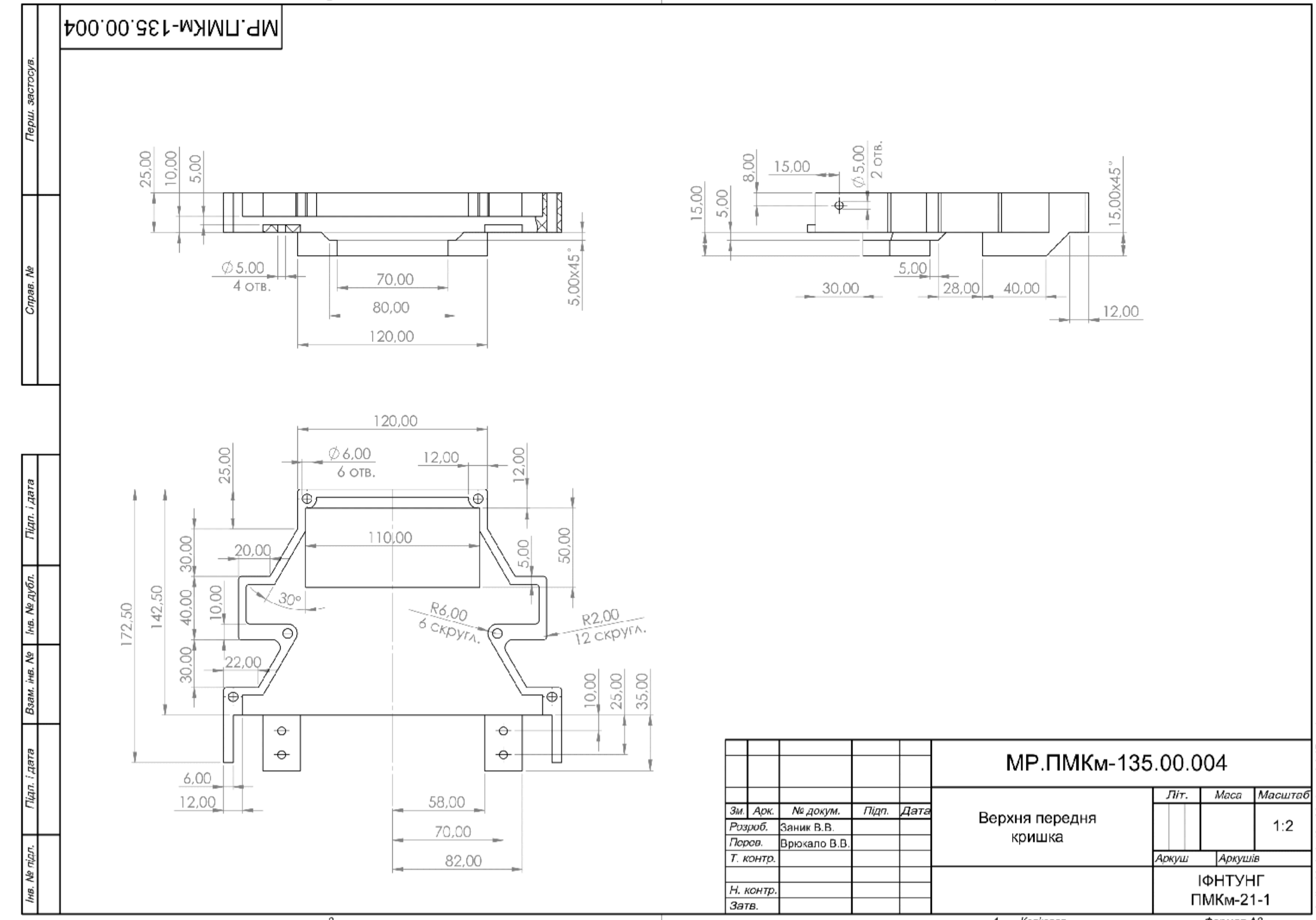
МР.ПМКм-135.00.001

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Заник В.В.						1:2
Т. контр.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркуше	
Н. контр.					ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Затв.					Формат А3		

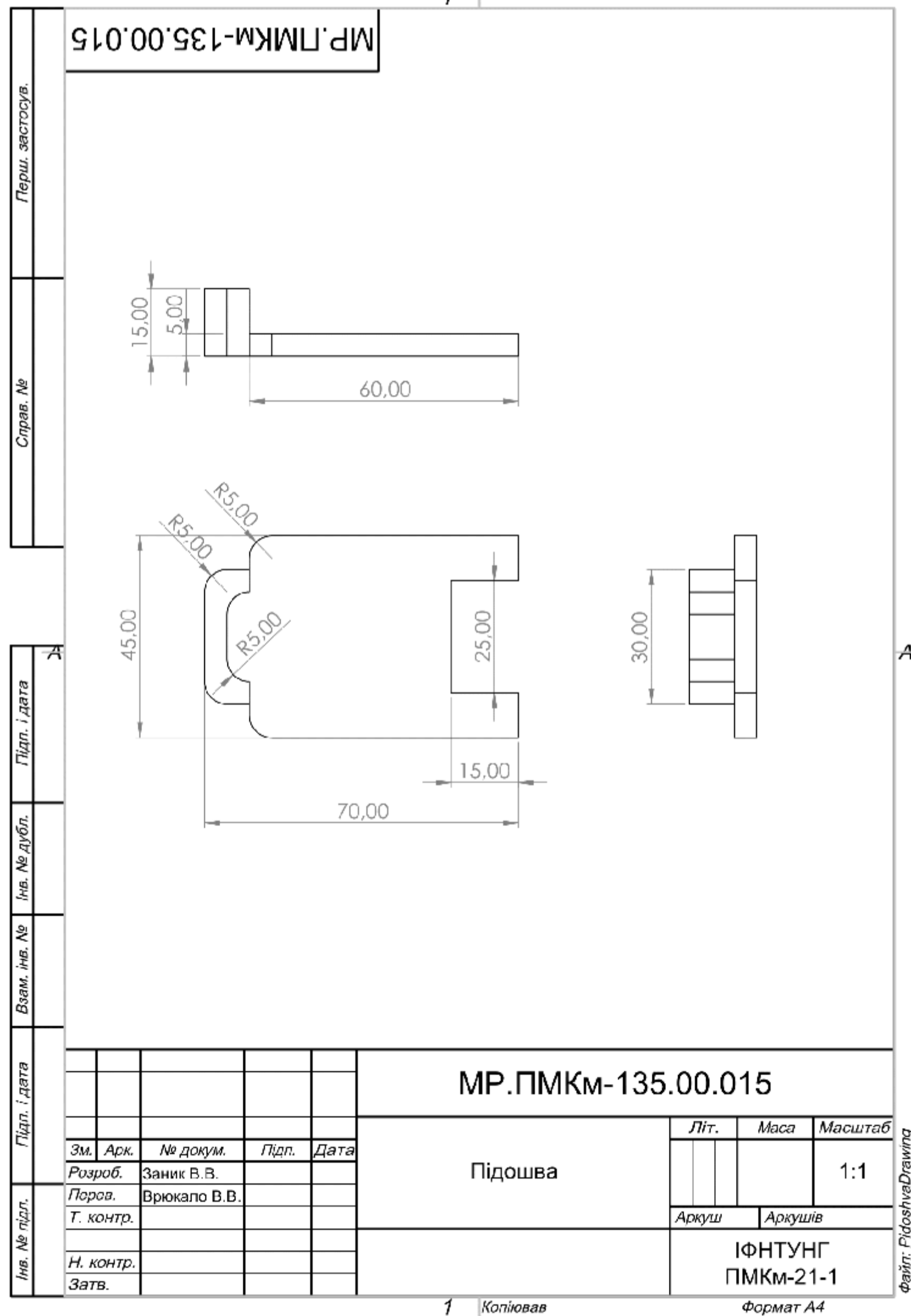




				MP.PMKM-135.00.003		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Маса
Розроб.	Заник В.В.					1:2
Перев.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркушів
Т. контр.					ІФНТУНГ	
Н. контр.					ПМКМ-21-1	
Затв.					1 Копіював	



				MP.PMKM-135.00.004		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Маса
Розроб.	Заник В.В.					1:2
Перев.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркушів
Т. контр.					ІФНТУНГ	
Н. контр.					ПМКМ-21-1	
Затв.					1 Копіював	



				MP.PMKM-135.00.015		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Маса
Розроб.	Заник В.В.					1:1
Перев.	Врюкало В.В.				Аркуш	Аркушів
Т. контр.					ІФНТУНГ	
Н. контр.					ПМКМ-21-1	
Затв.					1 Копіював	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				<i>Документація</i>		
A1			MP.PMKM-135.00.000.СК	Складальний кресленник	1	
				<i>Деталі</i>		
A3	1		MP.PMKM-135.00.001	Нижня задня кришка	1	
A3	2		MP.PMKM-135.00.002	Нижня передня кришка	1	
A3	3		MP.PMKM-135.00.003	Верхня задня кришка	1	
A3	4		MP.PMKM-135.00.004	Верхня передня кришка	1	
A4	5		MP.PMKM-135.00.005	Стегно частина1	6	
A4	6		MP.PMKM-135.00.006	Стегно частина2	6	
A4	7		MP.PMKM-135.00.007	Стегно частина3	6	
A4	8		MP.PMKM-135.00.008	Плита	6	
A4	9		MP.PMKM-135.00.009	Втулка з внутр. передачею	6	
A4	10		MP.PMKM-135.00.010	Ручка тпг2	6	
A4	11		MP.PMKM-135.00.011	Кріпильна чашечка	6	
A4	12		MP.PMKM-135.00.012	Гомілка	6	
A4	13		MP.PMKM-135.00.013	Втулка	6	
A4	14		MP.PMKM-135.00.014	Стопа	6	
A4	15		MP.PMKM-135.00.015	Підшова	6	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		16		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 4 - Z - 4N	6	

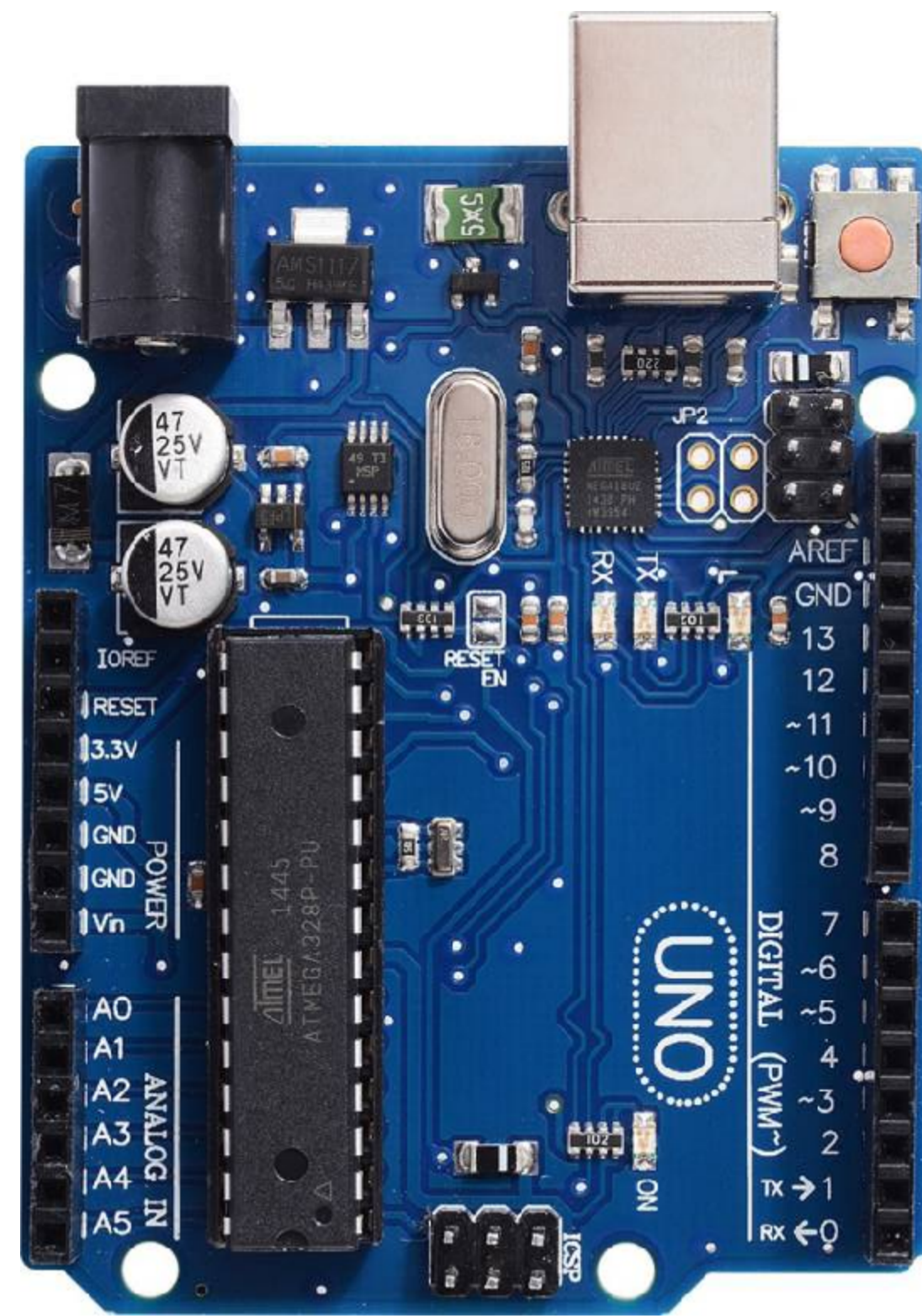
				MP.PMKM-135.00.000		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Аркуш
Розроб.						1
Перев.						3
Т. контр.						
Н. контр.						
Затв.						

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
		17		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 8 - Z - 8N	6	
		18		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 10 - Z - 10N	6	
		19		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M2 x 12 - Z - 12N	24	
		20		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M3 x 10 - Z - 10N	6	
		21		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 12 - Z - 12N	48	
		22		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 16 - Z - 16N	10	
		23		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 25 - Z - 25N	52	
		24		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M4 x 40 - Z - 40N	12	
		25		Гвинт з хрестоподібним пазом ISO 7045 M6 x 50 - Z - 50N	18	
		26		Гайка ISO 4035 M2 - N	6	
		27		Гайка ISO 4035 - M3 - N	6	
		28		Гайка ISO 4035 - M4 - N	14	
		29		Гайка ISO 4035 - M6 - N	18	
		30		Шайба ISO 10673 - 2.75 - S	12	

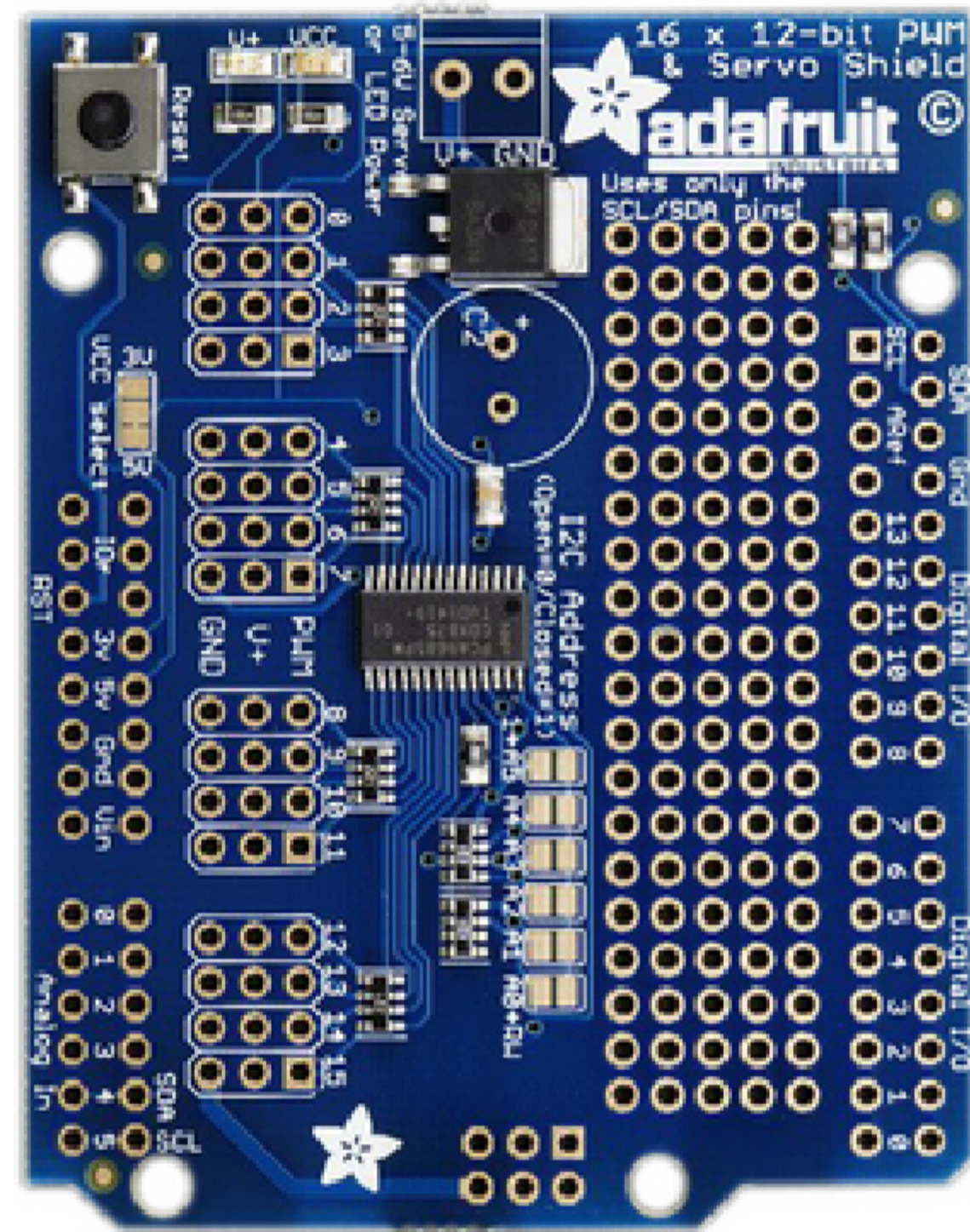
				MP.PMKM-135.00.000		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Арк.
						2

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
		31		Кульковий підшипник ISO 1224 - 390206 - R,8,S1,NC,8_68	6	
		32		Втулка з різьбою ISO 13928 M4 x 26	22	

				MP.PMKM-135.00.000		
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Арк.
						3



Arduino UNO



Adafruit 16 Channel 12 bit PWM Servo Shield



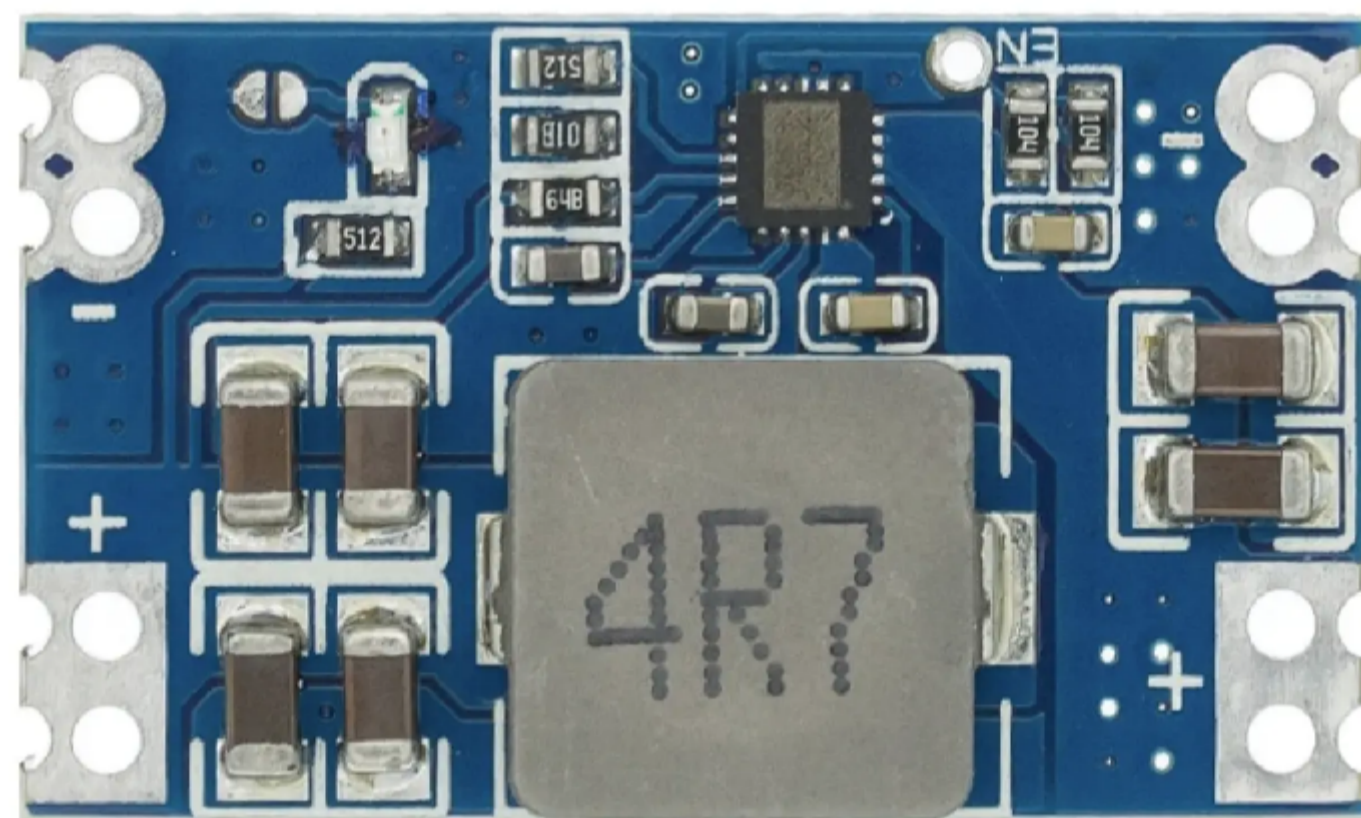
Конденсатор 10 V 6800 uF Hitano EXR.



Радіомодуль для джойстика від PS2



Акумулятор Gens ACE 5000 mAh 7.4 V



Понижуючий перетворювач JW5068A mini 560



Геймпад від PS2



Сервомотор MG996R



Зарядний пристрій SkyRC IMAX B6 Mini