

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМКм-09.00.00.000.ПЗ

Група ПМКм-24-1

Добровольський Назарій

Володимирович

2025

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**  
Інститут інженерної механіки та робототехніки  
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Добровольський Назарій Володимирович

УДК 621.7

## **МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

Розробка конструкції пристрою різання сендвіч-панелей на базі елементів  
мехатронних систем

Прикладна механіка  
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Студент Добровольський Н.В.

Науковий керівник Шуляр Б. Р., доцент

**Допущено до захисту**  
Завідувач кафедри, професор Панчук В. Г.

Рецензент

---

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

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

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

Інститут інженерної механіки та робототехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування  
Освітній рівень магістр  
Спеціальність 131 – Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**проф. Панчук В. Г.**

\_\_\_\_\_2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

**Добровольському Назарію Володимировичу**

Тема роботи: **Розробка конструкції пристрою різання сендвіч-панелей на базі елементів мехатронних систем**

Затверджена наказом № 694/7 від “05” листопада 2025 року

Керівник роботи – Шуляр Б. Р., доцент кафедри КМВ

1. Терміни подання студентом роботи 10 грудня 2025р.
2. Вихідні дані до роботи:
  - Призначення пристрою – різання сендвіч панелей з товщиною до 100 мм
  - Вага пристрою до 50 кг.
  - Довжина до 3-х метрів.
  - Живлення пристрою від мережі 220В
  - Різальний елемент – дискова пила
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: о
  - Актуальність роботи.
  - Аналіз існуючих аналогів.
  - Розробка компоновки конструкції.
  - Проектування виробу
  - Апробація виробу на практиці.
4. Перелік графічного матеріалу:
  - Актуальність роботи (1 аркуш формату А1)
  - Аналіз існуючих аналогів. (1 аркуш формату А1)
  - Компоновка виробу (1 аркуш формату А1)
  - Конструкція виробу (4 аркуші формату А1)
  - Апробація і випробування виробу (1 аркуш формату А1)

**6. Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Шуляр Б. Р., доцент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання: 30 жовтня 2025р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи роботи	Термін виконання етапів роботи	Прим.
1	Актуальність роботи і аналіз існуючих аналогів	07.11.2025	
2	Конструкторська частина	14.11.2025	
3	Графічна частина	21.11.2025	
4	Апробація і випробування	28.11.2025	

**Студент**

Добровольський Н.В.

**Керівник роботи**

Шуляр Б. Р.

30 жовтня 2025 р.

## Реферат

Магістерська робота виконана на тему «Розробка конструкції пристрою різання сендвіч-панелей на базі елементів мехатронних систем»

Робота складається з 50 аркушів, 59 рисунків. В роботі було використано 5 бібліографічних найменувань.

Графічна частина – 8 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – процес різання композитних матеріалів (сендвіч-панелей).

Предмет дослідження – обладнання та інструменти для різання композитних матеріалів (сендвіч-панелей).

Мета роботи – проектування пристрою для різання сендвіч-панелей

Головною метою моєї роботи є проектування та розробка конструкції мехатронної системи різання сендвіч-панелей. Був розроблений принцип різання сендвіч-панелей, вибраний різальний інструмент а також був спроектований механізм приводу і подачі інструменту в зону різання. Також була проведена апробація запропонованих конструкторських рішень на практиці.

Ключові слова: дискова пила, сендвіч-панель, різання.

Студент

Добровольський Н.В.

## Summary

The master's thesis was completed on the topic "Development of the Design of a Device for Cutting Sandwich Panels Based on Elements of Mechatronic Systems."

The thesis consists of 50 pages and contains 59 figures. Five bibliographic sources were used in the work.

The graphic part comprises 8 A1-size sheets.

Object of the research – the process of cutting composite materials (sandwich panels).

Subject of the research – equipment and tools for cutting composite materials (sandwich panels).

Purpose of the work – design of a device for cutting sandwich panels.

The main objective of this work is the design and development of the structure of a mechatronic system for cutting sandwich panels. A cutting principle for sandwich panels was developed, the cutting tool was selected, and the drive and tool feed mechanism into the cutting zone were designed. Practical testing (approbation) of the proposed design solutions was also carried out.

Keywords: circular saw, sandwich panel, cutting.

Student:

Dobrovolskyi N.V.



## 1 Актуальність використання легкозбірних споруд обшитих сендвіч-панелями

У світі прослідковується тенденція будівництва легкозбірних споруд. Україна не є винятком. Все більше ми бачимо цехів, індустріальних парків, заводів, тощо з металоконструкцій обшитих сендвіч-панелями. До прикладу можна розглянути проекти які реалізовує ТзОВ «Калушстальбуд», зокрема на рисунку 1.1 представлене будівництво складу концентрату, а на рисунку 1.2 показано монтаж сендвіч-панелей на заводі LG.



Рис. 1.1 – Будівництво складу концентрату

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.				



Сендвіч-панелі - це збірні елементи, що складаються з двох шарів облицювання, виготовлених зі сталевого листа (зовнішнього і внутрішнього), а також з шару утеплювача, розташованого між ними і виготовленого з жорсткого пінополіуретану, поліізоціанурату, мінеральної вати або пінополістиролу.

Покрівельний матеріал сендвіч-панелей виготовляється з оцинкованої сталі, товщиною від 0,4 до 0,7 мм, з полімерними захисним шаром, що забезпечує стійкість до факторів з різним рівнем агресивності. В залежності від умов, в яких знаходиться об'єкт, листова оболонка сендвіч-панелі покрита шаром поліестеру (у стандартній версії), однак в умовах, які вимагають більш високого рівня стійкості до корозії, або коли сендвіч-панелі мають контакт із їжею, лист може бути покритий шаром «FoodSafe» PCV, HPS 200, PVDF або HPS prisma. Важливим є той факт, що при контакті з парою, вологою, снігом або хімічними речовинами вони повністю зберігають свою якість.

Основне призначення наповнювача - теплоізоляція та акустичний захист. Сталеві обшивки разом із наповнювачем відіграють роль щита, який захищає від вітру, температури, вогню, снігу, інших численних погодних умов та особливих умов на об'єктах. В залежності від потреб, споживачі можуть замовити сендвіч-панелі з чотирма наповнювачами.

#### *PIR - поліізоціанурат*

Це піна з хімічно модифікованим полікретоновим наповнювачем, який характеризується підвищеним рівнем вогнестійкості, зберігаючи при цьому належні механічні та теплоізоляційні властивості. Наповнювач пінополіуретан має пористу структуру, а також відрізняється значною легкістю та міцністю. Дані панелі відносять до категорії самозатухаючих матеріалів.

#### *MiWo - кам'яна мінеральна вата*

З густиною 110 кг/м<sup>3</sup> та розташуванням волокон перпендикулярно до облицювання, характеризується високою вогнестійкістю, значно більшою, ніж

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.				

інші типи наповнювачів. Мінеральна вата, що застосовується у виробництві даних панелей, складається з базальтових волокон з дуже високою жорсткістю та механічною стійкістю.

#### *EPS - пінополістирол*

Це синтетичний теплоізоляційний матеріал, що виготовляється з гранул полістиролу шляхом нагрівання. Пінополістирол має однорідну структуру з герметично замкнених пухирців. Саме така структура надає матеріалу низької теплопровідності і високої міцності, робить матеріал паронепроникним і не дозволяє вбирати вологу,

робить його легким.

#### *PUR – пінополіуретан*

Це суміш поліолів та ізоціанатів з піноутворюючими властивостями, що характеризується високими параметрами ізоляції та щільністю приблизно 40+3 кг/м<sup>3</sup> відповідно до стандарту ДСТУ Б В.2.6-71 :2008.

На рисунку 1.4 показана типова конструкція будівлі обшитої сендвіч-панелями. З рисунку видно, що під час монтажу частину панелей необхідно додатково різати, а саме підганяти панелі під профіль даху (поз. 1) та фундаменту (поз. 4), вирізати проєми дверей (поз. 3) та вікон (поз. 2), тощо.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.				



Рис. 1.4 – Приклади необхідності різання сендвіч-панелей

- 1) припасування під профіль даху; 2) вирізання проємів вікон; 3) вирізання проємів воріт та дверей; 4) припасування під фундамент та інші конструктивні елементи*

На виробництві сендвіч-панелі різуться тільки під прямим кутом, тому для припасування під час будівництва приходиться здійснювати додаткове різання. Процес останнього супроводжується певними труднощами які ми розглянемо в наступному розділі.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				11

## 2 Аналіз методів різання сендвіч-панелей

Незважаючи на широке використання сендвіч-панелей, питання вибору оптимального способу їх порізки залишається актуальним, оскільки неправильна технологія може призвести до пошкодження металевого покриття, утворення корозії або зниження теплоізоляційних властивостей. Ось декілька методів порізки сендвіч-панелей:

### 1. Кутова шліфмашина («Болгарка») — не рекомендується!

Найбільш розповсюдженим методом різання панелей є кутова шліфмашина, так як за її допомогою можна швидко розрізати металеві листи сендвіч-панелей, але її використання не є бажаним через ряд недоліків (перегрівання металу та полімерного покриття).



Рис. 2.1 – Кутова шліфмашина («Болгарка»)

Переваги:

- Висока швидкість різання — швидко виконує великі обсяги.
- Доступність інструменту й дешеві диски.
- Легко виконувати короткі або криволінійні різі.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.				

- Добре підходить для підгонки невеликих елементів.

Недоліки:

- Утворює іскри та перегріває зріз — псує полімерне і цинкове покриття.
- Може оплавити утеплювач (особливо PIR/PUR).
- Високий ризик корозії зрізу.
- Великий шум, іскри, пил — небезпечно на даху або всередині приміщень.
- Порушує гарантію виробника сендвіч-панелей (часто прямо зазначено в інструкції).
- Велика працемісткість так як різання відбувається вручну і впродовж всього різку необхідно витратити значні фізичні зусилля.

## 2. Шабельна пила

Даний інструмент вважається одним з найбільш зручних, коли в панелі необхідно вмонтовувати якісь елементи – двері, вікна, вентиляцію, тощо. Але при великих довжинах різку або коли необхідно забезпечити прямолінійність різку її використання не є зручним, так як з одного боку швидкість різку невелика а з іншого при вузькій ширині (пили) інструмент постійно «відводить» в сторону.



Рис. 2.2 – Шабельна пила

Переваги:

- Не створює іскор, не перегріває металеве покриття. різання
- Безпечна для утеплювача (PIR, PUR, мінеральна вата).

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				13

- Підходить для різання панелей по місцю, навіть у вузьких місцях.
- Можна різати вже змонтовані панелі.
- Невисокий рівень шуму і відсутність задимлення.

Недоліки:

- Низька швидкість різання при великих об'ємах.
- Важко зробити ідеально рівний довгий різ без направляючої.
- Вібрації можуть «захитувати» панель і деформувати край.
- Палотна швидко зношуються при товстому металі.
- Потрібно фіксувати панель, щоб уникнути ривків і сколів.
- Велика працемісткість так як різання відбувається вручну і впродовж всього різу необхідно витратити значні фізичні зусилля.

*3. Ручна циркулярна пила з диском для металу*

Ручна циркулярна пила є одним з найбільш зручних інструментів для різання сендвіч-панелей, але при цьому вона є найбільш небезпечною. Вона дає точний і швидкий різ, але вимагає особливої уважності і значних фізичних зусиль. Особливо при різанні змонтованих сендвіч-панелей і у важкодоступних місцях. При роботі виникає дрібна стальна стружка, яка розлітається на велику відстань і може бути небезпечною для людини, що виконує різ, а також для оточуючих.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.				



Таким чином проаналізувавши інструменти якими можна різати сендвіч-панелі я дійшов висновку, що саме краще для мого пристрою використовувати саме дискову пилу по металу, по типу ручної циркулярної пили. Але для того щоб полегшити роботу майбутній пристрій для різання сендвіч-панелей має забезпечувати такі вимоги:

1. Пристрій має бути автоматизований і механізований для того, щоб оператор не знаходився в зоні різання.
2. В якості різального елемента необхідно використовувати дискову пилу для сталюого прокату.
3. Різальний елемент повинен рухатися по заданій траєкторії, наприклад вздовж лінійних направляючих.
4. Керування пристроєм повинно здійснюватися дистанційно.

Компоновку такого пристрою розглянемо в наступному розділі роботи.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.				

### 3 Компоновка верстата для різання сендвіч-панелей

Переважає більшість сендвіч-панелей виготовляється в таких діапазонах розмірів:

- Довжина від 2500 до 12000 мм;
- Ширина від 1000 до 1200 мм;
- Товщина від 50 до 200 мм.

Але підприємство де я проходив практику спеціалізується на відносно невеликих будівлях. Тому найчастіше використовуються панелі в таких діапазонах розмірів:

- Довжина від 2500 до 6000 мм;
- Ширина від 1150 до 1180 мм;
- Товщина від 50 до 100 мм.

Саме для таких параметрів панелей було б доцільним спроектувати різальний пристрій.

#### 3.1 Поперечний різ панелей

Поперечний різ панелей є одним із найрозповсюдженіших. На рисунку 3.1 представлені приклади різання панелей в поперечному напрямку.

Суть поперечного різання представлено на рисунку 3.2. Під час різання необхідно, з одного боку, надійно закріпити панель, а з іншого провести пилу по заданій траєкторії забезпечивши її чітке положення в просторі. Поперечний різ може бути перпендикулярним а також може виконуватись під певним кутом.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.				



Рис. 3.1 – Приклад поперечного різання панелей

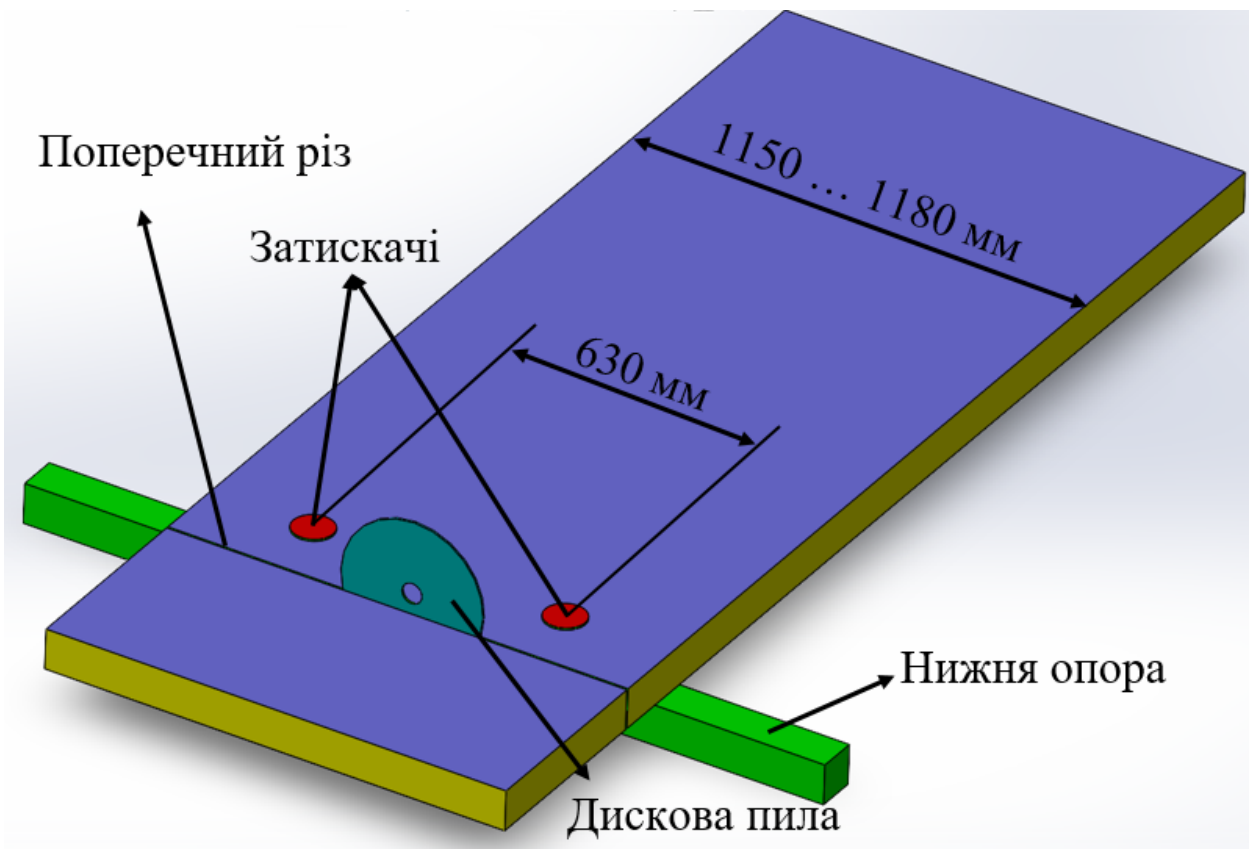


Рис. 3.2 – Поперечний різ сендвіч-панелі

Змн.	Арк.	№ докум.		

МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ

Різання відбувається дисковою пилою (рис. 3.3), яка є надзвичайно небезпечним інструментом, особливо якщо в процесі різання відбудеться зсув панелі. Останній може виникнути внаслідок дії сил під час різання верхнього та нижнього сталюого листа (рис. 3.4). Тобто можуть виникати значні сумарні сили, які будуть намагатися зрушити панель у вертикальному і поперечному напрямках (3.1).

$$P_{\text{відриву}} = P_{\text{відриву верх}} + P_{\text{відриву низ}}$$

$$P_{\text{зсуву}} = P_{\text{зсуву верх}} + P_{\text{зсуву низ}} \quad (3.1)$$

Для того щоб цього не відбулося необхідно надійно закріпити панель, а саме, панель необхідно покласти на опору і зверху затиснути мінімум двома затискачами (рис. 3.2). Так як ширина панелі знаходиться в діапазоні від 1150 до 1180 мм, то відстань між затискачами приймемо 630 мм.

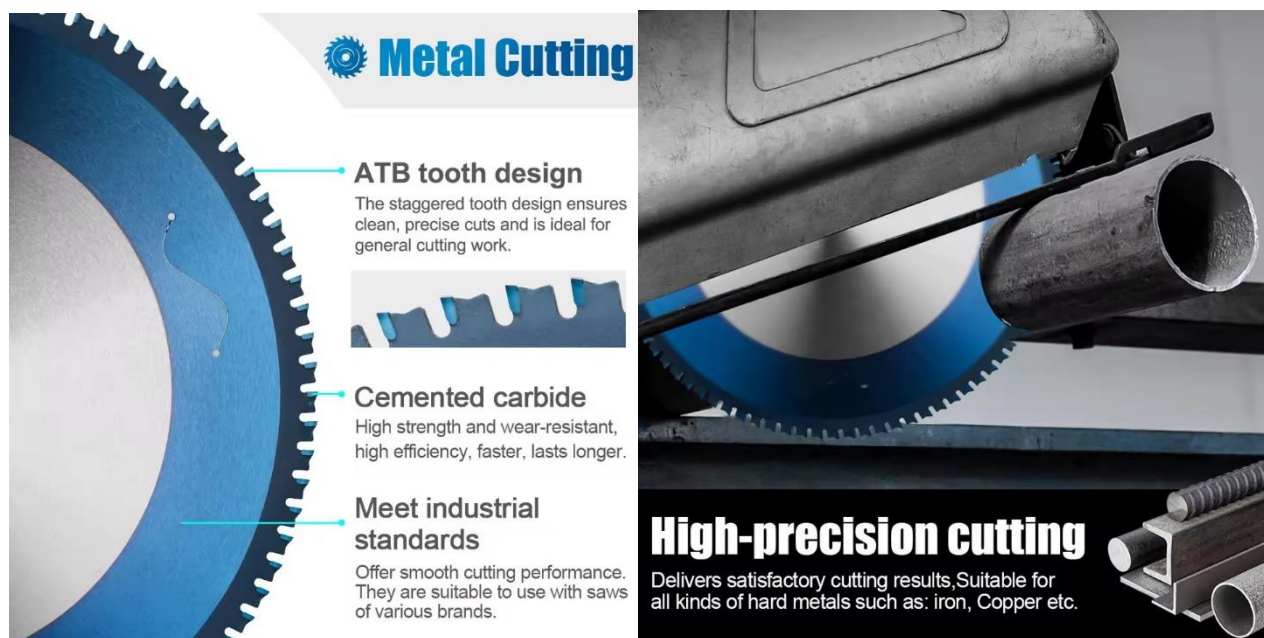


Рис. 3.3 – Дискова пила для різання сталюого прокату

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.				

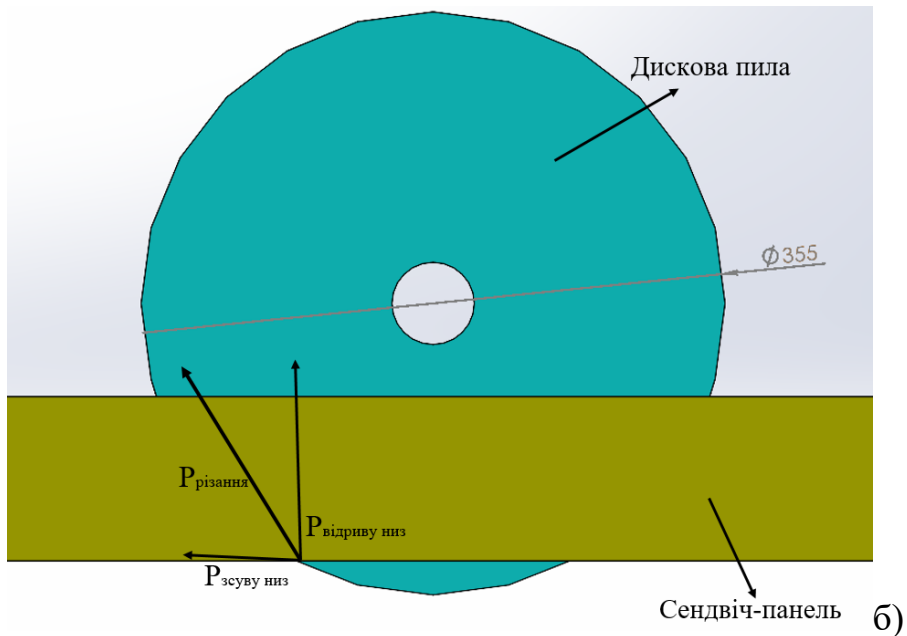
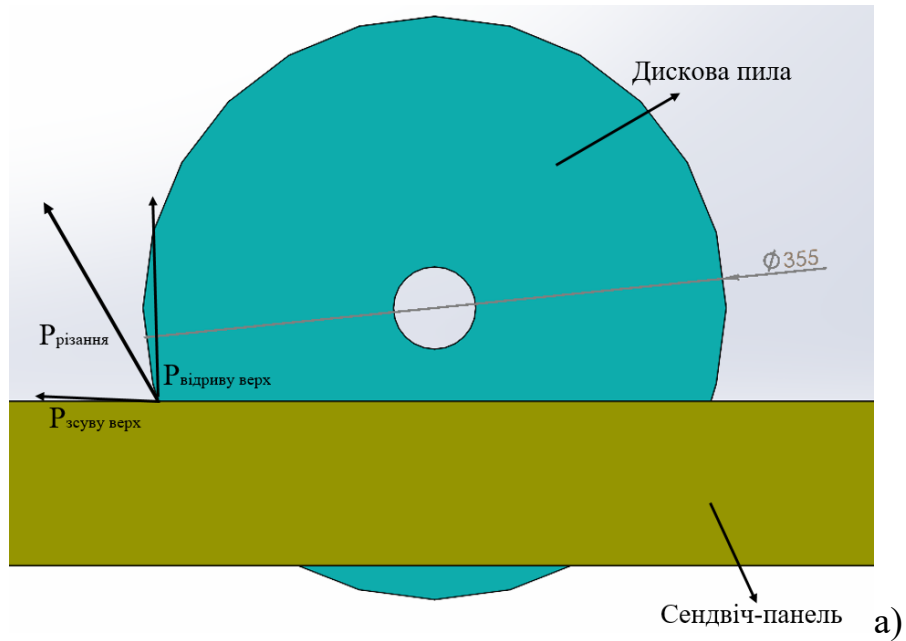


Рис. 3.4 – Сили які виникаю під час різання:  
 а) верхнього листа; б) нижнього листа

В якості нижньої опори можна використати профільну трубу, а в якості затискачів гвинтову пару з опорною п'ятою діаметром 100 мм (рис. 3.2).

### 3.2 Повздовжній різ панелей

Повздовжній різ також є не менш важливим як і поперечний. На рис 3.5 представлено приклад різання в повздовжньому напрямку.

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.				



Рис. 3.5 – Приклад повздовжнього різання панелей

По аналогії з поперечним різом, повздовжній різ панелей також відбувається дисковою пилою, проте її рух здійснюється не в поперечному а в повздовжньому напрямку при цьому він також може здійснюватися як паралельно так і під певним кутом. Панель, при цьому, розміщується вздовж пристрою і виникає необхідність кріплення більшою кількістю затискачів (рис. 3.6).

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.				

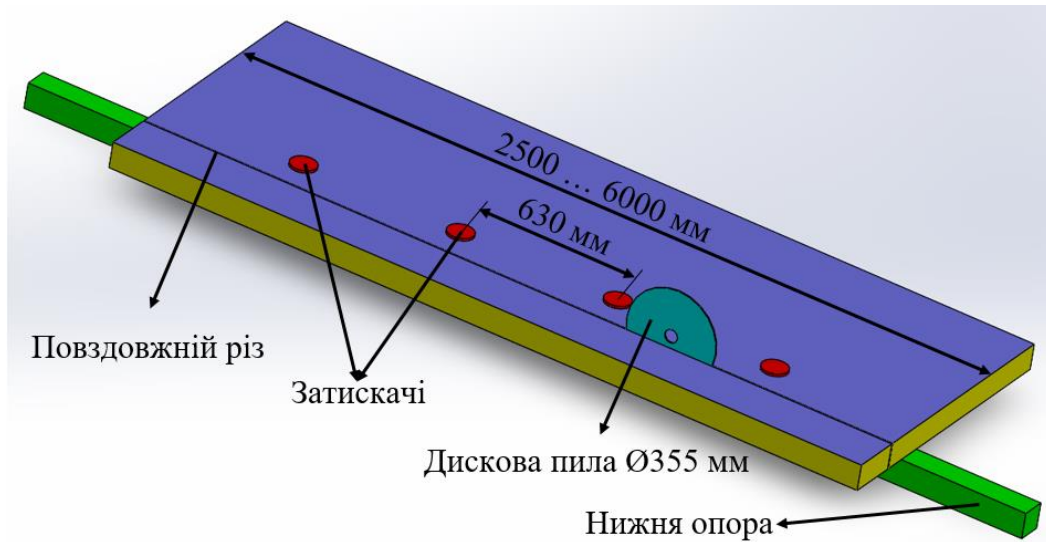


Рис. 3.6 – Повздовжній різ сендвіч-панелі

Затискачі розмістимо на корпусі у вигляді горизонтальної «скоби» виготовленої із профільних труб (рис. 3.7). Параметри скоби повинні бути такими, щоб можна було здійснити різання в усьому діапазоні ширини панелей, тобто якщо ширина панелей 1150...1180 мм, то розмір А може бути 1100 мм, а розмір Б в межах від 1000 до 800 мм.

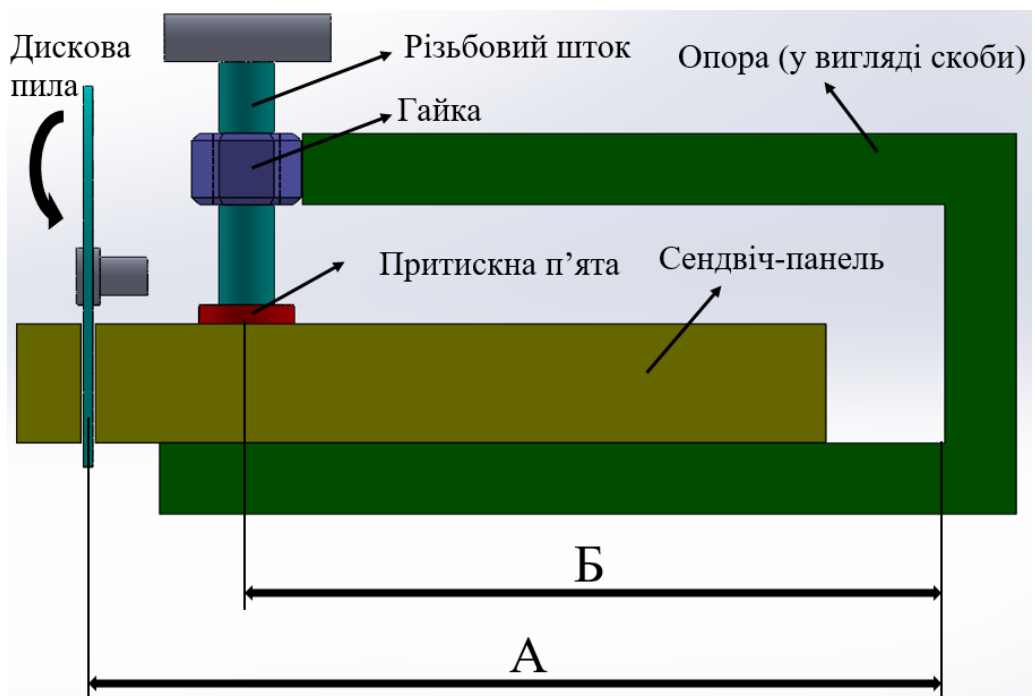


Рис. 3.7 – Компонівка корпусу пристрою в поперечному напрямку

Таким чином, в майбутньому пристрої мають бути враховані такі особливості конструкції:

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				22



## 4 Розрахунок параметрів та підбір комплектуючих пристрою

### 4.1 Підбір комплектуючих приводу пили

Сендвіч-панелі виконані з двох сталевих листів і наповнювача між ними (рис 4.1). На практиці, в умовах будівництва, найчастіше різання відбувається послідовно з двох сторін. Пояснюється це тим, що ручний інструмент є небезпечним і не дозволяє прорізати панель на всю глибину. Проте оптимальним є одночасне різання як верхнього так і нижнього листа (рис. 4.2).

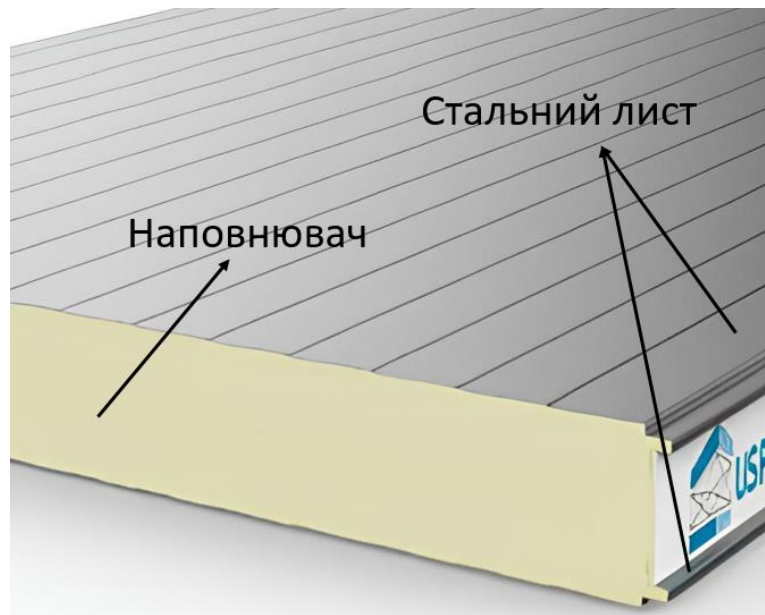


Рис. 4.1 – Конструкція сендвіч-панелі

Із рисунка 4.2 видно, що розмір дискової пили залежить від товщини панелі. Найчастіше використовуються панелі з товщиною до 100 мм, при чому, товщина дахової панелі буде більшою за рахунок ребер профілю. У випадку дахової панелі з товщиною 100 мм загальна товщина з ребрами буде – 140 мм.

З іншого боку, для надійного затиску пили, необхідно передбачити затискні фланці. Для пили з посадковим отвором 25,4 мм, діаметр затискних фланців не може бути меншим за 50 мм.

З рисунка 4.2 видно, що для такого випадку найбільш оптимальною буде пила з діаметром 355 мм. Наприклад, такі пили випускають фірми Makita, DeWalt, Evolution та XCAN. Саме пилу XCAN (рис. 4.3) я використав у своїй конструкції для проведення перевірки працездатності пристрою.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.				



мм. В якості шківів на валу двигуна і на валу пили використовуємо зубчасті шківви з профілем 8М, шириною 30 мм та з кількістю зубів  $Z=20$ . Такі шківви є мінімально допустимими по діаметру для електродвигуна АИР71В2 з валом  $\varnothing 19$  мм, і вузла обертання пили де є обмеження по зовнішньому діаметру всіх деталей.

Із рисунку 4.4, не складно визначити міжцентрову відстань між шківвами приводу пили. З рекомендацій фірми PowerBelt [5] (рис. 4.5), вибираємо зубчастий ремінь довжиною 568 мм з кількістю зубів  $Z=71$  і шириною 30 мм.

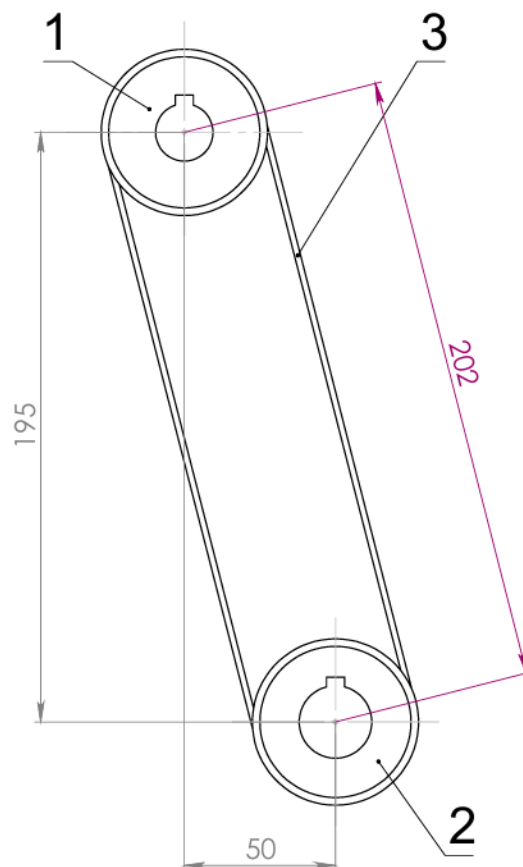


Рис. 4.4 – Схема передачі крутного моменту

*1 – Зубчастий шків електродвигуна; 2 – Зубчастий шків вузла обертання пили; 3 – Зубчастий ремінь.*

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.				



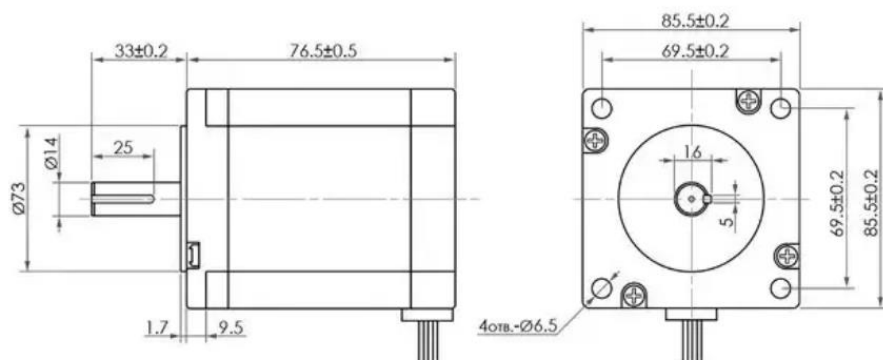


Рис. 4.6 – Загальний вигляд та розміри крокового двигуна 86BYG250B-14

- Модель: 86BYG250B-14
- Типорозмір фланця: NEMA 34 (86 мм)
- Довжина двигуна: 76.5 мм
- Кількість валів: 1
- Діаметр валу: 14 мм
- Шпонка: 5 мм
- Кількість фаз: 2
- Струм: 4.0 А
- Момент утримання: 4.5 Нм
- Кутовий крок: 1.8° (200 крок/об)
- Точність кроку: 5%
- Швидкість обертання: залежить від драйвера (середнє значення 700–800 об./хв)
- Опір фази: 0.82 Ом
- Індуктивність фази: 5.8 мГн
- Інерція ротора: 1400 гсм<sup>2</sup>
- Кількість виводів: 4
- Клас ізоляції: В
- Довжина дроту: ~1.5 м
- Робоча температура двигуна: 0...80 °С
- Температура довкілля: -20...+50 °С
- Вага: 2.23 кг

Рис. 4.7 – Технічні характеристики крокового двигуна 86BYG250B-14

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.				





Рис. 4.10 – Загальний вигляд зубчастого колеса SATI (Італія) M1,5 – Z21

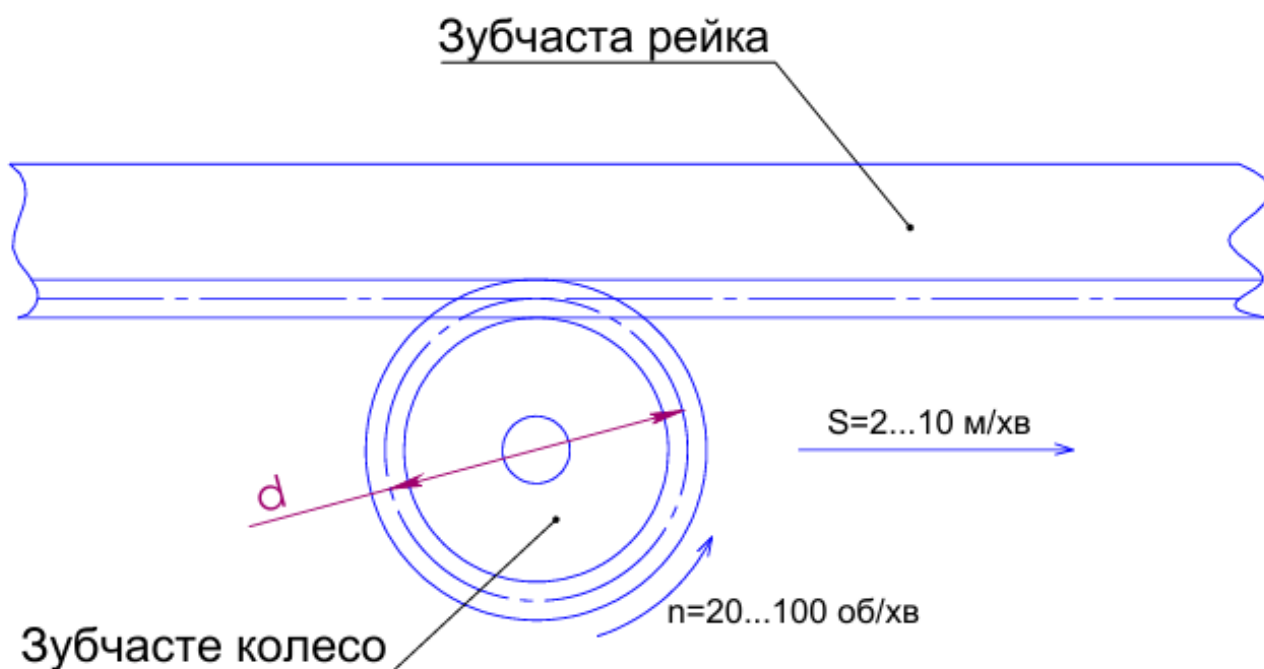


Рис. 4.11 – Схема приводу каретки

$d$  – дільний діаметр зубчастого колеса;  $n$  – кількість обертів зубчастого колеса, об/хв;  $S$  – подача каретки і пили, м/хв.

За один оберт зубчастого колеса каретка буде проходити відстань  $A$  яку можна визначити за формулою:

$$A = \pi d$$

де,  $d$  – дільний діаметр зубчастого колеса, який визначається за формулою:

$$d = m \cdot z$$

де,  $m$  – модуль зубчастого зачеплення,  $m = 1,5$ ;

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				30

$z$  – кількість зубів зубчастого колеса,  $z = 21$ .

$$d = 1.5 \cdot 21 = 31,5 \text{ мм}$$

$$A = 3,14 \cdot 31,5 = 98,9 \approx 100 \text{ мм}$$

Швидкість обертання зубчастого колеса, при цьому буде:

$$n = S/A$$

$$n_{\min} = S_{\min}/A = 2000/100 = 20 \text{ об/хв}$$

$$n_{\max} = S_{\max}/A = 10000/100 = 100 \text{ об/хв}$$

Таким чином, щоб забезпечити подачу  $S$  в діапазоні від 2 до 10 м/хв, зубчасте колесо повинно обертатися з швидкістю від 20 до 100 об/хв.

Зубчасте колесо обертається кроковим двигуном через редуктор з передавальним числом 1:6. Тобто для забезпечення подачі  $S$  каретки, обертання двигуна повинно відбуватися з частотою від 120 до 600 об/хв. З графіка залежності крутного моменту від швидкості обертання крокового двигуна (рис. 4.12) ми бачимо, що такий діапазон обертів двигуна є найбільш оптимальним. Тобто, буде забезпечуватись високий крутний момент без резонансних вібрацій які виникають в діапазоні малих швидкостей обертання.

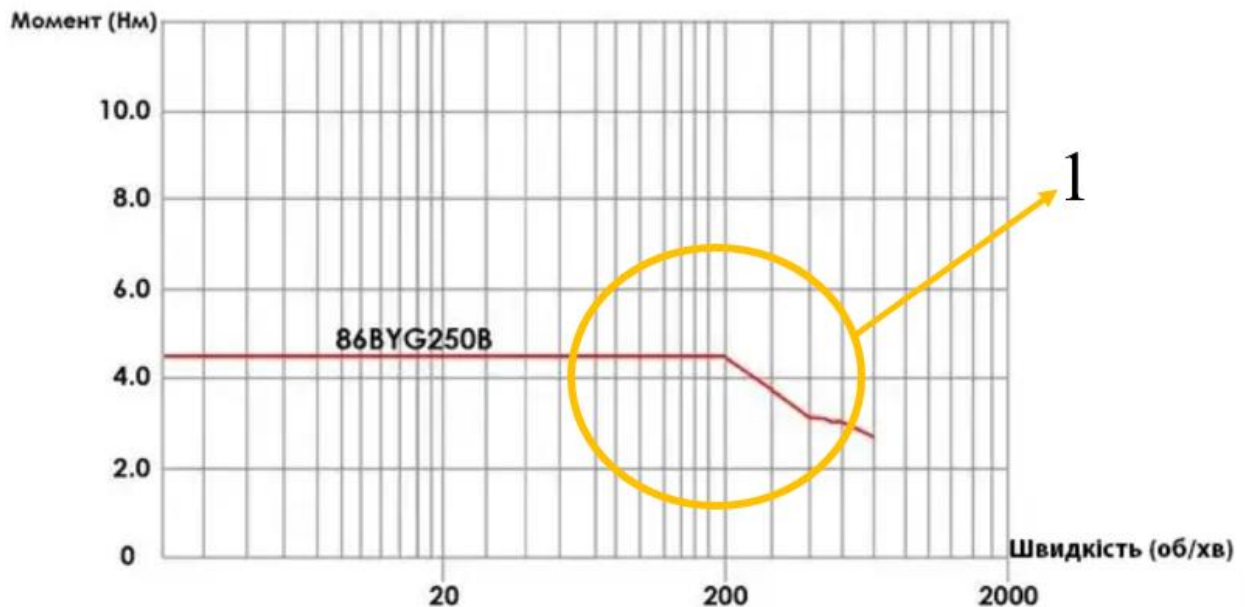


Рис. 4.12 – Графік залежності крутного моменту від швидкості обертання

*1 – межі в яких працює коковий двигун*





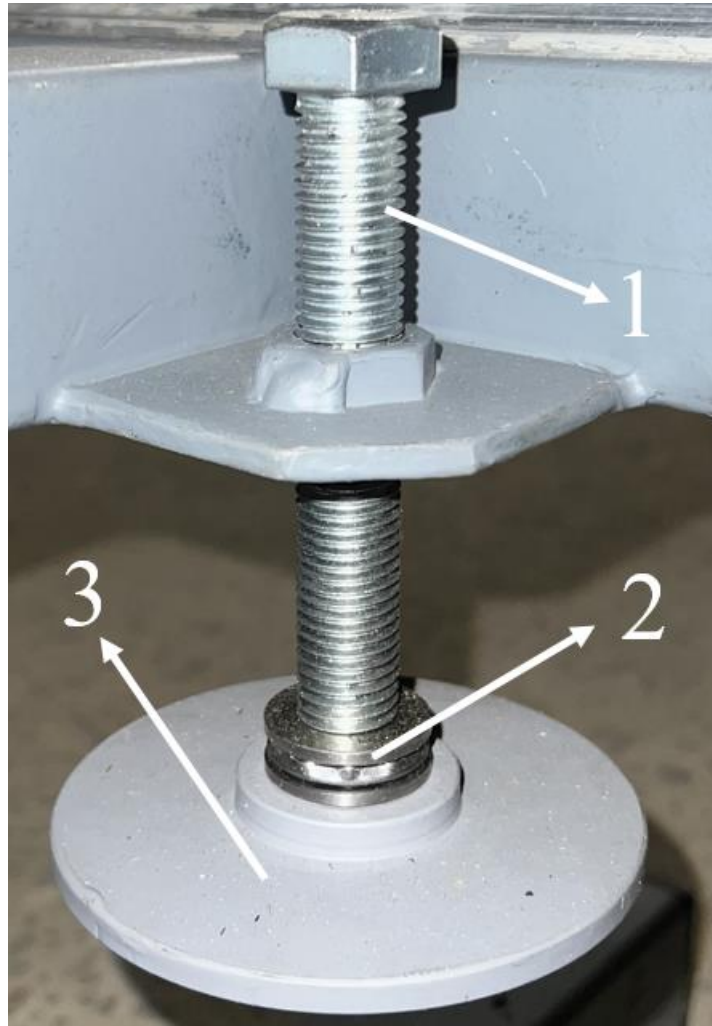


Рис. 4.16 – Різьбовий затискач для сендвіч-панелей  
*1 – гвинт; 2 – упорний підшипник; 3 – притискна п'ята*

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.				

## 5 Розробка конструкції пристрою для різання сендвіч-панелей

На базі компоновки і підбору комплектуючих, мною була спроектована конструкція пристрою для різання сендвіч-панелей. Конструкція представлена у вигляді 3D моделей.

Рама пристрою (рис. 5.1 і 5.2) складається з зварного корпусу (поз. 1), на якому розміщені дві лінійні направляючі (поз. 2) і зубчаста рейка (поз. 3). В приварних гайках загвинчені різьбові затискачі (поз. 4). На кожному затискачі знаходиться притискна п'ята (поз. 5) для того щоб рівномірно розподілити притискну силу по площі панелі і виключити її деформацію. Щоб не допустити попадання бруду і сторонніх предметів в середину корпусу, труби закриті пластиковими заглушками 100x50 (поз. 6) і 50x50 (поз. 7).

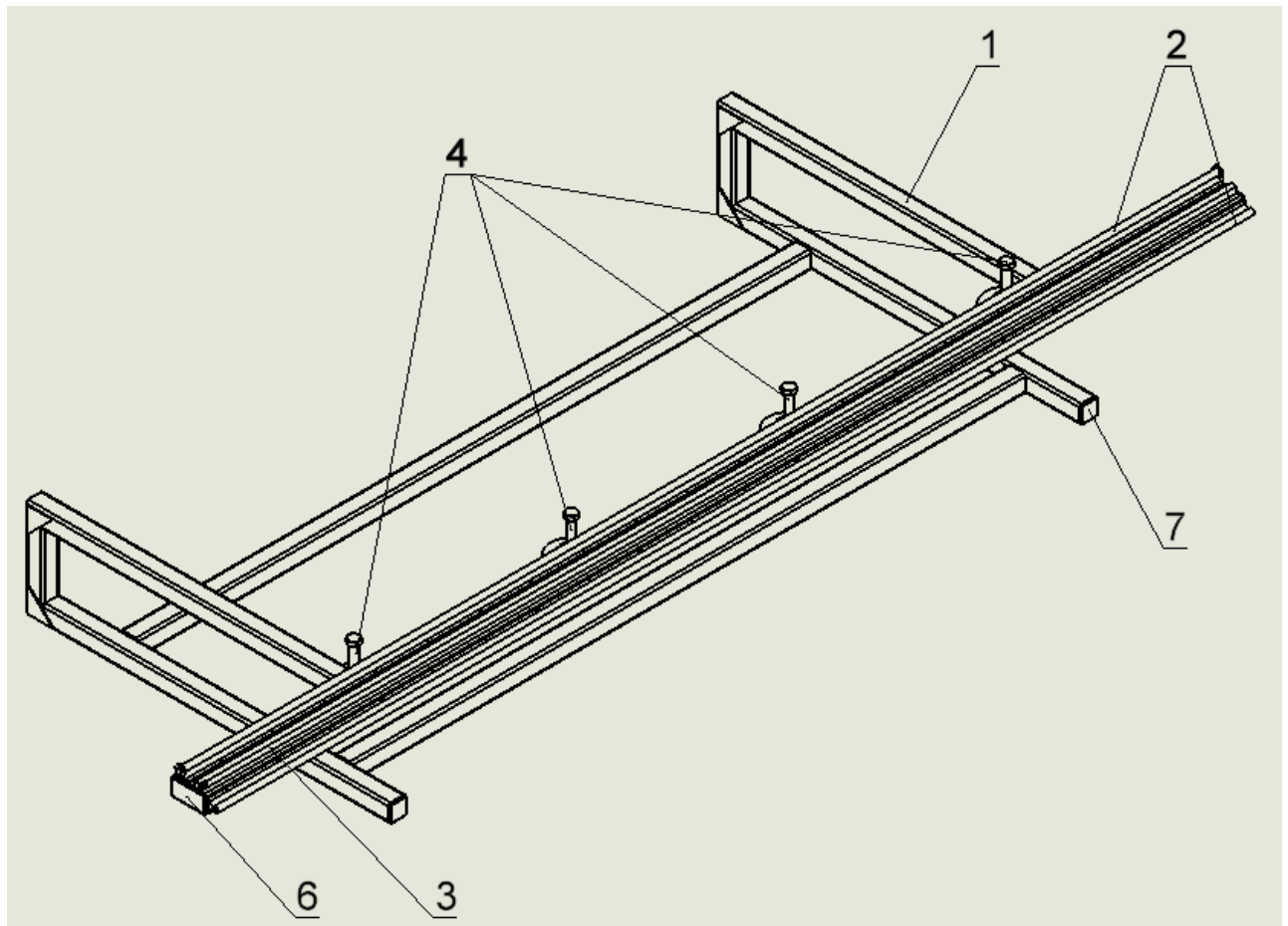


Рис. 5.1 – Рама пристрою (вигляд зверху)

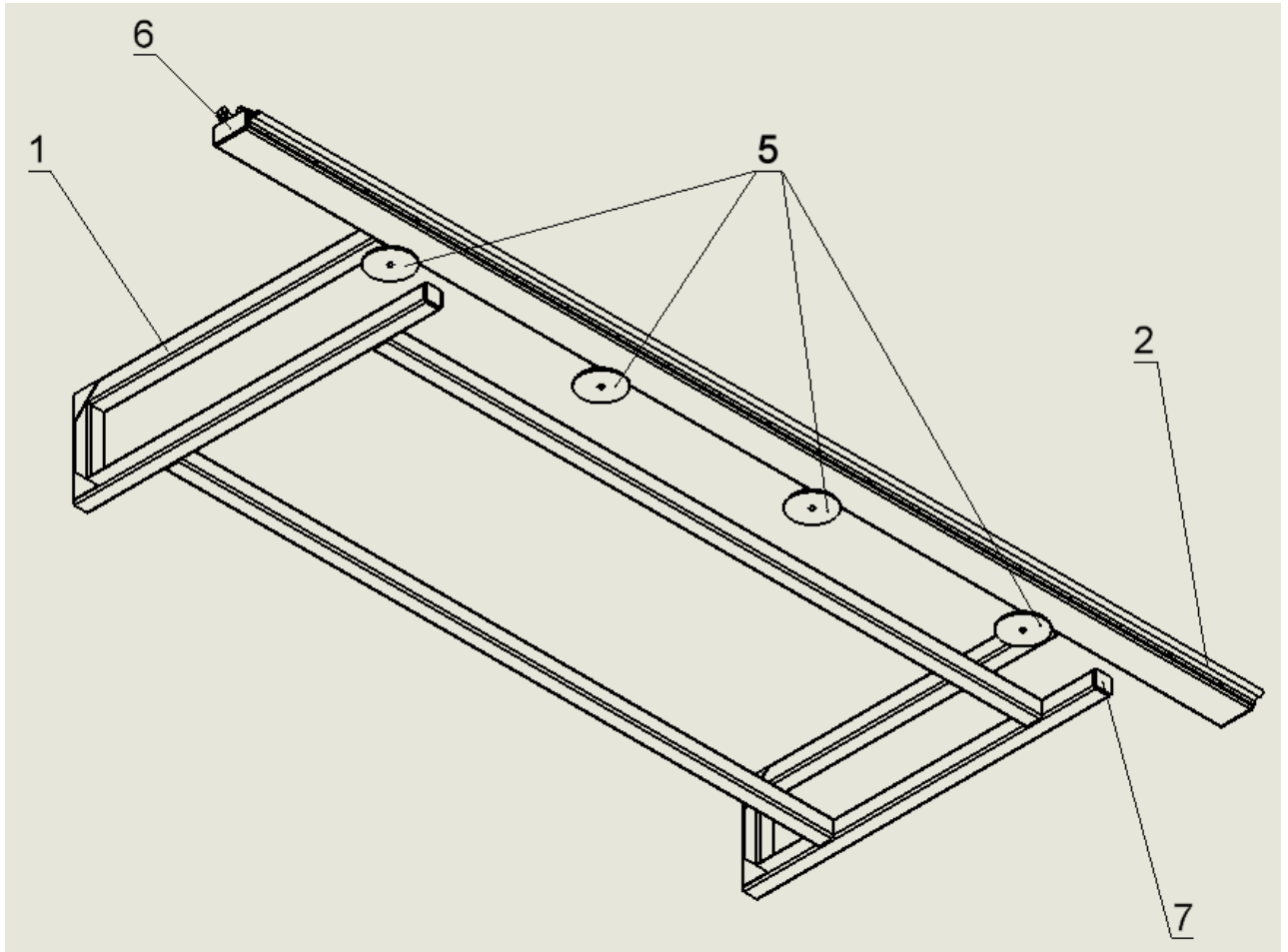


Рис. 5.2 – Рама пристрою (вигляд знизу)

На рис 5.3 представлена конструкція зварного корпусу рами. Корпус складається з профільних труб, а саме з повздовжньої труби 100x50 і додаткових елементів з труби 50x50. Гайки гвинтових затискачів приварені до кронштейнів виготовлених із листа товщиною 5 мм. Кронштейни приварені до повздовжньої труби.

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				36

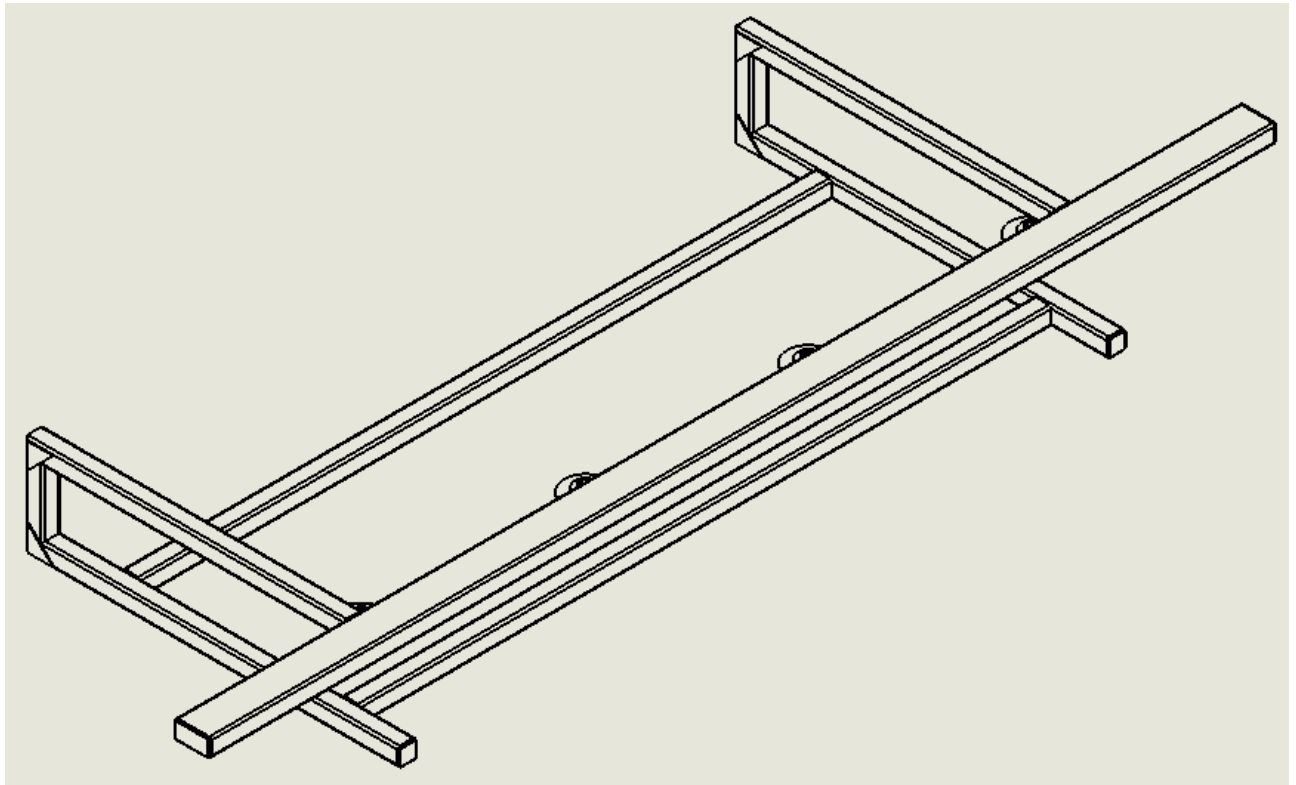


Рис. 5.3 – Зварний корпус рами пристрою

По направляючих рами рухається каретка пристрою (рис. 5.4) яка складається із зварного корпусу (поз. 1) до якого за допомогою гвинтів М5 (поз. 2) прикріпленні чотири лінійні підшипники (поз. 3) (по дві штуки на кожному направляючому). За допомогою цих підшипників каретка має змогу рухатися вздовж рами пристрою. Також на корпусі розміщені привід каретки (поз. 4) (рис. 5.4), привід пили (поз. 5) (рис. 5.5), вузол обертання пили (поз. 6) (рис. 5.6), вузол ручки для ручного переміщення каретки (поз. 7) (рис. 5.7) і захисний кожух пили (поз. 8) (рис. 5.8).

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.				









Кожух каретки (рис. 5.9) виготовлений з листового прокату товщиною 2 мм, і складається з двох частин – кожуха приводу пили та захисного кожуха пили.

Кожух приводу пили захищає зубчастий пас, через який передається крутний момент від електродвигуна до вузла обертання пили.

Захисний кожух пили захищає обслуговуючий персонал від зубів пили, а також від частинок (абразивних зерен, металевої стружки, частинок наповнювача, тощо), що розлітаються в процесі різання сендвіч-панелі.

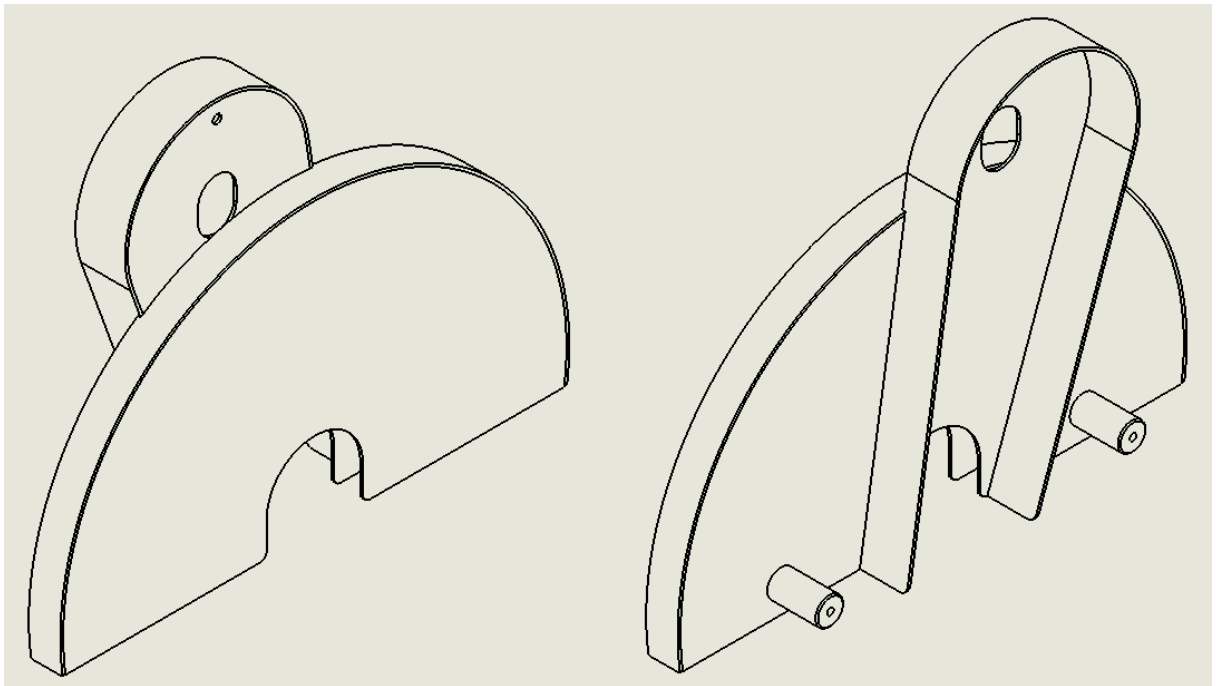


Рис. 5.9 – Кожух каретки

Загальний вигляд каретки в складеному вигляді представлений на рисунку 5.10 , а на рисунку 5.11 представлений загальний вигляд складеного пристрою.

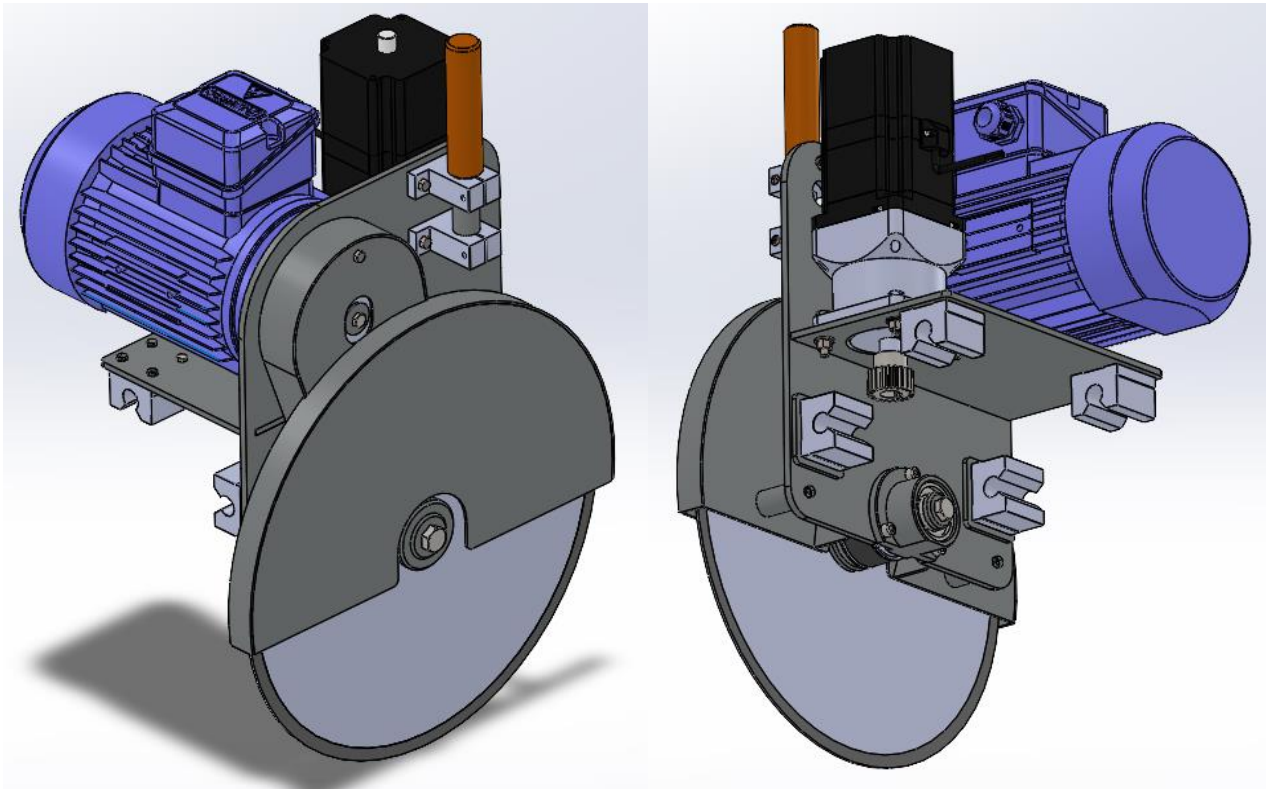


Рис. 5.10 – Загальний вигляд каретки пристрою

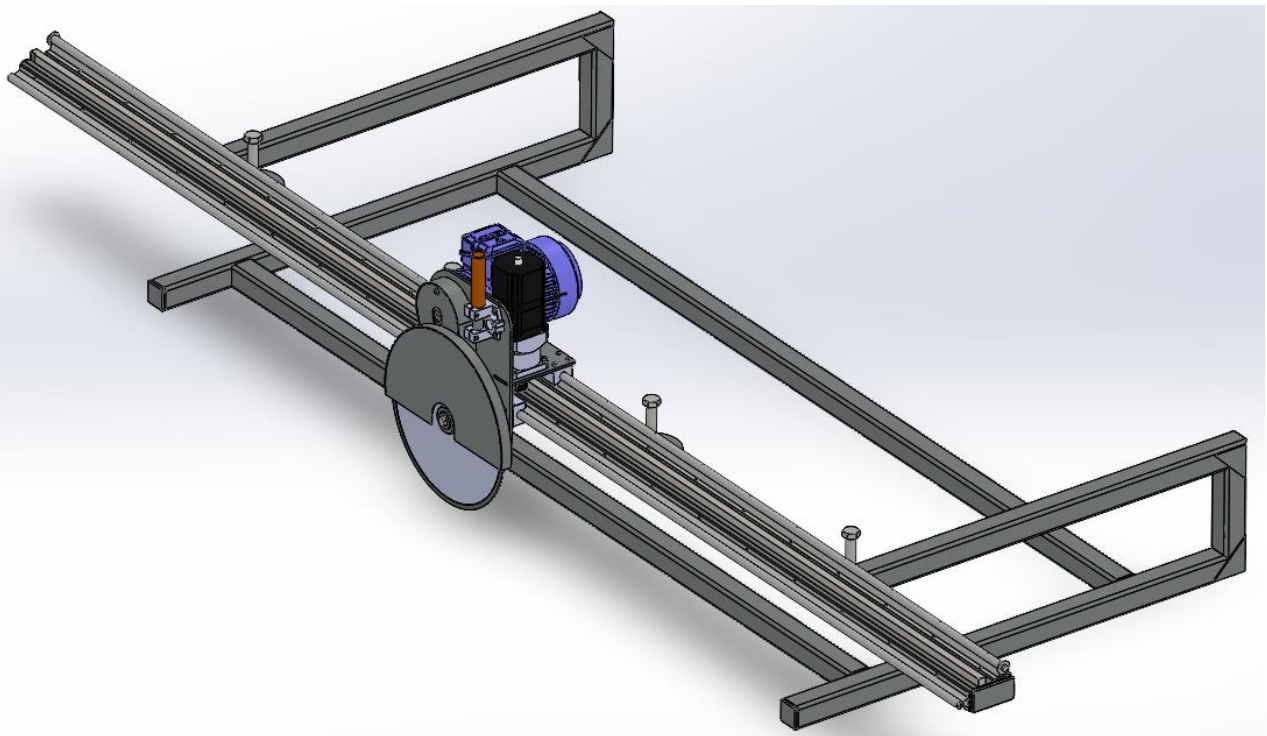


Рис.5.11 – Загальний вигляд пристрою

						МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i> 43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>					

Креслення рами пристрою, каретки та пристрій в загальному вигляді представлені в графічній частині роботи:

- на аркуші МР.ПМКм-009.04.000 – рама пристрою;
- на аркуші МР.ПМКм-009.05.000 – каретка пристрою;
- на аркуші МР.ПМКм-009.06.000 – загальний вигляд пристрою.

На кожному з аркушів представлена специфікація до креслення складальної одиниці.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.				



Спочатку випробування провели в умовах цеху. На рисунку 6.3 представлені різні сендвіч-панелі виконані кутовою шліфмашиною (рис. 6.3, а) і виготовленим пристроєм (рис 6.3, б). Різницю видно не озброєним оком.

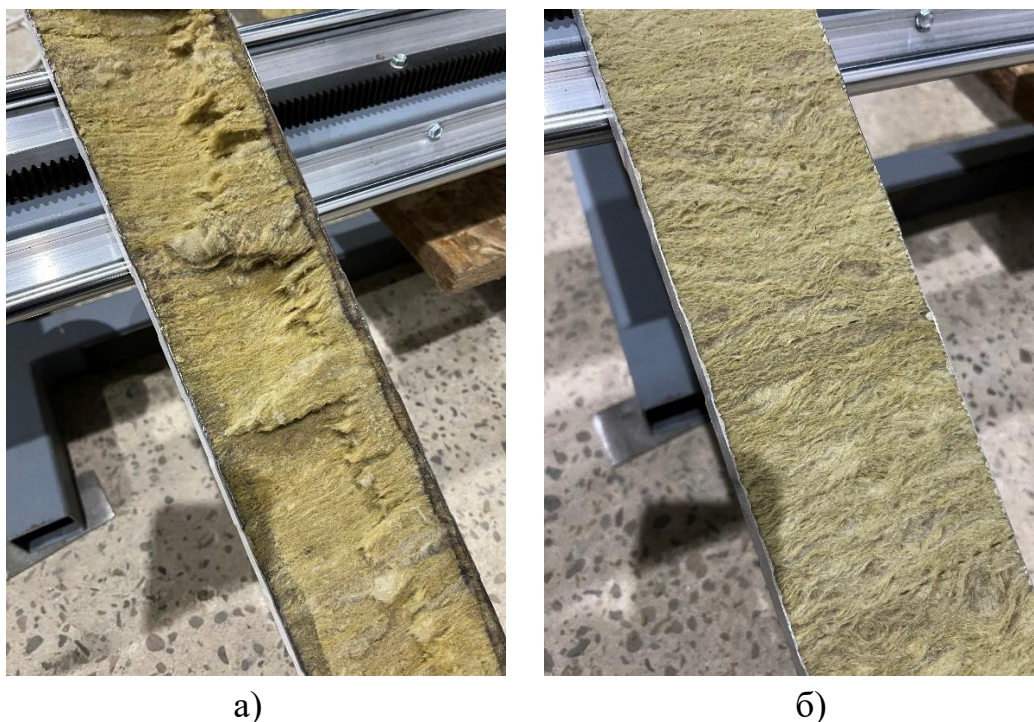


Рис. 6.3 – Різ сендвіч-панелі виконаний кутовою шліфмашиною (а) і пристроєм (б)

Далі випробування продовжили на реальному об'єкті будівництва (рис. 6.4).

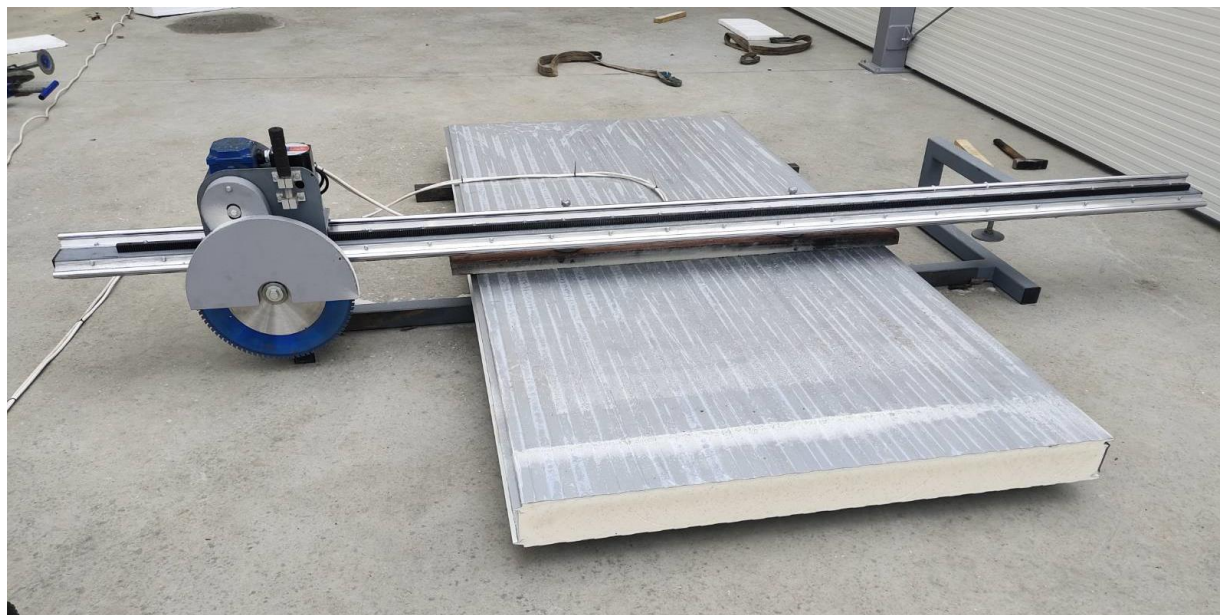


Рис. 6.4 – Випробування пристрою на будівництві

					МР.ПМКМ-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				46



Рис 6.5 – Позиціонування та затиск сендвіч-панелів в пристрої

Був відпрацьований затиск сендвіч-панелі з рівномірним зусиллям (за допомогою шурупверта) (рис. 6.5), виконаний розкрій сендвіч-панелей в поперечному напрямку (рис. 6.6). Випробування пройшло без ускладнень. Було виконано понад 20 різів. Прямолінійність, перпендикулярність та якість торцевої поверхні відповідали нашим сподіванням, але головним було те, що працівник який виконував розкрій знаходився на безпечній відстані, не вдихав дрібнодисперсну пилюку від різання наповнювача і сталевого листа, не піддавався забрудненню і не витрачав значних фізичних зусиль.



Рис. 6.6 – Різ сендвіч-панелі в поперечному напрямку

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				47



Рис. 6.7 – Різ сендвіч-панелі в повздовжньому напрямку

Під час виконання повздовжнього різку (рис. 6.7) виникли проблеми з забезпеченням жорсткості різальної системи. В наслідок недостатньої жорсткості трубчастої рами. Відповідно можна зробити висновок, що пристрій можна використовувати для коротких поперечних різів, але для повздовжнього різання панелей він вимагає вдосконалення.

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.				

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Таким чином, під час проходження переддипломної практики і виконання магістерської роботи, я отримав значний досвід з проектування, виготовлення і застосування на практиці мехатронних систем. Цей досвід в подальшому я зможу використати в своїй практичній роботі.

					МР.ПМК <sub>м</sub> -09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>				

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сендвіч-панелі. Технічний каталог ТЕРМО-БУД: <https://www.termo-bud.com.ua/catalog/>
2. Каталог сендвіч-панелей USP «Ukrainian Sandwich Panels»: [https://usppanels.com/wp-content/uploads/2021/02/USP\\_katalog\\_2021.pdf](https://usppanels.com/wp-content/uploads/2021/02/USP_katalog_2021.pdf)
3. Офіційний сайт Рефіт: <https://refit.com.ua>
4. Офіційний сайт CNC PROM UA: <https://cncprom.ua/ua/>
5. Офіційний сайт PoverBelt: <https://www.powerbelt.ua>

					МР.ПМКм-09.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.				

# Приклади монтування сендвіч-панелей на металоконструкції



Лист № докум. Подп. и дата  
Изм. инв. № Подп. и дата  
Взам. инв. № Подп. и дата  
Справ. №  
Перв. примен.

				<b>MP.ПМКм-009.01.000</b>		
				<b>Приклади монтажу сендвіч-панелей</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масштаб
Разраб.		Добровольский Н.				1:1
Пров.		Шуляр Б. Р.				
Т. контр.		Шуляр Б. Р.				
Н. контр.		Шуляр Б. Р.				
Утв.		Панчук В. Г.				
				Лист 1	Листов 1	
				<b>ІФНТУНГ</b>		
				<b>ПМКм-24-1</b>		
				Формат А1		

## Кутова шліфмашина(болгарка)



### Переваги:

- Висока швидкість різання — швидко виконує великі обсяги.
- Доступність інструменту й дешеві диски.
- Легко виконувати короткі або криволінійні різи.
- Добре підходить для підгонки невеликих елементів.

### Недоліки:

- Утворює іскри та перегріває зріз — псує полімерне і цинкове покриття.
- Може оплавити утеплювач (особливо PIR/PUR).
- Високий ризик корозії зрізу без подальшої обробки.
- Великий шум, іскри, пил — небезпечно на даху або всередині приміщень.
- Порушує гарантію виробника сендвіч-панелей (часто прямо зазначено в інструкції).
- Велика працездатність, так як різання відбувається вручну і впродовж всього різку необхідно витратити значні фізичні зусилля.

## Шабельна пила



### Переваги:

- Не створює іскор, не перегріває металеве покриття.
- Безпечна для утеплювача (PIR, PUR, мінеральна вата).
- Підходить для різання панелей по місцю, навіть у вузьких місцях.
- Можна різати вже змонтовані панелі.
- Невисокий рівень шуму і відсутність задимлення.

### Недоліки:

- Низька швидкість різання при великих об'ємах.
- Важко зробити ідеально рівний довгий різ без направляючої.
- Вібрації можуть «захитувати» панель і деформувати край.
- Плотна швидко зношуються при товстому металі.
- Потрібно фіксувати панель, щоб уникнути ривків і сколів.
- Велика працездатність так як різання відбувається вручну і впродовж всього різку необхідно витратити значні фізичні зусилля.

## Циркулярна пила з диском по металу



### Переваги:

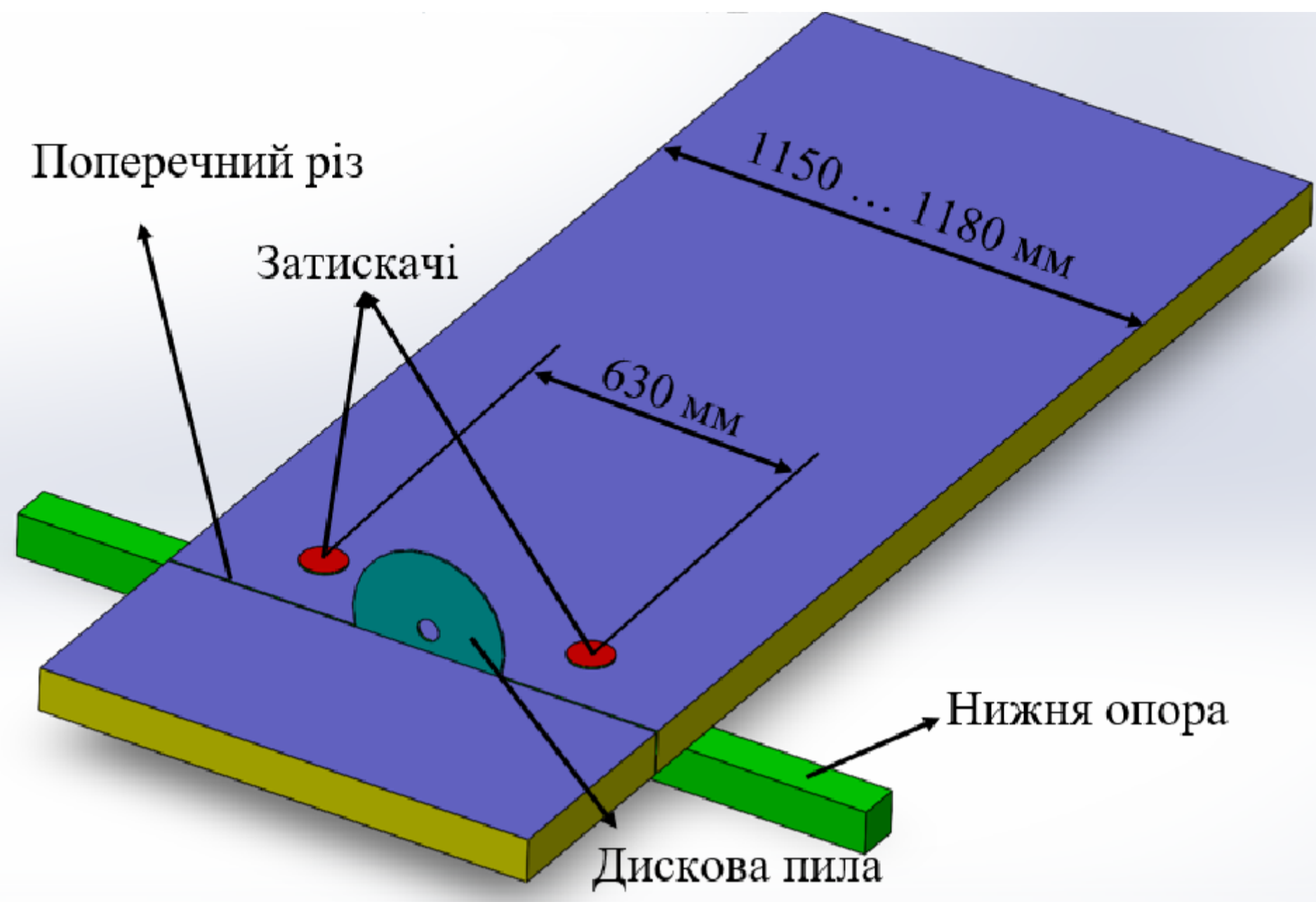
- Дає рівний і чистий різ по всій довжині панелі.
- Підходить для масового розкрою на землі перед монтажем.
- Можна використовувати спеціальні зубчасті диски по металу, які не іскрять.
- При правильному диску — мінімум задирок і пошкоджень покриття.
- Зручна для різання великих, довгих панелей (наприклад, покрівельних).

### Недоліки:

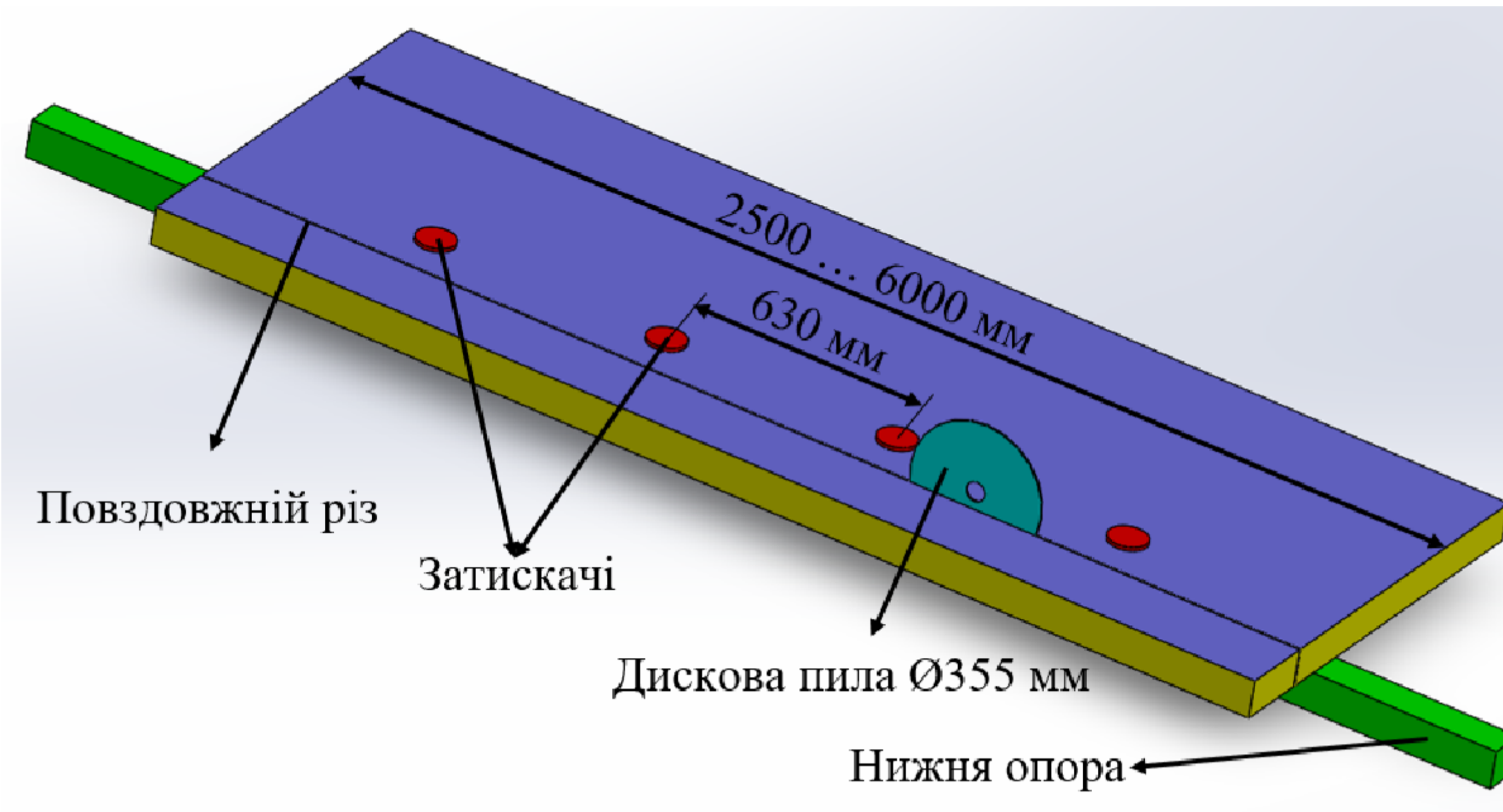
- Потрібно облаштування робочої зони для надійного кріплення панелі що ріжеться.
- Незручно і небезпечно різати вже змонтовані панелі.
- Необхідні спеціальні дискові пили для різання сталевих листів.
- Високий шум при роботі.
- Вимагає акуратного налаштування глибини різку.
- Викликає значне забруднення робочої зони.

				<b>MP.ПМКм-009.02.000</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Аналіз методів різання сендвіч-панелей	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Добровольський Н.						1:1
Пров.		Шуляр Б. Р.				Лист 1	Листов 1	
Т. контр.		Шуляр Б. Р.				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
Н. контр.		Шуляр Б. Р.						
Утв.		Панчук В. Г.						

# Компоновка пристрою для різання сендвіч-панелей



Поперечний різ сендвіч-панелі



Повздовжній різ сендвіч-панелі

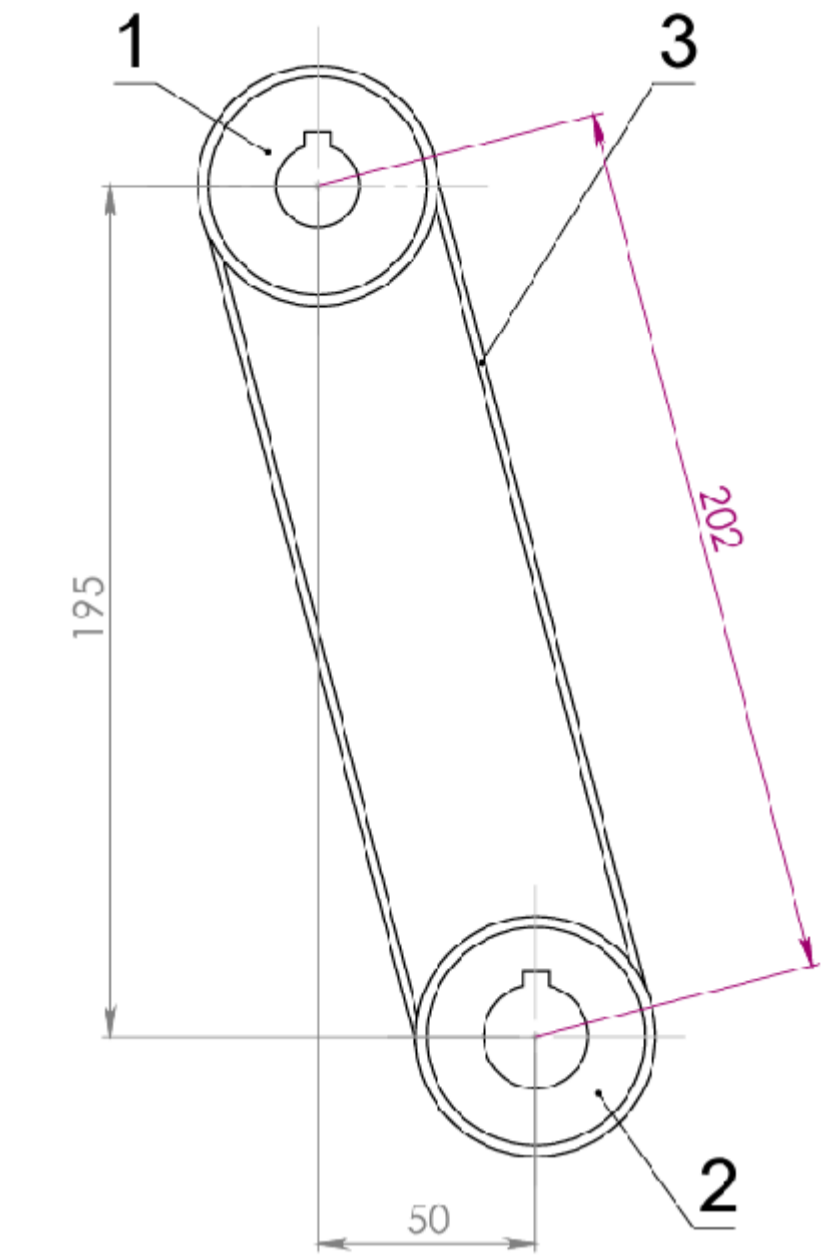
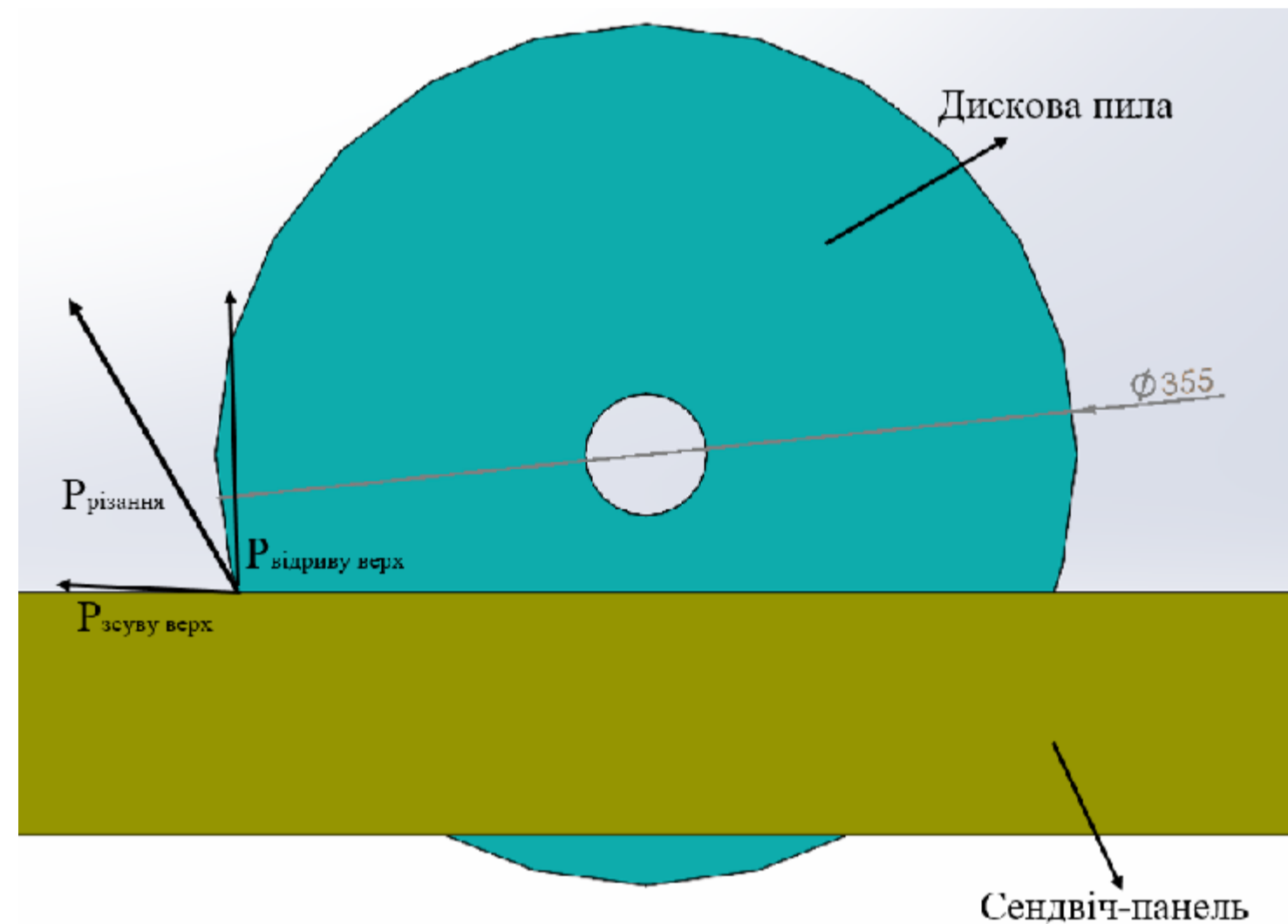
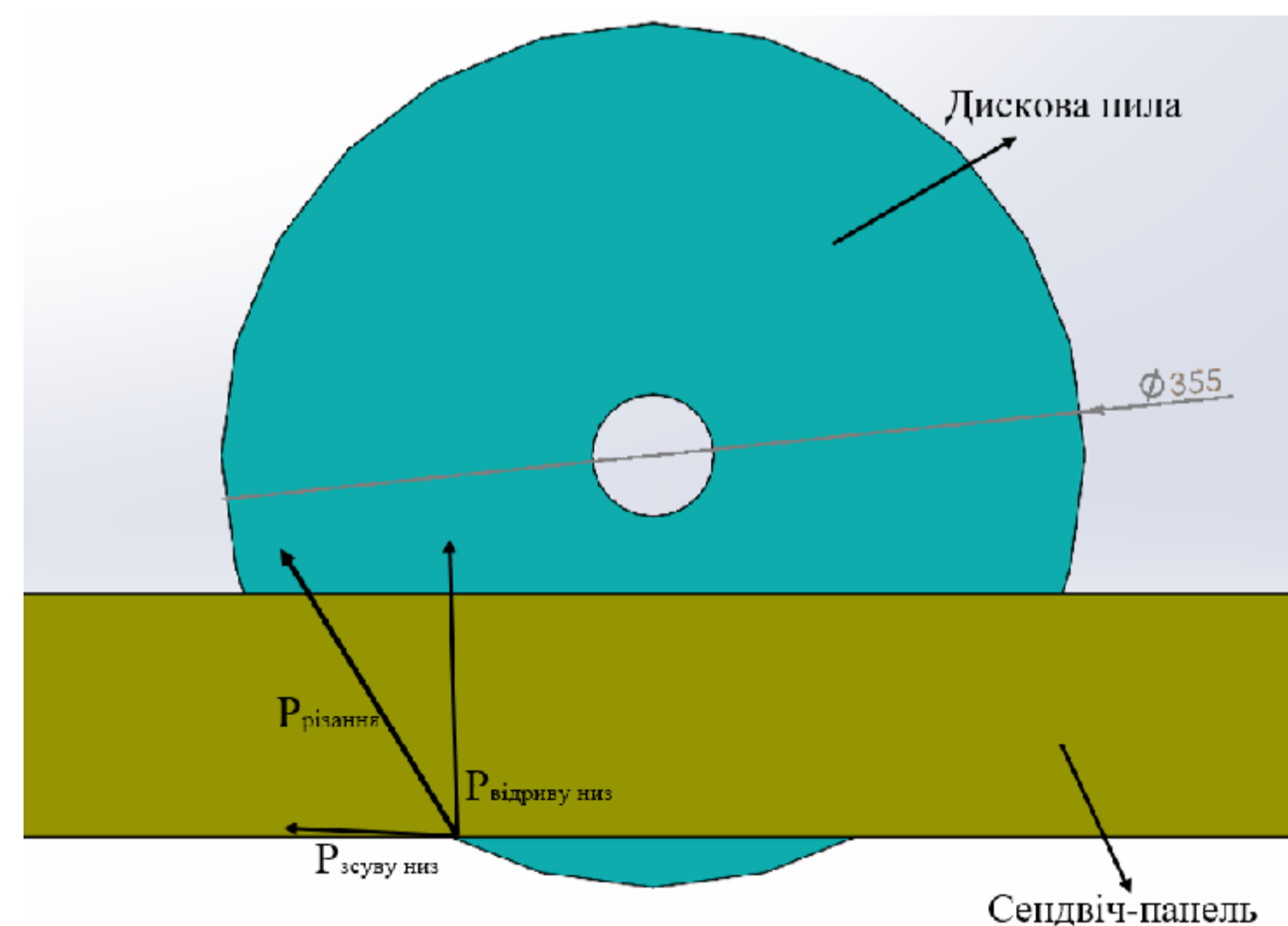


Схема передачі крутного моменту  
1 - Зубчастий шків електродвигуна; 2 - Зубчастий шків вузла обертання пили; 3 - Зубчастий ремінь.

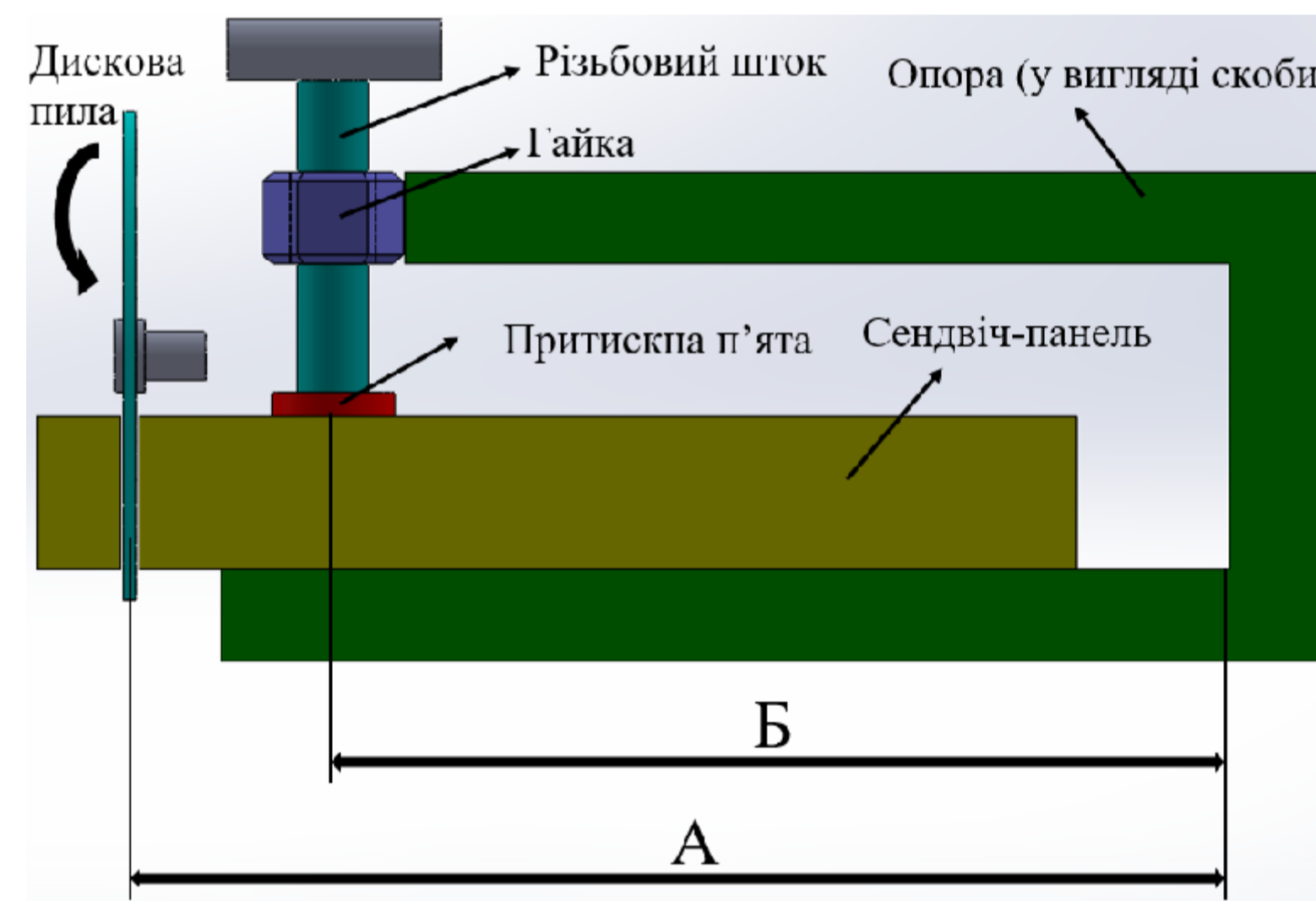


Сендвіч-панель

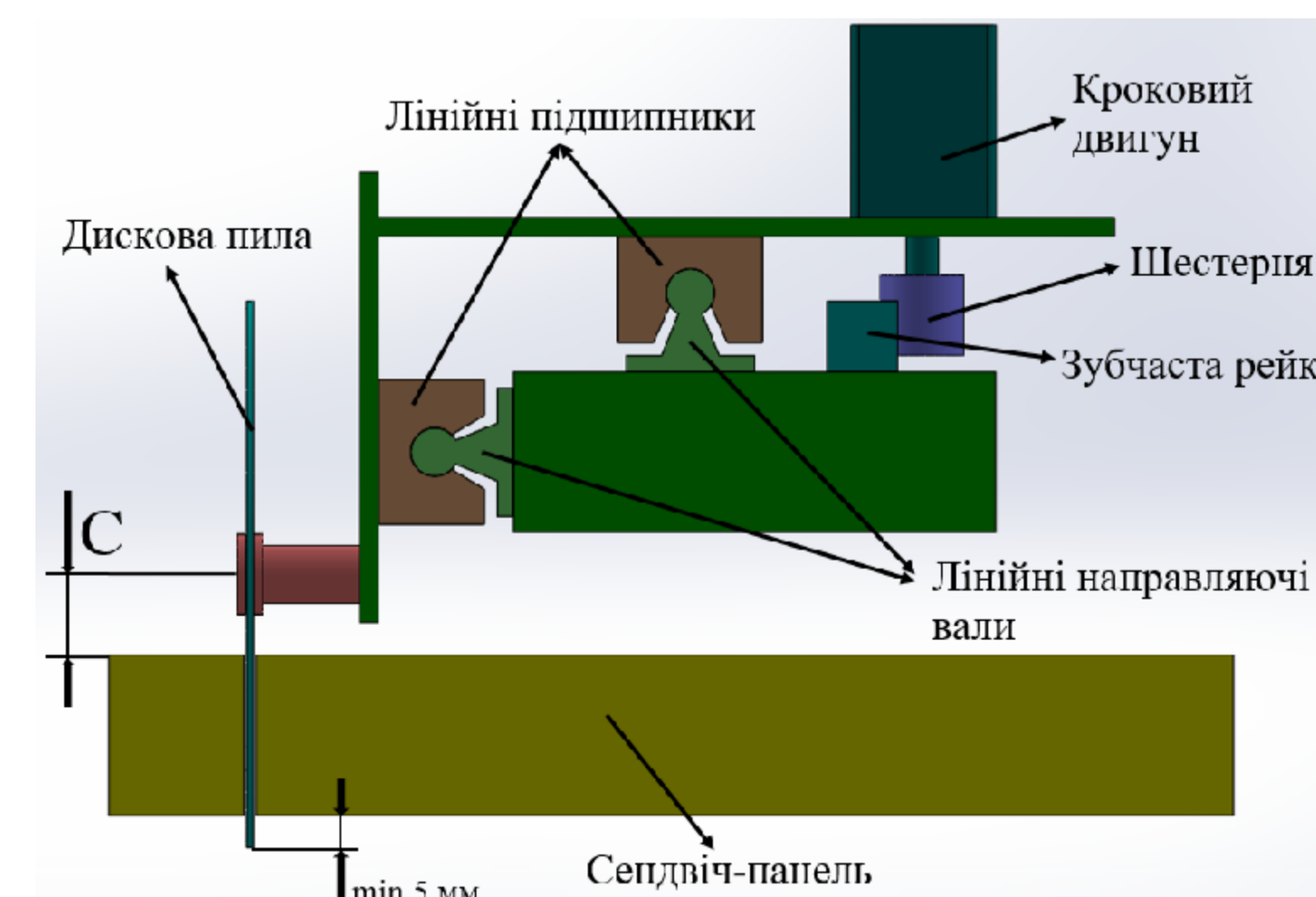


Сендвіч-панель

Сили які виникаю під час різання



Компоновка корпусу пристрою



Компоновка лінійного переміщення пили

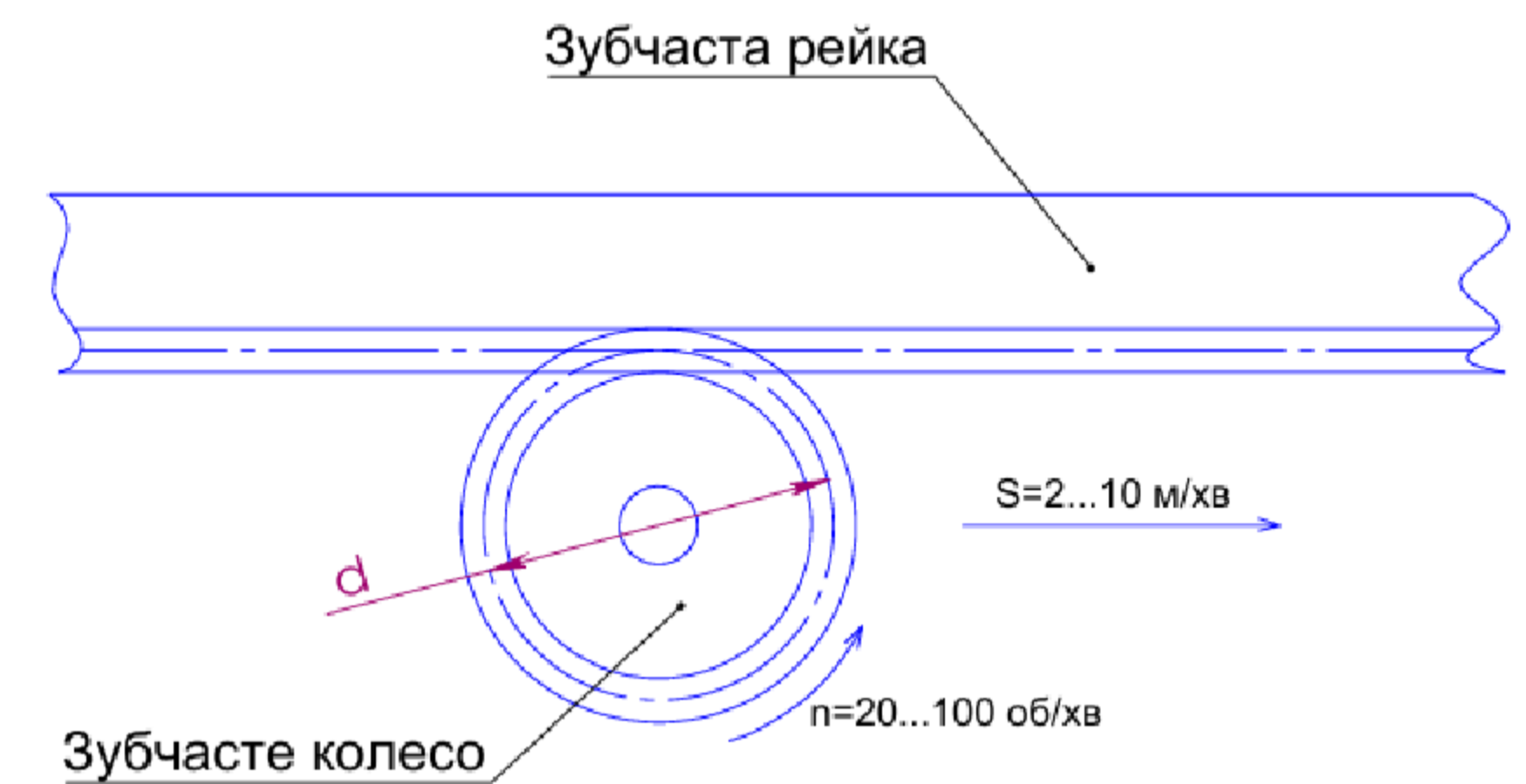
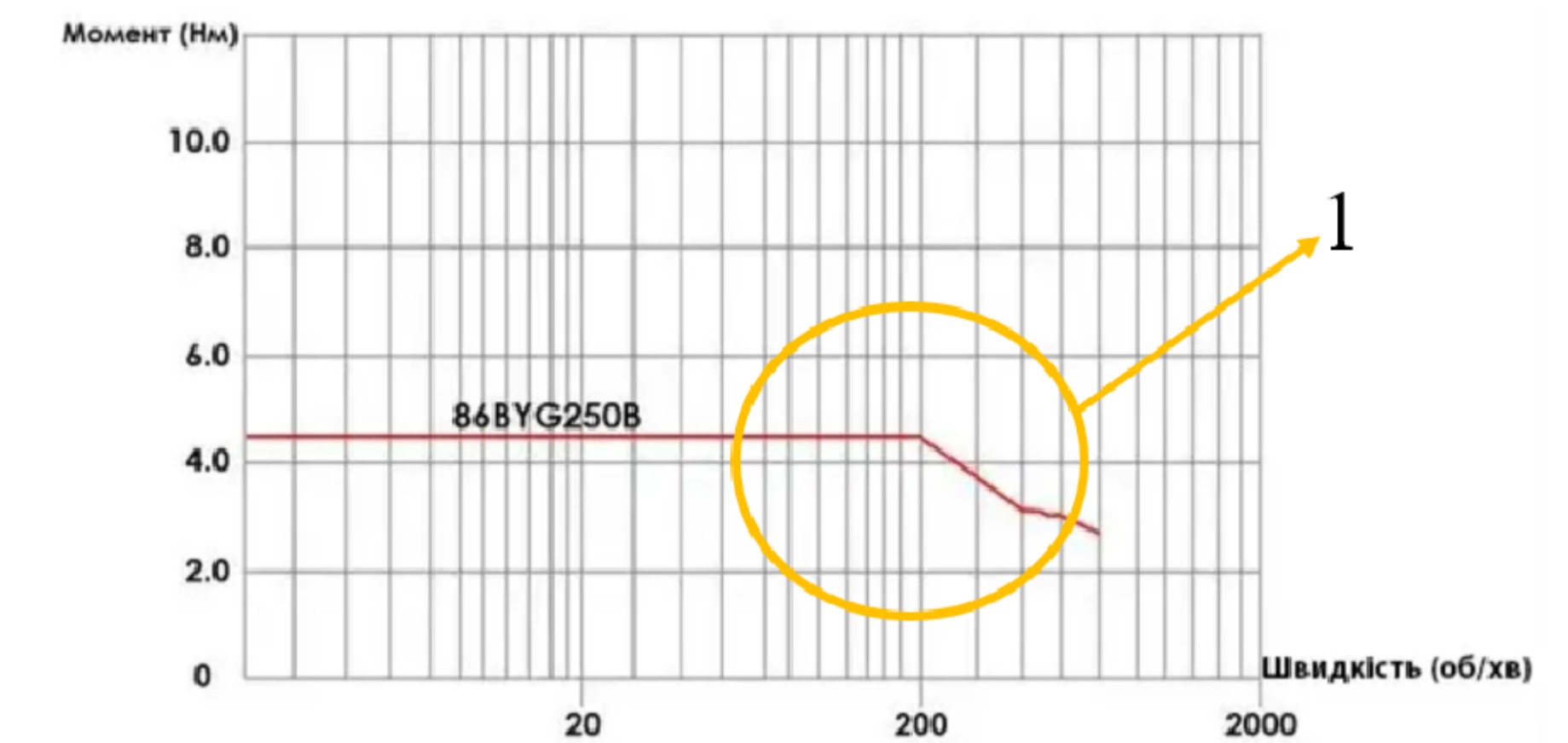
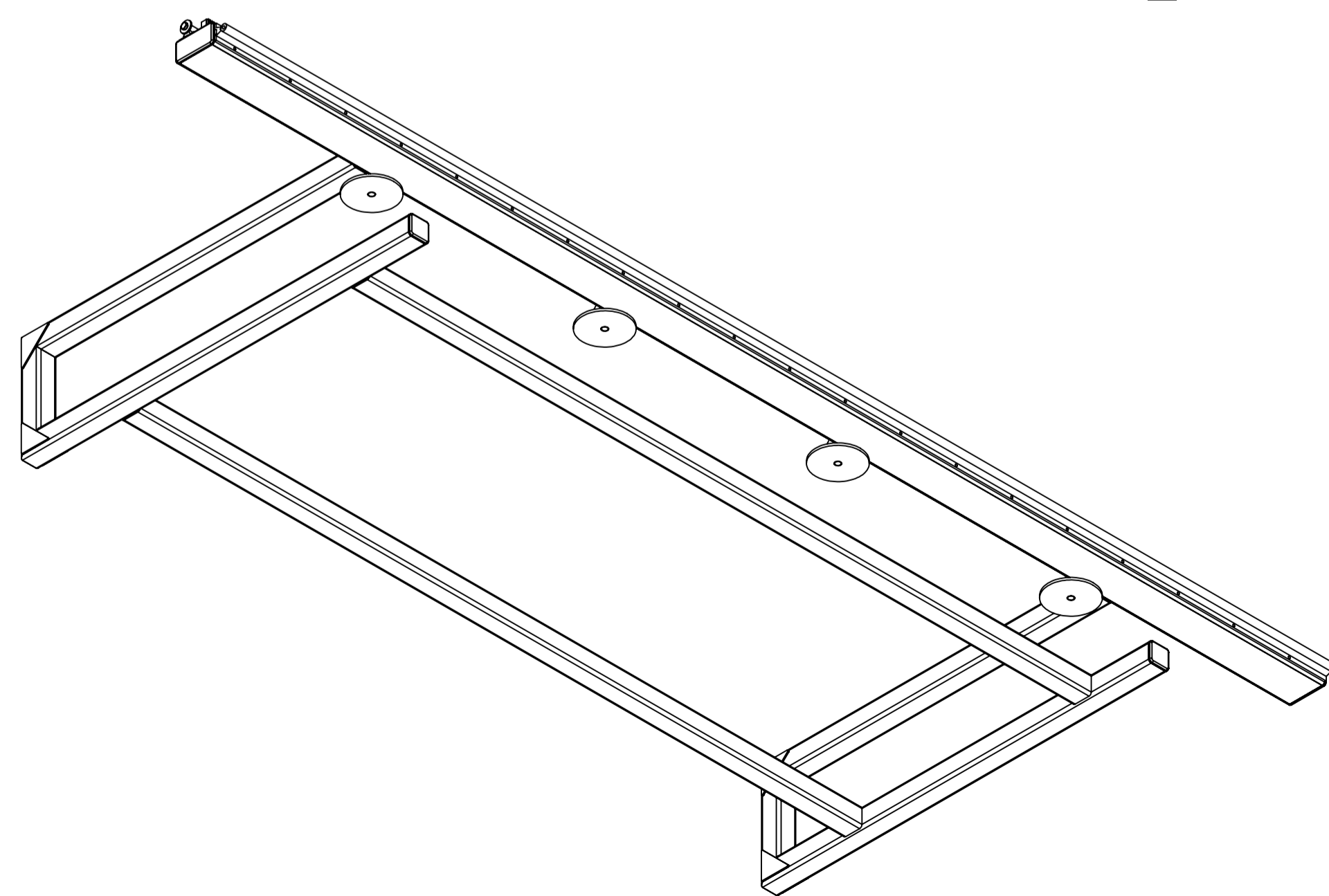
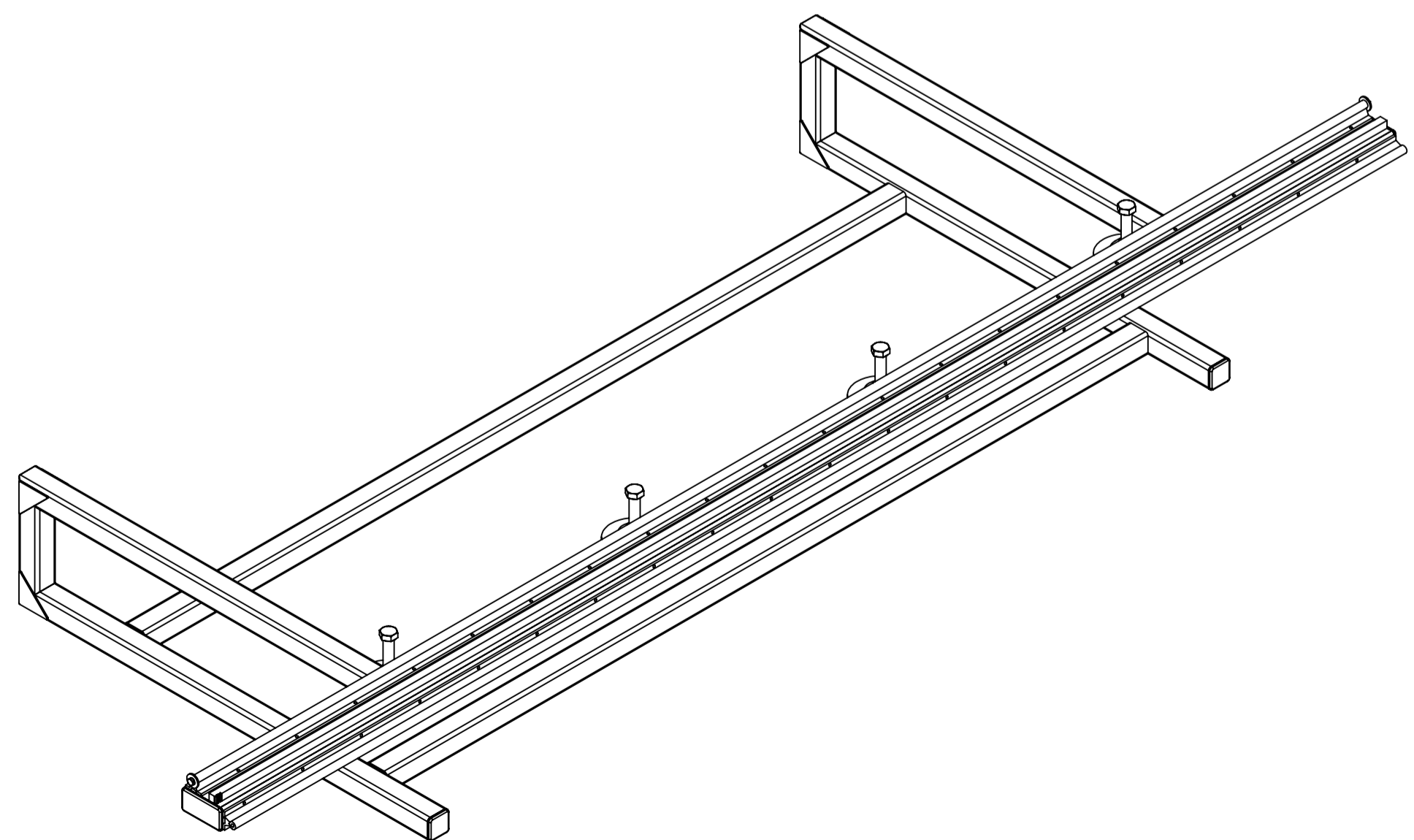
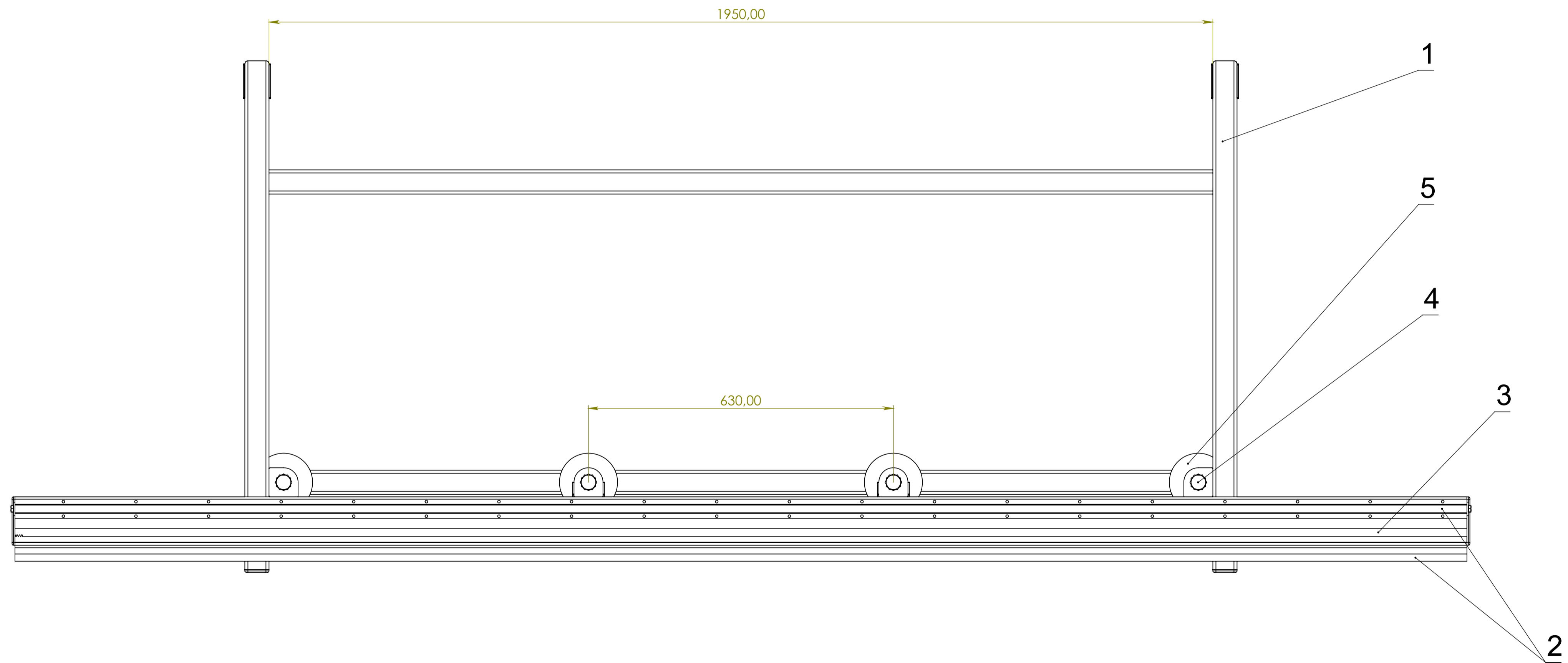
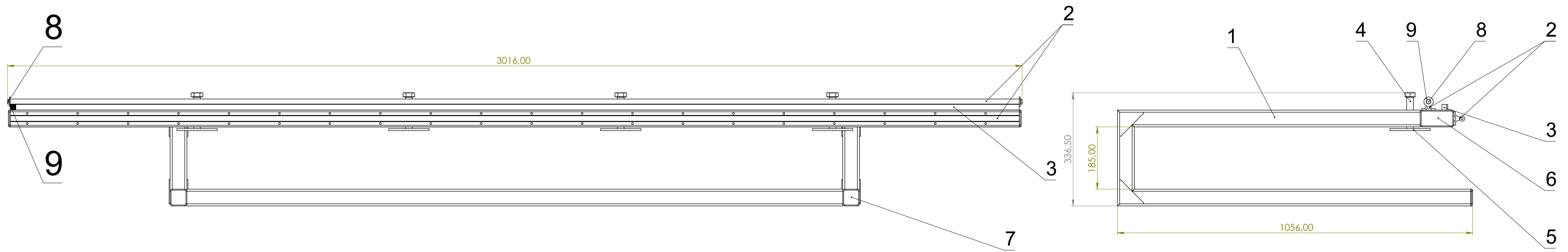


Схема приводу каретки



Графік залежності крутного моменту від швидкості обертання

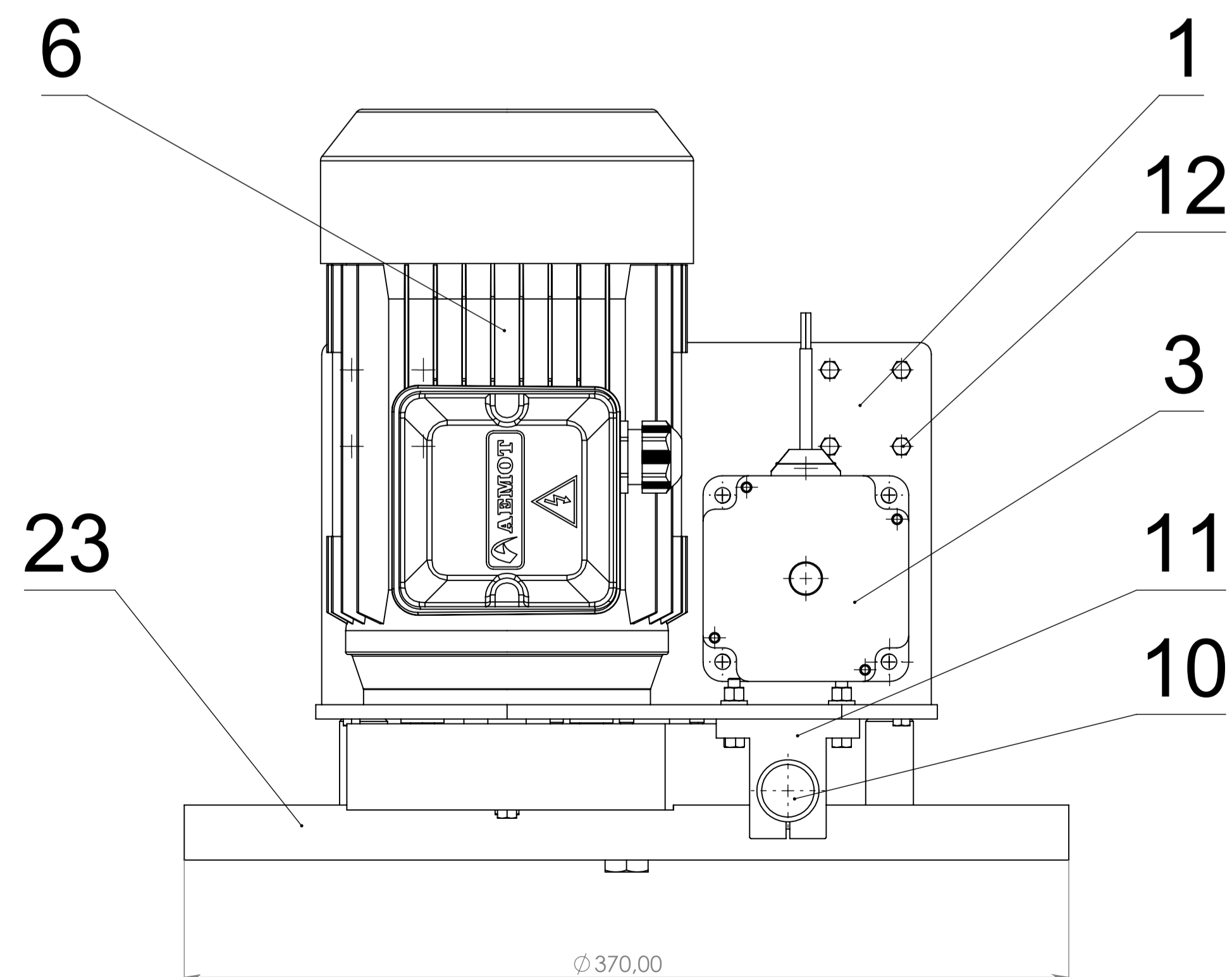
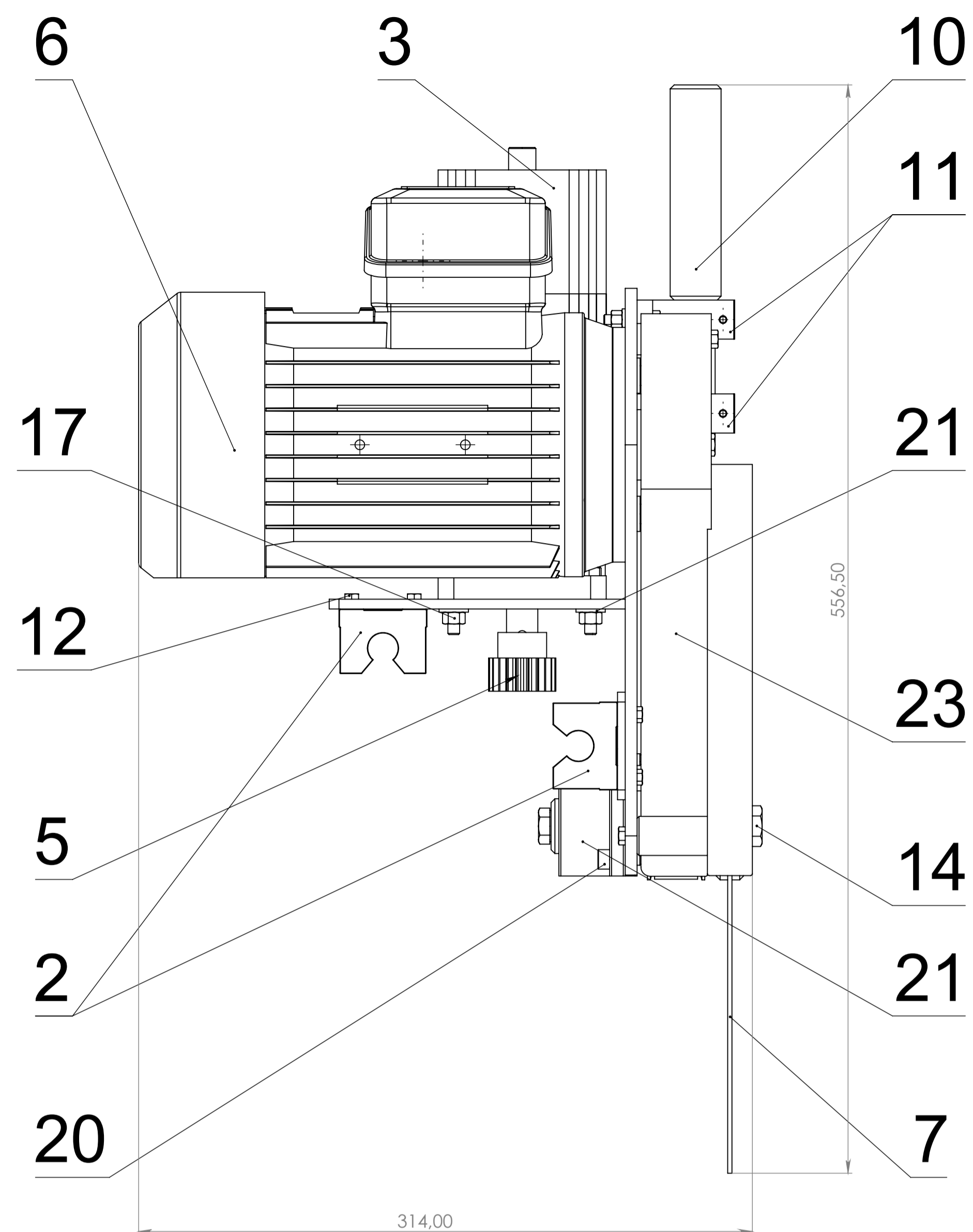
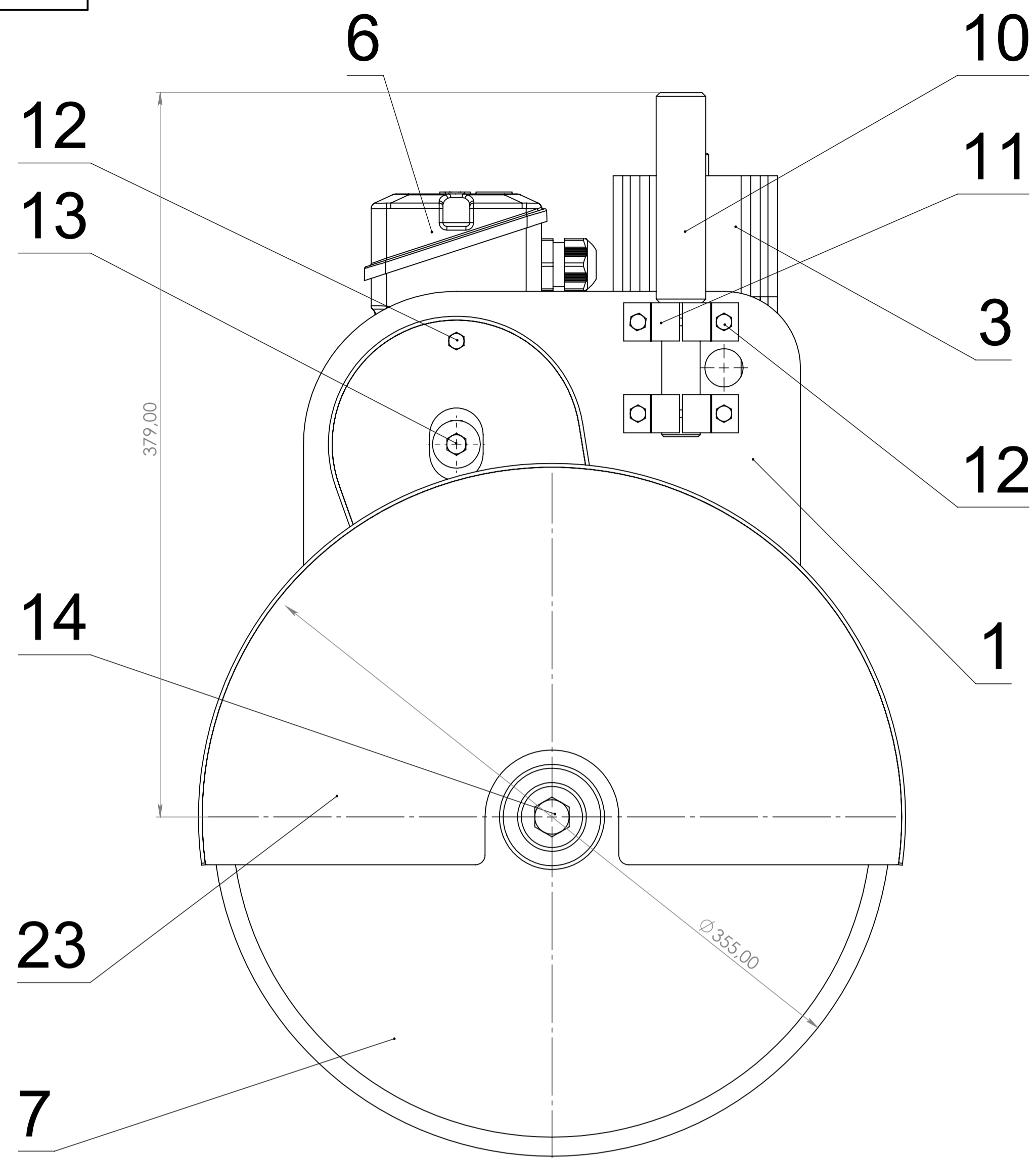
MP.ПМКм-009.03.000				Лит.	Маса	Масштаб
Компоновка пристрою						1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 1 / Листов 1	
Разраб.	Шуляр Б. Р.	Добровольський Н.			ФНТУНГ	
Пров.	Шуляр Б. Р.				ПМКм-24-1	
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
Н. контр.	Шуляр Б. Р.					
Утв.	Панчук В. Г.					



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				Документація		
				Деталі		
				Стандартні вироби		
		1	MP.ПМКм-009.04.001	Рама	1	
		4	MP.ПМКм-009.04.004	Різбовий затискач	4	
		5	MP.ПМКм-009.04.005	Притиска п'ята	4	
		2		Лінійний направляючий вал	2	
		3		Зубчаста рейка	3	
		6		Заглушка пластикова 100x50	2	
		7		Заглушка пластикова 50x50	2	
		8		Гвинт М8х20	2	
		9		Шайба М8	2	

**Технічні вимоги:**  
 1. Раму фарбувати фарбою ґрунт-емаль Protex 5 в 1 RAL 7004.  
 2. Отвори труб закрити пластиковими заглушками.  
 3. Після складання пристрій протерти ганчір'ям від бруду і пилу, а направляючі вали змастити мастилом І20.

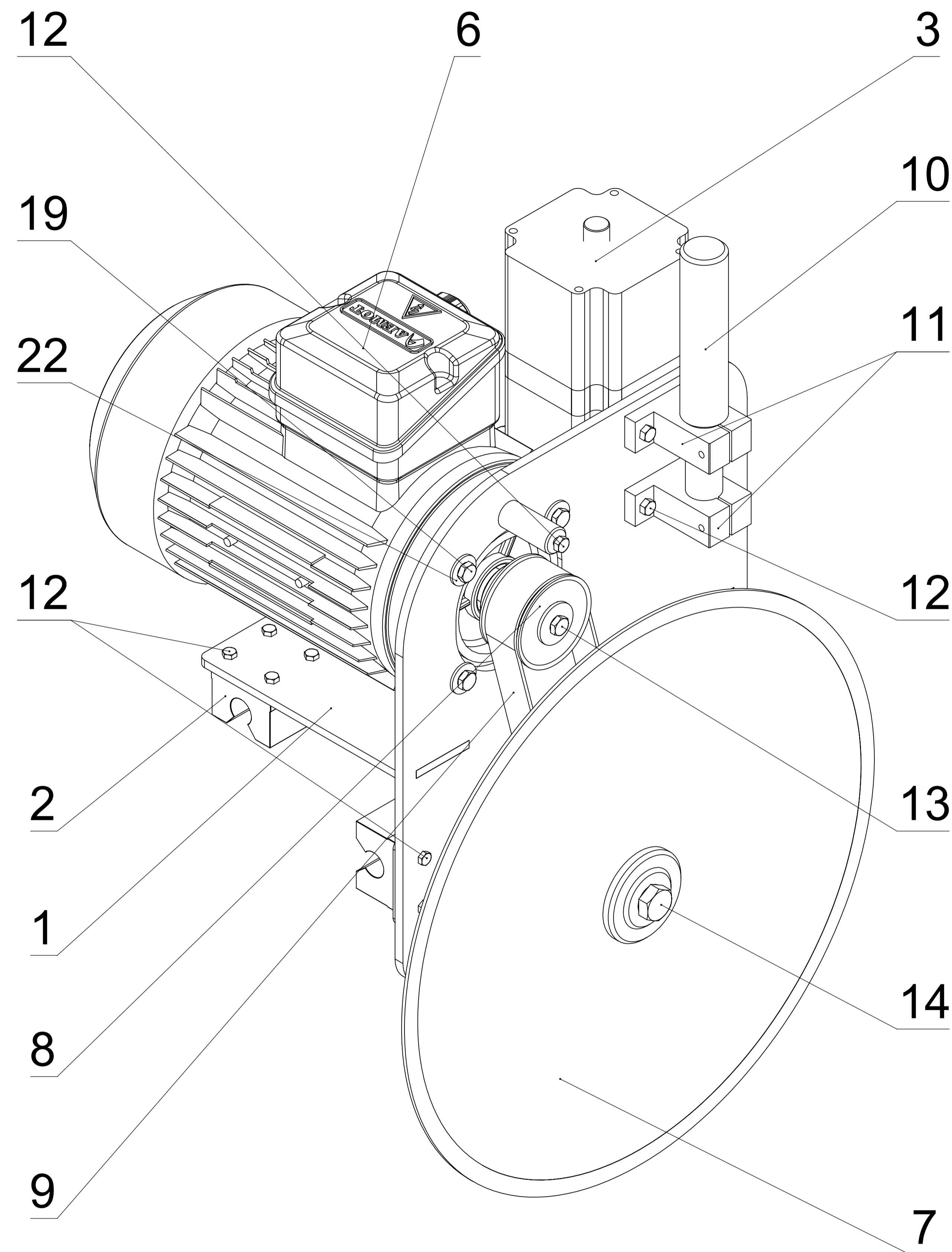
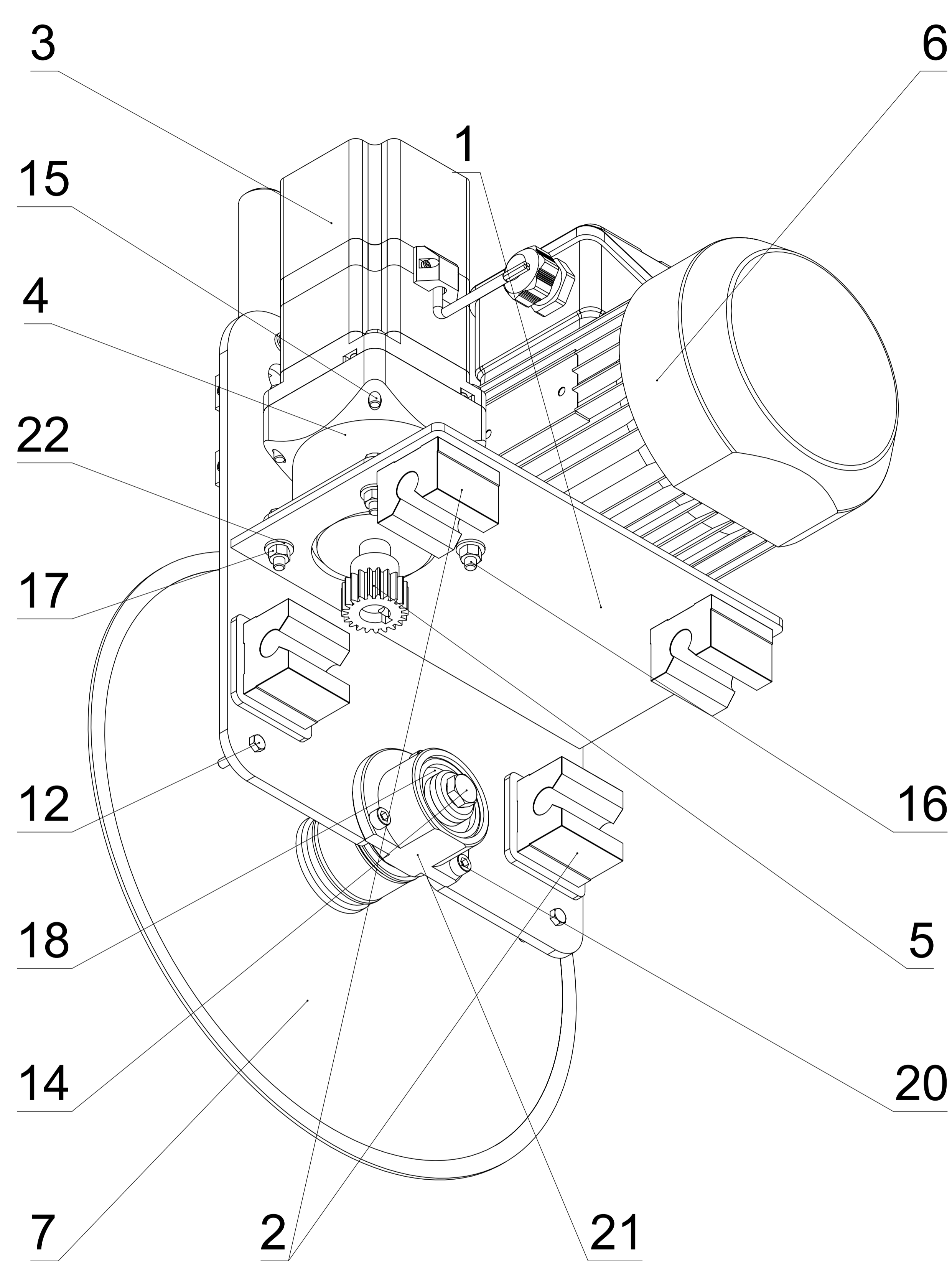
				<b>MP.ПМКм-009.04.000</b>		
				<b>Станина пристрою</b>		
Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Дзюбовський Н.					1:6
Пров.	Шуляр Б. Р.					
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
Н. контр.	Шуляр Б. Р.					
Утв.	Панчук В. Г.					
				Лист 1		Листов 1
				ФНТУНГ ПМКм-24-1		
				Формат А1		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				Документація		
				Деталі		
		1	MP.ПМКм-009.05.001	Корпус	1	
		21	MP.ПМКм-009.05.021	Корпус вузла обертання пили	1	
				Стандартні вироби		
		2		Лінійні підшипники	4	
		3		Кроковий двигун	1	
		4		Редуктор	1	
		5		Шестерня	1	
		6		Електродвигун	1	
		7		Дискова пила	1	
		8		Зубчастий шків	2	
		9		Зубчастий ремінь	1	
		10		Ручка	1	
		11		Кінцева опора SK20	2	
		12		Гвинт M5x25	23	
		13		Гвинт M6x20	1	
		14		Гвинт M12x30	2	
		15		Гвинт M6x40	4	
		16		Гвинт M6x30	4	
		17		Гайка M6	4	
		18		Підшипник 6204	2	
		19		Гвинт M6x25	4	
		20		Гвинт M6x16 з внутрішнім шестигранником	3	
		22		Шайба M6	8	
		23		Кожух	1	

**Технічні вимоги:**  
 1. Корпус каретки фарбувати фарбою ґрунт-емаль Protex 5 в 1 RAL 7004.  
 2. Всі болтові та гвинтові з'єднання затягнути з моментом 0,5 кгс\*м.  
 3. Перед складанням переконатися у відсутності залишків бруду на контактних поверхнях деталей.

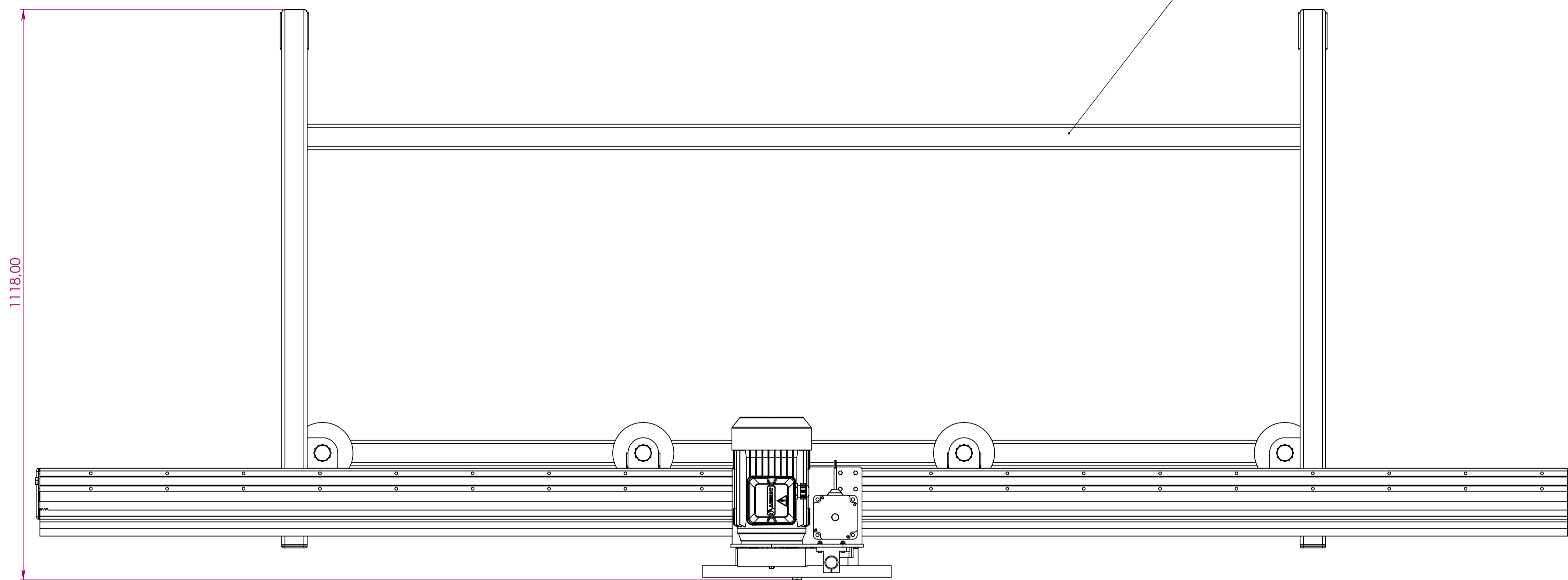
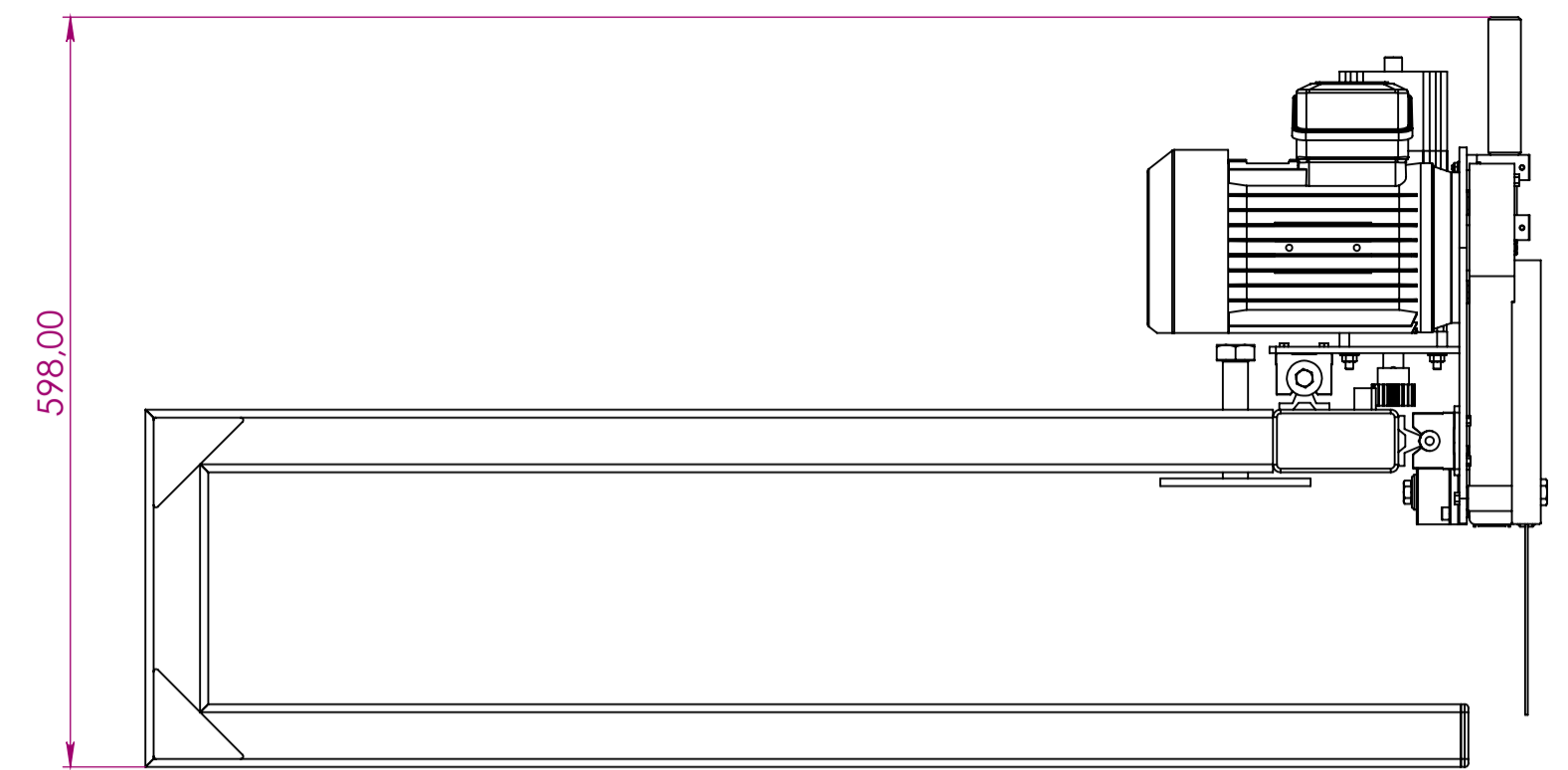
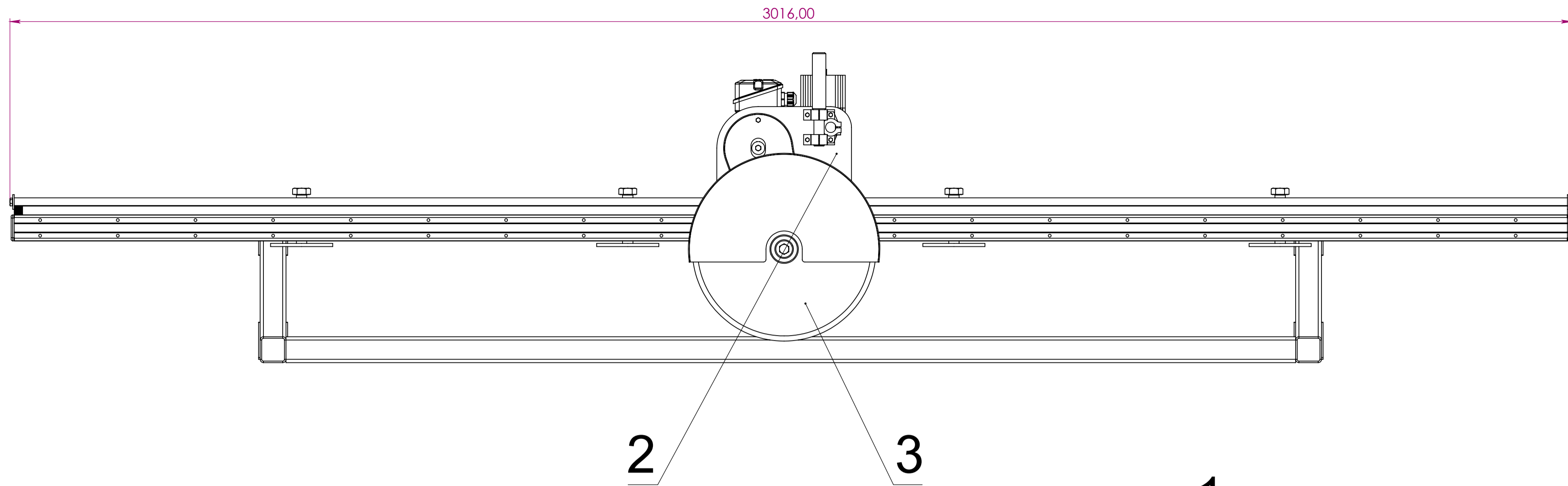
				<b>MP.ПМКм-009.05.000</b>		
				<b>Каретка пристрою</b>		
Лист	№ докум.	Попл.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Шуляр Б. Р.					1:2
Пров.	Шуляр Б. Р.					
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
				Лист 1   Листів 2		
Н. контр.	Шуляр Б. Р.			<b>ІФНТУНГ</b>		
Утв.	Панчук В. Г.			<b>ПМКм-24-1</b>		



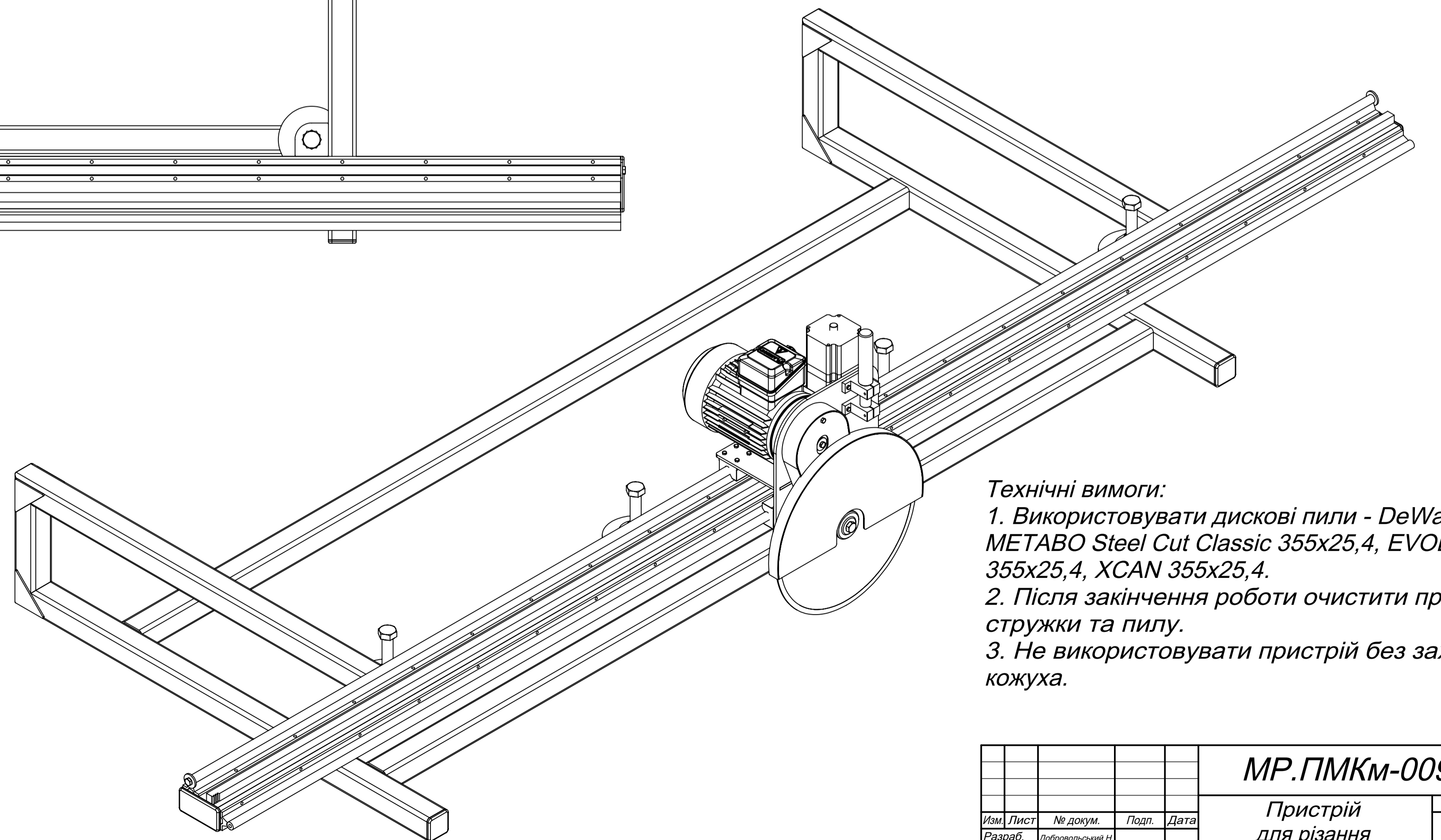
**Технічні вимоги:**

1. Корпус каретки фарбувати фарбою ґрунт-емаль Protex 5 в 1 RAL 7004.
2. Всі болтові та гвинтові з'єднання затягнути з моментом 0,5 кгс\*м.
3. Перед складанням переконатися у відсутності залишків бруду на контактних поверхнях деталей.
4. Захистний кожух пили не показаний.

				<b>MP.ПМКм-009.05.000</b>		
				<b>Каретка пристрою 3D</b>		
Лист	№ докум.	Попл.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Добровольський Н.					1:1,5
Пров.	Шуляр Б. Р.					
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
Н. контр.	Шуляр Б. Р.					
Утв.	Панчук В. Г.					
				Лист 2		Листів 2
				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
				Формат А1		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				Документація		
				Складальні одиниці		
			MP.ПМКм-009.04.000	Рама пристрою	1	
			MP.ПМКм-009.05.000	Каретка пристрою	1	
				Стандартні деталі		
				Дискова пила Ø 355 XCAN T90	1	



**Технічні характеристики:**

1. Габаритні розміри ДхШхВ - 3016х1118х598.
2. Вага - 39,6 кг.
3. Потужність двигуна приводу пили - 1,1 кВт.
4. Частота обертання пили - від 1600 до 2800 об/хв.
5. Подача пили - від 2 до 10 м/хв.
6. Діапазон переміщення каретки - 2800 мм.
7. Товщина сендвіч-панелей що розрізаються - від 50 до 100 мм.

**Технічні вимоги:**

1. Використовувати дискові пили - DeWalt 355x25,4, METABO Steel Cut Classic 355x25,4, EVOLUTION 355x25,4, XCAN 355x25,4.
2. Після закінчення роботи очистити пристрій від стружки та пилу.
3. Не використовувати пристрій без захистного кожуха.

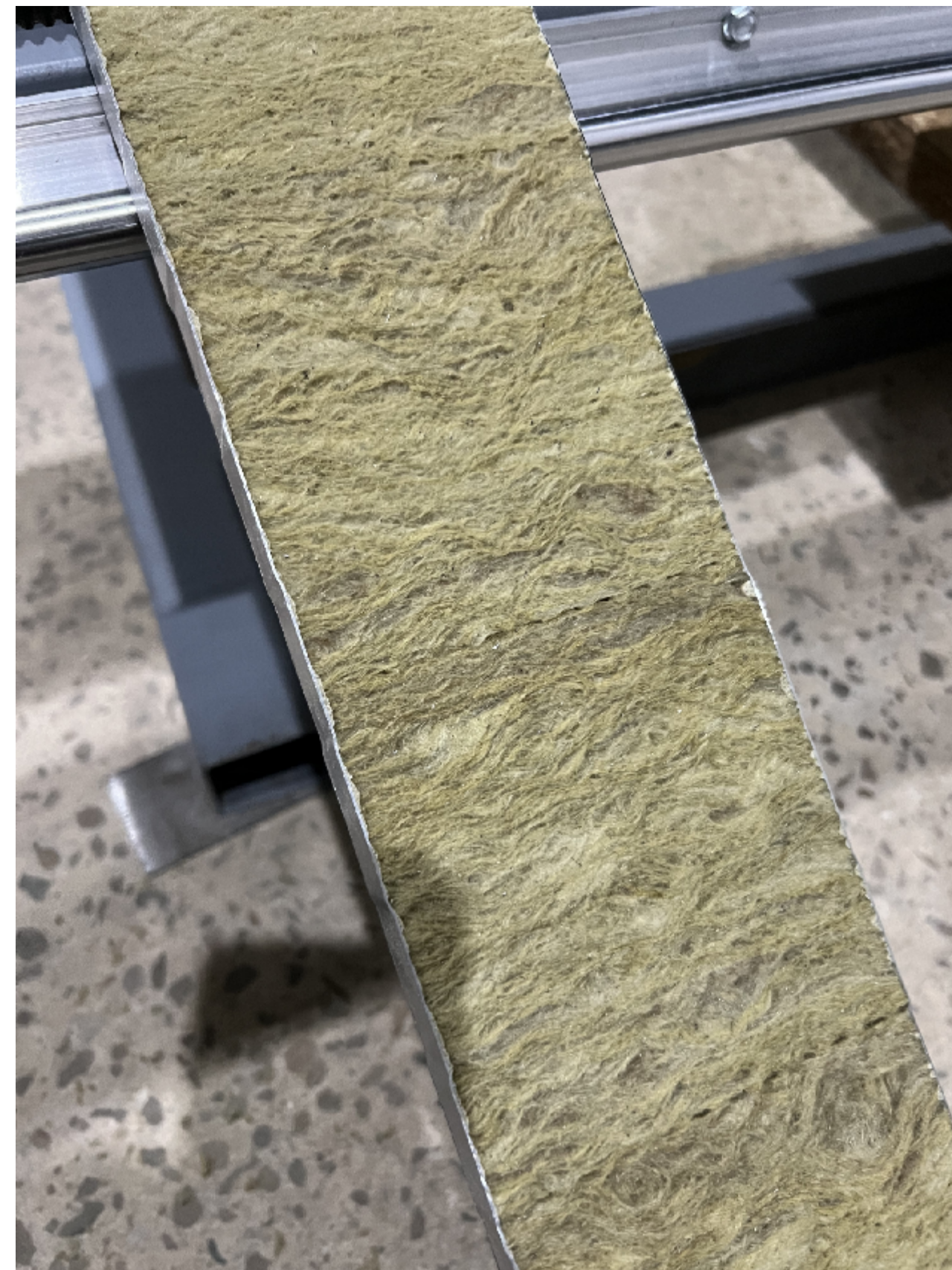
				<b>MP.ПМКм-009.06.000</b>		
				<b>Пристрій для різання сендвіч-панелей</b>		
Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Добровольський Н.					1:6
Пров.	Шуляр Б. Р.					
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
Н. контр.	Шуляр Б. Р.					
Утв.	Панчук В. Г.					
				Лист 1	Листов 1	
				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		



Різ сендвіч-панелі кутовою шліфмашиною (болгаркою)

Характеристика різі:

1. Не перпендикулярність поверхні різі відносно лицевої та внутрішньої поверхні панелі.
2. Поверхня різі "рвана" з виступами і впадинами.
3. Різ вимагає значних зусиль працівника.
4. Працівник піддається впливу металевої стружки яка розлітається, а також дрібнодисперсного пилу від наповнювача.



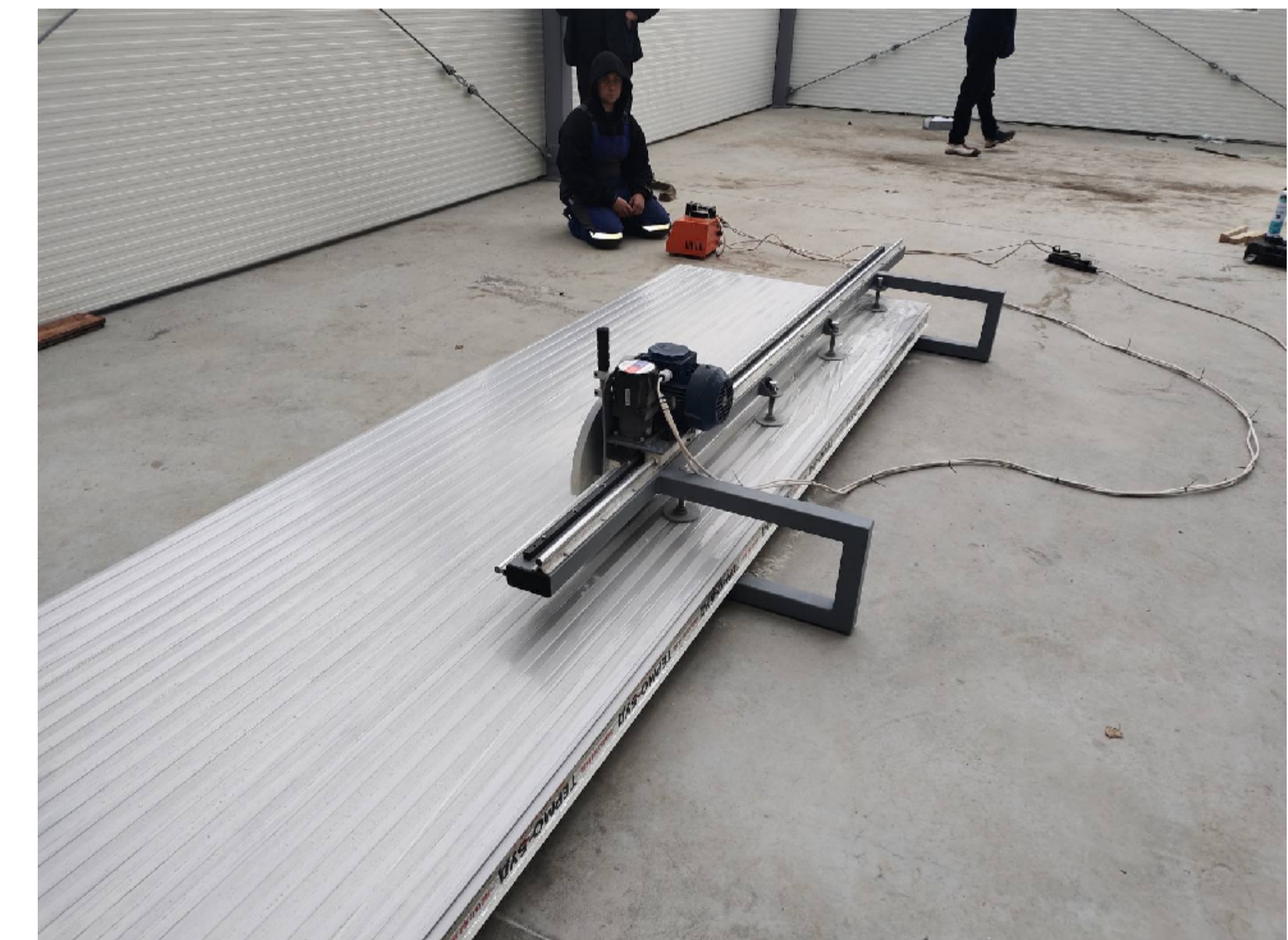
Різ сендвіч-панелі пристроєм

Характеристика різі:

1. Ідеальна перпендикулярність поверхні різі відносно лицевої та внутрішньої поверхні панелі.
2. Якісна та естетична поверхня різі.
3. Різ виконується в автоматичному режимі.
4. Працівник знаходиться на відстані з пультом керування і не піддається впливу шкідливих факторів (стружка, пил, вібрації, тощо).



Поперечне різання сендвіч-панелі



Повздовжнє різання сендвіч-панелі



Позиціонування та затиск сендвіч-панелів в пристрої

				<b>MP.ПМКм-009.07.000</b>		
				<b>Випробування пристрою</b>		
Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Добровольський Н.					1:1
Пров.	Шуляр Б. Р.					
Т. контр.	Шуляр Б. Р.					
Н. контр.	Шуляр Б. Р.					
Утв.	Панчук В. Г.					
				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
				Формат А1		