

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-314.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-22-1К

Цимбалістий Богдан Романович

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки і робототехніки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Цимбалістий Богдан Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 62-529
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка конструкції верстата з ЧПК для фігурного різання пінопласту
(назва роботи)

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Цимбалістий Богдан Романович
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Панчук В.Г., професор кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КМВ
професор _____ Панчук В. Г.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

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

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

м. Івано-Франківськ — 2024 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки і робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Освітній рівень бакалавр
Спеціальність 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Цимбалістому Богдану Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка конструкції верстата з ЧПК для фігурного різання пінопласту

керівник роботи Панчук В.Г., професор кафедри КМВ

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “30” травня 2024 року № 330/7

2. Строки подання студентом роботи 15 червня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи:

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

1. Проектування конструкції верстату фігурного різання пінопласту. 2. Опис системи керування верстатом.

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

1. Креслення деталей для 3D друку – 6 листів А3, 9 листів А4. 2. Креслення деталей для виготовлення за допомогою механічної обробки – 6 листів А4. 3. Складальних одиниць – 2 листи А1, 6 листів А2, 3 листи А3, 1 лист А3х3, 1 лист А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Панчук В. Г. професор		

7. Дата видачі завдання 20 лютого 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальна характеристика	01.03.2024	
2	Опис і конструкція навчального проєкту	15.03.2024	
3	Проєктна частина	05.04.2024	
4	Конструкторська частина	01.05.2024	
5	Захист бакалаврської роботи	24.06.2024	

Студент _____ Цимбалістий Б.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Панчук В. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2024 р.

Реферат

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: Розробка конструкції верстату з ЧПК фігурного різання пінопласту. Дана робота складається зі 87 аркушів. До неї входять 67 рисунків, 34 додатки. Для виконання роботи було використано 10 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дослідження – Верстат з ЧПК для фігурного різання пінопласту.

Предмет дослідження – дослідження та розробка конструкції верстату, а також його системи керування.

Мета роботи – спроектувати верстат з простою і дешевою конструкцією, підготувати пакет креслеників для його виготовлення. Підібрати комплектуючі для його керування і описати їх

Основним завданням роботи є розробка повного детального проекту верстату для фігурної різки пінопласту і подібних матеріалів, і підготовка документації для подальшого виготовлення прототипу верстату для оцінки його ефективності і тестування можливостей. Складання системи керування і навчання як з нею працювати.

Для виконання цих задач в загальній частині було проаналізовано питання актуальності такого верстату, не тільки для дипломної роботи, а й зважаючи на промисловість. Було знайдено інформацію про використання таких верстатів у різних сферах діяльності. Від дизайну і вивісок магазинів до виробництва БПЛА. Також загальна частина містить опис конструкції верстату і її аналіз.

В конструкторській частині було показано роботу з відкритими джерелами 3D-моделей для їх вільного користування. Також по детально показано і описано деталі і складальні одиниці механічної частини верстату та послідовність його збирання.

В частині 3D-друку і автоматизації було проаналізовано актуальність і доступність технології в сьгоднішніх умовах. Пройшло знайомство з програмою для 3D-друку - BambuStudio, сказано про її переваги над аналогами.

Було приведено приклади налаштувань для кількох деталей. Також вибрано матеріал для друку.

У цій же частині було перелічено комплектуючі, які потрібні для автоматизації верстату. Також було подано їх коротку характеристику і схему підключення. На завершення було описано роботу з програмним забезпеченням для запуску верстату

В додатках поміщено комплект конструкторської документації для виготовлення верстату, включаючи креслення друкованих деталей, деталей для механічної обробки і складальних одиниць.

Ключові слова: верстат, деталь, проектування, вузол, конструкція, виробництво, пінопласт, виготовлення, 3D-модель, 3D-друк, кронштейн, Arduino.

Студент Цимбалістий Б.Р.

Summary

Bachelor's qualification thesis on the topic: Development of the construction of a CNC machine for shaped foam cutting. This work consists of 87 sheets. It includes 67 drawings, 34 appendices. 10 bibliographic titles were used to perform the work.

The object of the study is a CNC machine tool for shaped cutting of foam.

The subject of the research is research and development of the design of the machine, as well as its control system

The purpose of the work is to design a machine with a simple and cheap design, to prepare a package of blueprints for its manufacture. Select components for its control and describe them

The main task of the work is the development of a complete detailed project of a machine for shaped cutting of foam and similar materials, and the preparation of documentation for the further production of a prototype of the machine to evaluate its effectiveness and test capabilities. Assembling the control system and learning how to work with it.

To fulfill these tasks, the issue of the relevance of such a machine was analyzed in the general part, not only for the thesis, but also considering the industry. Information was found on the use of such machines in various fields of activity. From the design and signs of stores to the production of UAVs. Also, the general part contains a description of the design of the machine and its analysis.

In the design part, work with open source 3D models was shown for their free use. Details and components of the mechanical part of the machine and the sequence of its assembly are also shown and described in detail.

In the part of 3D printing and automation, the relevance and availability of technology in today's conditions was analyzed. We got acquainted with the program for 3D printing - BambuStudio, and told about its advantages over analogues.

Examples of settings have been provided for several details. Material for printing is also selected.

In the same part, the components required for automating the machine were listed. Their brief characteristics and connection diagram were also provided. At the end, the work with the software for starting the machine was described

The appendices contain a set of design documentation for the manufacture of the machine, including drawings of printed parts, parts for mechanical processing and assembly units.

Keywords: machine, part, design, assembly, construction, production, foam, manufacturing, 3D model, 3D printing, bracket, Arduino.

Student Tsimbalistiy B.R.

Зміст

Вступ	10
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	11
1.1 Опис конструкції верстату	11
1.2 Переваги і недоліки конструкції	13
1.3 Застосування в промисловості	14
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	15
2.1 Вибірка стандартних деталей і комплектуючих	15
2.2 Власні 3D-моделі і повна збірка	21
3. 3D-ДРУК. АВТОМАТИЗАЦІЯ	37
3.1 3D-друк	38
3.2 Слайсер BambuStudio	38
3.3 Комплектуючі для автоматизації, схема підключення	43
3.4 Програмне забезпечення	47
Висновки	50
Список використаних джерел	52
Додатки	53

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>							
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<i>Пояснювальна записка</i>			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		<i>Цимбалістий Б.Р.</i>								9		
Перевір.		<i>Панчук В. Г.</i>						<i>ІФНТУНГ ПМ-22-1К</i>				
Рецензент												
Затверд.		<i>Панчук В.Г.</i>										

ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів у сучасних умовах виробництва є ключовим фактором, оскільки технологічний процес розвивається блискавично. Цей підхід дозволяє ефективно використовувати ресурси: час, кошти, матеріали. Крім того автоматизація виробничих процесів дає змогу вивільнити людський ресурс, і використати для завдань, які потребують творчого підходу та рішень, поки що недосяжних для машин. Також автоматизація сприяє підвищенню точності і повторюваності на виробництві. Відкидається людський фактор і людська помилка, що підвищує якість виробництва. Автоматизовані системи можуть виконувати небезпечні для людей завдання, знижуючи ризики травмувань.

Сьогодні багато знайомих нам традиційних універсальних верстатів – фрезерних, токарних - на виробництві замінили автоматизованими верстатами з ЧПК, оброблювальними центрами. В моїй бакалаврській роботі буде розглянуто не такий поширений на перший погляд верстат, але ми переконаємося, що в нього теж досить широке застосування.

Метою моєї роботи є спроектувати конструкцію верстату для фігурної різки пінопласту з ЧПК і систему його автоматизації та описати її.

У загальній частині роботи буде зроблено короткий огляд конструкції верстату, описано її переваги та недоліки. Також поговоримо про застосування верстатів такого типу на виробництвах в теперішній час, зокрема й в Україні.

Конструкторська частина буде включати в себе розробку 3D-моделі, процес вибору і знаходження деталей на відкритих ресурсах. Також цей розділ можна вважати переліком комплектуючих, потрібних для збирання верстату та використовувати як інструкцію для збирання. Креслення буде подано в додатках.

В третьому розділі буде описано роботу з програмою для 3D-друку, а також автоматизацію верстату, принципову схему і комплектуючі для цього.

Загалом, в проєкті буде показано шлях від ідеї до повного комплексу конструкторської документації на виготовлення верстату

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції верстату

Верстат призначений для фігурної різки пінопласту як основного матеріалу. Проте, при правильних налаштуваннях температури можна працювати з мінеральною ватою, поролоном, капролоном, базальтовими плитами (ватою), вермикулітом та іншими подібними матеріалами.

Основна конструкція виготовлена з алюмінієвого верстатного профілю з Т-подібним пазом 20x20 мм. Я обрав його, тому що він простий у використанні, не буде потреби свердлити будь-які отвори, так як збиратиметься конструкція за допомогою спеціальних кронштейнів і Т-подібних гайок. Зокрема, я використав кутові кронштейни на 90 градусів і Т-подібні гайки М4. Крім того, такий профіль придатний для багаторазового використання. Ми зможемо розібрати конструкцію і використати його де-інде. Рух кожної осі досягається за допомогою лінійних підшипників, що ковзають на гладких 10-міліметрових стрижнях. Я використовував по два стрижні на кожну вісь.

Рухомі блоки мають складну конфігурацію, та все ж я планую використовувати 3D-друк. Це єдиний спосіб зробити одну деталь багатофункціональною і недорогою. В нашому випадку один блок є і корпусом для лінійних підшипників, і кронштейном для натяжного шківа, і місцем фіксації ремня, і має зажим для фіксації лінійного валу.

За допомогою адитивних технологій ми можемо з легкістю отримати такі деталі. Так, їх можна отримати і за допомогою механічної обробки, але це буде невиправдано трудозатратно і, відповідно, дорого. Вважаю що потреби у цьому немає. Вимоги до друківаних деталей вказані у технічних вимогах на креслениках.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

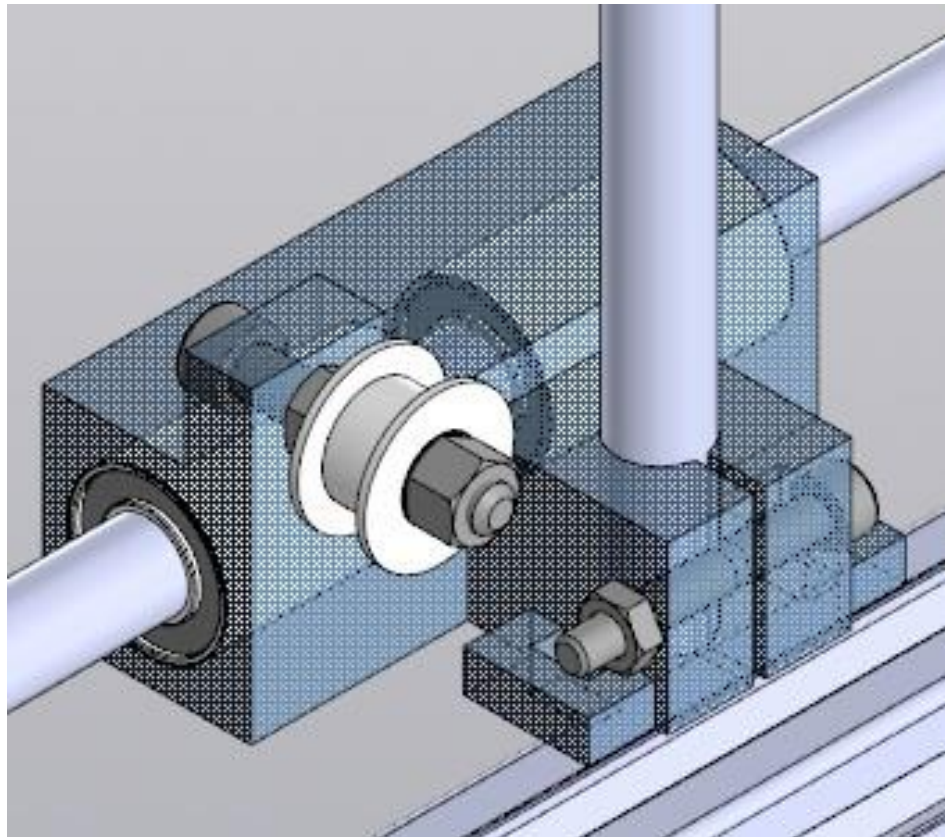


Рис. 1.1 – Рухомий блок

Для приведення в конструкції в рух планую використати крокові двигуни NEMA 17, аналогічні тим, що стоять на недорогих 3D-принтерах і зубчастий ремінь профілю GT2.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

1.2 Переваги і недоліки конструкції

Основні переваги верстатів для фігурної різки пінопласту включають:

- **Точність та швидкість:** Комп'ютерне керування забезпечує високу точність та швидкість різки, дозволяючи створювати складні форми з мінімальними відходами матеріалу.
- **Універсальність:** Можливість різати пінопласт різної щільності та товщини, що робить такі верстати підходящими для різноманітних завдань.
- **Економічність:** Пінопласт є недорогим матеріалом, а автоматизований процес різання знижує витрати на виробництво.

Щодо мінусів - загалом, з точки зору жорсткості, конструкція, мабуть, не дуже хороша, відносно високий портал на двох тільки напрямних. Але після виготовлення прототипу все стане ясно. В цілому, я хотів спроектувати верстат з мінімальною кількістю деталей, аби він не був дорогим у виготовленні, але щоб він був повністю робочий і функціональний та міг працювати.

Я вважаю, що зараз він досить збалансований і змінювати без прототипу нічого не варто, тому що зміна/збільшення/зміцнення одного вузла тягне за собою збільшення усієї конструкції. Радше, якби була потреба, я б створив лінійку таких верстатів з більшими типорозмірами, і кожен був би самостійною одиницею. Приведений в бакалаврській роботі – найменший!

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Застосування в промисловості

Верстати для фігурної різки пінопласту використовують для точного і швидкого виготовлення виробів з пінопласту різної форми та розмірів. Основні галузі та цілі використання таких верстатів включають:

1. **Реклама та декорації:** Створення об'ємних букв, логотипів, декоративних елементів для виставок, вітрин, святкових заходів та інших рекламних матеріалів.
2. **Будівництво та утеплення:** Виготовлення архітектурних елементів, таких як карнизи, колони, декоративні панелі, а також ізоляційних блоків для будівництва та утеплення будівель.
3. **Пакування:** Виробництво захисного пакування для тендітних предметів, електроніки, побутової техніки та інших товарів.
4. **Моделювання та прототипування:** Створення макетів будівель, конструкцій, технічних виробів для архітекторів, інженерів, дизайнерів та виробників. Також виготовлення макетів деталей для литва. За допомогою них виготовляються уже самі форми для литва, крім того пінопласт добре вигоряє з цих форм, навіть якщо залишати його всередині
5. **Кіноіндустрія та театр:** Виготовлення сценічних декорацій, реквізиту та костюмів для кіно, театру та інших заходів.
6. **Хобі та творчість:** Використання для створення різних художніх виробів, ремесел та інших творчих проектів.
7. **Виготовлення ПБЛА і їх прототипів:** важлива на сьогодні тема для нашої країни. Наскільки я знаю, спінені матеріали зараз в цій галузі широко використовуються за рахунок малої маси, що дає приріст в корисному навантаженні виробу. А за допомогою розжареної струни деталь , чи то крило, чи частина корпусу, відразу отримає правильну форму.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Вибірка стандартних деталей і комплектуючих

Для оптимізації роботи, спочатку виберемо наші стандартні (покупні елементи) і пошукаємо їх на відкритих сайтах-бібліотеках з 3D-моделями. Вважаю, що задля економії часу і уникнення помарок, такими ресурсами треба користуватися. Я виділив для себе три основні сайти: <https://grabcad.com> – з більш вільною формою і публікацією моделей, і <https://b2b.partcommunity.com>, <https://www.traceparts.com> – з більш чіткою, структуризованою системою. На останніх двох зручно шукати потрібні елементи за стандартами (DIN, ISO, ANSI...), а також за виробниками тих чи інших продуктів.

Чому такі ресурси взагалі існують? Великі компанії, такі як HIWIN (лінійні направляючі), CAMOZZI (пневматика), KIPP (промислова фурнітура), WEG і SIEMENS (електродвигуни і автоматизація), SKF і SNR (підшипники), та багато інших, охоче діляться моделями своєї продукції, оновлюють бібліотеки, тому що зацікавлені щоб я, як конструктор, заклав в проект їх виріб, і в кінцевому результаті в цього виробника купили той самий підшипник чи каретку або вал КГП.

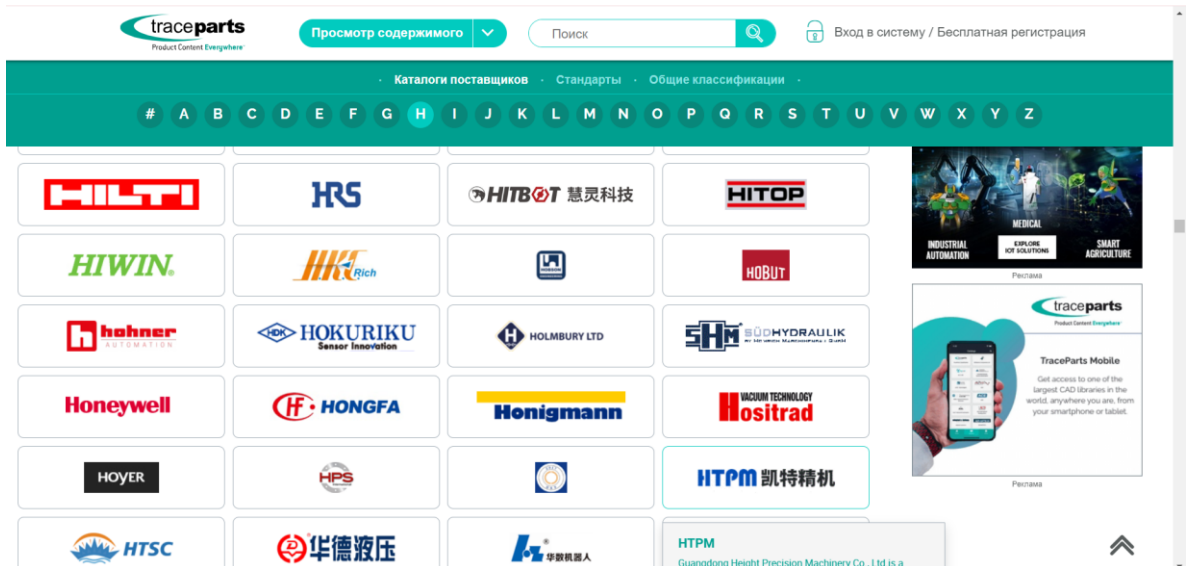


Рис. 2.1 – Навігаційне меню сайту traceparts по виробникам.

В нашому випадку куповані деталі, які треба знайти, це кроковий двигун, шків для зубчастого ременя, кінцевий вимикач, розпірна стійка, кутовий кронштейн з гайкою кріплення і лінійний підшипник.

Отже, кроковий двигун NEMA 17 модель 17HS4401.

					БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Кроковий двигун це тип електродвигуна, який обертається покровоно. Кроки контролюються подачею електричних імпульсів на обмотки. Порівнюємо розміри 3D-моделі з даними виробника (габаритні, кріпильні розміри). Якщо все відповідає дійсності – завантажуюмо модель.

Characteristic	Specifications	Characteristic	Specifications
Phase number	2	Step angle	$1.8^{\circ} \pm 0.09^{\circ}$
Rated voltage	DC 3.6V	Rated current	DC 1.5A/phase
Phase resistance (20 °C)	$2.4 \times (1 \pm 15\%) \Omega/\text{phase}$	Phase inductance (1KHz)	$3.7 \times (1 \pm 20\%) \text{ mH}/\text{phase}$
holding torque	$\geq 420 \text{ mN.m}$	Cogging torque	15 mN.m REF.
Steering (looking towards the shaft)	A-AB-B clockwise	Maximum no-load starting frequency	$\geq 1400 \text{ PPS}$
Maximum no-load operating frequency	$\geq 4000 \text{ PPS}$	insulation resistance	$\geq 100 \text{ M}\Omega(\text{DC } 500\text{V})$
Electric strength	AC600V/1mA/1S	Insulation level	Grade B

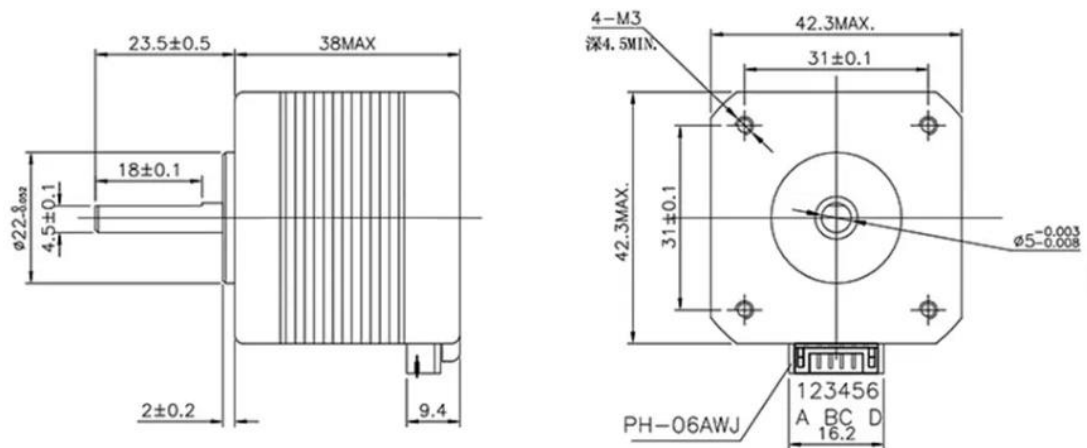


Рис. 2.2 – Дані виробника.

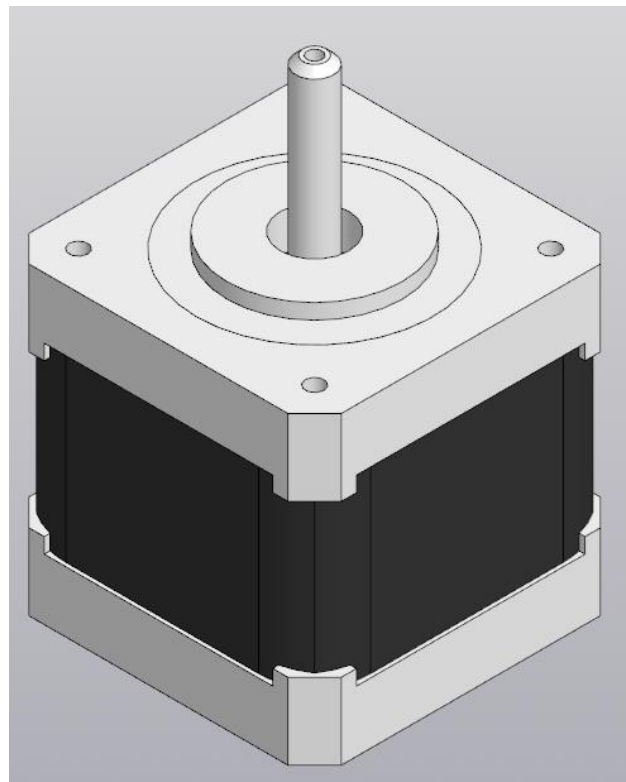


Рис. 2.3 – 3D-модель крокового двигуна.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

16

Привідний шків для зубчастого ременя профілю GT2 (ширина канавки 7мм). Нам потрібен шків з місцем під установчий гвинт (гужон) М4 і внутрішнім діаметром 6мм.

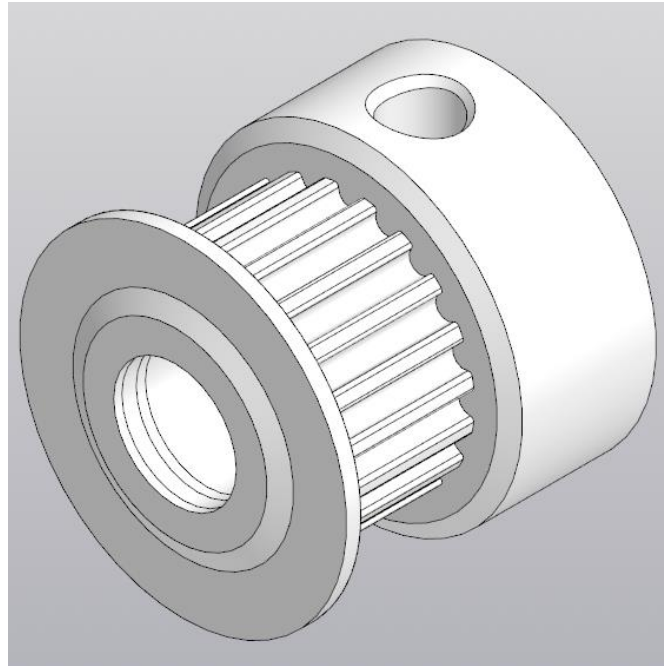


Рис. 2.4 – 3D-модель привідного шківа.

Натяжний шків для зубчастого ременя профілю GT2 (ширина канавки 7мм). Шків в зборі з підшипниками. Внутрішній діаметр підшипника 5мм.

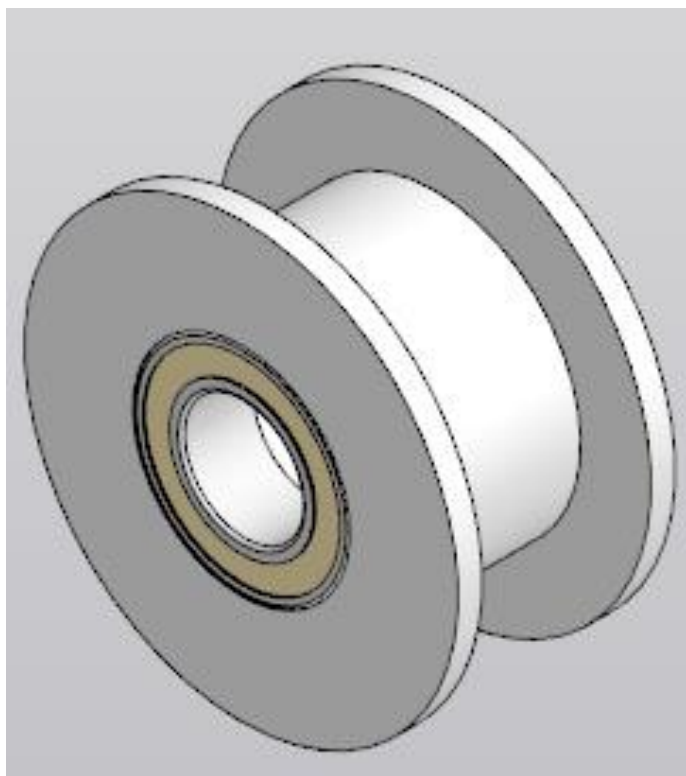


Рис. 2.5 – 3D-модель натяжного шківа.

Нормально відкритий кінцевий вимикач з роликом, модель KW12-3.

Встановлюється на недорогих 3D-принтерах і верстатах такого ж класу. Вважаю що для нашого верстату він теж чудово підійде. Не бачу потреби ставити магнітні, чи їм подібні.

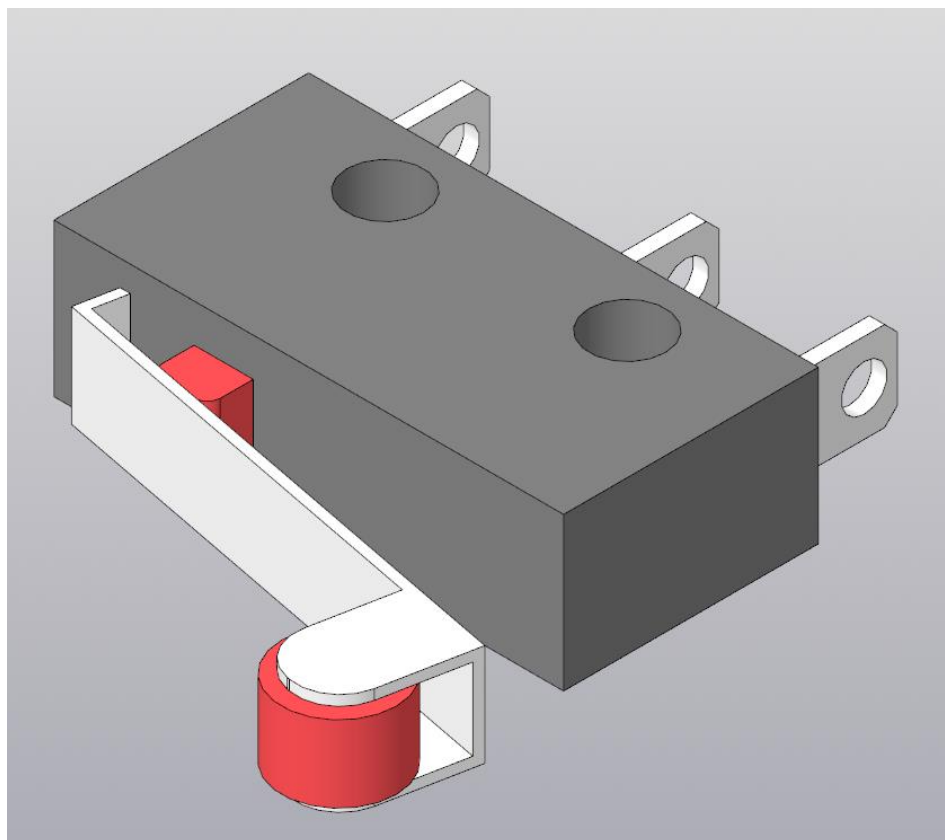


Рис. 2.6 – 3D-модель кінцевого вимикача.

Розпірна стійка М3х20 (внутр.+зовн. різьба)

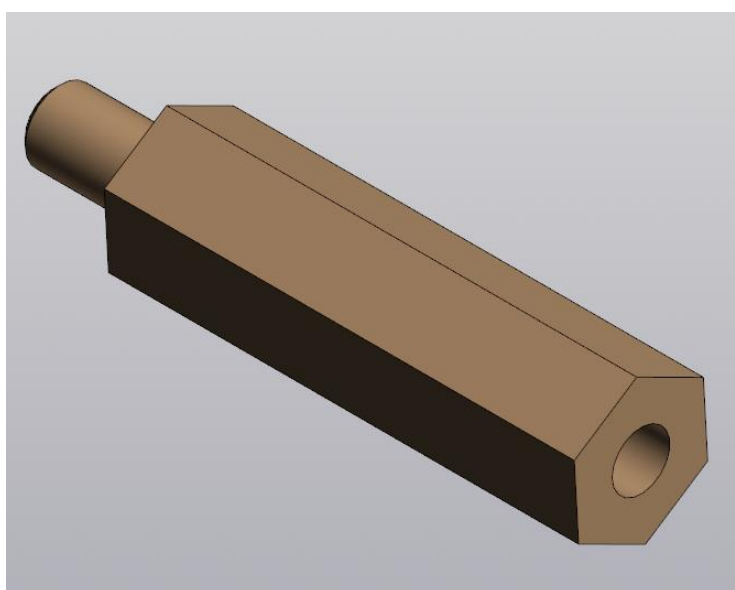


Рис. 2.7 – 3D-модель розпірної стійки М3х20.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Кутовий алюмінієвий кронштейн для з'єднання верстатних профілів. Деталь купована. Можна замінити на друк, але не бачу потреби.

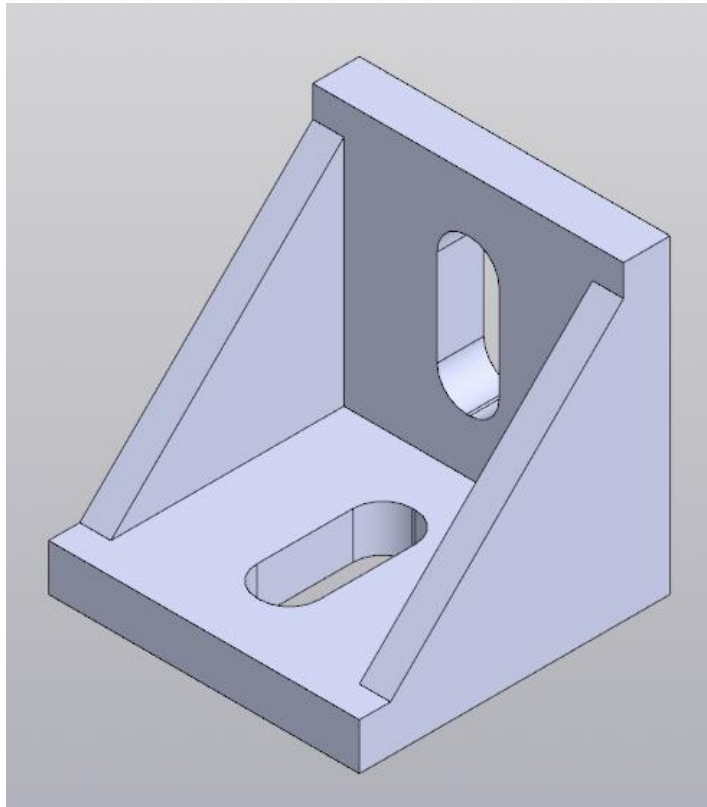


Рис. 2.8 – 3D-модель кутового кронштейну 20x20.

Т-подібна гайка М4 для профілю 20x20. Повне маркування **20TN-M4**.

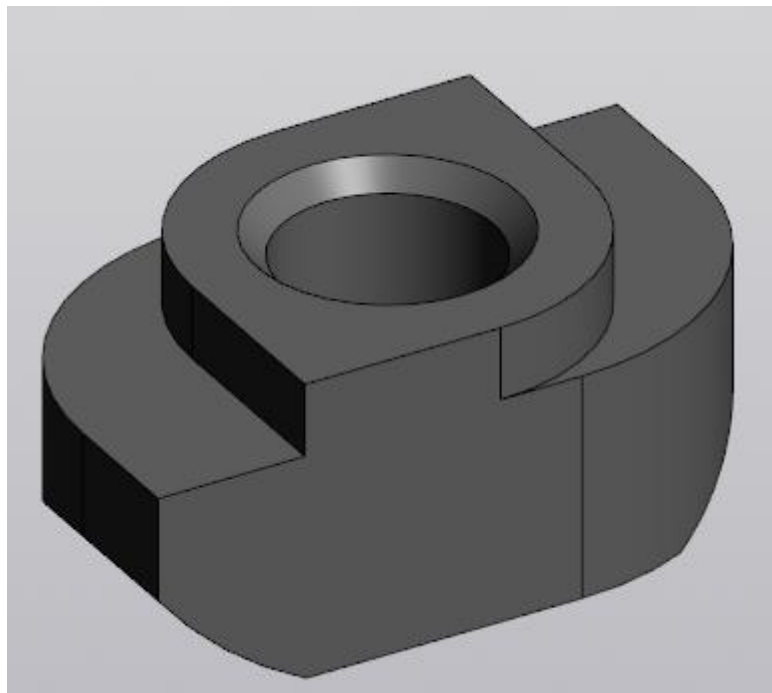


Рис. 2.9 – 3D-модель гайки 20TN-M4.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Лінійний підшипник **LM10UU**.

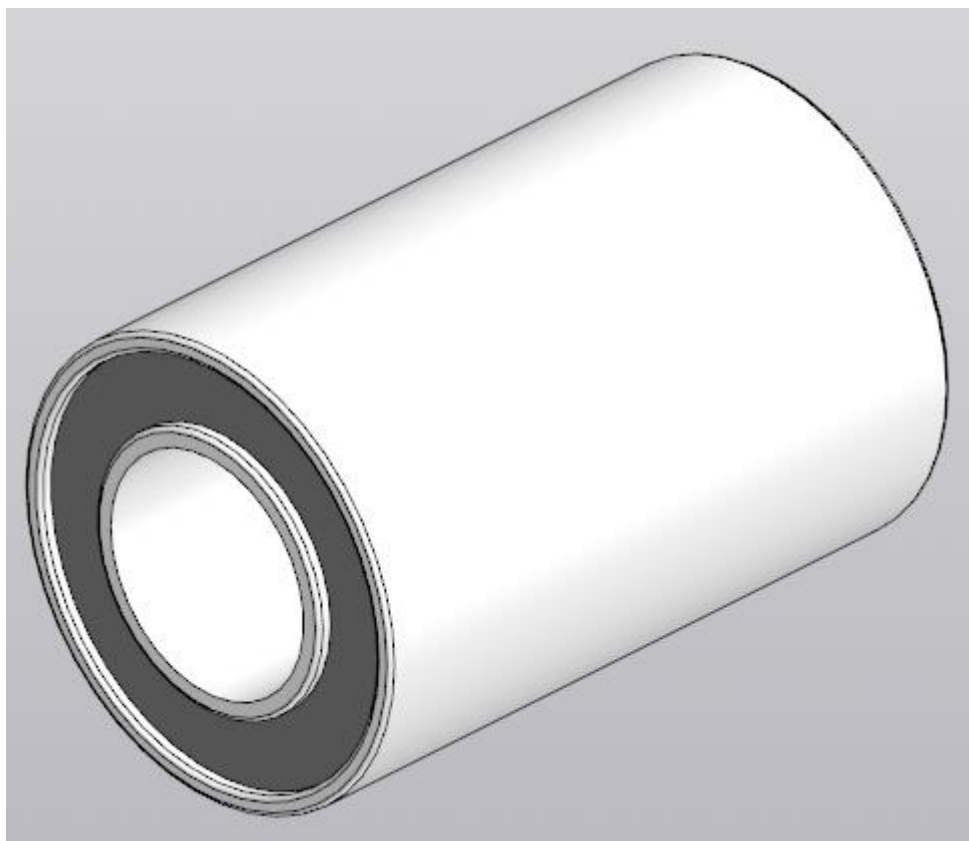


Рис. 2.10 – 3D-модель лінійного підшипника LM10UU.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2 Власні 3D-моделі і повна збірка

Детальні креслення будуть у додатках, тут розглянемо тільки деталі як такі, і, можливо, якісь їх особливості. Усі деталі синього кольору пластикові, розроблені для виготовлення за допомогою 3D-друку.

Дерево побудови верстату з САПР AUTODESK INVENTOR

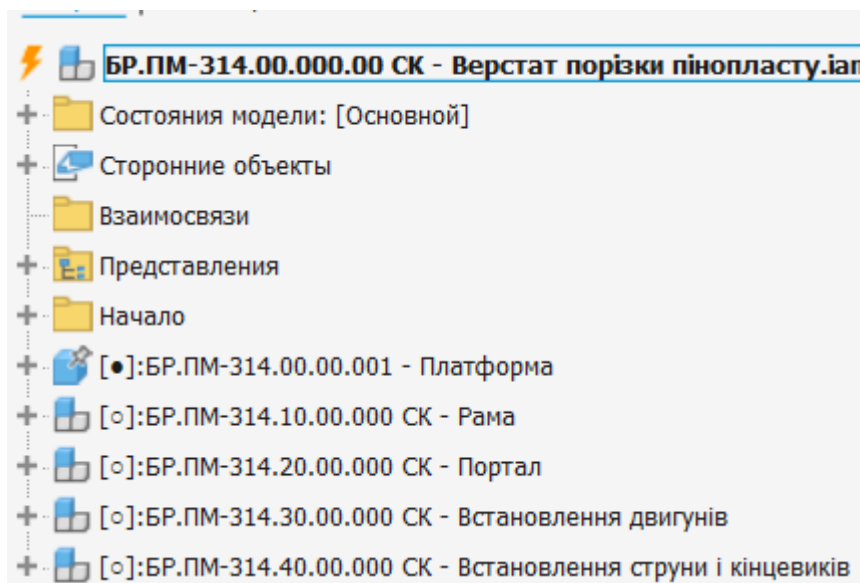


Рис. 2.11 – структура побудови верстату.

Основа рами – верстатний профіль. Однотипні деталі, позначення БР.ПМ-314.11.00.001, БР.ПМ-314.12.00.001, БР.ПМ-314.23.00.001, відрізняється лише довжина. Порізки стрічковою або дисковою пилою цілком достатньо. Кути у всіх випадках прямі. Є можливість замовити уже порізані на потрібну довжину.

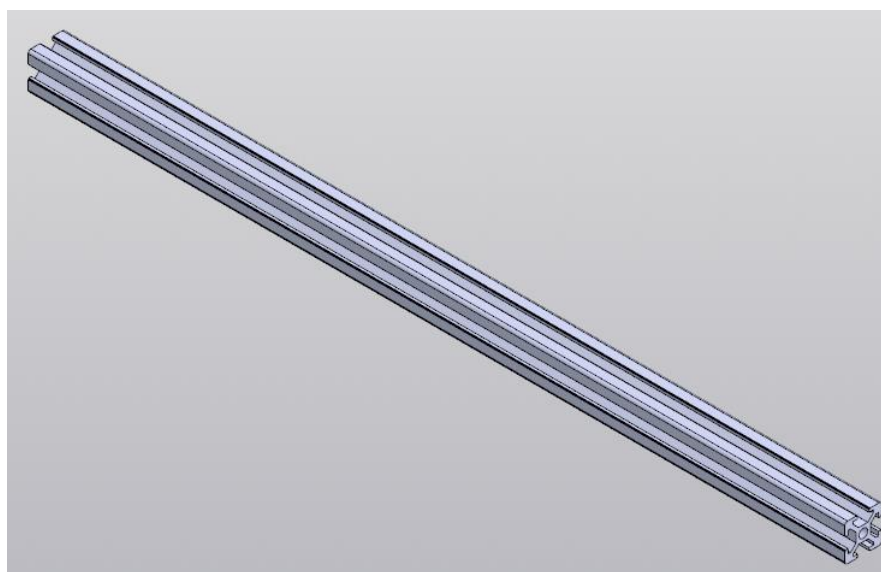


Рис. 2.12 – 3D-модель верстатного профілю.

					БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Наступним був розроблений БР.ПМ-314.11.00.002 - Пластиковий кронштейн лінійного валу 10мм. Який кріпиться на рамі.

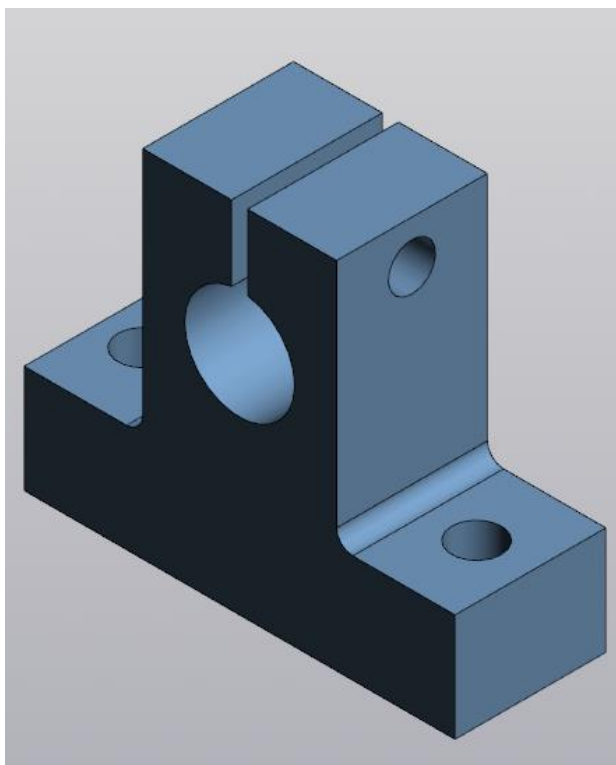


Рис. 2.13 – 3D-модель кронштейну лінійного валу.

Збираємо вузол БР.ПМ-314.11.00.000 СК – Балка 440мм. Кріпимо за допомогою T-подібних гайок два кронштейни і в місця зажимів відразу ставимо болти М4х25 з гайками.

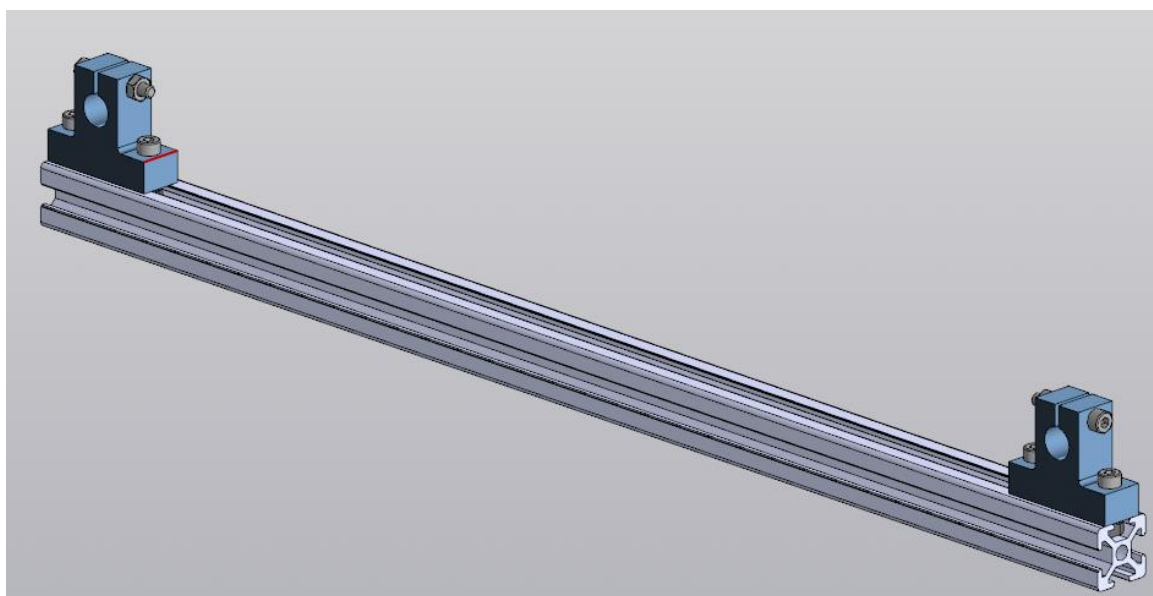


Рис. 2.14 – 3D-модель балки БР.ПМ-314.11.00.000 СК.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Наступна збиратиметься БР.ПМ-314.12.00.000 СК - Балка ліва 500мм. Основа - вже знайомий нам профіль 20x20.

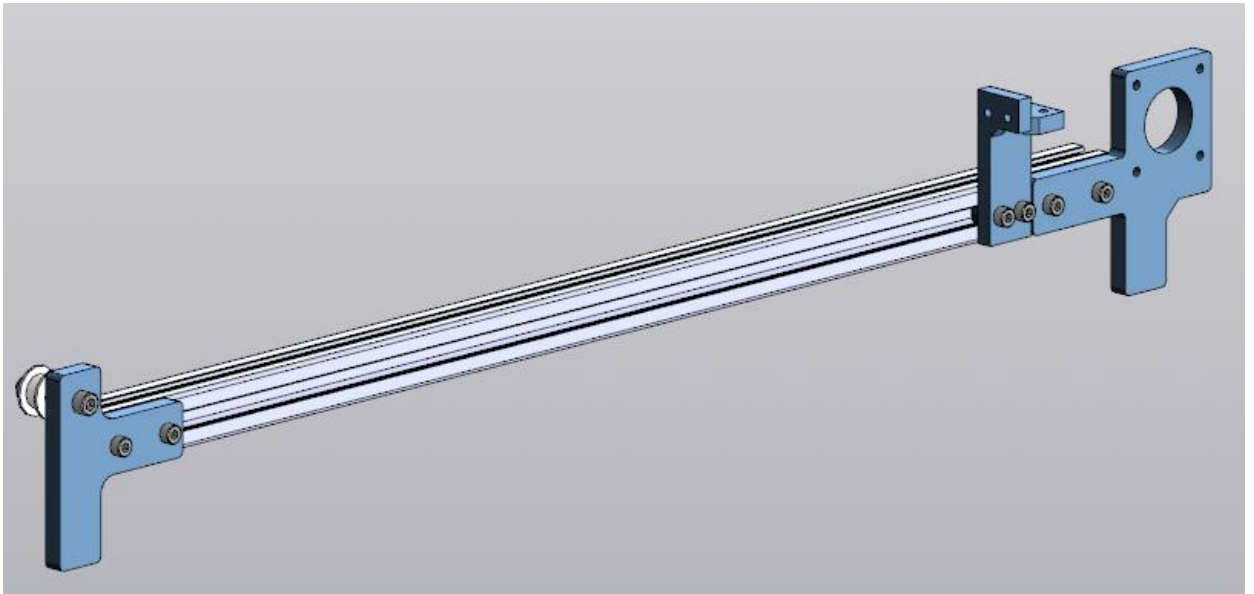


Рис. 2.15 – 3D-модель балки БР.ПМ-314.12.00.000 СК.

Складається з БР.ПМ-314.12.00.004 – Кронштейн двигуна і БР.ПМ-314.12.00.003 – Кронштейн кінцевиків, які кріпляться на одному боці.

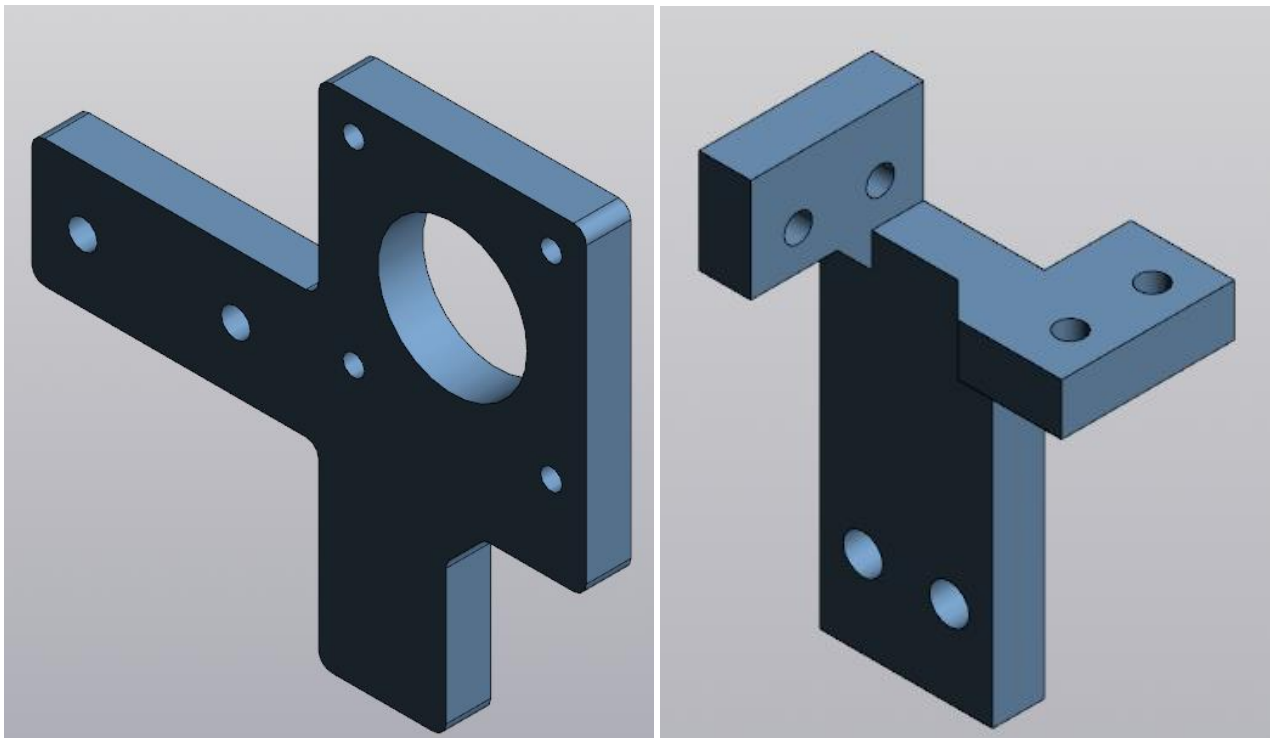


Рис. 2.16 – 3D-модель кронштейну двигуна і кронштейну кінцевиків.

На протилежній стороні встановлено БР.ПМ-314.12.00.002 – Кронштейн осі X разом з попередньо закріпленим натяжним шківом GT2.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

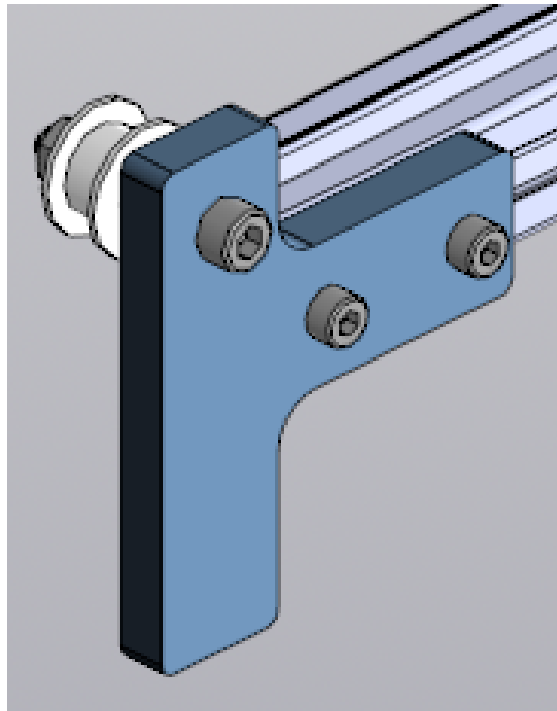


Рис. 2.17 – встановлення кронштейну осі Х з натяжним шківом.

Далі потрібно зібрати БР.ПМ-314.13.00.000 СК – Балка права 500мм. Для неї використовуємо раніше спроектований для лівої балки профіль 20x20 і кронштейн осі Х (БР.ПМ-314.12.00.002), який кріпимо аналогічно, разом з натяжним шківом

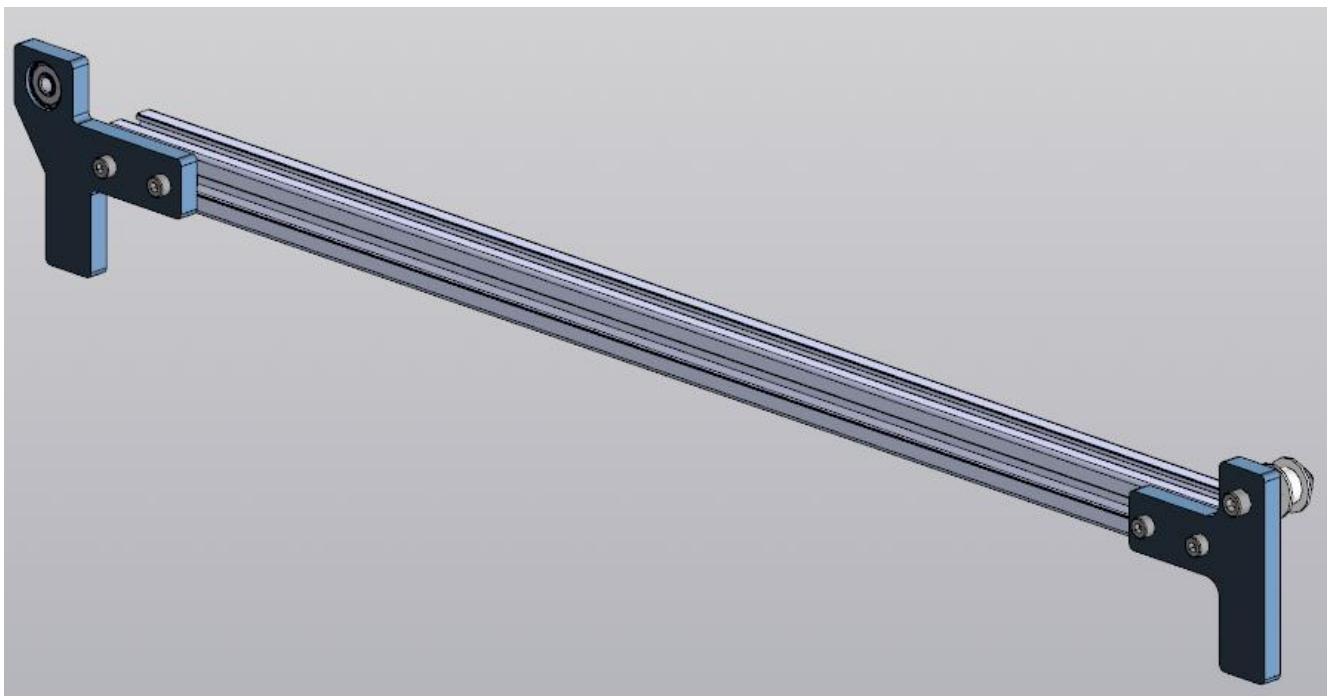


Рис. 2.18 – 3D-модель БР.ПМ-314.13.00.000 СК – Балка права 500мм.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

На протилежному кінці балки проектуємо і закріплюємо деталь БР.ПМ-314.13.00.001 - Кронштейн осі X, а у її отвір встановлюємо підшипник 80025.

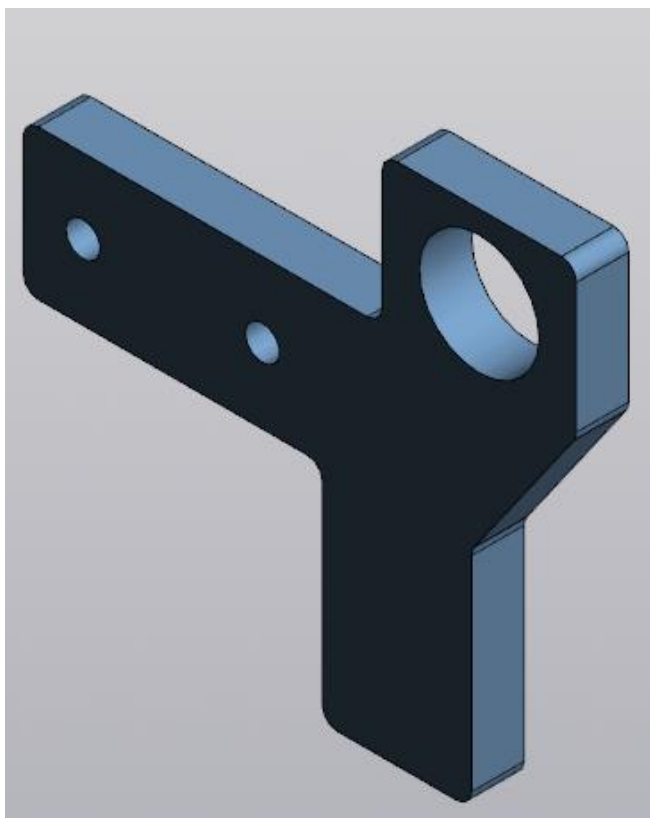


Рис. 2.19 – 3D-модель БР.ПМ-314.13.00.001 - Кронштейн осі X.

Переходимо до поперечної балки БР.ПМ-314.14.00.000 СК. За основу знову ж таки узято 500мм профіль БР.ПМ-314.12.00.001.

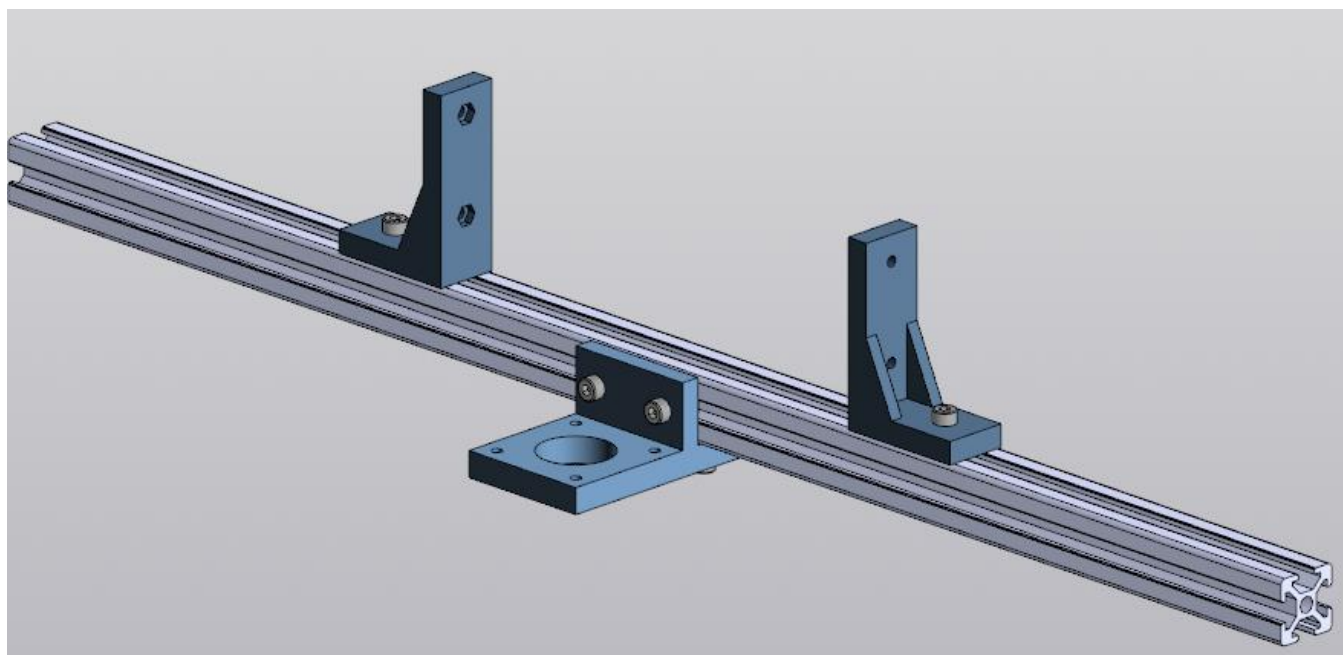


Рис. 2.22 – 3D-модель БР.ПМ-314.14.00.000 СК – Балка поперечна 500мм.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Для неї було спроектовано БР.ПМ-314.14.00.001 – Тримач пінопласту. У цій деталі бачимо шестигранні отвори на висоту гайки М3 для того, аби з іншого закрутити гвинт М3 і він, врізаючись у заготовку, фіксував її.

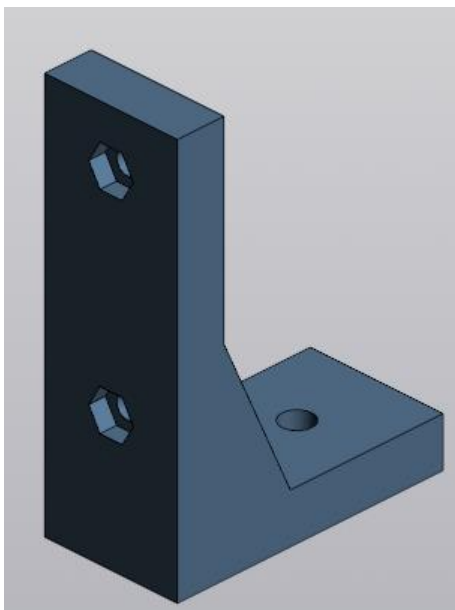


Рис. 2.21 – 3D-модель БР.ПМ-314.14.00.001 – Тримач пінопласту.

Також було розроблено деталь БР.ПМ-314.14.00.002 - Кронштейн двигуна вісь Z.

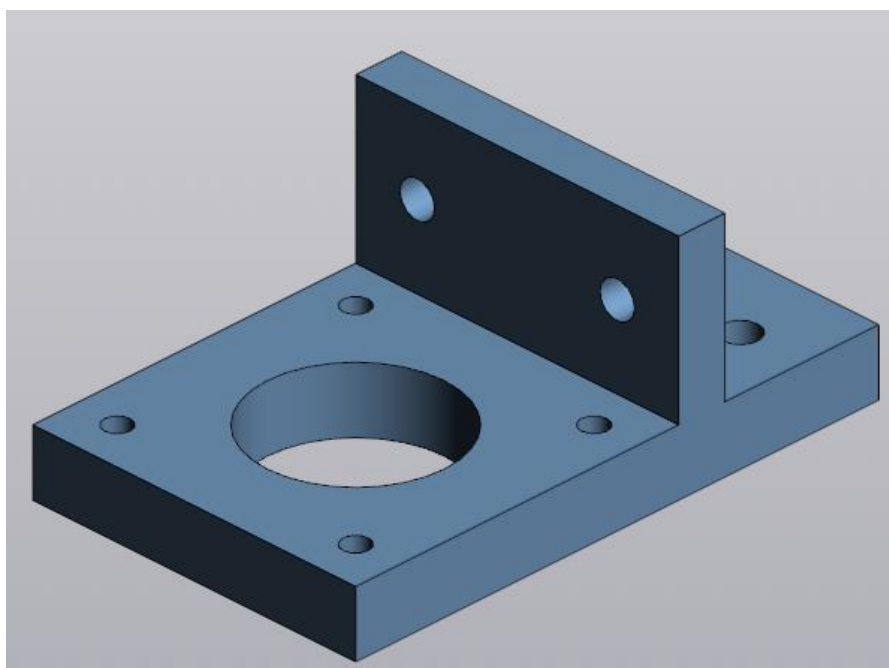


Рис. 2.22 – 3D-модель БР.ПМ-314.14.00.002 - Кронштейн двигуна вісь Z.

Закріплюємо деталь БР.ПМ-314.14.00.002 посередині профілю, і симетрично від неї попередньо кріпимо тримачі заготовки.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Отже, після збірки балок, за допомогою кутових кронштейнів і Т-подібних гайок потрібно зібрати раму БР.ПМ-314.10.00.000 СК.

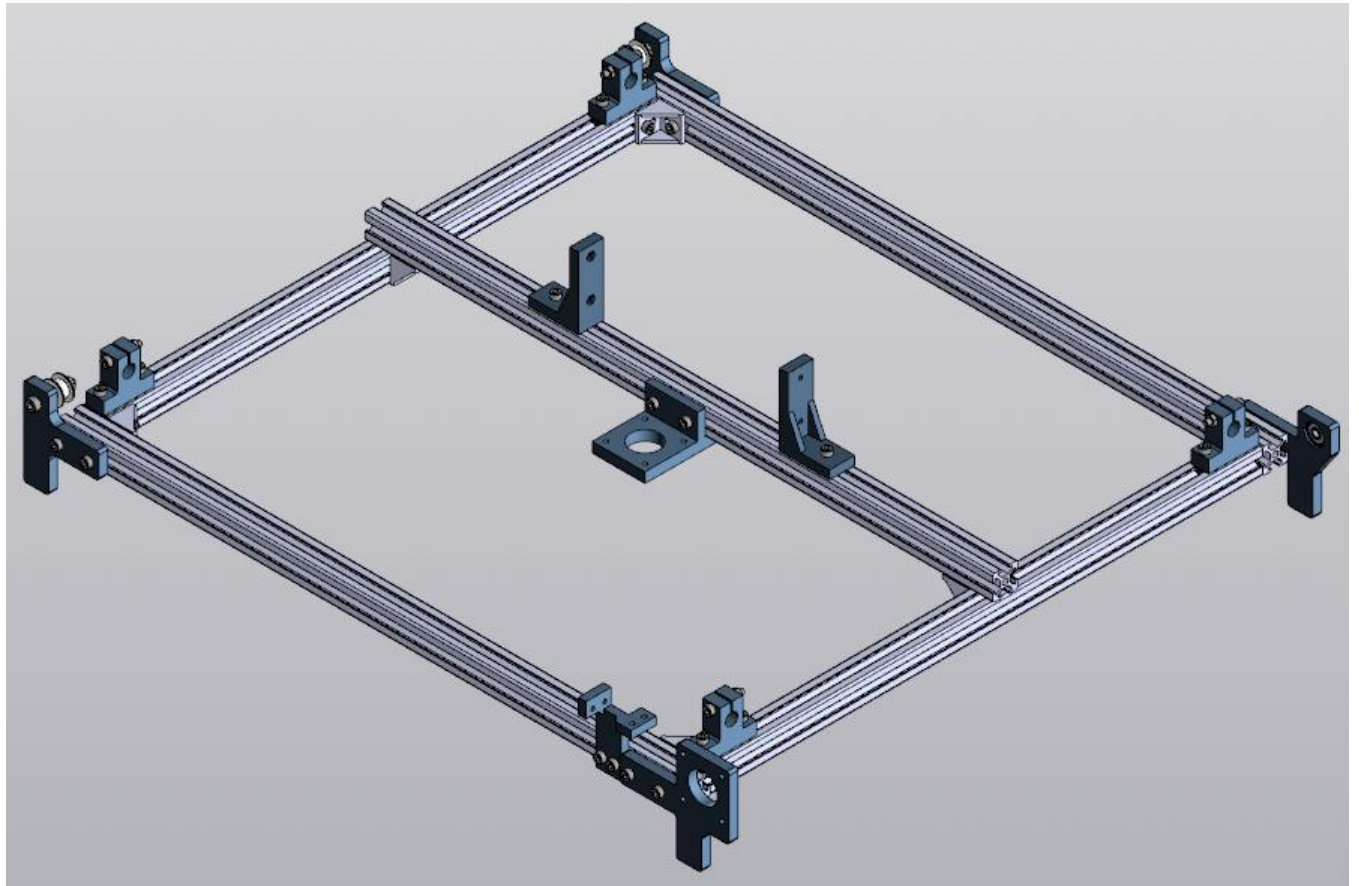


Рис. 2.23 – 3D-модель БР.ПМ-314.10.00.000 СК - Рама.

Після цього переходимо до порталу БР.ПМ-314.20.00.000 СК.

Він в себе включатиме чотири збірки нижчого рівня і одну деталь. Отже, маємо спроектовану деталь БР.ПМ-314.20.00.001 – лінійний вал 10мм, довжиною 500мм. Це купована деталь, часто ми уже можемо придбати її готову, довжиною кратною 100мм. Тобто ця деталь після покупки приїде до нас такою як треба. Але, за потреби, можна виконати порізку самостійно.

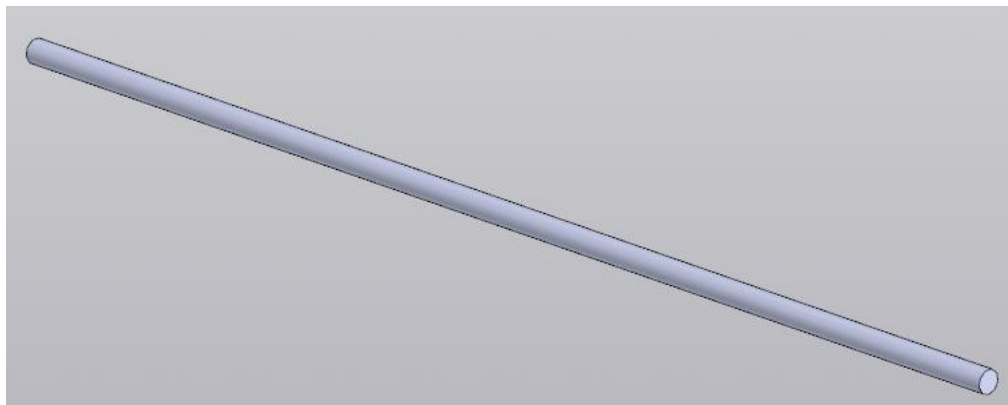


Рис. 2.24 – 3D-модель БР.ПМ-314.20.00.001 – Лінійний вал 10мм_500.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Було спроектовано рухомі блоки з лінійними підшипниками, які забезпечуватимуть рух в горизонтальній і вертикальній площині .

Для горизонтальної це : Це БР.ПМ-314.21.00.000 СК – Рухомий блок, який складається з деталі БР.ПМ-314.21.00.001 – Рухомий блок і двох лінійних підшипників, запресованих в блок. Також на ньому закріплено натяжний шків ремня і відразу гвинт з гайкою в місці затиску лінійного валу.

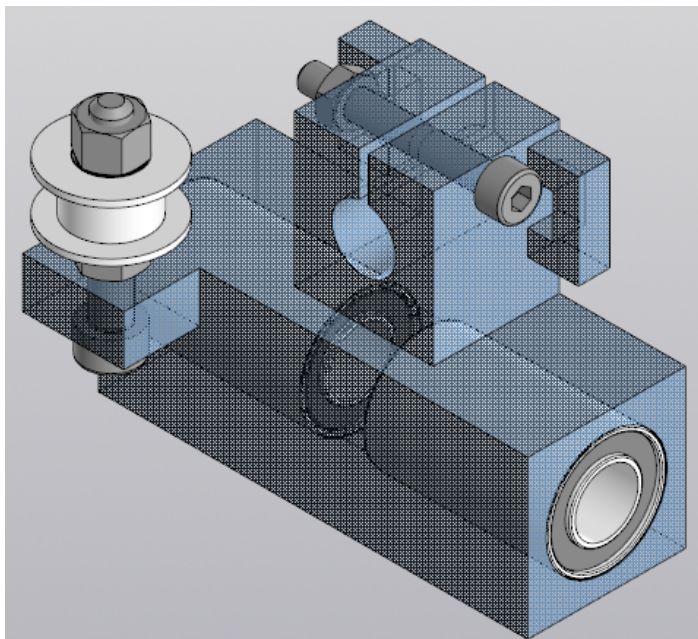


Рис. 2.25 – 3D-модель БР.ПМ-314.21.00.000 СК – Рухомий блок.

На протилежний бік - дзеркальний йому - БР.ПМ-314.22.00.000 СК – Рухомий блок. Відмінність тільки в деталі БР.ПМ-314.22.00.001 – Рухомий блок, усе інше – аналогічне.

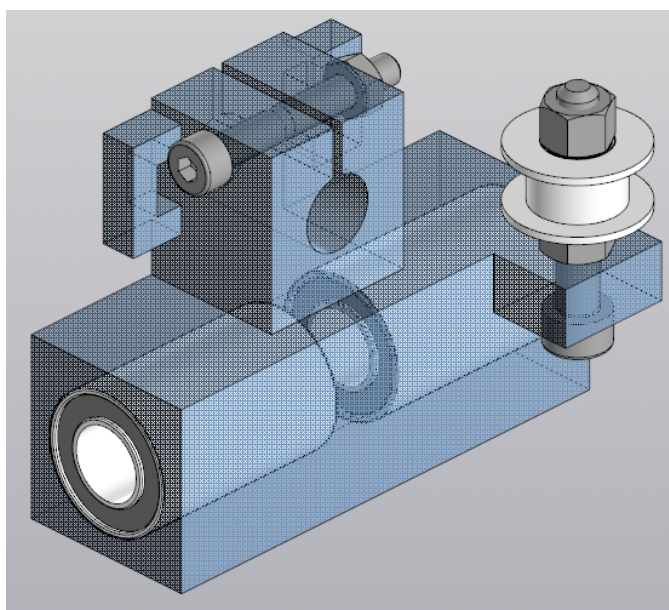


Рис. 2.26 – 3D-модель БР.ПМ-314.22.00.000 СК – Рухомий блок.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для горизонтальної площини було розроблено рухомий блок БР.ПМ-314.24.00.000 СК. Який складається з деталі БР.ПМ-314.24.00.001 – Рухомий блок і лінійного підшипника. Такі блоки використовуємо два однакові, по одному на сторону.

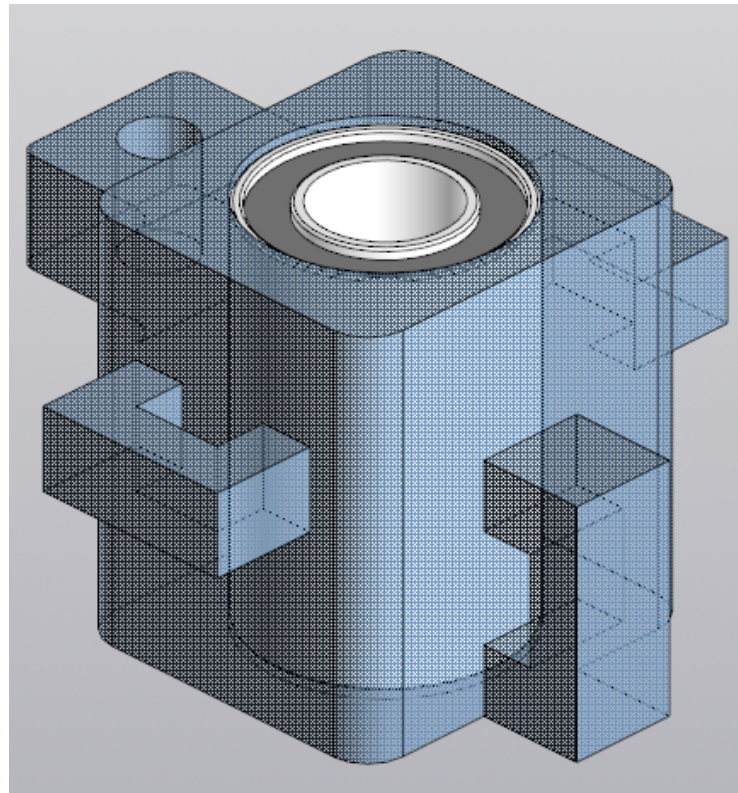


Рис. 2.27 – 3D-модель БР.ПМ-314.24.00.000 СК – Рухомий блок.

Для того, щоб зв'язати вертикальні напрямні порталу між собою, було розроблено поперечку БР.ПМ-314.23.00.000 СК, на яку також потім буде закріплено кроковий двигун для осі Y.

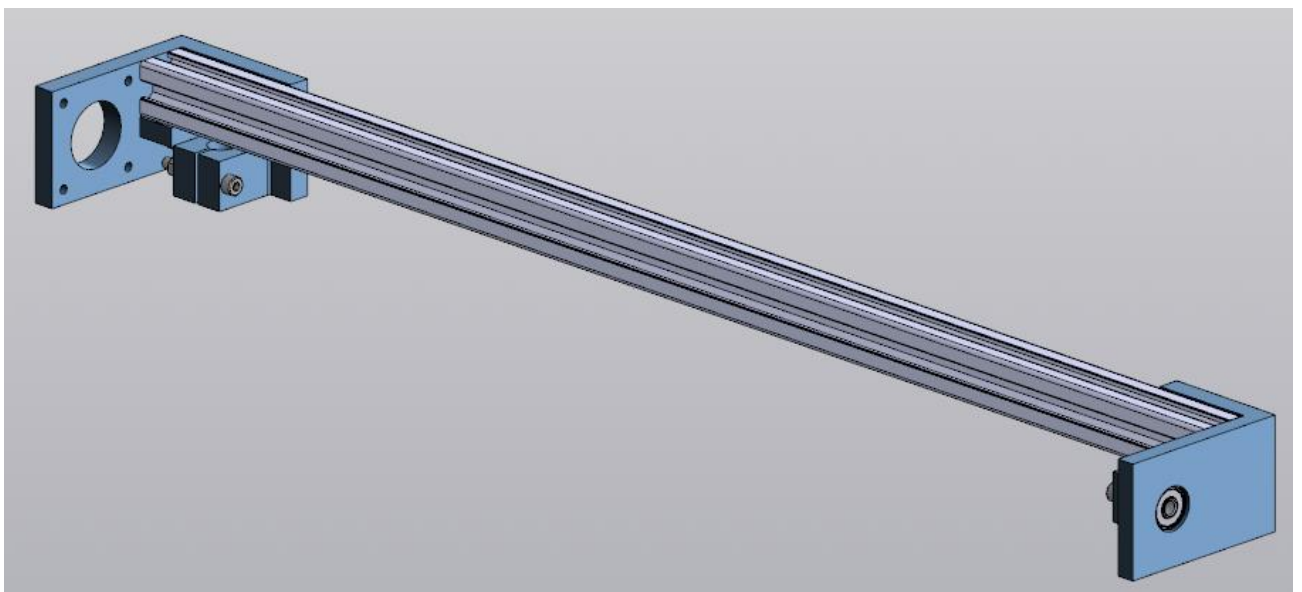


Рис. 2.28 – 3D-модель БР.ПМ-314.23.00.000 СК - Поперечка.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Розглянемо окремо деталі, які сюди входять: профіль 20х20 - БР.ПМ-314.23.00.001, на одній стороні якого закріплено БР.ПМ-314.23.00.002 – Кронштейн осі Y, на якому бачимо місце для підшипника, для фіксації лінійної напрямної і отвори для кріплення до самого профілю. А з іншого боку кріпиться БР.ПМ-314.23.00.003 - Кронштейн осі Y, подібний до попереднього, але на місці підшипника у нас буде прикріплено кроковий двигун.

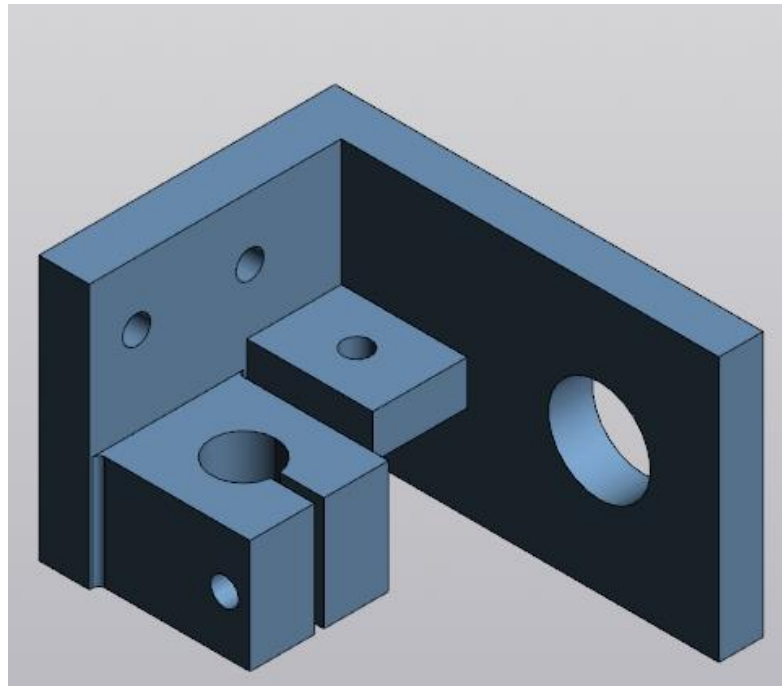


Рис. 2.29 – 3D-модель БР.ПМ-314.23.00.002 – Кронштейн осі Y.

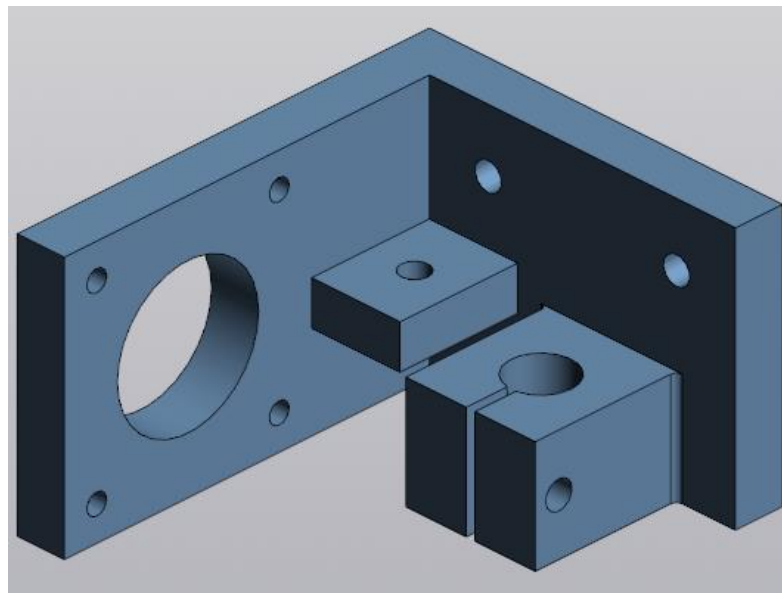


Рис. 2.30 – 3D-модель БР.ПМ-314.23.00.003 – Кронштейн осі Y.

При збірці поперечки кріпимо наші кронштейни за допомогою T-подібних гайок, запресовуємо підшипник у кронштейн БР.ПМ-314.23.00.002, і в місця фіксації лінійних напрямних попередньо встановлюємо затискні гвинти і гайки.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Після цього збираємо весь наш портал БР.ПМ-314.20.00.000 СК, встановлюємо рухомі блоки на лінійні напрямні і фіксуємо їх в передбачених місцях. При подальшому встановленні на раму потрібно буде виконати звірку розмірів та кутів і, можливо, вирівняти портал відносно рами.

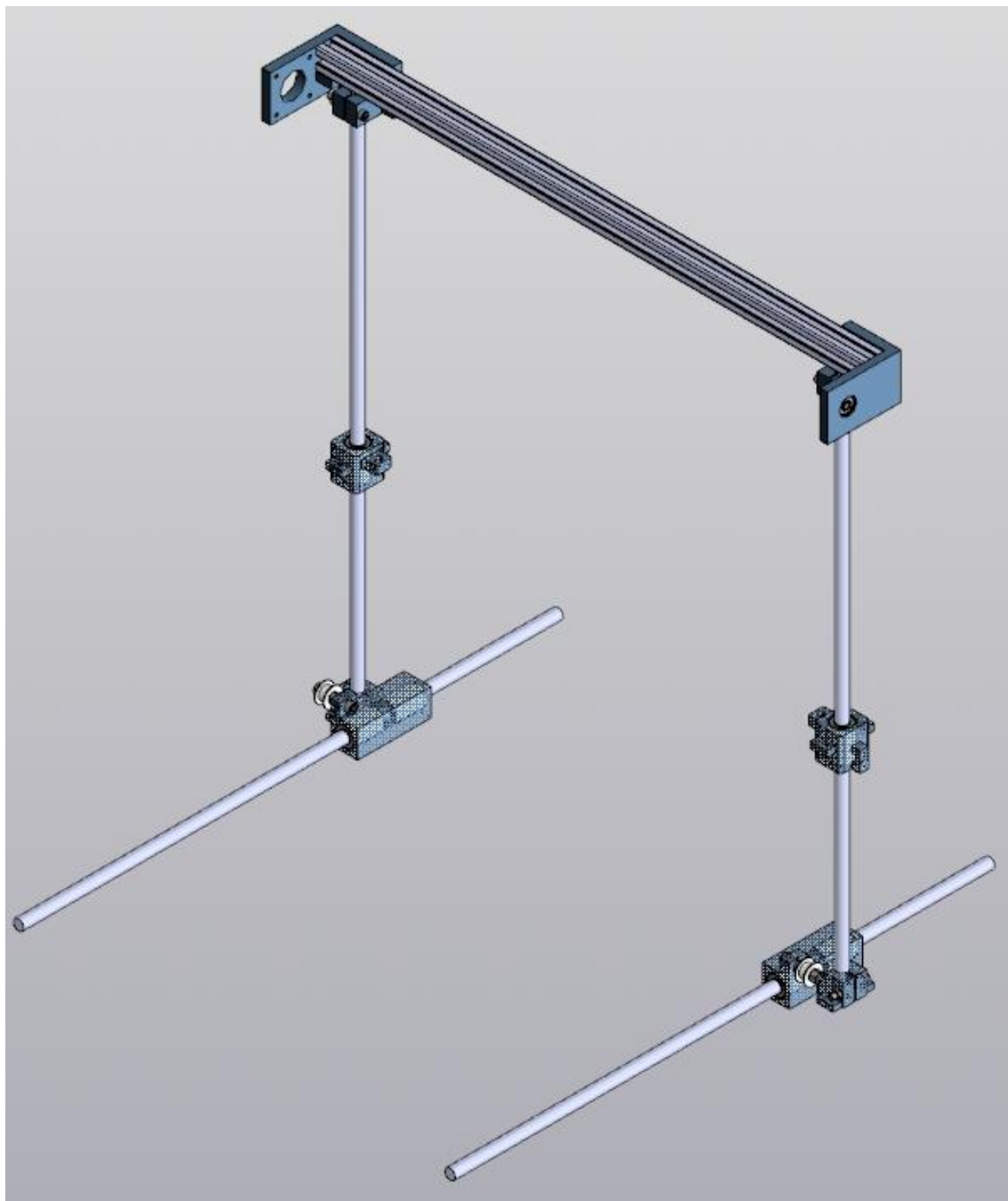


Рис. 2.31 – 3D-модель БР.ПМ-314.20.00.000 СК - Портал.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

Загалом, можна збирати основу верстату за найвищим креслеником БР.ПМ-314.00.00.000 СК – Верстат порізки пінопласту. На даному етапі потрібно на готову раму БР.ПМ-314.10.00.000 СК закріпити в чотирьох місцях лінійні напрямні готового порталу БР.ПМ-314.20.00.000 СК , так як ми уже фіксували їх в попередніх випадках, і вирівняти конструкцію, якщо це потрібно. Отримаємо такий результат:

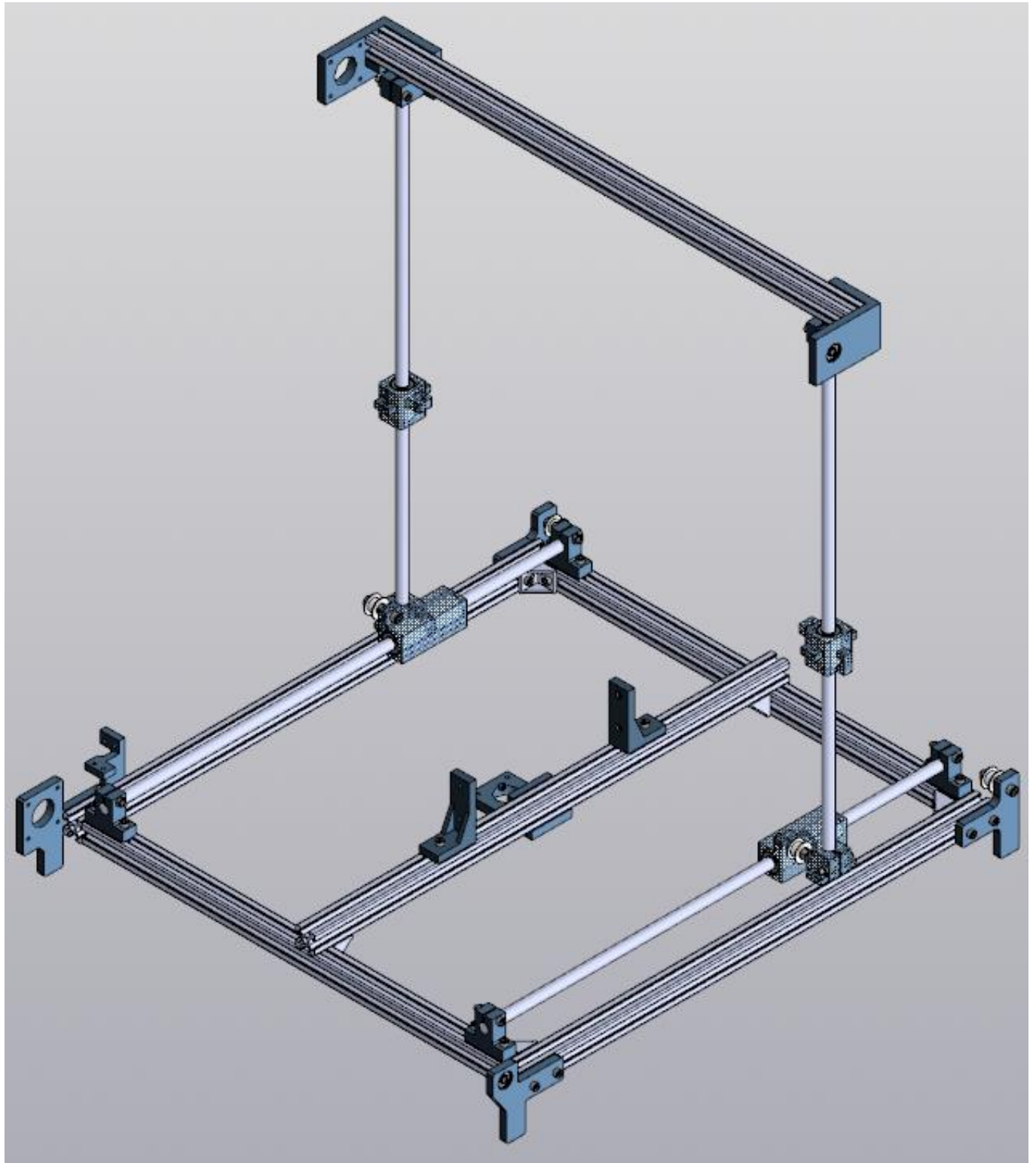


Рис. 2.32 – Процес збирання верстату.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

В наступних кресленнях буде показано встановлення окремих елементів конструкції, які були відокремлені для зручності збирання і опису.

Почнемо з збірки БР.ПМ-314.30.00.000 СК – Встановлення двигунів, де показано закріплення моторів осей X,Y,Z, шківів зубчастого ременя. Також на цьому етапі можна встановити й сам ремінь. Фіксація кінців ременя в спеціально призначених для цього місцях – «вухах» на рухомих блоках. За допомогою спеціальних затискних пристроїв для ременя, або звичайних хомутів. Розрахункова довжина ременя на одну сторону: для осі X – 1200мм, Y-1100мм.

Почнемо з осі X: двигун кріпимо на розпірні стойки М3х20. Вал двигуна з'єднуємо муфтою БР.ПМ-314.30.00.001 з напрямним валом БР.ПМ-314.30.00.002 діаметром 6мм. В муфті передбачені місця для гайок М3. Встановлюємо їх туди і фіксуємо вали гужонами через ці гайки. Також на лінійний вал встановлюємо приводний шків і також фіксуємо гужоном М4.

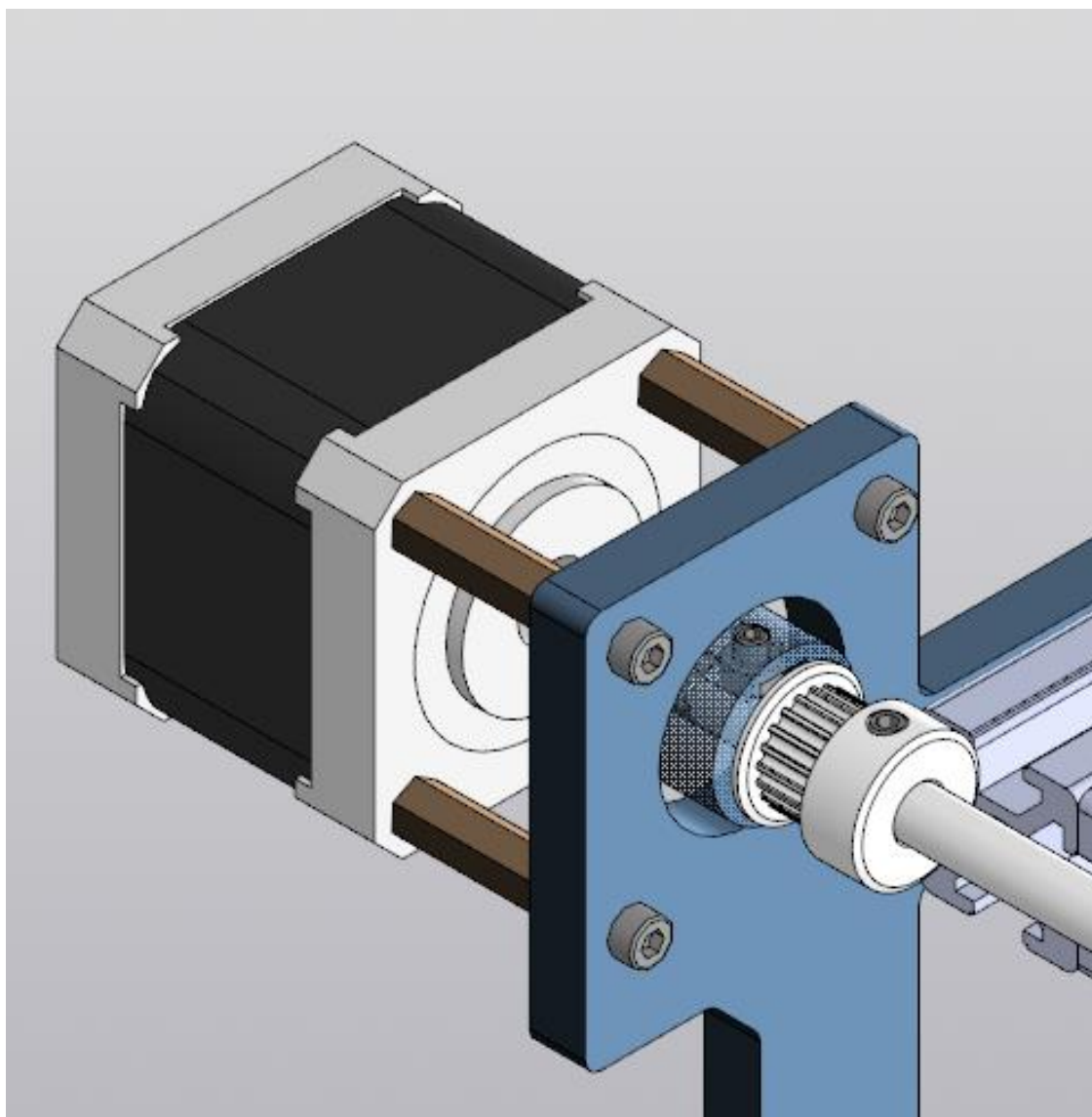


Рис. 2.33 – Встановлення двигуна вісь X.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

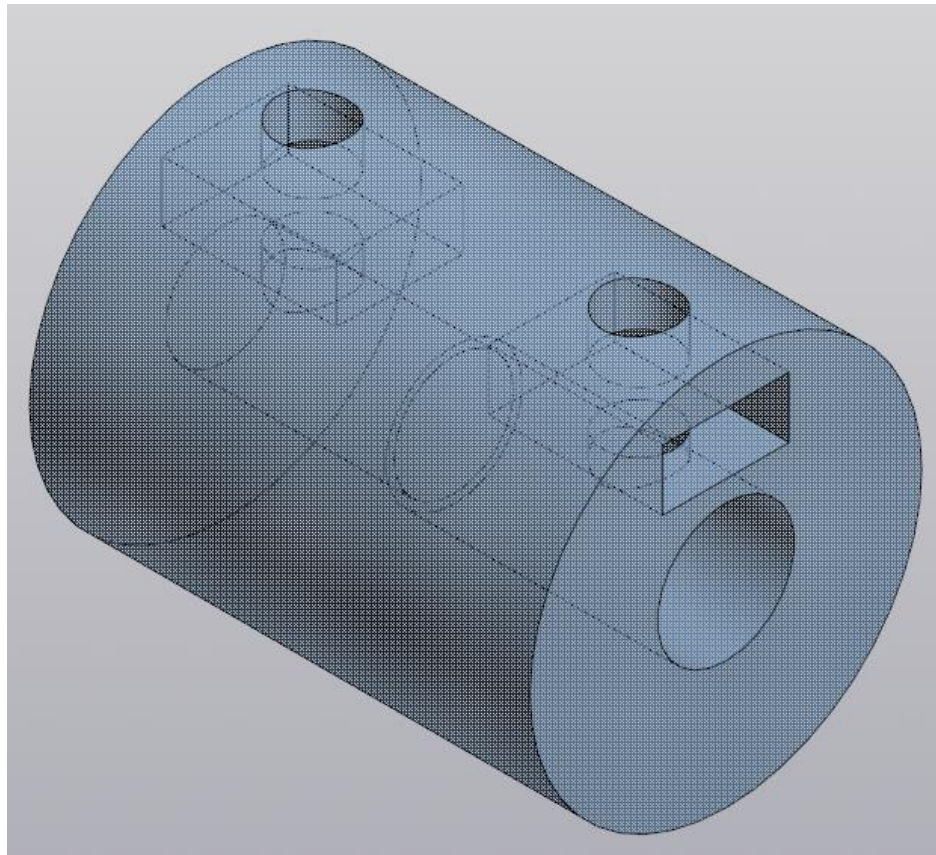


Рис. 2.34 – 3D-модель муфти БР.ПМ-314.30.00.001.

Після цього на протилежному кінці прямого валу так само фіксуємо другий шків, і встановлюємо вал у підшипник. Можна попередньо зняти кронштейн з раніше встановленим підшипником.

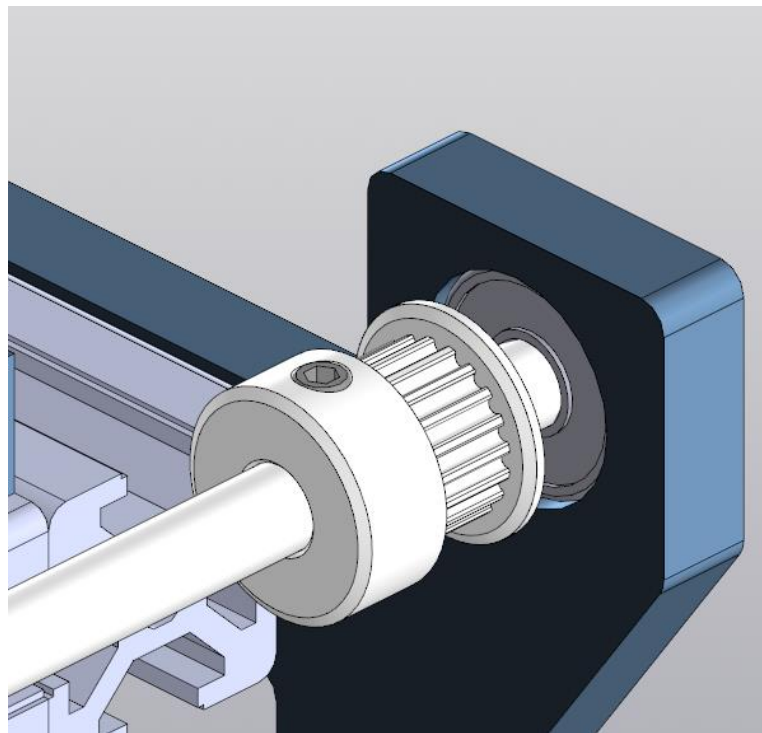


Рис. 2.35 – Встановлення шківа.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

Для двигуна осі Y встановлення відрізняється лише тим, що сам двигун кріпиться прямо на кронштейн без розпірної стойки, все решту (шків, муфта, напрямний вал і підшипник) аналогічно осі X.

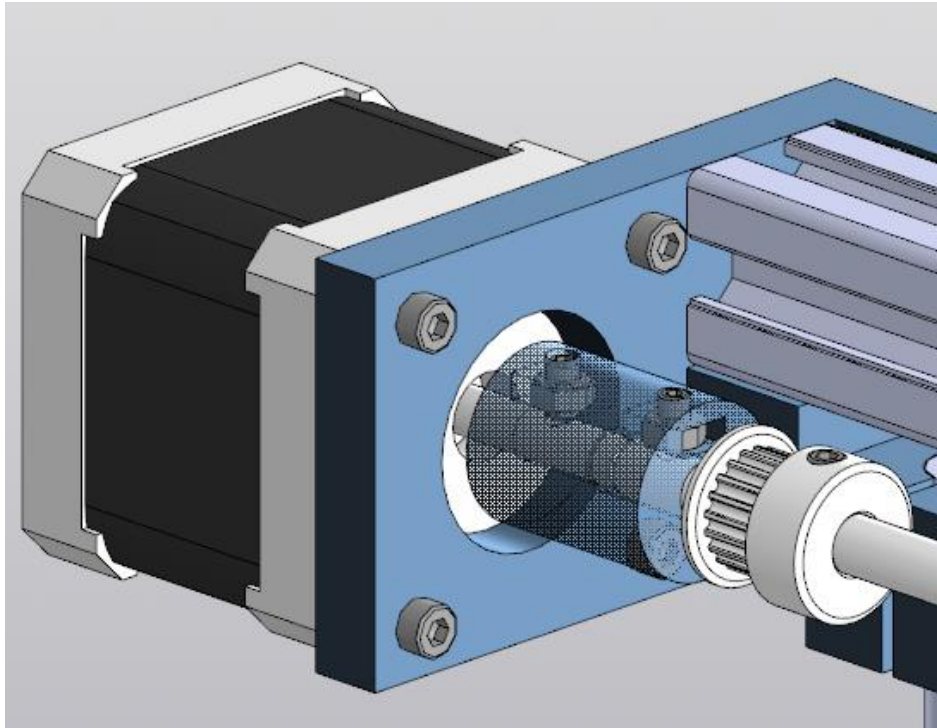


Рис. 2.36 – Встановлення двигуна вісь Y.

Також, за допомогою гвинтів, кріпимо двигун осі Z, яка в нашому випадку буде відповідати за поворот заготовки, якщо це потрібно.

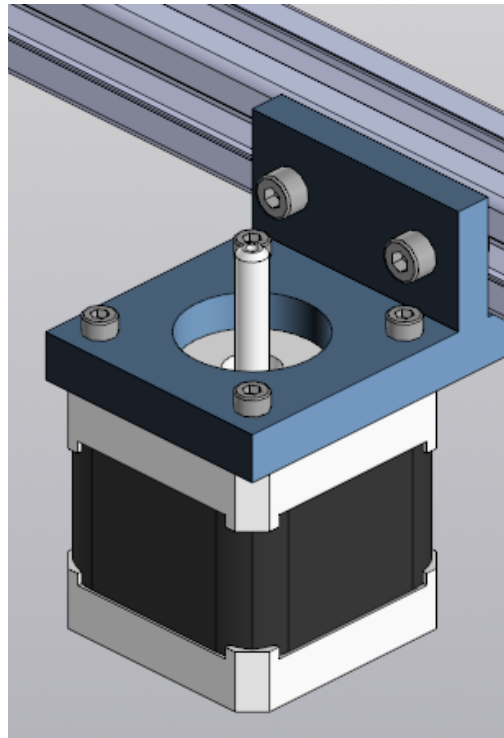


Рис. 2.37 – Встановлення двигуна вісь Z.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Далі йдемо до збірки БР.ПМ-314.40.00.000 СК – Встановлення струни і кінцевиків. Струну БР.ПМ-314.40.00.001 кріпимо до рухомих блоків осі Y з обох сторін за допомогою гвинтів і гайок М5. Нагрів струни планується за допомогою перетворювача постійного струму на 12В який буде з'єднано затискачами типу «крокодил» з струною.

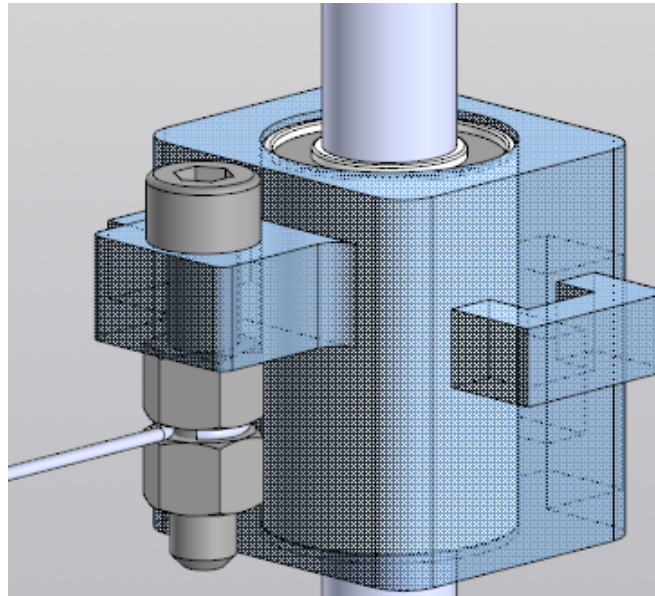


Рис. 2.38 – Закріплення струни.

Кінцеві вимикачі ж встановлюються на передбачений для них кронштейн так як показано на рисунку, за допомогою гвинтів М3 і гайок.

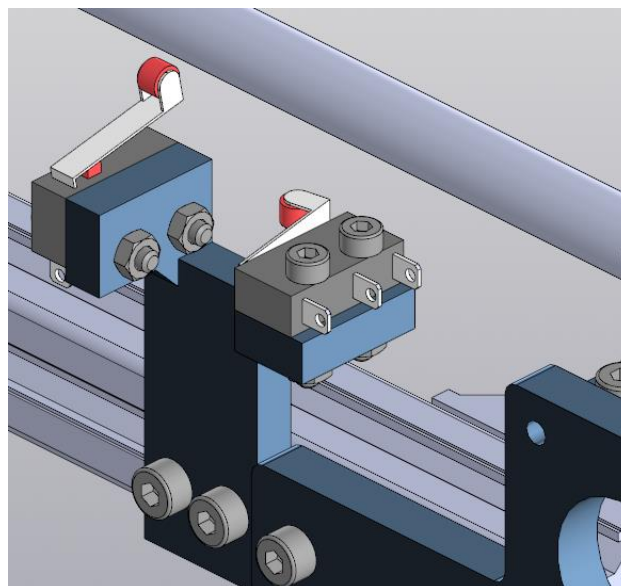


Рис. 2.39 – Закріплення кінцевиків.

Останнім кроком буде приєднання обертової платформи тоді, коли вона необхідна. Деталь БР.ПМ-314.00.00.001 – Платформа має на звуженні потай під гайку М3 для фіксації на валу двигуна і шестигранні отвори на висоту гайки М3 для

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

того, аби з іншого закрутити гвинт М3 і він, врізаючись у заготовку, фіксував її. Кріпиться на валу за допомогою установчого гвинта (гужона) і вкладеної гайки.

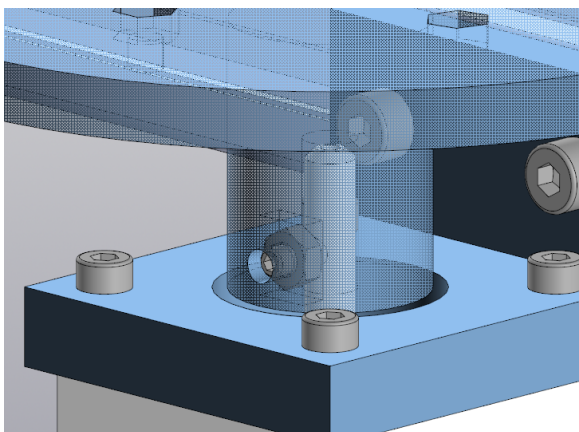


Рис. 2.40 – Встановлення платформи БР.ПМ-314.00.00.001.

Після цього збирання механічної частини верстату можна вважати завершеним.

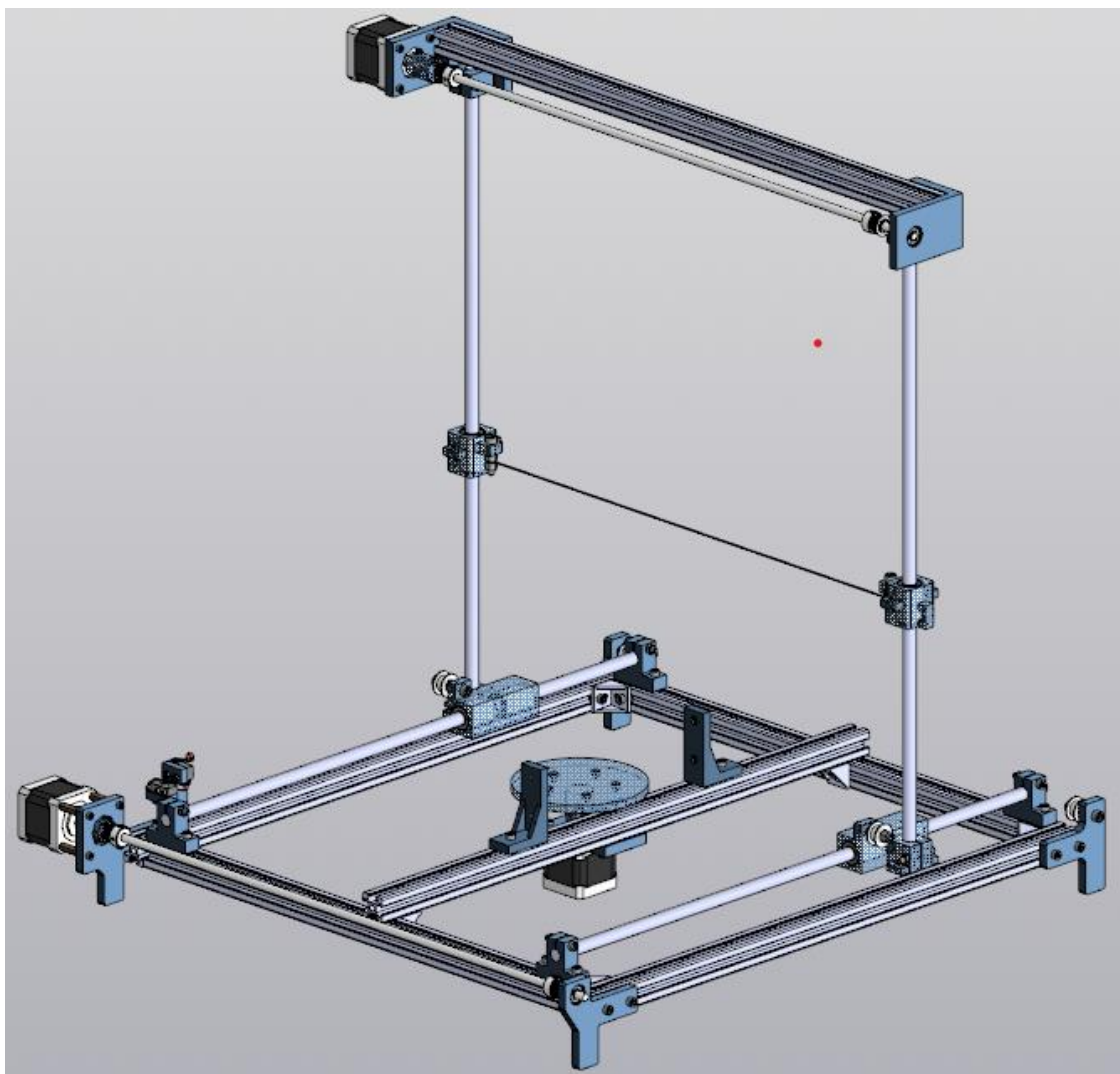


Рис. 2.41 – Загальний вигляд верстату.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

37

3. 3D-ДРУК. АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 3D-друк.

Аддитивні технології непомітно стали звичними в нашому житті. Ринок 3D-принтерів став дуже різноманітним, відтак такий верстат став досить доступним. У трьох з п'яти моїх добрих колег по цеху є удома 3D-принтер, і це уже не викликає подив. Особливо враховуючи те, скільки корисний речей для військових сьогодні виготовляється з їх допомогою. В Україні зараз це настільки популярно, що час від часу виникає брак філаменту – ринок просто не встигає за друкарями.

Отже, для виготовлення цього верстату я теж планую використати 3D-принтер, зокрема BambuLAB моделі P1S, так як маю до нього доступ. Це один з найшвидших і найточніших серійних 3D-принтерів на ринку. На сьогодні це флагман у світі 3D-друку. Закрита камера, точність і швидкість – ідеально.



Рис. 3.1 – Принтер BambuLAB P1S.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3.2 Слайсер BambuStudio

Слайсер BambuStudio від компанії BambuLAB – передове багатофункціональне програмне забезпечення для нарізки 3D-моделей на шари для друку з відкритим кодом. По суті, це є надбудова над ORCA-slicer, де вибрано найнеобхідніші функції і більшою мірою адаптовано під 3D-принтери BambuLAB.

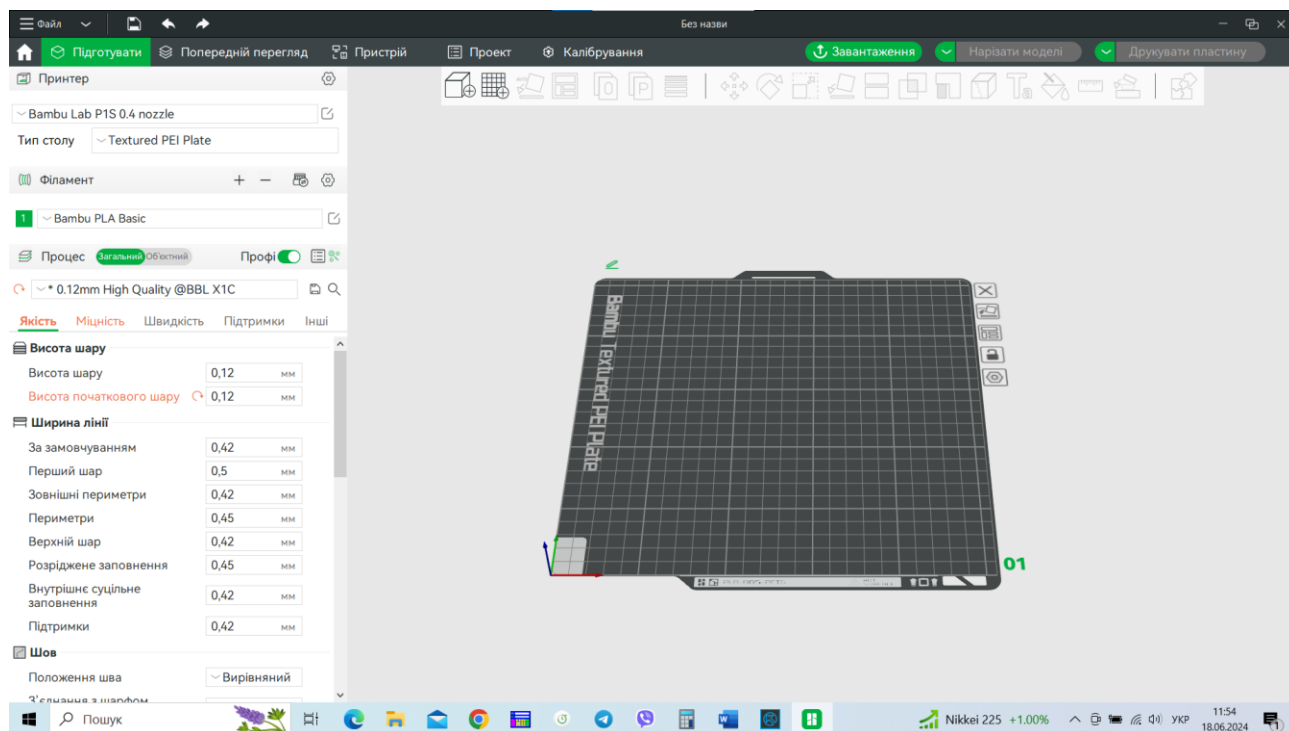


Рис. 3.2 – Загальний вигляд інтерфейсу BambuStudio.

Перевагою саме цього слайсеру є можливість працювати з файлами у форматі і .stl і .stp, що вважається точною геометрією, на відміну від програм які працюють тільки з файлами .stl, де модель складена з маленьких полігонів. Також не може не тішити українізований інтерфейс програми, і можливість писати коди не тільки на принтери фірми BambuLAB, але і на багато інших: Creality, Elegoo та ін. Також, на мою думку, програма зручніша і гнучкіша в налаштуваннях за аналоги, також є можливість редагувати деталь прямо в слайсері – додавати вирізи, отвори, надписи і стандартні фігури.

					БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Принтери BambuLAB завдяки станціям AMS (Automatic Material System) вміють друкувати кількома кольорами (від 2 до 16). І BambuStudio підтримує такі налаштування. Також є функція додавання паузи під час друку. Це зручно, якщо в деталь потрібно вставити якусь гайку, чи магніт, і потім заправити його зверху

Помістимо в слайсер одну з простих деталей – БР.ПМ-314.11.00.002 - Кронштейн валу. Друкувати пропонуємо з матеріалу PETG, так як він простий для друку але більш довговічний і стійкий до середовища, ніж подібний PLA пластик. Бачимо час і вартість деталі, попередньо заклавши в програму вартість пластику за кілограм, а також процеси друку, розподілені по кольорах.

Задаємо параметри для друку: висота шару 0.12мм, кількість периметрів – 3, товщина верхньої і нижньої оболонки 1мм, швидкість зменшимо від запропонованої на 25-30% оскільки деталь невелика і буде багато вібрацій.

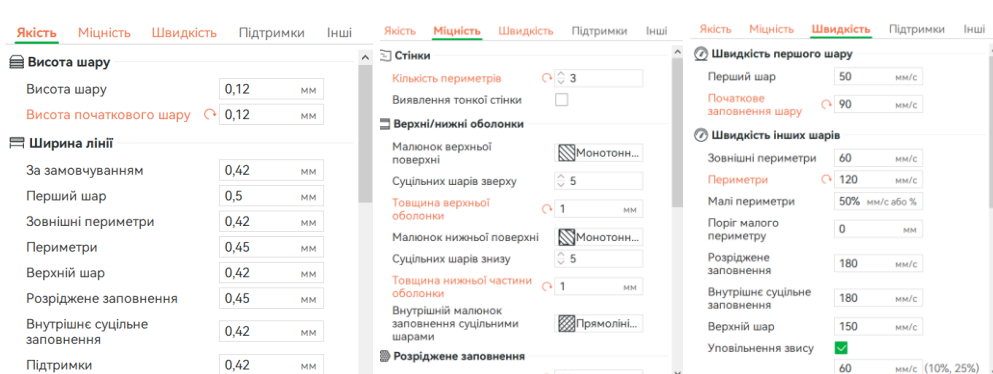


Рис. 3.3 – Налаштування BambuStudio.

Отримаємо такий результат:

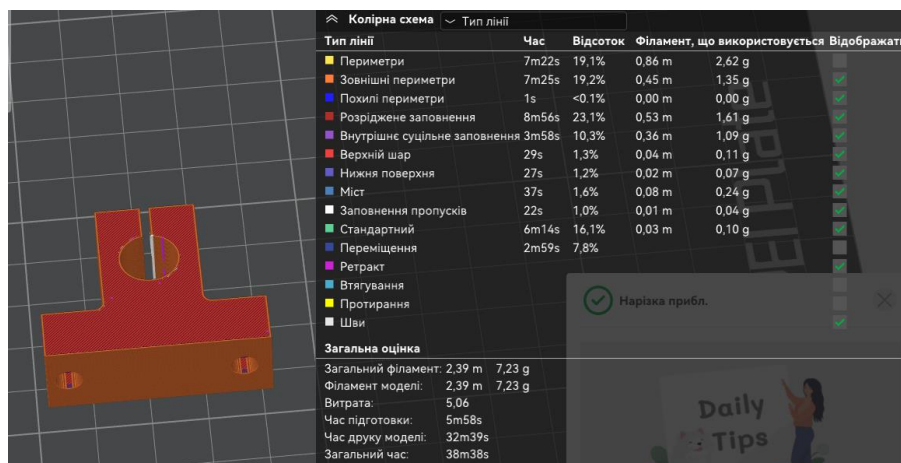


Рис. 3.4 – Інформаційна панель BambuStudio.

Візьмемо деталь складнішої конфігурації - БР.ПМ-314.22.00.001 – рухомий блок. Налаштуємо підтримки для неї. Тут можна використати деревоподібний тип підтримок.. Вони легше видаляються і витрата матеріалу на них менша. Такі деталі потребують легкої пост-обробки і видалення підтримок.

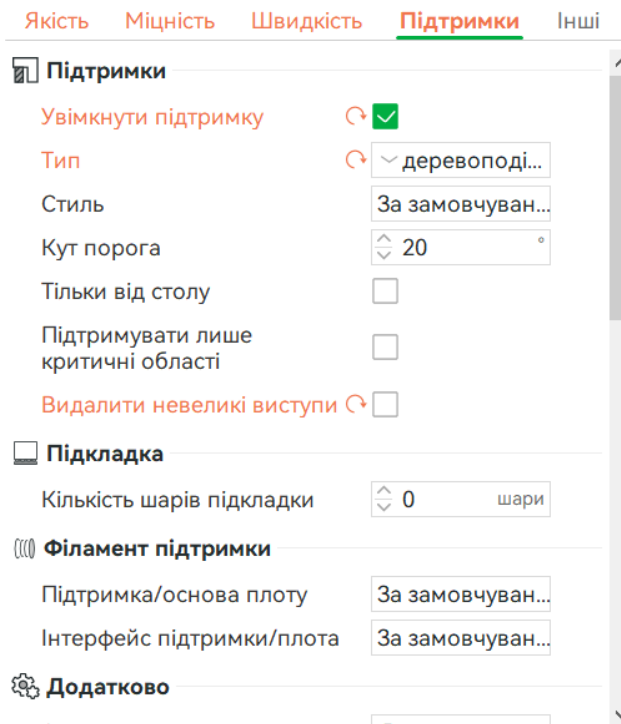


Рис. 3.5 – Налаштування підтримок у BambuStudio.

Отримуємо ось такий результат:

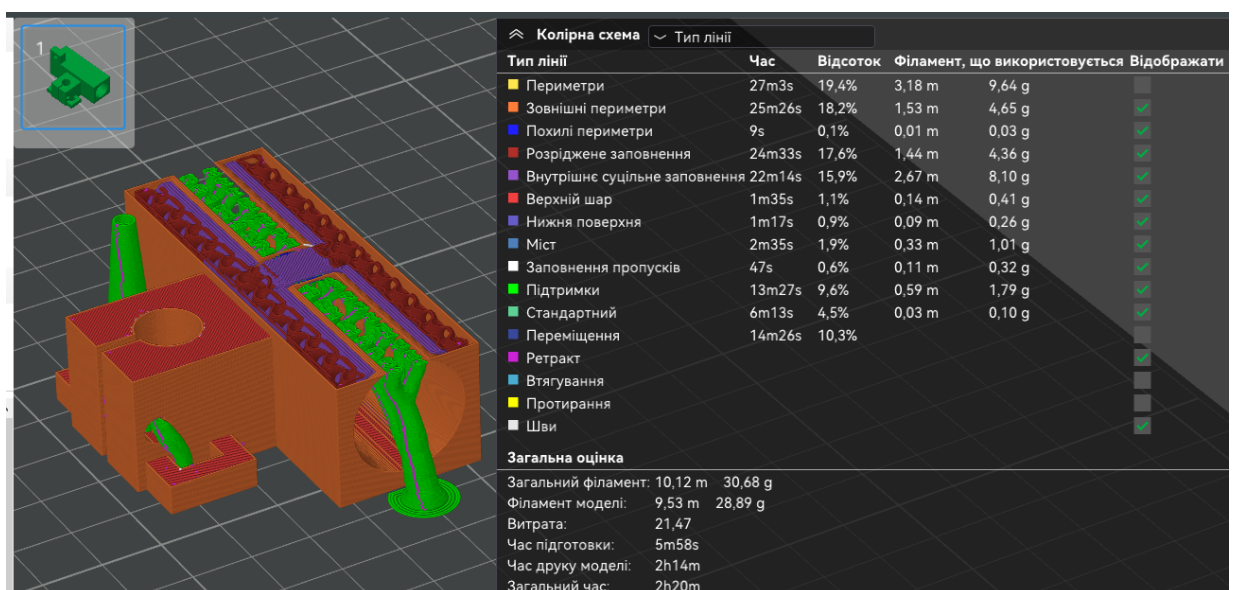


Рис. 3.6 – Деталь з підтримками у BambuStudio.

Після генерації файлу для друку, отримуємо файл формату .gcode, який зрозумілий для принтера, ось його фрагмент для деталі, показаної вище:

```
G1 X140.734 Y133.979 E-.45407
G1 X140.502 Y134.225 E-.12878
G1 X140.397 Y134.68 E-.17715
; WIPE_END
G1 E-.04 F1800
G1 X141.315 Y127.734 Z18.76 F30000
G1 Z18.36
G1 E.8 F1800
G1 F9000
G3 X141.948 Y126.017 I1.185 J-.538 E.0391
G1 X142.059 Y125.612 E.00811
G3 X142.473 Y126.867 I-.49 J.857 E.02791
G2 X142.512 Y128.388 I13.939 J.404 E.02934
G3 X141.158 Y128.389 I-.677 J-.242 E.03402
G3 X141.991 Y125.59 I1.403 J-1.106 E.06588
; WIPE_START
G1 F24000
G1 X141.44 Y125.77 E-.21992|
G1 X140.936 Y126.472 E-.32871
G1 X140.863 Y127.024 E-.21137
; WIPE_END
G1 E-.04 F1800
G1 X137.979 Y128.049 Z18.76 F30000
G1 Z18.36
G1 E.8 F1800
G1 F9000
G2 X137.935 Y126.296 I-41.545 J.148 E.0338
G2 X138.197 Y125.773 I-.491 J-.573 E.01159
G3 X138.237 Y128.953 I-.628 J1.599 E.07838
G3 X137.623 Y127.618 I.28 J-.938 E.03204
G3 X137.901 Y125.769 I1.534 J-.714 E.03818
G1 X138.142 Y125.751 E.00466
; WIPE_START
G1 F24000
G1 X137.901 Y125.769 E-.09178
G1 X137.548 Y126.118 E-.18864
G1 X137.462 Y126.436 E-.12503
G1 X137.588 Y127.361 E-.35454
; WIPE_END
G1 E-.04 F1800
G1 X138.872 Y120.946 Z18.76 F30000
G1 Z18.36
```

Рис. 3.7 – Приклад G-коду для 3D-принтера.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

3.3 Комплектуючі для автоматизації, схеми, опис

Нижче буде перелічено комплектуючі, які потрібні для автоматизації верстату і їх коротка характеристика

1. Напевно, найголовніше, з чого почнемо, це – плата керування, яка буде розумом верстату. Нам достатньо плати Arduino Uno.

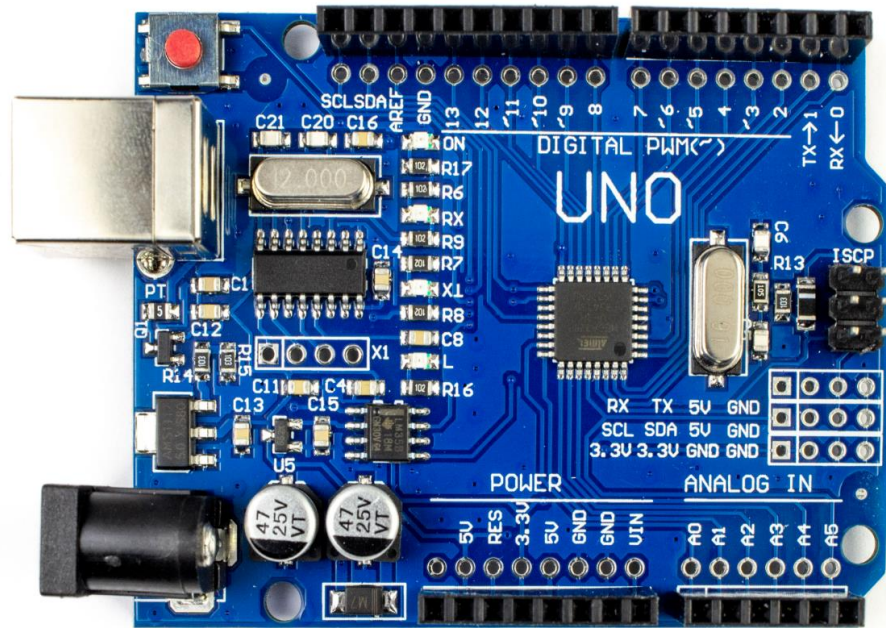


Рис. 3.8 – плата Arduino Uno.

2. Драйвер крокового двигуна A4988. Призначений для керування кроковими двигунами. Використовується у 3D-принтерах і інших подібних верстатах.

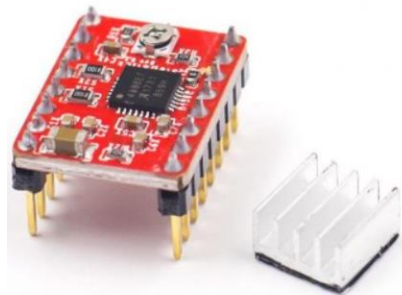


Рис. 3.9 – Драйвер крокового двигуна A4988.

3. Плата розширення Arduino CNC Shield V3.0 – плата з роз’ємами для установки драйверів крокових двигунів, підключається поверх плати Arduino і дозволяє самостійно зібрати та запрограмувати верстат з ЧПК чи 3D-принтер.

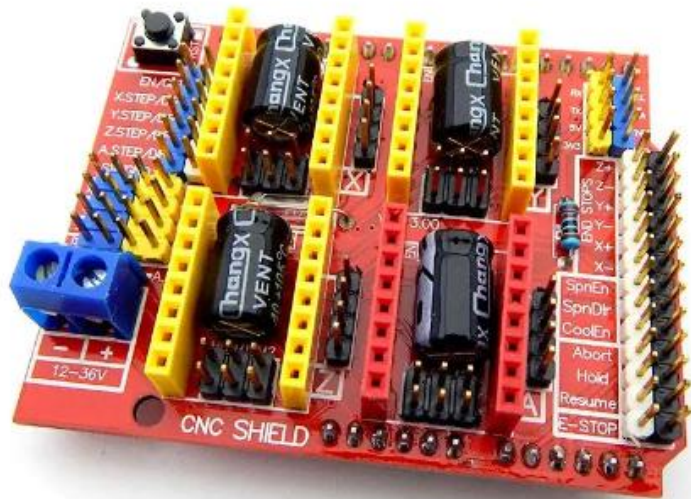


Рис. 3.10 – Плата розширення Arduino CNC Shield V3.0 .

4. Понижуючий модуль перетворення постійної напруги XL4016E1 – модуль регулювання напруги та струму. Ним у верстаті будемо регулювати нагрів ніхромової струни для різки матеріалу.

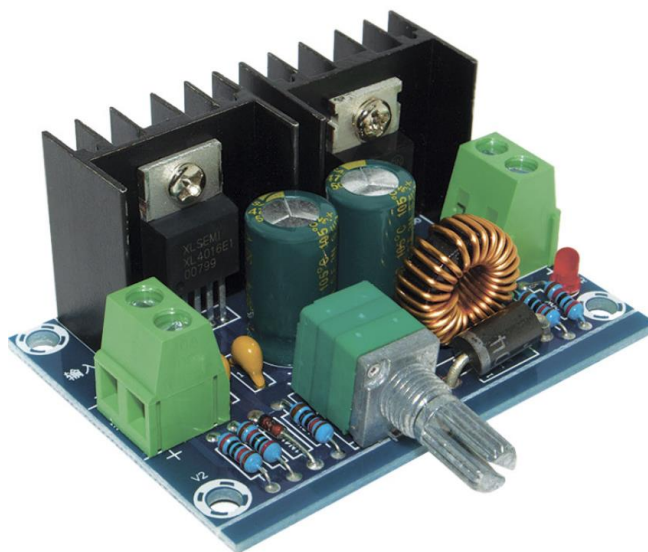


Рис. 3.11 – понижуючий модуль XL4016E1 .

5. Кінцевий вимикач KW12-3 – це роликівий кінцевий вимикач, який є нормально відритого типу. Може бути підключений як нормально замкнутий так і нормально розімкнений. Служить для обмеження руху вузлів, розуміння знаходження в системі координат і повернення у «нулі».



Рис. 3.12 – Мікроперемикач KW12-3.

6. Джерело живлення закладено в проєкт на 12В 6А постійного струму.



Рис. 3.13 – Джерело живлення.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

7. Крокові двигуни NEMA17, модель 17HS4401 – будуть відповідати за рух порталу і обертання заготовки.



Рис. 3.14 – Кроковий двигун.

Нижче буде подано схему підключення усіх комплектуючих.

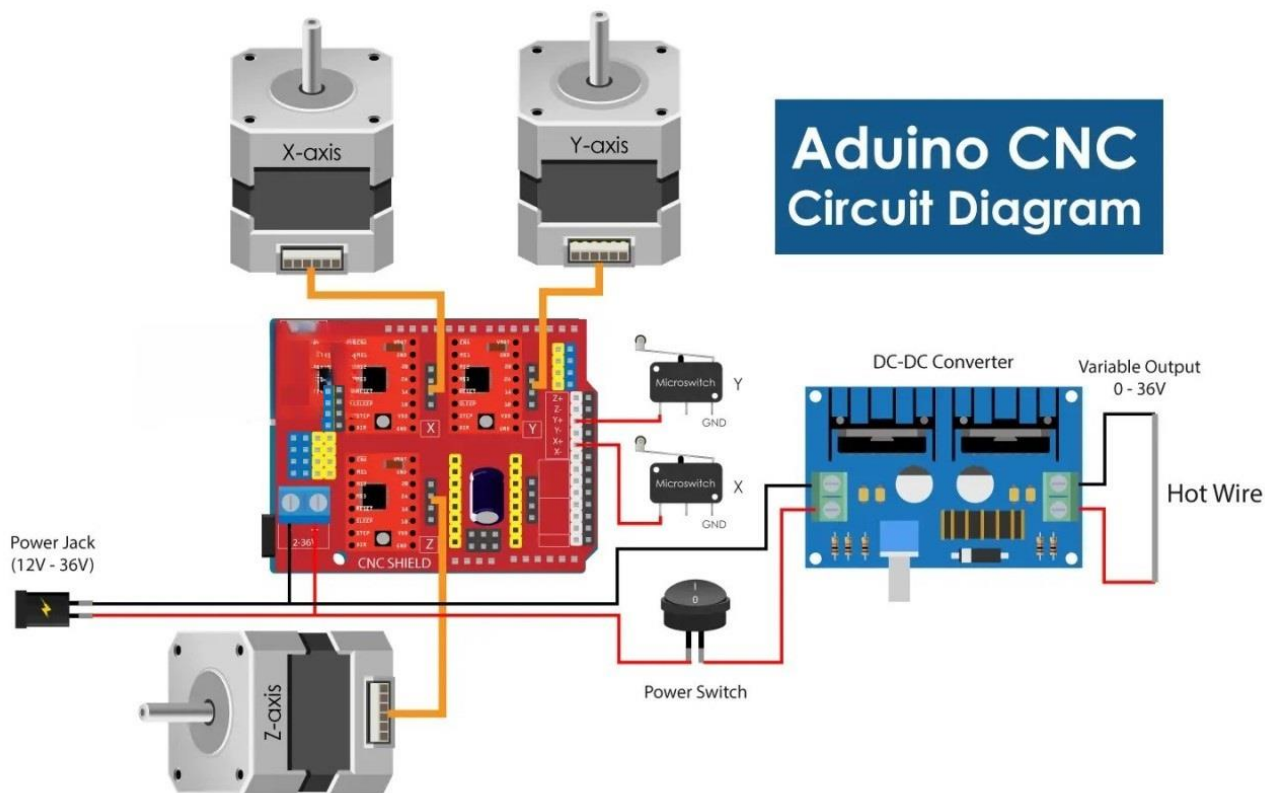


Рис. 3.15 –Схема підключення.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

46

3.4 Програмне забезпечення

Для управління нашим верстатом потрібно завантажити мікропрограму на Arduino, яка керує рухом машини. Найпоширенішим рішенням для верстатів, зроблених власноруч, є прошивка GRBL.

GRBL – програмне забезпечення яке дозволяє керувати рухами верстатів з ЧПК. Простіше кажучи, GRBL вчить Arduino читати і розуміти G-код, а плата Arduino в свою чергу уже керує кроковими двигунами по заданому їй коду.

Аби мати змогу завантажити GRBL на Arduino нам потрібна Arduino IDE. Після її встановлення завантажуюємо GRBL з github.com (<https://github.com/gnea/grbl>). Після розпакування архіву папку «grbl» копіюємо і вставляємо в каталог бібліотеки Arduino. Потім у програмі Arduino IDE за шляхом «Файл»-«Приклади»-«grbl» обрати приклад «grblUpload». Тепер обираємо нашу плату , яку ми використовуємо – Arduino Uno, обираємо порт і завантажуюємо файл на плату. Тепер Arduino вмє читати G-коди.

Далі нам треба якесь ПЗ, яке буде надсилати сам код на Arduino. Пропоную скористатися програмою Universal Gcode Sender (https://winder.github.io/ugs_website/), яка є у відкритому доступі. Також, аби програма запускала і вірно працювала, потрібно буде встановити середовище виконання JAVA (<https://www.oracle.com/java/technologies/downloads/#java8>).

Після встановлення цих програм, якби верстат у нас був виготовлений, за допомогою Universal Gcode Sender потрібно було б налаштувати його: напрямок руху двигунів, розбивку кроків, перевірити роботу кінцевих вимикачів і т.д. Так як верстату у нас немає – детально описати це все у мене не вийде.

Остання програма, яка нам знадобиться, і яка власне й буде генерувати G-код, це Inkscape (<https://inkscape.org/>), яка теж є у відкритому доступі для завантаження. У цій програмі потрібно встановити робочу область верстату (в нашому випадку це 370x450x450мм). Після цього можна починати роботу над потрібним нам зображенням. За допомогою функції Trace Bitmap перетворюємо зображення у векторний формат. Якщо на зображенні два чи більше об'єктів, не поєднані між

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		47

собою, треба зробити так, щоб контур був безперервним, тому що нагріта струна завжди в робочій зоні і контактує з пінопластом. Її не можна вимкнути як лазер чи підняти як фрезу. Отже, використовуючи прості прямокутники вручну малюємо перемички між частинами і з'єднуємо разом. З іншого боку, вхідний контур має бути відкритий. Щоб було зрозуміліше ось до/після:



Рис. 3.16 – Адаптація зображення.

В такому вигляді зображення вважається готовим. Далі приступаємо до написання самого G-коду. За допомогою команди Gcodetools створюємо точки орієнтації.

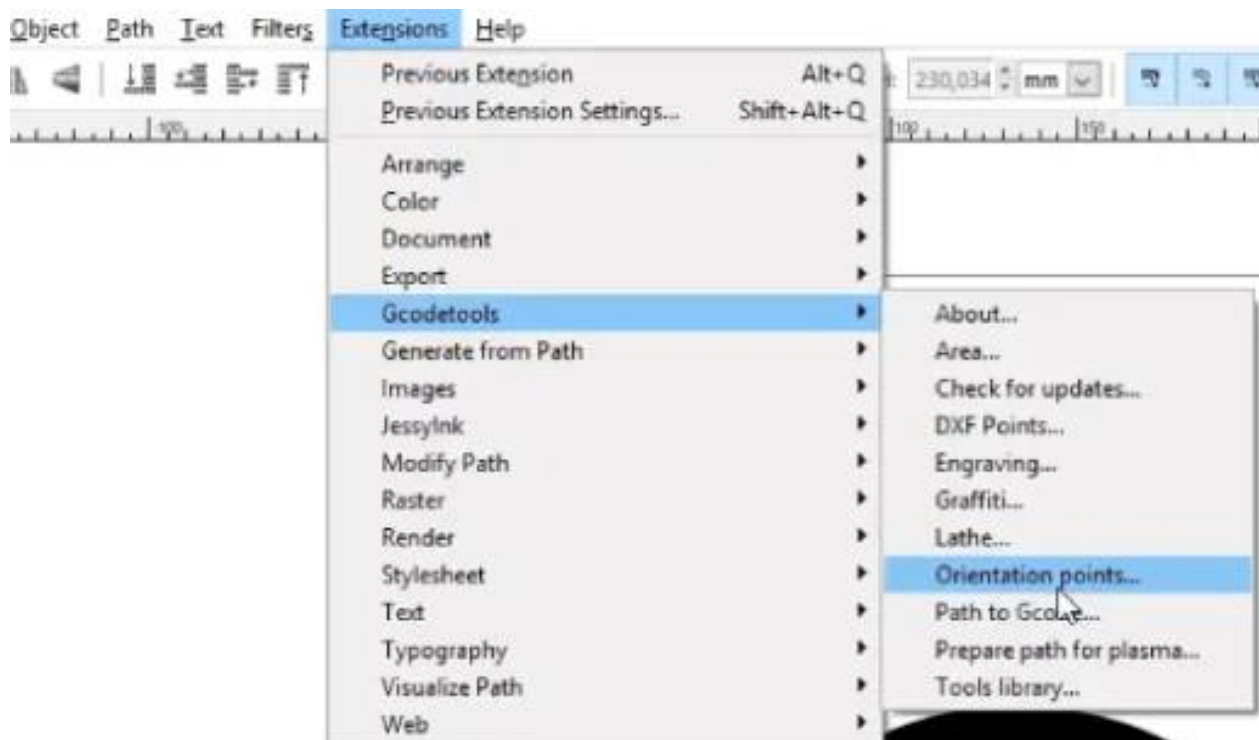


Рис. 3.16 – Створення точок орієнтації.

Після цього ми можемо промасштабувати модель, якщо є така потреба. Наступним кроком потрібно буде перейти до бібліотеки інструментів і вибрати ріжучий інструмент, яким ми оброблятимемо деталь. Можемо обирати циліндр, оскільки дрiт в перерізі круглий, задаємо діаметр 1мм. Інші параметри поки не чіпаємо. Після цих всіх маніпуляцій, нарешті, за допомогою функції Path to Gcode генеруємо G-код. Отриманий файл зберігаємо, відкриваємо у програмі Universal Gcode Sender і через вікно Visualizer можемо побачити імітацію різку нашого верстату.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

ВИСНОВКИ

Завданням для дипломної роботи було спроектувати верстат з ЧПК для фігурної різки пінопласту та описати його керування.

Під час виконання дипломного проєкту довелося краще познайомитися з матеріалами, які б міг обробляти цей верстат окрім пінопласту. Тож, спочатку було розглянуте питання актуальності такого верстату, не тільки у рамках дипломної роботи, а у реальних сферах виробництва і промисловості. Постало питання у яких галузях його можна було б використати. І, виявляється, це не такий вузькопрофільний верстат, як здається на перший погляд. Детальніше про це в першому розділі роботи.

Опісля було спроектовано конструкцію, з врахуванням можливого виготовлення самотужки, проаналізовано її переваги і недоліки. Розроблено детальну 3D-модель верстату і повний пакет конструкторської документації для його виготовлення. Під час проєктування було зроблено акцент на максимально спрощеній моделі і можливості виготовлення на місці, без великої кількості механічної обробки. Саме тому було запропоновано застосування 3D-друку для більшості деталей, і саме тому в проєкті з'явилися деталі такої, на перший погляд, складної конфігурації, якщо розглядати їх з боку механічної обробки.

В дипломній роботі в одному з розділів є короткий аналіз 3D-друку, як явища, у сучасному світі і в Україні зокрема. Принтери стали доступнішими і є у багатьох домівках, чого не було ще навіть 4-5 років тому. У цьому ж розділі було показано коротке ознайомлення з програмою для 3D-друку і приведено приклади налаштувань для кількох деталей. Також вибрано матеріал для друку.

У наступному розділі було перелічено комплектуючі, які потрібні для автоматизації такого верстату. Також було подано їх коротку характеристику і схему підключення. І, на завершення, було запропоновано кілька програм для налаштування і роботи з ним.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті виконання дипломної роботи було отримано повноцінний проєкт верстату, який, маю надію, вдасться виготовити. Він мав би стати прототипом для перевірки функціональності та тестування можливостей таких верстатів і, можливо, основою для виготовлення подібних пристроїв більшого габариту.

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2014. 333 с.
2. Гейчук В. М., Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина I. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 394 с.
3. PARTcommunity
URL: <https://b2b.partcommunity.com/community/>
4. Grabcad
URL: <https://grabcad.com/>
5. Arduino - home.
URL: <https://www.arduino.cc>
6. Громко Г.Ю., Основи мікроелектроніки з Arduino, 2017. 42 с.
URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/arduino-76923628/76923628>
7. BambuStudio
URL: <https://bambulab.com/en/download/studio>
8. GITHUB
URL: <https://github.com/>
9. JAVA
URL: <https://www.oracle.com/java/technologies/downloads/#java8>
10. Inkscape
URL: <https://inkscape.org/>

					<i>БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Додатки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					53

БР.ПМ-314.00.00.000 ПЗ

Арк.

53

БР.ПМ-314.00.00.001

Перш. застос.

Довід. №

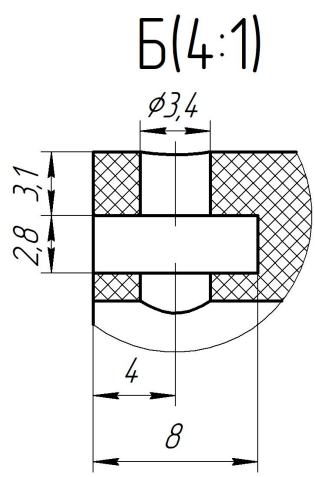
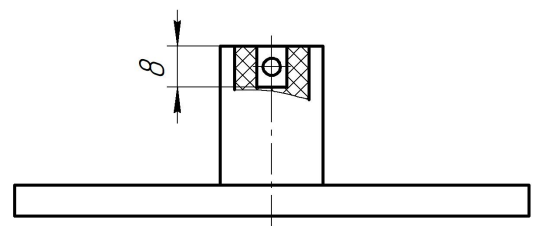
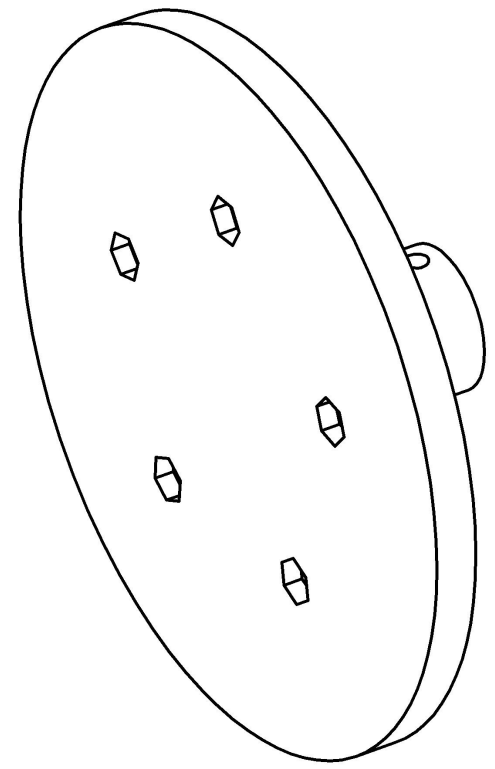
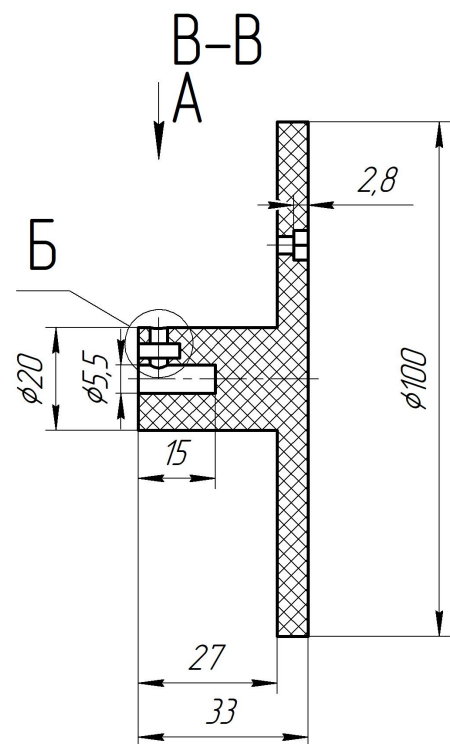
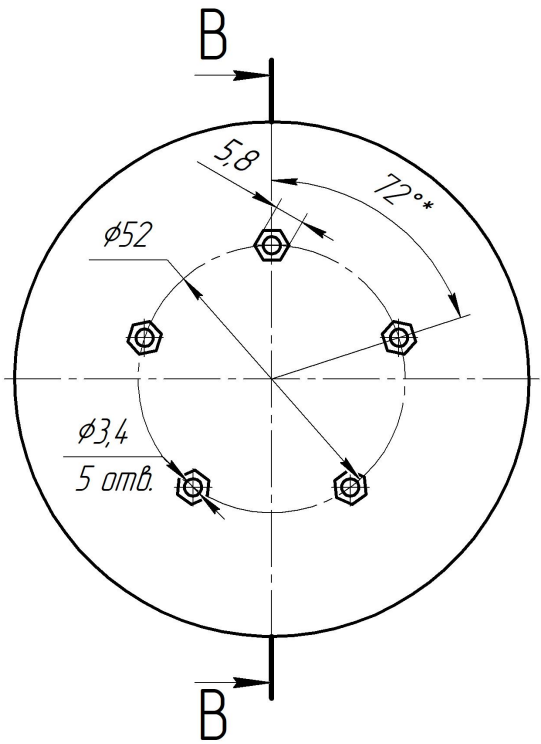
Підп. у дата

Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

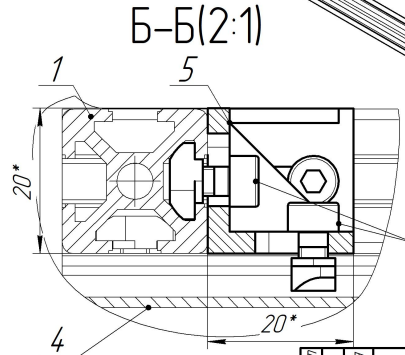
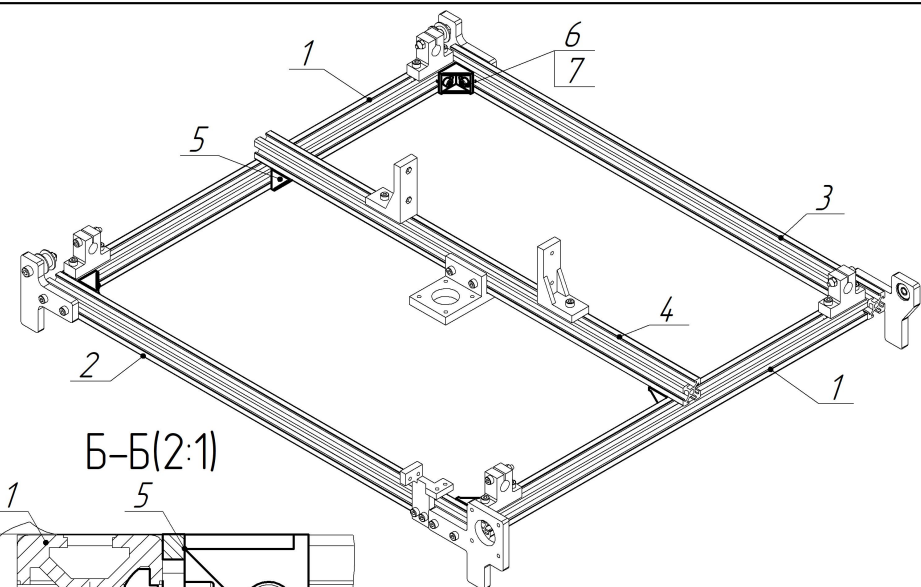
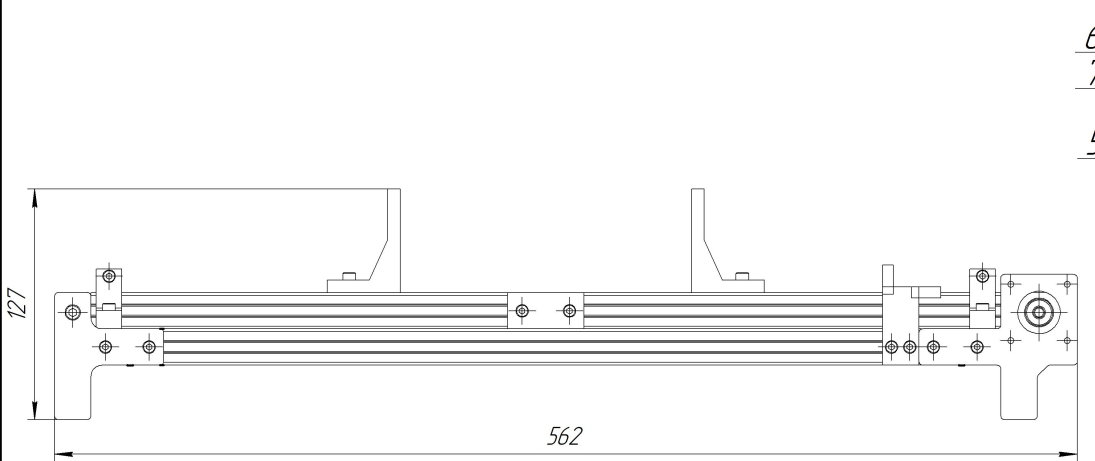
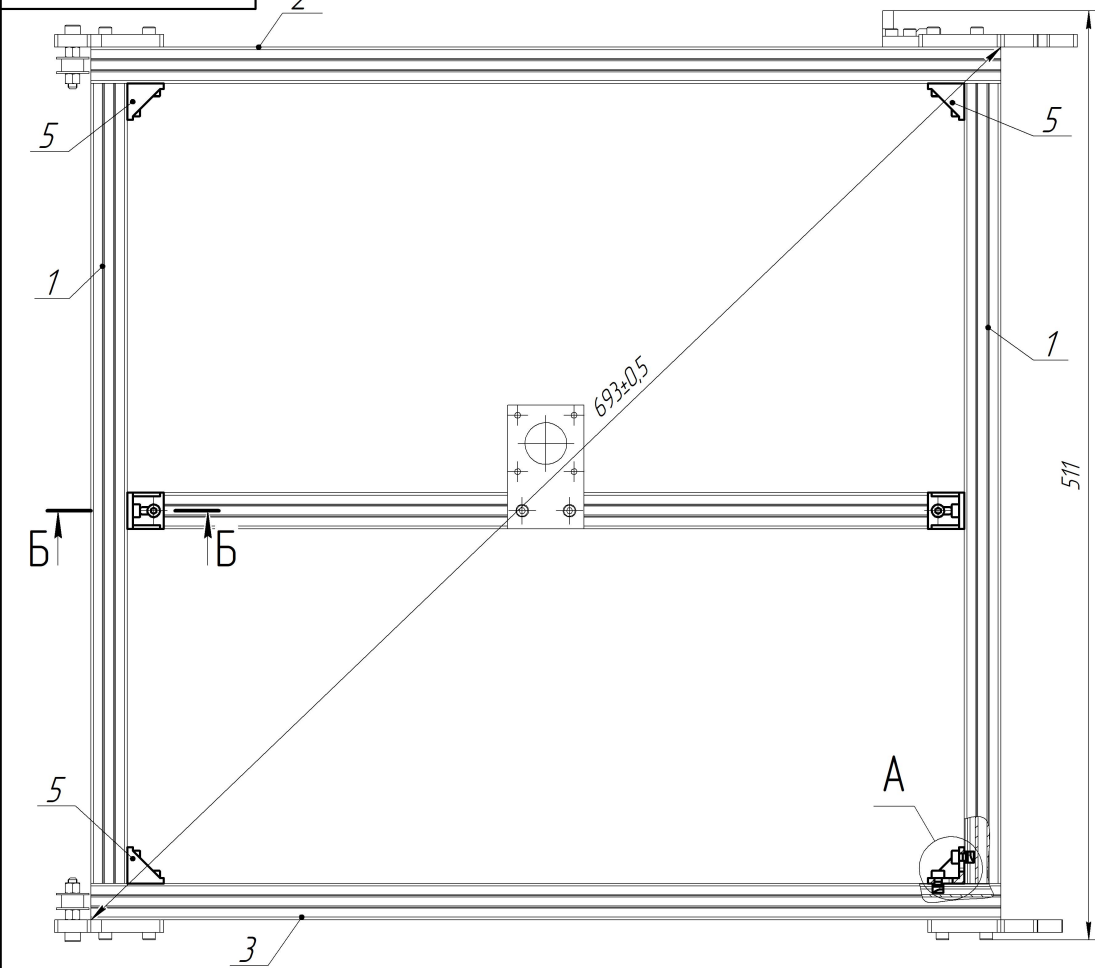
3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.00.00.001		
Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.	Цимбалістий				0,06	1:1
Перев.	Панчук			Аркци	Аркцив	1
Т.контр.				Полиамід П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73		
Н.контр.						
Затв.						

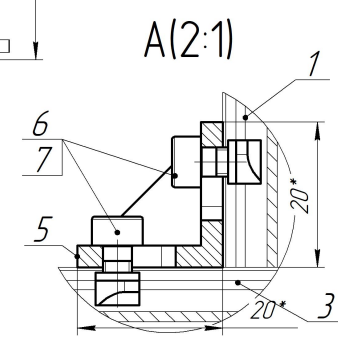
Коплюваб

Формат А3

БР.ПМ-314.10.00.000 СК



1 * Розміри для довідок.



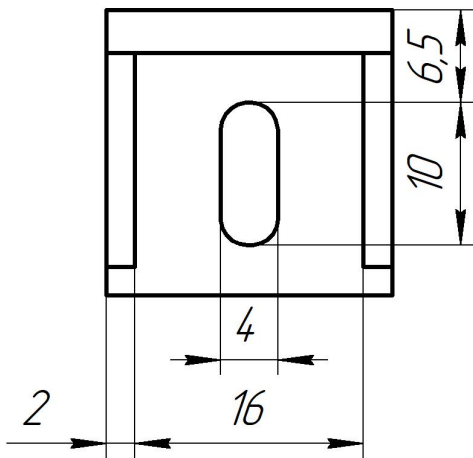
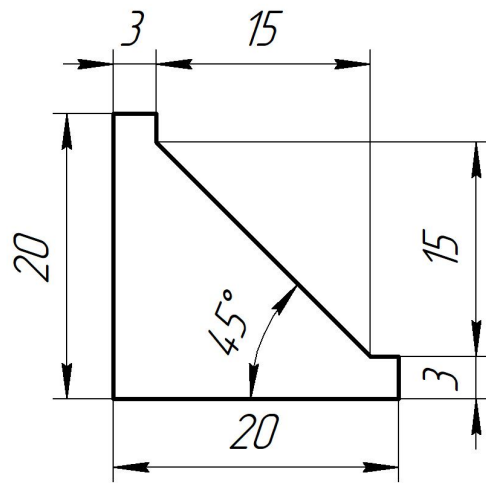
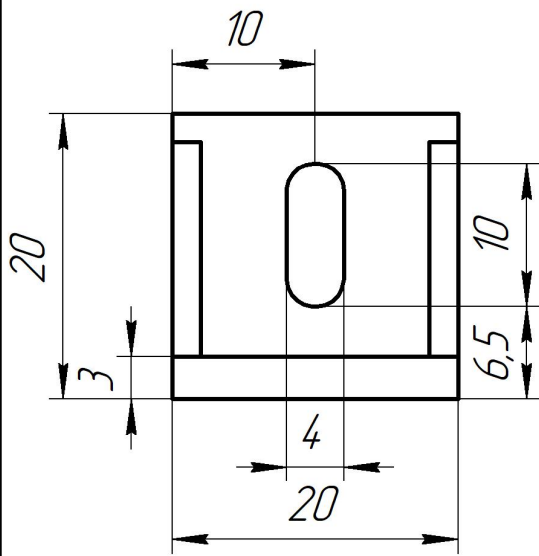
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Складальні одиниці		
A3	1		БР.ПМ-314.11.00.000 СК	Балка 440мм	2	
A2	2		БР.ПМ-314.12.00.000 СК	Балка ліва 500мм	1	
A2	3		БР.ПМ-314.13.00.000 СК	Балка права 500мм	1	
A2	4		БР.ПМ-314.14.00.000 СК	Балка поперечна 500мм	1	
				Деталі		
A4	5		БР.ПМ-314.10.00.001	Кутовий кронштейн 20x20	6	
				Стандартні вироби		
	6			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 8	12	
	7			Гайка 20TN-M4	12	

				БР.ПМ-314.10.00.000 СК			
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Цимбалістий				Рама	1,5	1:2
Перев.	Панчук						
Т.контр.					Аркши	АркшиВ	1
Н.контр.							
Затв.							

БР.ПМ-314.10.00.001

Перш. застос.

Довід. №



1 * Розміри для довідок.

2 Деталь купована. Матеріал - алюміній.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

БР.ПМ-314.10.00.001

Кутовий кронштейн 20x20

Літера	Маса	Масштаб
	0,01	2:1
Аркцш	Аркцшів	1

БР.ПМ-314.11.00.000 СК

Перш. застос.

Довід. №

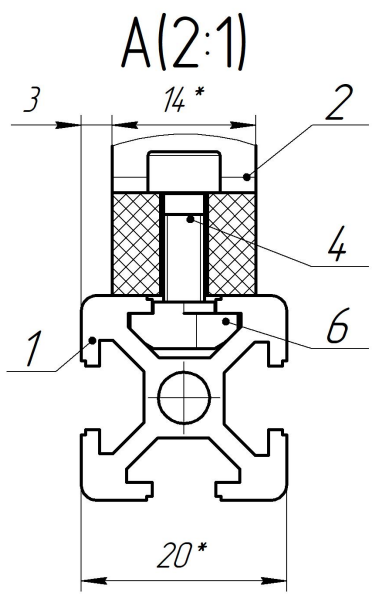
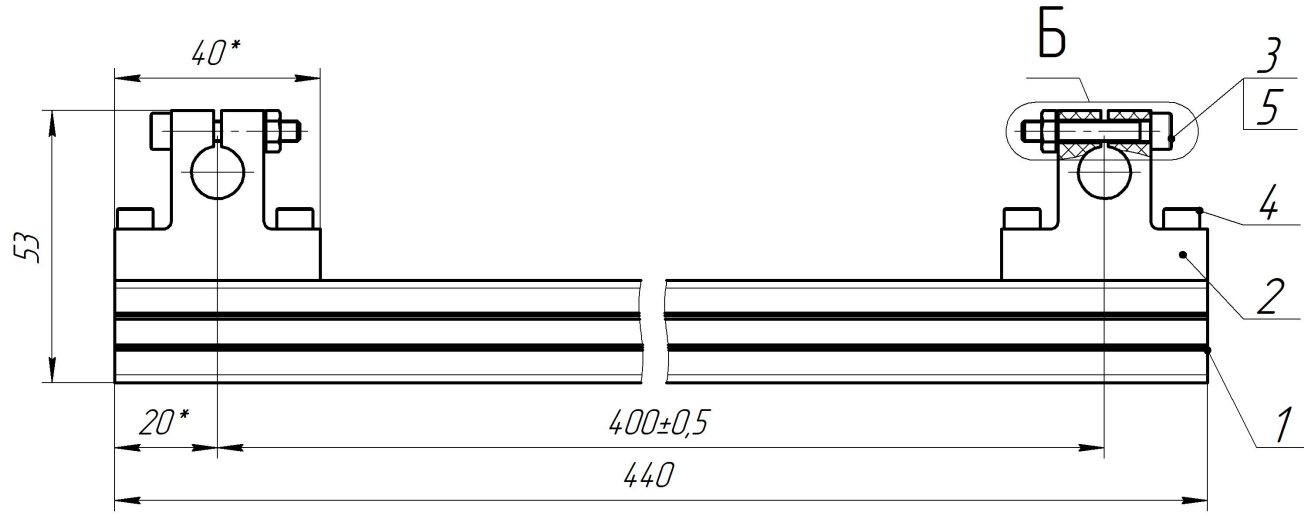
Підп. і дата

Інв. № відп.

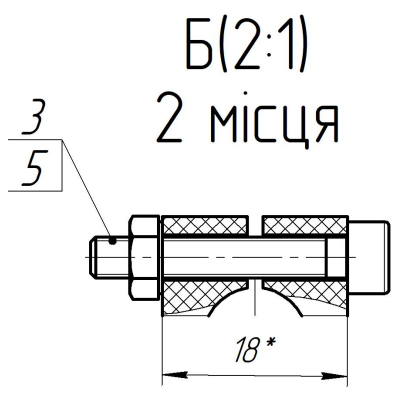
Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.



Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				<i>Деталі</i>		
A4	1		БР.ПМ-314.11.00.001	Т-профіль 20x20_440	1	
A4	2		БР.ПМ-314.11.00.002	Кронштейн валу 10мм	2	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		3		Hexagon regular nut ISO 4032-M4	2	
		4		Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 12	4	
		5		Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 25	2	
		6		Гайка 20TN-M4	4	

БР.ПМ-314.11.00.000 СК

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.		Цимбалістий				0,25	1:1
Перев.		Панчук					
Т.контр.					Аркци	Аркци	1
Н.контр.							
Затв.							

Балка 440мм

Коплюбаб

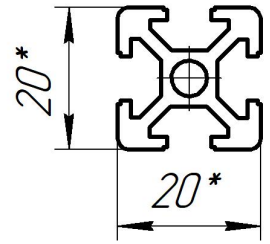
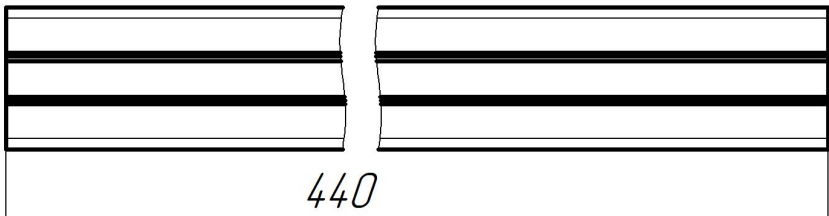
Формат А3

БР.ПМ-314.11.00.001

✓
✓

Перш. застос.

Довід. №



✓ Ra 12,5

✓ Ra 12,5

Підп. і дата

Інв. № дудл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

- 1 * Розміри для довідок.
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Гострі кромки скруглити до r-1 мм.

БР.ПМ-314.11.00.001

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

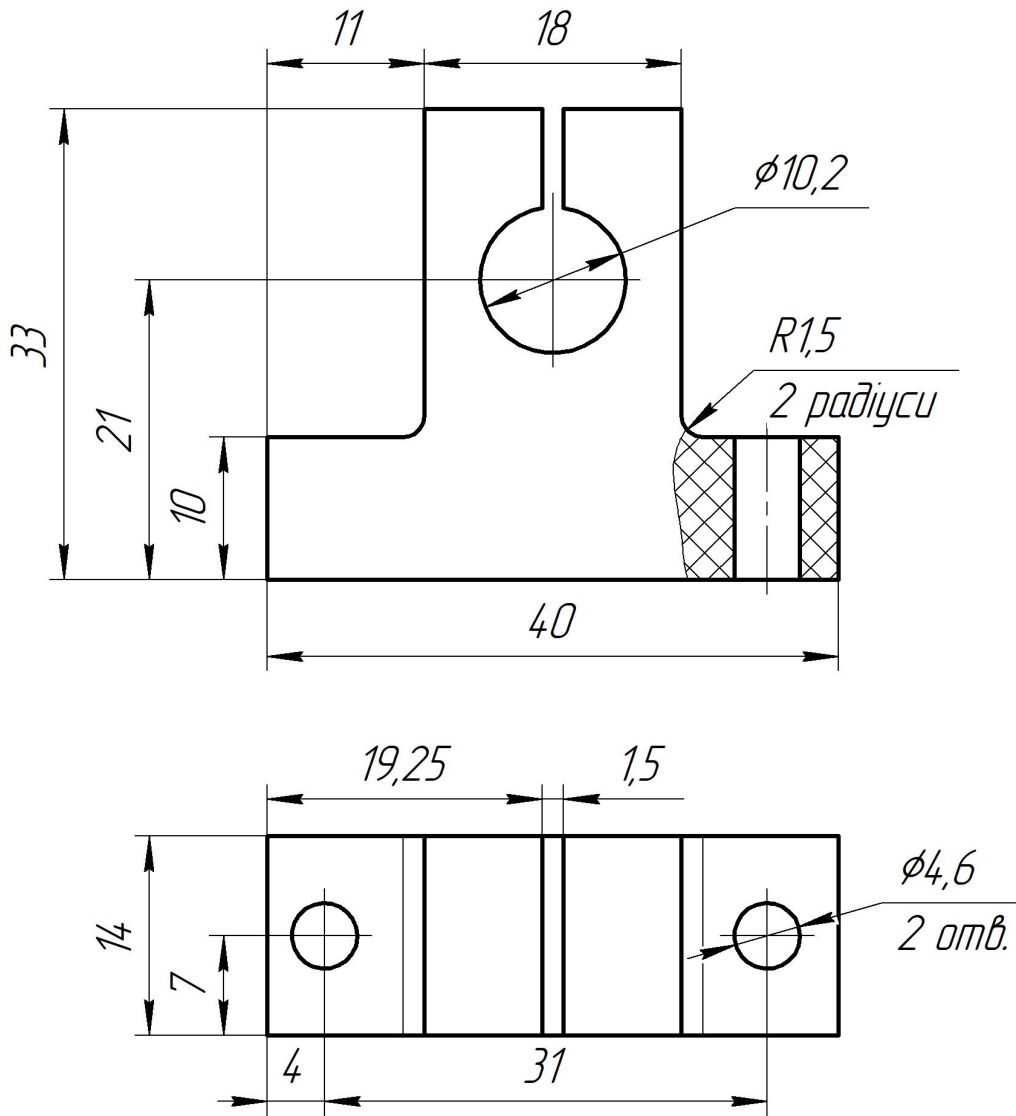
T-профіль
20x20_440

Літера	Маса	Масштаб
	0,21	1:1
Аркцш	Аркцшв	1

БР.ПМ-314.11.00.002

Перш. застос.

Довід. №



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

Підп. і дата

Інв. № дідл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

БР.ПМ-314.11.00.002

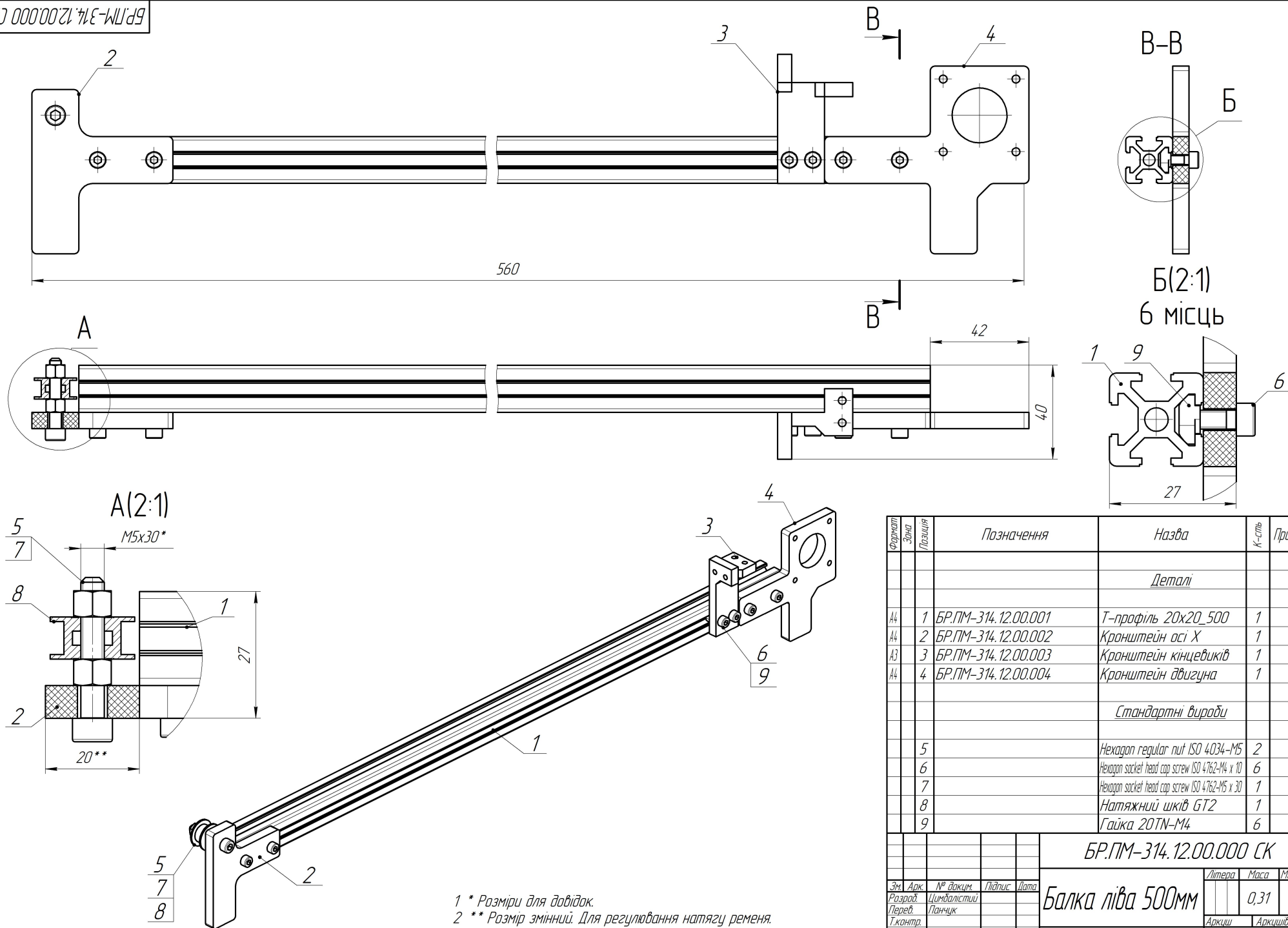
Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

Кронштейн валу 10мм

Полиамид П-125-20 ТУ 6-05-898-73

Літера	Маса	Масштаб
	0,01	2:1
Аркцш	Аркцшв	1

БР.ПМ-314.12.00.000 СК



1 * Розміри для довідок.
2 ** Розмір змінний. Для регулювання натягу ремня.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Деталі		
A4	1		БР.ПМ-314.12.00.001	T-профіль 20x20_500	1	
A4	2		БР.ПМ-314.12.00.002	Кронштейн осі X	1	
A3	3		БР.ПМ-314.12.00.003	Кронштейн кінцевиків	1	
A4	4		БР.ПМ-314.12.00.004	Кронштейн двигуна	1	
				Стандартні вироби		
	5			Hexagon regular nut ISO 4034-M5	2	
	6			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 10	6	
	7			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M5 x 30	1	
	8			Натяжний шків GT2	1	
	9			Гайка 20TN-M4	6	

БР.ПМ-314.12.00.000 СК

Зм.	Арк.	№ аркуш.	Підпис.	Дата.	Литера	Маса	Масштаб
Розроб.						0,31	1:1
Перев.					Аркши		Аркши
Т.контр.							1
Н.контр.							
Затв.							

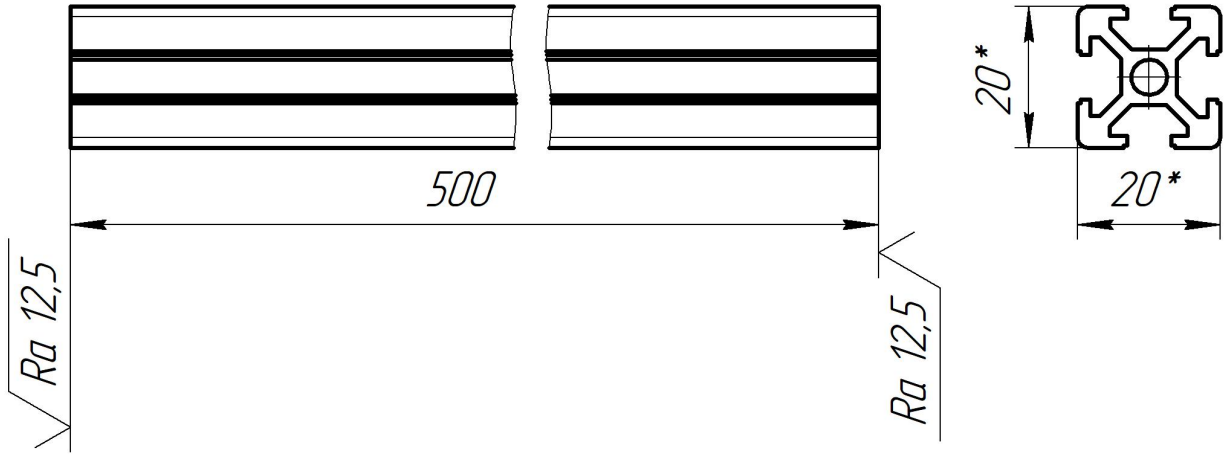
Балка ліва 500мм

БР.ПМ-314.12.00.001

✓
✓

Перш. застос.

Довід. №



Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

- 1 * Розміри для довідок.
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Гострі кромки скруглити до r-1 мм.

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	
Розроб.	Цимбалістий			
Перев.	Панчук			
Т.контр.				
Н.контр.				
Затв.				

БР.ПМ-314.12.00.001

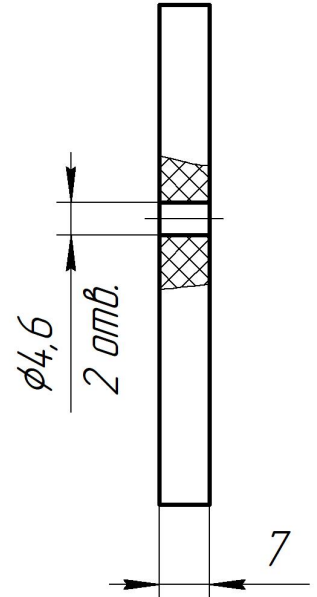
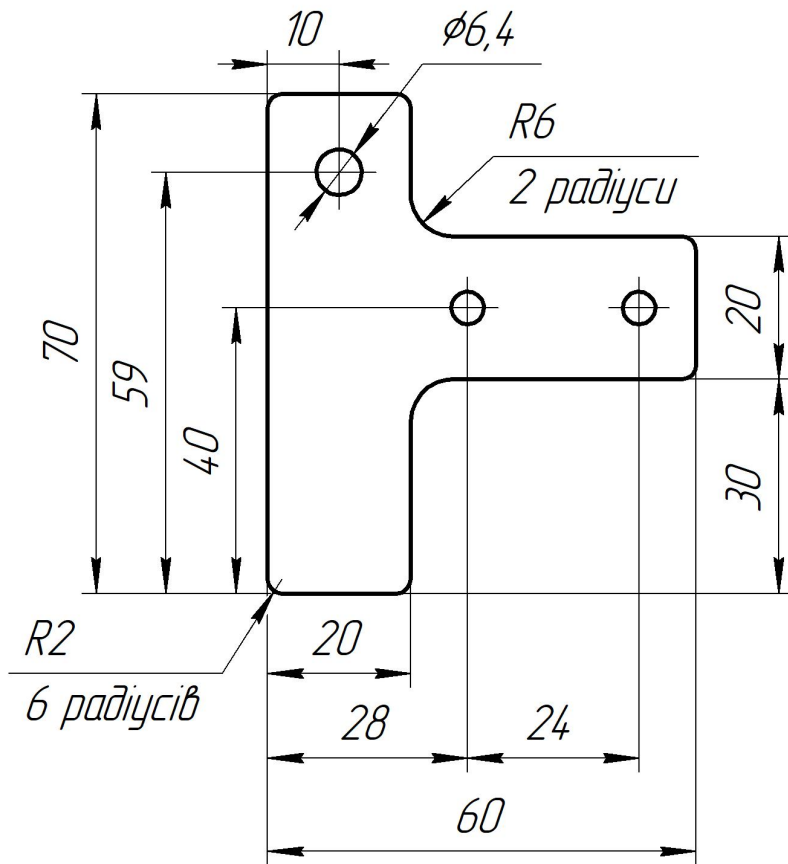
T-профіль
20x20_500

Літера	Маса	Масштаб
	0,24	1:1
Аркцш	Аркцшів	1

БР.ПМ-314.12.00.002

Перш. застос.

Довід. №



Підп. і дата

Інв. № дідл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

БР.ПМ-314.12.00.002

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

Кронштейн осі X

Полиамід П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

Літера	Маса	Масштаб
	0,02	1:1
Аркцш	Аркцшв	1

Копіював

Формат А4

БР.ПМ-314.12.00.003

Перш. застос.

Довід. №

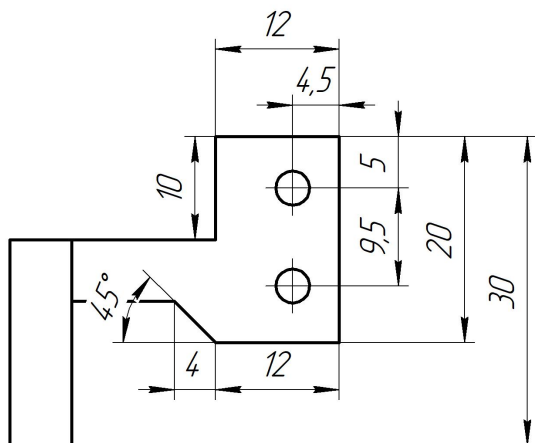
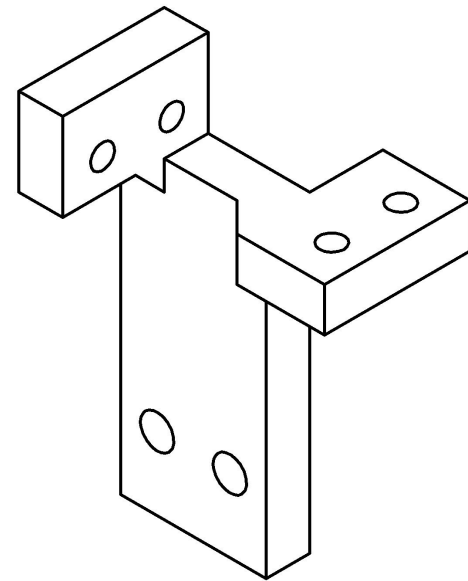
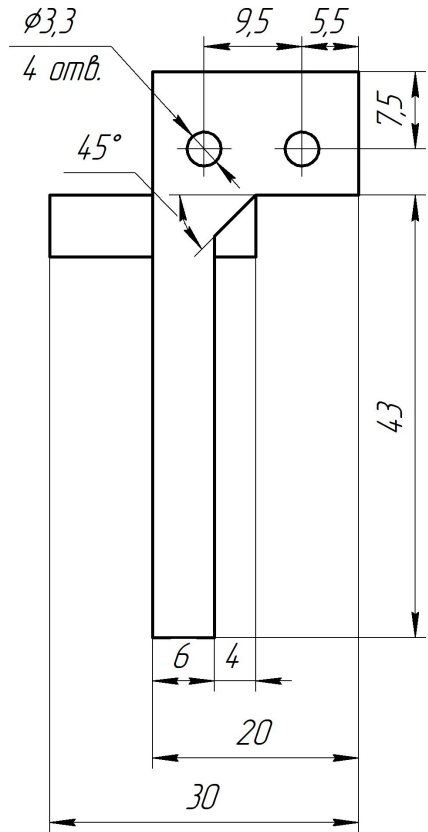
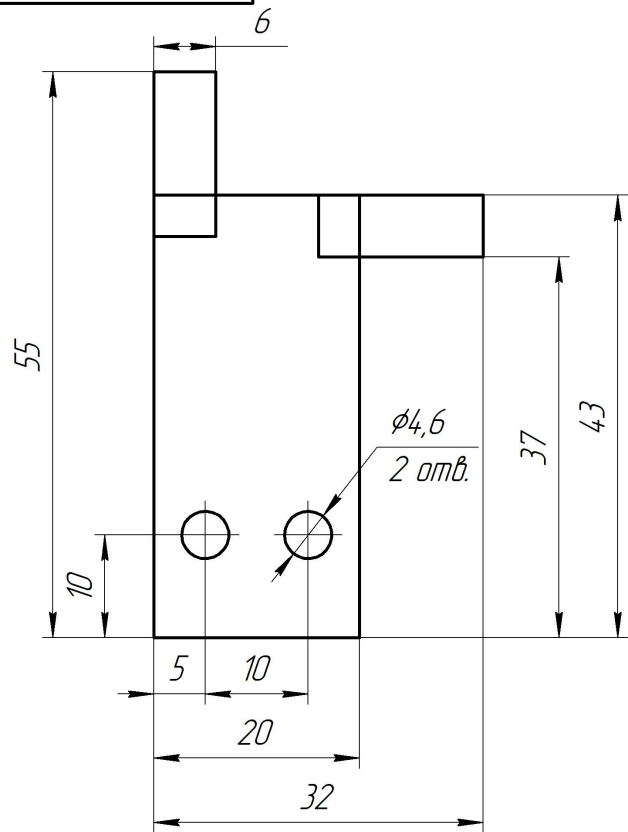
Підп. у дата

Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 Н14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.12.00.003			
Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Кронштейн кінцевиків	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.	Цимбалістий					0,01	2:1
Перев.	Панчук				Аркци	Аркцив	1
Г.контр.				Полиамід П-125-20 ТУ 6-05-898-73			
Н.контр.							
Затв.							

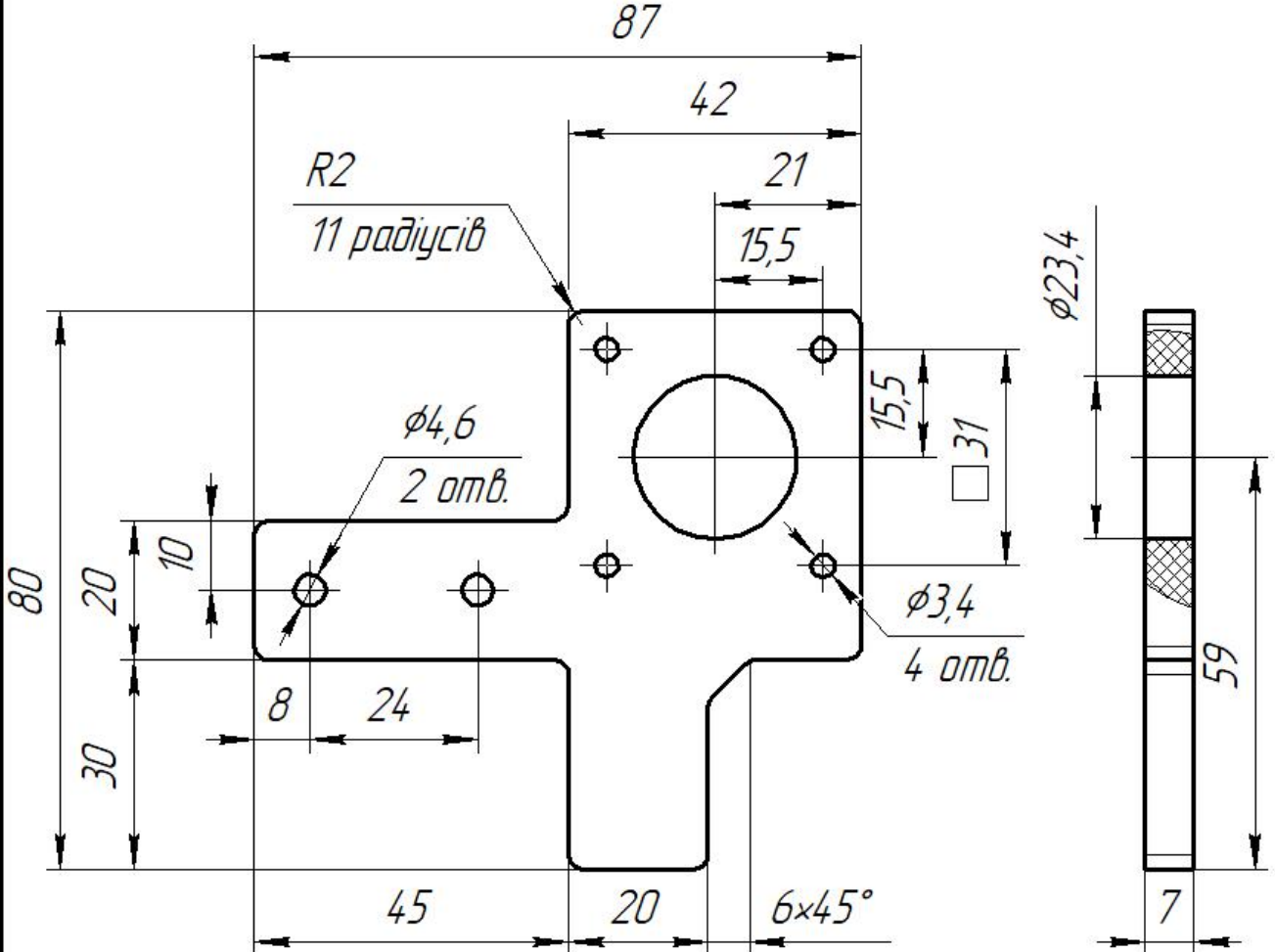
Коплюваб

Формат А3

БР.ПМ-314.12.00.004

Перш. застос.

Довід. №



Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

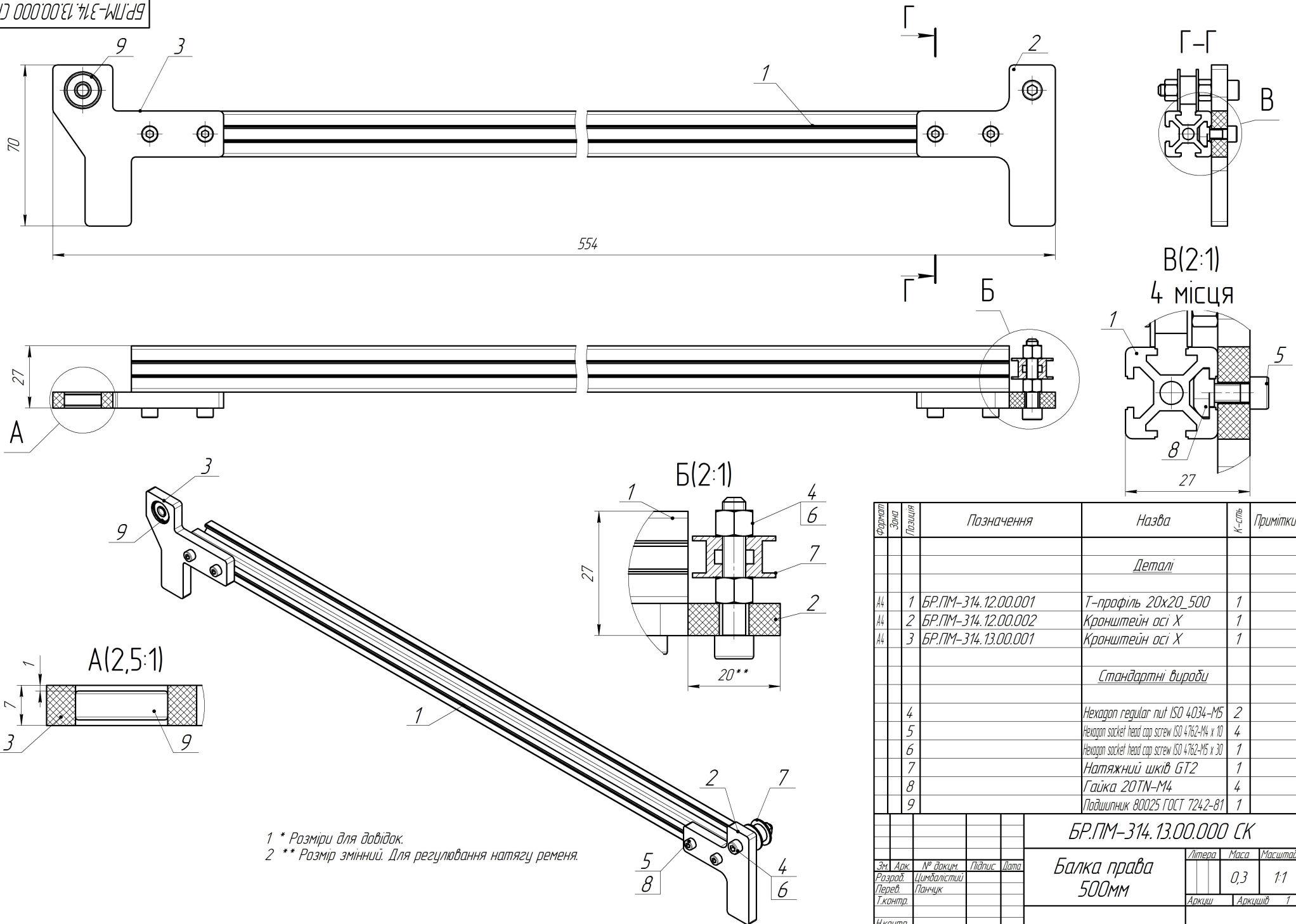
БР.ПМ-314.12.00.004

Кронштейн
двигуна

Літера	Маса	Масштаб
	0,02	1:1
Аркцш	Аркцш	1

Полиамід П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

БР.ПМ-314.13.00.000 СК



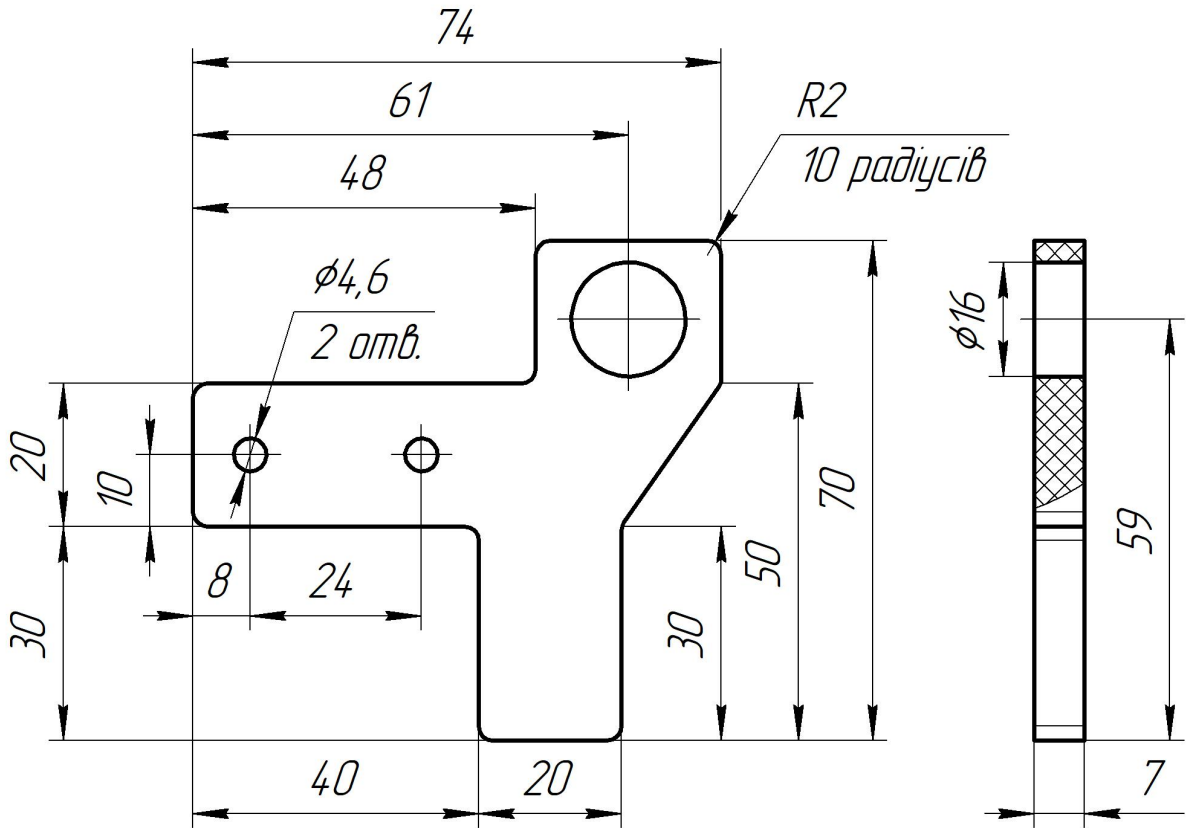
1 * Розміри для довідок.
2 ** Розмір змінний. Для регулювання натягу ремня.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки																									
				Деталі																											
A4	1		БР.ПМ-314.12.00.001	T-профіль 20x20_500	1																										
A4	2		БР.ПМ-314.12.00.002	Кранистєїн асі X	1																										
A4	3		БР.ПМ-314.13.00.001	Кранистєїн асі X	1																										
				Стандартні вироби																											
	4			Hexagon regular nut ISO 4034-M5	2																										
	5			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 10	4																										
	6			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M5 x 30	1																										
	7			Натяжний шків GT2	1																										
	8			Гайка 20TN-M4	4																										
	9			Підшипник 80025 ГОСТ 7242-81	1																										
БР.ПМ-314.13.00.000 СК																															
Зм.	Арк.	№ аркуш.	Підпис	Дата	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Балка права</td> <td>Литера</td> <td>Маса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">500мм</td> <td></td> <td>0,3</td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Цимбалістий</td> <td>Аркш</td> <td>Аркшів</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td>Панчук</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Балка права		Литера	Маса	Масштаб	500мм			0,3	1:1	Розроб.	Цимбалістий	Аркш	Аркшів	1	Перев.	Панчук				Т.контр.				
Балка права		Литера	Маса	Масштаб																											
500мм			0,3	1:1																											
Розроб.	Цимбалістий	Аркш	Аркшів	1																											
Перев.	Панчук																														
Т.контр.																															
Н.контр.																															
Затв.																															

БР.ПМ-314.13.00.001

Перш. застос.

Довід. №



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

Підп. и дата

Інв. № дідл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

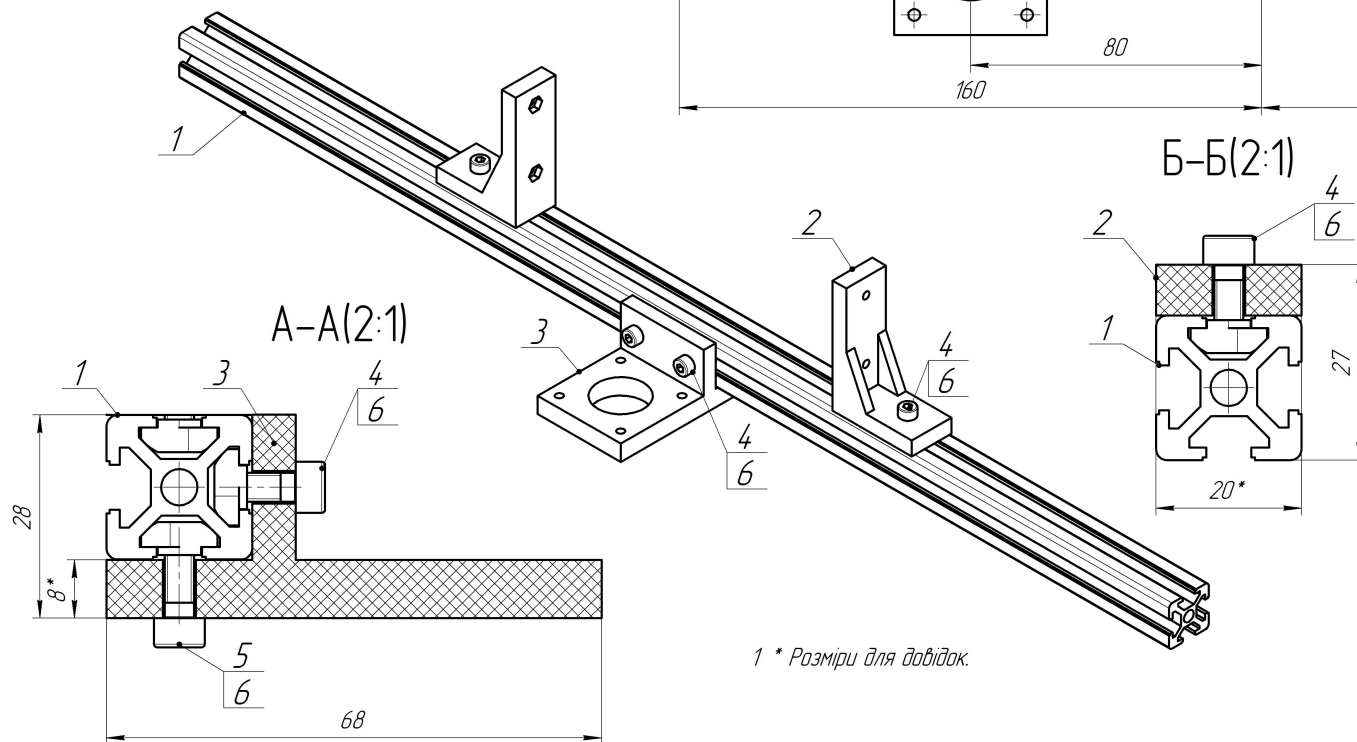
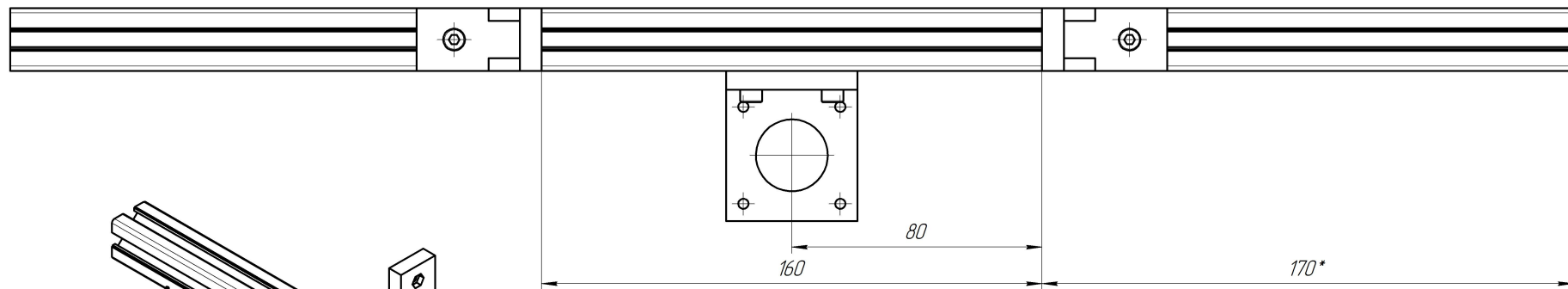
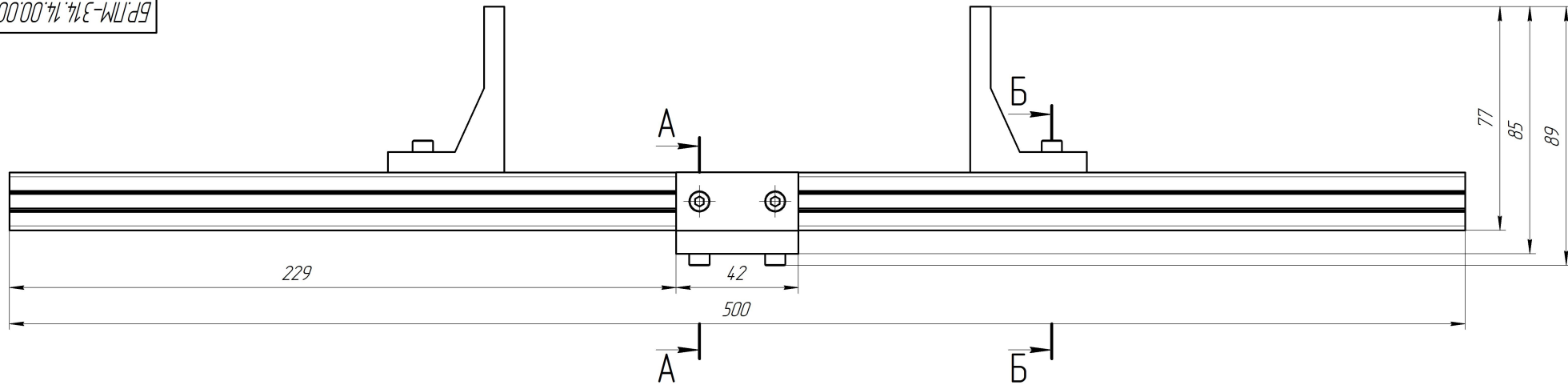
БР.ПМ-314.13.00.001

Кронштейн осі Х

Полиамід П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

Літера	Маса	Масштаб
	0,02	1:1
Аркцш	Аркцшів	1

БР.ПМ-314.14.00.000 СК



1 * Розміри для довідок.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки		
				<i>Деталі</i>				
A4	1		БР.ПМ-314.12.00.001	Т-профіль 20x20_500	1			
A3	2		БР.ПМ-314.14.00.001	Тримач пінопласту	2			
A4	3		БР.ПМ-314.14.00.002	Кронштейн двигуна вісь Z	1			
				<i>Стандартні вироби</i>				
	4			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 10	4			
	5			Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 12	2			
	6			Гайка 20TN-M4	6			
БР.ПМ-314.14.00.000 СК								
Зм. Арк.	№ аркуш.	Підпис	Дата	Балка поперечна 500мм		Литера	Маса	Масштаб
Розроб.	Цимбалістий					Аркви	Аркви	1
Перев.	Панчук							
Т.контр.								
Н.контр.								
Затв.								

Перш запис
Лист №
Зем. №
Лист і дата
№ № аркуш

БР.ПМ-314.14.00.001

Перш. застос.

Довід. №

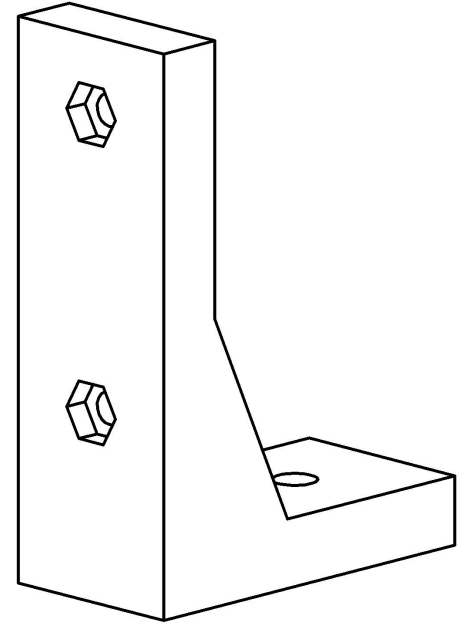
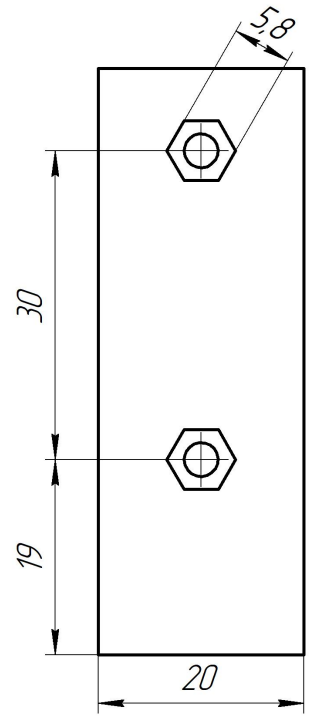
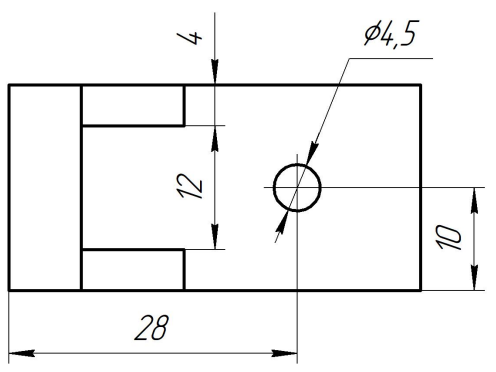
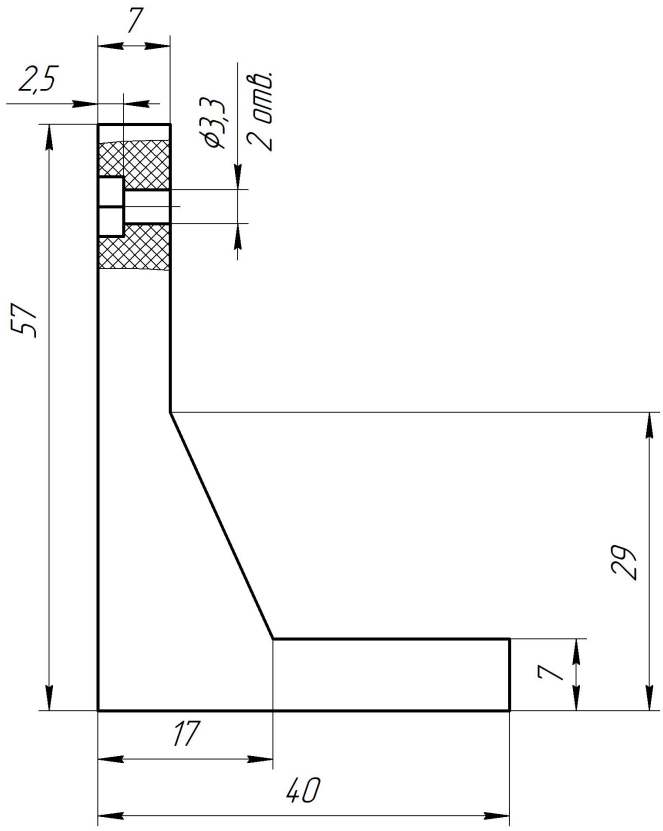
Підп. у дата

Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 Н14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

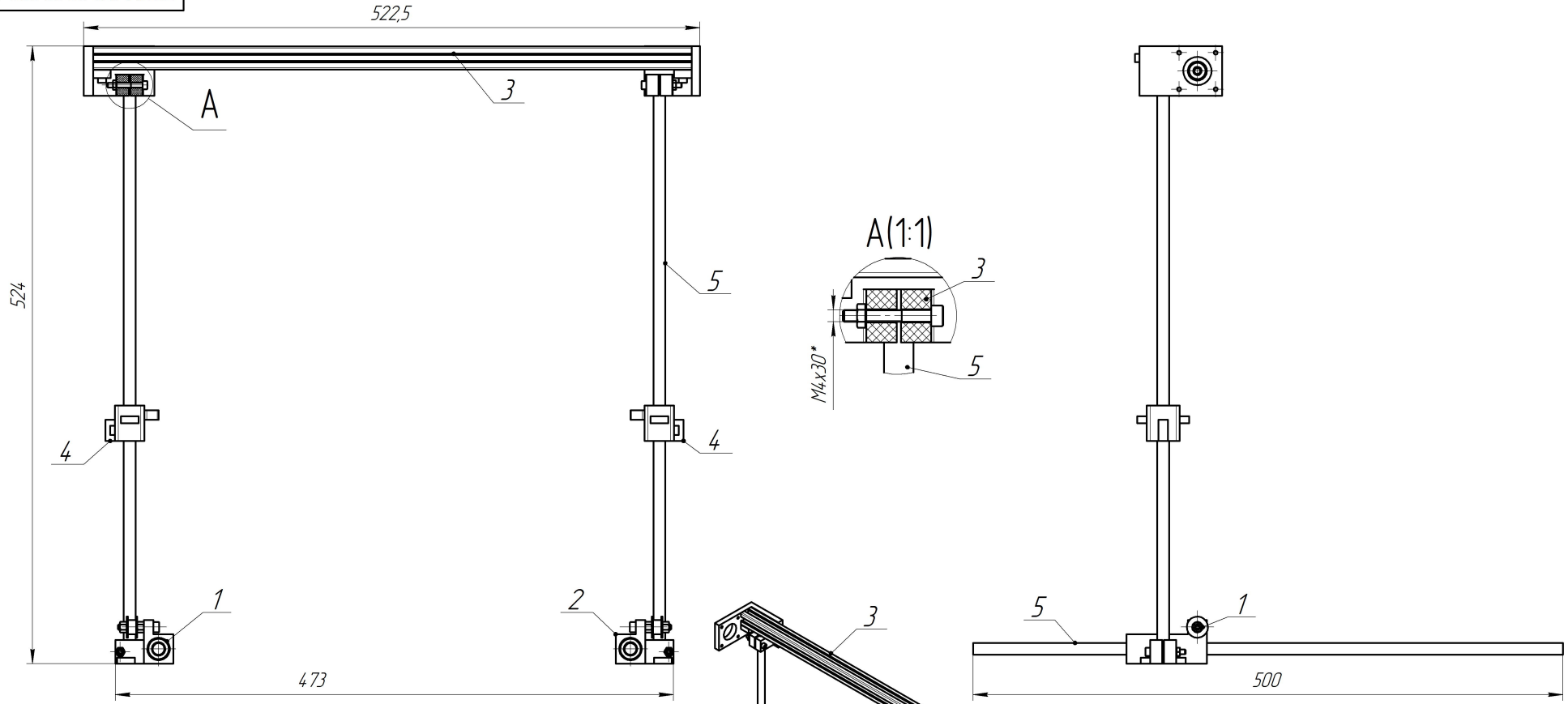
3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.14.00.001		
Зм. Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.	Цимбалістий				0,01	2:1
Перев.	Панчук			Аркциш	Аркцишів	1
Т.контр.				Полиамід П-125-20 ТУ 6-05-898-73		
Н.контр.						
Затв.						

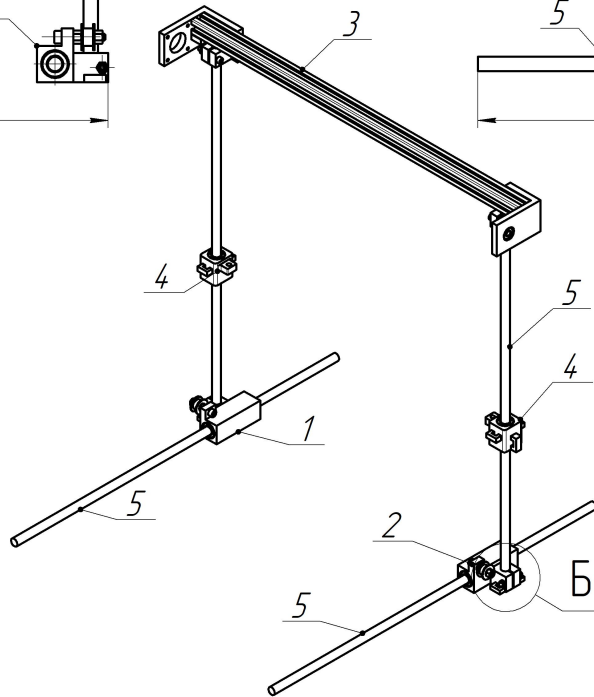
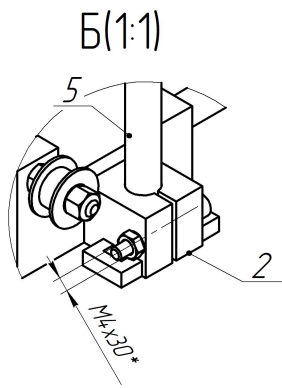
Коплюваб

Формат А3

БР.ПМ-314.20.00.000 СК



1 * Розміри для довідок.
2 Лінійні вали (поз. 5) фіксувати в передбачених місцях попередньо встановленими захимними болтами (вид Б).



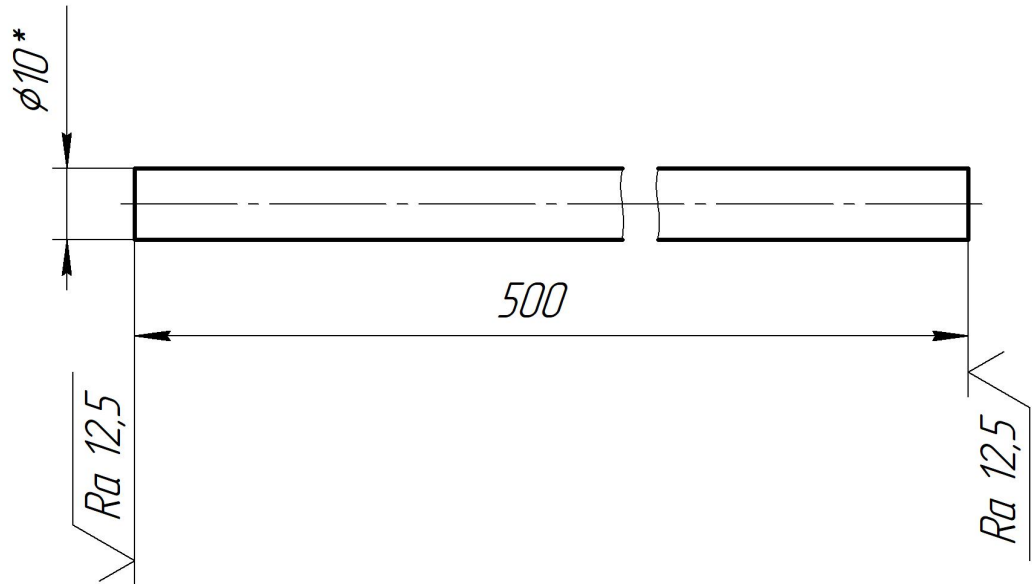
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Складальні одиниці		
A3	1		БР.ПМ-314.21.00.000 СК	Рухомий блок	1	
A3	2		БР.ПМ-314.22.00.000 СК	Рухомий блок	1	
A2	3		БР.ПМ-314.23.00.000 СК	Поперечка	1	
A4	4		БР.ПМ-314.24.00.000 СК	Рухомий блок	2	
				Деталі		
A4	5		БР.ПМ-314.20.00.001	Лінійний вал 10мм_500	4	
БР.ПМ-314.20.00.000 СК						
Зм.	Арх.	№ аркуш	Підпис	Дата	Літера	Маса
Розроб.	Цимбалістий					2
Перев.	Панчук				Аркши	Аркши
Т.контр.						1
Н.контр.						
Затв.						

Перш запис.
Додат. №
Лист і дата
Зем. № аркуш
№ аркуш

БР.ПМ-314.20.00.001

✓
✓

Перш. застос.
Довід. №



Підп. і дата
Інв. № дудл.
Зам. інв. №

- 1 * Розміри для довідок.
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Гострі кромки скруглити до r-1 мм.

Підп. і дата
Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.		Цимбалістий		
Перев.		Панчук		
Т.контр.				
Н.контр.				
Затв.				

БР.ПМ-314.20.00.001

Лінійний вал
10мм_500

Літера	Маса	Масштаб
	0,31	1:1
Арқш	Арқшів	1

БР.ПМ-314.2100.000 СК

Перш. застос.

Довід. №

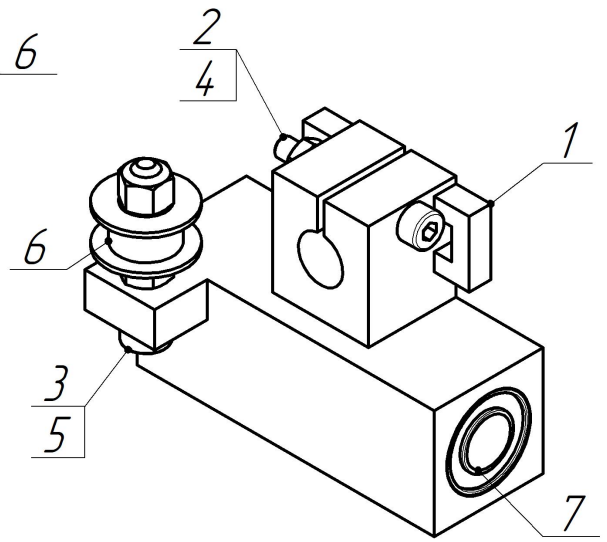
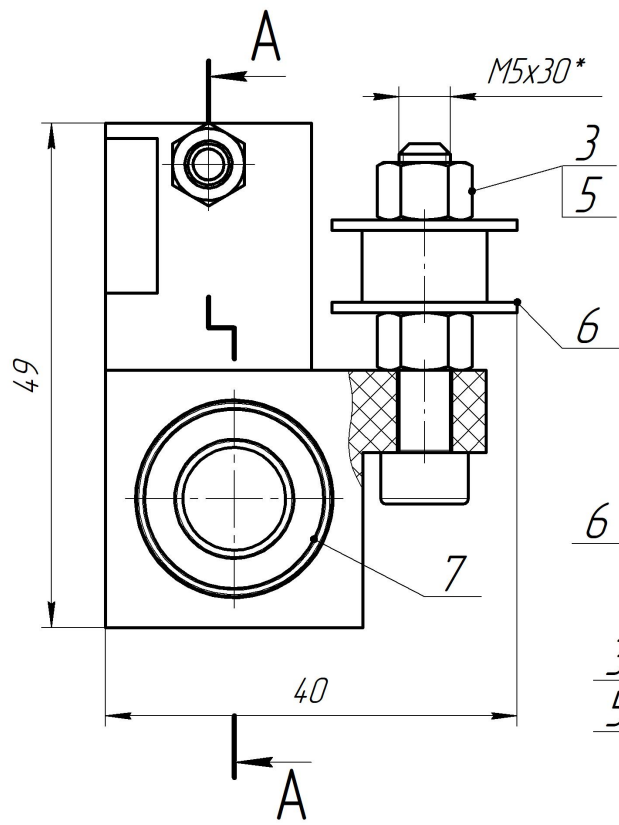
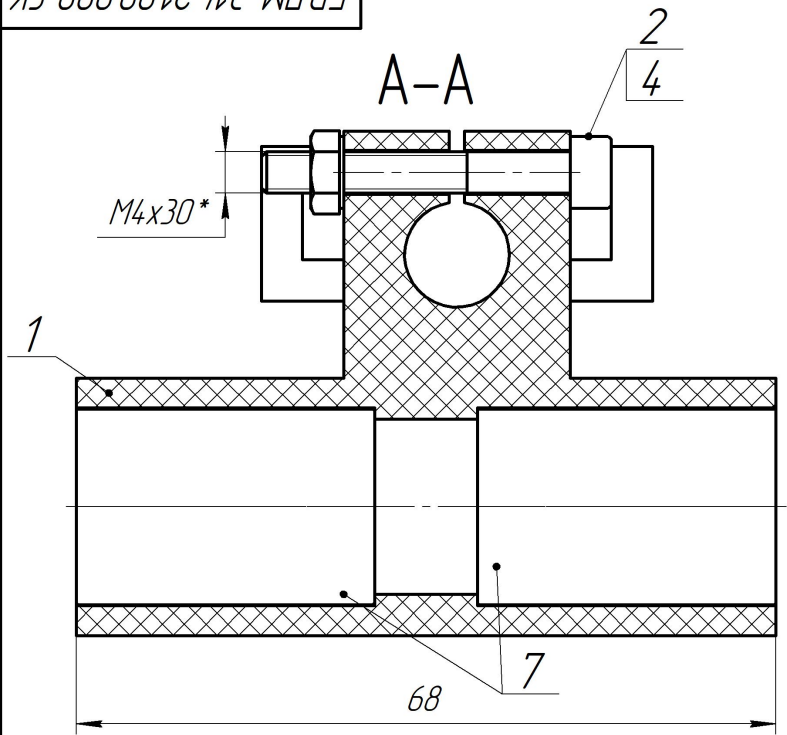
Підп. и дата

Інв. № докл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Стандартні вироби		
		2	Hexagon regular nut ISO 4032-M4	1		
		3	Hexagon regular nut ISO 4034-M5	2		
		4	Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 30	1		
		5	Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M5 x 30	1		
		6	Натяжний шків GT2	1		
		7	Підшипник LM10UU	2		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
A4	1		БР.ПМ-314.2100.001	Рухомий блок	1	
БР.ПМ-314.2100.000 СК						
				Літера	Маса	Масштаб
					0,14	2:1
				Арқшы	Арқшы	1

Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Разроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

Рухомий блок

БР.ПМ-314.2100.001

Перш. застос.

Довід. №

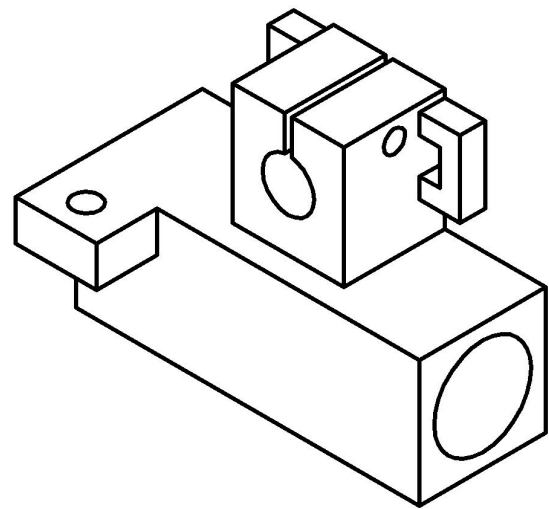
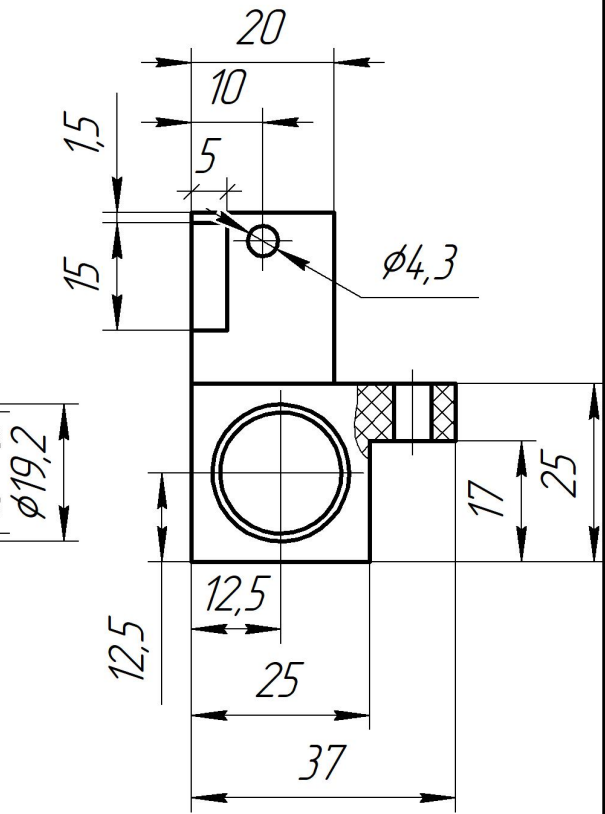
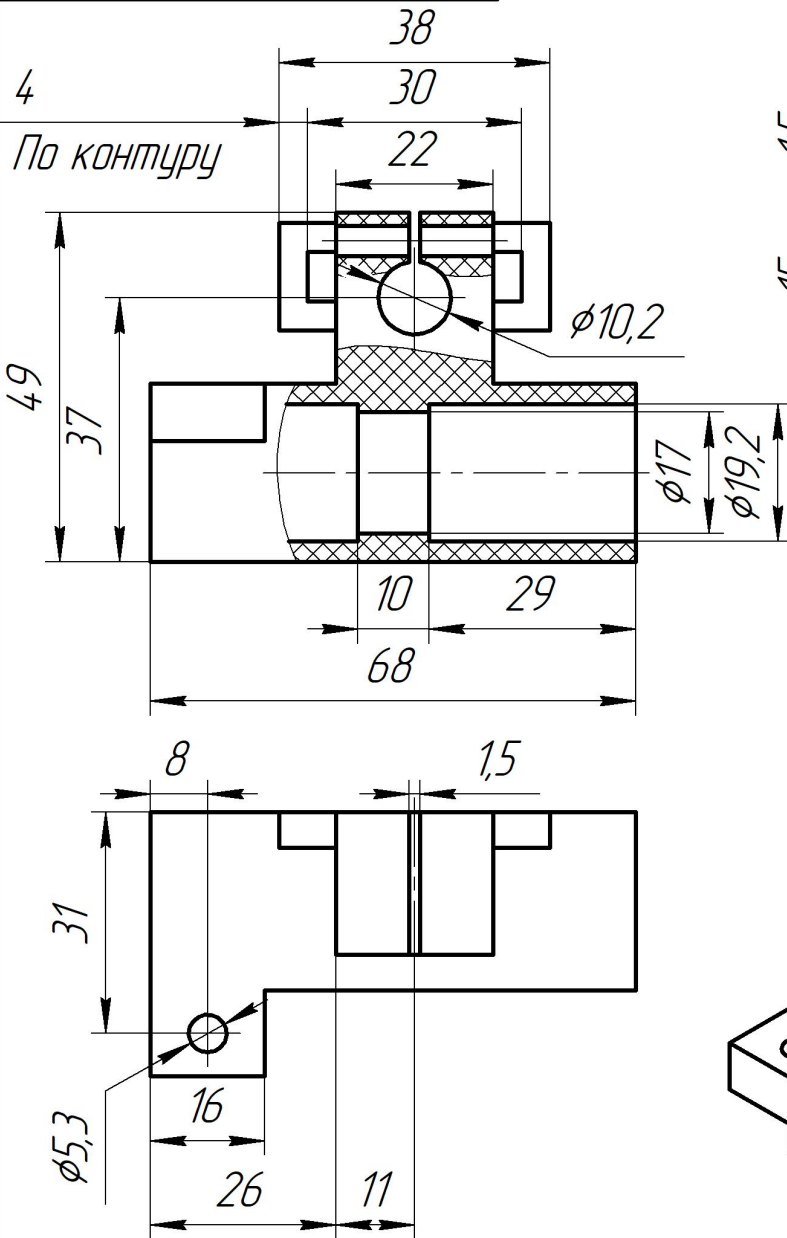
Підп. і дата

Інв. № дробл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

БР.ПМ-314.2100.001

Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

Рухомий блок

Полиамид П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

Літера	Маса	Масштаб
	0,03	1:1
Аркциш	Аркцишів	1

БР.ПМ-314.22.00.000 СК

Перш. застос.

Довід. №

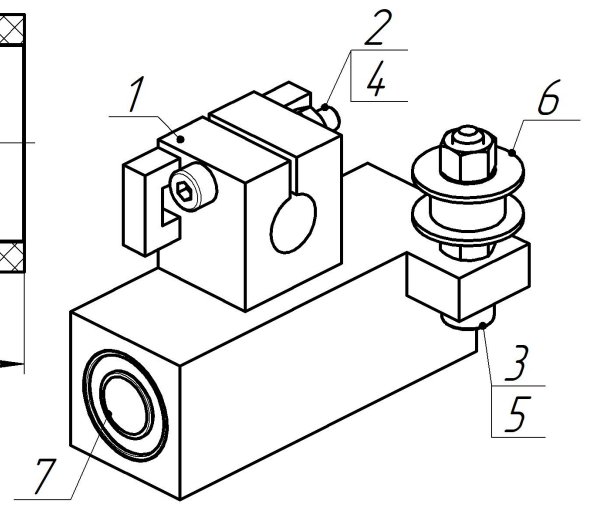
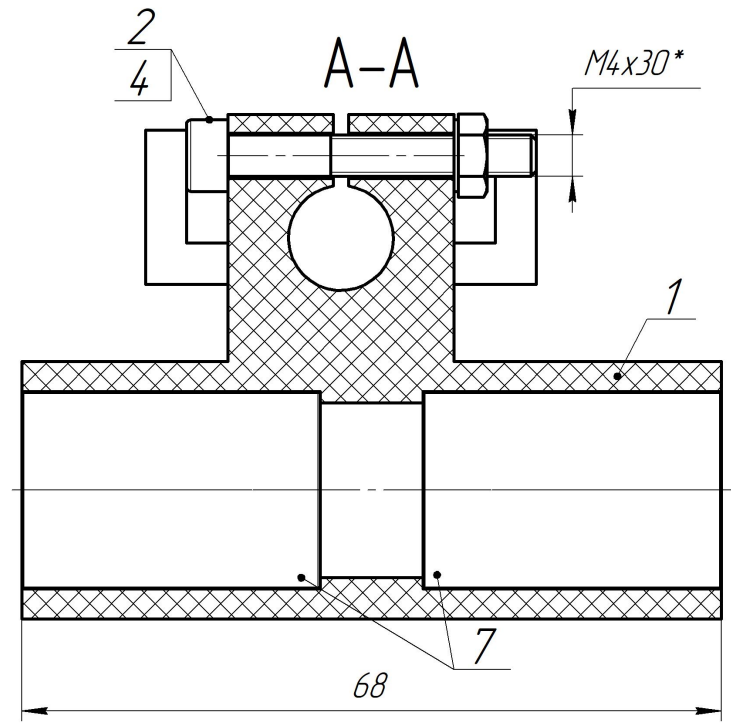
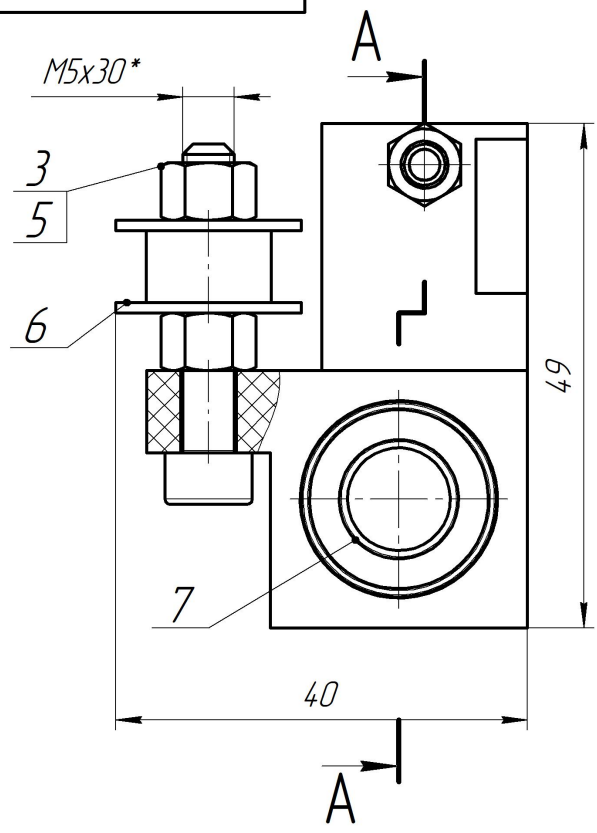
Підп. і дата

Інв. № додл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Стандартні вироби		
		2		Hexagon regular nut ISO 4032-M4	1	
		3		Hexagon regular nut ISO 4034-M5	2	
		4		Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M4 x 30	1	
		5		Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M5 x 30	1	
		6		Натяжний шків GT2	1	
		7		Підшипник LM10UU	2	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Деталі		
A4	1		БР.ПМ-314.22.00.001	Рухомий блок	1	
БР.ПМ-314.22.00.000 СК						
				Літера	Маса	Масштаб
					0,14	2:1
				Арқш	Арқш	1
Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Рухомий блок		
Разроб.	Цимбалістий					
Перев.	Панчук					
Т.контр.						
Н.контр.						
Затв.						

Коплював

Формат А3

БР.ПМ-314.22.00.001

Перш. застос.

Довід. №

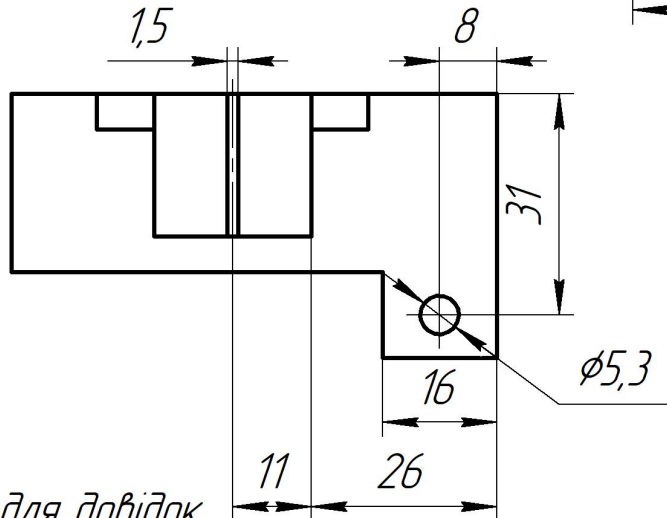
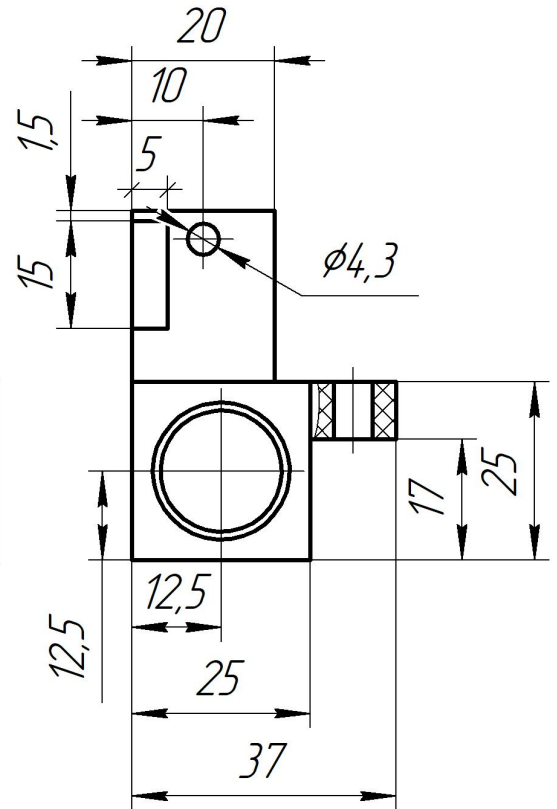
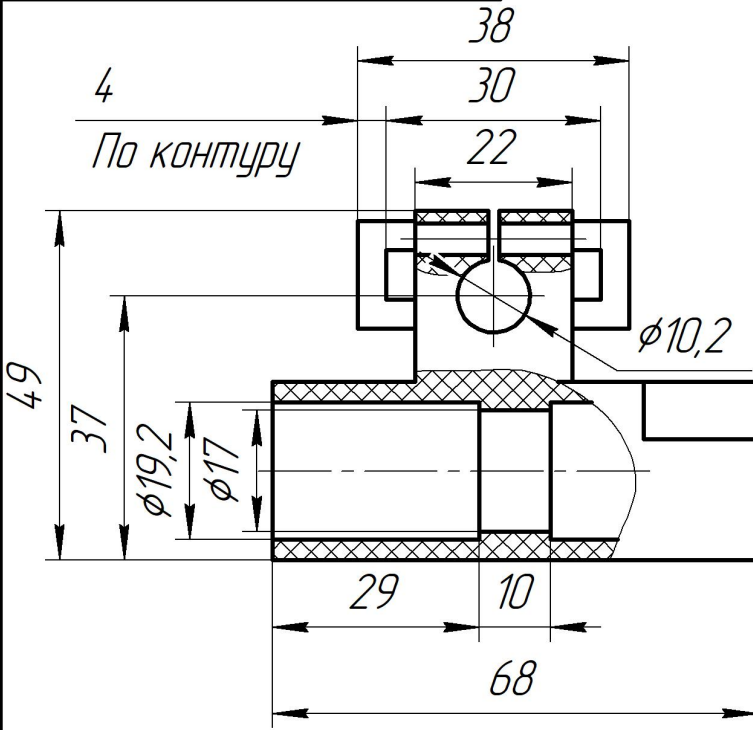
Підп. і дата

Інв. № дідл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

БР.ПМ-314.22.00.001

Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

Рухомий блок

Полиамид П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

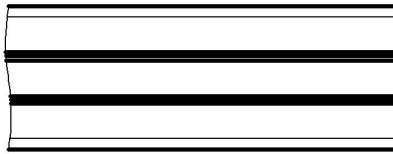
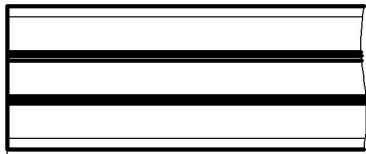
Літера	Маса	Масштаб
	0,03	1:1
Аркци	Аркцив	1

БР.ПМ-314.23.00.001

✓
✓

Перш. застос.

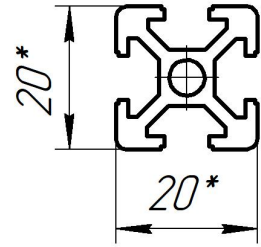
Довід. №



507,5

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

$\sqrt{Ra\ 12,5}$



Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

- 1 * Розміри для довідок.
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Гострі кромки скруглити до r-1 мм.

БР.ПМ-314.23.00.001

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

T-профіль
20x20_507,5

Літера	Маса	Масштаб
	0,24	1:1
Аркцш	Аркцшв	1

БР.ПМ-314.23.00.002

Перш. застос.

Довід. №

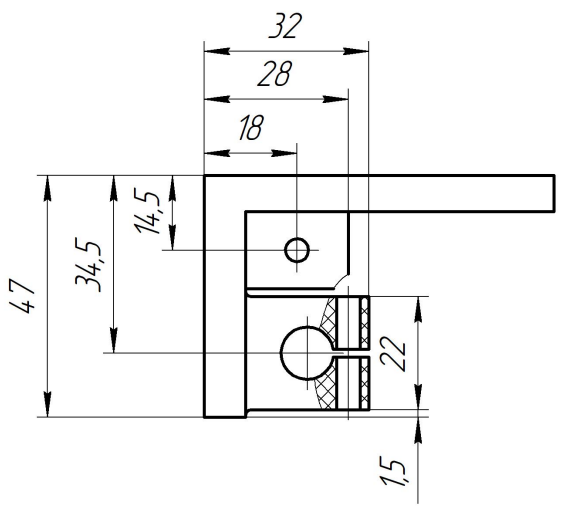
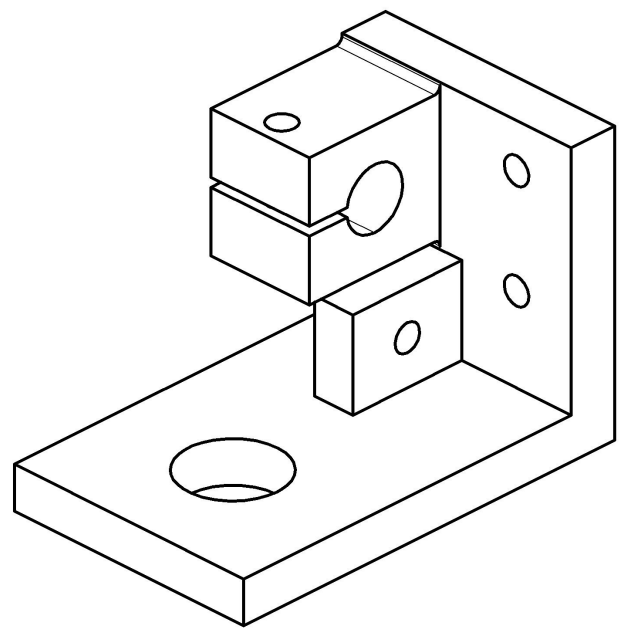
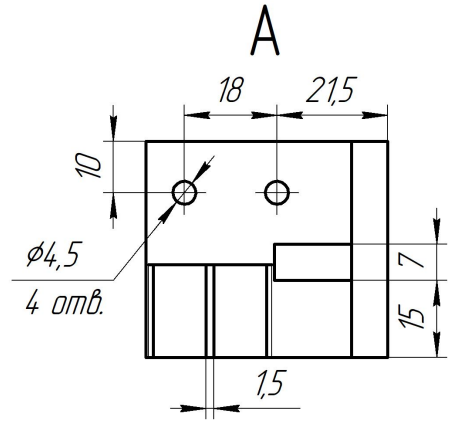
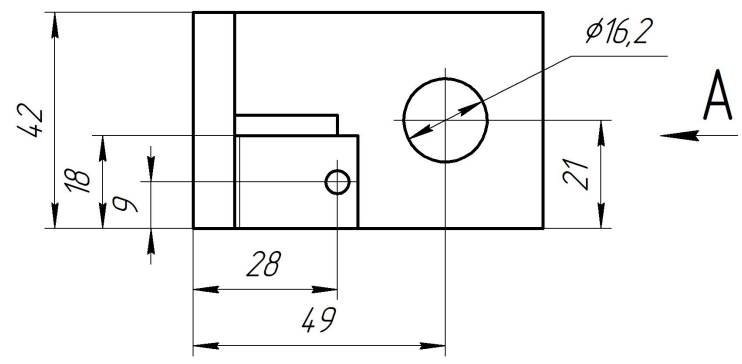
Підп. і дата

Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.23.00.002		
Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Цимбалістий				0,04	1:1
Перев.	Панчук			Аркци	Аркцив	1
Т.контр.				Полиамід П-125-20 ТУ 6-05-898-73		
Н.контр.						
Затв.						

Коплюбаб

Формат А3

БР.ПМ-314.23.00.003

Перш. застос.

Довід. №

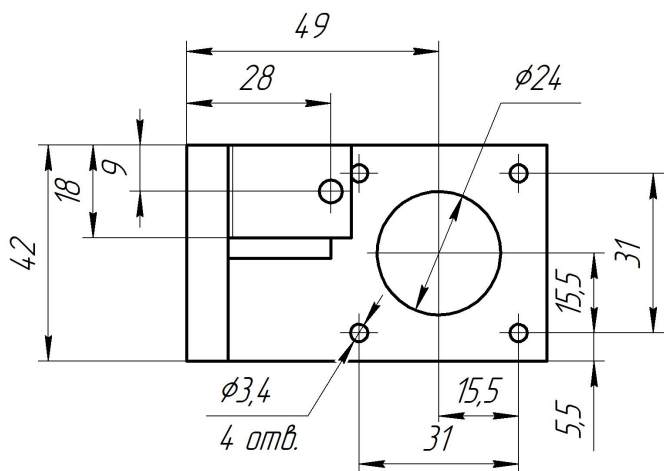
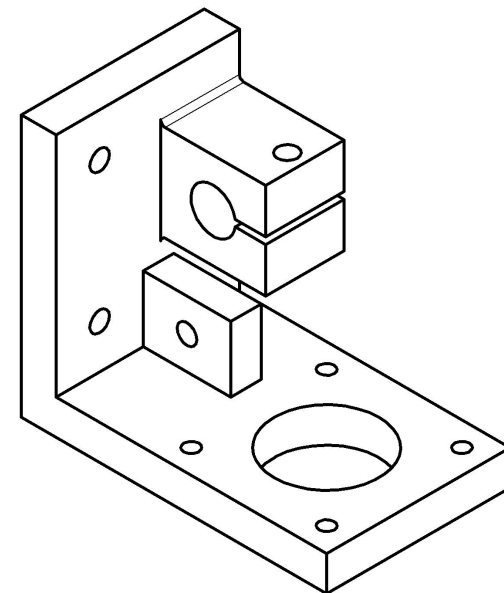
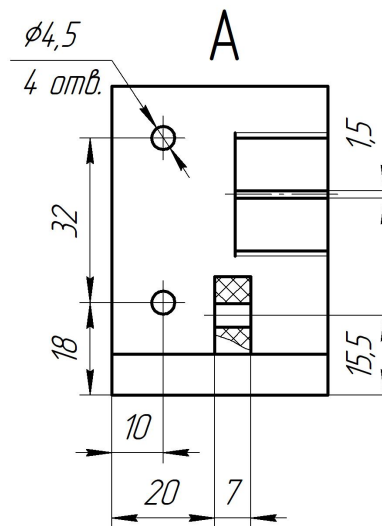
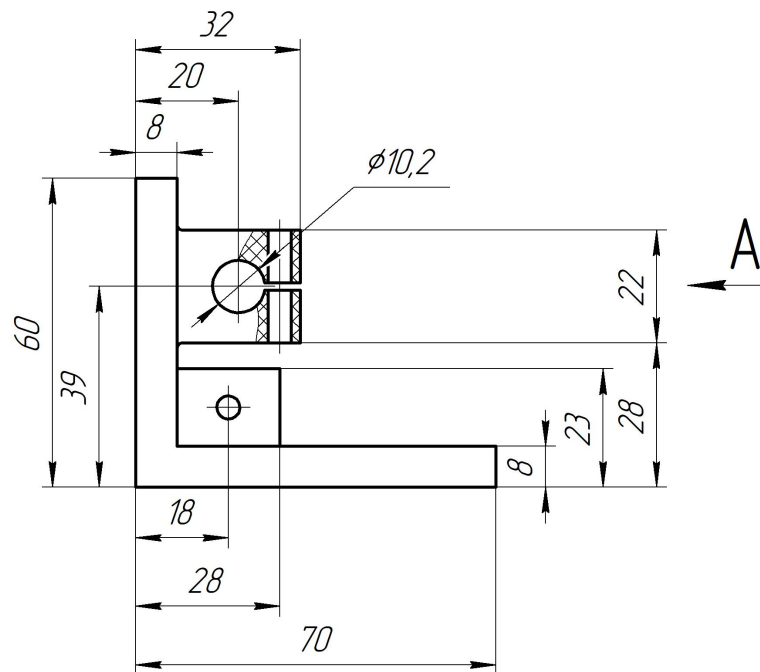
Підп. і дата

Інв. № відп.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

2 Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

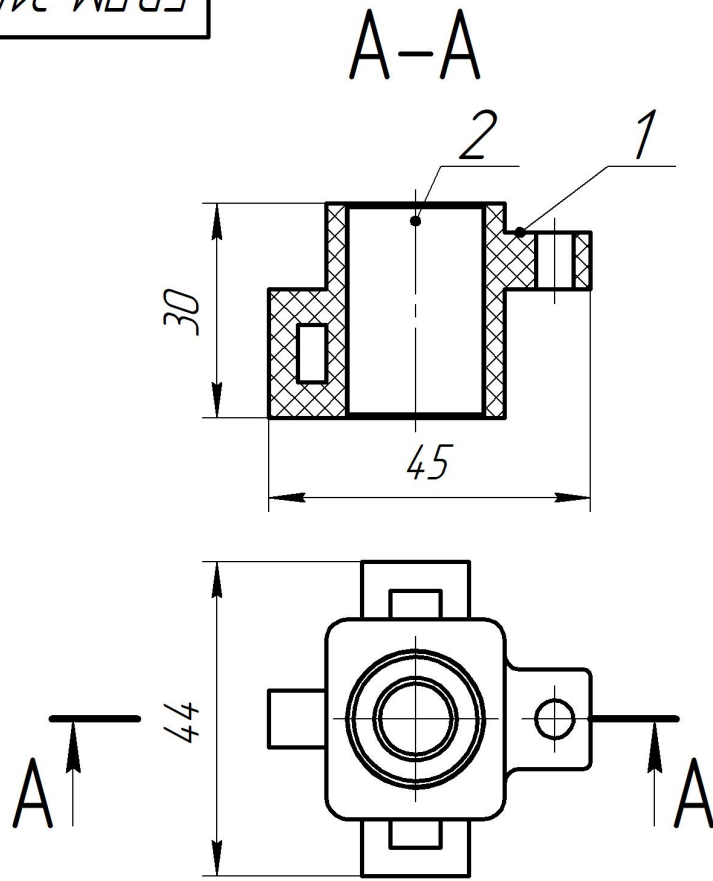
3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.23.00.003		
Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.	Цимбалістий				0,05	1:1
Перев.	Панчук			Аркцир	Аркциш	1
Т.контр.				Полиамід П-125-20 ТУ 6-05-898-73		
Н.контр.						
Затв.						

Коплюваб

Формат А3

БР.ПМ-314.24.00.000 СК



1 * Розміри для довідок.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				<i>Деталі</i>		
		1	БР.ПМ-314.24.00.001	Рухомий блок	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		2		Підшипник LM10UU	1	
БР.ПМ-314.24.00.000 СК						
				Рухомий блок	Літера	Маса
						Масштаб
					0,06	1:1
				Аркцш	Аркцшів	1

БР.ПМ-314.24.00.001

Перш. застос.

Довід. №

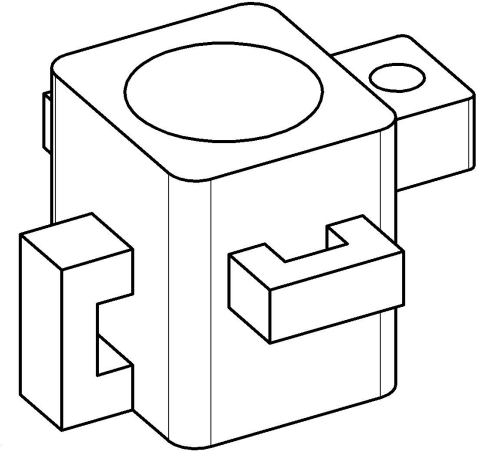
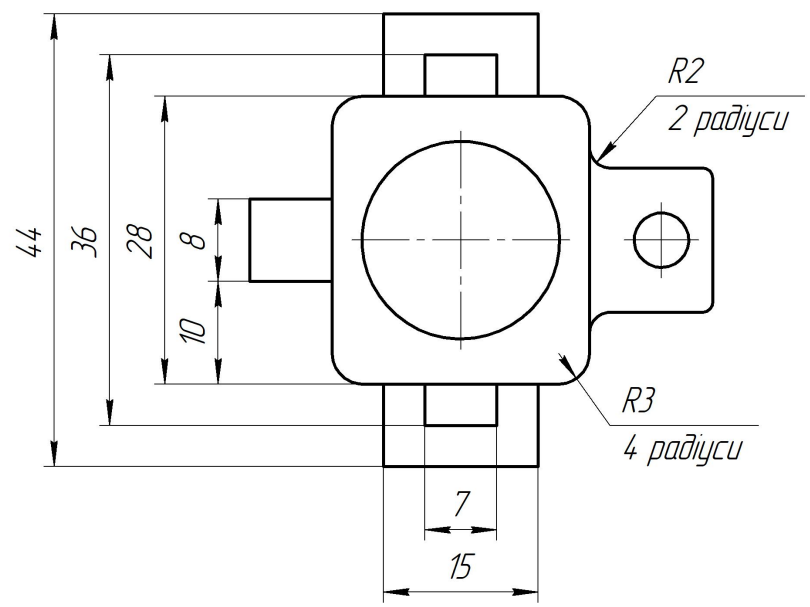
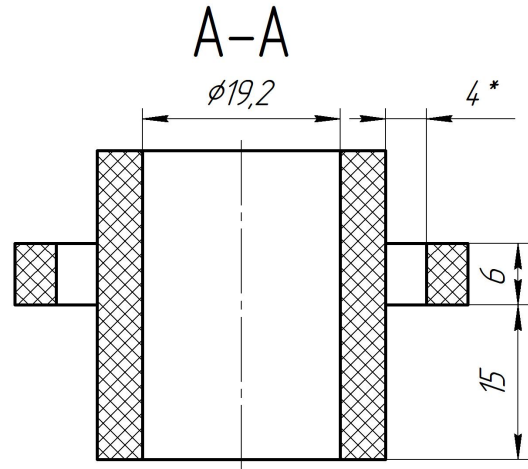
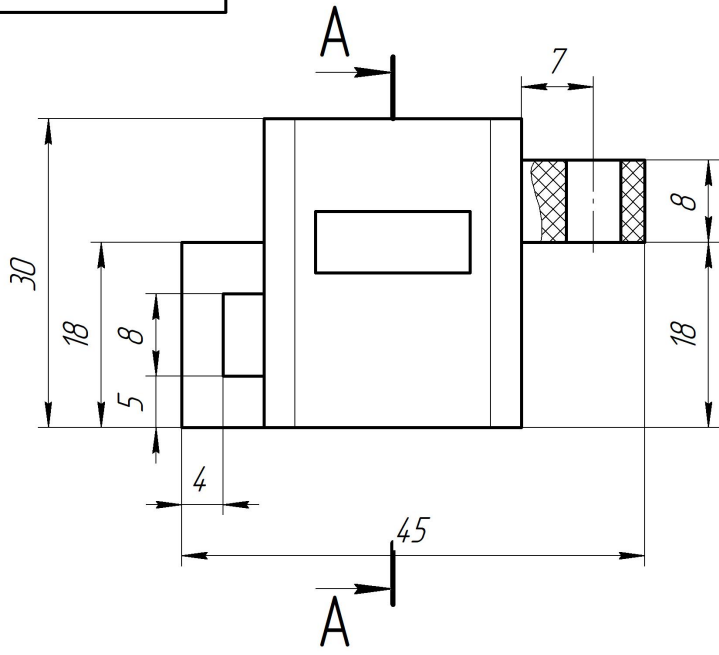
Підп. і дата

Інв. № докл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.



1 * Розміри для довідок.

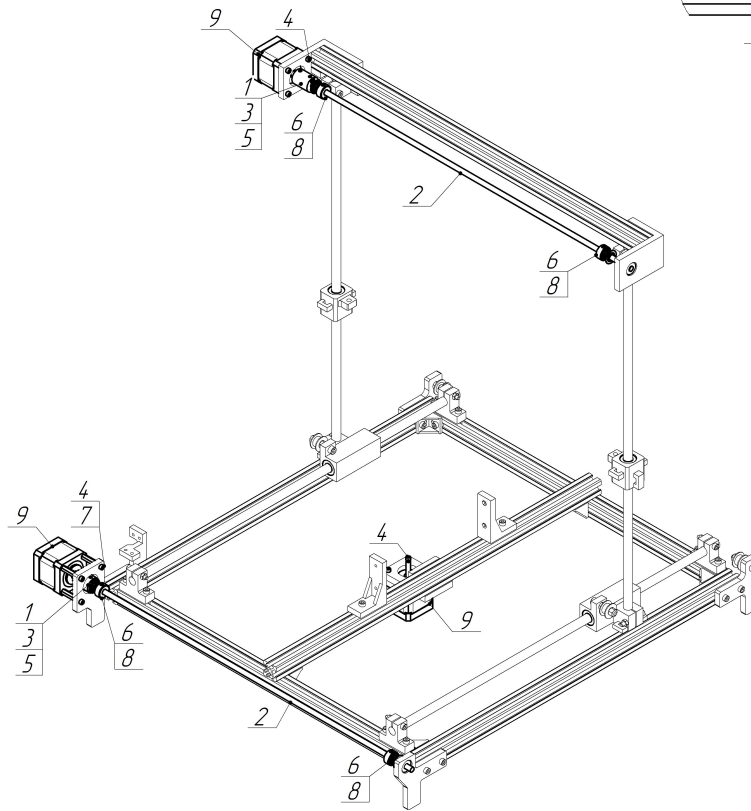
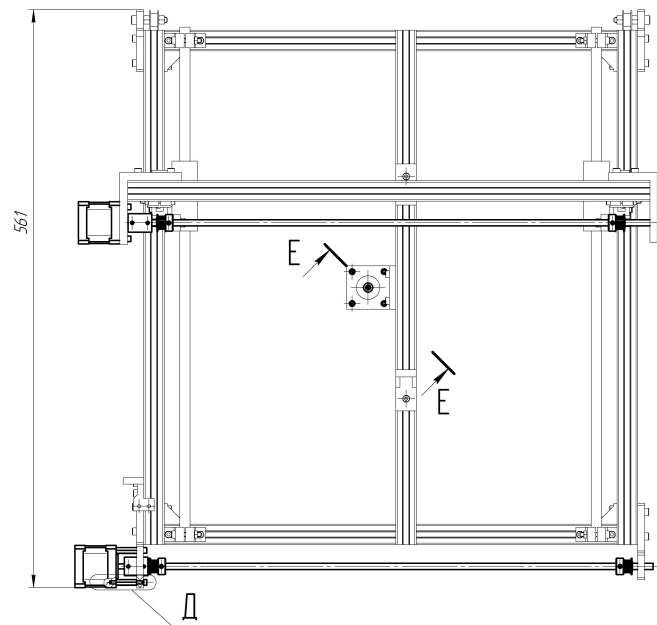
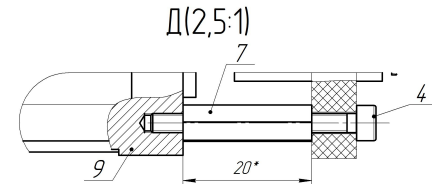
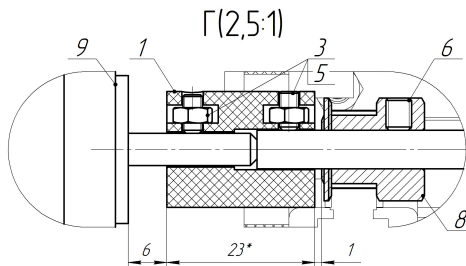
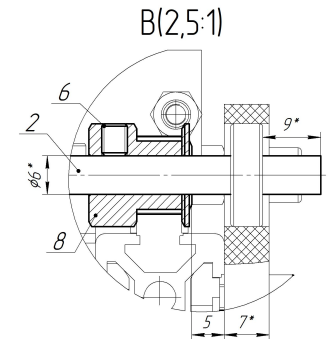
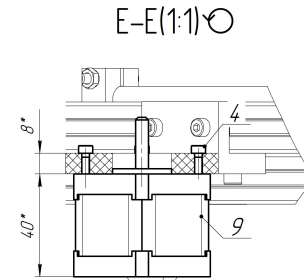
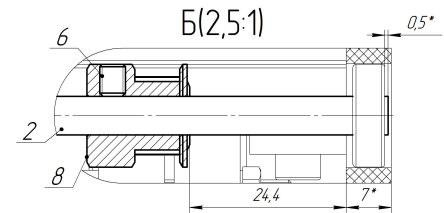
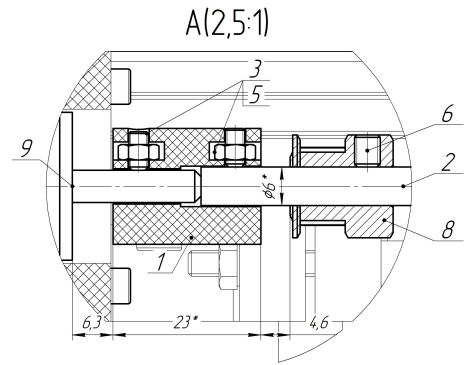
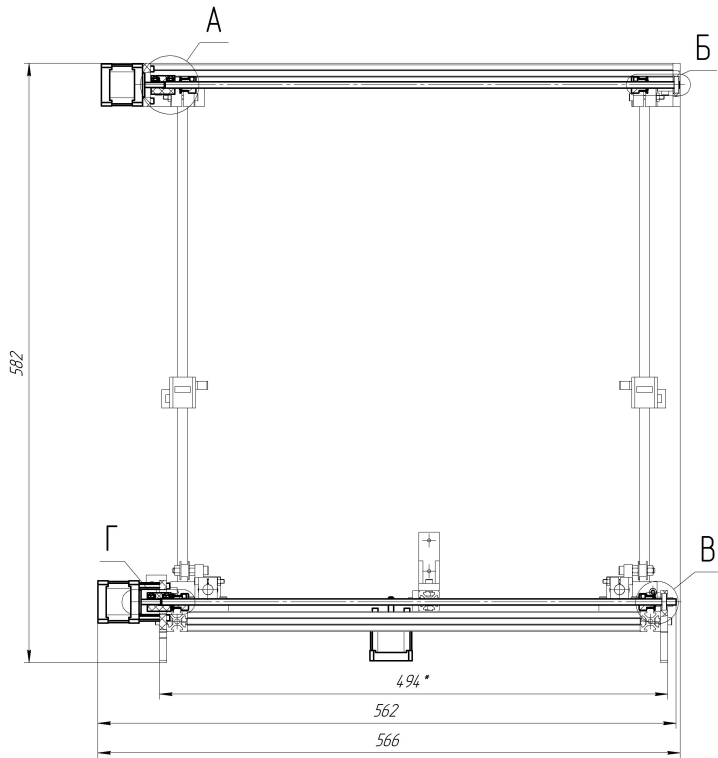
2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

				БР.ПМ-314.24.00.001		
Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Разроб.	Цимбалістий				0,02	2:1
Перев.	Панчук			Аркци	Аркци	1
Т.контр.						
Н.контр.						
Затв.				Полиамід П-125-20 ТУ 6-05-898-73		

Коплюбад

Формат А3



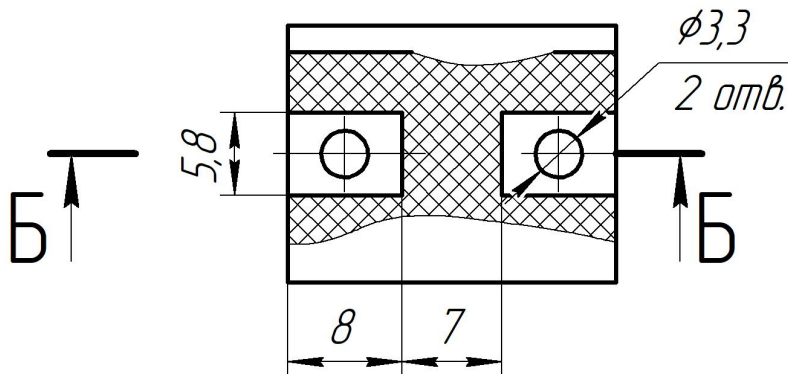
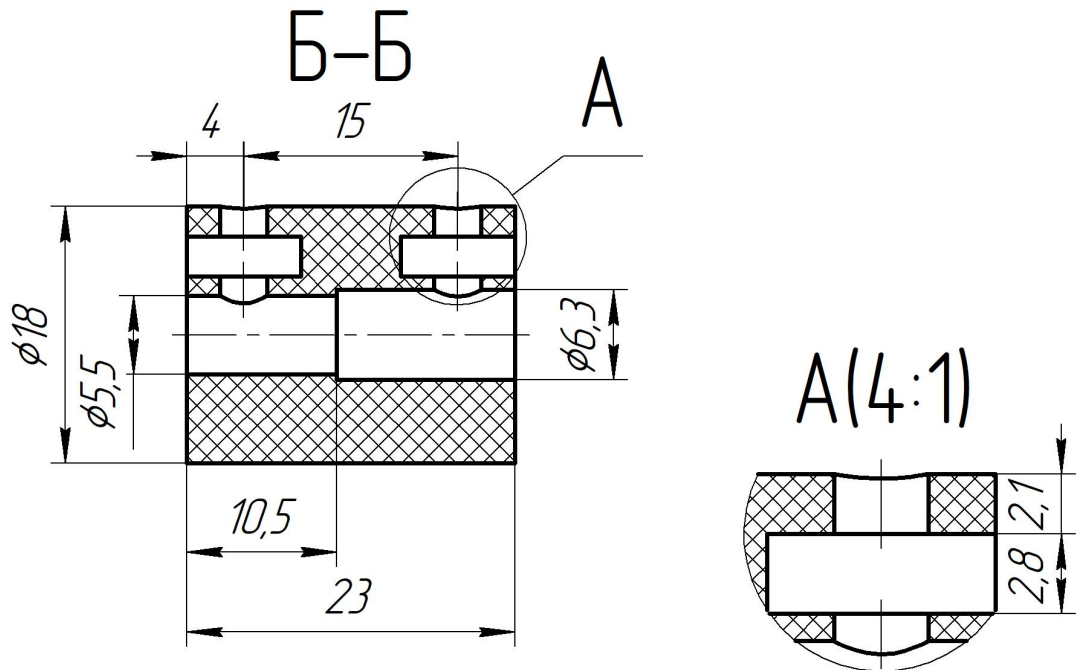
1 * Розміри для довідок

Розряд	Зона	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
<i>Деталі</i>					
И	1	БР.ПМ-314.30.00.001	Мурфта	2	
И	2	БР.ПМ-314.30.00.002	Лінійний вал 6мм_500	2	
<i>Стандартні вироби</i>					
	3		Гексагон regular nut ISO 4032-M3	4	
	4		Гексагон socket head cap screw ISO 4762-M3 x 12	12	
	5		Гексагон socket set screw ISO 4026-M3 x 6	4	
	6		Гексагон socket set screw ISO 4026-M4 x 5	4	
	7		Стійка розрізна М3х20	4	
	8		Шків GT2 20 зчубів	4	
<i>Інші вироби</i>					
	9		Кроковий двигун NEMA 17	3	
БР.ПМ-314.30.00.000 СК					
Встановлення двигунів				Листів	Рисунків
				181	125
				Аркши	Аркши
				1	1

БР.ПМ-314.30.00.001

Перш. застос.

Довід. №



1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Допускається друк на 3D-принтері. Товщина усіх зовнішніх поверхонь не менше 1,2мм. Заповнення не менше 20%.

Підп. і дата

Інв. № дудл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

Зм. Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

БР.ПМ-314.30.00.001

Муфта

Полиамид П-12Б-20 ТУ 6-05-898-73

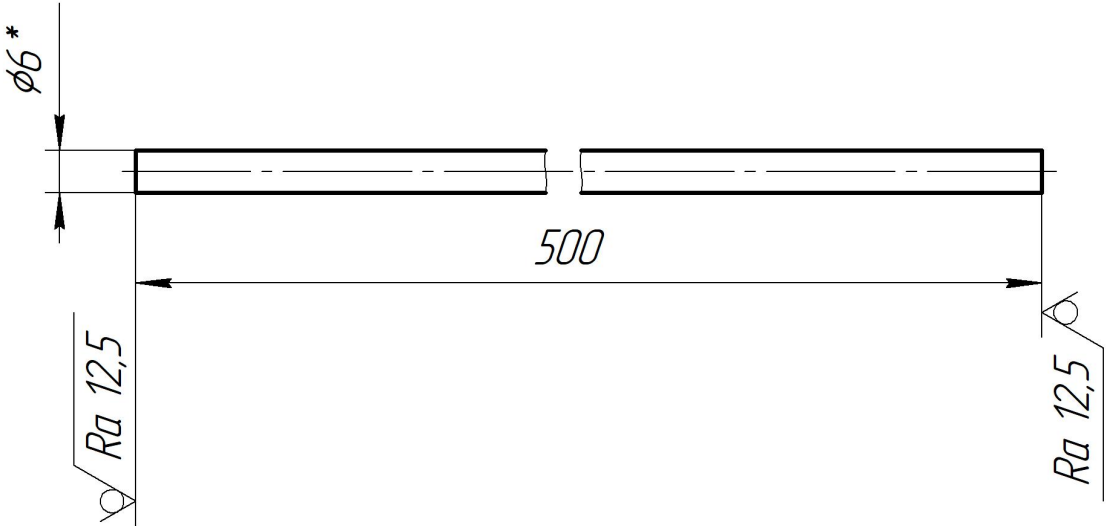
Літера	Маса	Масштаб
	0	2:1
Аркциш	Аркцишв	1

БР.ПМ-314.30.00.002

✓
✓

Перш. застос.

Довід. №



Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

1 * Розміри для довідок.

2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3 Гострі кромки скруглити до r-1 мм.

4 Допускається заміна на шпильку М6.

БР.ПМ-314.30.00.002

Зм. Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.	Цимбалістий		
Перев.	Панчук		
Т.контр.			
Н.контр.			
Затв.			

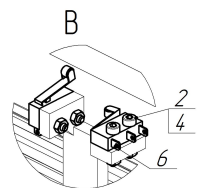
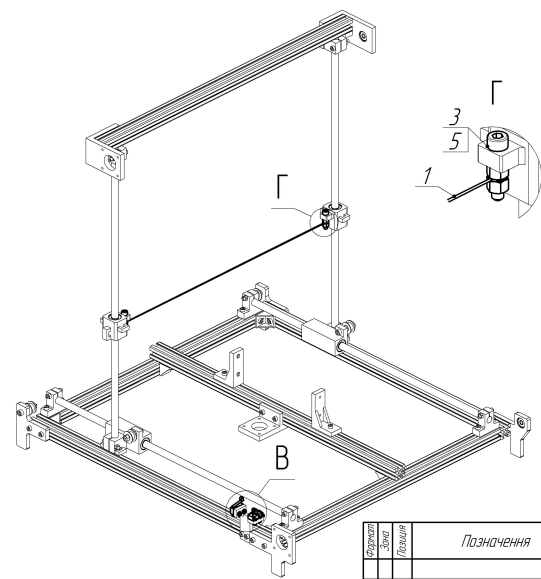
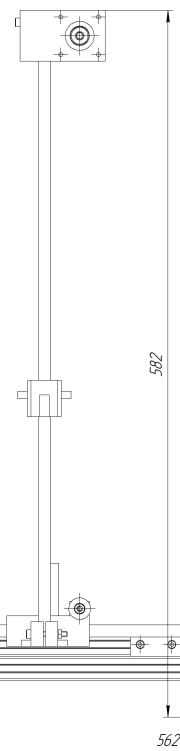
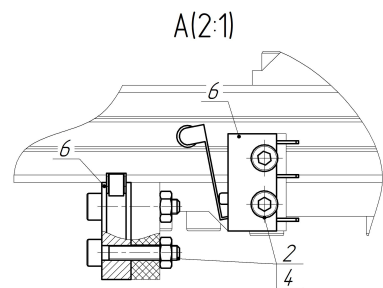
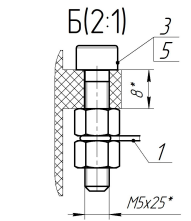
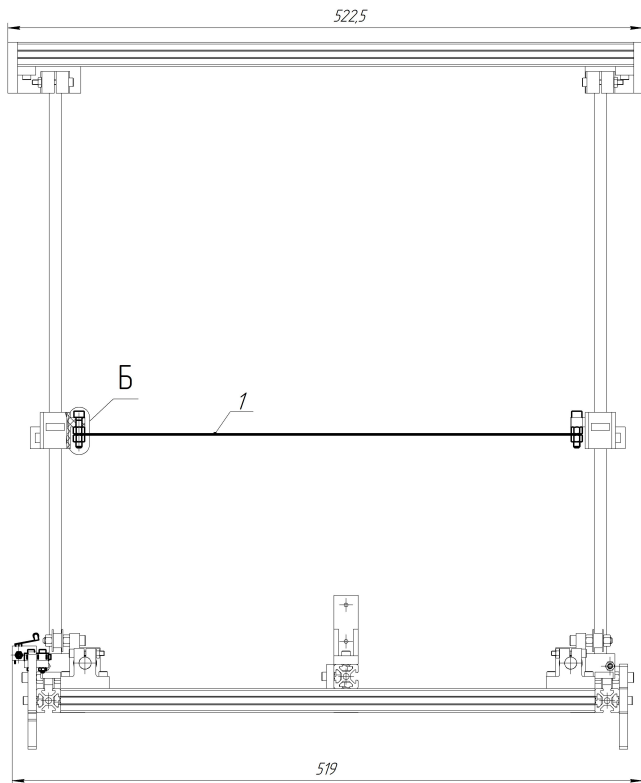
Лінійний вал
6мм_500

Літера	Маса	Масштаб
	0,11	1:1
Аркцш	Аркцшів	1

Копіював

Формат А4

БРПМ-314.40.00.000 СК



Код	Кол-во	Позиция	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
				Деталі		
4	1		БРПМ-314.40.00.001	Струна 1мм	1	
				Стандартні виробы		
2				Hexagon regulat. nut ISO 4032-M3	4	
3				Hexagon regulat. nut ISO 4034-M5	4	
4				Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M3 x 16	4	
5				Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M5 x 25	2	
				Інші виробы		
6				Кінцевик	2	

БРПМ-314.40.00.000 СК

Вид	Акс.	AP	Висн.	Підпис	Піра	Листов	Масштаб	Масштаб
Розроб	Специаліст						0,04	1:2
Перев	Підпис							
Тверд								
Нормир								
Затв								

1 * Розміри для довідок.

