

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

Віктор АНТОНЮК

«03» червня 2021 р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології  
виробництва приладів»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Гнучка виробнича система для виготовлення деталей типу

«платини»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-71

Хажиленко Артем Дмитрович

Керівник:

доцент, кандидат технічних наук

Стельмах Наталія

Рецензент:

Богатирєва Т.В. доц. к.ф.м.н

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

Студент

Київ – 2021 р.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП.ПБ7115.1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	ДП.ПБ7115.1702.001	3D модель універсального верстату		
4	A1	ДП.ПБ7115.1702.001СК	Загальне креслення універсального верстату	1	
5	A4	ДП.ПБ7115.1702.001СП	Специфікація універсального верстату	2	
6	A1	ДП.ПБ7115.1702.002 СХ	Структурна схема універсального верстату з ЧПК	1	
7	A2	ДП.ПБ7115.1702.003 СХ	Електрична схема універсального верстату з ЧПК	1	
8	A2	ДП.ПБ7115.1702.004 СК	Складальний креслення фрезерного інструментального модуля	1	
9	A4	ДП.ПБ7115.1702.004 СП	Специфікація фрезерного інструментального модуля	1	
10	A3	ДП.ПБ7115.1702.005 СК	Складальний креслення лазерного інструментального модуля	1	
11	A4	ДП.ПБ7115.1702.005 СП	Специфікація лазерного інструментального модуля	1	
12	A3	ДП.ПБ7115.1702.006 СК	Складальний креслення	1	

			інструментального модуля лезо		
13	A4	ДП.ПБ7115.1702.006 СП	Специфікація інструментального модуля лезо	1	
14	A4	ДП.ПБ7115.1702.007 СХ	Схема автоматизованої заміни активного інструментального модуля	1	
15	A1	ДП.ПБ7115.1702.008 СХ	ССС універсального верстату	1	
16	A0	ДП.ПБ7115.1702.009 СХ	ТСС універсального верстату	1	
17	A1	ДП.ПБ7115.1702.010 СХ	ТП деталі платини	1	
18	A1	ДП.ПБ7115.1702.011 СК	Складальний кресленник лещата	1	
19	A1	ДП.ПБ7115.1702.012 СК	Складальний кресленник контрольне пристосування	1	
20	A2	ДП.ПБ7115.1702.013 СХ	Структура гнучкої виробничої системи	1	
21	A1	ДП.ПБ7115.1702.001	Деталювання	1	
					ДП.ПБ7115.1702.000

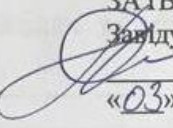
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології  
виробництва приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор АНТОНЮК

«03» червня 2021 р.



### ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту  
Хажиленку Артему Дмитровичу

1. Тема проекту «Гнучка виробнича система для виготовлення деталей типу «платини», керівник проекту Стельмах Наталія Володимирівна, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «26» травня 2021р. №1347-с
2. Термін подання студентом проекту 03 червня 2021р.
3. Вихідні дані до проекту: 3д модель та кресленники універсального верстату для виробництва деталей та заготовок з листового матеріалу та його технічні характеристики.
4. Зміст пояснювальної записки:
  1. Конструкторський розділ 1.1 Типи і класифікація верстатів для виготовлення деталей з листового матеріалу 1.2 Плотери для виробництва деталей 1.3 Побудова структурної схеми універсального верстату з ЧПК 1.4 Проектування електричної схеми. 1.5 Проектування конструкції універсального верстату з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу 1.6 Вибір та обґрунтування елементної бази складових універсального верстату 1.6.1 Розрахунок необхідної потужності крокових двигунів. 1.6.2 Джерело живлення 1.6.3 Вибір драйверів крокових двигунів 1.7 Схема автоматизованої заміни інструментального модуля; 1.9. Розрахунок гнучкої виробничої системи; 2.1 Проектування технологічного процесу складання універсального верстату з ЧПК 2.1.1 Проектування схеми ступенів складання універсального верстату 2.2.2 Проектування технологічної схеми складання 2.3 Проектування технологічного процесу виробництва деталі типу платини 2.3.1 Проектування технологічного процесу для деталі Платина 1 2.3.2 Вибір обладнання та пристосувань для технологічного процесу виготовлення

деталі 2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів 2.5 Визначення типу виробництва

5. Перелік графічного матеріалу: структурна та електрична схеми універсального верстата, складальний кресленник універсального верстата, складальні кресленники інструментальних модулів, технологічна схема складання універсального верстату, схема автоматизованої заміни інструментальних модулів, складальні кресленники пристосувань для ТП виготовлення деталей типу платини деталювання.

6. Консультанти розділів проекту\*

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд та аналіз систем виробництва деталей з листового матеріалу	12.04.2021	<i>С.М.</i>
	Розробка структурної та електричної схем універсального верстату	16.04.2021	<i>С.М.</i>
2	Розробка конструкції універсального верстату	21.04.2021	<i>С.М.</i>
3	Дослідження вимог точності виробництва деталей з листового матеріалу	24.04.2021	<i>С.М.</i>
4	Розробка структурної схеми складання універсального верстату	28.04.2021	<i>С.М.</i>
5	Розрахунок питомої потужності та вибір крокових двигунів та драйверів	03.05.2021	<i>С.М.</i>
6	Відпрацювання системи автоматичної заміни інструментальних модулів	06.05.2021	<i>С.М.</i>
7	Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	10.05.2021	<i>С.М.</i>
8	Розробка технологічного процесу виготовлення двох деталей типу платина	14.05.2021	<i>С.М.</i>
9	Розробка технологічного процесу складання універсального верстату	17.05.2021	<i>С.М.</i>
10	Оформлення пояснювальної записки дп	24.05.2021	<i>С.М.</i>
11	Подача ДП до передзахисту	03.06.2021	<i>С.М.</i>

Студент Артем Хажиленко

*Степан Н.В.*

---

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Гнучка виробнича система для виготовлення**  
**деталей типу «платини»»**

\

## Анотація

Метою дипломного бакалаврського проекту є розробка гнучкої виробничої системи для виготовлення деталей типів платина з листового матеріалу.

Дипломний проект бакалавра загальною кількістю сторінок 66 складається з 2 розділів, 9 рисунків, 21 додатків та списку літературі із 24 джерелами.

Дипломний проект бакалавра містить: пояснювальну записку та конструкторсько-технологічну документацію. Пояснювальна записка складається з двох розділів: конструкторського та технологічного.

У конструкторському розділі дипломного проекту розглянуто питання створення гнучкої автоматизованої системи для виробництва деталей з листового матеріалу. Розроблено функціональну схему та конструкцію універсального верстата з ЧПК для виробництва деталей з листового матеріалу та дослідним шляхом виявлено необхідні технічні параметри верстату. Виконано вибір та обґрунтування елементів системи виробництва деталей з листового матеріалу.

У технологічному розділі дипломного проекту бакалавра виконано аналіз сучасних методів виробництва деталей з листового матеріалу, визначено їх недоліки та переваги, розроблено конструкцію універсального верстату з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу, розраховано питому потужність крокових двигунів, обрано необхідні для конструкції крокові двигуни, драйвери та блок живлення, розроблено схему автоматизованої заміни інструментального модуля а також розроблено креслення та 3д модель універсального верстату для покращення візуалізації.

## Annotation

The aim of the bachelor's thesis project is to develop a flexible production system for the production of platinum-type parts from sheet material. The bachelor's thesis project with a total number of 66 pages consists of 2 sections, 9 figures, 21 appendices and a list of references with 24 sources.

The bachelor's thesis project contains: an explanatory note and design and technological documentation. The explanatory note consists of two sections: design and technological.

In the design section of the diploma project the issue of creating a flexible automated system for the production of parts from sheet material is considered. The functional scheme and design of the universal machine with CNC for production of details from sheet material are developed and the necessary technical parameters of the machine are experimentally revealed. The choice and substantiation of elements of the system of production of details from sheet material is executed.

The technological section of the bachelor's thesis project analyzes modern methods of production of sheet metal parts, identifies their disadvantages and advantages, developed the design of a universal machine with CNC for the manufacture of sheet metal parts, calculated the specific power of stepper motors, selected necessary for the design stepper motors, drivers and power supply, the scheme of automated replacement of the tool module is developed and also drawings and 3d model of the universal machine for improvement of visualization are developed.



## Зміст

Вступ	11
1. Конструкторський розділ	12
1.1 Аналіз та огляд способів виробництва деталей з листового матеріалу	13
1.1.1 Фрезерні верстати	14
1.1.2 Лазерні різачки	16
1.1.3 Гідроабразивна різка	18
1.2 Плотери для виготовлення деталей	19
1.3 Проектування структурної схеми універсального верстата з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу	22
1.4 1.4. Проектування електричної схеми універсального верстата з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу	23
1.5 П 1.5. Проектування конструкції універсального верстату з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу	23
1.6 Вибір та обґрунтування елементної бази складових універсального верстату	
1.6.1 Розрахунок необхідної потужності крокових двигунів	28
1.6.2 Джерело живлення	32
1.6.3 Вибір драйверів крокових двигунів	32
1.7. Схема автоматизованої заміни активного інструментального модуля	32
1.8. Опис спроектованих пристосувань	33
1.9. Проектування гнучкої виробничої системи	34
Висновки до конструкторського розділу	46
2. Технологічний розділ	47
2.1 Проектування технологічного процесу складання універсального верстату з ЧПК верстату	49
2.2 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі типу платини	52
2.2.1 Відпрацювання на технологічність деталі платина	52

2.2.2 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	61
Висновки до технологічного розділу	69
Загальні висновки	70
Список використаних джерел	72
Додатки	75

## Вступ

Людина здавна займався видобутком і обробкою різних матеріалів. Ще в п'ятому тисячолітті до нашої ери люди, виявивши самородки міді і спробувавши в справі, змогли зрозуміти їх переваги перед простим каменем. Найелементарніші мідні вироби виявилися значно кориснішими за предмети, зроблені з каменю. Поступово навички обробки металу поліпшувалися. Людина вчилася обробляти металеві самородки різними способами, з кожним разом все більш удосконалюючи технологію обробки. Це стало основою для сучасної технологічної культури. Навколо нас дуже багато об'єктів, зроблених з металу. І навіть багато інших речей, які не мають безпосередньо металевих деталей, створені за допомогою різних залізних механізмів, верстатів та інструментів. Неможливо уявити собі життя людства без цього настільки популярного і корисного матеріалу. Його видобуток і обробка справили величезний вплив на розвиток всіх технологій нашого світу.

Жодне сучасне виробництво неможливо собі уявити без застосування будь-яких видів металопрокату (арматури, куточків, труб, балок та дрібних виробів, що застосовуються в приладобудування, наприклад платини, кутники, кронштейни і тд). Найпоширенішим методом деформування металевих заготовок є згинання деталей з листового металу. При дотриманні обраної технології зігнути плоску заготовку для виготовлення будь-якого просторового виробу досить легко. Розвинений ринок металопрокату - необхідна умова нормального функціонування промисловості. І одним з найбільш затребуваних є листовий матеріал.

Серед сучасних технологій слід виділити згинання деталей з листового металу. Потреба в цьому формувалася в міру розвитку процесів будівництва та модернізації конструкцій виробів. Поступово з'являлася необхідність створення високотехнологічного обладнання, за допомогою якого можна було б робити якісні елементи оздоблення виробів, покриття, і т. Високоточне верстатне обладнання дозволяє виготовляти деталі і будівельні елементи заданої форми в

необхідній кількості. Металообробні верстати стали з'являтися в кінці ХІХ століття. Удосконалення технологій сприяло безперервному розвитку сфери верстатобудування, а в останні десятиріччя стрімко розвивається проектування верстатів з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу.

Таким чином ефективно технологічне проектування сучасного виробництва певних приладів і складних систем повинно бути здійснено на основі:

Опанування методів прогнозування, оптимізації та моделювання технологічних схем виробництва, в яких враховуються умови, що постійно змінюються;

Автоматизація технологічного проектування, що враховуватиме всі етапи технологічної підготовки певного виробництва;

Покращення моделі технологічного процесу та технологічної обробки виробу на початкових етапах його проектування;

Мета дипломного проекту бакалавра:

Проектування автоматизованої системи для виготовлення деталей з листового матеріалу на базі створення конструкції універсального верстату з ЧПК, розробки його структурної схеми, вибір та обґрунтування необхідних інструментальних модулів для виконання різноманітних операцій з листовим матеріалом відповідно до технологічного процесу.

Для вирішення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

Проаналізувати існуючі методи обробки листового матеріалу та виявити особливості технологічного процесу виготовлення деталей з листового матеріалу.

Спроекувати структурну та електричну схеми гнучкої автоматизованої системи виготовлення деталей з листового матеріалу.

Спроекувати конструкції універсального верстату та інструментальних модулів та виконати необхідні конструкторські розрахунки.

Навести приклад виготовлення деталей з листового матеріалу зі допомогою спроектованого універсального верстату.

# **I. Конструкторський розділ**

## **1.1. Аналіз та огляд способів виробництва деталей з листового матеріалу**

Сучасне приладобудування має певні риси, спричинені зростанням темпів розвитку науки і техніки. Кількість виробів, що підлягають виготовленню збільшується, їх конструктивна і технологічна складність швидко зростає. Через швидке моральне старіння виробів зменшується період часу від запуску виробництва до повного зняття з нього. Через це виробництво дрібними та середніми партіями швидко розвивається, збільшуючи свою важливість. Зростають вимоги до систем виробництва в напрямку точності, дешевизни, екологічності та швидкості. Підвищуються питомі якість та надійність [2].

Під час виробництва найбільш яскраво виявляються протиріччя між потребами водночас підвищувати рівень та якість роботи, а також максимально скорочувати час виконання циклу. В сьогоденних умовах ефективність технологічної обробки виробів і виробництва все сильніше впливає на можливість рішення такого питання як створення виробів з питомим рівнем технологічних характеристик за найкоротший проміжок часу та при мінімальних витратах. При тому обробка та підготовка повинні чітко регламентуватися і систематично покращуватись. Для цього процедура обробки та технологічної підготовки протягом всього циклу життєдіяльності виробу повинна бути зафіксована у структурованому вигляді, а весь порядок організації, планування і керування, основні способи проведення робіт і виділені на них гроші повинні бути регламентовані відповідною технічною документацією [4].

### 1.1.1 Фрезерувальні верстати для обробки листового матеріалу

Найбільш ефективною технологією для виробництва приладів вважається технологія фрезерної різання, яка представляє собою механічну обробку твердих матеріалів ріжучим багатолезовим інструментом - фрезею. Сучасне фрезерно-гравірувальне обладнання забезпечується цілим набором необхідних для виконання робіт інструментів - фрезерів, дрилів, поворотних ножів, плазмових різаків і т.д. - і управляється спеціальною комп'ютерною програмою [5].

Головна перевага технології - можливість прямого і фігурного розкрою листових матеріалів практично будь-яких форматів.

Фрезерний верстат з ЧПК є одним з типових верстатів в машинобудуванні. Це популярна форма робіт з ЧПК, яка може виконувати багаторазові завдання свердління і точіння, раніше виконувані ручним способом[12].

Все більше промислових центрів звертаються до нових технологій у вигляді верстатів з числовим програмним управлінням. Ось чому варто знати основні масштаби роботи і основні переваги такого обладнання, як фрезерний верстат з ЧПК.

Фрезерні верстати з ЧПК (Числовим Програмним Керуванням) класифікуються за кількістю наявних у них осей. Осі позначені як X і Y для горизонтального і Z для вертикального переміщення. В основному, машина має чотири осі, але є і 5-осьові машини. Додаткова – 5 осей, має форму горизонтальної осі для фрезерної головки і забезпечує відмінну гнучкість обробки за допомогою фрези. (рис. 1.1).



Рисунок 1.1. Фрезерний верстат з ЧПК

Існує багато різних розмірів цих пристроїв в залежності від необхідності і місця використання, а також від матеріалів, які необхідно розрізати.

Також варто відзначити, що момент двигуна впливає на швидкість обробки матеріалів. Матеріали, які найлегше різати: пластмаса і дерево, а найважча – сталь, для якої потрібно більш жорсткий фрезерний верстат і більш тривалий час фрезерування. У даного методу обробки є деякі недоліки такі як дуже висока витрата матеріалу у порівнянні з іншими методами а також неможливість робити вирізи та отвори із кутами без скруглення [13].

Досить часто в ТП виготовлення деталей з листового матеріалу присутні операції фрезерування, які переважно застосовують для отримання фасонних поверхонь, або наприклад виготовлення барельєфів на декоративних виробах, а також для забезпечення компактного розміщення різноманітних механізмів таких як зубчасті елементи на поверхні платин (рис. 1.2).



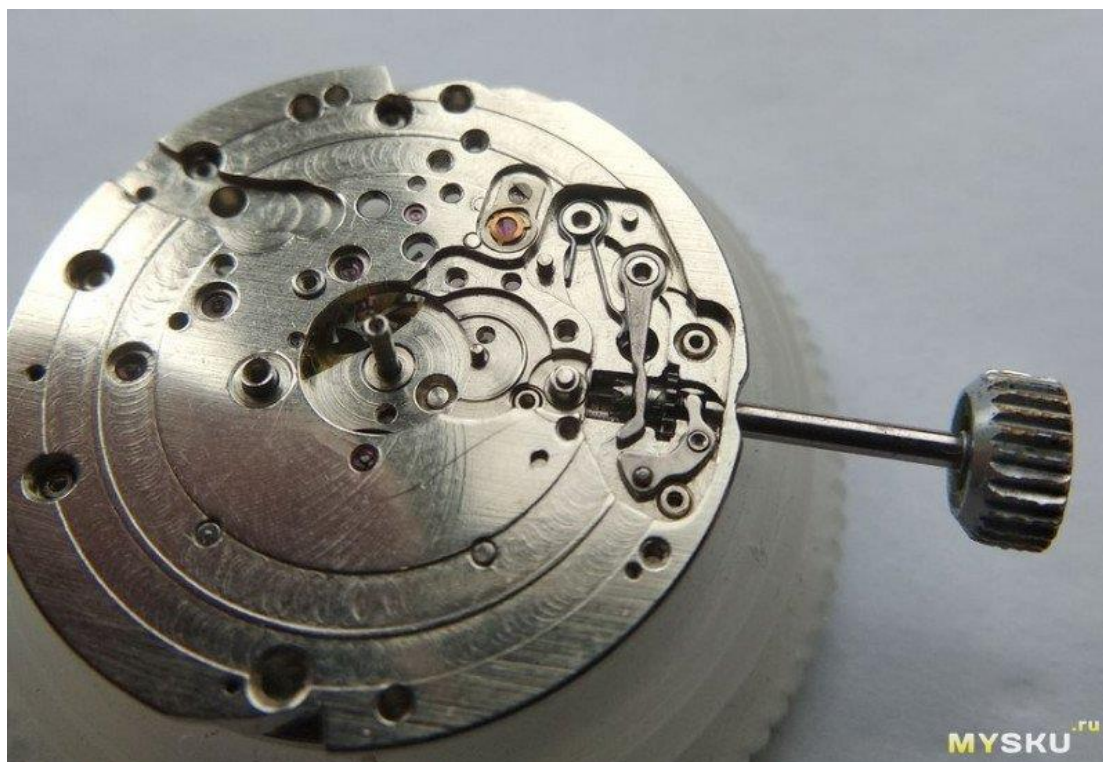


Рисунок 1.2. Механізм годинника виготовлений за допомогою верстату з ЧПК, фрезером

За допомогою фрезерувального обладнання ЧПК можна виготовити повністю готовий виріб потрібної форми з різними профілями кромки, виробити об'ємне фрезерування, виконати фрезерування на фасаді, фрезерування корпусу, глибоке фрезерування і навіть вирізати візерунки на камені.

### **1.1.2 Лазерна різка при обробці листового матеріалу**

Серед великої кількості технологій по обробці металу лазерна різка виділяється економічністю і продуктивністю. Ця технологія дозволяє не тільки з високою точністю виробляти вироби зі складним геометричним контуром, але і забезпечує високу швидкість виготовлення цих виробів (рис. 1.3).

При застосуванні лазерного різання метал піддається впливу ефектів відображення і поглинання випромінювання від лазера. Зміна габаритів і форми елементів при лазерній обробці досягається завдяки впливу двох результатів

випромінювання: плавлення і випаровування. Опис процесу полягає в наступному:

- **Лазерний промінь** впливає на залізо в певній точці.
- Спочатку елементи плавляться до оптимальної температури, потім починається процес плавки металу.
- У фазі плавлення виникають поглиблення.
- Вплив енергії випромінювання лазера призводить до 2 фази процесу - кипить і випаровується металеве речовина.

Серед недоліків лазерної різки є висока ціна інструменту, високі енерговитрати, небезпека для робітників при пошкодженні кришки чи направляючих і неможливість робити нескрізний виріз. Крім того, для ефективної роботи лазерні різачки потребують газового середовища, що ускладнює контроль інструменту під час роботи.

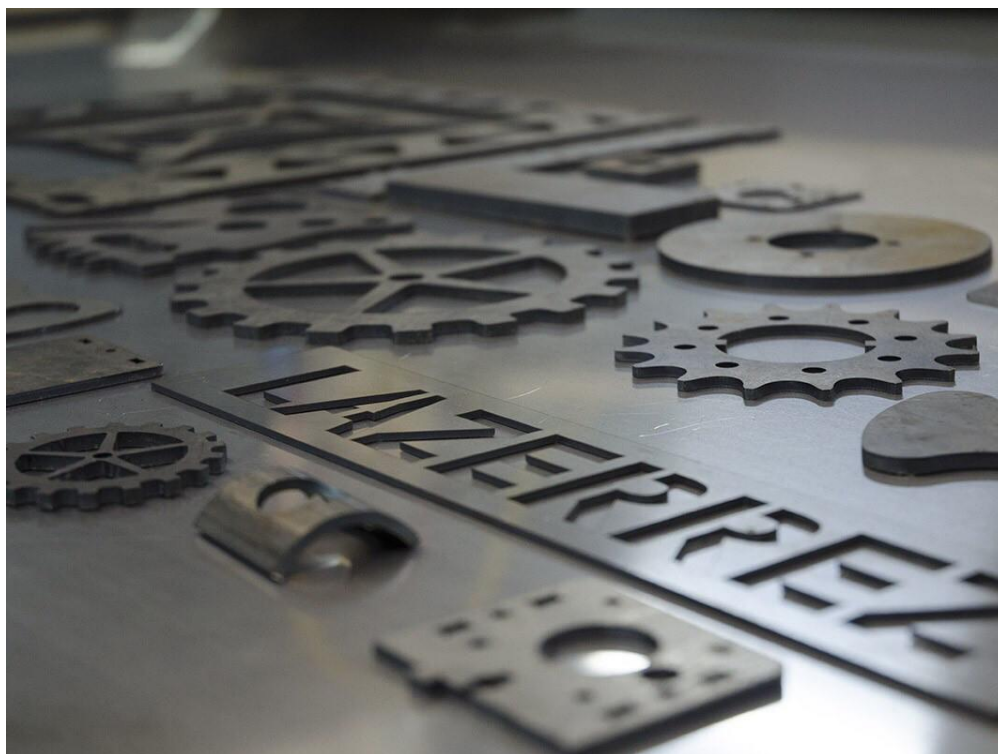


Рисунок 1.3. Приклади деталей вирізані за допомогою верстату з ЧПК лазером

### 1.1.3. Гідроабразивна різка листового матеріалу

Для цього процесу використовується рідина, змішана з абразивним піском. Вода подається під великим тиском. В результаті здійснюється різання. Метод прекрасно підходить для розрізання щільних матеріалів, таких як метал або камінь. Сфера її застосування обширна. Метод можна використовувати для різних металів, штучного і натурального каменю, керамічної плитки, скла, пластику, гуми. За допомогою спеціального гідроабразивного верстата, що має високу точність, можливо виконання операції з різання (рис.1.4).



Рисунок 1.4. Верстат для гідроабразивної різки листового матеріалу

Процес різання відбувається наступним чином:

1. У змішувач під тиском подається рідина зі спеціального резервуара.
2. У змішувач також подається і абразивний пісок.
3. Після того як вода і абразив змішуються, маса направляється в сопло для порізки металу.
4. На метал направляється тонка струмінь і він ріжеться.

Завдяки використанню цього принципу підвищується швидкість і якість обробки металу.

Використовуючи гідроабразивну різку, можна вирізати матеріал без змін його структури. Пояснюється це тим, що не було зони нагріву. Іншими словами, на поверхню не надається ніякого теплового впливу. Завдяки цьому можна створювати ідеально гострі кути, оригінальні скоси, наскрізні отвори великої товщини і різноманітні форми. Так що нагрівання відбувається мінімальний, то метал зберігає свої початкові властивості, і його структура зберігається.

Край деталі може бути різної якості. Він ділиться на 5 категорій: Q1 – Q. Перший варіант найгірший, останній найкращий. Якщо різання проводиться з низькою якістю, то зріз може виявитися хвилястим. Тому рекомендується вибір середньої і вищої категорії.

Проте у даного методу обробки є деякі вагомні недоліки:

- Поява конусності різку при великій товщині матеріалу
- Висока вартість верстату, що досягає 3 мільйонів гривень за одиницю
- Швидка витрата абразивного матеріалу
- Швидке зношення подаючого сопла

## **1.2 Плотери для виготовлення деталей**

Графобудівник, плоттер - пристрій для автоматичного креслення з великою точністю малюнків, схем, складних креслень, карт та іншої графічної інформації на широких форматах паперу а також із можливістю друку різними матеріалами.

Плоттери часто використовуються на виробництві або ж на фірмах, які займаються поліграфією. Тому як в домашніх умовах рідко потрібна широкоформатний друк, та й вартість подібного агрегату досить висока, не кажучи вже про його розмірах, які також не зовсім гармонійно вписуються в інтер'єр.

Існують рулонні і планшетні плоттери. Основна відмінність в тому, що в рулонному плоттері аркуш паперу кладеться не на всю поверхню пристрою, як в планшетному, а вільно звисає на підлогу, тобто вони більш компактні. Через це різняться і технологія друку і ціни на ці агрегати. Рулонний може собі дозволити купити маленьке поліграфічне підприємство, а планшетні використовують у великих масштабах на виробництві. Існує ще один вид плоттерів - ріжучий. Він призначений для того, щоб вирізати малюнки з різних матеріалів, таких як: папір, картон, тканину, пластик, плівка і т.д. Цей пристрій є незамінним для виготовлення елементів зовнішньої реклами і виробництва дизайнерських декоративних оздоблень а також для швидкого прототипування дрібних механізмів таких як годинник чи замок сейфу.

Сучасні плоттери класифікуються за такими конструктивними та функціональними ознаками:

- Спосіб виведення зображення: перові, струменеві, лазерні, електростатичні, сублімаційні, ріжучі;
- Можливості відтворення кольору: кольорові, монохромні та з функціями кольорового друку;
- Максимальний формат зображення (A 0, A 1, «рекламний»);
- Продуктивність (добова): базовий рівень (20 кв. м), середній (20-50 кв. м), високий (понад 50 кв. м). Цей критерій є головним чинником при визначенні вартості графопобудовника;
- Спосіб формування та виведення зображення креслення: векторне довільне електромеханічне сканування, растрове з використанням фізичних принципів (електростатика, електрографія, теплові процеси, тощо), мікрофільм-плоттери;
- Швидкість друку чи переміщення паперу;
- Вид носія та спосіб його переміщення: рулоні (роликові), планшетні, барабанні, фрикційні.

Також деякі плотери можуть не тільки виводити зображення на різні формати паперу, а і вирізати певні складні візерунки із тонкого матеріалу, що недоцільно робити за допомогою лазера (рис.1.5). В нашому випадку режим плотера- режим, в якому верстат може виконувати операції порізки тонких листових а також плівкових матеріалів за допомогою леза у тих місцях, де не доцільна робота лазерного інструментального модуля, а також може наносити креслення та виводити інші зображення на листовий матеріал.



Рисунок 1.5. Плотер з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу

В дипломному проекті було розроблено програмне функціональне розширення, на базі прошивки Marlin, що дозволяє розширити функціональні можливості використання спроектованого універсального верстату та інструментальних модулів. Його особливість полягає у можливості використанні електромагнітів для реалізації автоматизованої заміни інструментальних модулів під час технологічного процесу виготовлення деталей з листового матеріалу [26].

Фрагмент програмного коду функціонального розширення наведено в додатках до дипломного проекту.

### **1.3. Проектування структурної схеми універсального верстата з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу**

Розробка структурної схеми роботи обладнання є важливою частиною проектування автоматизованої системи виробництва і дозволяє зрозуміти ступінь автоматизації виробництва та необхідність підготовки додаткового обладнання. При виконання конструкторського розділу було розроблено структурну схему універсального верстату, візуалізація якої знаходиться у додатку ДП.ПБ7115.1702.002 СХ.

Після виконання креслення деталі файл відправляється у системи підготовки програми і у систему технологічної підготовки, що дозволяє водночас виконати велику кількість роботи, що зекономить час на виробництво. При проходженні системи підготовки програми створюється 3д модель що за допомогою відповідного програмного забезпечення перетворюється на G-code. Система керування виробничої ділянки відправляє деталі на певний верстат у певній кількості і після завантаження керуючої програми система пристроїв числового програмного керування виконує керуючі команди над заготовкою і відтворює необхідну деталь за допомогою G-code. Керуюча програма після виготовлення заготовки першим цільовим механізмом (необхідним інструментальним модулем) знімає інструмент з порталу і автоматично підключає

інший інструментальний модуль, після чого відбувається автоматичне калібрування робочого інструменту відносно робочої поверхні і продовжується робота над необхідною деталлю, що дозволяє мінімізувати людський ресурс при виконанні більшості операцій виготовлення деталей.

#### **1.4. Проектування електричної схеми універсального верстата з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу**

Розробка електричної схеми універсального верстата з ЧПК є одним з відповідальних етапів проектування обладнання. В дипломному проекті було запропоновано електричну схему, яка кресленником схеми наведена в додатках ДП ТА-7122.1702.003 СХ.

При роботі з ЧПК для подовшення життєвого часу крокових двигунів і їх драйверів використовуються датчики кінцевики, що зображені схематично у лівому верхньому куті схеми і підключаються послідовно до плати керування RAMPS 1.4, що є платою розширення для Arduino MEGA. Кінцеві датчики встановлюються в кінці робочої області верстату біля нульових координат по кожній осі і посилають сигнал на плату керування коли каретка певної осі доходить до 0 по певній координаті. При проході кареткою нульової координати активується сигнал стоп, що зупиняє рух двигунів і відкатує їх назад доки вони не досягнуть нульової координати. Драйвери крокових двигунів, що зображені внизу креслення мають паралельне підключення що дозволяє водночас контролювати струм що на них надходить на пряму під блоку живлення і направляється на крокові двигуни через плату керування. Струм на шпиндель і на лазер подається на пряму від блоку живлення, а плата керування лише контролює коли вмикати і вимикати інструментальні модулі.



## **1.5. Проектування конструкції універсального верстату з ЧПК для виготовлення деталей з листового матеріалу**

За допомогою ЧПК на верстатах листовому матеріалу можна надати різної форми та стилю, які будуть відповідати вимогам замовника. Матеріал можна зігнути, розрізати, розтягнути, пробити, просвердлити, сформувати будь-яку форму але дуже важливо на етапі проектування технології обрати оптимальний технологічний процес та необхідне обладнання [12,19].

При дослідженні методів виробництва заготовок з листових матеріалів було запропоновано та розроблено конструкцію універсального ЧПК верстату для роботи з листовими матеріалами. Його особливість полягає у можливості обробки матеріалу комплексно, за допомогою різних інструментальних модулів, а саме лазеру, фрезеру, а також можливості працювати в режимі плотера\* в одній керуючій програмі для ЧПК. Гнучкість верстату полягає в тому, що він має можливість використання одразу кількох інструментальних модулів що дозволяє позбутись недоліків верстатів із лише одним інструментом. Також даний верстатне потребує роботи оператора так як має можливість заміни інструментального модуля автоматично, за допомогою розширеної прошивки, розробленої на основі Marlin і системи електромагнітів.

Для полегшення загальної конструкції основний каркас верстату складається з екструдованих алюмінієвих профілей, розміри яких залежать від вимог до виробництва і мають мінімальний розмір 30x60мм. Для підсилення конструкції використовуються кронштейни, вирізані газовим лазером потужністю 120вт, зі сталі марки 45 ГОСТ 1050-60. В табл. 1.1. наведено основні фізичні характеристики алюмінієвих сплавів [1].

Таблиця 1.1. Фізичні характеристики алюмінієвих сплавів

Алюмінієві сплави													
Марка		Масова частка елементів, %											Густина, кг/дм <sup>3</sup>
ГОСТ	ISO 209-1-89	Кремній (Si)	Залізо (Fe)	Мідь (Cu)	Марганець (Mn)	Магній (Mg)	Хром (Cr)	Цинк (Zn)	Титан (Ti)	Іші		Алюміній не менш ніж	
										Кожен	Сума		
АД000	A199,8 1080A	0,15	0,15	0,03	0,02	0,02		0,06	0,02	0,02		99,8	2,7
АД001010	A199,7 1070A	0,2	0,25	0,03	0,03	0,03		0,07	0,03	0,03		99,7	2,7
АД00Е1010Е	EA199,7 1370	0,1	0,25	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04		Бор:0,02 Ванадій+титан:0,02	0,1	99,7	2,7

Всі кронштейни для каркасу конструкції верстату, а також ребра жорсткості для підсилення конструкції було запропоновано виготовити з сталі марки 45, хімічний склад якої наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Fe, %
0,45-0,5	0.17 – 0.37	0.5-0.8	0.04	0.25	0.25	~97

Дана сталь досить міцна і використовується у виробництві зубчастих коліс, валів, платин, та інших видів деталей, що мають витримувати сильні навантаження під час експлуатації. Механічні та фізичні властивості сталі 45 представлені у табл 1.3, 1.4.

Таблиця 1.3. Механічні властивості сталі 45

Режим термообробки	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	НВ $10^{-1}$ , МПа
Нормалізація 860-880 °С. Відпуск 600-630 °С.	550	320	12	168-190

$\sigma_B$  – межа короточасної міцності;

$\sigma_T$  – межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації);

$\delta$  – відносне подовження при розриві;

НВ – твердість по Брінеллю.

Таблиця 1.4. Фізичні властивості даної сталі наступні:

T, град	E $10^{-5}$ , МПа	$\alpha 10^6$ , 1/град	$\lambda$ , Вт/(м*град)	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	c, Дж/(кг*град)	R $10^9$ , Ом*м
20	2	-	-	7826	-	-
100	-	-	26	-	708	-

T – температура отримання даних властивостей;

E – модуль пружності першого роду;

$\alpha$  - коефіцієнт температурного (лінійного) розширення;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу);

$\rho$  – щільність матеріалу;

c – питома теплоємність матеріалу;

R – питомий опір.

Виходячи з вищевказаних параметрів, сталь марки 45 ГОСТ 1050-88 є може забезпечити жорстке з'єднання елементів верстату, що дозволить конструкції виконувати складні операції такі як фрезерування сталі з великою подачею і високою швидкістю. На рис. 1.6. представлено спроектовану конструкцію універсального верстату з ЧПК для обробки листового матеріалу. Загальний вигляд універсального верстату та інструментальних модулів наведено в додатках відповідно складальні кресленники ДП ПБ-7122.1702.001 СК, ДП ПБ-7122.1702.004 СК, ДП ПБ-7122.1702.005 СК, ДП ПБ-7122.1702.006 СК.

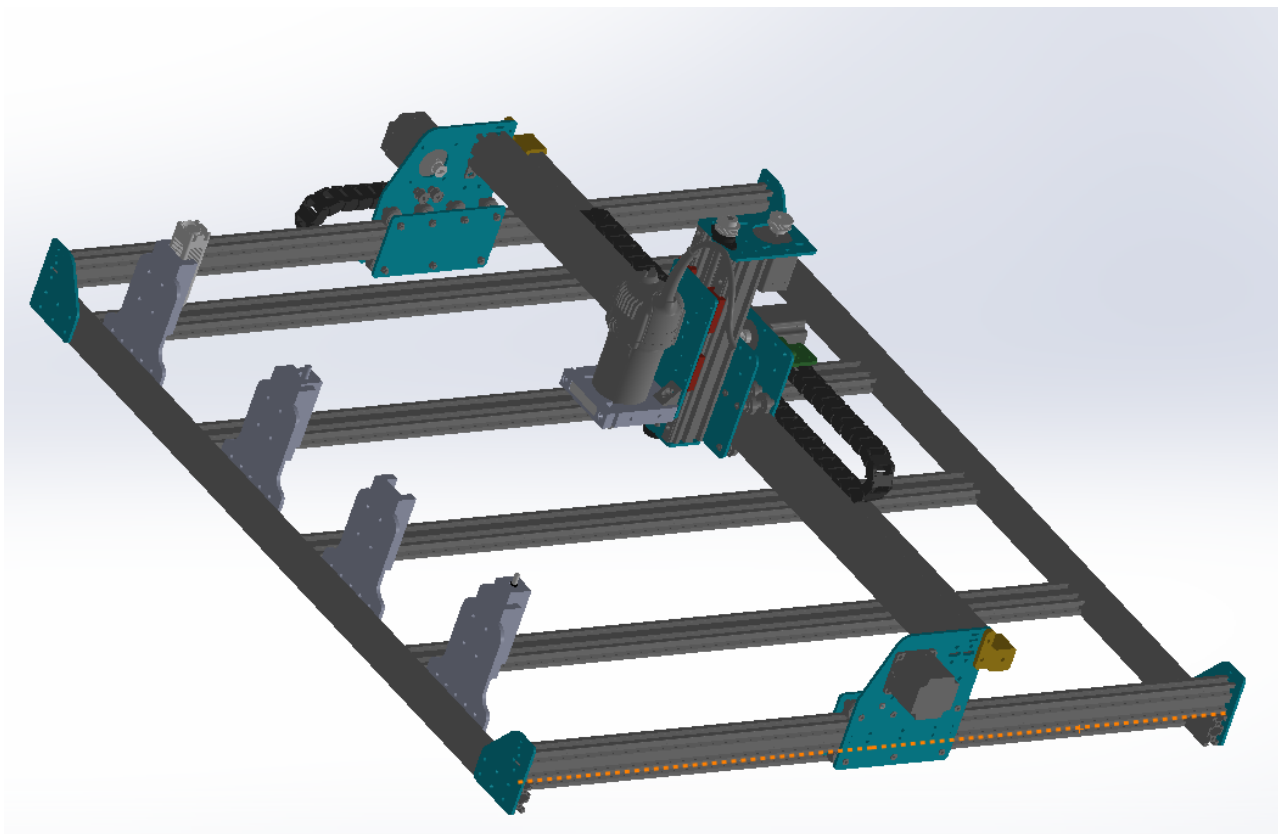


Рисунок 1.6. 3д модель універсального верстату

Осі X та Y конструкції універсального верстату рухаються за рахунок зубчастих ременів gm2-12. Для передачі використовуються шківів під вісь 5мм діаметром 10мм. Дана конструкція забезпечує достатньо високу точність роботи і при тому має високу швидкість. Для доостатньої жорсткості з'єднань використовуються кронштейни зі сталі 45 товщиною від 4мм. Каретка осі Y тримається на бовтах m5x60-m5x100 в залежності від вимог до жорсткості станини і рухається на колесах 24мм типу V. Високу швидкість роботи і потужність при обробці важких матеріалів забезпечують 2 двигуни типу NEMA23.

Вісь X рухається аналогічним способом але для більшої жорсткості підсилена двома екструдованими профілями. За станиною встановлено кабельний канал, що забезпечує більш зручну та безпечну роботу з верстатом. Вісь Z заснована на профілі 60x120 або 3-х профілях 30x60. Рух каретки забезпечується

двигуном NEMA 23, що ремінним кільцем 12x200 передає обертання на гвинтовий вал, а роль направляючих в ній грають два вали діаметром 8мм вздовж яких рухаються 4 лінійних підшипники. Каретка оснащена потужним електромагнітом 48в 30кг, що надійно тримає інструментальний модуль навіть при сильних навантаженнях вздовж осі X. Додаткові інструментальні модулі тримаються на станині в середині каркасу але поза межами робочої області верстату що забезпечує швидку заміну інструменту під час виконання програми без потреби в участі людини. Додаткові інструментальні модулі тримаються на значно менш потужних електромагнітах для економії енергії та зменшення вимог до блоку живлення.

## **1.6. Вибір та обґрунтування елементної бази складових універсального верстату**

### **1.6.1. Розрахунок необхідної потужності крокових двигунів**

Кроковий двигун це синхронний мотор без щіток з декількома обмотками з проволочи. Електричний струм подається в одну з обмоток статора (нерухомого елемента) і таким чином фіксує ротор (рухому частину) в певній позиції. Потім струм надходить в іншу обмотку і ротор починає новий рух. Така послідовна зміна позиції називається «крок»[12].

На сьогоднішній день розрізняють три основних типи крокових двигунів:

Слід зазначити, що мікрокрок можливий тільки в гібридних КД. Кожен мікрокрок здійснюється за допомогою незалежного управління обмотками. За допомогою управління співвідношенням струмів ротор може фіксуватися навіть на проміжній ділянці між двома сусідніми кроками. Це підвищує плавність обертання рухомого елемента і дозволяє досягти оптимальної точності позиціонування. Кількість кроків в цьому режимі може досягати навіть 51 200 за один оборот.

В залежності від типу обмоток, КД поділяють на:

біполярні- Вони мають по одній обмотці для кожної фази. Зміна напрямку магнітного поля в них забезпечується за допомогою зміни полюса драйвером - двохполярним напівмостовим або мостовим;

уніполярні- Такий кроковий двигун також має по одній обмотці в кожній з фаз, але при цьому від середини будь-якої окремої обмотки робиться відведення. Таким чином напрямок поля можна змінювати за допомогою перемикання використовуваної половинки обмотки. Драйвер повинен містити лише чотири ключа, так що він простіше, ніж в біполярному двигуні.

Крокові двигуни мають наступні характеристики:

Крутний момент або момент обертання. Вимірюється в кілограм-сила-сантиметрах. Часто до цього пункту додається графік, в якому виражається залежність обертового моменту від частоти обертання. Чим вище цей показник, тим швидше мотор набирає обертів при включенні. Стримуючий момент показує, з якою силою статор може блокувати ротор, коли двигун увімкнений, але не запущено. Тобто це параметр крутного моменту при нульовій швидкості. За графіком він знижується прямопропорційно підвищенню швидкості обертання. Вимірюється цей показник в унціях-на-дюйм. Утримує момент в міру, зазначеної виробником, мотор може продемонструвати лише в статичному режимі, за умови, що повний струм подається відразу в дві фази.

Важливою характеристикою є номінальна напруга, цей показник залежить безпосередньо від індуктивності обмоток і дозволяє визначити оптимальну напругу, яку слід подавати на двигун. Найкраще напруга, відповідно КД знаходиться в діапазоні від 4 до 25 значень від номінального. При перевищенні силу поданого струму, то двигун буде перегріватися, що призведе до його поломки. А якщо напруги буде недостатньо, то він просто не запуститься. Ця характеристика вказується в Вольтах. Для обчислення оптимальної сили струму використовується спеціальна формула  $U = 32 \times \sqrt{L}$ , де L- це індуктивність обмотки, а U - шукане значення. Момент інерції рухомої частини мотора.

Визначає швидкість розгону ШД. Дана величина вимірюється в грам-квадратних сантиметрах. Кількість кроків за один оберт (враховуються тільки повні кроки, половинчасті значення не беруться до уваги). Чим більше кроків, тим потужніший, швидший і точніший двигун. При вазі порталу в 3.5кг разом з віссю Z. Для універсального верстату, що розроблюється в даному дипломному проекті було запропоновано кроковий двигун типу NEMA23 (рис. 1.7).

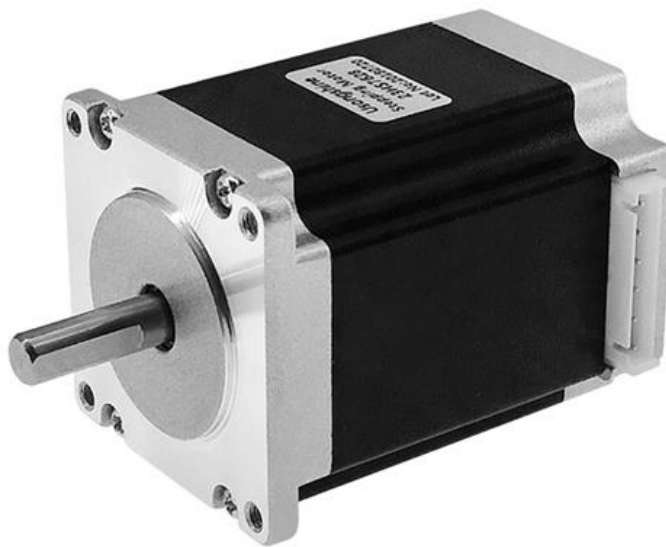


Рис 1.7. Кроковий двигун типу NEMA23

Розрахуємо необхідний момент і кількість кроків на один оберт для обраного крокового двигуна.

$$F = m \cdot a$$

При необхідності прискорення  $5 \text{ m/s}^2$ ;

$$F = 3.5 \text{ кг} \cdot 0.5 = 1.75 \text{ Н}, \text{ де Н - це Ньютон (1 Н = 1 кг} \cdot \text{ м/с}^2\text{)};$$

$$1.75 + 10 \text{ кг (сила фрезерування необхідна при обробці сталі 45)} = 101.75 \text{ Н}$$

При редукції 1:5 і шківі діаметром 20мм необхідним параметрам потужності в усіх потрібних діапазонах швидкостей підходить кроковий двигун із обертальним моментом в 2.35Н.

При даних параметрах швидкість переміщення становитиме  $20\text{мм} \cdot \pi / 5 = 12.5\text{мм}$ .

Питома дискретність переміщень 0.01мм, відповідно двигуну необхідно  $12.5/0.01 = 1250$  кроків на оберт.

При необхідній швидкості переміщення порталу в  $6000\text{мм/хв} = 100\text{мм/сек}$   
 $100 / 12.5 = 8$  об. / сек

$8$  об. / сек \*  $1250$  кр. / об. =  $10\text{кГц}$  – частота кроків.

В результаті розрахунків отримали значення в 1250 кроків на оберт валу двигуна, обертальний момент 2.35Н а також частоту обертання в 10 кГц. Обраний двигун повинен відповідати як мінімум даним характеристикам для ефективної роботи верстату але і не повинен суттєво їх перевищити для збереження прийнятної ціни компонента. Для даного універсального верстату було обрано крокові двигуни типу NEMA23 відповідають вимогам і можуть бути використані у даному верстаті. Отже, можемо зробити висновок, що для поставленого завдання обраний кроковий двигун типу NEMA23 задовольняє поставлені вимоги.

### **1.6.2. Джерело живлення**

Блок живлення для універсального верстату з ЧПК визначається за сумою потужності всіх елементів верстату помножених на коефіцієнт 1.2 для запобігання вигорання блоку живлення. Для збірки було вирішено обрати імпульсний блок живлення S-500-48, що понижає вхідну напругу з 220 вольт на вихідну 48 вольт, має вихідну потужність 500вт і срібний сертифікат якості, що свідчить про те, що втрата фактичної потужності не перевищує 10%. Даний блок живлення має струм 10А і клас захисту IP20 і відповідно, може забезпечити надійну і стабільну роботу універсального верстату з ЧПК для обробки листового матеріалу.



### **1.6.3. Вибір драйверів крокових двигунів**

Оскільки основними характеристиками драйверів крокових двигунів є максимальний струм, що подається на двигун і кількість мікрокроків, що бувають від 1/2 до 1/16, і впливають на точність роботи двигунів з малою кількістю кроків на оберт, то головним параметром буде струм. Оскільки номінальний струм у обраного крокового двигуна складає 5А, то для наявності запасу на складні моменти при виготовленні деталей було вирішено обрати драйвер DM556 DC із струмом 5.6А.

## **1.7. Схема автоматизованої заміни активного інструментального модуля**

В дипломному проєкті була розроблена схема автоматизованої заміни інструментальних модулів під час виконання операцій технологічного процесу виготовлення деталей типу платини.

Схема автоматизованої заміни активного інструментального модуля представлена в додатках ДП.ПБ7115.1702.007СХ.

## **1.8. Опис спроектованих пристосувань**

В дипломному проєкті було спроектовано пристосування лещата, яке представлено в додатку ДП.ПБ7115.1702.011 СК.

Це машинні лещата з ексцентриковими затискачами та знімною губкою. ГОСТ 18237-72. Дане пристосування використовується для швидкого затискання деталей при фрезерних та свердлильних роботах і зазвичай використовується для масового виробництва. Спочатку рухома губка підноситься до деталі, а потім деталь закріплюється за допомогою ексцентрикового механізму [15].

- Корпус та рухома губка виготовлені з високоякісних чавунних відливок.

- Циліндричні направляючі, ексцентричний механізм, ручка, закалені та шліфовані.

- Запасні губки закалено та відполіровано.

Також було спроектовано пристосування для контролю, загальний кресленник якого представлено у додатку ДП.ПБ7115.1702.012 СК.

Спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для контролю паралельності поверхонь деталі [17,20].

Принцип роботи пристрою наступний. Контрольована деталь встановлюється і кріпиться за допомогою семи штифтів.

Використовуючи вказаний вище індикатор, ми можемо виміряти паралельність поверхонь деталі.

У даній конструкції регулюється вертикальний рух за рахунок індикаторної стійки і горизонтальних рух за допомогою направляючої платформи на яку встановлюється деталь. Це значно підвищує універсальність даної конструкції. Це робить його багаторазовим, а також може використовуватись при зміні розміру та форми заготовки та підвищує зручність експлуатації. Все це дає можливість суттєво зменшити грошові витрати на підготовку до виробництва нової продукції.

За допомогою нижнього індикатора рухомої ручки ми можемо визначити розмір деталі, а також проконтролювати паралельність поверхонь.

## **1.9. Розрахунок гнучкої виробничої системи**

Швидкий розвиток інформатики та мікропроцесорної техніки підняло на принципово новий рівень вирішення багатьох завдань управління технологічними та виробничими процесами. Тенденція переходу до автоматизованого виробництва торкнулася багато сфер господарства, в тому числі і приладобудування. В основі автоматизації процесів лежить часткове або повне відсторонення людини від безпосередньої участі у виробничому процесі [18]. В

сучасних умовах прогресивним може бути тільки таке виробництво, яке здатне враховувати зміну попиту замовників і швидко переходить на випуск нової продукції. Розвиток автоматизації на ранніх етапах характеризувалося відсутністю мобільності, динамічності - створення жорстких автоматичних ліній, призначених для масового виробництва (термін окупності таких ліній становить не менше 8 - 10 років). Однак одиничне і дрібносерійне виробництво залишалися практично неавтоматизованими. Саме тому виникла принципово нова концепція автоматизованого виробництва - гнучкі виробничі системи (ГВС). Початковим етапом формування напрямку автоматизації цих типів виробництв можна вважати 60-ті роки, коли вперше було сформульовано поняття "гнучке виробництво". Під гнучкістю верстатної системи розуміють її здатність швидко перебудовуватися на обробку нових деталей в межах, визначених технічними можливостями обладнання та технологією обробки групи деталей. Високий ступінь гнучкості забезпечує більш повне задоволення вимог замовника, оперативний перехід до випуску нової продукції, збереження виправданого характеру дрібносерійного виробництва, автоматизацію технологічної підготовки виробництва на базі обчислювальної техніки, зниження витрат на незавершене виробництво.

Гнучке автоматизоване виробництво мусить мати наступні ознаки:

1. Гнучкість стану системи, тобто здатність добре функціонувати при різних зовнішніх (поява нового асортименту виробів, зміна технології та ін.) і внутрішніх (збої в системі управління верстатами, відхилення в часі і якості обробки і т.д.) зміни;
2. Гнучкість дії, тобто забезпечення можливості легко включати в систему нові верстати та інструменти для збільшення її потужності в зв'язку зі збільшенням обсягу виробництва;
3. Гнучкість системи групування, тобто можливість розширення сімейства оброблюваних деталей;

4. Гнучкість технології, яка визначає здатність системи враховувати зміни в складі виконання технологічних операцій;
5. Гнучкість обладнання, яка характеризується здатністю системи впоратися з переналагодженнями в верстатах;
6. Гнучкість транспортної системи, що виражається в безперебійної і оптимальному завантаженні металорізального обладнання за певною, наперед заданої стратегії управління;
7. Гнучкість системи забезпечення інструментом;
8. Гнучкість системи управління, що забезпечує найбільш раціональне побудова маршрутів обробки і транспортних потоків з точки зору різних критеріїв;
9. Організаційна гнучкість виробництва, яка полягає в можливості простого і негайного переходу на обробку будь-якої з освоєних системою деталей [18].

Вхідні данні для розрахунку ГВС наведено в таблицях 1.5, 1.6.

Таблиця 1.5 Дані для розрахунку ГВС

№ деталей	К-кість за плановий період, шт	Трудомісткість операції, хв					
		1	2	3	4	5	
1	50		5	7	12	-	-
2	40		3	8	16	7	-
11	15		7	9	9	11	-
13	40		6	3	5	10	-
14	20		4	8	5	11	6

Таблиця 1.6

T, ч	A, м	B, м	C, м	Ндод, м	f	g	d, м	V <sub>x</sub> , м/хв	V <sub>y</sub> , м/хв	V <sub>ох</sub> , м/хв
24	0,6	0,5	0,8	5	0,35	0,5	5	50	12	40

Визначимо кількість деталей N, які повинні бути оброблені в системі за плановий період T. Для спрощення транспортних операцій організуємо роботу ГВС за принципом «верстат-склад-верстат» (Це означає, що кожна деталь при обробці по кожній операції вводиться через склад). Тоді число деталей N, оброблюваних в системі дорівнює:

$$N = 50 + 40 + 15 + 40 + 20 = 165 \text{ шт.}$$

Визначимо загальну кількість деталейоперацій N<sub>заг.</sub>: де N<sub>i</sub> - кількість деталей і-го найменування; W - число операцій при виготовленні деталі і-го найменування; N - кількість типів різних деталей

$$N_{\text{заг}} = 50 \cdot 3 + 40 \cdot 4 + 15 \cdot 4 + 40 \cdot 4 + 20 \cdot 5 = 630 \text{ шт.}$$

Визначимо загальні трудовитрати Q<sub>заг</sub> по обробці N<sub>заг</sub> деталейоперацій за плановий період T = 24 години:

Де Q<sub>j</sub> - трудомісткість однієї операції (j = 1, ... W<sub>j</sub>) деталі N<sub>i</sub>.

$$Q_{\text{заг}} = 50 \cdot (5 + 7 + 12) + 40 \cdot (3 + 8 + 16 + 7) + 15 \cdot (7 + 9 + 9 + 11) + 40 \cdot (6 + 3 + 5 + 10) + 20 \cdot (4 + 8 + 5 + 11 + 6) = 1200 + 1360 + 540 + 960 + 680 = 4740 \text{ хв}$$

Визначимо середню трудомісткість s виконання однієї деталейоперації:

$$S = 4740 : 630 = 7,52 \text{ хв}$$

Визначимо середній інтервал a надходження деталей на верстат (середній час між запитами на обслуговування):

де T - плановий період виготовлення деталей.

$$a = 24 \cdot 60 \cdot 0,9 : 630 = 2,06 \text{ хв.}$$

Визначимо загальну кількість гнучких модулів  $m$ :

У формулі приймається найближче ціле число з надлишком.

$$m = 4740 : (0,9 \cdot 24 \cdot 60) = 3,66$$

Приймаємо 4 модуля.

Визначимо коефіцієнт завантаження  $u$  одного ГВМ (Гнучкого виробничого модуля):

$$u = 7,52 : (4 \cdot 2,06) = 0,91$$

Визначимо необхідну кількість накопичувачів  $k$ :

$$k = (0,91 \cdot 0,91) : (1 - 0,91) = 0,8284 : 0,09 = 9,205$$

Приймаємо 10 накопичувачів.

Проаналізуємо отримані результати: отримана ГВС, в яку входять 4 гнучких виробничих модулів і 10 столів накопичувачів. Дана ГВС може обробляти задану номенклатуру деталей за 24 години при коефіцієнті завантаження кожного модуля  $u = 0,91$ , середньому часу обробки однієї деталі  $S = 7,52$  хв і середньому інтервалі між надходженнями деталі  $a = 2,06$  хв. Велике число столів-накопичувачів пояснюється тим, що коефіцієнт завантаження ГВМ дуже високий, і практично в будь-який момент надходження деталі в систему жоден ГВМ не вільний від обробки. Крім того, забезпечити таке високе значення і технічно складно з міркувань надійності. Реально досяжні значення  $u$  лежать в межах  $0,8 < u < 0,9$ .

Оскільки ні  $a$ , ні  $s$  змінити не можна, тому що вони задані оброблюваної номенклатурою і плановим періодом, змінити  $u$  можна тільки, додавши в ГВС ще один ГВМ. Прийmemo  $m = 5$ . Перерахуємо коефіцієнт завантаження ГВМ і кількість накопичувачів:

$$u = 7,52 : (5 \cdot 2,06) = 0,73;$$

тоді кількість накопичувачів вийде рівним

$$k = 0,73 \cdot 0,73 : (1 - 0,73) = 0,5329 : 0,27 = 1,97$$

Приймаємо 2 накопичувача.

Таким чином, ДГВС включає в себе 5 ГВМ і 2 столи-накопичувача. За 24 години вона обробляє 630 деталеоперацій загальної трудомісткістю 4740 хвилин при середньому коефіцієнті завантаження модуля 0,73, середньому часу обробки однієї деталнооперації 7,52 хвилин, середньому інтервалі часу між деталеоперацій в системі 2,06 хвилин.

Розрахунок складу і транспортних засобів для ГВС

Розрахунок місткості і розмірів складу

Розрахунок місткості складу проводимо для загального обсягу надходжень

$R = N_{\text{заг}} = 630$  деталеоперацій за формулами:

$$S_{\text{заг}} = S_0 + S_{\text{роб}},$$

де  $S_0$  - страховий запас;

$S_{\text{роб}}$  - робочий об'єм.

Під страховим запасом  $S_0$  мається на увазі запас деталей, що забезпечує з певною ймовірністю безперервну роботу ГВС між двома надходженнями деталей на склад. Величина  $S_0$  визначається за формулою.

де  $R$  - загальний обсяг споживання (і надходження) деталей;

$z$  - кількість надходжень на склад (може приймати тільки цілі значення);

$f$  - ймовірність виникнення дефіциту (тобто ситуації, при якій склад не зможе забезпечити подачу деталей в ГВС).

Очевидно, що при  $f = 1$  (стовідсоткова ймовірність дефіциту)  $S_0 = 0$ , тобто страховий запас відсутній і система працювати не зможе. При  $f = 0$   $S_0 = R$ , тобто величина складу дорівнює загальному обсягу надходження. В цьому випадку склад ніколи не буде використано повністю.

Загальна попередня ємність складу  $S_{\text{заг}}$  визначається за формулою

де  $g$  - ймовірність переповнення складу.

При  $g = 1$  склад вмещуватиме тільки страховий запас і найменше відхилення від часу поставки призведе або до переповнення складу, або до дефіциту деталей.

При  $z = 1$  загальна попередня ємність складу  $S_{общ}$  дорівнює страховому запасу  $S_0$ . У формулах і значення  $S_0$  і  $S_{общ}$  округлюються до найближчого більшого цілого значення.

Оскільки в вихідних даних кількість надходжень  $z$  деталей на склад не задано, самостійно задаємося значеннями  $z = 1, 2, 4, 6, 8$  і проводимо розрахунки для кожного  $z$ . На підставі розрахунків вибираємо найбільш підходящий варіант.

Нехай кількість надходжень на склад  $z = 1$ . Поставляємо вихідні числові дані в формули:

страховий запас  $S_0$ :

Округлюємо  $S_0$  до 508

загальна попередня ємність складу:

кількість поверхів  $K_e$ :

де  $H_{доп}$  - максимально допустима висота складського приміщення;

$$K_e = 5: (1,1 \cdot 0,5) - 1 = 8,09$$

В даному випадку можна округлити  $K_e$  до 8.

кількість осередків по довжині складу  $K$ :

$$K = 508 : 8 = 63,5$$

Округлюємо до 64.

висота складу  $H$ :

$$H = 8 \cdot 1,1 \cdot 0,5 = 4,4 \text{ м}$$

довжина складу  $L$ :

$$L = 64 \cdot 1,1 \cdot 0,6 = 42,24 \text{ м} \sim 42,3 \text{ м}$$

уточнене кількість осередків  $S_{заг}$ :

$$S_{заг} = 8 \cdot 64 = 512$$

Варіанти розрахунку для різних кількостей  $z$  надходжень деталей в склад за плановий період  $T = 24$  год введені в таблицю 1.7:



Таблиця 1.7.

Z			So, шт	Sзаг, шт	Кэ, поверх	К, шт	Н, м	L, м	Sзаг, шт
1	0,806	0,707	508	508	8	64	4,4	42,3	512
2	0,769	0,541	243	414	8	52	4,4	34,4	416
4	0,48	0,399	76	265	8	34	4,4	22,5	272
6	0,35	0,288	37	189	8	24	4,4	15,9	192
8	0,252	0,206	20	134	8	17	4,4	11,3	136

Розрахунок витрат часу на транспортування деталей

Розрахунок витрат часу на транспортування деталей по ГВС здійснюємо за формулами:

- час транспортування однієї деталі
- сумарний час транспортування

де  $J_t.p.$  - число прийнятих транспортних робіт.

Розрахунок часу  $T_{ск}$  виконується за формулою

де  $T_{ху}$  - час, витрачений внутрішньоскладським транспортом при одночасному переміщенні по двох координатах;

$T_x, T_y$  - час, витрачений внутрішньоскладського транспортом при роздільному переміщенні по координатам (відповідно  $x$  або  $y$ );

$T_{дод}$  - час, витрачений на маніпуляції з деталлю (тарою, супутником) в осередку складу або на перевантажувальному столі.

При імовірнісному законі заповнення осередків складу середні часи пробігів транспортного робота визначаються в залежності від співвідношення висоти і довжини складу  $H$  і  $L$  і відповідних швидкостей переміщення робота  $V_y$  і  $V_x$ :

для  $H / L \leq V_y / V_x$

Для  $H / L > V_y / V_x$

Час  $T_{доп}$  можна прийняти для всіх варіантів приблизно рівним 10 секунд.

а) Спочатку визначимо витрати часу для транспортного складського робота. Транспортний складської робота здійснює вилучення деталі з осередку складу і передачу деталі на стіл-накопичувач, а також зворотна дія - транспортування деталі зі столу-накопичувача в осередок складу. Для зручності і простоти організації роботи складу беремо один складський робота. Для складського робота приймають  $T_e = 0$ .

Нехай кількість надходжень деталей на склад  $z = 1$ .

$$H/L = 4,4 : 42,3 = 0,104 \quad V_y/V_x = 12 : 50 = 0,24$$

Так як  $H/L < V_y/V_x$ , то розрахунок продовжуємо:

$$T_{xy} = (4,4 \cdot 4,4 \cdot 50) : (3 \cdot 42,3 \cdot 12 \cdot 12) = 968 : 18273,6 = 0,053 \text{ хв}$$

$$T_x = 42,3 : 50 = 0,846 \text{ хв}$$

$$T_y = 0$$

$$T_{ск} = 0,053 + 0,846 + 0,17 = 1,069 \text{ хв}$$

$$T_{тр} = 2 \cdot 1,069 = 2,138 \text{ хв}$$

Сумарний час транспортування всіх деталеоперацій, на один складський робота

$$T_{сум} = 2,138 \cdot 630 = 1346,94 \text{ хв} = 22,45 \text{ ч.}$$

$T_{сум}$  не повинно перевищувати  $0,8 \cdot T = 19,2$  ч. За результатами маємо  $22,45 >$

$19,2$ . При кількості надходжень деталей на склад  $z = 1$  транспортний Складський робота не справляється з обсягом робіт по складу. Аналогічні розрахунки виконуємо для  $z = 2, 4, 6, 8$  і результати зводимо в таблицю:

Z	$T_{xy}$ , хв	$T_x$ хв	$T_{ск}$ , хв	$T_{сум}$	0,8 T	Примітка
1	0,053	0,846	1,069	22,45	19,2	Незадов.
2	0,065	0,688	0,923	19,38	19,2	Незадов.
4	0,1	0,45	0,72	15,12	19,2	Задовільно
6	0,14	0,318	0,628	13,19	19,2	Задовільно
8	0,2	0,226	0,596	12,52	19,2	Задовільно

Як видно з таблиці, склади з  $z = 1, 2$ , з одним транспортним роботом працювати не можуть - робот не впорується навіть з об'ємом робіт по складу, хоча за швидкісними характеристиками він може бути достатньо потужним.

б) визначимо витрати часу і завантаження транспортного лінійного робота. Транспортний лінійний робот здійснює транспортування деталей зі столу-накопичувача до гнучких модулів (верстатів) на обробку і назад від модулів до столу-накопичувача (і далі на склад) після обробки. При первинному проектуванні ГВС беремо один транспортний лінійний робот. Якщо результати розрахунків будуть незадовільні, збільшимо кількість лінійних роботів.

Розрахунок завантаження транспортного лінійного робота залежить від співвідношення кількості ГВМ і накопичувачів і їх розташування в ГВС.

варіант №1: модулі  $m$  і накопичувачі  $k$  встановлені в одну лінію;

столи-накопичувачі гнучкі виробничі модулі перевантажувальний стіл лінійний робот склад складської робот

варіант №2: накопичувачі  $k$  введені до складу ГВМ і кількість накопичувачів збільшено до кількості модулів (в нашому випадку з 2-х до 5-ми); модулі встановлені в одну лінію;

столи-накопичувачі гнучкі виробничі модулі перевантажувальний стіл, склад, складської робот лінійний робот

варіант №3: накопичувачі  $k$  введені до складу ГВМ і кількість накопичувачів збільшено до кількості модулів (в нашому випадку з 2-ї до 5-ти); модулі встановлені в дві лінії; складської робот, перевантажувальний стіл гнучкі виробничі модулі, лінійний робот, склад, столи-накопичувачі.

варіант №4: накопичувачі введені до складу складу і не впливають на завантаження транспортного лінійного робота; модулі встановлені в одну лінію. склад, столи- лінійний робот, накопичувачі ГВМ.

Для транспортного лінійного складу час транспортування  $T_{тр}$  одно  $T_{тр} = 2 \cdot T_0$  так як для лінійного робота час  $T_{ск} = 0$ . Час транспортування від складу до прийомних столів ГВМ і навантаження на один лінійний робот визначається за формулами:

де  $L_{ср}$  - середня довжина пробігу лінійного робота;

$V_{ох}$  - швидкість лінійного робота.

Для прийнятої кількості ГВМ  $m$ , числа накопичувачів  $n$ , габаритах спорядженого супутника (тари)  $A \cdot B \cdot C$ , а також заданій відстані між прийомними столами ГВМ  $d$  можна записати.

де:  $q$  - кількість накопичувачів, розташованих поза ГВМ в одну лінію уздовж транспортного шляху ( $q \leq n$ );

$w$  - кількість ГВМ, розташованих уздовж транспортного шляху ( $w \leq n$ ).

Примітка: 1) довжина накопичувача дорівнює довжині тари  $A$ ;

2) введення накопичувача до складу модуля збільшує довжину модуля на половину довжини тари - на  $0,5 \cdot A$ .

Значення  $w$  і  $q$  вибираються відповідно до планувальними рішеннями ГВС.

Розрахуємо середню довжину ГВС (хід лінійного транспортного робота) для зазначених вище чотирьох варіантів:

варіант №1:  $q$  - кількість накопичувачів поза ГВМ,  $q = k = 2$ ;

$w$  - кількість ГВМ уздовж шляху проходження транспортного робота,  $w = m = 5$ ;

$$L_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (5 \cdot 5 + 2 \cdot 0,6 \cdot 1,2) = 13,22 \text{ м}$$

$$T_{\text{заг}} = 13,22 : 40 + 0,17 = 0,5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{сум}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 630 = 630 \text{ хв} = 10,5 \text{ год} < 0,8 T = 19,2 \text{ год}$$

варіант №2: накопичувачі введено до складу ГВМ,  $m = k = 5$ ; модулі встановлено в одну лінію

$$L_{\text{ср}} = 0,5 \cdot 5 \cdot (5 + 0,5 \cdot 0,6) = 13,25 \text{ м}$$

$$T_{\text{заг}} = 13,25 : 40 + 0,17 = 0,5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{сум}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 630 = 630 \text{ хв} = 10,5 \text{ ч} < 0,8 T = 19,2 \text{ ч}$$

варіант №3: накопичувачі введено до складу ГВМ,  $m = k = 5$ ; модулі встановлено в дві лінії

$$L_{\text{ср}} = 0,5 \cdot 3 \cdot (5 + 0,5 \cdot 0,6) = 7,95 \text{ м}$$

$$T_0 = 7,95 : 40 + 0,17 = 0,37 \text{ хв}$$

$$T_{\text{сум}} = 2 \cdot 0,37 \cdot 630 = 466,2 \text{ хв} = 7,77 \text{ ч} < 0,8 T = 19,2 \text{ год}$$

варіант №4: Накопичувачі в складі складу, модулі  $m = 5$  в одну лінію

$$L_{\text{ср}} = 0,5 \cdot 5 \cdot 5 = 12,5 \text{ м}$$

$$T_{\text{заг}} = 12,5 : 40 + 0,17 = 0,48 \text{ хв}$$

$$T_{\text{сум}} = 2 \cdot 0,48 \cdot 630 = 604,8 \text{ хв} = 10,08 \text{ ч} < 0,8 T = 19,2 \text{ год}$$

Як видно з розрахунків, лінійний робот впорається з роботою в усіх варіантах. Використання одного робота можливе для вирішення всіх транспортних задач для варіанту складу з  $z = 8$  і варіантом планування №3. В цьому випадку загальний час транспортування дорівнюватиме

$$T_{\text{тр}} = 12,52 + 7,77 = 20,29 \text{ год}$$

коефіцієнт завантаження в цьому випадку буде дорівнює

$$K_3 = T_{\text{тр}} : T = 20,29 : 24 = 0,845,$$

що значним чином перевищує досяжні значення.

Також можливі 3 варіанти складу і 4 варіанти виробничої ділянки. Вибір потрібного варіанту визначається конкретними виробничими умовами - наявністю вільних площ, можливістю забезпечення частою доставки на склад і т.п.

Вибираємо останній варіант складу з  $z = 8$  і третій варіант ділянки.

Остаточний варіант ГВС:

Задано деталеоперацій - 630;

Загальна трудомісткість - 4740 хв;

Плановий період - 24 год;

Гнучких модулів - 5

Стовпів-накопичувачів - з розрахунку 2, збільшено до 5

Склад - 136 комірок (8x17)

Середній час подачі деталеоперації 2,06 хв

Середній час обробки деталеоперації - 7,52 хв

Коефіцієнт завантаження модулів - 0,73

Число завантажень складу за плановий період - 8

Складської робот - 1, з коефіцієнтом завантаження  $12,52: 24 = 0,52$

Лінійний робот - 1, з коефіцієнтом завантаження  $7,77: 24 = 0,33$

Виконання технологічних операцій може бути як з індивідуальним, так і з груповим застосуванням ПР. Індивідуальне виконання операцій здійснюється одним універсальним або багатоцільовим ПР, навколо якого розміщуються різні транспортні, орієнтуючі, допоміжні пристрої і механізми. Робота такого ГВМ організовується і контролюється багатопрограмних пристроїв з ЧПК (для кожного пристрою своя програма), яке додатково виконує функції адаптивного управління. При груповому використанні кілька спеціалізованих і багатоцільових ПР, що виконують певні технологічні операції, об'єднуються разом з допоміжним обладнанням в ГАД (Гнучка Автоматизована Дільниця) із закінченим технологічним процесом.

Розрахунки ГВС є важливою частиною підготовки виробництва і використовуються при плануванні ГАД та закупівлі обладнання, що дозволяє заощадити кошти на підготовці виробництва і визначити максимально ефективну схему для конкретного типу виробництва.

### **Висновки до розділу**

В конструкторському розділі було розглянуто та проаналізовано всі основні сучасні методи виробництва деталей та механізмів з листового матеріалу, проаналізовано їх ефективність, недоліки та переваги.

Було спроектовано структурну та електричну схеми універсального верстату, розроблено його конструкцію, виконано вибір елементної бази, розраховано його питому потужність та спроектована схема автоматизованої заміни активного інструментального модуля під час технологічного процесу.

Також було розроблено 3д модель верстату, складальний кресленник інструментальних модулів і розраховано необхідні для конструкції двигуни.

Для забезпечення гнучкості та розширення функціональних можливостей використання спроектованого універсального верстату та інструментальних модулів в дипломному проекті було розроблено програмне функціональне розширення, на базі прошивки Marlin, особливість якого базується у можливості використанні електромагнітів для реалізації автоматизованої заміни інструментальних модулів під час технологічного процесу виготовлення деталей з листового матеріалу

# **Технологічний розділ**



## **2.1. Проектування технологічного процесу складання універсального верстату з ЧПК верстату**

Проектування технологічного процесу складання виробу повинна здійснюватися відповідно до останніх досягнень науки і техніки, на основі наявного типового або групового технологічного процесу. При їх відсутності ТП повинен розроблятися на основі використання найбільш прогресивних рішень, викладених в діючих ТП складання аналогічних виробів.

На послідовність виконання збірки впливають: конструкція, маса і розміри виробу, що збирається і його складових частин; тип виробництва і програма випуску виробів; функціональна взаємозв'язок елементів виробу і ступінь їх взаємозамінності; точність складання і методи її досягнення; ступінь розчленованості виробу на окремі вузли; умови монтажу силових і кінематичних передач; число і елементів, що легко пошкоджуються та ін. [22].

### **2.1.1. Проектування схеми ступенів складання універсального верстату**

Створенню технологічного процесу складання передують розробка схеми ступенів складання та технологічної схеми складання, які є підготовчим етапом у проектуванні всього технологічного процесу складання.

Структурна схема складання виробу отримується на основі аналізу конструкторської документації і технічних умов. Вона є першим етапом на шляху створення технологій складання і розробляється при конструюванні приладу конструктором.

Вибір розчленовується на окремі елементи – складальні одиниці та деталі. Залежно від складності ці елементи за ступенями схеми складання [22].

До складу верстату входить 55 найменувань деталей (Додаток Б. Специфікація) або 669 одиниць. Основні складальні одиниці з яких складається виріб: Станина СК, Вісь Х СК, Вісь Z СК, Лазер СК, Фрезер СК, Стрижень СК та Лезо СК а також закупні готові складальні одиниці: блок живлення, друкована плата керування і плата розширення, крокові двигуни, кріпильні елементи і

драйвери керування кроковими двигунами. ССС складання верстату наведено у додатку (ДП ПБ7115.1702.008 СХ).

### 2.1.2 Проектування технологічної схеми складання

При проектуванні технологічної схеми складання необхідно визначити конструктивні та складальні елементи виробу та їх взаємний зв'язок. Схематичне зображення взаємного зв'язку конструктивних або складальних елементів виробів називають відповідно схемами конструктивного і складального складів виробів. Вибір і визначення послідовності складання залежать в основному від конструкції виробу, що збирається і ступеня диференціації складальних робіт. Послідовність введення деталей і складальних одиниць в процесі складання виробу визначає і порядок їх попереднього комплектування [23].

В даному дипломному проєкті універсальний верстат збирають наступним чином: профіль V-Slot 30x60 поз. 25 встановлюють згідно креслення, контролюючи їх перпендикулярність. В 4 Кронштейни бічний поз. 4 встановлюють бовти м4 x 10 поз.28 і наживлюють на них Т-гайки М4 поз.27 під паз 6мм, після чого встановлюють кронштейни в пази профілей і загвинчують. В пази тримачів для запасного інструменту поз. 14 встановлюються електромагніти 3В 5к0г поз.16 після чого тримачі кріпляться до кронштейнів запасного інструменту поз.15 на бовти м4x8. В кронштейни запасного інструменту закладаються бовти М4x10 на які наживлюються Т-гайки М4. Кронштейни з внутрішньої сторони переднього профіля встановлюється на станину і фіксуються Т-гайками М4 на станині, після чого на нього встановлюється Лазер СК, Лезо СК, Стрижень СК і Фрезер СК. На Кронштейн каретки осі Z встановлюються бовти м5x80 на які встановлюються ексцентрики під вісь 5мм поз 32, проставки 6мм під вісь 5мм поз. 48, колеса типу V поз. 48 після чого повторюються останні 2 операції. Після чого в Кронштейн каретки осі X внутрішній. Встановлюються гвинти м4x10 і на них наживлюються гайки м4. Кронштейн каретки осі X внутрішній кріпиться

до профіля V-slot, фіксуючись Т-гайками м4 в пазі 6мм. Кронштейн каретки осі X зовнішній поз.7 встановлюється на бовти м5х60 і фіксується гайками м5 поз. 40 і гайками стопорними м5 поз. 39. Вал гвинтовий 8мм змащується мастилом після чого на нього накручується ходова гайка поз.42, на яку в свою чергу встановлюється ходовий корпус осі Z поз. 12, кріплячись на бовти м4х8 поз. 29. На бовти м5х10 встановлюється тримач інструменту поз. 14, на який за допомогою кутків на гвинти м4х8 кріпиться електромагніт 48В 30кг поз. 13. На електромагніт за допомогою шпильок м4х12 поз.52 встановлюється тримач інструменту поз. 14. На кронштейн осі Z верх поз.10 і кронштейн осі Zнижній поз. 9 встановлюються демпфера з підшипниками поз.45 після чого кронштейни встановлюються на профіль осі та пригвинчуються бовтами м5х10. Бовтами М4х10 та гайкамиМ4 демпфера з підшипниками кріпляться до осі. На вали 8мм поз 43 встановлюються лінійні підшипники під вал 8мм поз. 44 після чого вали встановлюються в демпфери з підшипниками і фіксуються. Лінійні підшипники під вал 8мм кріпляться на кронштейн каретки осі Z на бовти м4х12. Крокові двигуни типу NEMA 23 кріпляться до кронштейнів на бовти М5х30 поз.30 на гайки м5поз.40. Шків 12мм 40 зуб. Під вал 5мм встановлюється на двигун осі Z і фіксується. Шків 12мм 20 зуб. Під вісь 5 мм кріпляться на кронштейн каретки осі X зовн. І кроковий двигун осі X. На гвинтовий вал встановлюється шків 12мм під вісь 8мм і фіксується після чого на шківі осі Z натягується ремінь кільцевий grm2-12 200мм. На кронштейн каретки осі X зовн. Встановлюються бовти м5х60 після чого на них встановлюються ексцентрики під вісь 5мм і проставки 6мм під вал 5мм, колеса типу V24мм, після чого повторити останні 2 пункти. У відповідні пази встановлюються крокові двигуни NEMA 23 і кріпляться на бовти м5х30.Кронштейни встановлюються на профіль станини, після чого на бовти встановлюється кронштейн внутр. Осі X і фіксується на гайки м5 і стопорні гайки м5. Вісь Z СК встановлюється на 2 профілі v-slot 30х60, після чого профілі встановлюються на кронштейни гвинтами м5х20. Конструкція встановлюється на

станину, після чого на шківні натягуються ремені GRM2 12 довжиною 1250мм і фіксуються на кронштейнах бічних і кронштейнах осі X. На кронштейні зовнішні осі X встановлюють тримачі профіля 20x20 поз. 49, що кріпиться на гайки м4 поз. 28 та бовти м4x10. Після цього в конструкцію впресовують профіль v-slot 20x20. Н профіль 20x20 за рахунок бовтів м4 та т-гайок встановлюється кабельний канал тримач зовн. Та кабельний канал тримач внутр. Поз 2 і 3. Після цього елементи ланцюга кабельного каналу поз. 4 з'єднуються між собою послідовно і фіксуються на тримачах. Після збору верстату обирається довільний інструментальний модуль і запускається процес калібрування верстату відносно робочої поверхні. Верстат універсальний готовий до роботи.

ТСС складання верстату наведено у додатку (ДП ПБ7115.1702.009 СХ).

## **2.2. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі типу платини**

Наведемо приклад виготовлення деталей типу платини за допомогою спроектованого універсального верстату та інструментальних модулів (рис 2.1). Для цього спроектуємо технологічний процес виготовлення деталі та виконаємо всі необхідні технологічні розрахунки [13,21].

### **2.2.1. Відпрацювання на технологічність деталі платина**

Технологічністю конструкції виробу називають сукупність властивостей конструкції виробу, що дозволяють оптимізувати витрати праці, засобів, матеріалів та часу при підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті у порівнянні з відповідними показниками інших конструкцій виробів однакового призначення при збереженні показників якості і умов виготовлення, експлуатації та ремонті [14,24].

Досягнення такої мети здійснюють у процесі відпрацювання конструкції виробу на технологічність, який починається на самих ранніх етапах конструкторської підготовки виробництва.

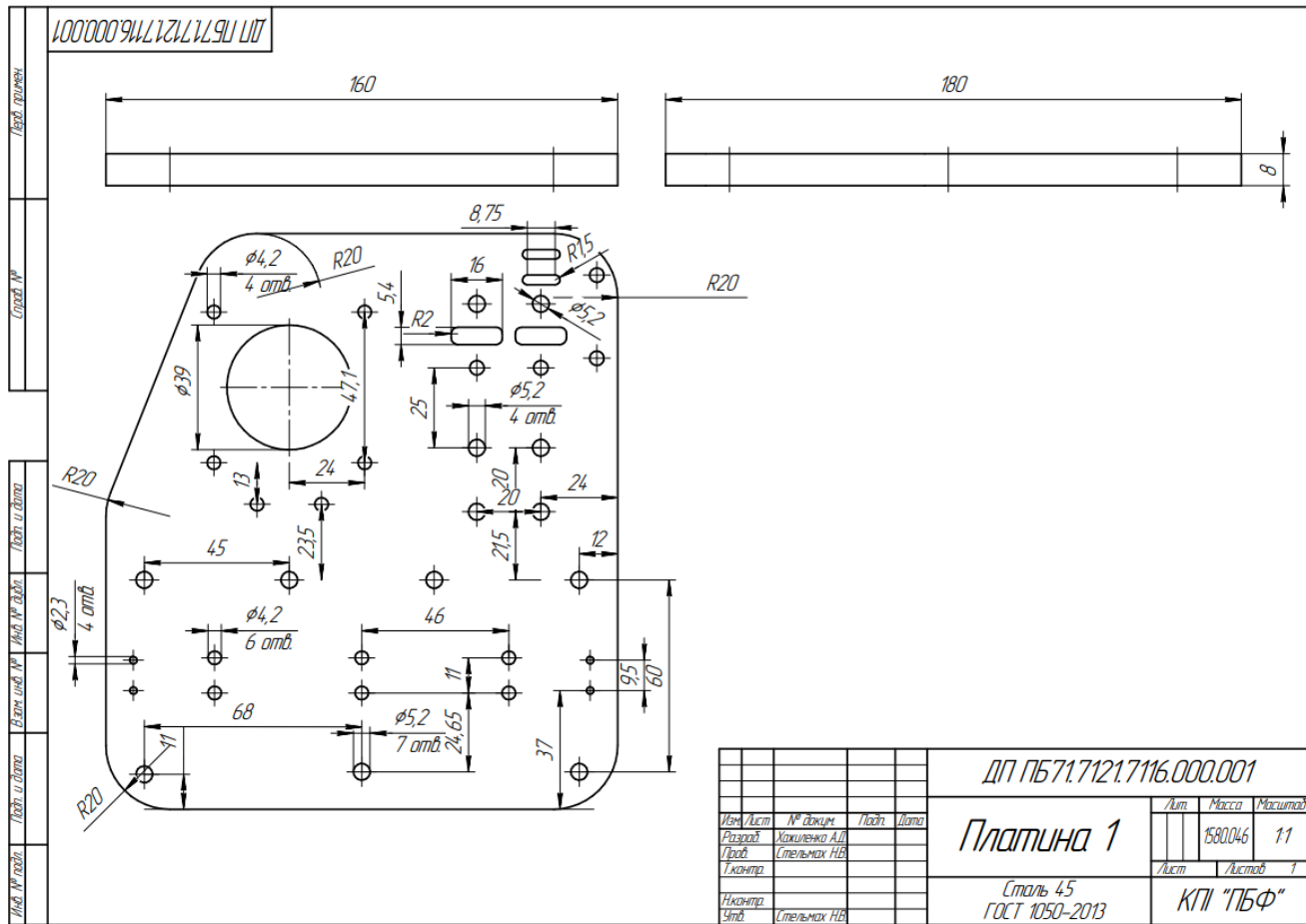


Рис. 2.1 Деталь платина

Конструкція виробу вважається технологічною, якщо конструктивне рішення просте, зручне у виготовленні, збірці та експлуатації; елементи конструкції по можливості уніфіковані і стандартизовані; максимально використані типові, групові і прогресивні технологічні процеси [16,9]. Найбільш значимими показниками технологічності є економічно вигідне обмеження – мінімальні витрати трудових і матеріальних ресурсів; можливість скорочення термінів виготовлення й освоєння виробу в виробництві; використання типорозмірів матеріалів;

#### 1) Коефіцієнт використання матеріалу

Коефіцієнт використання матеріалу це одна з характеристик виробничого процесу. Він являє собою кількість матеріалу (обсяг або масу) в готовому виробі

поділеній на загальну кількість матеріалу, який пішов на виготовлення виробу. Даний коефіцієнт зі зрозумілих причин не може бути більшим за одиницю, втім, і одиниці він практично ніколи не дорівнює. Розраховується за формулою:

$$k_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}}$$

де:

$m_{\text{д}}$  – маса деталі;

$m_{\text{з}}$  – маса заготовки (Фрезерування)

В нашому випадку маса деталі 1580.046 г., а маса заготовки 1910.688 г.

$$k_{\text{вм}} = \frac{1580.046 \text{ г}}{1910.688 \text{ г}} = 0,8269$$

### 2) Коефіцієнт точності обробки

Розраховується за формулою:

$$k_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}$$

де: А – середній клас шорсткості;

$$A_{\text{ср}} = \frac{7 \cdot 1 + 14 \cdot 10}{11} = 13,36$$

Тоді:

$$k_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{13,36} = 0,925$$

### 3) Коефіцієнт шорсткості

Розраховується за формулою:

$$k_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}}$$

Де  $B_{\text{ср}}$  – середній умовний показник шорсткості

Тоді:

$$B_{\text{cp}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 10 \cdot 8}{11} = 7,328$$

тоді:

$$k_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{7,328} = 0,8635$$

#### 4) Комплексний показник технологічності

Комплексний показник технологічності, що виражений середнім арифметичним або середнім значенням, з врахуванням економічної еквівалентності прийнятих часних показників і відповідаючи вимогам наглядності виразу технологічності виробу. Розраховується за формулою:

$$K = k_{\text{вм}} \cdot k_1 + k_{\text{т}} \cdot k_2 + k_{\text{ш}} \cdot k_3$$

Якщо  $K < 0,5$ , то деталь не технологічна, а якщо  $1 > K > 0,5$ , то технологічна.

Оберемо значення  $k_1, k_2, k_3$  для даної деталі, щоб в сумі було 1:

$$k_1 = 0,3 \quad k_2 = 0,35 \quad k_3 = 0,35$$

$$K = 0,8269 \cdot 0,3 + 0,925 \cdot 0,35 + 0,8635 \cdot 0,35 = 0,874$$

$$K > 0,5$$

Отже, дана деталь є технологічною, тому допускається до виробництва.

#### Розрахунок коефіцієнту використаного матеріалу:

$$k_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_3}$$

$$m_3 = \rho \cdot V$$

$$V = 202,57 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$\rho = 7,8 \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$$

$$m_3 = 202.57 \cdot 7,8$$

$$m_3 = 1910.688(\text{г})$$

$$m_{\text{д}} = 1580.046(\text{г})$$

$$k_{\text{вм}} = \frac{1580.046}{1910.688} \quad k_{\text{вм}} = 0,827$$

Собівартість заготовок, що виготовляють таким способом як фрезерування достатньою для курсового та дипломного проектування точністю можна визначити за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left( \left( \frac{C_i}{1000} \right) \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\text{П}} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}$$

Де:  $C$  - базова вартість 1 т заготовок, грн

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{\text{П}}$  - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок,

$Q$  - маса заготовки,

$q$  - маса готової деталі.

Наведемо приклад спроектованого технологічного процесу для деталі Платина

1.[19]

005 ВІДРІЗНА (FANUC)

1. Встановити, закріпити заготовку.
2. Відрізати паралелепіпед, витримуючи розмір  $a+4$ ,  $b+4$ ,  $c+4$ , за допомогою циклу чорнкової обробки G94.

Інструмент – Фреза  $\varnothing D$ .

3. Зняти заготовку.

010 ФРЕЗЕРУВАЛЬНА (FANUC)

1. Встановити, закріпити заготовку;

Закріплення – Лещата.



2. Фрезерувати поверхні 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 залишивши 1 мм для чистової обробки, за допомогою циклу контурної поперечної чорнової обробки G72 з компенсацією інструменту праворуч за допомогою команди G42;  
Інструмент – Фреза ØD.
3. Фрезерувати поверхні 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 на необхідну глибину за допомогою циклу контурної чистової обробки G70.
4. Переустановити заготовку;  
Закріплення – Лещата.
5. Фрезерувати поверхні 2, 9 залишивши 1 мм для чистової обробки, за допомогою циклу контурної поперечної чорнової обробки G72 з компенсацією інструменту праворуч за допомогою команди G42;  
Інструмент – Фреза ØD.
6. Фрезерувати поверхні 2, 9 на необхідну глибину за допомогою циклу контурної чистової обробки G70.
7. Зняти заготовку.

#### 015 СВЕРДЛИЛЬНА (FANUC)

1. Установити, закріпити заготовку;  
Закріплення – Лещата.
2. Свердлити наскрізні отвори діаметром  $D1$ , за допомогою циклу переривчастого свердління G83;  
Інструмент – Свердло ØD1 .
3. Зупинити роботу командою G4;
4. Замінити інструмент на свердло діаметром  $D2$
5. Свердлити наскрізні отвори діаметром  $D2$ , за допомогою циклу переривчастого свердління G83;  
Інструмент – Свердло ØD2 .
6. Зупинити роботу командою G4;
7. Замінити інструмент на свердло діаметром  $D3$

8. Свердлими наскрізні отвори діаметром  $D3$ , за допомогою циклу переривчастого свердління G83;  
Інструмент – Свердло  $\text{Ø}D3$ .
9. Зупинити роботу командою G4;
10. Замінити інструмент на свердло діаметром  $D4$
11. Свердлими наскрізні отвори діаметром  $D4$ , за допомогою циклу переривчастого свердління G83;  
Інструмент – Свердло  $\text{Ø}D4$ .
12. Зупинити роботу командою G4;
13. Замінити інструмент на фрезу діаметром  $D5$
14. Свердлими наскрізні отвори діаметром  $D5$ , за допомогою циклу переривчастого свердління G83;  
Інструмент – Свердло  $\text{Ø}D5$ .
15. Зупинити роботу командою G4;
16. Замінити інструмент на фрезу діаметром  $D5$
17. Фрезерувати поверхні 39, 40 залишивши 0.5 мм для чистової обробки, за допомогою циклу контурної поперечної чорнової обробки G72 з компенсацією інструменту праворуч за допомогою команди G42;  
Інструмент – Фреза  $\text{Ø}D5$ .
18. Фрезерувати поверхні 39, 40 на необхідну глибину за допомогою циклу контурної чистової обробки G70  
Інструмент – Фреза  $\text{Ø}D5$

19. Зняти деталь

## 020 КОНТРОЛЬНА

1. Установити, закріпити деталь;  
Закріплення – контрольний стіл.
2. Контролювати необхідні параметри.
3. Зняти деталь.

Вибір обладнання та пристосувань для технологічного процесу виготовлення деталі табл 2.1 [15,17].

Таблиця 2.1. Обладнання для фрезерної обробки

Обрано універсальний верстат з такими технічними характеристиками:

Основні параметри	Модель
	Універсальний верстат
Робоча поверхня стола, мм	1000 x 1000
Найбільший хід стола, мм:	
Повздовжній	1000
Поперечний	1000
Вертикальний	350
Подача стола, мм/хв	
Повздовжня	35..980
Поперечна	25..765
Вертикальна	12..380
Частота обертання шпинделя, об/хв	65..1800
Потужність електродвигуна привода, кВт	2,5
ККД верстата за приводом	0,7

Таблиця 2.2. Обладнання для свердлильної операції

Обрано універсальний верстат, з такими технічними характеристиками:

Основні параметри	Модель
	Універсальний верстат
Робоча поверхня стола, мм	1000 x 1000
Найбільший хід шпинделя, мм:	350
Найбільший хід стола, мм:	

Вертикальний	350
Подача стола, мм/об	
Вертикальна	0,1 .. 1,6
Частота обертання шпинделя, об/хв	45..1800
Потужність електродвигуна привода, кВт	2,5
ККД верстата за приводом	0,8

Таблиця 2.3. Обладнання для шліфувальної операції

Обрано плоскошліфувальний верстат ЗБ722, з такими технічними характеристиками:

Основні параметри	Модель
	ЗБ722
Робоча поверхня стола, мм	1000 x 320
Розміри шліфувального круга,	325 .. 450
Найбільший хід бабки, мм:	
Повздовжній	400
Подача бабки, мм/хід	
Повздовжня	1 .. 30
Вертикальна	0,005 .. 0,1
Потужність електродвигуна привода, кВт	10
ККД верстата за приводом	0,8

Плоскошліфувальний верстат моделі ЗБ722 - верстат загального призначення з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем, призначений для шліфування площин різних деталей периферією круга (рис. 2.2). Станина має поздовжні направляючі, по яких зворотно поступально рухається робочий стіл. По вертикальних напрямних стійки переміщається шліфувальна бабка з шліфувальним кругом.



Рис 2.2. Плоскошліфовальний верстат 3Б722

### 2.2.2. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Припуском на механічне оброблення називається шар металу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі оброблення різанням, тобто зі зніманням стружки [6,7,8].

#### Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні

Розрахунок мінімального симетричного припуску

$$Z_{\min} = (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i) / 2$$

де

$R_{z_{i-1}}$  - висота нерівностей профілю (характеристика шорсткості поверхні), мкм;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, мкм;

$\rho$  - сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході, мкм;

$\varepsilon_i$  - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Фрезерування чорнове:

$$Z_{\min} = \left( 500 + 1200 + \sqrt{72.5^2 + 100^2} \right) = 1823.5162 \text{ мкм,}$$

Фрезерування напівчистове:

$$Z_{\min} = \left( 250 + 240 + \sqrt{58^2 + 50^2} \right) = 566,576 \text{ мкм,}$$

Фрезерування чистове:

$$Z_{\min} = \left( 125 + 120 + \sqrt{43.5 + 20^2} \right) = 292,877 \text{ мкм,}$$

Шліфування чорнове:

$$Z_{\min} = \left( 40 + 40 + \sqrt{29^2 + 30^2} \right) = 121,7252 \text{ мкм,}$$

Шліфування чистове:

$$Z_{\min} = \left( 15 + 15 + \sqrt{29^2 + 10^2} \right) = 60,75 \text{ мкм,}$$

Розрахунок проміжного розміру:

Мінімальний:

$$A_{\min}^n = A_{\min} + Z_{\min i}$$

де:  $A_{\min}^n$  – мінімальний розмір, який потрібно отримати, мм;

$A_{\min}$  – розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм;

Шліфування чорнове:

$$A_{\min}^n = 109.979 + 0.021 = 110.039 \text{ мм}$$

Фрезерування чистове:

$$A_{\min}^n = 110.039 + 0,084 = 110.161 \text{ мм}$$

Фрезерування напівчистове:

$$A_{\min}^n = 110.161 + 0.13 = 110.454 \text{ мм}$$

Фрезерування чорнове:

$$A_{\min}^n = 110.454 + 0,33 = 111.02 \text{ мм}$$

Заготівка:

$$A_{\min}^n = 111.02 + 0.84 = 112.844 \text{ мм}$$

Максимальний:

$$A_{\max}^n = A_{\min}^n + \delta,$$

де:

$A_{\max}^n$  - максимальний розмір який необхідно отримати,

$A_{\min}^n$  - мінімальний розмір даного переходу,

$\delta$  – допуск на даному переході.

Шліфування чистове:

$$A_{\max}^n = 109.979 + 0.1237 = 110.127 \text{ мм},$$

Шліфування чорнове:

$$A_{\max}^n = 110.0397 + 0,1677 = 110.1074 \text{ мм},$$

Фрезерування чистове:

$$A_{\max}^n = 110.1614 + 0.4929 = 110.7843 \text{ мм},$$

Фрезерування напівчистове:

$$A_{\max}^n = 110.4543 + 1.0766 = 111.8609 \text{ мм},$$

Фрезерування чорнове:

$$A_{\max}^n = 111.0209 + 3.0835 = 114.944 \text{ мм},$$

Заготівка:

$$A_{\max}^n = 114.561 + 3.869 = 118.430 \text{ мм}.$$

Максимальний припуск

$$Z_{\max i} = A_{\max i+1}^n - A_{\max i}^n$$

де:

$Z_{\max i}$  - максимальний припуск на механічну обробку, мм;

$A_{\max i+1}^n$  – максимальний проміжний розмір на попередній операції, мм

$A_{\max i}^n$  – максимальний проміжний розмір на даній операції, мм.

Фрезерування чорнове:

$$Z_{\max} = 114.944 - 112.844 = 2.1 \text{ мм},$$

Фрезерування напівчистове:

$$Z_{\max} = 111.8609 - 111.0209 = 0.84 \text{ мм},$$

Фрезерування чистове:

$$Z_{\max} = 110.7843 - 110.0209 = 0,33 \text{ мм},$$

Шліфування чорнове:

$$Z_{\max} = 110.2914 - 110.1614 = 0.13 \text{ мм},$$

Шліфування чистове:

$$Z_{\max} = 110.1237 - 110.0397 = 0.084 \text{ мм},$$

Перевірка

$$\delta_1 - \delta_n = 4.179 - 2.1 = 2.079$$

$$\sum Z_{\max} - \sum Z_{\min} = 4.9444 - 2.8654 = 2,475$$

Отже, розрахунки були проведено правильно.

Оскільки деталь фрезерується з двох сторін, то заготовка буде не

$$112 \begin{matrix} +1,278 \\ -1,222 \end{matrix}, \text{ а } 114 \begin{matrix} +2,556 \\ -2,444 \end{matrix}$$



Технол. перехід	Елементи припуску				Розр Припуску	Розр Розмір	Допуск $\delta$	Граничний допуск		Граничний припуск	
	$R_z$ <small><math>i-1</math></small>	$T_{i-1}$	$P_{i-1}$	$\epsilon_{i-1}$	$Z_{min}$	мм	мкм	max	min	max	min
Заготовка	50 0	120 0	72. 5	-	-	112,8 44	2,1	114,9 44	112,8 44	-	-
Фрезерування чорнове	25 0	240	58	10 0	1823.5 16	111,0 21	0.84	111,8 61	111,0 21	3,0 83	1,8 23
Фрезерування напівчистове	12 5	43. 5	26, 1	50	566.57 67	110,4 54	0.33	110,7 84	110,4 54	1,0 76	0,5 66
Фрезерування чорнове	40	29	17, 4	20	292.87 75	110,1 61	0,13	110,2 91	110,1 61	0,4 92	0,2 92
Шліфування чорнове	15	29	17, 4	30	121.72 53	110,0 39	0,084	110,1 23	110,0 39	0,1 67	0,1 21
Шліфування чистове	6, 3	-	-	10	60.675 77	109,9 79	0,021	110	109,9 79	0,1 23	0,0 61

## Розрахунок припусків для прорізу шириною 12 Н7

## Розрахунок мінімального симетричного припуску

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

де

$R_{zi-1}$  - висота нерівностей профілю (характеристика шорсткості поверхні), мкм;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, мкм;

$\rho$  - сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході, мкм;

$\varepsilon_i$  - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Розсвердлювання :

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{32^2 + 100^2}) = 2 \cdot 464,995 \text{ мкм}$$

Розгортання чорнове :

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{12^2 + 30^2}) = 2 \cdot 103,862 \text{ мкм.}$$

Розгортання чистове :

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{8^2 + 10^2}) = 2 \cdot 40,418 \text{ мкм.}$$

## Розрахунок проміжного розміру:

Максимальний:

$$A_{\max}^n = A_{\max} - 2 \cdot Z_{\min i}$$

де:  $A_{\min}^n$  - мінімальний розмір, який потрібно отримати, мм;

$A_{\min}$  - розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм;

Розгортання чорнове:

$$A_{\max}^n = 14,9856 - 0,048 = 14,9337 \text{ мм}$$

Розгортання чистове :

$$A_{\max}^n = 15,024 - 0,012 = 15,012 \text{ мм}$$

Розсвердлювання :

$$A_{\max}^n = 14,9337 - 0,12 = 14,8225 \text{ мм}$$

Заготівка:

$$A_{\max}^n = 14,8225 - 0,3 = 14,3615 \text{ мм.}$$

Мінімальний:

$$A_{\min}^n = A_{\max}^n - \delta,$$

де:

$A_{\max}^n$ - максимальний розмір який необхідно отримати,

$A_{\min}^n$ - мінімальний розмір даного переходу,

$\delta$  – допуск на даному переході.

Розгортання чистове:

$$A_{\min}^n = 15,024 - 0,012 = 15,012 \text{ мм,}$$

Розгортання чорнове:

$$A_{\min}^n = 15,012 - 0,0264 = 14,9856 \text{ мм,}$$

Розсвердлювання:

$$A_{\min}^n = 14,9337 - 0,1112 = 14,8226 \text{ мм,}$$

Заготівка:

$$A_{\min}^n = 14,8226 - 0,4610 = 14,3615 \text{ мм.}$$

Мінімальний симетричний припуск

$$2 \cdot Z_{\min i} = A_{\max i}^n - A_{\max i+1}^n$$

де:

$2Z_{\min}$  -симетричний максимальний припуск на механічну обробку , мкм;

$A_{\max i+1}^n$  – максимальний проміжний розмір на попередній операції, мм

$A_{\max i}^n$  – максимальний проміжний розмір на даній операції, мм.

Розсвердлювання

$$2 \cdot Z_{\min} = 14.3615 - 14.0615 = 0,3 \text{ мм},$$

Зенкерування:

$$2 \cdot Z_{\min} = 14.8226 - 14.702 = 0,4610 \text{ мм},$$

Розгортання чорнове:

$$2 \cdot Z_{\min} = 14.9337 - 14.8857 = 0,1112 \text{ мм},$$

Розгортання чистове:

$$2 \cdot Z_{\min} = 15.0264 - 15 = 0.0264 \text{ мм},$$

Перевірка

$$\delta_1 - \delta_n = 0,3 - 0,012 = 0.288$$

$$\sum 2 \cdot Z_{\min} - \sum 2 \cdot Z_{\max} = 0.9385 - 0.6505 = 0.288$$

Отже, розрахунки були проведено правильно.

Розмір заготовки буде  $108,2^{+0,311}_{-0,309}$

Таблиця 2.5.

Технол. перехід	Елементи припуску				Розр Припуску	Розр Розмір	Допуск $\delta$	Граничний допуск		Граничний припуск	
	$R_{z\ i-1}$	$T_{i-1}$	$P_{i-1}$	$\epsilon_{i-1}$				$2 Z_{\min}$	мм	мкм	max
Переходи	1	1									
Заготовка	160	20	14.4	-	-	14.36	0.3	1	1	-	-
Розсвердлювання	20	40	14.8	10	929,99	14.82	0.12	2	2	0,46	0.64

Розгорта ння чорнове	5	10	5.4	20	204,62 2	14.98 5	0.01 8	14.98 5	14.96 7	0,05 19	0,08 19
Розгорта ння чистове	3.2	-	-	10	85,612	15.01 2	0,01 2	15.01 2	12	0,02 64	0,03 24

### **Висновки до технологічного розділу**

В технологічному розділі дипломного проекту було спроектовано схеми ступенів складання універсального верстату, а також технологічну схему складання, було розраховано припуски на виготовлення двох різних деталей типу платина, створено їх 3д моделі і креслення. Було розроблено технологічну карту і маршрутну карту обробки деталі типу платина, розраховано коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки коефіцієнт шорсткості, а також розраховано можливий тип виробництва за допомогою даного верстату і виявлено, що з даних верстатів можуть забезпечити роботу і всі вимоги масового виробництва. Також було розраховано технологічність верстату і технологічність деталі типу платина на даному універсальному верстаті, в наслідок чого було виявлено, що деталь технологічна із високим коефіцієнтом і може використовуватись при виробництві.

## **Загальні висновки**

У даному дипломі бакалавра було виконано проектування автоматизованої системи для виготовлення деталей з листового матеріалу на базі створення конструкції універсального верстату з ЧПК, розробки його структурної схеми, вибір та обґрунтування необхідних інструментальних модулів для виконання різноманітних операцій з листовим матеріалом відповідно до технологічного процесу.

В конструкторському розділі було розглянуто та проаналізовано всі основні сучасні методи виробництва деталей та механізмів з листового матеріалу, проаналізовано їх ефективність, недоліки та переваги.

До недоліків фрезерувальних верстатів можна віднести неможливість вирізання гострих кутів в середині деталі, висока гучність роботи, розміри верстату, необхідність врахування діаметру інструменту, необхідність дуже точного калібрування при кожній заміні інструменту, велика кількість малопродатних до переробки відходів, а також обґрунтування вивантаження деталі при обробці великих обсягів матеріалу. До переваг відносяться його швидкість роботи, виключення людського фактору, економія матеріалу при фігурних різках, а також економія місця при великих обсягах робочої області.

До недоліків лазерної обробки відноситься високе споживання електроенергії, необхідність високої точності заготовки, необхідність калібровки фокусної відстані перед кожною роботою, небезпека роботи із обладнанням, а також неможливість виготовлення великих нескрізних отворів. До переваг відноситься висока точність роботи, висока швидкість, лазер не зношується як інші ріжучі інструменти, низьке тепловиділення і відсутність людського фактору.

До недоліків гідроабразивної різки відноситься першочергово його дороговизна і конусність різку при великій товщині матеріалу. Також нетривалий термін служби деяких дорогих комплектуючих частин, таких як сопла і повільне різання при тонкому листі матеріалу. До переваг же відноситься можливість

роботи одразу кількома ріжучими голівками, екологічність роботи, безпека, висока швидкість роботи у порівнянні з фрезерною обробкою, висока якість поверхні різку і можливість відтворювати контури будь-якої форми. А також гідроабразивна різка дозволяє вирізати будь-які матеріали, наприклад скло, кераміку і камінь.

У всіх вище перелічених методів обробки листового матеріалу є певні недоліки, яких можна позбутися шляхом комплексного використання всіх інструментів в одному верстаті, що дозволить зекономити як місце, так і гроші на обладнання, оскільки при дослідженні ринку було виявлено, що виключно на станину кожного верстату витрачається до 50 000 грн.

В дипломному проекті бакалавра було розроблено конструкцію універсального верстату, що спроможний в межах однієї програми без необхідності людської участі працювати різними інструментами, що дозволяє суттєво зекономити час та гроші. Для розробленої конструкції універсального верстату розраховано його питому потужність. Також було розроблено 3д модель верстату та складальний кресленник, кресленники інструментальних модулів і розраховано необхідні для конструкції двигуни та виконано підбір драйверів.

У технологічному розділі дипломного проекту було спроектовано схеми ступенів складання універсального верстату, а також технологічну схему складання, було спроектовано технологічний процес виготовлення двох різних деталей типу платини, розраховано припуски на обробку, створено їх 3д моделі і кресленники. Було розроблено маршрутну технологію у вигляді карт обробки деталі, розраховано коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки коефіцієнт шорсткості, а також спроектовані необхідні пристосування, а саме лещата та контрольний пристрій.

## Список використаних джерел

1. Технология металлов и других конструкционных материалов. Под ред. Н.П.Дубинина. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. - М.: Высшая школа, 1969. – 340 с.
2. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / О. У. Захаркін; Сумський держ. ун-т. — Суми: Видавництво СумДУ, 2004. — 98 с.
3. Антонов Н.Л. Основи сучасної організації виробництва./ Л.С. Морозова, Н.Л. Антонов/ Підручник. - М.: Видавництво «Справа і Сервіс», 2004. – 432 с.
4. Данилевский В. В. Технология машиностроения– 5-е изд./ В. В. Данилевский. – М.: Высш. шк. 1984. — 416 с.
5. Дальский А. М. Справочник технолога-машиностроителя том 1/ А. М. Дальский, А. Г Косилова. – М.:Машмнстроение-1 2003. – 944 с.
6. Косилова А. Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога./ А. Г. Косилова Р. К. Мещеряков, М.А. Калинин .–Машиностроение, 1976. –472 с.
7. Рядкевич Я.М Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: учеб.пособ. для машиностроит. спец. вузов/ Я.МРядкевич, В.А. Тимерядзев —М.:Высш. Шк.,2004. – 272 с.
8. Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных разме- ров: Учеб. пособие / В. Е. Авраменко, Ю.Ю. Терсков. Красноярск: ПИ СФУ, 2007. — 88 с.
9. Бабенко Э.Г. Расчет режимов резания при механической обработке металлов и сплавов./ Э.Г.Бабенко –.М.: Машиностроение, 1997 – 65 с.



10. Антонов Е.С. Нормативы режимов резания и времени на механическую обработку деталей на станках с программным управлением./ Е.С. Антонов, С.А. Ломоносов. - НИИТ, 1972–462 с.

11. Методические указания по оформлению технологической документации при выполнении курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей.– Курган: КМИ,1992.–36 с.

12. Ачеркана Н.С., Металлорежущие станки. В 2х томах./ Н. С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1965. – 320 с.

13. Мосталыгин Г.П. Проектирование технологических процессов обработки заготовок./Г.П. Мосталыгин, В.Н. Орлов – Свердловск: УПИ. 1991. — 112 с.

14. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів./ П.О Руденко – К.: Вища школа, 1993. — 414 с.

15. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции. Издание 3-е, перераб. и доп./ М. А. Ансеров. — М.: Машиностроение, 1975. –240 с.

16. Баграмов Л.Г. Расчет режимов резания при фрезеровании./ Л.Г. Баграмов, А.М. Колокатов. - МГАУ, 2000. — 40 с.

17. Байбурова Б. С. Прогрессивные средства контроля размеров в машиностроении./ Б.С. Байбурова, М.И. Кочнова, Д.Д. Малой.– Москва, 1960. – 341 с.

18. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. В 14 кн. Кн. 13. В.Н. Давыгора. ГПС для сборочных работ: Практ. пособие/ Под ред. Б.И. Черпакова. — М.: Высш. шк., 1989. — 110 с. 262.

19. Стельмах Н., Сапон С., Рижук Я. Вибір оптимального технологічного процесу на базі автоматизованої оцінки його техніко-економічних параметрів.

Технічні науки та технології. 2020. № 1 (19). С. 89-97. DOI:10.25140/2411-5363-2020-1(19)- 89-97.

20. Степанов Ю.С. Альбом контрольно-измерительных приспособлений./ Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Е. Щукин, А. С. –Москва: «Машиностроение», 1998. –184с.

21. Мастенко, І. В. Аналіз методів топологічної оптимізації при проектуванні елементів приладів / І. В. Мастенко, Н. В. Стельмах // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 109–111.

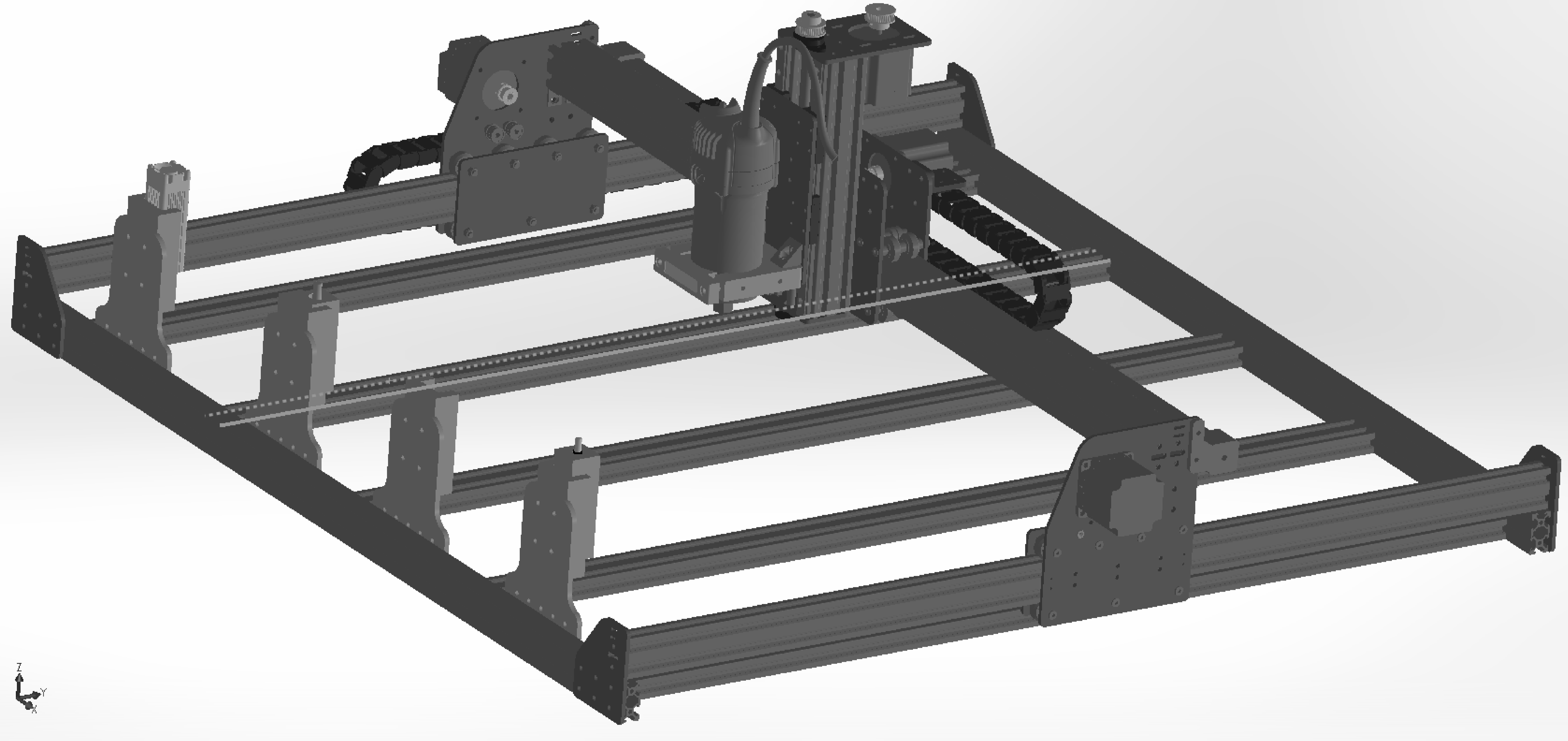
22. В.О.Румбешта Технологія складання та випробування приладів. – Київ 2013р.; с. 360

23. Grigory S. Tymchik, Nataliia V. Stelmakh, Anatoliy S. Vasyura, Waldemar Wójcik, Kuanysh Muslimov, "Automated generation of the design solution of the assembly in instrument engineering," Proc. SPIE 10808, 1080828 (1 October 2018).

24. Мастенко, И.В. Влияние плотности заполнения 3d печатных моделей на их прочностные характеристики / И.В. Мастенко, Н.В. Стельмах // Материалы МНТК Новые направления развития приборостроения. – БНТУ, Минск, 2019. – С. 138.

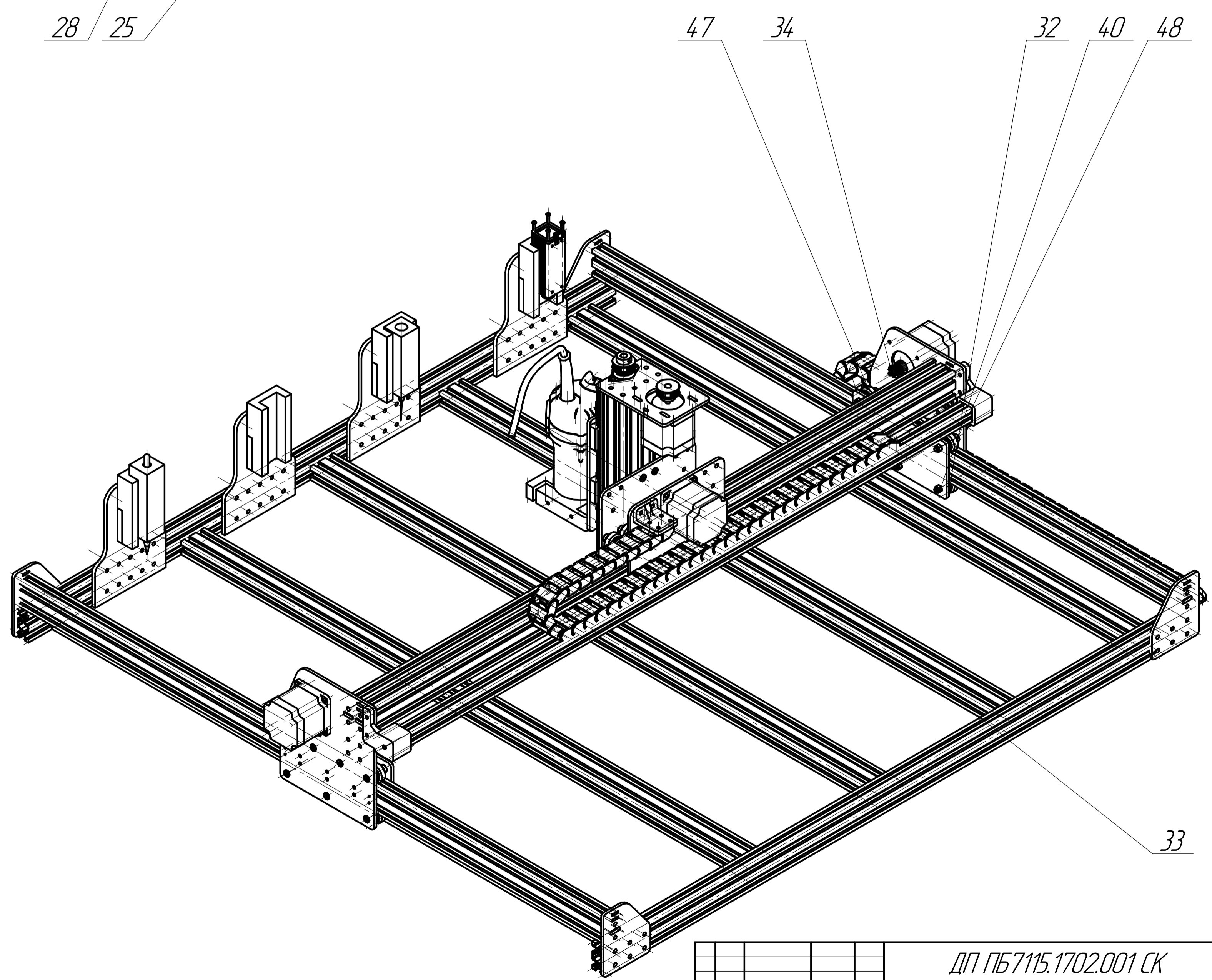
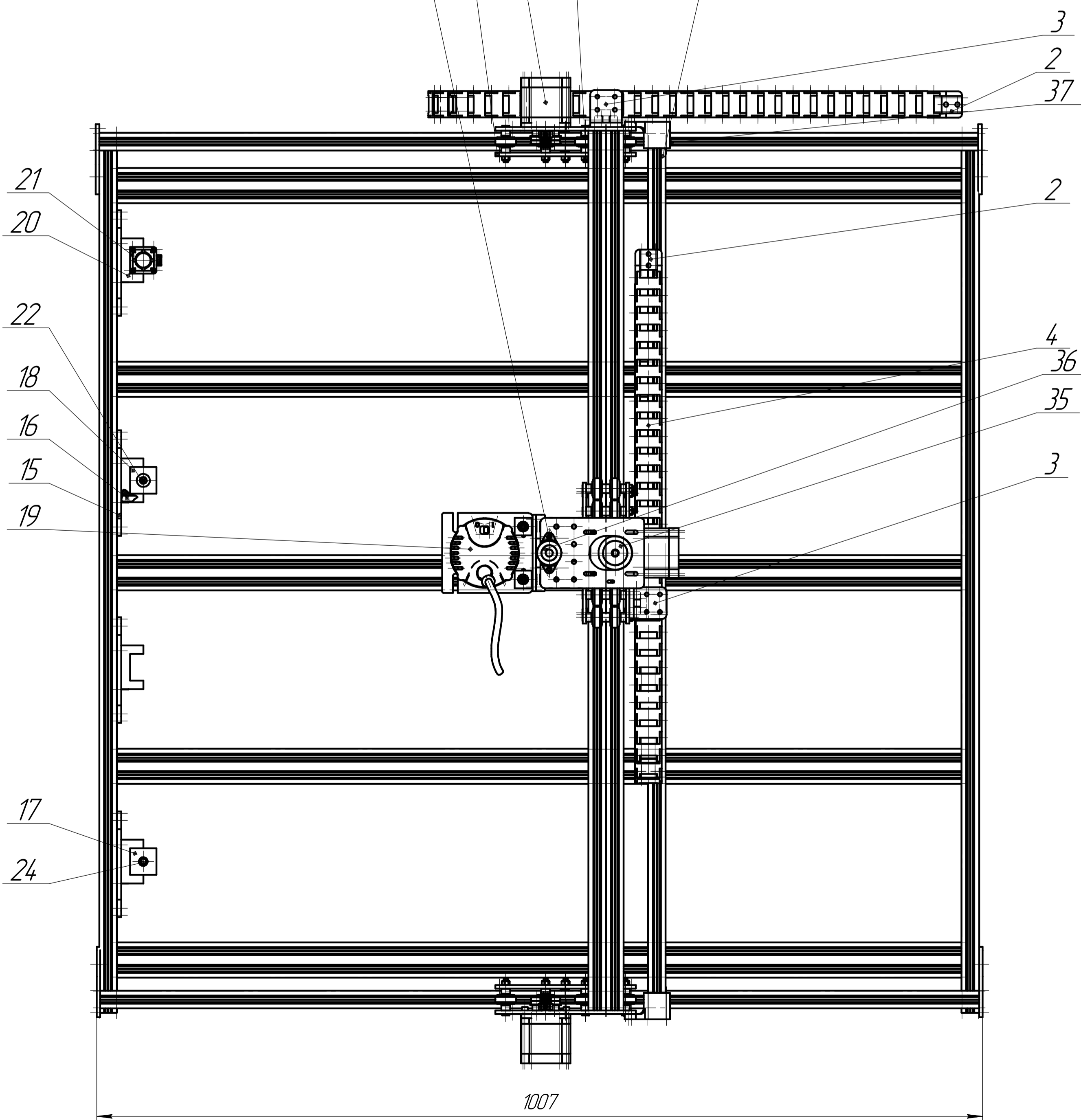
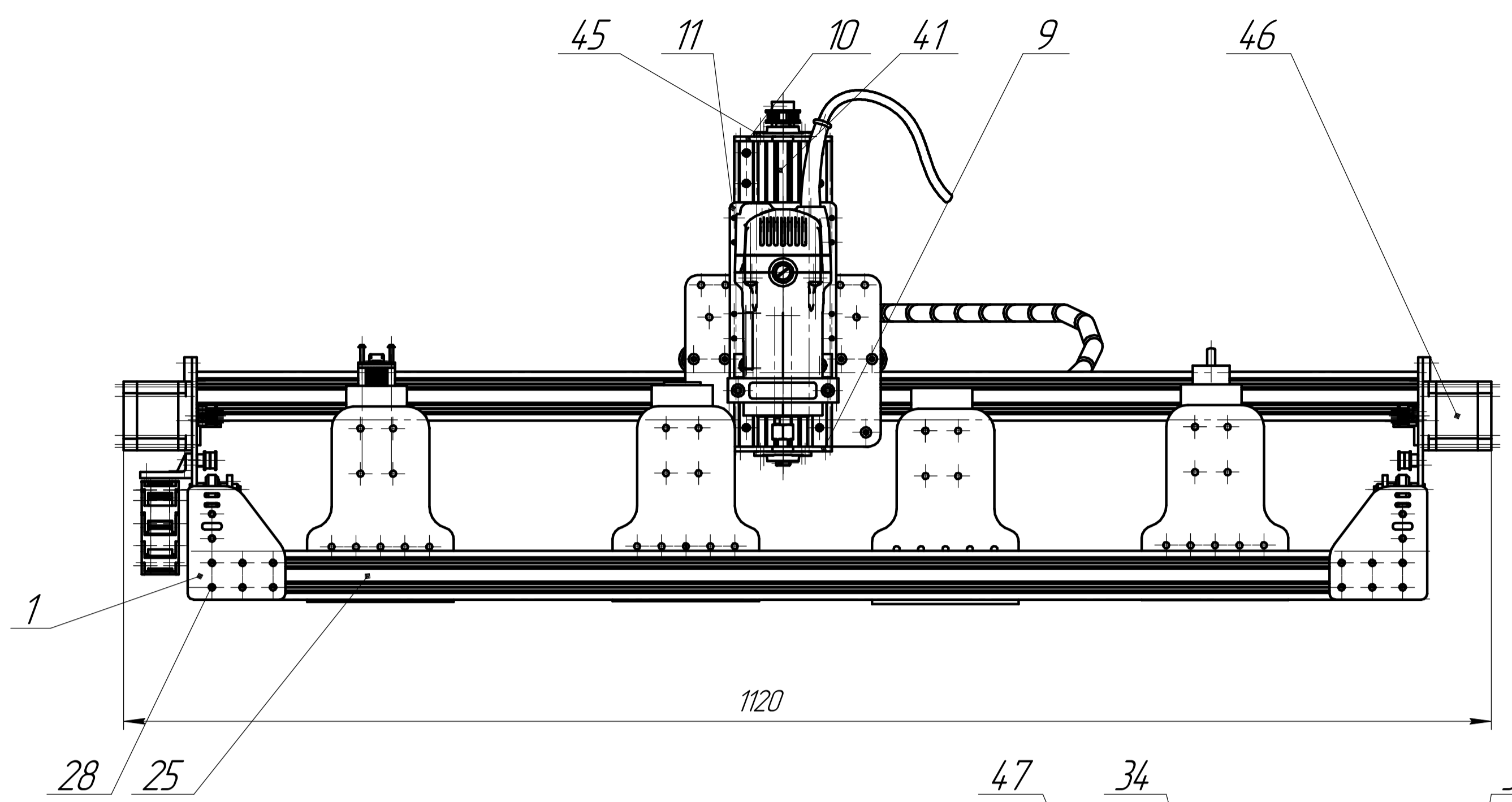
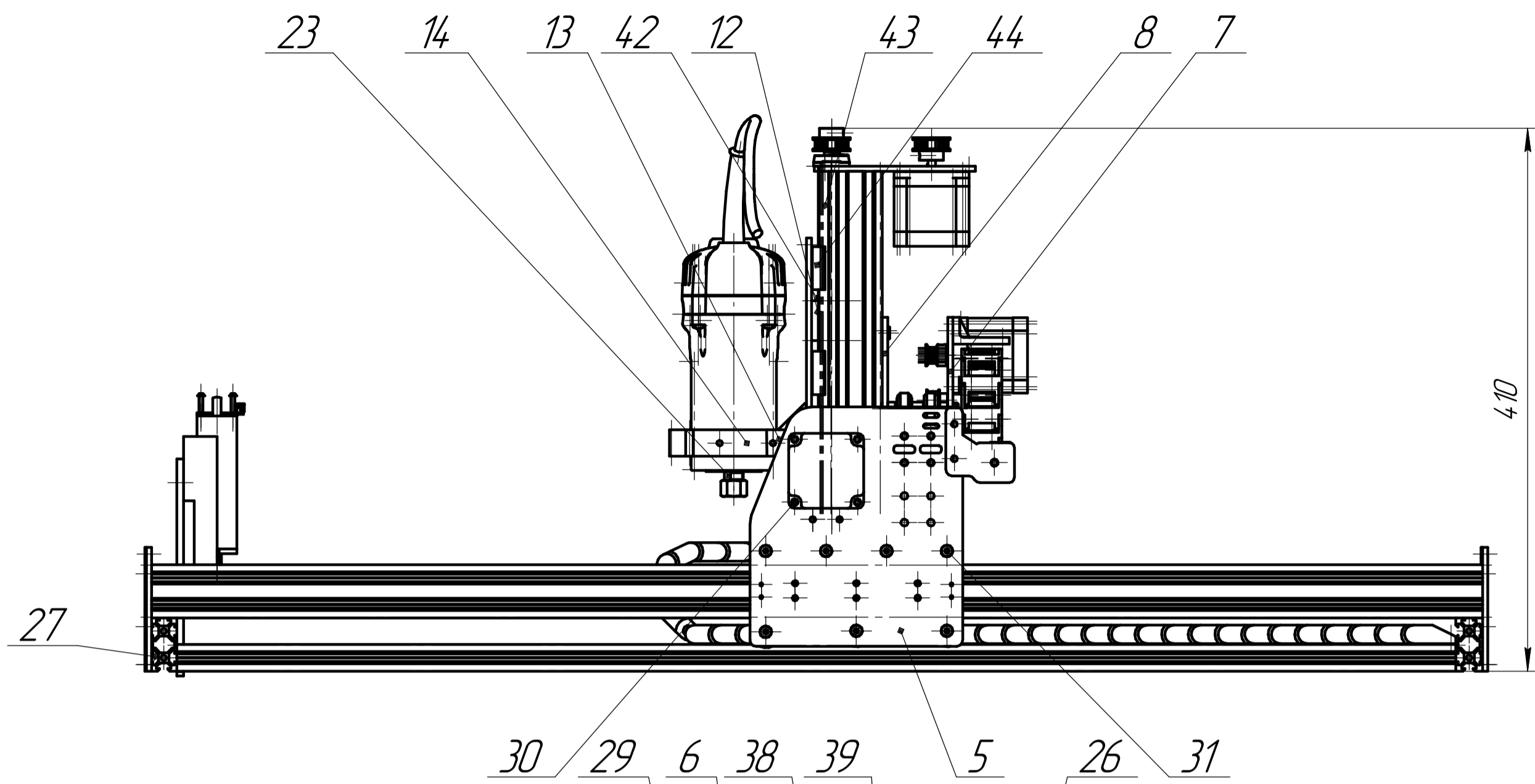
# Додатки

# Додаток А



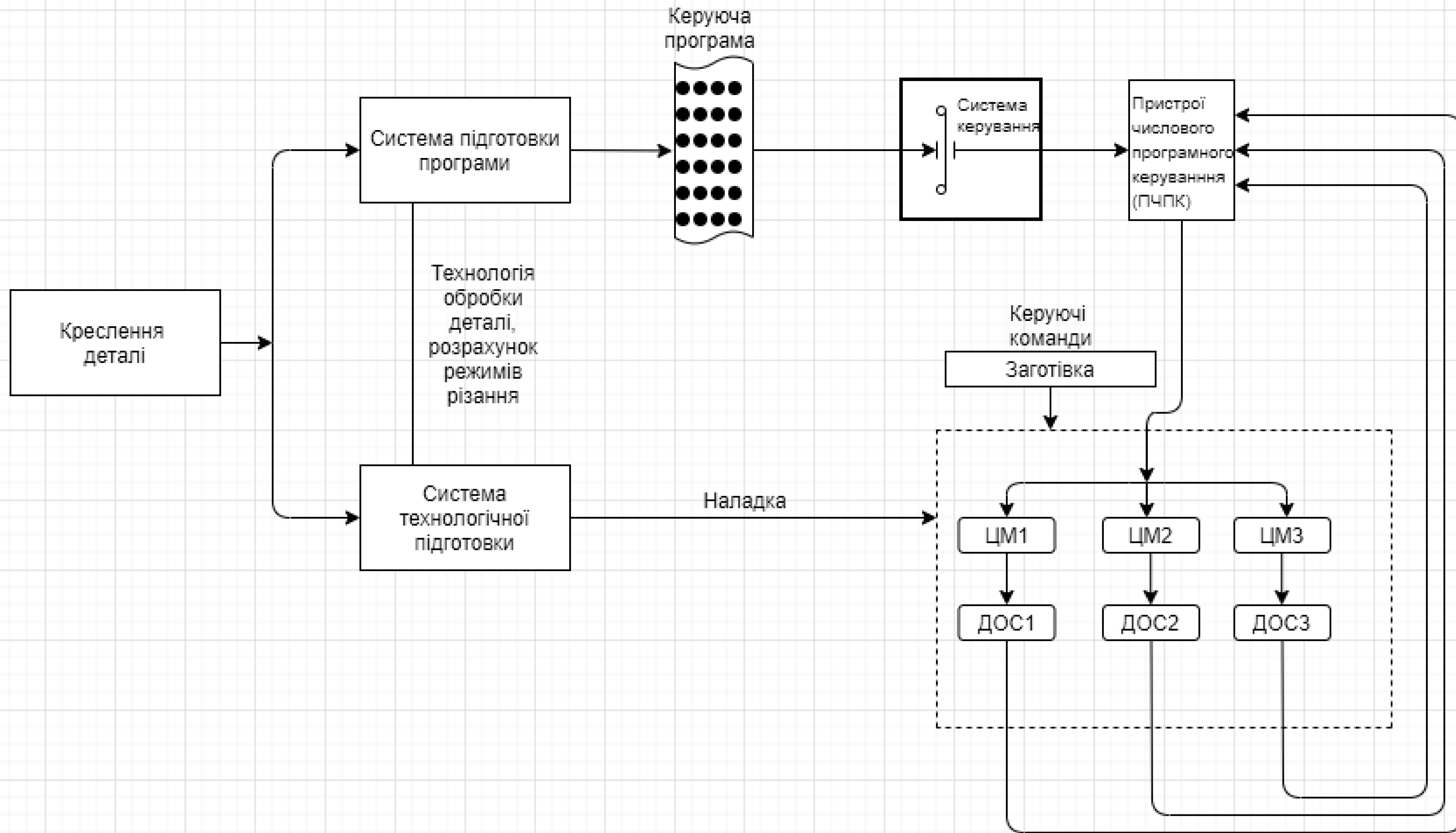
Мод. № модиф. Титов и Яковлев. Вексл. № инв. №. Маш. №. Числ. №. Справ. №. Пред. проектан.

						ДП.ПБ 7115.1702.001				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	3д модель универсального верстата			Лист	Масса	Масштаб
		Хахиленко А.Д.							1:1	
Проб.		Степелях Н.В.					Лист	Листов	1	
Т.контр.									КГП "ПБФ"	
Н.контр.									Копирабал	
Утв.		Степелях Н.В.							Формат А1	



				ЛП 175.1715.1702.001 СК			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
						0	2:7
				Верстат 3 ЧПК СК			
Разраб.	Хохленко А.В.				Лист	Листов	1
Проб.	Степелях Н.В.				КП "ПФ"		
Т.контр.							
Н.контр.							
Этб.	Степелях Н.В.						
				Копирабол			
				Формат А1			

Лист № 1  
 Вид № 1  
 Точн. и общ.  
 Справ. №  
 Пред. проект.



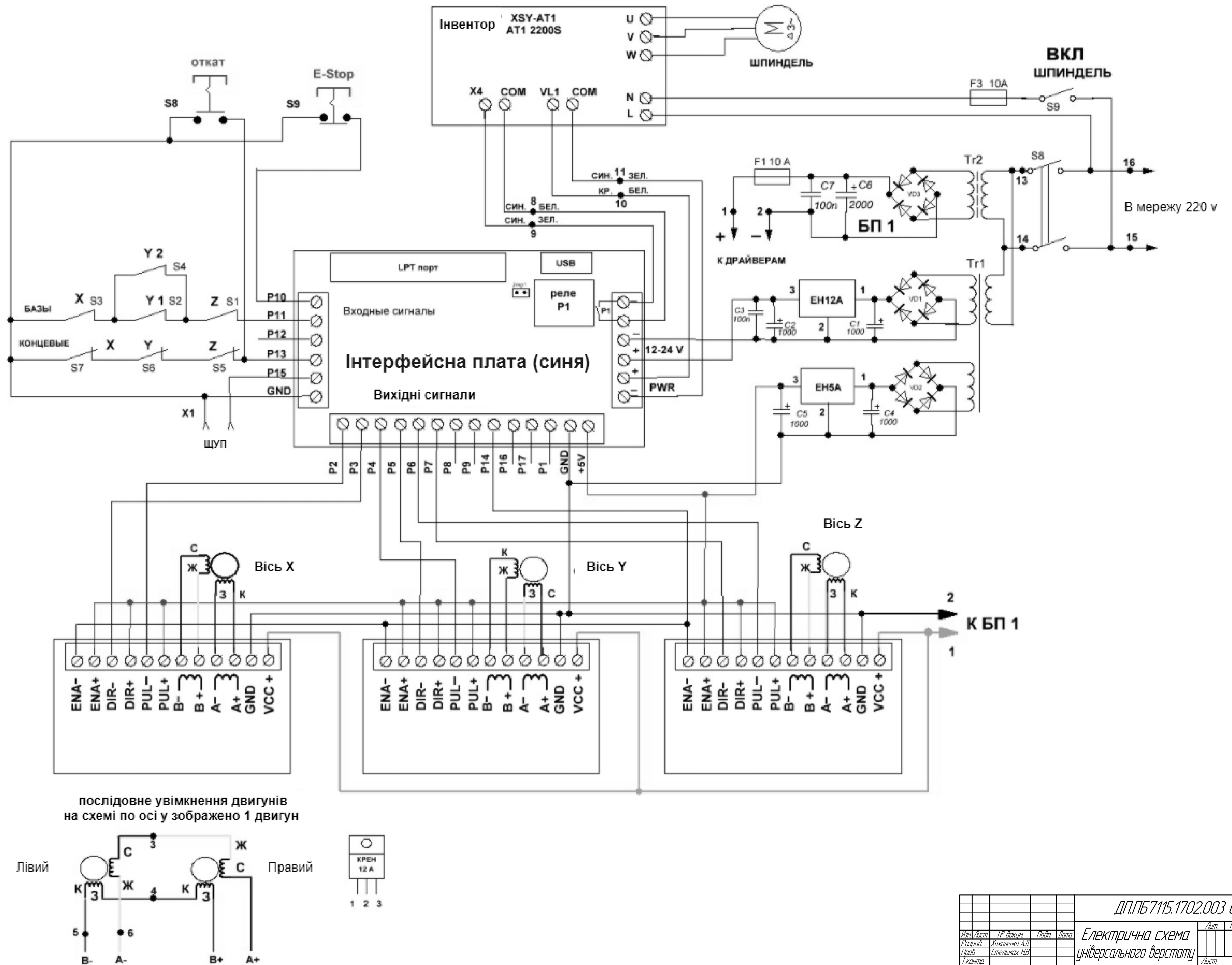
ЦМ- цільовий механізм

ДОС -Дискова операційна система

				ДП ПБ 7115.1702.002 CX		
Вір.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Разраб.		Хахиленко АД				1:1
Проб.		Степелях НВ			Лист	Листов 1
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.		Степелях НВ				
					Копірабат	
					Формат А1	

Структурна схема  
універсального верстату

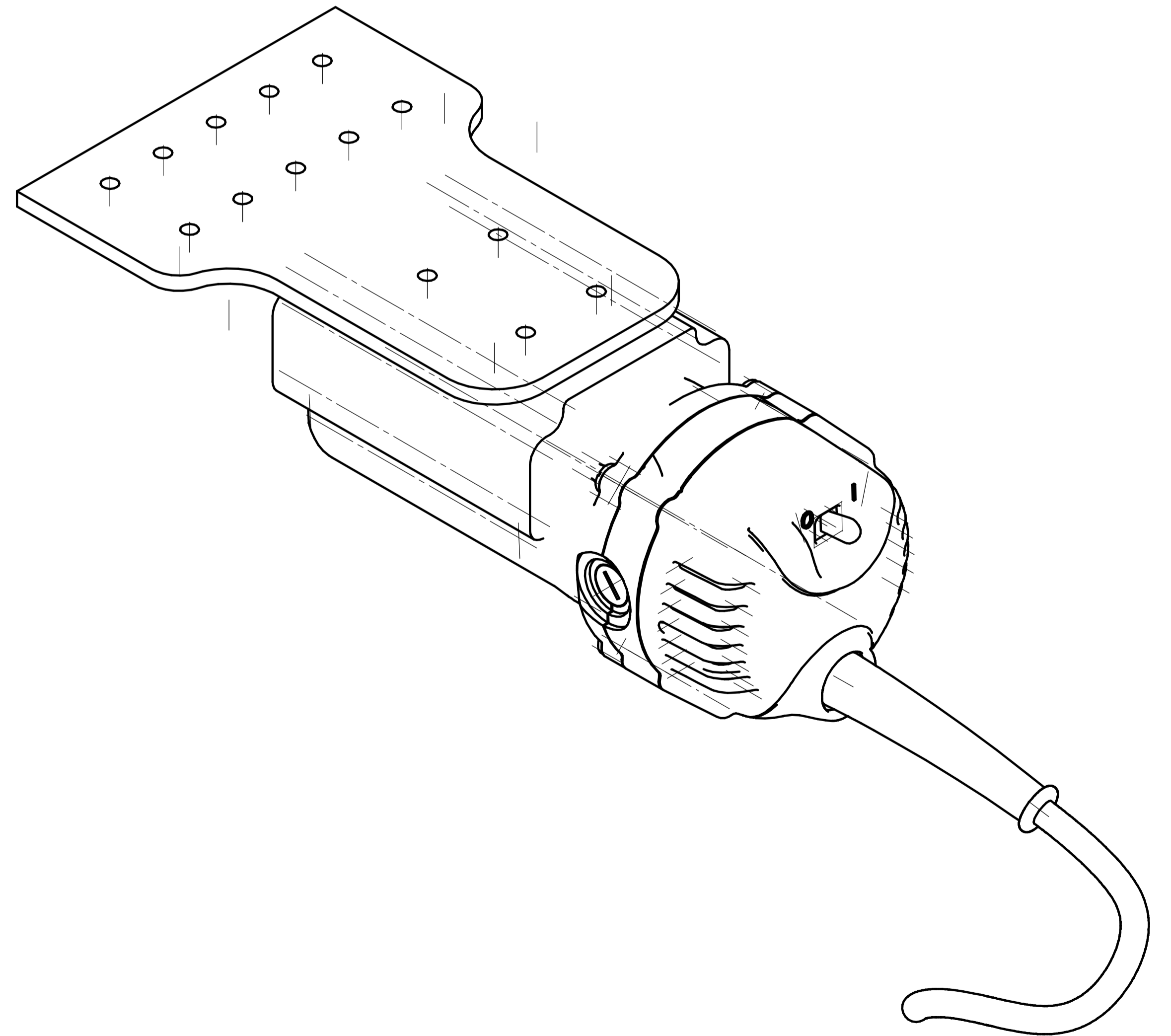
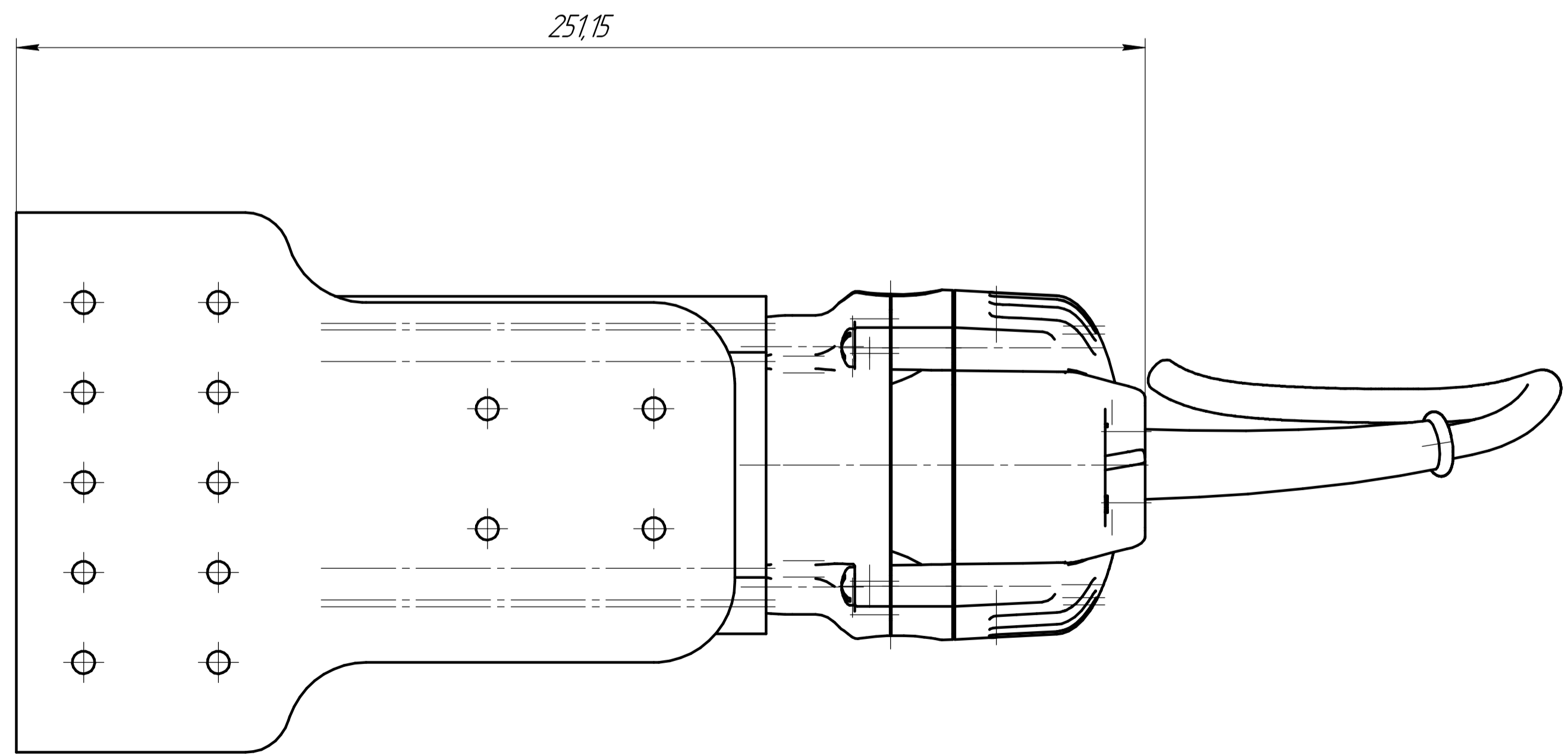
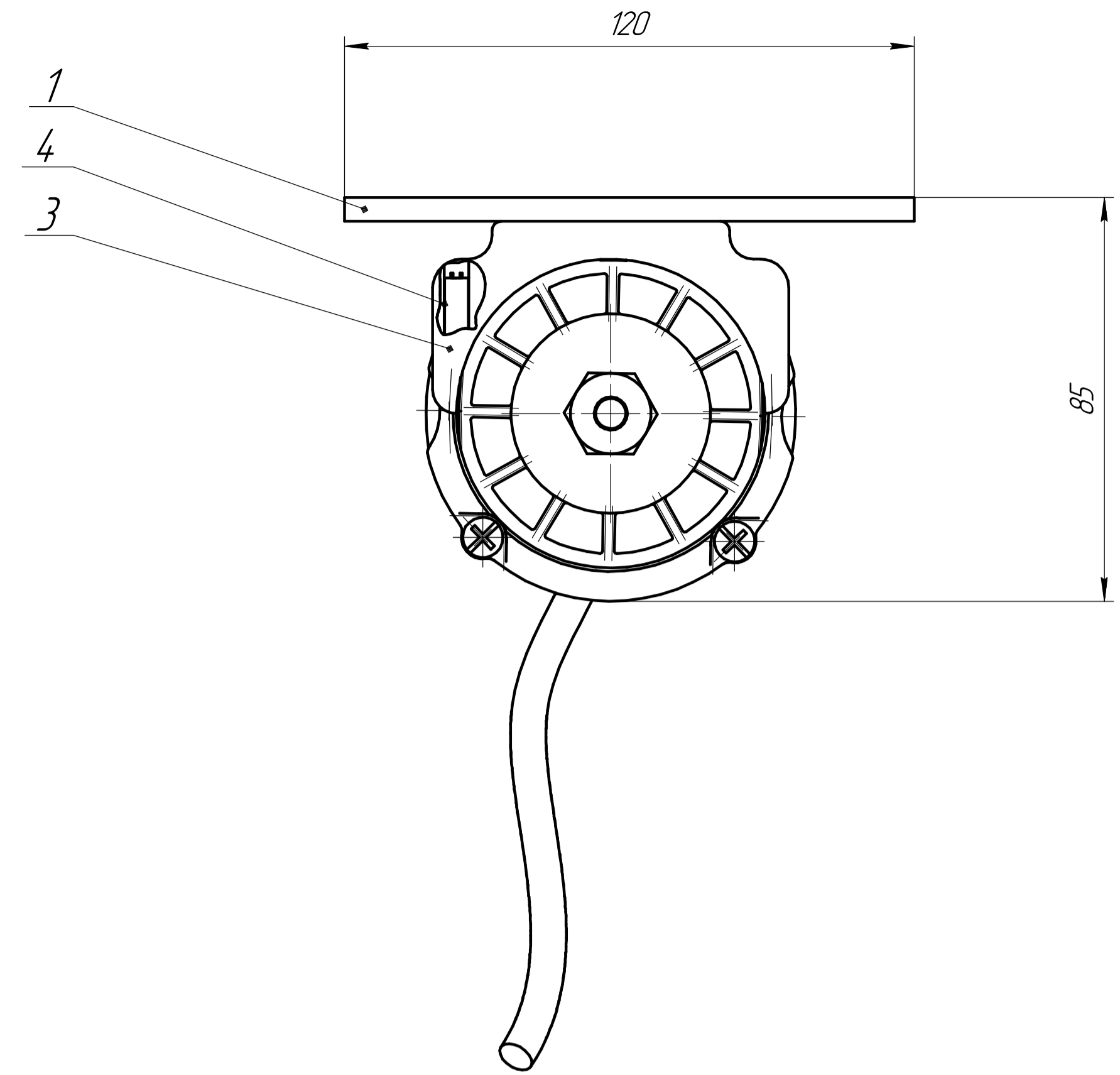
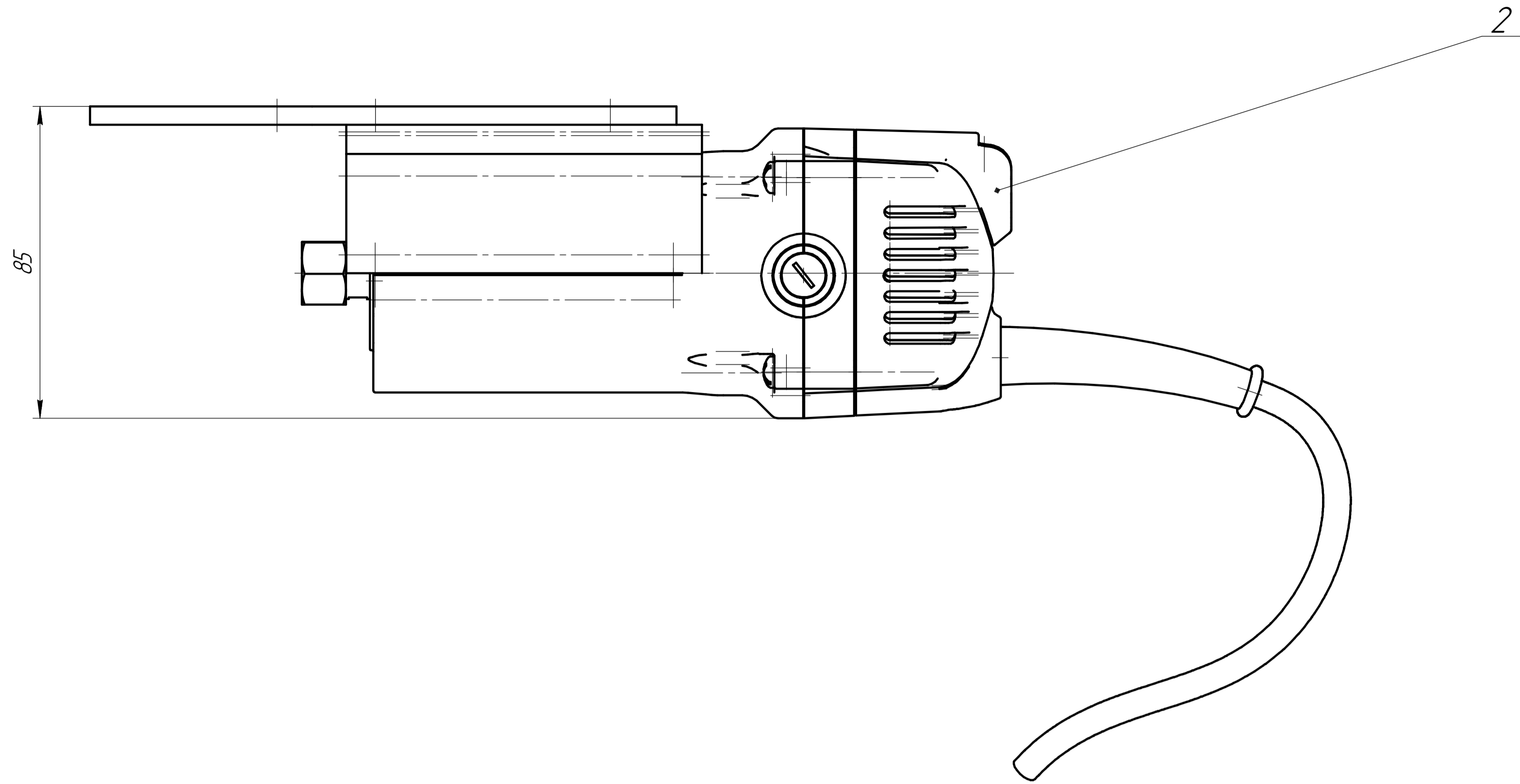
КПІ "ПБФ"



ДП.ПБ.7115.1702.003 CX				Лист	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Масштаб
Разраб.		Хахилко А.Д.			1:1
Проб.		Стельмах Н.В.			
Т.контр.					
Исполн.					
Утв.		Стельмах Н.В.			
Копирайт				Лист	Листов 1
КПІ "ПБФ"					
Формат А1					

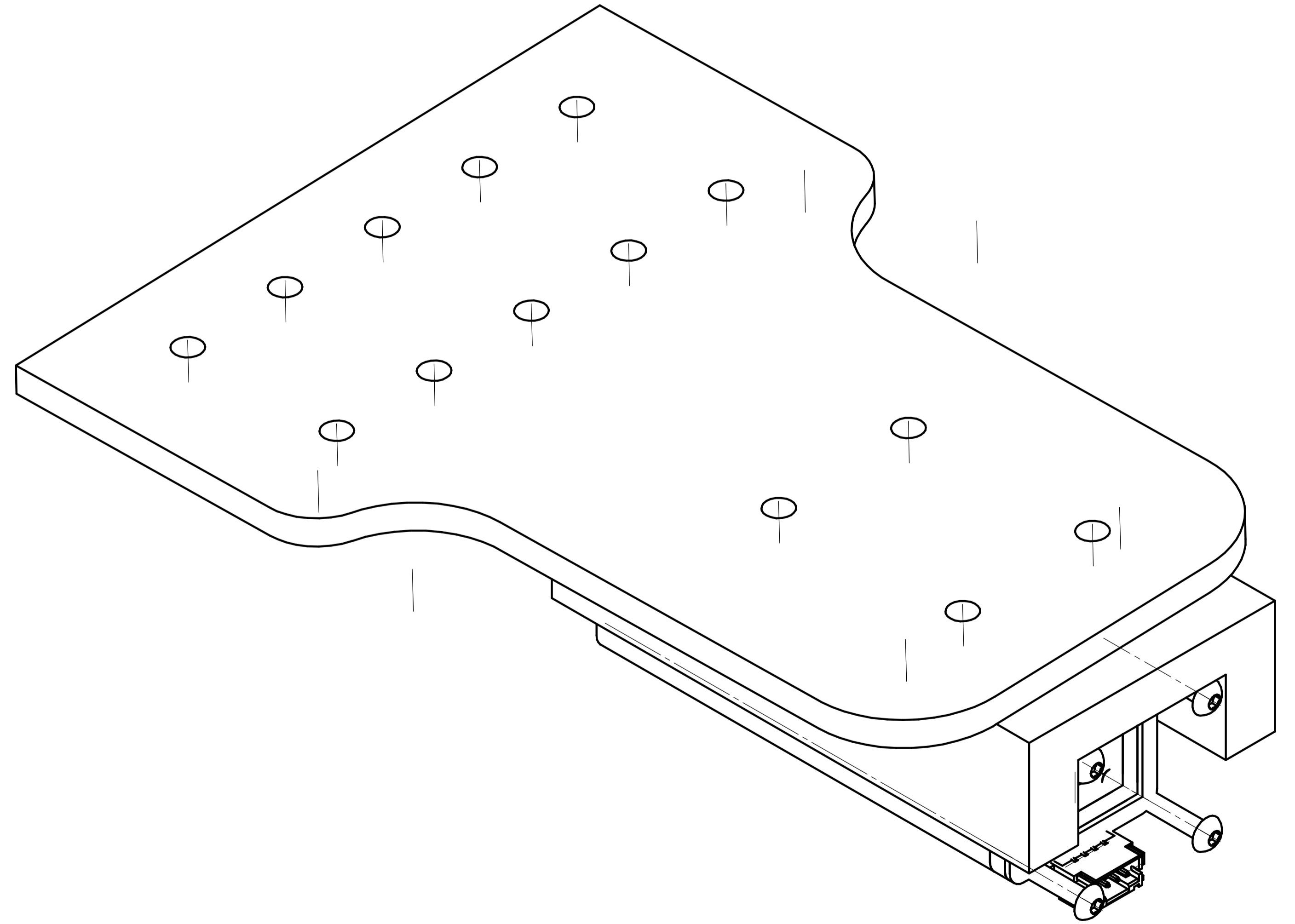
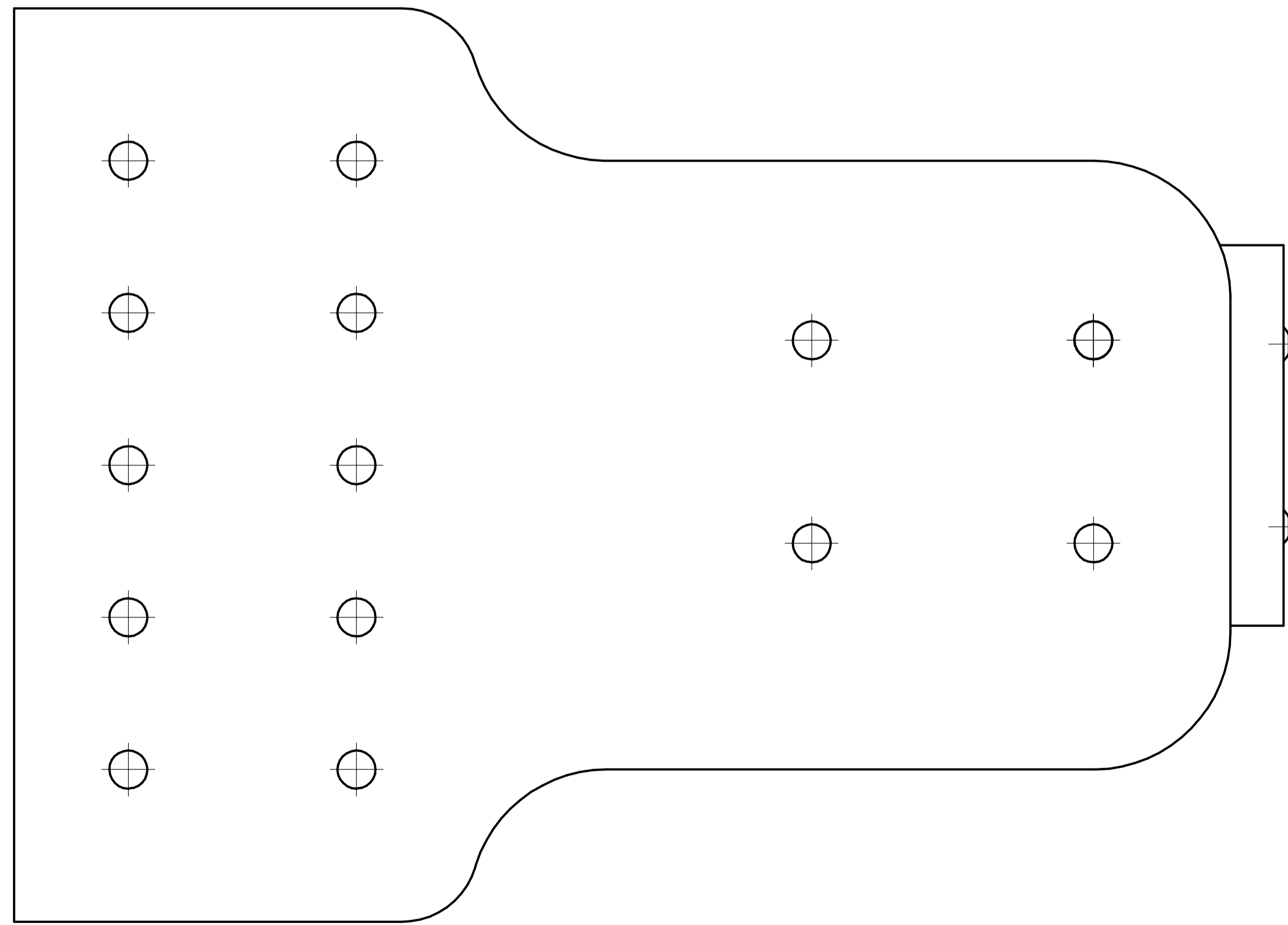
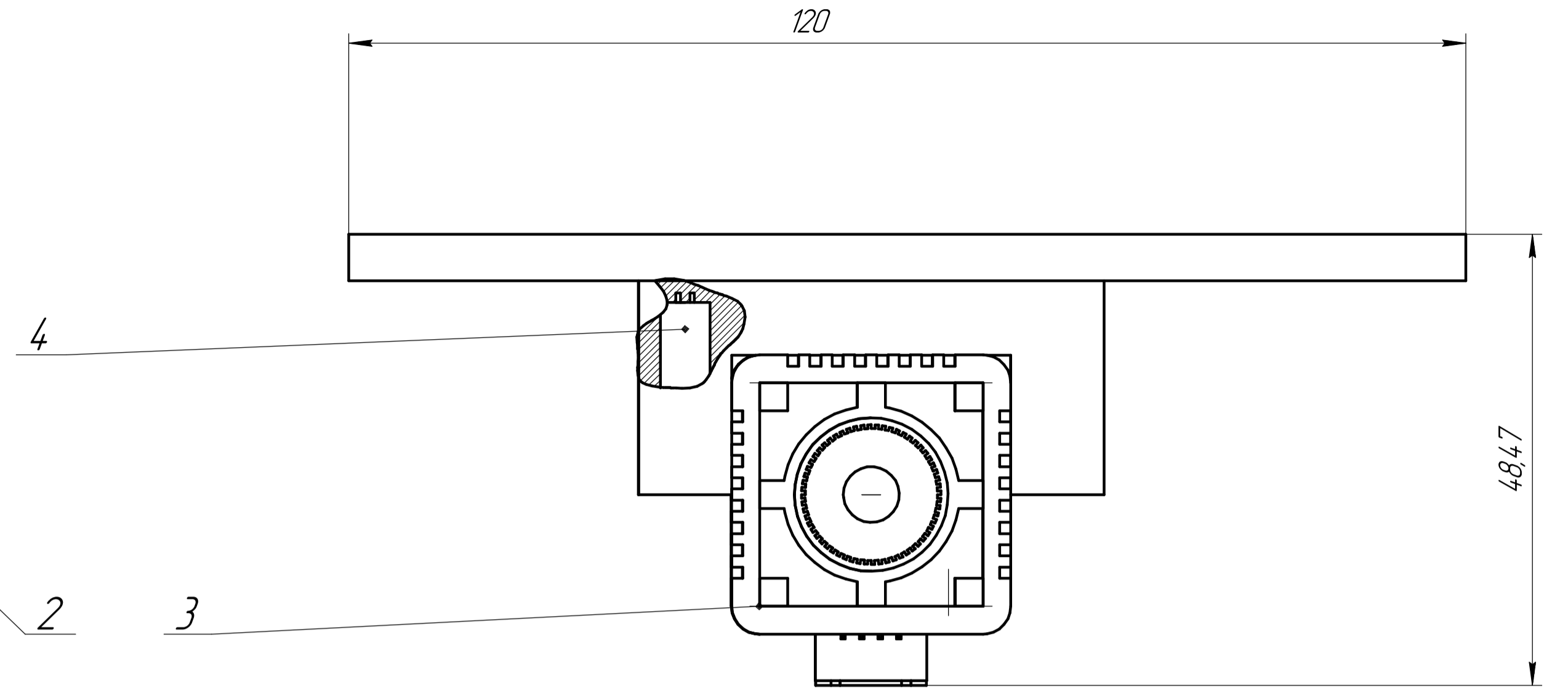
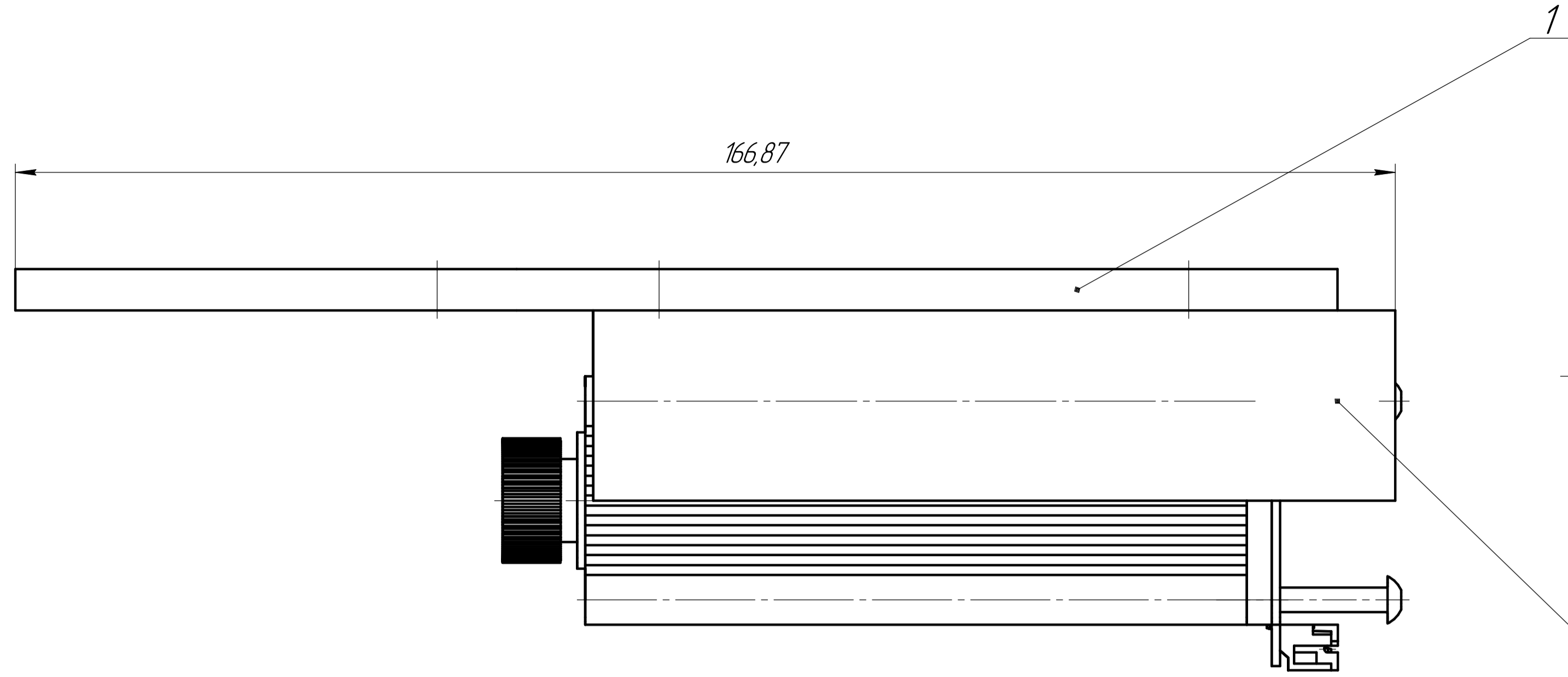
Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20





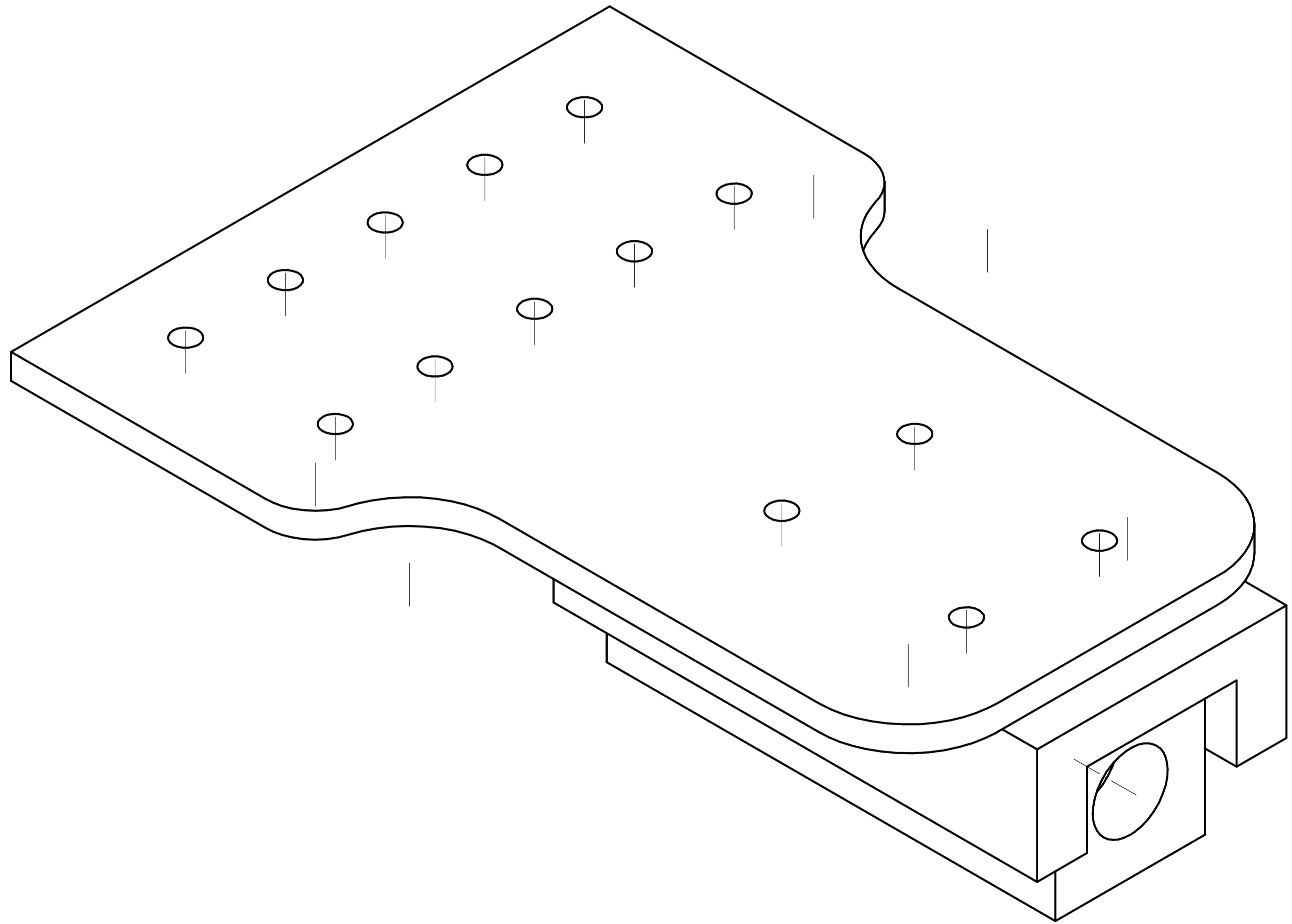
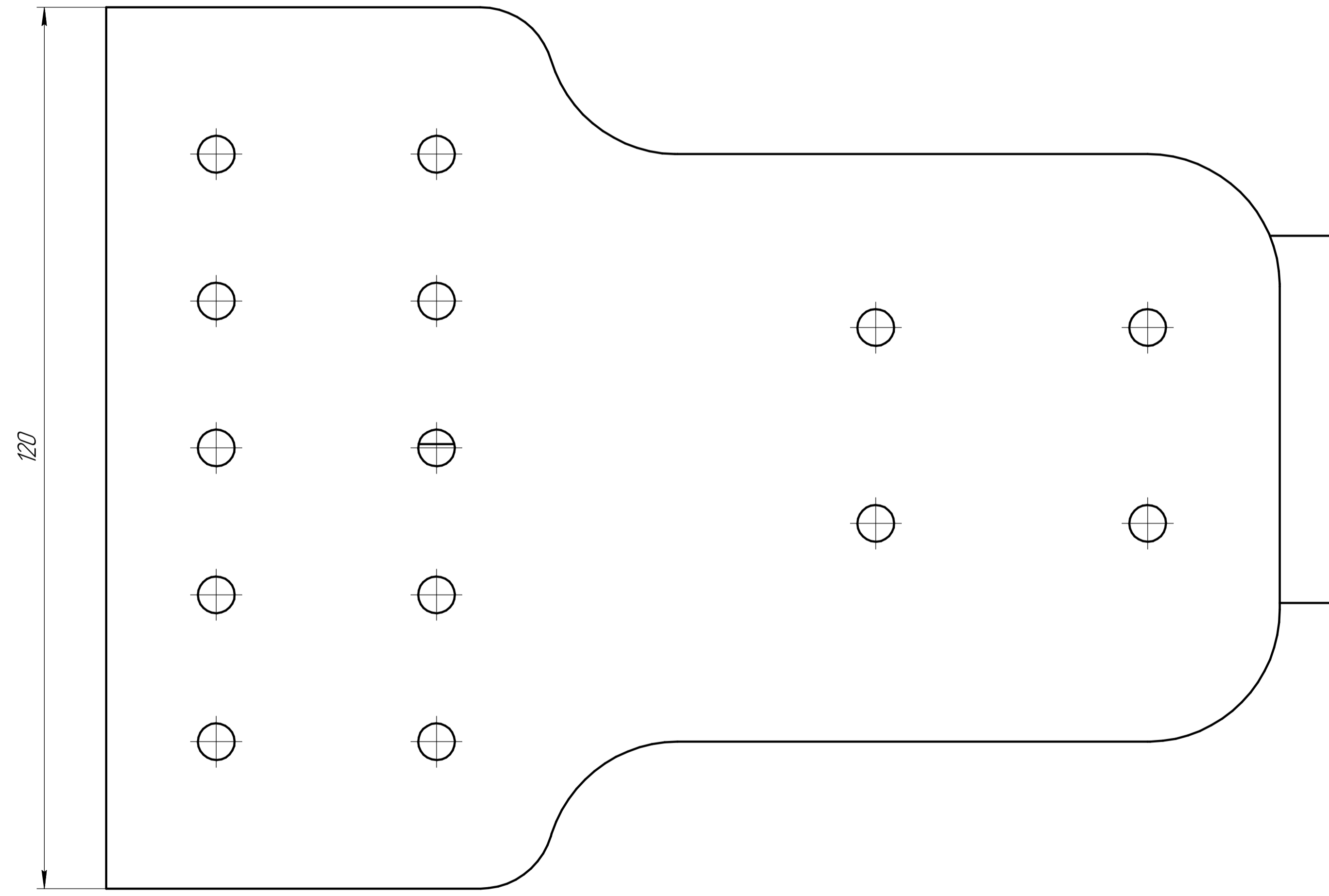
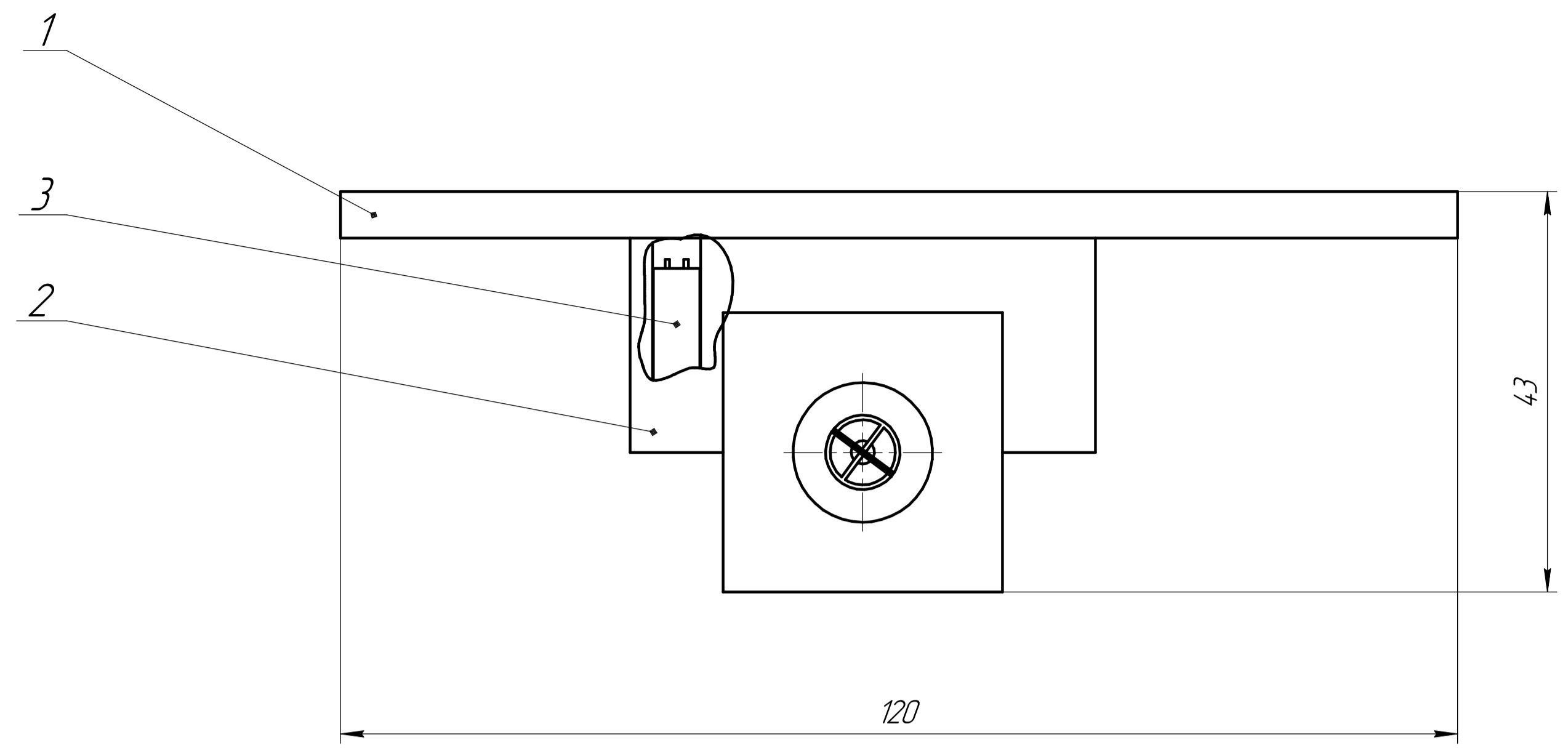
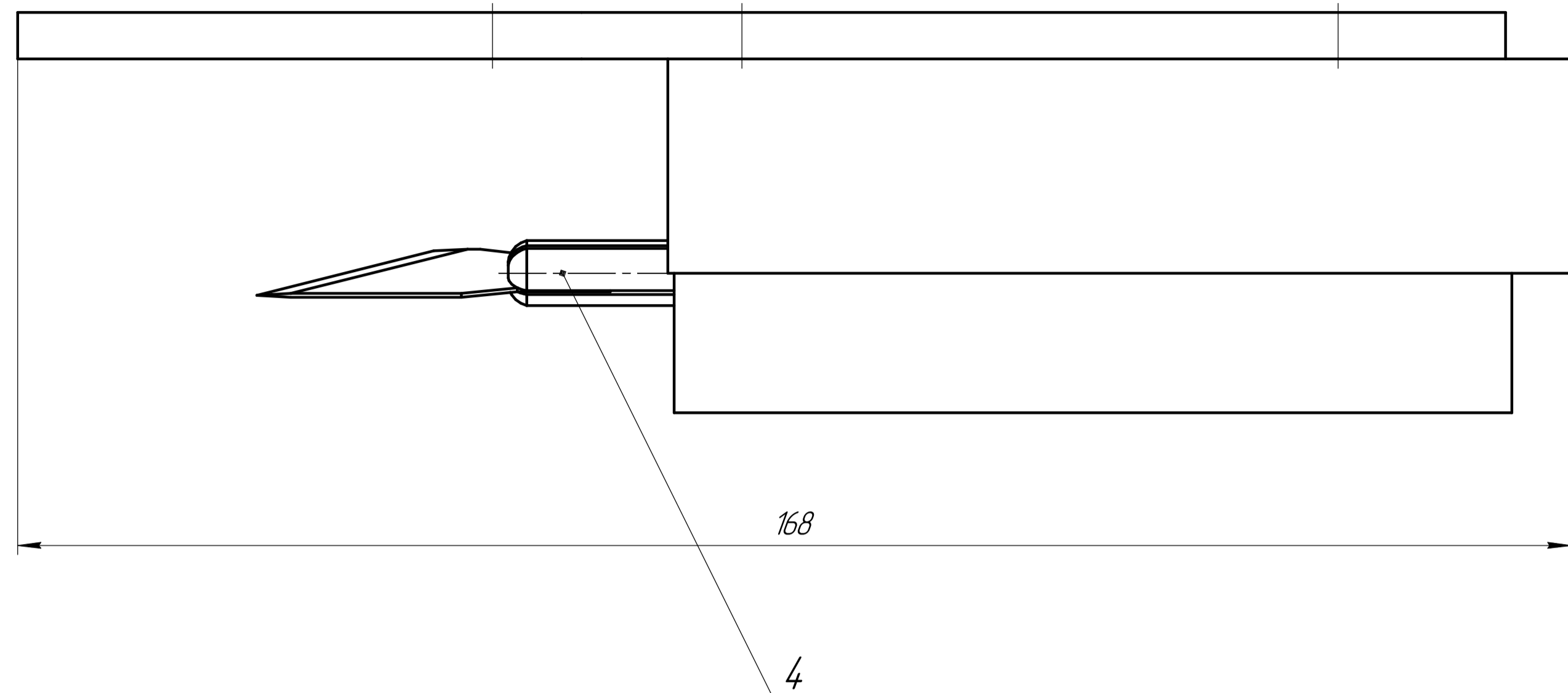
				<b>ПБ 7115.7102.004 СК</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
		Хажилево А.Д.				0	1:1
Разраб.		Стальмах Н.В.			Лист	Листов	1
Проб.					<b>КПІ ПБФ</b>		
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.		Стальмах Н.В.					

Лист № 01  
Лист № 02  
Лист № 03  
Лист № 04  
Лист № 05  
Лист № 06  
Лист № 07  
Лист № 08  
Лист № 09  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50



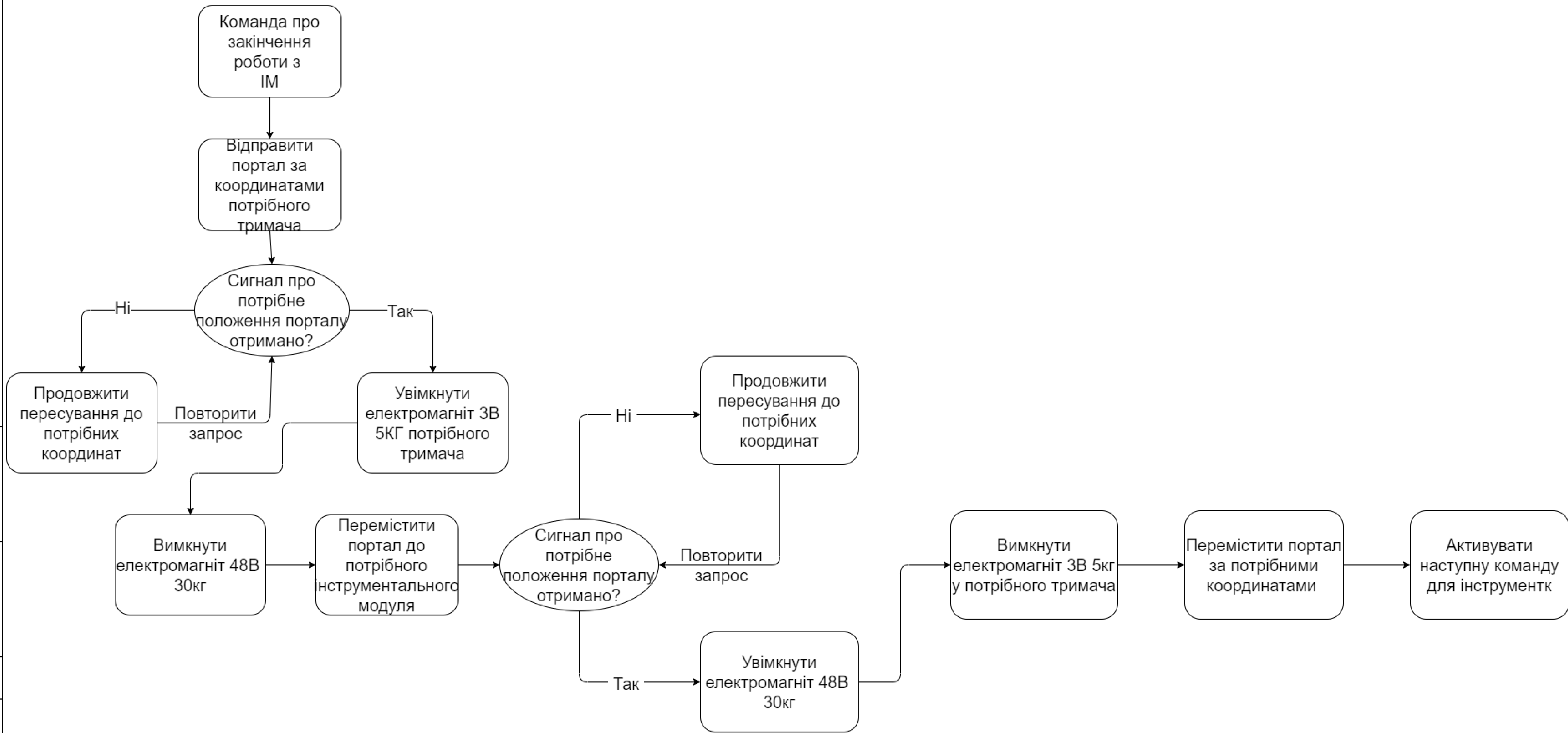
				<b>ЛІТ ПБ 7115.7102.005СК</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Хайленко А.Д.				0	2:1
Проб.		Степелях Н.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.					<b>КПІ ПБФ</b>		
Н.контр.					Копирабат		
Утв.		Степелях Н.В.			Формат А1		

Лист № 001 / Листів у альбомі / Всього листів № 1 / Арк. № альб. / Титул і дата / Назв. промен.



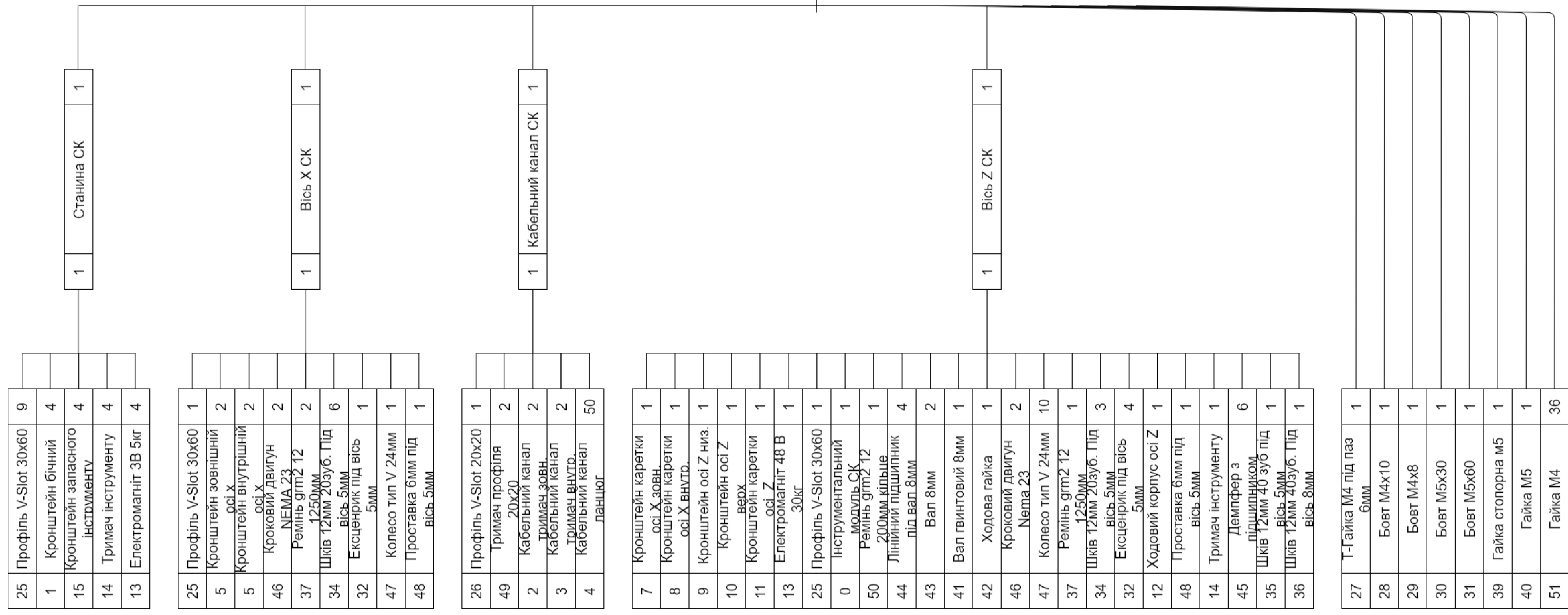
Лист № докум. | Вид, № докум. | Изм. № докум. | Дата | Подп. | Дата | Лист № докум. | Вид, № докум. | Изм. № докум. | Дата | Подп. | Дата | Лист № докум. | Вид, № докум. | Изм. № докум. | Дата | Подп. | Дата

										ДП.ПБ.7115.7102.006		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инструментальный модуль лезва					Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Хахилево А.Д.								0	2:1	
Проб.		Степелях Н.В.								Лист	Листов	1
Т.контр.												
Исполн.												
Утв.		Степелях Н.В.										



Перш. примірник  
Сторінка №  
Листів у ділянці  
Листів у документі  
Всього листів №  
Листів №  
Листів №

				ДП.ПБ.7115.7102.007.СХ			
Вір.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Схема автоматичної заміни інструменту	Лист	Масштаб
Разраб.		Хахиленко А.Д.					1:1
Проб.		Сельмак Н.В.				Лист	Листов 1
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.		Стельмах Н.В.					
						КПІ "ПБФ"	
						Формат А1	



1 1 Універсальний верстат СК 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Хакименко А.Д.		
Пров.		Степелях Н.В.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

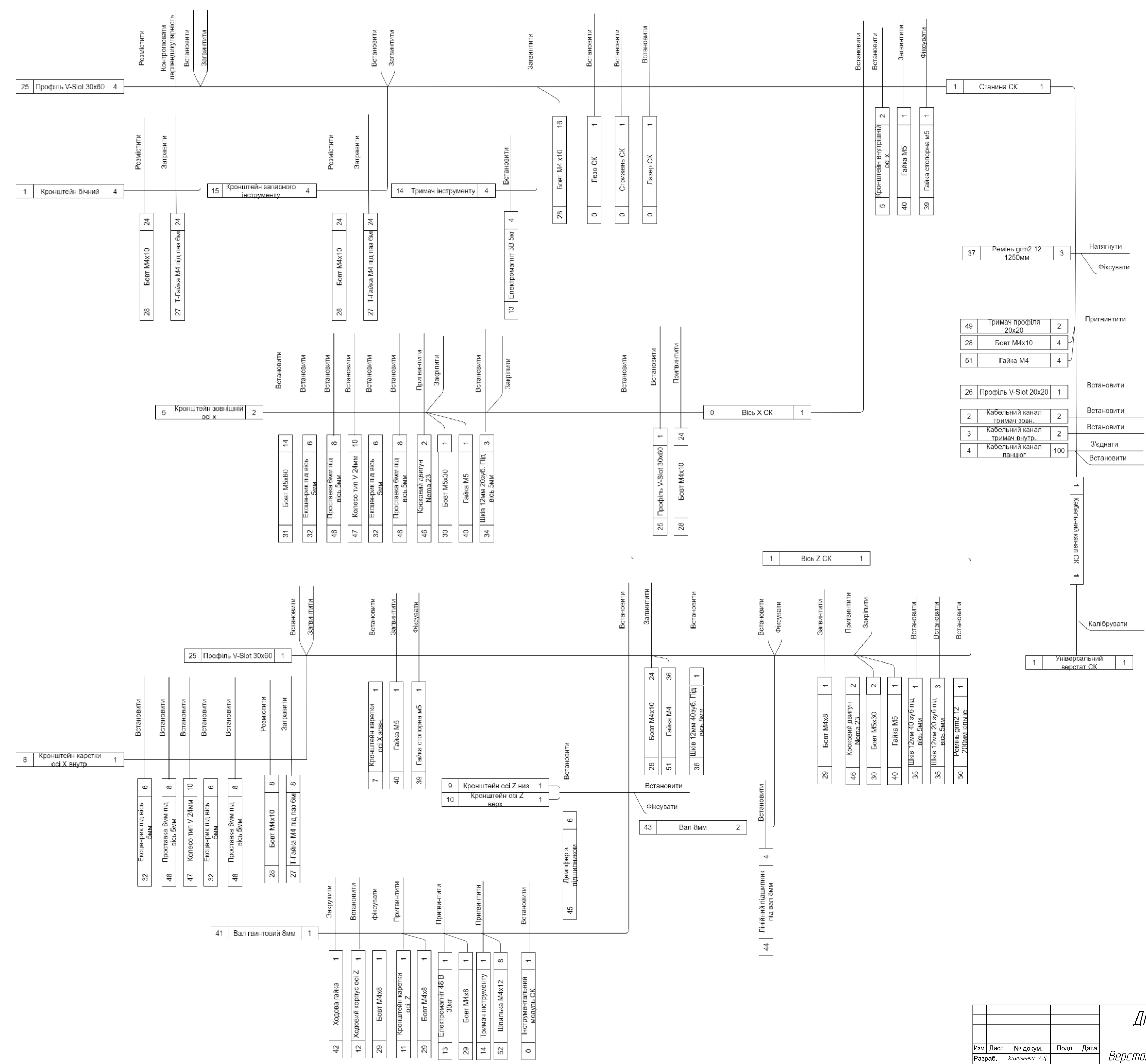
ДП.ПБ7115.1702.002 СХ

Верстат універсальний  
структурна схема

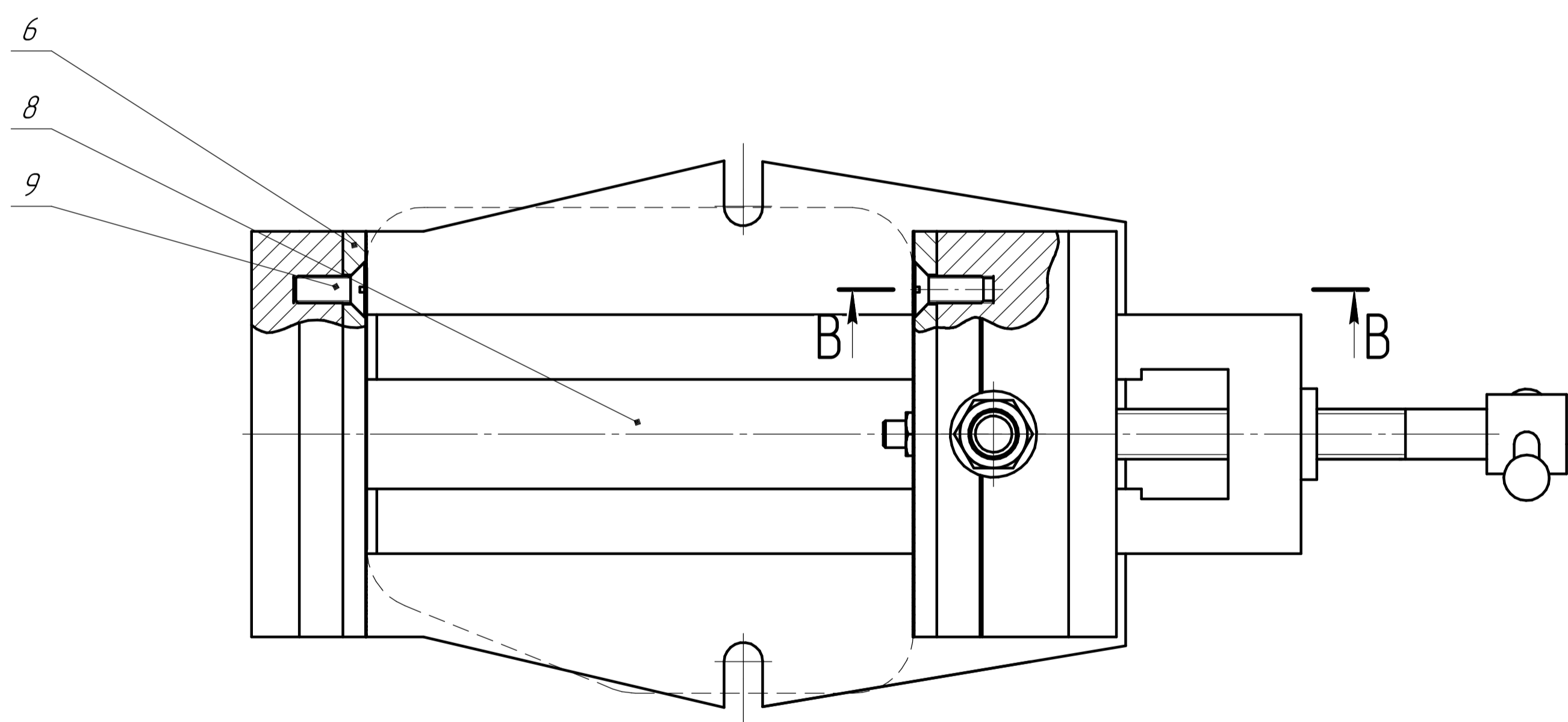
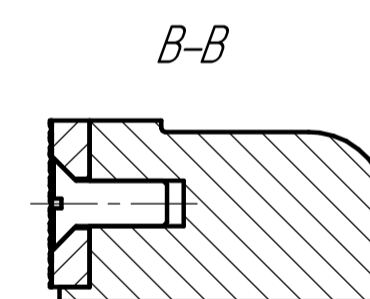
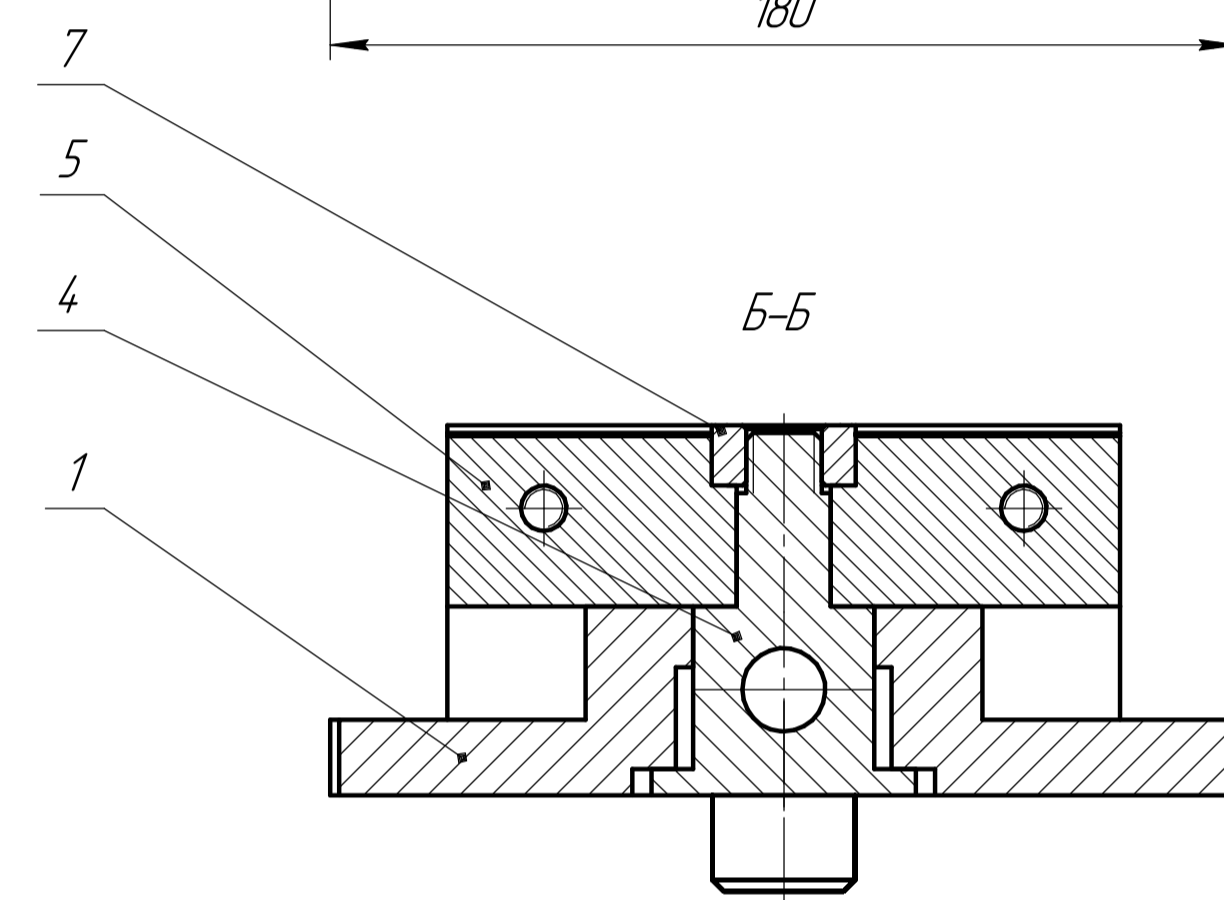
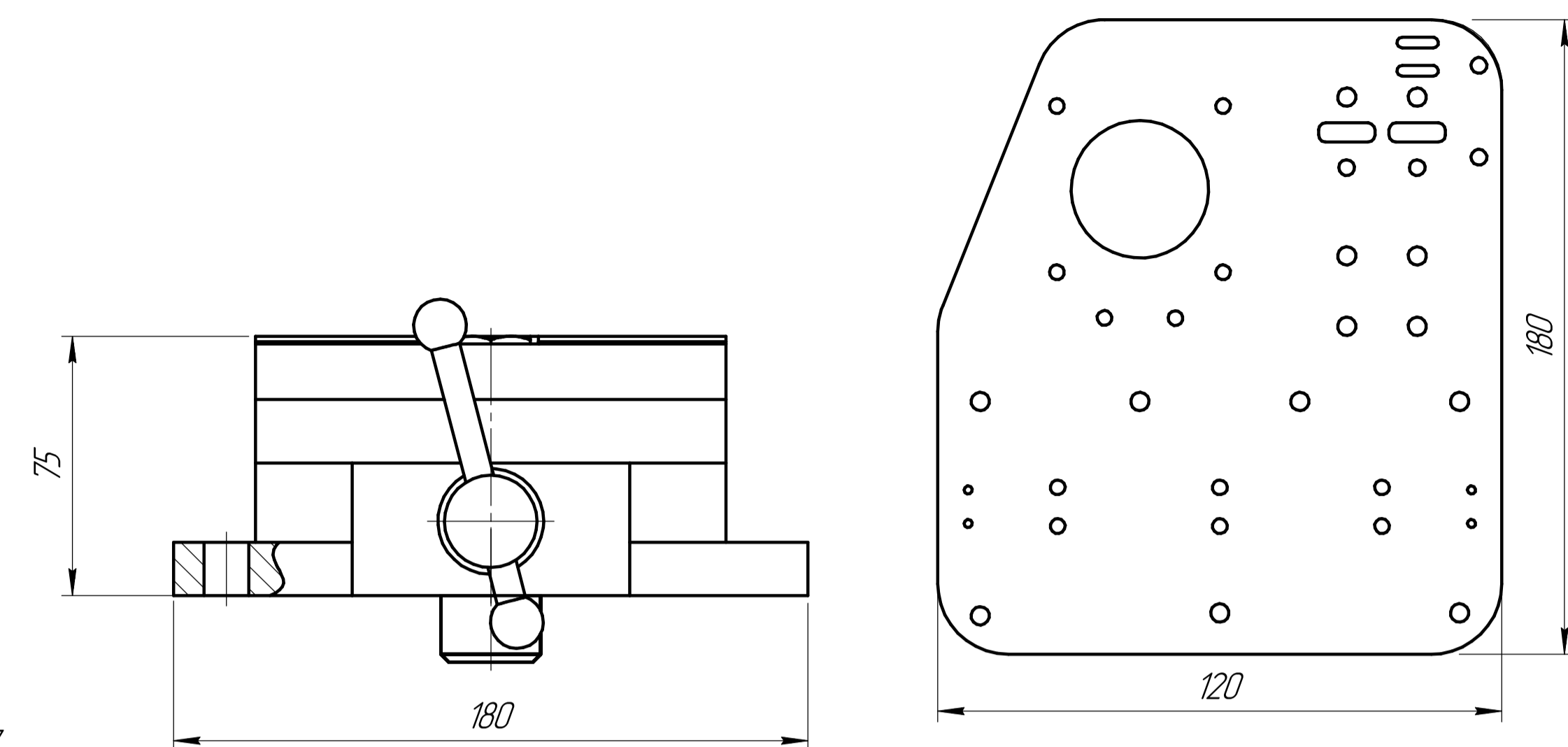
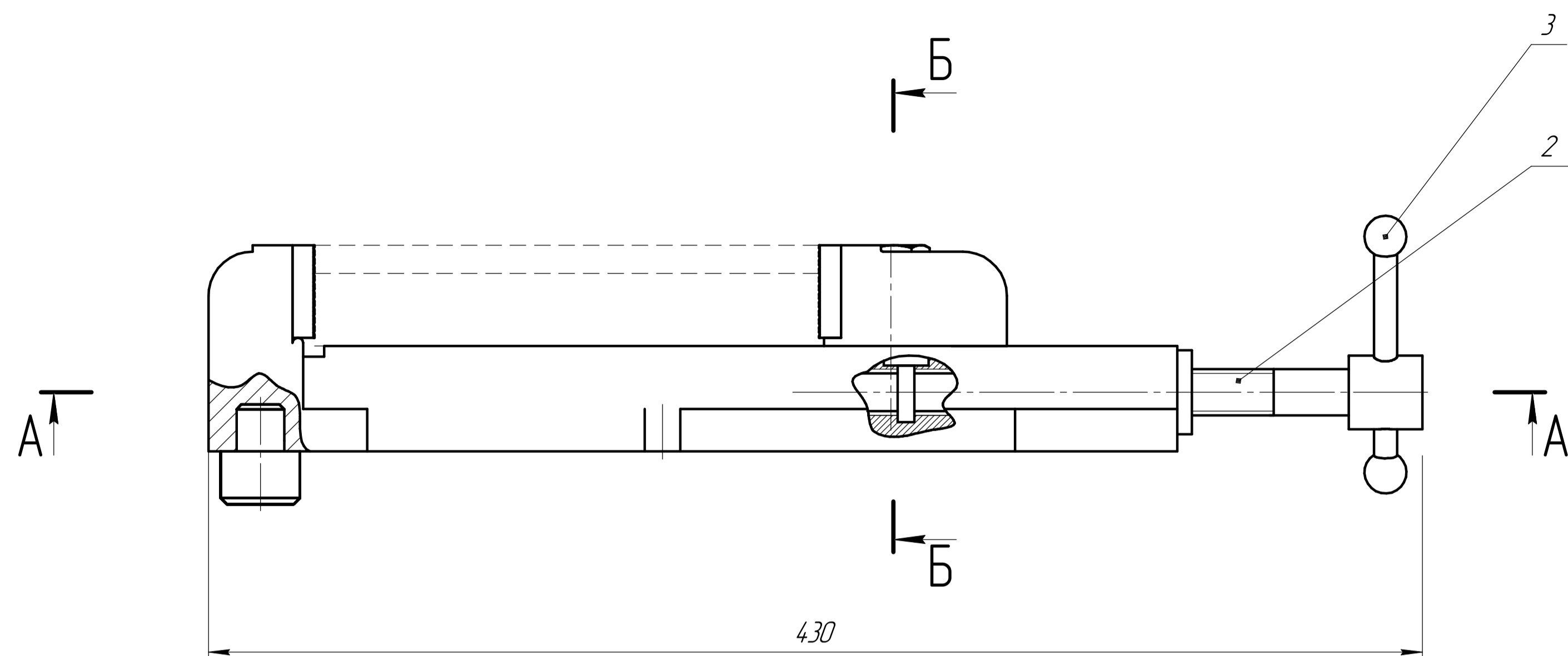
Лит.	Масса	Масштаб

Лист 1 Листов 36

ПБФ, 4-й курс



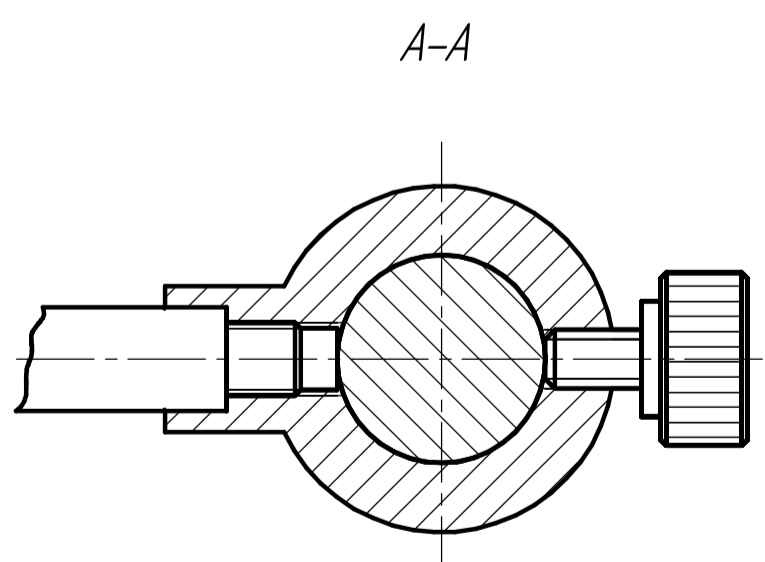
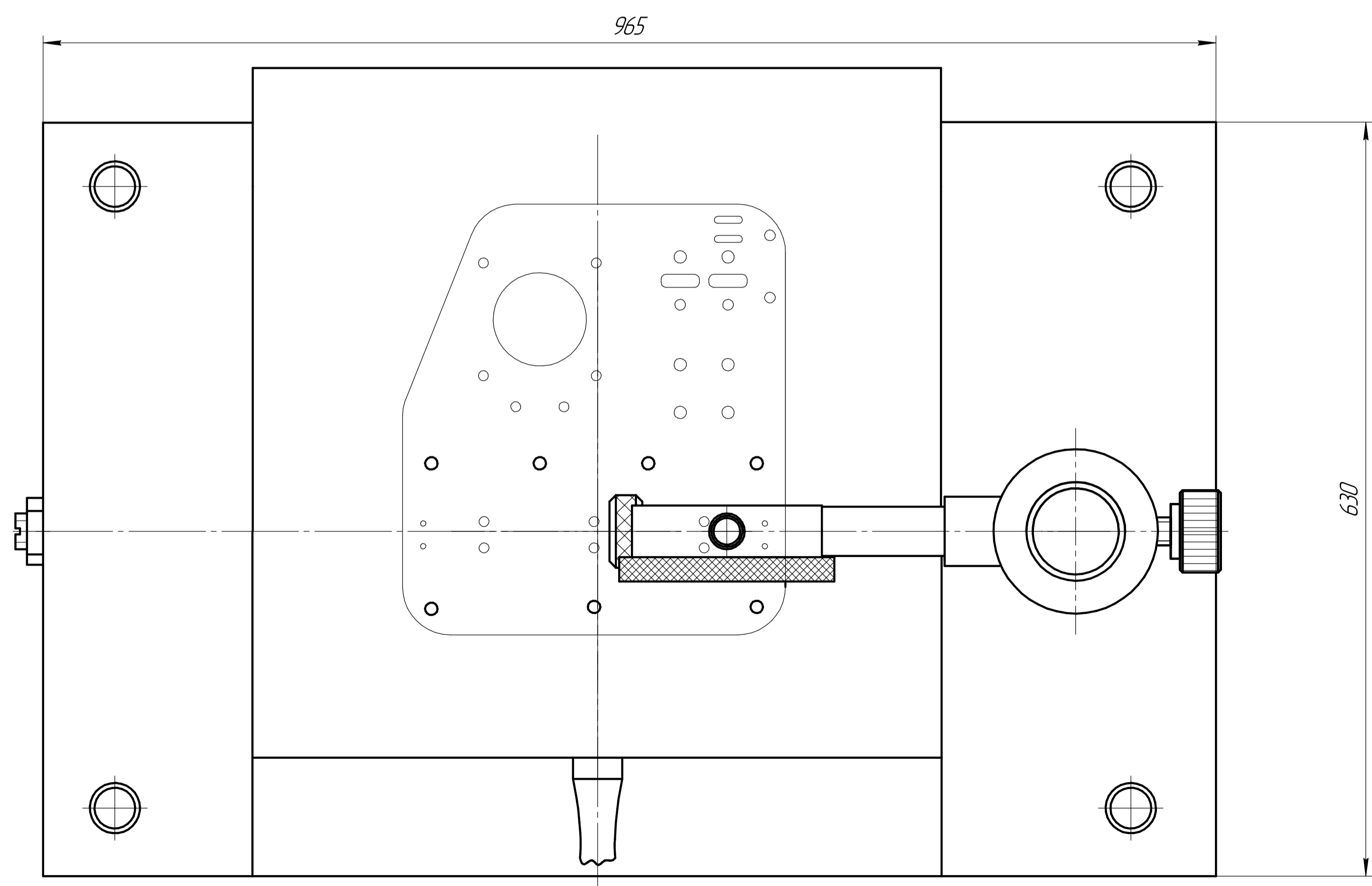
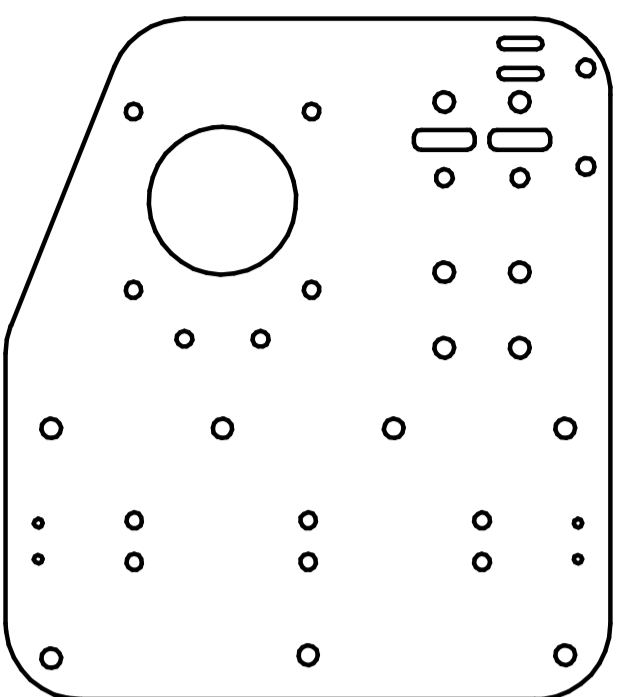
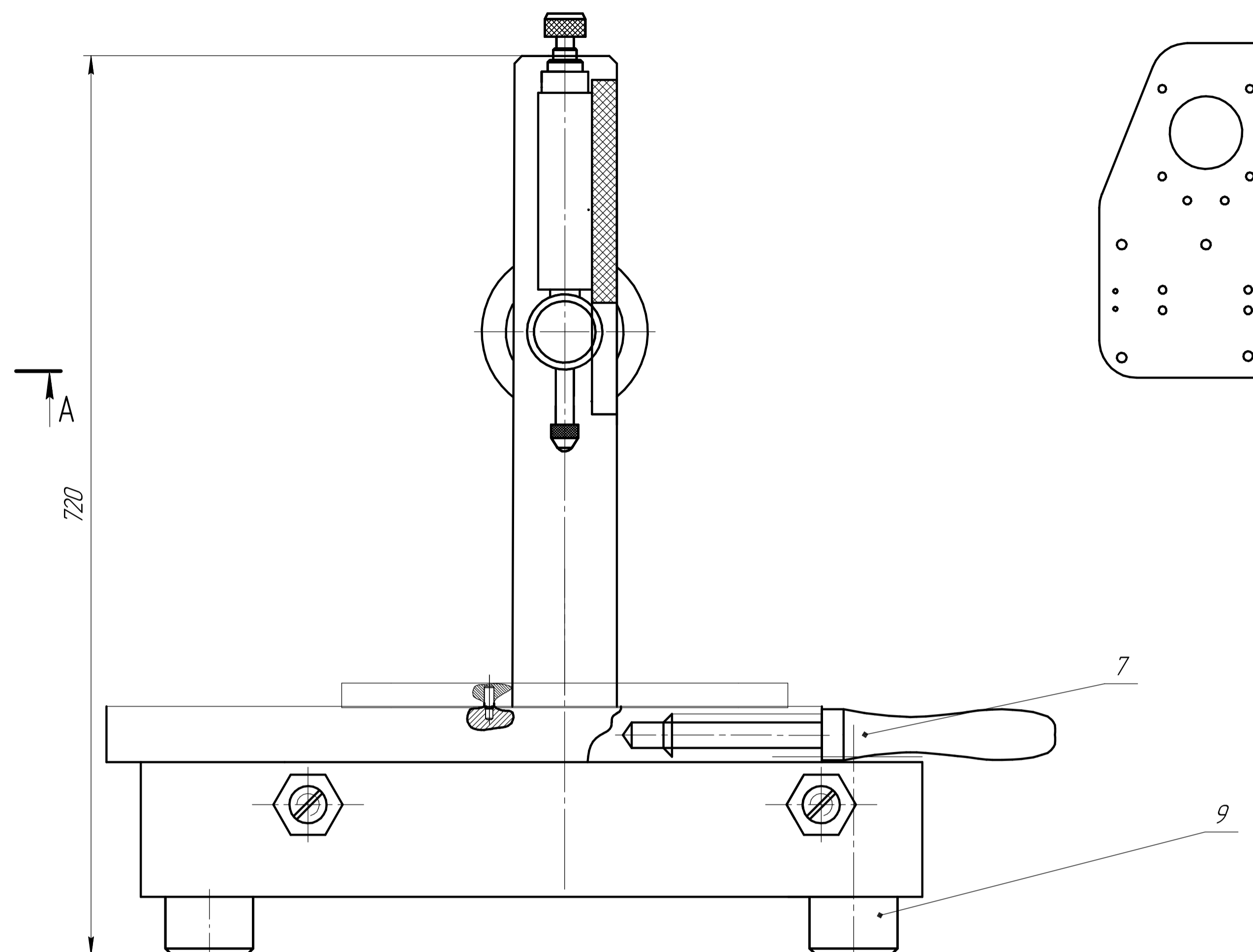
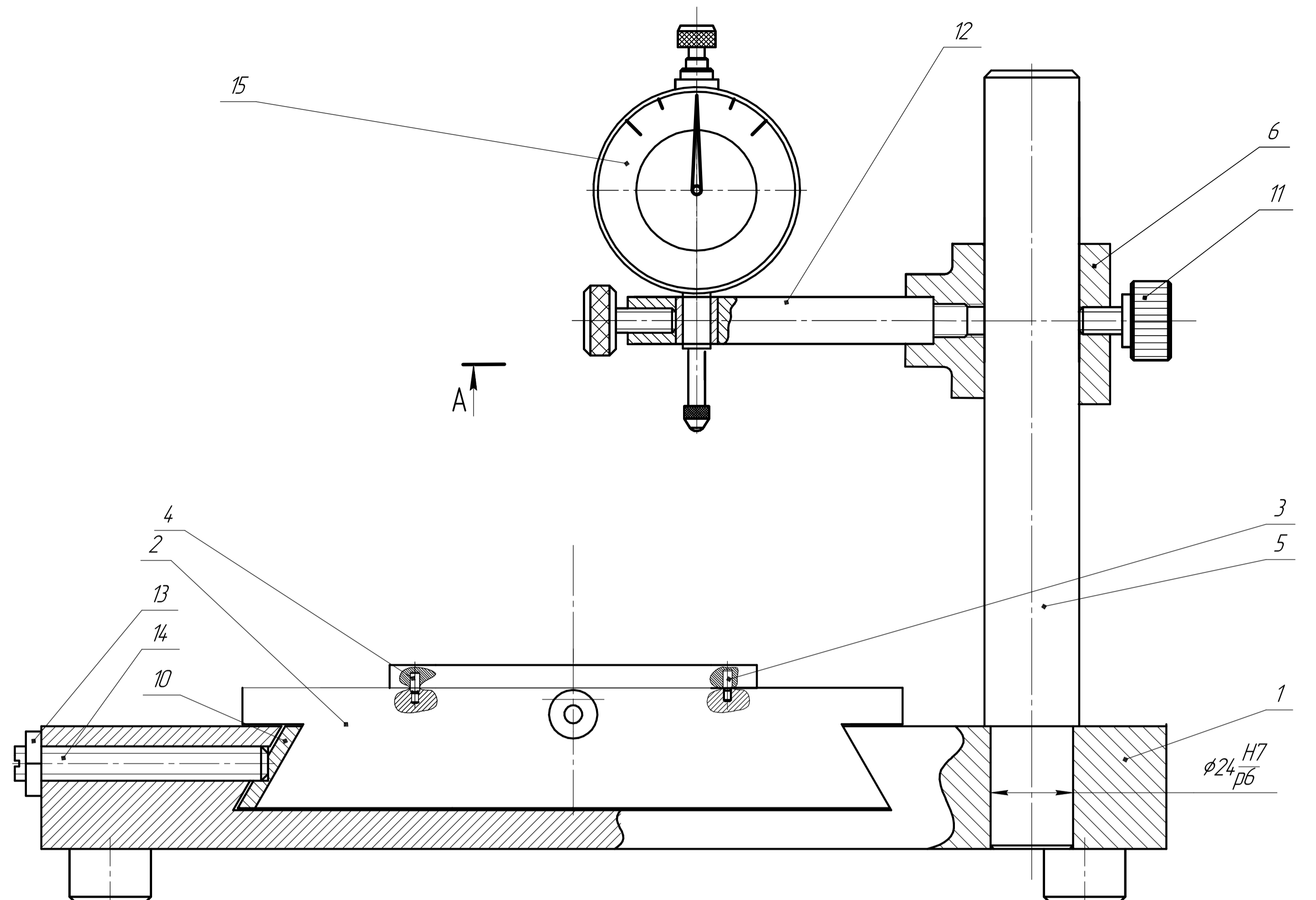
ДП.ПБ7115.1702.09 СХ			
Ізм	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Хахиленко А.Д.		
Пров.	Степана Н.В.		
Т. контр.			
Н. контр.			
Утв.			
Верстат універсальний ТСС		Лит.	Масса
		Лист	Листов
		ПБФ, 4-й курс	



1. \*Розміри для довідок.
2. Поверхні, які труться змастити мастилом ЦИАТИМ ГОСТ 4366-64.
3. Періодичний контроль пристрою після виготовлення партії деталей.
4. Періодичний ремонт після року експлуатації.
5. Додаткові позначення в місті маркування.

				КП ПБ7115.1702.01 СК			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
							2:3
Разраб. Хохленко А. Д.					Лист		
Проб. Стельмах Н.В.					Листов 1		
Т.контр.					КП "ПБФ"		
Н.контр.					Копирайтер		
Этб. Стельмах Н.В.					Формат А1		

Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50



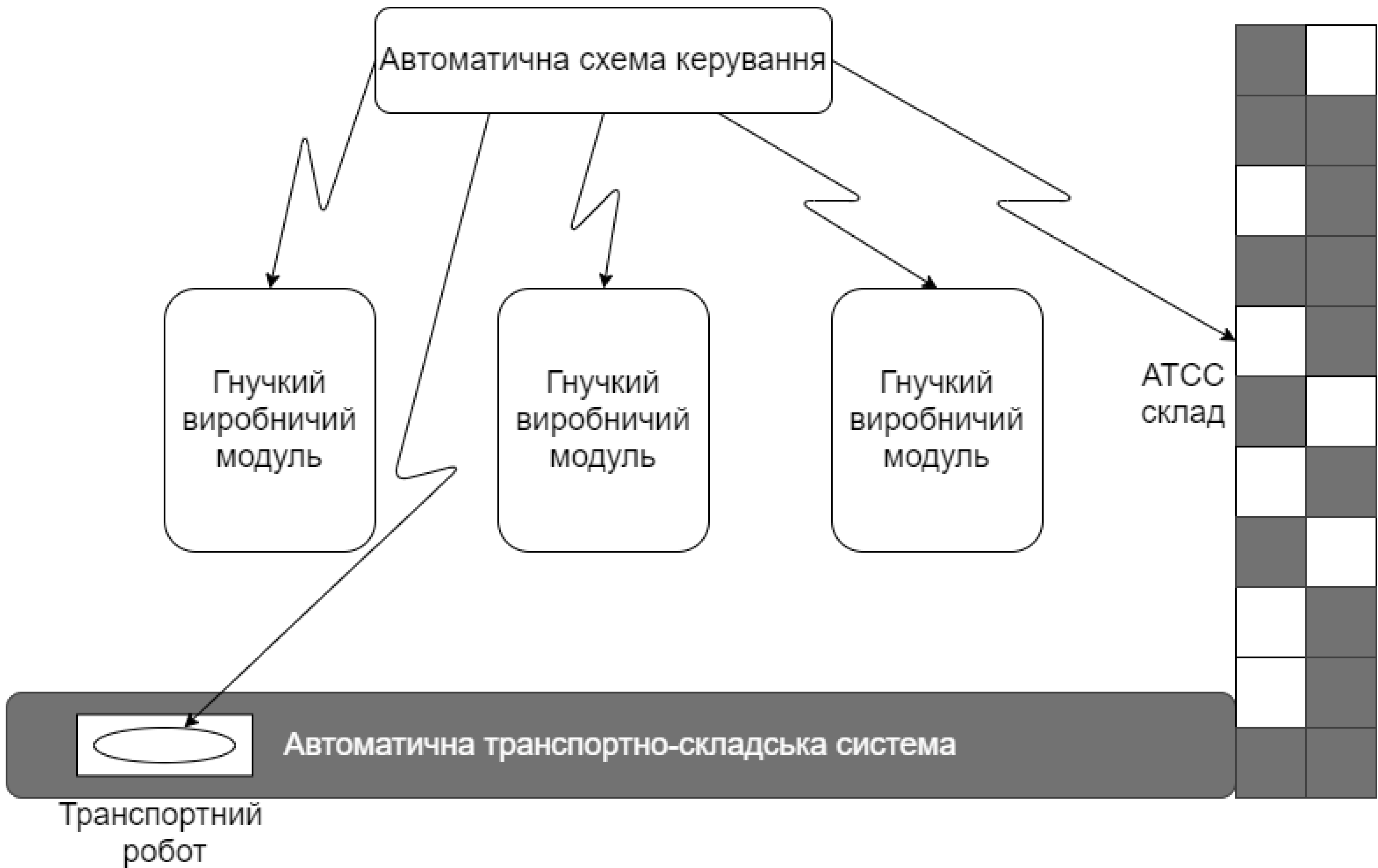
1. \*Разміри для довідок
2. Передичність огляду після кожної партії деталей.
3. Передичність ремонту після одного року експлуатації.
4. Здерігати при транспортуванні в спеціальній тарі
5. Поверхні що труться змазати мастилом ЛІТОЛ 24 ГОСТ 21150-2017

ДІПБ 7115.1702.012 СК				Лист	Маса	Масштаб
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Контрольне пристосування		
Разрад	Харченко А.Д.			складальне креслення		
Проб.	Степеляк Н.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.				ПБФ, 4 курс		
Н.контр.				Копирайтер		
Утв.	Степеляк Н.В.			Формат А1		

Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50

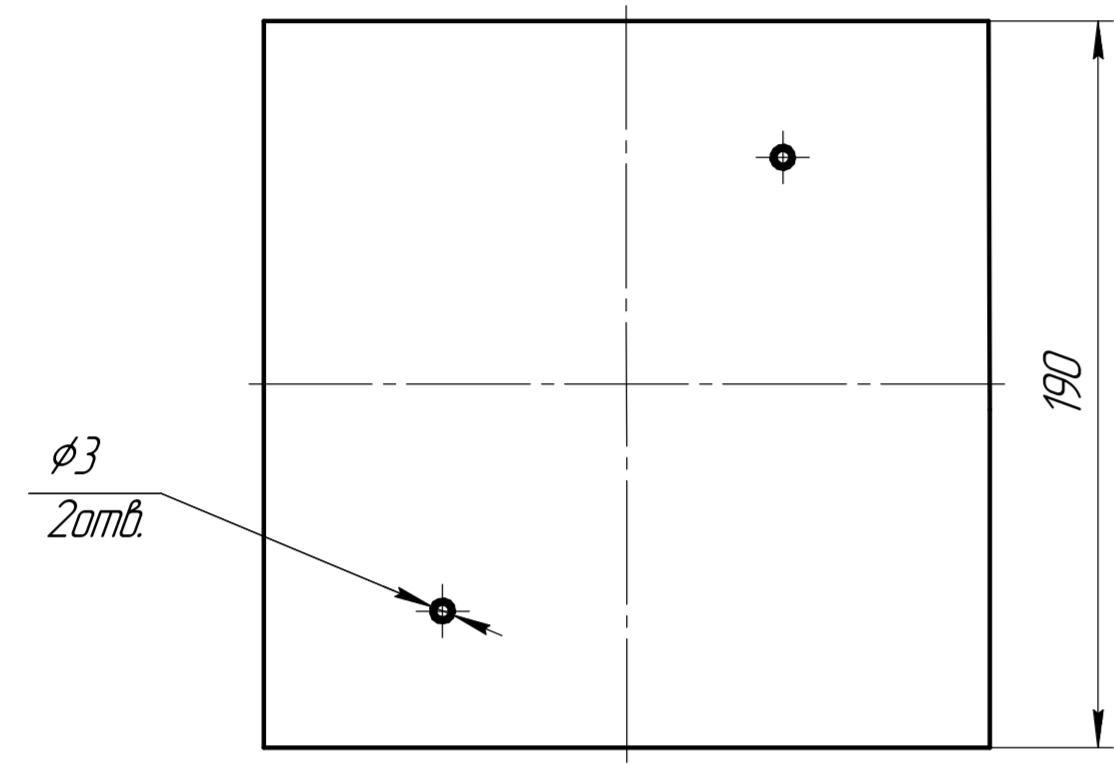
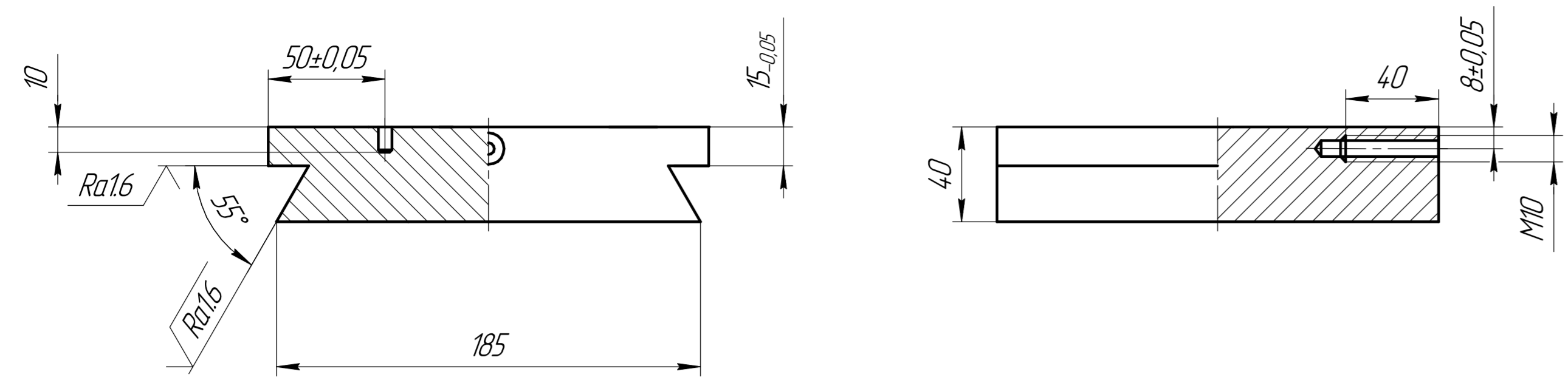


Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Изм. № дроб.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Изм. № подл.	



				ДП ПБ7115.7102.011 СХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Структурна схема гнучкої виробничої дільниці	Лит.	Масштаб
Разраб.		Хажиленко А.Д.					1:1
Проб.		Стельмах Н.В.				Лист	Листов 1
Т.контр.						КПІ "ПБФ"	
Н.контр.						Копировал	
Утв.		Стельмах Н.В.				Формат А2	

Ra 3.6

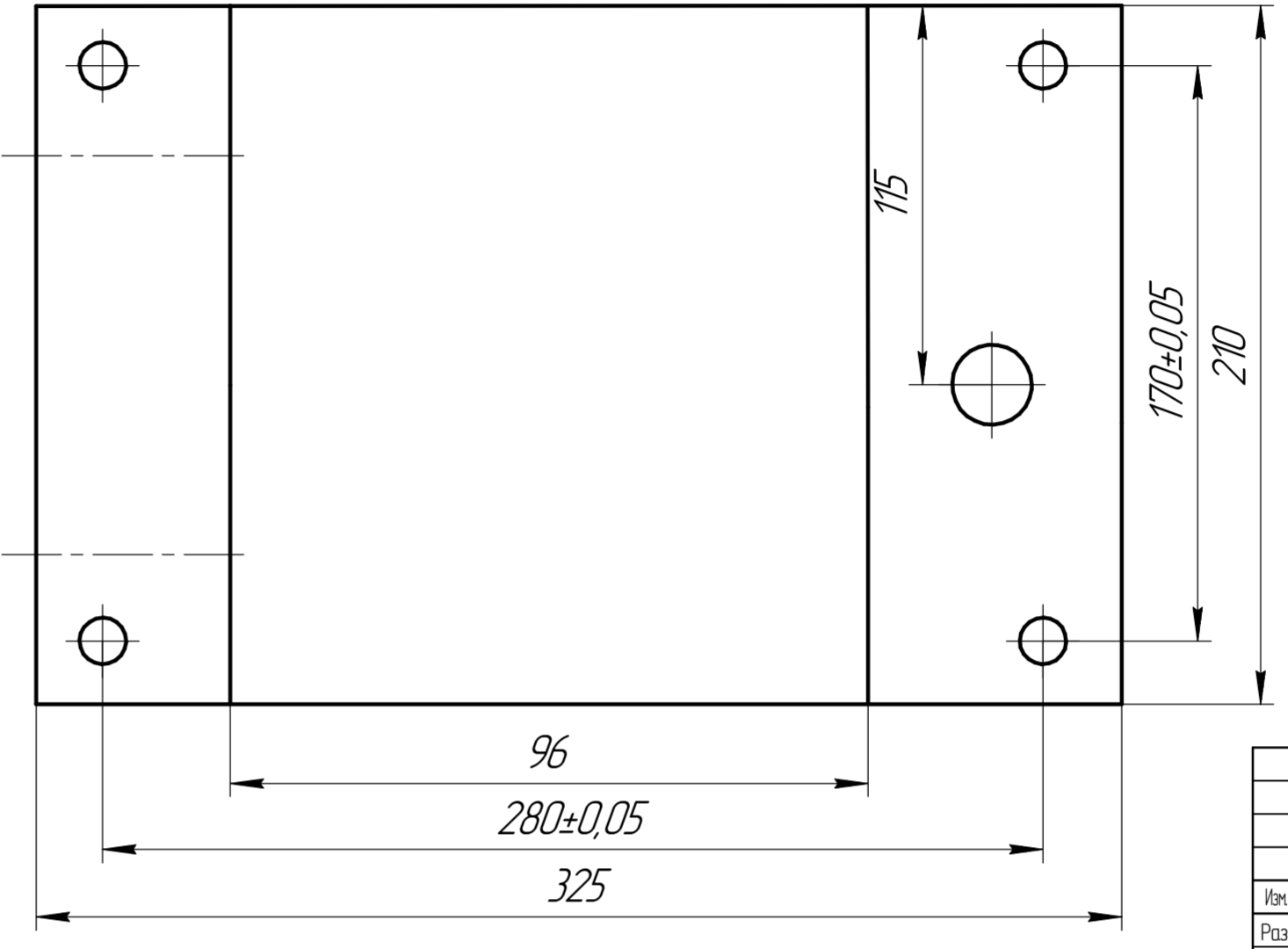
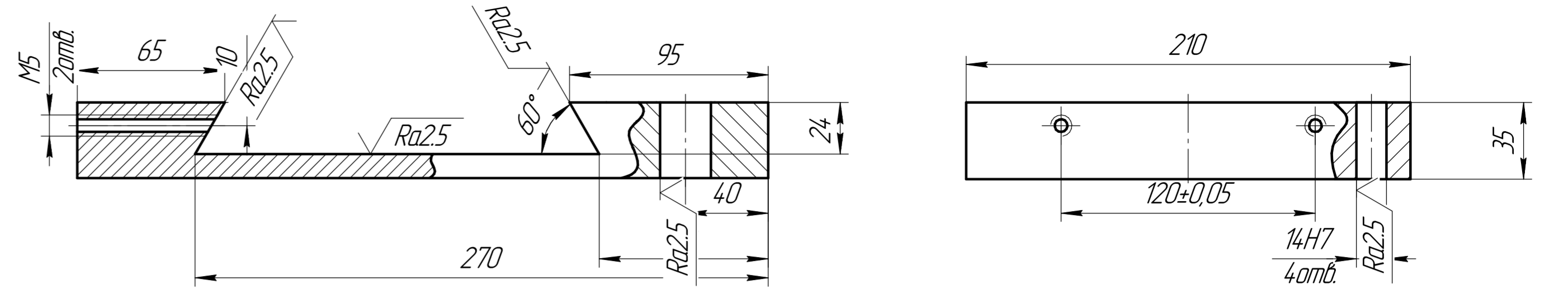


- \*Разміри для довідок.
- Невказані граничні відхилення H12, h12 ±  $\frac{IT12}{2}$ .
- Поверхні тертя змазати мастилом ЛИТОЛ 24 ГОСТ 21150-2017

Сталь ГОСТ 45 1050-88

				ДП.ПБ 7115.1702.012.09		
				Направляюча		
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
№	Лист	№ докум.	Підп.	Івано	Лист	Масштаб
Розроб		Хакименко А.Д.			1	1:1
Проб.		Степняк Н.В.				
Технік						
Нконтр.						
Члб.		Степняк Н.В.				

Ra 3.6

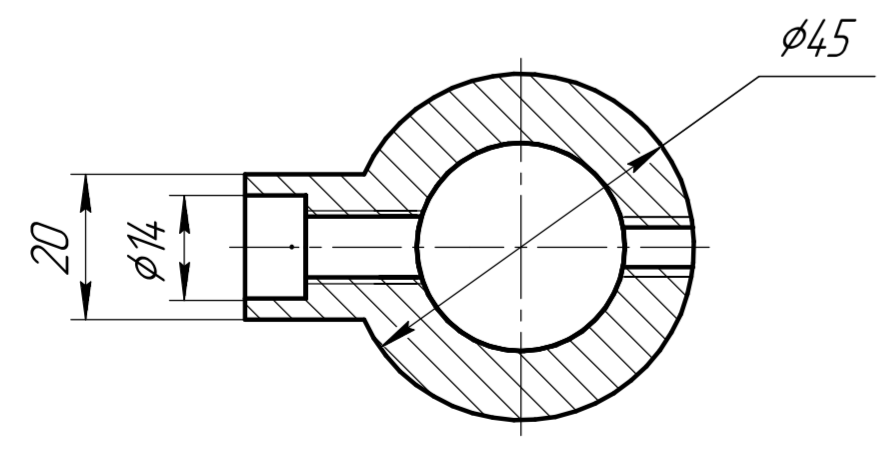
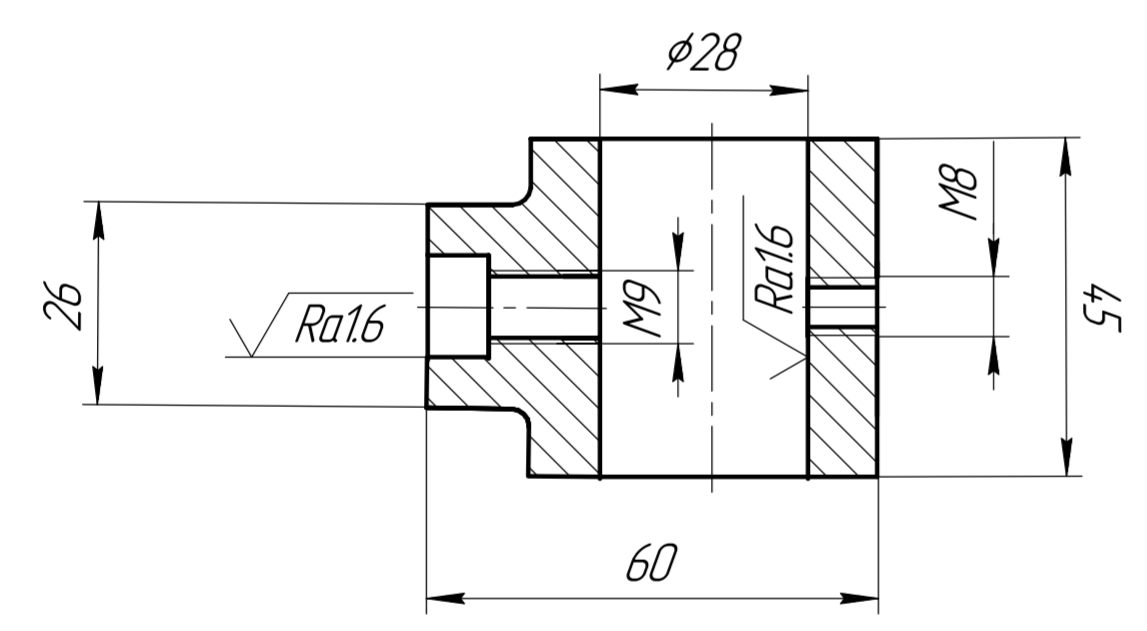


- \*Разміри для довідок.
- Невказані граничні відхилення H12, h12 ±  $\frac{IT12}{2}$ .
- Поверхні тертя змазати мастилом ЛИТОЛ 24 ГОСТ 21150-2017

ДП.ПБ 7115.1702.012.08

				Плита		
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
№	Лист	№ докум.	Підп.	Івано	Лист	Масштаб
Розроб		Хакименко А.Д.			1	1:1
Проб.		Степняк Н.В.				
Технік						
Нконтр.						
Члб.		Степняк Н.В.				

Ra 2.9

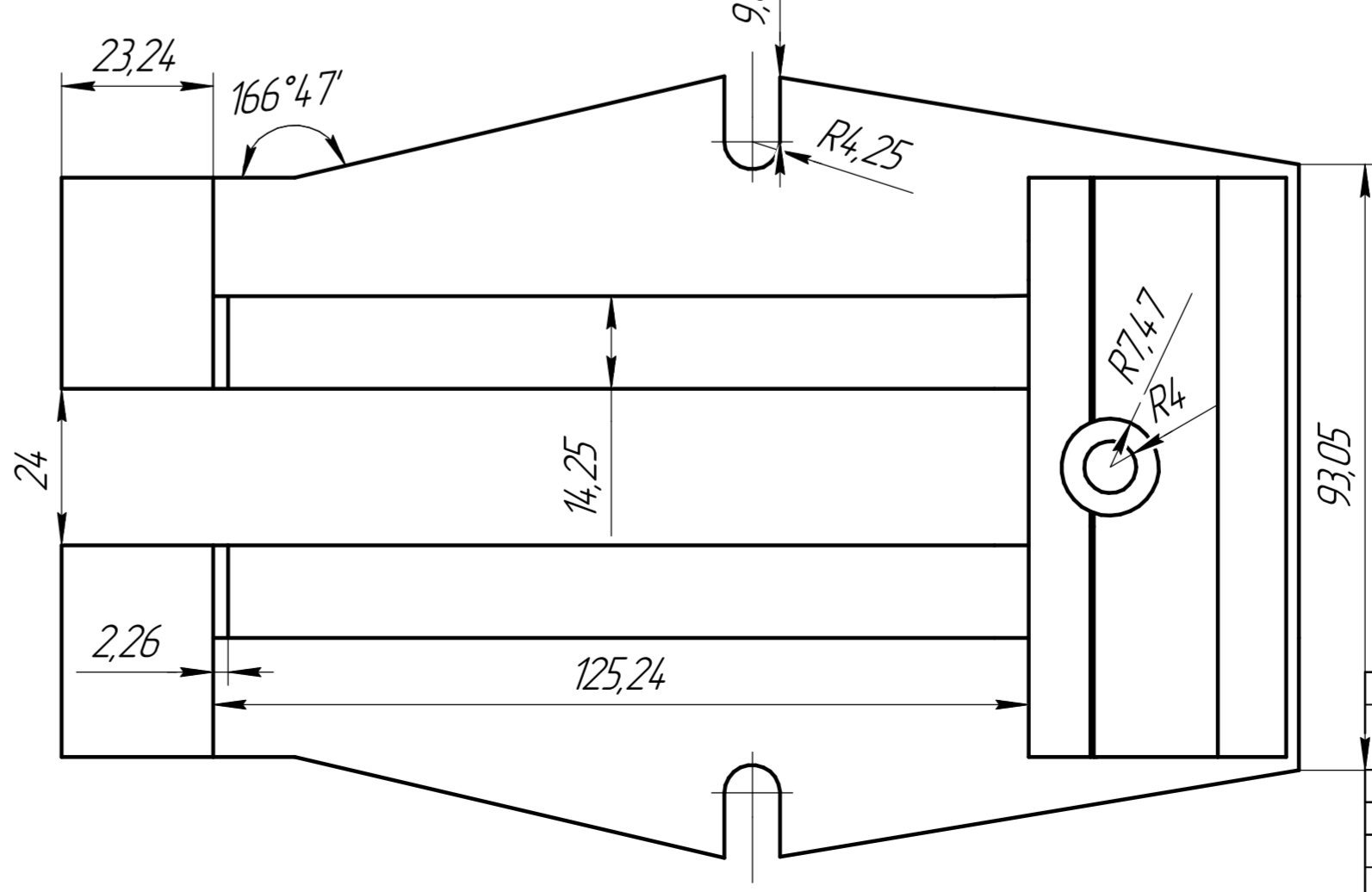
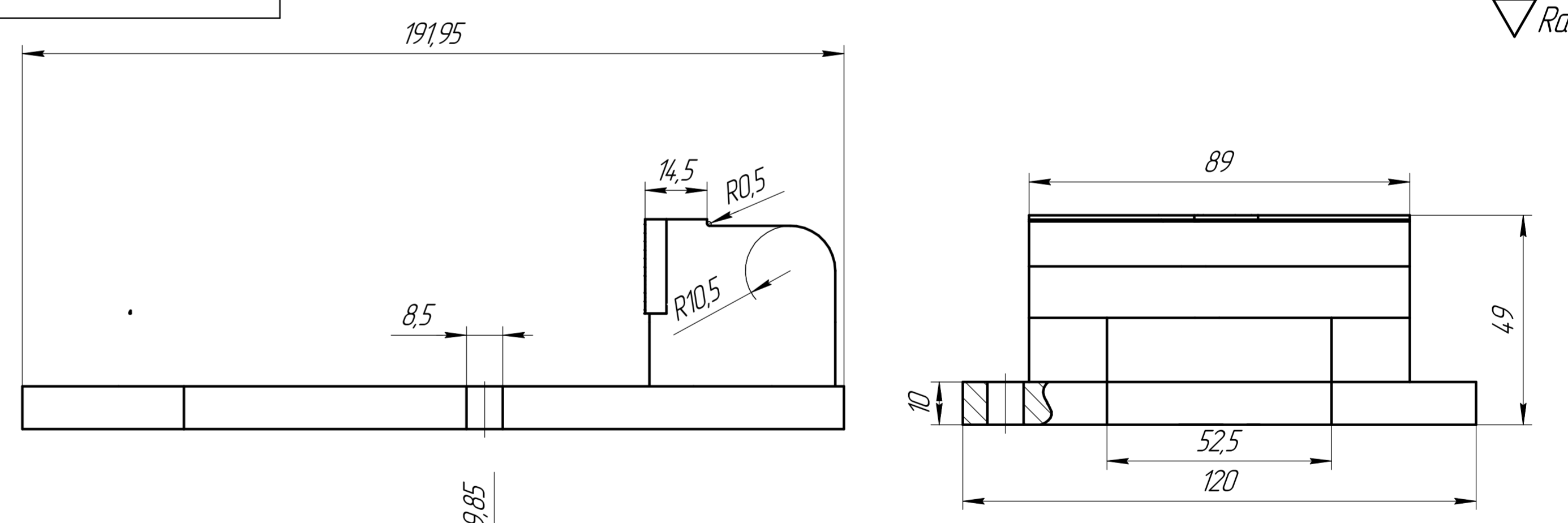


- \*Разміри для довідок.  
Невказані ливарні відхили 3мм.  
Невказані граничні відхилення H12, h12 ±  $\frac{IT12}{2}$ .

ДП.ПБ 7115.1702.012.05

				Регулювальна втулка		
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
№	Лист	№ докум.	Підп.	Івано	Лист	Масштаб
Розроб		Хакименко А.Д.			1	1:1
Проб.		Степняк Н.В.				
Технік						
Нконтр.						
Члб.		Степняк Н.В.				

Ra 12.5



ДП.ПБ 7115.1702.011.03

				Платформа		
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
№	Лист	№ докум.	Підп.	Івано	Лист	Масштаб
Розроб		Хакименко А.Д.			1	1:1
Проб.		Степняк Н.В.				
Технік						
Нконтр.						
Члб.		Степняк Н.В.				

# **Додаток Б**

Перш. Застосування	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
Справ. №	A3			ДП ПБ71.7122.7102.001.000	Складальне креслення			
					<u>Деталі</u>			
			1	ДП ПБ71.7122.7102.001.004	Кронштейн бічний	4		
			2	ДП ПБ71.7122.7102.001.005	Кабельний канал тримач зовн.	2		
			3	ДП ПБ71.7122.7102.001.006	Кабельний канал тримач внутр.	2		
			4	ДП ПБ71.7122.7102.001.007	Кабельний канал ланцюг	200		
			5	ДП ПБ71.7122.7102.001.008	Кронштейн зовнішній осі x	2		
			6	ДП ПБ71.7122.7102.001.009	Кронштейн внутрішній осі x	2		
			7	ДП ПБ71.7122.7102.001.010	Кронштейн каретки осі X зовн.	1		
			8	ДП ПБ71.7122.7102.001.011	Кронштейн каретки осі X внутр.	1		
Підп. і дата			9	ДП ПБ71.7122.7102.001.012	Кронштейн осі Z низ.	1		
			10	ДП ПБ71.7122.7102.001.013	Кронштейн осі Z верх	1		
			11	ДП ПБ71.7122.7102.001.014	Кронштейн каретки осі Z	11		
			12	ДП ПБ71.7122.7102.001.015	Хардовий корпус осі Z	1		
Інв.№ дубл.			13	ДП ПБ71.7122.7102.001.016	Електромагніт 4В 30кг	1		
			14	ДП ПБ71.7122.7102.001.017	Тримач Інструменту	1		
			15	ДП ПБ71.7122.7102.001.018	Кронштейн запасного інструменту	4		
Взаєм.інв.№			16	ДП ПБ71.7122.7102.001.019	Електромагніт 3В 5кг	4		
			17	ДП ПБ71.7122.7102.001.020	Корпус плоттера	1		
			18	ДП ПБ71.7122.7102.001.021	Корпус леза	1		
Підп. і дата			19	ДП ПБ71.7122.7102.001.022	Корпус фрезера	1		
	ПБ 7122.1701.001.00 СП							
	Інв.№ подл	Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата		
Разрад.			Хажиленко А.Д.			Лім.	Лист	Листів
Пров.			Стельмах В.С.					
Н.контр						<b>НТУУ "КПІ" ПБФ</b>		
Затв.		Стельмах Н.В.						
<b>Універсальний верстат</b>								

		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				20	ДП ПБ71.7122.7102.001.023	Корпус лазера	1	
				21	ДП ПБ71.7122.7102.001.024	Лазер СК	1	
				22	ДП ПБ71.7122.7102.001.025	Лезо СК	1	
				23	ДП ПБ71.7122.7102.001.026	Фрезер СК	1	
				24	ДП ПБ71.7122.7102.001.027	Стрижень СК	1	
						<u>Стандартні вироби</u>		
				25	ДП ПБ71.7122.7102.001.028	Профіль V-slot 30x60 1м	11	
				26	ДП ПБ71.7122.7102.001.029	Профіль V-slot 20x20 1м	1	
				27	ДП ПБ71.7122.7102.001.030	T-Гайка М4 під паз 6мм	68	
				28	ДП ПБ71.7122.7102.001.031	Болт М4x10	56	
				29	ДП ПБ71.7122.7102.001.032	Болт М4x8	20	
				30	ДП ПБ71.7122.7102.001.033	Болт М5x30	26	
				31	ДП ПБ71.7122.7102.001.034	Болт М5x60	22	
				32	ДП ПБ71.7122.7102.001.035	Ексцентрик під вісь 5мм	28	
				33	ДП ПБ71.7122.7102.001.036	Петлі 28.5x30x0.8В	5	
				34	ДП ПБ71.7122.7102.001.037	Шків 12мм 20зуб. Під вісь 5мм	9	
				35	ДП ПБ71.7122.7102.001.038	Шків 12мм 40 зуб під вісь 5мм	1	
				36	ДП ПБ71.7122.7102.001.039	Шків 12мм 40зуб. Під вісь 8мм	1	
				37	ДП ПБ71.7122.7102.001.040	Ремінь grt2 12 1250мм	5	
				38	ДП ПБ71.7122.7102.001.041	Двигун кроковий NEMA 23	6	
				39	ДП ПБ71.7122.7102.001.042	Гайка стопорна м5	22	
				40	ДП ПБ71.7122.7102.001.043	Гайка М5	18	
				41	ДП ПБ71.7122.7102.001.044	Вал гвинтовий 8мм	1	
				42	ДП ПБ71.7122.7102.001.045	Ходова гайка	1	
				43	ДП ПБ71.7122.7102.001.046	Вал 8мм	2	
Інв.№ подл	Підп. і дата							
		Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	ПБ 7122.1701.001.00 СП	
								Лист
								2

Підп. і дата
Інв.№ аудл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№ поділ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		50	ДП ПБ71.7122.7102.001.057	Ремінь ggm2 12 200мм кільце	1	
		49	ДП ПБ71.7122.7102.001.056	Тримач профіля 20x20	2	
		44	ДП ПБ71.7122.7102.001.047	Лінійний підшипник під вал 8мм	4	
		45	ДП ПБ71.7122.7102.001.048	Підшипник з демпфером 8мм	6	
		46	ДП ПБ71.7122.7102.001.049	Кроковий двигун Nema 23	6	
			ДП ПБ71.7122.7102.001.050	Драйвер крокового двигуна TB6600	6	
			ДП ПБ71.7122.7102.001.051	Плата Arduino Mega	1	
			ДП ПБ71.7122.7102.001.052	Плата розширення RAMPS 1.4	1	
			ДП ПБ71.7122.7102.001.053	Блок живлення 220В 4.8А 400Вт	1	
		47	ДП ПБ71.7122.7102.001.054	Колесо тип V 24мм	24	
		48	ДП ПБ71.7122.7102.001.055	Проставка 6мм під вісь 5мм	32	
		51	ДП ПБ71.7122.7102.001.055	Гайка M4	36	

Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата
-----	------	---------	-------	------

Перш. Застосування	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
Справ. №	А3								
						<u>Документація</u>			
					ДП ПБ71.7122.7102.001.000	Фрезер СК			
						<u>Деталі</u>			
				1	ДП ПБ71.7122.7102.001.004	Шпиндель	1		
				2	ДП ПБ71.7122.7102.001.005	Тримач фрезера	1		
				3	ДП ПБ71.7122.7102.001.006	Електромагніт ЗВ 5кг	2		
				4	ДП ПБ71.7122.7102.001.007	Кронштейн	1		
					<u>Стандартні вироби</u>				
Підп. і дата			5	ДП ПБ71.7122.7102.001.011	Болт М4х8	4			
Інв.№ дубл.									
Взаєм.інв.№									
Підп. і дата									
Інв.№ подл	Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	ПБ 7122.1701.001.004 СП			
	Разрад.		Хажиленко А.Д.			Фрезер СК	Літ.	Лист	Листів
	Пров.		Стельмах В.С.					1	3
	Н.контр						НТУУ "КПІ" ПБФ		
	Затв.		Стельмах Н.В.						

Перш. Застосування	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
Справ. №	A3			ДП ПБ71.7122.7102.001.005	Лазер СК				
					<u>Документація</u>				
					<u>Деталі</u>				
			3	ДП ПБ71.7122.7102.001.004	Лазер	1			
			2	ДП ПБ71.7122.7102.001.017	Тримач лазера	1			
			4	ДП ПБ71.7122.7102.001.019	Електромагніт ЗВ 5кг	2			
			1	ДП ПБ71.7122.7102.001.018	Кронштейн запасного інструменту	1			
				<u>Стандартні вироби</u>					
Підп. і дата			5	ДП ПБ71.7122.7102.001.032	Болт М4x8	4			
Інв.№ дубл.									
Взаєм.інв.№									
Підп. і дата									
Інв.№ подл	Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	ПБ 7122.1701.001.005 СП			
	Разрад.		Хажиленко А.Д.			Лазер СК	Літ.	Лист	Листів
	Пров.		Стельмах В.С.					1	1
	Н.контр					НТУУ "КПІ" ПБФ			
	Затв.		Стельмах Н.В.						



Перш. Застосування	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Справ. №	A3			ДП ПБ71.7122.7102.001.006	Лезо СК		
					<u>Документація</u>		
					<u>Деталі</u>		
			4	ДП ПБ71.7122.7102.001.004	Лезо	1	
			2	ДП ПБ71.7122.7102.001.017	Тримач леза	1	
			3	ДП ПБ71.7122.7102.001.019	Електромагніт ЗВ 5кг	2	
			1	ДП ПБ71.7122.7102.001.018	Кронштейн запасного інструменту	1	
				<u>Стандартні вироби</u>			
Підп. і дата			5	ДП ПБ71.7122.7102.001.032	Бовт М4x8	4	
Інв.№ дубл.							
Взаєм.інв.№							
Підп. і дата							
Інв.№ подл	Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	ПБ 7122.1701.001.006 СП	
	Разраб.		Хажиленко А.Д.			Літ.	Лист
	Проб.		Стельмах В.С.				1
	Н.контр					Листів	
	Затв.		Стельмах Н.В.			1	
					Лезо СК	НТУУ "КПІ" ПБФ	

			МАРШРУТНА КАРТА								Литера			
Материал			Код ед. величины	Масса детали	Заготовка			Единица нормирования	Норма расхода	Коэф. спольз				
Наименование, марка		Код			Код и вид	Профиль и размеры	Код дет.				Масса			
Сталь 45 ГОСТ 1050-88				1.377		Лазерна різка		0,65						
Цеха	Участка	Номер Операции	Наименование и содержание операции		Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)	Приспособление и инструмента (код, инвентарный номер)	Коэф. штучного времени	Количество рабочих	Количество обрабатываемых деталей	Код тарифной	Объем производственной партии			
							Код профессии	Разряд работы	Единица нормирования	Код вида нормы				
		005	Заготівельна		Універсальний верстат									
		010	Лазерна різка		Універсальний верстат	Прижимні пластини								
		015	Шліфувальна		Шліфувальний RBDS4601G	Електромагнітний стіл								
		020	Контрольна		Контрольне пристосування	Стіл								
							Разраб.	Хажиленко А.Д.			Лист			
							Перевірив	Стельмах Н.В.			1			
											Лист в			
											1			

	Из м	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Н. контр			
--	---------	------	----------	---------	------	-----	------	----------	---------	------	----------	--	--	--

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																4	1		
Разраб.	Хажиленко А.Д.			НТУУ «КПІ»	ДП ПБ7122.7115.000.001	ДП ПБ7122.7115.000.001	000000.00001												
Провер.	Стельмах Н.В.																		
Н.контр.																			001
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм.,			МЗ	КОИД							
Заготівельна		Сталь 45 ГОСТ 1050-88			650	166	1,377	180x120x10			1,946	-							
Оборудование; устройство ЧПУ		Обозначение программы			To	Tв	Tпз	Тшт		Сож									
Універсальний верстат		-			-	-	-	-		-									
P	Содержание перехода			To	D или B	L	t	i	S	n	V								
О 01	1. Установити, закріпити.																		
Т 02	Прижимні пластини																		
03																			
О 04	2. Активувати лазерний інструментальний модуль																		
Т 05	Універсальний верстат																		
06																			
О 07	3. Калібрувати вісь Z для встановлення інструменту на фокусну відстань																		
08	Датчик BL Touch																		
09																			
10	3. Вирізати деталь згідно креслення																		
11																			
12	4. Зняти																		
13																			
OK	Операционная карта																		



Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
														4	3				
Разраб.	Хажиленко А.Д			НТУУ «КПІ»	ДП ПБ7122.1702.001			ДП ПБ7122.1702.001			000000.00001								
Провер.	Стельмах Н. В.																		
Н.контр.															015				
Наименование операции				Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм.,				КОИД					
Заготівельна				Сталь 45 ГОСТ 1050-88			650	166	1,377	180x120x10									
Оборудование; устройство ЧПУ				Обозначение программы			To	Tв	Tпз	Tшт	Сож								
Контрольний стіл							-	-	-	-	-								
P	Содержание перехода			To	D или B	L	t	i	S	n	V								
О 01	1. Установити, закріпити.																		
T 02	Пристосування для контролю ДП ПБ7122.1702.003 СК																		
03																			
О 04	2. Контролювати паралельність поверхонь																		
T 05	Пристосування для контролю ДП ПБ7122.1702.003 СК																		
06																			
О 07	3. Розкріпити, зняти																		
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
ОК	Операционная карта																		

				МАРШРУТНА КАРТА										Литера																																																																	
Материал				Код ед. величины	Масса детали	Заготовка				Единица нормирования	Норма расхода	Коэф. спольз																																																																			
Наименование, марка		Код				Код и вид	Профиль и размеры	Код дет.	Масса																																																																						
Сталь 45 ГОСТ 1050-88					976г		Лазерна різка																																																																								
Номер			Наименование и содержание операции				Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)		Приспособление и инструмента (код, инвентарный номер)		Коэф. штучного времени		Количество рабочих	Количество обрабатываемых деталей	Код тарифной	Объем производственной партии																																																															
Цеха	Участка	Операции									Код профессии						Разряд работы	Единица нормирования	Код вида нормы																																																												
		005	Заготівельна				Універсальний верстат																																																																								
		010	Лазерна різка				Універсальний верстат		Прижимні пластини																																																																						
		015	Калібрувальна				Універсальний верстат		Датчик VL Touch																																																																						
		020	Фрезерувальна				Універсальний верстат		Прижимні пластини																																																																						
		025	Шліфувальна				Верстат шліфувальний RBDS4601G		Електромагнітний стіл																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="11"></td> <td>Разраб.</td> <td>Хажиленко А.Д.</td> <td colspan="2"></td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td colspan="11"></td> <td>Перевірив</td> <td>Стельмах Н.В.</td> <td colspan="2"></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="11"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>Изм</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td>Изм</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td>Н. контр</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td>2</td> </tr> </table>																											Разраб.	Хажиленко А.Д.			Лист												Перевірив	Стельмах Н.В.			1																Листов	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Н. контр					2
											Разраб.	Хажиленко А.Д.			Лист																																																																
											Перевірив	Стельмах Н.В.			1																																																																
															Листов																																																																
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Н. контр					2																																																																





Дубл.													
Взам.													
Подп.													

										6	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Хажиленко А.Д.			НТУУ «КПІ»	ДП ПБ7122.7115.000.001	ДП ПБ7122.7115.000.001	000000.00001				
Провер.	Стельмах Н.В.										

Н.контр.													001
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм.,		МЗ	КОИД
Заготівельна		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		650	166	976г	140x180x11		1.846	-
Оборудование; устройство ЧПУ		Обозначение программы		To	Tв	Тпз	Тшт	Сож		
Універсальний верстат		-		-	-	-	-	-		

Р	Содержание перехода			To	D или B	L	t	i	S	n	V
---	---------------------	--	--	----	---------	---	---	---	---	---	---

О 01	1. Установити, закріпити.										
------	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Т 02	Прижимні пластини										
03											

О 04	2. Активувати лазерний інструментальний модуль										
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Т 05	Універсальний верстат										
06											

О 07	3. Калібрувати вісь Z для встановлення інструменту на фокусну відстань										
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

08	Датчик BL Touch										
09											

10	4. Вирізати деталь згідно креслення										
----	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

11											
12	5. Встановити лазерний інструментальний модуль на вільний тримач для неактивних інструментів										

13											
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ОК	Операционная карта										
----	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														6	2					
Разраб.	Хажиленко А.Д																			
Провер.	Стельмах Н.В.																			
				НТУУ «КПІ»				ДП ПБ7122.7115.000.001				ДП ПБ7122.7115.000.001				000000.00001				
Н.контр.																				010
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ	МД	Профиль, разм.,				КОИД				
Заготівельна				Сталь 45 ГОСТ 1050-88				650		166	976	140x180x11								
Оборудование; устройство ЧПУ				Обозначение программы				То	Тв	Тпз	Тшт	Сож								
Універсальний верстат								-	-	-	-	-								
P	Содержание перехода						То	D или B	L	t	i	S	n	V						
O 01	6. Активувати фрезерний інструментальний модуль																			
T 02	Універсальний верстат ДП ПБ7122.7115.000.000 СК																			
03																				
O 04	7. Калібрувати фрезерний інструментальний модуль																			
T 05	Датчик BL Touch																			
06																				
O 07	8. Фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14 за допомогою циклу чистової обробки G70																			
T 08	Циліндрична з мілким зубом P8, Ø12 100																			
09																				
O 10	9. Зупинити роботу верстата командою G4																			
T 11																				
12	10. Замінити інструмент																			
13	Циліндрична фреза з мілким зубом Ø4																			
OK	Операционная карта																			

Дубл.															
Взам.															
Подп.															

3

КП ПБ7122.1702.001

КП ПБ7122.1702.001

010

Р	Содержание перехода	To	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	11. Фрезерувати поверхні 11, 12 циклом чистової обробки G70								
Т 02	Циліндрична фреза з мілким зубом Ø4								
03									
О 04	12. Розкріпити, зняти заготовку								
Т 05									
06									
О 07									
Т 08									
09									
О 10									
Т 11									
12									
О 13									
Т 14									
15									
О 16									
Т 17									
О 18									

ОК

Операционная карта

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
															6	4				
Разраб.	Хажиленко А.Д.			НТУУ «КПІ»		ДП ПБ7122.7115.000.001		ДП ПБ7122.7115.000.001		000000.00001										
Провер.	Стельмах Н.В.																			
Н.контр.													015							
Наименование операции			Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм.,			КОИД								
Шліфувальна			Сталь 45 ГОСТ 1050-88			650	166	976	140x180x11											
Оборудование; устройство ЧПУ			Обозначение программы			To	Tв	Tпз	Tшт	Сож										
Плоскошліфовальний верстат 3Б722						-	-	-	-	-										
P	Содержание перехода				To	D или B	L	t	i	S	n	V								
О 01	1. Установити, закріпити.																			
Т 02	Електромагнітний стіл																			
03																				
О 04	2. Шліфувати поверхні 7				-	87	94	0,14	1	-	-	-								
Т 05	Шліфовальний круг 25А, ЧЦ Ø50 x 100																			
06																				
О 07	3. Шліфувати поверхню 8				-	87	94	0,08	1	-	-	-								
Т 08	Шліфовальний круг 25А, ЧЦ Ø50 x 100																			
09																				
О 10	4. Шліфувати поверхню 9				-	87	94	0,08	1	-	-	-								
Т 11	Шліфовальний круг 25А, ЧЦ Ø50 x 100																			
12																				
13																				
ОК	Операционная карта																			

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			

5

КП ПБ7122.1702.001

КП ПБ7122.1702.001

015

Р	Содержание перехода	To	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	5. Переустановити, закріпити								
Т 02	Електромагнітний стіл								
03									
О 04	6. Шліфувати поверхню 15	-	87	94	0,08	1	-	-	-
Т 05	Шліфовальний круг 25А, ЧЦ Ø50 x 100								
06									
О 07	7. Розкріпити, зняти								
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
ОК	Операционная карта								

Дубл.													
Взам.													
Подп.													

6

6

Разраб.	Хажиленко А.Д.			НТУУ «КПІ»	ДП ПБ7122.7115.000.001	ДП ПБ7122.7115.000.001	000000.00001						035	
Провер.	Стельмах Н.В.													
Н.контр.														

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм.,		КОИД
Контрольна	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	650	166	976	140x180x11		
Оборудование; устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	Tв	Тпз	Тшт	Сож	
Контрольний стіл		-	-	-	-	-	

Р	Содержание перехода	To	D или B	L	t	i	S	n	V
О 01	1. Установити, закріпити.								
Т 02	Пристосування для контролю ДП ПБ7122.1702.003 СК								
03									
О 04	2. Контролювати паралельність поверхонь								
Т 05	Пристосування для контролю ДП ПБ7122.1702.003 СК								
06									
О 07	3. Розкріпити, зняти								
08									
09									
10									
11									
12									
13									
ОК	Операционная карта								

# **Додаток В**

```

#include "MarlinSerial.h"

#ifndef AT90USB

#if defined(UBRRH) || defined(UBRR0H) || defined(UBRR1H) || defined(UBRR2H) || defined(UBRR3H)

#if UART_PRESENT(SERIAL_PORT)
  ring_buffer rx_buffer = { { 0 }, 0, 0 };
#endif

FORCE_INLINE void store_char(unsigned char c)
{
  int i = (unsigned int)(rx_buffer.head + 1) % RX_BUFFER_SIZE;
  rx_buffer.buffer[rx_buffer.head] = c;
  rx_buffer.head = i;
}
}
if (i != rx_buffer.tail) {
  rx_buffer.buffer[rx_buffer.head] = c;
  rx_buffer.head = i;
}
}

#elif defined(SIG_USART_RECV)
#if defined(M_USARTx_RX_vect)
  fixed by Mark Sproul this is on the 644/644p
  SIGNAL(SIG_USART_RECV)
  SIGNAL(M_USARTx_RX_vect)
  {
    unsigned char c = M_UDRx;
    store_char(c);
  }
#endif
void MarlinSerial::begin(long baud)
{
  uint16_t baud_setting;
  bool useU2X = true;

#if F_CPU == 16000000UL && SERIAL_PORT == 0
  if (baud == 57600) {
    useU2X = false;
  }
#endif

if (useU2X) {
  M_UCSRxA = 1 << M_U2Xx;
  baud_setting = (F_CPU / 4 / baud - 1) / 2;
} else {
  M_UCSRxA = 0;
  baud_setting = (F_CPU / 8 / baud - 1) / 2;
}
M_UBRRxH = baud_setting >> 8;
M_UBRRxL = baud_setting;

```



```

sbi(M_UCSRxB, M_RXENx);
sbi(M_UCSRxB, M_TXENx);
sbi(M_UCSRxB, M_RXCIEx);
}

```

```

void MarlinSerial::end()
{
  cbi(M_UCSRxB, M_RXENx);
  cbi(M_UCSRxB, M_TXENx);
  cbi(M_UCSRxB, M_RXCIEx);
}

```

```

int MarlinSerial::peek(void)
{
  if (rx_buffer.head == rx_buffer.tail) {
    return -1;
  } else {
    return rx_buffer.buffer[rx_buffer.tail];
  }
}

```

```

int MarlinSerial::read(void)
{
  // if the head isn't ahead of the tail, we don't have any characters
  if (rx_buffer.head == rx_buffer.tail) {
    return -1;
  } else {
    unsigned char c = rx_buffer.buffer[rx_buffer.tail];
    rx_buffer.tail = (unsigned int)(rx_buffer.tail + 1) % RX_BUFFER_SIZE;
    return c;
  }
}

```

```

void MarlinSerial::flush()
{

```

```

void MarlinSerial::print(char c, int base)
{
  print((long) c, base);
}

```

```

void MarlinSerial::print(unsigned char b, int base)
{
  print((unsigned long) b, base);
}

```

```

void MarlinSerial::print(int n, int base)
{
  print((long) n, base);
}

```

```

void MarlinSerial::print(unsigned int n, int base)
{
  print((unsigned long) n, base);
}

```

```

void MarlinSerial::print(long n, int base)
{
  if (base == 0) {
    write(n);
  } else if (base == 10) {
    if (n < 0) {
      print('-');
      n = -n;
    }
    printNumber(n, 10);
  } else {
    printNumber(n, base);
  }
}

void MarlinSerial::print(unsigned long n, int base)
{
  if (base == 0) write(n);
  else printNumber(n, base);
}

void MarlinSerial::print(double n, int digits)
{
  printFloat(n, digits);
}

void MarlinSerial::println(void)
{
  print('\r');
  print('\n');
}

void MarlinSerial::println(const String &s)
{
  print(s);
  println();
}

void MarlinSerial::println(const char c[])
{
  print(c);
  println();
}

void MarlinSerial::println(char c, int base)
{
  print(c, base);
  println();
}

void MarlinSerial::println(unsigned char b, int base)
{
  print(b, base);
  println();
}

void MarlinSerial::println(int n, int base)

```

```

{
  print(n, base);
  println();
}

void MarlinSerial::println(unsigned int n, int base)
{
  print(n, base);
  println();
}

void MarlinSerial::println(long n, int base)
{
  print(n, base);
  println();
}

while(block_index != block_buffer_head) {
  if((block_buffer[block_index].steps_x != 0) ||
    (block_buffer[block_index].steps_y != 0) ||
    (block_buffer[block_index].steps_z != 0)) {
    float
se=(float(block_buffer[block_index].steps_e)/float(block_buffer[block_index].step_event_count))*block_buffer[block_in
dex].nominal_speed;
    //se; mm/sec;
    if(se>high)
    {
      high=se;
    }
  }
  block_index = (block_index+1) & (BLOCK_BUFFER_SIZE - 1);
}

float g=autotemp_min+high*autotemp_factor;
float t=g;
if(t<autotemp_min)
  t=autotemp_min;
if(t>autotemp_max)
  t=autotemp_max;
if(oldd>t)
{
  t=AUTOTEMP_OLDWEIGHT*oldd+(1-AUTOTEMP_OLDWEIGHT)*t;
}
oldd=t;
setTargetHotend0(t);
}
#endif

void check_axes_activity()
{
  unsigned char x_active = 0;
  unsigned char y_active = 0;
  unsigned char z_active = 0;
  unsigned char e_active = 0;
  unsigned char tail_fan_speed = fanSpeed;
#ifdef BARICUDA
  unsigned char tail_valve_pressure = ValvePressure;
  unsigned char tail_e_to_p_pressure = EtoPPressure;

```

```

#endif
block_t *block;

if(block_buffer_tail != block_buffer_head)
{
  uint8_t block_index = block_buffer_tail;
  tail_fan_speed = block_buffer[block_index].fan_speed;
#ifdef BARICUDA
  tail_valve_pressure = block_buffer[block_index].valve_pressure;
  tail_e_to_p_pressure = block_buffer[block_index].e_to_p_pressure;
#endif
  while(block_index != block_buffer_head)
  {
    block = &block_buffer[block_index];
    if(block->steps_x != 0) x_active++;
    if(block->steps_y != 0) y_active++;
    if(block->steps_z != 0) z_active++;
    if(block->steps_e != 0) e_active++;
    block_index = (block_index+1) & (BLOCK_BUFFER_SIZE - 1);
  }
}
if((DISABLE_X) && (x_active == 0)) disable_x();
if((DISABLE_Y) && (y_active == 0)) disable_y();
if((DISABLE_Z) && (z_active == 0)) disable_z();
if((DISABLE_E) && (e_active == 0))
{
  disable_e0();
  disable_e1();
  disable_e2();
}
#ifdef FAN_PIN && FAN_PIN > -1
#ifdef FAN_KICKSTART_TIME
  static unsigned long fan_kick_end;
  if (tail_fan_speed) {
    if (fan_kick_end == 0) {
      // Just starting up fan - run at full power.
      fan_kick_end = millis() + FAN_KICKSTART_TIME;
      tail_fan_speed = 255;
    } else if (fan_kick_end > millis())
      // Fan still spinning up.
      tail_fan_speed = 255;
    } else {
      fan_kick_end = 0;
    }
  }
#endif//FAN_KICKSTART_TIME
#ifdef FAN_SOFT_PWM
  fanSpeedSoftPwm = tail_fan_speed;
#else
  analogWrite(FAN_PIN,tail_fan_speed);
#endif//!FAN_SOFT_PWM
#endif//FAN_PIN > -1
#ifdef AUTOTEMP
  getHighESpeed();
#endif

#ifdef BARICUDA
  if defined(HEATER_1_PIN) && HEATER_1_PIN > -1
    analogWrite(HEATER_1_PIN,tail_valve_pressure);

```

```

#endif

#if defined(HEATER_2_PIN) && HEATER_2_PIN > -1
  analogWrite(HEATER_2_PIN,tail_e_to_p_pressure);
#endif
#endif
}

float junction_deviation = 0.1;
#ifdef ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
void plan_buffer_line(float x, float y, float z, const float &e, float feed_rate, const uint8_t &extruder)
#else
void plan_buffer_line(const float &x, const float &y, const float &z, const float &e, float feed_rate, const uint8_t
&extruder)
#endif //ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
{

  int next_buffer_head = next_block_index(block_buffer_head);

  while(block_buffer_tail == next_buffer_head)
  {
    manage_heater();
    manage_inactivity();
    lcd_update();
  }

#ifdef ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
  apply_rotation_xyz(plan_bed_level_matrix, x, y, z);
#endif // ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
  long target[4];
  target[X_AXIS] = lround(x*axis_steps_per_unit[X_AXIS]);
  target[Y_AXIS] = lround(y*axis_steps_per_unit[Y_AXIS]);
  target[Z_AXIS] = lround(z*axis_steps_per_unit[Z_AXIS]);
  target[E_AXIS] = lround(e*axis_steps_per_unit[E_AXIS]);

#ifdef PREVENT_DANGEROUS_EXTRUDE
  if(target[E_AXIS]!=position[E_AXIS])
  {
    if(degHotend(active_extruder)<extrude_min_temp)
    {
      position[E_AXIS]=target[E_AXIS]; //behave as if the move really took place, but ignore E part
      SERIAL_ECHO_START;
      SERIAL_ECHOLNPGM(MSG_ERR_COLD_EXTRUDE_STOP);
    }
  }

#ifdef PREVENT_LENGTHY_EXTRUDE
  if(labs(target[E_AXIS]-position[E_AXIS])>axis_steps_per_unit[E_AXIS]*EXTRUDE_MAXLENGTH)
  {
    position[E_AXIS]=target[E_AXIS]; //behave as if the move really took place, but ignore E part
    SERIAL_ECHO_START;
    SERIAL_ECHOLNPGM(MSG_ERR_LONG_EXTRUDE_STOP);
  }
#endif
#endif
}
}
#endif

```