

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Вовк Іван Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Плита
П.320200.30/4» в умовах серійного виробництва.

(назва роботи)

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Вовк І. Г.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Н.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор П.М. Присяжнюк
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

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

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

м.Івано-Франківськ-2026 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» в умовах серійного виробництва»

Розрахунково-пояснювальна записка: 60 сторінок, 18 рисунків, 12 таблиць, 13 посилань, 60 аркушів ф. А4, 5 додатків.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі в умовах серійного виробництва.

Предмет дослідження – деталь «Плита П.320200.30/4».

Мета роботи – розробити ефективний технологічний процес виготовлення деталі типу плита для умов серійного виробництва із забезпеченням необхідної точності, якості обробки, продуктивності та економічної ефективності.

У роботі виконано аналіз конструкції та технологічності деталі, визначено програму випуску та обґрунтовано вибір заготовки зі сталі С45 (або аналогічного конструкційного матеріалу відповідно до технічних вимог). Розроблено маршрут механічної обробки із застосуванням сучасного металообробного обладнання та верстатів з числовим програмним керуванням.

Проведено розрахунок припусків на механічну обробку, визначено режими різання та норми часу, що дозволило забезпечити відповідність вимогам точності, шорсткості поверхонь та продуктивності виготовлення.

У конструкторській частині запропоновано спеціальний верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки, виконано вибір схеми базування та розрахунок сили затиску. Розроблено контрольний пристрій для забезпечення контролю точності виготовлення деталі та підтвердження відповідності її геометричних параметрів установленим технічним вимогам.

Також передбачено розробку та програмування керуючої програми для верстата з ЧПК. У додатках наведено комплект технологічної документації, необхідної для реалізації процесу у виробничих умовах.

Результати роботи можуть бути використані на машинобудівних підприємствах при виготовленні деталей типу плита для підвищення точності, продуктивності та економічної ефективності виробництва.

Ключові слова: *плита, технологічний процес, механічна обробка, серійне виробництво, заготовка, припуск, режими різання, верстат з ЧПК, пристрій, сила затиску.*

Студент: Вовк І. Г.

SUMMARY

of the qualification bachelor's thesis: "Development of the technological process for manufacturing the part 'Plate P.320200.30/4' under conditions of serial production"

Explanatory note: 60 pages, 18 figures, 12 tables, 13 references, 60 A4 sheets, 5 appendices.

Graphic part: 5 sheets in A1 format.

The object of the study is the technological process of machining a part under conditions of serial production.

The subject of the study is the part "Plate P.320200.30/4".

The aim of the work is to develop an efficient technological process for manufacturing a plate-type part for serial production conditions, ensuring the required accuracy, surface quality, productivity, and economic efficiency.

The work includes an analysis of the design and manufacturability of the part, determination of the production program, and justification of the selection of a C45 steel workpiece (or a similar structural material in accordance with technical requirements). A machining route was developed using modern metal-cutting equipment and CNC machine tools.

Calculations of machining allowances were performed, cutting conditions and time standards were determined, which ensured compliance with accuracy requirements, surface roughness, and production efficiency.

In the design section, a special workholding fixture for positioning and clamping the workpiece was proposed. The selection of the locating scheme and the calculation of clamping force were performed. A control fixture was also developed to ensure inspection of manufacturing accuracy and verification of compliance with the specified geometric tolerances.

In addition, the development and programming of a CNC control program were carried out. The appendices include a complete set of technological documentation required for implementation of the process in industrial conditions.

The results of the work can be used at machine-building enterprises in the manufacture of plate-type parts to improve accuracy, productivity, and economic efficiency of production.

Keywords: *plate, technological process, machining, serial production, workpiece, allowance, cutting conditions, CNC machine tool, fixture, clamping force.*

Student: Vovk I. H.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 20__ року

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

Вовк Іван Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» в умовах серійного виробництва.

керівник роботи Костюк Н.О. доц. каф. комп'ютеризованого машинобудування

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи до 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі;

2. Тип виробництва - середньосерійний

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

1. Конструкторсько-технологічний аналіз

2. Проектування технології виготовлення деталі

3. Проектування технологічної оснастки

4. Розробка та програмування керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК)

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

1. Креслення деталі і заготовки

2. Карти технологічних налагоджень

3. Складальне креслення верстатного пристрою

4. Складальне креслення контрольного пристрою

5. Розробка та програмування керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Н.О. доц. каф. комп'ютеризованого машинобудування		
2	Костюк Н.О. доц. каф. комп'ютеризованого машинобудування		
3	Костюк Н.О. доц. каф. комп'ютеризованого машинобудування		

7. Дата видачі завдання 13 березня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	27.03.2026	
2	Проектування технології виготовлення		
	деталі	17.04.2026	
3	Проектування технологічної оснастки	15.05.2026	
4	Розробка та програмування керуючої		
	програми для верстата з числовим		
	програмним керуванням (ЧПК)	22.05.2026	
5	Пояснювальна записка	01.06.2026	
6	Графічна частина	08.06.2026	

Студент

(підпис)

Вовк І. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Костюк Н.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	Технологічна частина.....	9
1.1	Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі.....	9
1.1.1	Опис призначення деталі і її функції у вузлі.....	9
1.1.2	Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення.....	11
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
1.2.1	Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.....	14
1.2.2	Аналіз можливостей механічної обробки.....	14
1.3	Визначення програми випуску деталей.....	16
1.4	Аналіз можливих способів отримання заготовки для деталі «Плита П.320200.30/4».....	19
1.5	Розробка маршруту обробки деталі.....	23
1.6	Розробка операційної технології	29
1.6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.....	29
1.6.2	Розрахунок режимів різання та норм часу.....	37
2.	Конструкторська частина.....	42
2.1	Пристрій для механічної обробки.....	42
2.2	Конструювання і розрахунок одного вимірного контролюючого інструменту чи пристрою. (Контрольний пристрій).....	48
3	Проектування та програмування технологічного процесу обробки для верстата з ЧПК.....	51
	Висновки.....	58
	Список використаних джерел.....	59
	Додатки.....	60

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вовк І. Г.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костюк Н. О.					6	
Реценз.						ІФНТУНГ		
Н. Контр.		Костюк Н. О.						
Затверд.		Присяжнюк П.М.						

Вступ

Машинобудування є однією з провідних галузей промисловості, яка визначає рівень технологічного розвитку держави та забезпечує створення сучасного обладнання, механізмів і технічних систем для різних сфер діяльності. У сучасних умовах розвитку виробництва особливого значення набувають питання підвищення якості продукції, зменшення виробничих витрат, скорочення тривалості технологічного циклу та забезпечення стабільності процесів виготовлення деталей машин.

Одним із головних напрямів удосконалення машинобудівного виробництва є розробка та оптимізація технологічних процесів виготовлення деталей. Від правильності вибору способу отримання заготовки, послідовності технологічних операцій, обладнання, різального інструменту та режимів обробки значною мірою залежать точність виготовлення виробів, продуктивність праці та економічна ефективність виробництва.

Особливу актуальність зазначені питання набувають в умовах серійного виробництва, яке характеризується повторюваністю виготовлення продукції визначеними партіями та потребує забезпечення стабільної якості при раціональному використанні матеріальних і трудових ресурсів. Серійне виробництво вимагає застосування сучасних технологічних рішень, використання високопродуктивного обладнання, технологічного оснащення та впровадження ефективних методів механічної обробки.

Розробка технологічного процесу виготовлення деталей є важливим етапом підготовки виробництва, що передбачає аналіз конструкції виробу, оцінювання його технологічності, вибір заготовки, формування маршруту обробки, призначення технологічних баз, визначення режимів різання та розрахунок техніко-економічних показників виробництва.

Об'єктом дослідження бакалаврської роботи є технологічний процес виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4».

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є методи та засоби проектування технологічних процесів механічної обробки деталей в умовах серійного виробництва.

Метою бакалаврської роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» в умовах серійного виробництва із забезпеченням необхідної точності, якості поверхонь та економічної ефективності виготовлення.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання аналізу конструкції деталі, вибір заготовки, розробку маршруту механічної обробки, обґрунтування вибору обладнання та технологічного оснащення, а також виконання необхідних технологічних розрахунків.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі

1.1.1 Опис призначення деталі і її функції у вузлі

Деталь «Плита П.320200.30/4» належить до класу корпусних деталей типу плит і виконує функцію базового несучого елемента вузла. Основним призначенням деталі є забезпечення точного взаємного розташування встановлюваних елементів конструкції, передача та сприйняття механічних навантажень, а також створення жорсткої опорної поверхні для монтажу та роботи суміжних деталей.

Конструктивно деталь має форму круглої плити зі ступінчастими поверхнями, центральним посадковим отвором та системою кріпильних отворів. Наявність центральної посадкової поверхні свідчить про її використання для встановлення або центрування іншого вузла чи елемента конструкції відносно осі деталі. Посадкові розміри та встановлені допуски забезпечують необхідну точність складання та стабільність роботи механізму.

Кріпильні отвори, виконані по колу, призначені для жорсткого з'єднання плити з іншими елементами вузла за допомогою різьбових з'єднань. Така конструкція дозволяє рівномірно розподіляти навантаження по поверхні контакту та підвищує жорсткість і надійність роботи вузла в експлуатаційних умовах.

Бокові та торцеві поверхні плити виконують роль базових поверхонь під час складання та подальшої експлуатації виробу. Вони забезпечують точність взаємного положення деталей, зменшують перекоси та сприяють стабільності роботи механізму.

Матеріал деталі — сталь С45 відповідно до EN 10083-2:2017 [табл.1.1, 1.2] — забезпечує необхідне поєднання міцності, жорсткості, технологічності обробки та експлуатаційної надійності. Використання даного матеріалу дозволяє отримати необхідні механічні характеристики при виготовленні деталі в умовах серійного виробництва.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Хімічний склад матеріалу деталі «Плита П.320200.30/4»
сталь С45 (ДСТУ EN 10083-2:2017), %:

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
			Не більше			
0,40...0,5	0,17...0,3	0,5...0,8	0,045	0,045	0,3	0,3

Таблиця 1.2 - Основні фізико-механічні властивості матеріалу деталі
«Плита П.320200.30/4» сталь С45:

σ_T МПа	σ_s МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_n , кДж/см ²	HB
360	610	16	40	50	197...247

Отже, деталь «Плита П.320200.30/4» є відповідальним конструктивним елементом вузла, який виконує функції базування, центрування, кріплення та передачі навантажень між складовими елементами конструкції, забезпечуючи точність складання та надійність роботи виробу загалом.

1.1.2.Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Важливим показником експлуатаційної придатності деталі «Плита П.320200.30/4» є забезпечення необхідної точності виготовлення, якості оброблених поверхонь та дотримання встановленого взаємного розташування конструктивних елементів. Дані параметри безпосередньо впливають на точність складання вузла, рівномірність розподілу навантажень, надійність роботи та довговічність виробу.

Базування деталі у складі виробу здійснюється за допомогою торцевої поверхні 1 та циліндричної поверхні 3, які виконують функції основних конструкторських баз. Торцева поверхня забезпечує осьове позиціонування деталі та сприйняття осьових навантажень, тоді як циліндрична поверхня відповідає за центрування та забезпечення точності взаємного розташування елементів вузла.

Конструкцією деталі передбачено ряд поверхонь та отворів із підвищеними вимогами до точності:

- чотири отвори Ø13 виконуються з полем допуску Н9, що забезпечує необхідну точність встановлення кріпильних елементів;
- два отвори Ø8 мають поле допуску Н7, яке передбачає більш жорсткі вимоги до взаємного позиціонування деталей та забезпечення точності складання;
- два отвори Ø52 виготовляються за посадкою Н7, що характерно для точних посадочних поверхонь і забезпечує необхідну точність центрування та монтажу;
- центральний отвір Ø90 виконується з полем допуску Н9, що дозволяє забезпечити стабільність взаємного розташування вузлових елементів.

Для забезпечення правильної роботи вузла встановлено вимогу щодо геометричної точності — перпендикулярність торцевої поверхні відносно базової поверхні повинна становити не більше 0,01 мм. Дотримання цієї умови є необхідним для виключення перекосів під час складання та

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації виробу, а також для забезпечення рівномірного контакту між спряженими деталями.

Згідно з кресленням, для окремих функціональних поверхонь встановлено підвищені вимоги до шорсткості. Найбільш відповідальні посадкові та базові поверхні мають параметр шорсткості Ra 1,25 мкм, що забезпечує необхідну якість контакту та зменшення локальних концентрацій напружень. Для інших оброблених поверхонь передбачена шорсткість Ra 2,5 мкм, а для поверхонь загального призначення допускається шорсткість Ra 6,3 мкм, що відповідає вимогам серійного виробництва та забезпечує раціональне співвідношення між точністю виготовлення та трудомісткістю механічної обробки.

Таблиця 1.3 - Характеристики поверхонь деталі.

№ п/п	Назва поверхні	Номін. розмір, мм	Точність (квалітет), ІТ	Шорсткіст ь, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	2	3	4	5	6
1	Торець	30	H10	2,5	
2	Фаска	2,0× 45 ⁰	H12	2,5	
3	Отвір	Ø52	H7	0,63	
4	Фаска	2,0× 45 ⁰	H12	2,5	
5	Отвір	Ø102	H10	1.25	
6	Торець	10	H9	2,5	
7	Фаска	2,0× 45 ⁰	H12	2,5	
8	Отвір	90	H9	0,6	
9	Фаска	2,0× 45 ⁰	H12	2,5	
10	Торець	30	H10	2,5	
11	Різьбовий отвір	M10×1-6H	6H	2,5	2 отв.
12	Різьбовий отвір	M10-6H	6H	2,5	6 отв.
13	Отвір	Ø25	H12	6,3	6 отв.
14	Фаска	1,0× 45 ⁰	H12	2,5	2 фаски
15	Отвір	Ø8	N7	1,6	

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16	Отвір	Ø13	H9	1,6	
17	Фаска	1,0× 45 ⁰	H12	2,5	
18	Фаска	1,6× 45 ⁰	H12	2,5	
19	Фаска	1,6× 45 ⁰	H12	2,5	

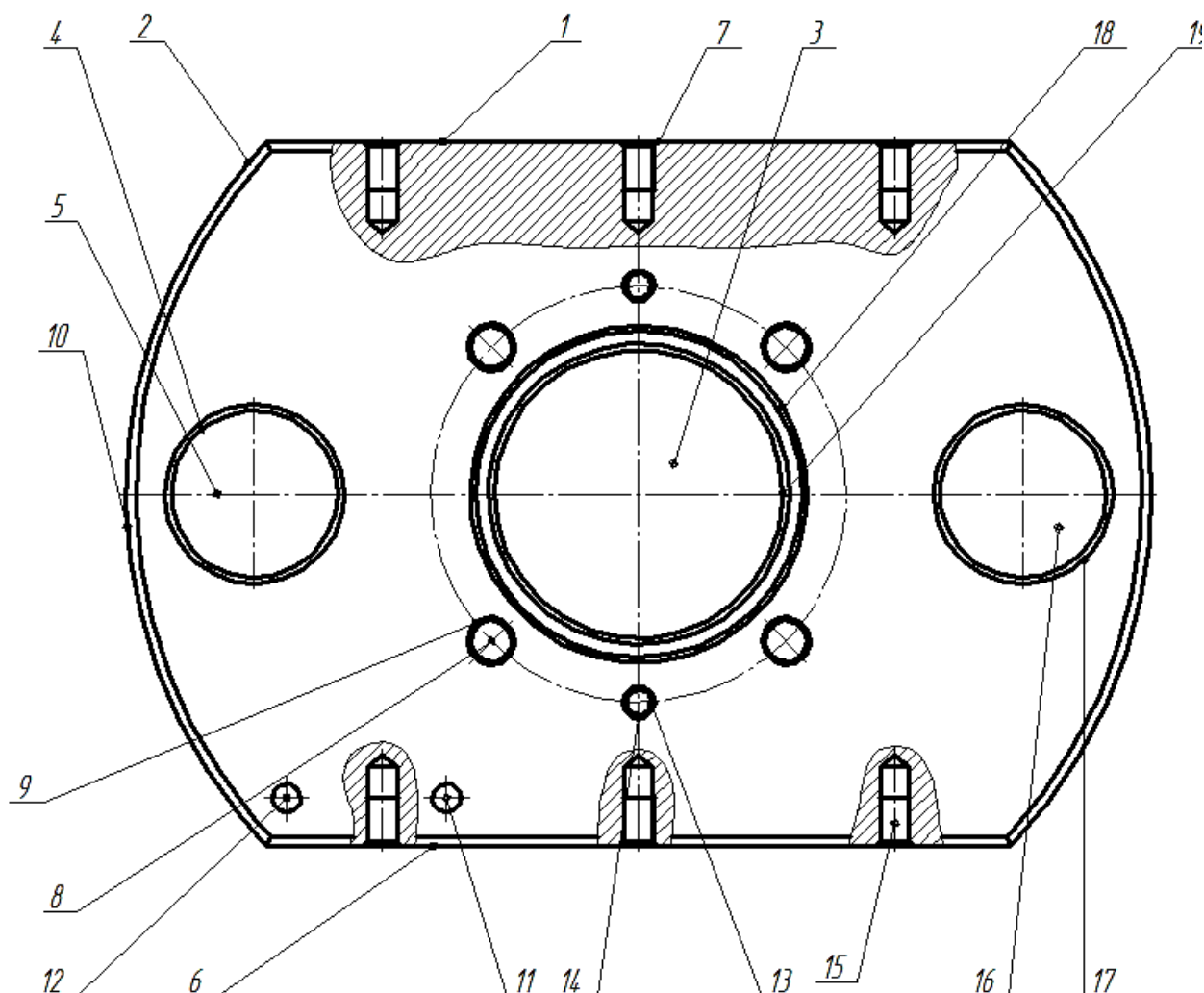


Рисунок 1.2- Позначення поверхонь деталі плита

Таким чином, встановлені вимоги до точності розмірів, шорсткості поверхонь та їх взаємного розташування забезпечують правильне базування деталі у вузлі, точність складання, стабільність роботи механізму та необхідний рівень експлуатаційної надійності виробу.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк. 13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.2.1 Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

Деталь «Плита П.320200.30/4» належить до класу деталей «Плити» та являє собою корпусний елемент із переважанням плоских і циліндричних поверхонь. Виготовлення деталі передбачено зі сталі С45 відповідно до EN 10083-2:2017, що забезпечує необхідний рівень міцності, жорсткості, технологічності обробки та експлуатаційної надійності. Конструкція деталі являється жорсткою, відношення довжини деталі до діаметра деталі становить $l/d = 105/75$.

Конструкція деталі досить жорстка, дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки.

Форма поверхонь проста, забезпечується надійне базування. Всі оброблювані поверхні являються вільно доступними для підведення інструментів.

Діаметри отворів Ø52, Ø90, Ø102 міняються у одну сторону, також всі отвори мають канавки під вихід інструменту.

Більшість розмірів, що задаються на кресленні, визначаються за допомогою прямих методів вимірювання.

Як недолік можна вказати на наявність 6-и глухих різьбових отворів М10-7h, так як ускладнюється обробка, хоча ці отвори необхідні за конструкцією деталі.

1.2.2 Кількісна оцінка технологічності.

а). Коефіцієнт використання матеріал:

$$K_m = \frac{M_o}{M_z}, \quad (1.1)$$

де M_o - маса деталі, $M_o = 14,9$ кг; M_z - маса заготовки $M_z = 16,1$ кг.

$$K_m = \frac{14,9}{16,1} = 0,924$$

Відходів мало відходів.

б). Коефіцієнт точності оброблення

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.2)$$

де T_{cp} - середній коефіцієнт точності,

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_{i_3}}, \quad (1.3)$$

де T_i - квалітет точності оброблення i -ї поверхні деталі; n_i - число поверхонь однакової точності.

$$T_{cp} = \frac{14 \times 13 + 12 \times 6 + 11 \times 1 + 10 \times 1 + 7 \times 2}{23} = 12,56; \quad K_{mч} = 1 - \frac{1}{12,56} = 0,920.$$

в). коефіцієнт шорсткості

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}}, \quad (1.4)$$

де Ш_{cp} - середня шорсткість поверхонь.

$$\text{Ш}_{cp} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_{i_3}}, \quad (1.5)$$

де R_{ai} - шорсткість i - ї поверхні, мкм;

n_i - число поверхонь із однаковою шорсткістю.

$$\text{Ш}_{cp} = \frac{1,6 \times 4 + 2,5 \times 7 + 6,3 \times 12}{23} = 4,33$$

$$K_u = \frac{1}{4,33} = 0,231.$$

За якісним та кількісним аналізом конструкція деталі є технологічною.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Визначення програми випуску деталей і величини виробничої партії.

Для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» виконано визначення програми випуску та встановлення величини виробничої партії. Отримані параметри є необхідними для обґрунтування організації виробництва, вибору технологічного обладнання, ступеня спеціалізації робочих місць, а також визначення економічно доцільних методів механічної обробки.

Визначення програми випуску дозволяє встановити обсяги виготовлення деталей протягом планового періоду та сформулювати вихідні дані для розрахунку виробничих показників і подальшого проектування технологічного процесу. На основі величини виробничої партії здійснюється вибір технологічного оснащення, способів базування, рівня механізації та раціональної структури операцій.

З урахуванням конструктивних особливостей деталі «Плита П.320200.30/4», її призначення у складі виробу, необхідності забезпечення стабільної точності виготовлення та економічної ефективності виробництва прийнято серійний тип виробництва. Такий тип виробництва характеризується виготовленням деталей повторюваними партіями, використанням універсального та спеціалізованого обладнання, а також можливістю застосування високопродуктивних методів обробки.

Для забезпечення необхідної продуктивності виробничого процесу прийнято двозмінний режим роботи підприємства, який забезпечує раціональне використання виробничих потужностей, зменшення простоїв обладнання та підтримання стабільного ритму виготовлення деталей.

Прийняті параметри виробництва є вихідними даними для подальшого розрахунку річної програми випуску, визначення розміру виробничої партії та нормування технологічного процесу виготовлення деталі.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 –Базовий тех. процес обробки деталі

№ п/п	Назва операції	T0, хв.	φ_k	Tштк, хв.
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	-	-	-
010	Вертикально-фрезерна	4,2	1,65	6,93
015	Вертикально-фрезерна	4,7	1,65	7,76
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	8,9	1,45	12,91
025	Вертикально-свердлувальна	1,9	1,55	2,95
030	Вертикально-свердлувальна	3,8	1,55	5,89
035	Вертикально-свердлувальна	5,4	1,55	8,37
040	Шліфувальна	5,7	1,5	8,55
045	Контрольна	-	-	-
Сумарне значення:		34,6	-	53,36

Визначаємо штучно-калькуляційний час на кожній операції $T_{штк} = \varphi_k \cdot T_0$, де φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва і операції.

Для серійного приймаємо: фрезерні операції — $\varphi_k = 1,65$; операції на ЧПК — $\varphi_k = 1,45$; свердлильні — $\varphi_k = 1,55$; шліфувальні — $\varphi_k = 1,50$.

№ п/п	Розрахунок $T_{штк}$, хв.
005	Не враховується
010	$T_{штк} = 4,2 \cdot 1,65 = 6,93$ хв.
015	$T_{штк} = 4,7 \cdot 1,65 = 7,76$ хв.
020	$T_{штк} = 8,9 \cdot 1,45 = 12,91$ хв.
025	$T_{штк} = 1,9 \cdot 1,55 = 2,95$ хв.
030	$T_{штк} = 3,8 \cdot 1,55 = 5,89$ хв.
035	$T_{штк} = 5,4 \cdot 1,55 = 8,37$ хв,
040	$T_{штк} = 5,7 \cdot 1,5 = 8,55$ хв,
045	Не враховується

1.3.1 Проводимо розрахунок річної програми випуску деталей

Сумарний час $\sum T_{штк} = 6,93 + 7,76 + 12,91 + 2,95 + 5,89 + 8,37 + 8,55 = 53,36$ хв.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній штучний час $T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{53.36}{7} = 7,62 \text{ хв.}$

Такт випуску деталей $t_г = k_3 \cdot T_{шт.сер} = 10 \cdot 7,62 = 114.34 \text{ хв}$

де k_3 – коефіцієнт закріплення операцій, для виробництва $k_3=15$

Річна програма випуску деталей $N = \frac{F \cdot 60}{t_г} = \frac{4029 \cdot 60}{76.2} = 3172 \text{ шт}$

де $F_г$ – дійсний річний фонд робочого часу устаткування; $F_г = 4029 \text{ год.}$

1.3.2 Проводимо розрахунок кількості деталей в партії

Періодичність запуску виробів $a=3$ днів.

Число робочих днів у році $F = 251$ днів.

Розрахунок кількості деталей в партії

$$n_г = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{3172 \cdot 3}{251} = 37.9 \text{ Приймаємо } n_г = 38$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей

$$C = \frac{T_{шт.сер} \cdot n_г}{480 \cdot 0,8} = \frac{53.36 \cdot 38}{480 \cdot 0,8} = \frac{2027.68}{384} = 3 \text{ змін,}$$

де 480 – дійсний фонд часу робочого обладнання за зміну, хв;

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві. Прийнята кількість змін 3.

Прийнята кількість деталей в партії

$$n_г = \frac{C_{пр} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{шт.р}} = \frac{3 \cdot 480 \cdot 0,8}{12.0} = 96$$

Приймаємо $n_г = 100$ шт.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Аналіз можливих способів отримання заготовки для деталі «Плита П.320200.30/4»

Для виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» необхідно обрати спосіб отримання заготовки, який забезпечить необхідну точність, раціональне використання матеріалу, економічну ефективність виробництва та мінімальну трудомісткість подальшої механічної обробки. Вибір способу отримання заготовки суттєво впливає на структуру технологічного процесу, величину припусків, витрати матеріалу, тривалість виготовлення та собівартість деталі.

З урахуванням конструктивних особливостей деталі, її форми, матеріалу (сталь С45 EN 10083-2:2017) та прийнятого серійного типу виробництва розглянуто два можливих варіанти отримання заготовки.

Варіант 1 – отримання заготовки методом плазмового різання

У першому варіанті заготовка виготовляється методом плазмового різання листового або плитного прокату. Даний метод базується на локальному тепловому впливі струменя високотемпературної плазми на поверхню металу. Процес різання відбувається шляхом подачі електричної дуги до потоку газу, який у плазмотроні переходить у стан іонізованого середовища та утворює плазмовий струмінь із високою концентрацією теплової енергії.

Під дією плазми матеріал інтенсивно нагрівається до температур плавлення та частково випаровується, після чого видаляється потоком газу із зони різання. Завдяки високій температурі та швидкості процесу забезпечується отримання заготовок складної конфігурації із достатньо високою точністю.

Для деталі «Плита П.320200.30/4» застосування плазмового різання є доцільним через відносно просту зовнішню геометрію та наявність значної кількості подальших механічних операцій.

Основними перевагами плазмового різання є: висока продуктивність процесу та мала тривалість виготовлення заготовок; можливість різання

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкційних сталей значної товщини; отримання контуру складної форми без застосування спеціального оснащення; відносно невелика ширина різку та зменшення втрат матеріалу; можливість автоматизації процесу та інтеграції з системами ЧПК; висока повторюваність геометричних параметрів заготовок; забезпечення точності різання до $\pm 0,25$ мм; забезпечення співвісності отворів до $\pm 0,1$ мм; мінімальна деформація заготовки після різання; відсутність суттєвих обмежень щодо товщини металу.

Разом із перевагами даний спосіб має певні недоліки. У процесі плазмового різання можливе утворення термічно зміненого поверхневого шару, що може вимагати додаткового видалення припуску при механічній обробці. Також можливе локальне погіршення шорсткості поверхні різку та зниження точності окремих відповідальних поверхонь.

Варіант 2 – отримання заготовки методом гарячого об'ємного штампування

Другим варіантом є отримання заготовки методом гарячого об'ємного штампування на гарячештампувальному кривошипному пресі. Суть процесу полягає у пластичному деформуванні попередньо нагрітої металевої заготовки під дією штампового оснащення до отримання форми, максимально наближеної до геометрії готової деталі.

Гаряче штампування дозволяє отримувати заготовки із більш рівномірною структурою матеріалу та покращеними механічними характеристиками. У процесі деформації відбувається сприятливий перерозподіл волокон металу відповідно до конфігурації виробу, що позитивно впливає на міцність та експлуатаційну надійність.

До переваг гарячого штампування належать: зменшення об'єму механічної обробки; зниження витрат металу; покращення механічних властивостей; висока повторюваність форми заготовок; можливість отримання складних профілів із мінімальними припусками.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліками способу є необхідність виготовлення дорогого штампового оснащення, значні підготовчі витрати та економічна доцільність лише при достатньо великих обсягах виробництва.

Для деталі «Плита П.320200.30/4» з урахуванням серійного виробництва, простої зовнішньої геометрії та економічної доцільності більш раціональним є використання заготовки, отриманої методом плазмового різання, оскільки даний спосіб забезпечує необхідну точність, зменшує підготовчі витрати та дозволяє ефективно організувати подальшу механічну обробку.

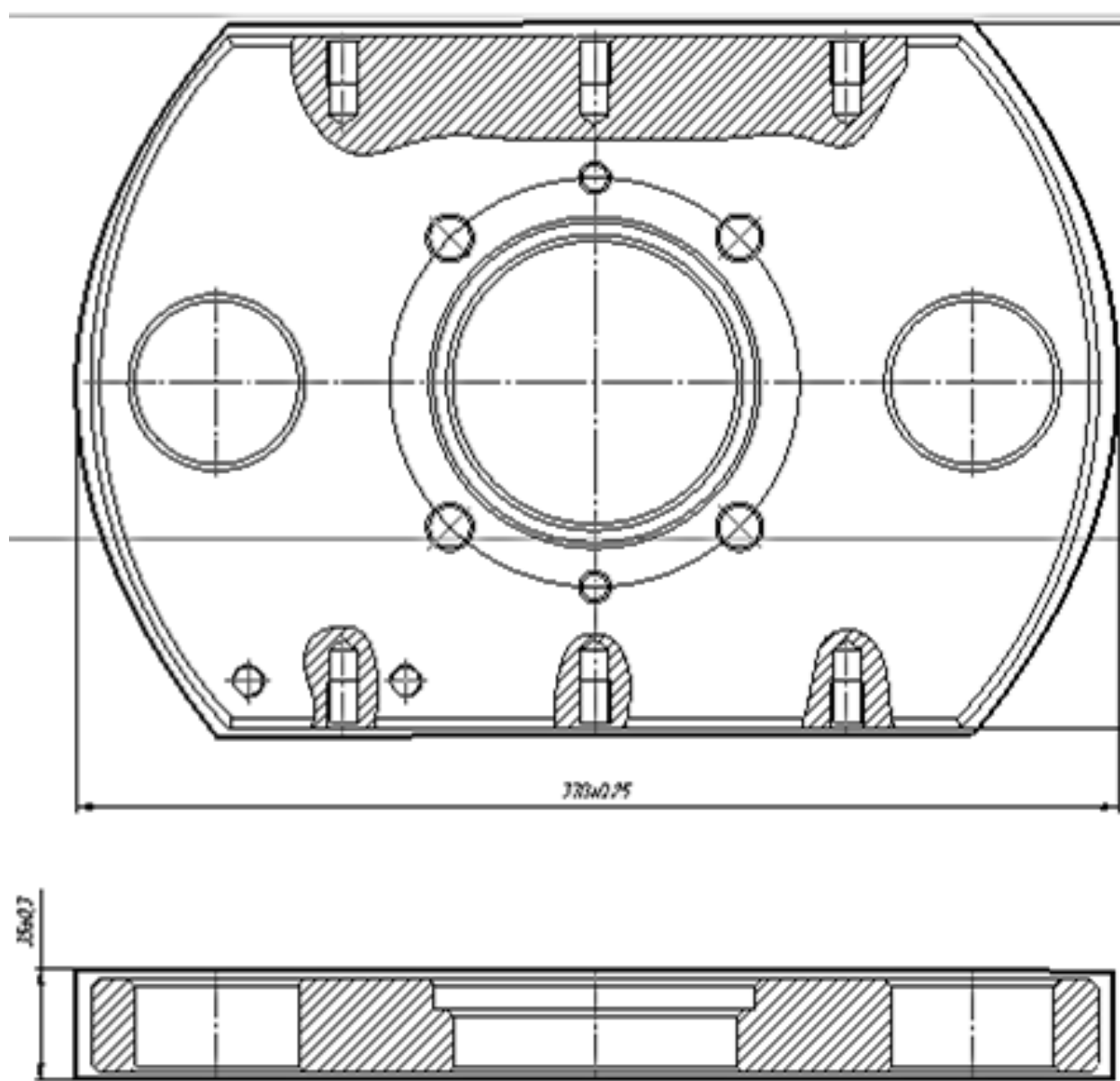


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки, виконаної методом плазмового різання

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Визначення припусків по таблицям

Визначаємо припуски, по таблицям [5]. Результати записуємо у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункові та табл припуски на поверхні заготовки

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		табличний	Припуск розрахунковий	
1	2	3	4	5
Торець	98,0	2,5	1,7	+1,2 - 1,0
Внутрішня циліндрична поверхня	Ø125,0	2× 2,5	-	+1,2 -1,0
Зовнішня циліндрична поверхня	Ø134,0	2× 2,5	-	+1,2 -1,0

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{14,9}{16,1} = 0,925$$

де q – вага деталі, $Q = 14,9$ кг; Q - вага заготовки, $Q = 16,1$ кг.

Отримане значення коефіцієнта використання матеріалу 0,926 свідчить про достатньо ефективне використання металу та невеликі втрати матеріалу під час подальшої механічної обробки.

Отже, для виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» у межах даної роботи прийнято заготовку, отриману методом плазмового різання, як найбільш раціональне технологічне рішення з точки зору точності, економічної ефективності, продуктивності та умов серійного виробництва.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Розробка маршруту обробки деталі

1.5.1 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним із ключових етапів проектування технологічного процесу, оскільки від правильності базування безпосередньо залежать точність виготовлення деталі, забезпечення необхідного взаємного розташування поверхонь, стабільність процесу обробки та можливість досягнення вимог креслення. Крім того, прийнята схема базування суттєво впливає на конструкцію пристроїв, вибір різального та вимірювального інструменту, трудомісткість виконання операцій і загальну ефективність виробництва.

Під час вибору технологічних баз необхідно забезпечити виконання таких основних вимог:

- досягнення необхідної точності взаємного розташування оброблюваних поверхонь;
- забезпечення заданих розмірних зв'язків між поверхнями деталі;
- рівномірний розподіл припусків на механічну обробку;
- зменшення кількості переналагоджень та повторних установлень;
- підвищення жорсткості системи «верстат–пристрій–інструмент–деталь»;
- створення умов для обробки максимальної кількості поверхонь за мінімальну кількість установлень.

На початкових операціях особливу увагу приділяють вибору чорнових баз, оскільки саме вони визначають положення всіх подальших оброблюваних поверхонь. На першій операції необхідно забезпечити правильне взаємне розташування між поверхнями, які підлягають механічній обробці, та поверхнями, що залишаються необробленими у готовій деталі. Одночасно повинні бути створені умови для рівномірного розподілу припусків та формування точних чистових баз для наступних операцій.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі чистових технологічних баз необхідно дотримуватись принципу суміщення баз, відповідно до якого технологічні бази повинні максимально збігатися з конструкторськими та вимірювальними базами. Це дозволяє зменшити похибки базування та забезпечити необхідну точність виготовлення деталі.

З урахуванням конструкції деталі «Плита П.320200.30/4», вимог креслення щодо точності та взаємного розташування поверхонь, а також прийнятого маршруту обробки, як чистові технологічні бази прийнято використовувати внутрішні посадкові поверхні Ø90H9 та Ø52H7. Вибір саме цих поверхонь обумовлений тим, що вони є функціонально відповідальними, забезпечують центрування деталі та дозволяють виконувати обробку більшості поверхонь із одного встановлення.

Під час завершальних операцій заготовка базується по торцевій поверхні та внутрішній циліндричній поверхні, що забезпечує надійне осьове позиціювання та необхідну точність взаємного розташування всіх конструктивних елементів деталі.

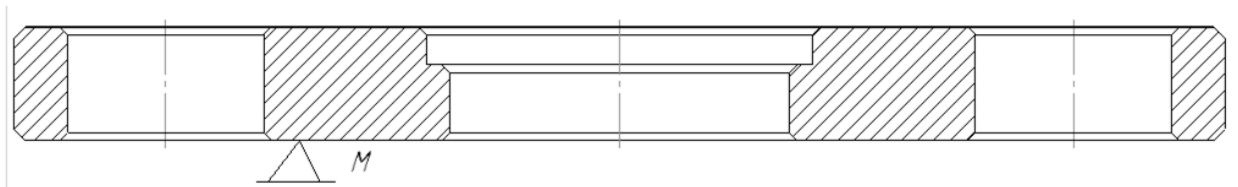


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на завершальних операціях

Для виконання початкових операцій механічної обробки як чорнові бази прийнято використовувати зовнішню циліндричну поверхню заготовки Ø320 та торцеву поверхню заготовки, отриману після попередньої операції. Такий вибір забезпечує достатню стійкість установа, рівномірний розподіл припусків та створює необхідні умови для подальшого формування точних чистових баз.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

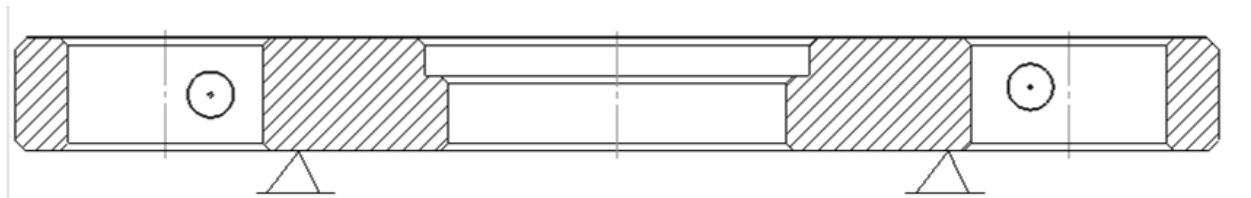


Рисунок 2.3 – Схема базування деталі на першій чорновій операції

Таким чином, прийнята схема базування дозволяє забезпечити вимоги креслення щодо точності розмірів, шорсткості та геометричної точності деталі «Плита П.320200.30/4», а також створює умови для ефективного виконання технологічного процесу в умовах серійного виробництва.

1.5.2 Вибір проміжних баз.

На проміжних етапах механічної обробки деталі «Плита П.320200.30/4», під час виконання операцій обробки отворів $\varnothing 90$, $\varnothing 52$, $\varnothing 13$ та різьбових отворів М10, для забезпечення необхідної точності та стабільності положення деталі застосовуються проміжні технологічні бази.

Як проміжні базові поверхні прийнято використовувати оброблені торцеві поверхні та зовнішні циліндричні поверхні деталі, отримані на попередніх операціях. Така схема базування забезпечує надійне встановлення заготовки, зменшує похибки позиціонування та дозволяє витримати задані вимоги до взаємного розташування отворів і посадкових поверхонь.

Використання вже оброблених поверхонь як проміжних баз дозволяє підвищити точність обробки отворів, забезпечити їх співвісність та дотримання геометричних допусків відповідно до вимог креслення. Крім того, це сприяє рівномірному розподілу залишкових припусків та створює стабільні умови роботи різального інструменту.

Прийнята схема базування також дозволяє мінімізувати кількість переналагоджень і забезпечує можливість виконання декількох переходів за

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одне встановлення, що є особливо важливим для умов серійного виробництва.

Схема базування наведена на рис. 2.5.

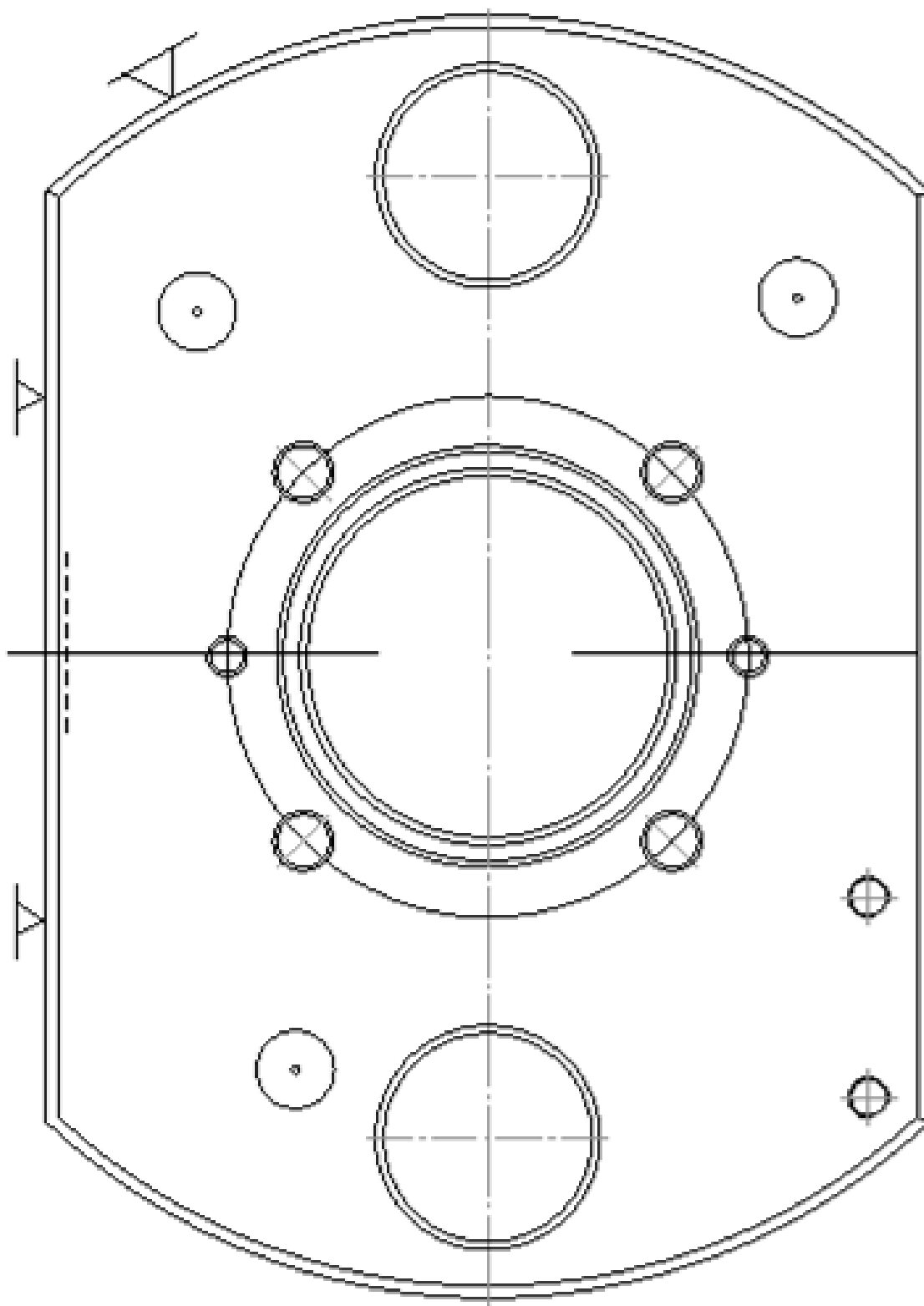


Рисунок 2.4 – Базування при обробці отворів

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2. 1 – План оброблення пов. деталі «Плита П.320200.30/4»

№	Назва пов.	ІТ	Ra, мкм	Маршрут обробки
1	Торець	30, Н10	2,5	1. Фрезерування
2	Фаска	2,0× 45 ⁰ , Н12	2,5	2.Розточування
3	Отвір	Ø52, Н7	0,63	1.Розточування чорнове; 2. чистове; 3. тонке.
4	Фаска	2,0× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Розточування
5	Отвір	Ø102, Н10	1.25	1.Розточування
6	Торець	10, Н9	2,5	1.Розточування
7	Фаска	2,0× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Розточування
8	Отвір	90 ,Н9	0,6	1.Розточув. чорн; 2.чист
9	Фаска	2,0× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Розточування чорнове
10	Торець	30, Н10	2,5	1.Фрезерування
11	Різьбовий	М10×1-6Н	2,5	1.Свердлін.; 2.Наріз. різьби
12	отвір	М10-6Н	2,5	1.Свердлі; 2.Наріз. різьби
13	Отвір	Ø25, Н12	6,3	1.Свердлування
14	Фаска	1,0× 45 ⁰ , Н12	2,5	1.Свердлування
15	Отвір	Ø8, N7	1,6	1.Свердл.; 2.Розверт. чорн; 3. Розвертання чистове.
16		Ø13, Н9	1,6	1.Свердл.; 2.Розверт. чорн; 3. Розвертання чистове.
17	Фаска	1,0× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
18		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
19		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
20		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
21		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
22		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
23		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування
24		1,6× 45 ⁰ Н12	2,5	1.Фрезерування

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.3. Проектний технологічний маршрут обробки

деталі «Плита П.320200.30/4»

Таблиця 7 – Запропонований технологічний процес.

№ операції	Назва і зміст операції і переходів.	Тип і модель верстата	Пристрій
1	2	3	4
005	Заготівельна	—	Стіл плазмового різання з опорними напрямними
010	Фрезерна з ЧПК	DMG MORI CMX 1100 V	Пристрій спеціальний
015	Фрезерна з ЧПК		
020	Багатоцільова з ЧПК	HAAS VF-1	Пристрій спеціальний
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	DN Solutions DNM 4500	Кондуктор
030	Вертикально-свердлувальна з ЧПК		Кондуктор
035	Плоскошліфувальна	Okamoto ACC-84DX	Електромагнітна плита з торцевими упорами
040	Контрольна	Hexagon GLOBAL S	Пристрій спеціальний

1.6. Розробка операційної технології

1.6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.

Визначення припуску на обробку отвору

Технологічний маршрут оброблення поверхні

- розточування чорнове;
- розточування чистове;
- розточування тонке.

Визначаємо мінімальний припуск із формули:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.1)$$

де R_{zi-1} - встановлена висота мікронерівностей профілю; глибина дефектного шару h_{i-1} ; сумарне відхилення поверхонь із попереднього переходу, $\Delta_{\Sigma i-1}$ мкм; ε_{ym} - похибка встановлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Розрахунок припусків проводимо у послідовності, що приведена в [6].

Знаходимо значення параметрів припуску.

а) заготовка отримується із прокату:

$$R_{zag} = 150 \text{ мкм}, h_{zag} = 250 \text{ мкм} [7], \text{ табл.7.}$$

ρ_k - відносне значення кривизни заготовки,

$$\rho_{k_k} = \Delta_k \cdot L, \quad (2.2)$$

де Δ_k - кривизна заготовки питома, $\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$ [7], табл.4.8; L – розмір заготовки найбільший, $L = 52 \text{ мм}$;

$$\rho_{кор} = 52 \cdot 1,5 = 78 \text{ мкм};$$

Допуск на заготовку $T_{zag} = 2200 \text{ мкм}$.

б). Розточування чорнове:

$$R_{zm.чорнове} = 63 \text{ мкм}; h_{m.чорнове} = 50 \text{ мкм} [7], \text{ табл.4.5};$$

Просторова похибка переходу

$$\Delta_{\Sigma m.чорн.} = \Delta_{zag} \cdot K_y, \quad (2.3)$$

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_y – уточнення, $K_y = 0,06$ [7], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma \text{т.чорн.}} = 510 \cdot 0,06 = 31 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки:

$$\varepsilon_{\text{ут.чорн.}} = 300 \text{ мкм [7], табл. 13.}$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чорн.}} = 350 \text{ мкм.}$

в). Розточування чистове

$$R_{\text{зм.чист}} = 30 \text{ мкм.}; h_{\text{т.чист}} = 30 \text{ мкм [7], табл.4.5;}$$

Просторова похибка переходу $\Delta_{\Sigma \text{т.чист.}} = \Delta_{\text{заг.}} \cdot K_y$,

де K_y – уточнення, $K_y = 0,05$ [7], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma \text{чист.}} = 31 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки $\varepsilon_{\text{чист.}} = 80 \text{ мкм [7], табл. 13}$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 87 \text{ мкм.}$

г) Розточування тонке

$$R_{\text{зм.чист}} = 10 \text{ мкм.}; h_{\text{т.чист}} = 5 \text{ мкм [7], табл.4.5;}$$

Просторова похибка $\Delta_{\Sigma \text{т.чист.}} = \Delta_{\text{заг.}} \cdot K_y$,

де K_y – уточнення, $K_y = 0,05$ [7], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma \text{чист.}} = 31 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки $\varepsilon_{\text{чист.}} = 30 \text{ мкм [7], табл. 13}$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 87 \text{ мкм.}$

Значення припуску заносимо у табл. 2.2

Визначаємо мінімальні припуски за формулою.

Чорнове розточування:

$$2Z_{i \text{ min. чорн.}} = 2(150 + 250 + \sqrt{510^2 + 300^2}) = 2 \times 992 \text{ мкм.}$$

Чистове розточування:

$$2Z_{i \text{ min. чист.}} = 2(63 + 50 + \sqrt{31^2 + 80^2}) = 2 \times 199 \text{ мкм.}$$

Тонке розточування:

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{i \min . \text{тонке}} = 2(30 + 30 + \sqrt{2^2 + 30^2}) = 2 \times 91 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків при обробці поверхні Ø52H7(+0,035)

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	150	250	78	--		50,027	2,2	47,827	50,07		
Розточування чорнове	63	50	5	300	2×778	51,483	0,35	51,833	51,483	1,39	4,006
Розточування чистове	30	30	1	80	2×135	51,853	0,087	52,766	51,85	0,37	0,844
Розточування тонке	10	5	-	30	2×91	52,035	0,035	52,0	52,05	0,182	0,766
Всього										1,945	5,50

Знаходимо розміри розрахункові. Для кінцевого переходу в графу «розрахунковий розмір» заносимо найбільший розмір із креслення:

$$D_p = 52 + 0,035 = 52,035 \text{ мм}$$

Знаходимо розрахункові розміри для всіх переходів.

Для переходу кінцевого розраховуємо розмір

$$D_{p. \text{чист.}} = 52,035 - 0,182 = 51,853 \text{ мм};$$

$$D_{p. \text{чорн.}} = 51,853 - 0,27 = 51,583 \text{ мм};$$

$$D_{p. \text{загот.}} = 51,583 - 1,556 = 50,027 \text{ мм};$$

Записуємо граничні розміри найбільші для всіх технологічних переходів.

$$D_{\text{нб. дет.}} = 52,035 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нб. чист.}} = 52,853 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нб. чорн.}} = 51,53 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нб. загот.}} = 50,027 \text{ мм};$$

Находимо найменші граничні розміри:

$$D_{\text{нм. дет.}} = D_{\text{нм. дет.}} - T_{\text{дет.}} = 52,035 - 0,035 = 52,0 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нм. чист.}} = D_{\text{нб. чист.}} - T_{\text{чист.}} = 52,853 - 0,087 = 52,766 \text{ мм.}$$

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ					Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$D_{\text{нм.чорн.}} = D_{\text{нб.чорн.}} - T_{\text{чорн.}} = 51,583 - 0,35 = 51,233 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нм заг.}} = D_{\text{нб.загот.}} - T_{\text{загот.}} = 50,027 - 2,2 = 45,827 \text{ мм.}$$

Знаходимо граничні найбільші припуски у вигляді різниці найменших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів:

$$2Z_{\text{нб тонк.}} = D_{\text{нм.тонк.}} - D_{\text{нм чист.}} = 52,0 - 52,766 = 0,234 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нб чист.}} = D_{\text{нм.чист.}} - D_{\text{нм. чорн.}} = 52,766 - 52,233 = 0,533 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нб чорн.}} = D_{\text{нм. чорн.}} - D_{\text{нм. загот.}} = 52,233 - 50,24 = 3,9 \text{ мм;}$$

Знаходимо граничні найбільші припуски у вигляді різниці найбільших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів:

$$2Z_{\text{нм тонк.}} = D_{\text{нб.тонк.}} - D_{\text{нб чист.}} = 52,035 - 52,853 = 0,182 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм чист.}} = D_{\text{нб чист.}} - D_{\text{нб чорн.}} = 52,853 - 52,45 = 0,403 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{нм чорн.}} = D_{\text{нб чорн.}} - D_{\text{нб загот.}} = 52,45 - 50,24 = 2,21 \text{ мм;}$$

Знаходимо найменші та найбільші загальні припуски:

$$2Z_{\text{нб заг.}} = 2Z_{\text{нб тонк.}} + 2Z_{\text{нб чист.}} + 2Z_{\text{нб чорн.}}$$

$$2Z_{\text{нб заг.}} = 0,234 + 0,666 + 3,9 = 4,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм заг.}} = 2Z_{\text{нм тонк.}} + 2Z_{\text{нм чист.}} + 2Z_{\text{нм чорн.}}$$

$$2Z_{\text{нм заг.}} = 0,182 + 0,403 + 2,05 = 2,635 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = 2Z_{\text{нб заг.}} - 2Z_{\text{нм заг.}}$$

$$4,8 - 2,635 = 2,2 - 0,035 - \text{виконано правильно.}$$

Знаходимо номінальний припуск:

$$2Z_{\text{ном.}} = 2Z_{\text{нм заг.}} + B_z - B_d ,$$

де B_z – верхнє відхилення заготовки, $B_z = 1,4 \text{ мм}$;

B_d – верхнє відхилення деталі, $B_d = 0,035 \text{ мм}$.

$$2Z_{\text{ном.}} = 2,635 - 1,4 - 0,035 = 2,20 \text{ мм}$$

Номінальний розмір:

$$H_{\text{ном. заг.}} = H_{\text{ном. дет.}} - 2Z_{\text{ном}} = 52,0 - 2,2 = 49,8 \text{ мм}$$

Будуємо схему (рис.2.8) розміщення припусків, допусків і граничних розмірів для обробки внутрішньої поверхні $\varnothing 52\text{H7}$.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

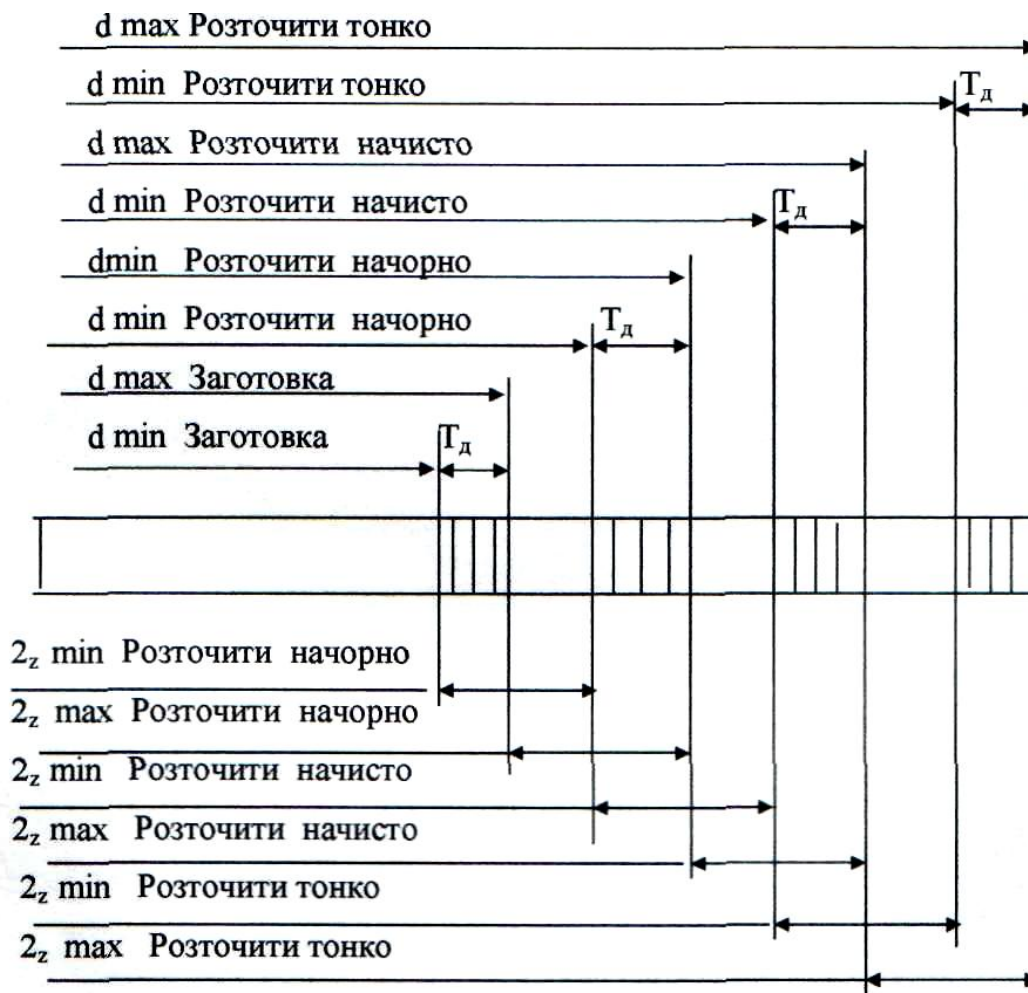


Рис. 2. 8 - Схема розміщення припусків, допусків і граничних розмірів при обробці поверхні Ø52H7.

Розрахунок припуску на обробку у розмір 200_{-0,6} мм

Технологічний маршрут оброблення поверхні:

- фрезерування торця

Визначаємо мінімальний припуск за формулою

$$Z_{\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}, \quad (2.4)$$

де R_{zi-1} - висота нерівностей профілю, мкм; h_{i-1} - глибина дефектного шару, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарна похибка відхилення поверхонь на попередньому переході, мкм; ε_{yi} - похибка установки заготовки на переході, що виконується, мкм.

Розрахунок припусків проводимо у послідовності, що приведена в [3].

Знаходимо значення параметрів припуску.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) заготовка отримується із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 150 \text{ мкм}, h_{заг} = 250 \text{ мкм} [7], \text{ табл.7.}$$

ρ_k - відносне значення кривизни заготовки,

$$\rho_{k_k} = \Delta_k \cdot L, \quad (2.5)$$

де Δ_k - кривизна заготовки питома, $\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$ [7], табл.4.8;

L – розмір заготовки найбільший, $L = 350 \text{ мм}$;

$$\rho_{кор} = 350 \cdot 1,0 = 350 \text{ мкм};$$

Допуск на заготовку $T_{заг.} = 2200 \text{ мкм}$.

б). Точіння чорнове:

$$R_{zt.чорнове} = 63 \text{ мкм}; h_{т.чорнове} = 50 \text{ мкм} [7], \text{ табл.4.5};$$

Просторова похибка переходу

$$\Delta_{\Sigma т..чорн.} = \Delta_{заг} \cdot K_y, \quad (2.6)$$

де K_y – уточнення, $K_y = 0,06$ [7], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma т..чорн.} = 350 \cdot 0,06 = 21 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення заготовки:

$$\varepsilon_{ут..чорн.} = 300 \text{ мкм} [7], \text{ табл. 13.}$$

Находимо найменші граничні розміри:

Розраховуємо мінімальний припуск.

Точіння чорнове:

$$Z_{i \min \text{ чорн.}} = 150 + 250 + 350 + 300 = 800 \text{ мкм}$$

Знаходимо розміри розрахункові. Для кінцевого переходу в графу «розрахунковий розмір» заносимо найбільший розмір із креслення

$$L_{р. дет.} = 200,0 - 0,6 = 199,4 \text{ мм}.$$

Для переходу кінцевого розраховуємо розмір

$$L_{р. чорн.} = 199,4 + 0,8 = 200,2 \text{ мм}$$

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Находимо найменші граничні розміри:

$$L_{\text{нм дет.}} = 199,4 \text{ мм};$$

$$L_{\text{нм заг.}} = 200,2 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок припусків на обробку торця в розмір 200 мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$A_{\Sigma i-1}$	ε_i				Нб.	Нм.	Нм.	Нб.
Заготовка	150	250	100			98,2	2200	100,4	98,2		
Фрезер. чорнове	50	50	6	300	800	97,4	600	98,0	97,4	0,8	2,4
Всього										0,8	2,4

Знаходимо граничні найбільші розміри

$$L_{\text{нб дет.}} = L_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 199,4 + 0,6 = 200,0$$

$$L_{\text{нб заг.}} = H_{\text{нм т.заг.}} + T_{\text{заг.}} = 200,2 + 2,2 = 202,4 \text{ мм};$$

Знаходимо граничні найбільші припуски у вигляді різниці найбільших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів:

$$Z_{\text{нб чорн.}} = L_{\text{нб заг.}} - L_{\text{нб чорн.}} = 202,4 - 200,0 = 2,4 \text{ мм}$$

Знаходимо граничні найменші припуски у вигляді різниці найменших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів:

$$Z_{\text{нм чорн.}} = L_{\text{нм заг.}} - L_{\text{нм чорн.}} = 200,2 - 199,4 = 0,8 \text{ мм}$$

Перевірка :

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = Z_{\text{нб заг.}} - Z_{\text{нм заг.}} \quad (2.7)$$

$$2,2 - 0,6 = 2,4 - 0,8 - \text{розрахунок виконано правильно.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$Z_{\text{ном.}} = Z_{\text{нм заг.}} + H_z - H_d, \quad (2.8)$$

де H_z – нижнє відхилення заготовки, $H_z = 1,0$ мм; H_d – нижнє відхилення деталі, $H_d = 0,0$ мм

$$Z_{\text{ном.}} = 1,0 + 1,0 - 0,6 = 1,4 \text{ мм.}$$

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ		Арк.
							35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Номінальний розмір заготовки:

$$L_{\text{ном. заг.}} = L_{\text{ном. дет.}} + Z_{\text{ном}} = 200,0 + 1,4 = 201,4 \text{ мм}$$

На основі розрахунку будемо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при заготовці у розмір $200_{-0,6}^0$ мм. (рис. 2.9).

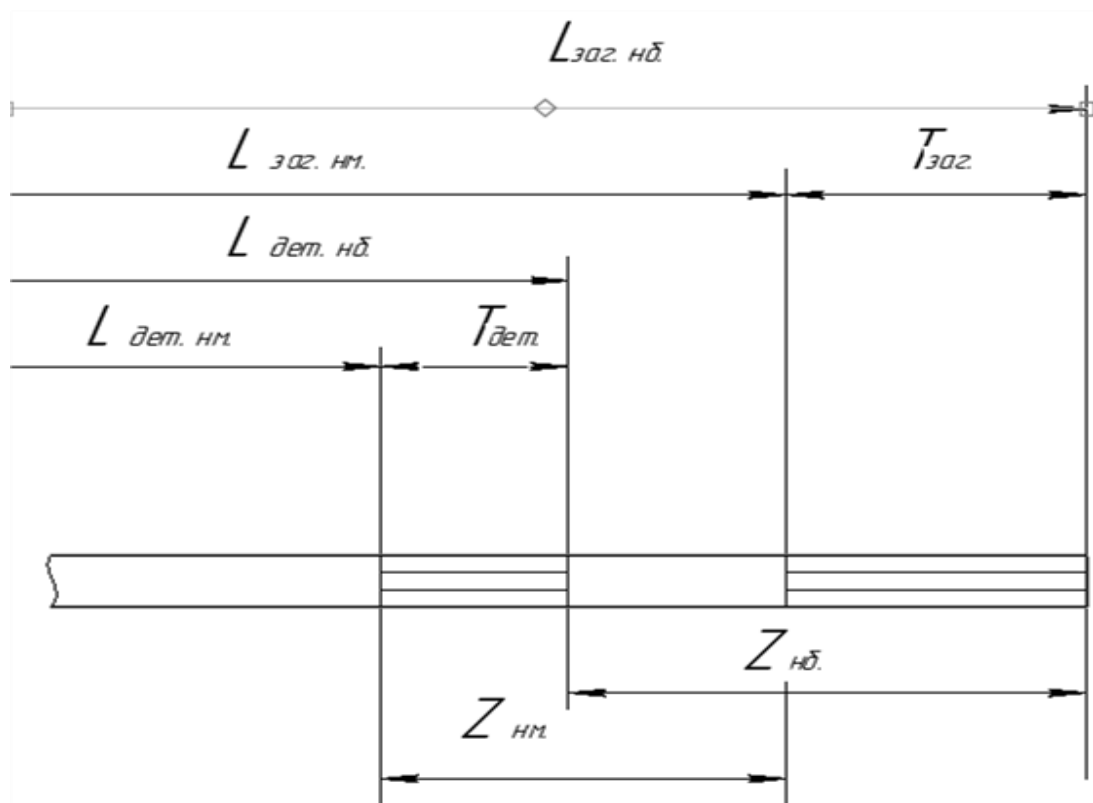


Рис. 2.9 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при торця в розмір $200_{-0,6}^0$ мм.

1.6.2. Розрахунок режимів різання та норм часу

Визначення режимів різання.

Свердлування отвору Ø12,9 мм.

Приймаємо свердло спіральне із швидкоріжучої сталі з конічним хвостовиком, подовжене ГОСТ 12121-77.

Геометричні параметри свердла: форма заточки ДП – двійна з підточкою поперечної кромки; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi = 40 \dots 60^\circ$; $2\varphi = 118^\circ$; $a = 1,5$ мм; $h = 1,5$ мм; $k = 2,3$ мм; $l_1 = 3,0$ мм; $\omega = 35^\circ$; $d = 12,9$ мм; $L = 300$ мм; $l = 100$ мм, [6], с.137, табл. 40; с. 151-152, табл. 43, 45.

1) Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 12,9 = 6,45 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

2) Подача: $S = 0,55 \dots 0,66$ мм/об [6], с.277, табл. 25,

приймаємо $S = 0,56$ мм/об.

3) Швидкість головного руху різання V , м/хв., визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_v, \quad (2.8)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 17,1$ [6], с. 278, табл. 28;

T – період стійкості, $T = 60$ хв [6], с. 280;

q, m, x, y, u, p – показники степеня приймаємо по [6], с.278, табл.28:

$q = 0,25$; $m = 0,125$; $y = 0,4$;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, ураховуючи фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{nv}, \quad (2.9)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюемого матеріалу, визначаємо по [6], с. 261, табл. 1;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.10)$$

де n_v – показник степеня, $n_v = 1,25$ [6], с. 262, табл. 2

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{165} \right)^{1,25} = 1,193;$$

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердління, $K_{lv}=1,0$ [6], с. 263, табл. 5;

K_{lv} - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента, $K_{lv} = 1,0$ [6], с. 263, табл. 6.

$$K_v = 1,193 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,193.$$

$$v = \frac{17,1 \cdot 12,9^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,56^{0,4}} \cdot 1,193 = 25 \text{ м/хв.}$$

4) Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 12,9} = 617,2 \text{ об/хв.} \quad (2.11)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 500$ об/хв.

5) Крутний момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.12)$$

де $C_m = 0,021$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [6], с. 281, табл. 32;

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np} = \left(\frac{165}{190} \right)^{0,6} = 0,92, \quad (2.13)$$

де n_p – показник степені, $n_p = 0,6$ [6], с. 264, табл. 9;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 12,9^{2,0} \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,92 = 2,2 \text{ Н·м.}$$

6) Осьова сила різання

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де $C_p = 42,7$; $y = 0,8$; $q = 1,0$ [6], с. 281, табл. 32.

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 12,9^{1,0} \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,92 = 3186,8 \text{ Н.}$$

7) Потужність різання

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,2 \cdot 500}{9750} = 0,1 \text{ кВт.} \quad (2.15)$$

Перевіряємо чи достатня потужність привода верстата для проведення цієї операції.

Потужність на шпинделі верстата

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta, \quad (2.16)$$

де $N_{\text{ст}}$ – потужність привода головного руху, $N_{\text{ст}} = 2,8$ кВт;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,8$,

$$N_{\text{шп}} = 2,8 \cdot 0,8 = 2,24 \text{ кВт.}$$

Перевірку проводимо згідно співвідношення

$$N_{\text{шп}} > N_{\text{різ}},$$

$$2,24 > 0,1.$$

Обробка можлива.

8) Визначення основного часу на перехід

$$t_o = l_{p.x} / S \cdot n_o, \quad (2.17)$$

де $l_{p.x}$ - довжина робочого ходу інструменту;

$$l_{p.x} = l_{різ} + y + \Delta, \quad (2.18)$$

де y – підвід, врізання та перебіг інструмента,

$$y = (D/2) \cdot \text{ctg} \varphi = (12,9/2) \cdot \text{ctg} 59^\circ = 4 \text{ мм, [7], с. 300;}$$

Δ – величина перебігу, $\Delta = 1 \dots 2$ мм, приймаємо $\Delta = 2$ мм;

$$l_{p.x} = 11 + 4 + 2 = 17 \text{ мм;}$$

$$t_o = 17 / 500 \cdot 0,56 = 0,061 \text{ хв.}$$

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок норм часу

Встановлюємо технічну норму часу для серійного виробництва $T_{шт.к.}$,

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{п.з.}/n), \quad [13] \quad (2.19)$$

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заклучний час, хв.;

n - кількість деталей , що приймається у партії, шт;

$T_{шт.}$ - штучний час оброблення, хв.;

$$T_{шт.} = T_o + T_{\partial} + T_{обс.} + T_{відп.} ,$$

де T_o - час основний, хв.; T_{∂} - допоміжний час. хв.;

Допоміжний час знаходиться із наступних затрат часу:

$$T_{\partial} = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим} , \quad (2.20)$$

де $T_{вст}$ - час, необхідний для установки та зняття деталі, хв.;

$T_{з.о}$ - час, необхідний для закріплення та розкріплення деталі, хв.;

$T_{кер}$ - час, необхідний на прийом керування верстатом, хв.

$T_{вим}$ - час вимірювання деталі, хв.

$T_{обс.}$ - час обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп.}$ - час на перерви для відпочинку та особисті потреби робітника, хв.

Встановлення норми часу на операцію 005

Час основний $T_o = 0,55$ хв.

Час допоміжний

$$T_{\partial} = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.21)$$

де $(T_{вст} + T_{з.о})$ - час на встановлення деталі та затиск, $(T_{вст} + T_{з.о}) = 0.18$

хв., [13], с.199; $T_{кер}$ - час для виконання прийомів керування верстатом,

включає час на включення та виключення верстата кноркою - 0,01 хв; час

на виконання переміщення в поздовжньому напрямку - 0,06 хв., час на

виконання переміщення в поперечному напрямку - 0,06 хв.; час на

переміщення інструменту - 0,08 хв. [13], с.202...203

Всього $T_{кер} = 0.01 + 0.06 + 0,06 + 0.08 = 0.21$ хв.

$T_{вим}$ - час для виконання контролю деталі - 0,20 хв.; тоді ,

$$T_{\partial} = (0.18 + 0,21 + 0,20) [13] 1,85 = 1,092 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{оп.} = T_o + T_{\partial}$

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{on.} = 0,349 + 1,092 = 1,441 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок та на обслуговування робочого місця робітника :

$$T_{об} + T_{від} = P_{об.від} \times (T_o + T_e) / 100, \quad (2.22)$$

де $P_{об.від}$ – нормативне значення для серійного виробництва; $P_{об.від} = 6 \%$, [13], с.215.

$$T_{об} + T_{від} = 6/100 \times (0,349 + 1,092) = 0,086 \text{ хв.}$$

$$\text{Штучний час } T_{шт.} = 1,441 + 0,086 = 1,53 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час включає: час на установку пристрою, час настроювання верстата - 16 хв.; час на отримання інструмента - 2 хв.; часу додаткових прийомів - 14 хв.

$$T_{п.-з.} = 16 + 2 + 14 = 32 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію $T_{шт.-к} = 1,53 + 32/3000 = 1,54 \text{ хв.}$

Норми часу заносимо у табл.2.5.

Таблиця 2.5 – Норми часу при обробці деталі

№ оп.	T_o , хв.	$T_{дод}$, хв.			$T_{он.}$, хв.	$T_{обс.-від.}$, хв.	$T_{шт.}$, хв.	$T_{п.-з.}$, хв.	N, шт.	$T_{шт.-к}$, хв.
		$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	0,55	0,18	0,21	0,20	1,441	0,086	1,53	32	3000	1,54
010	1,987	0,18	0,21	0,20	3,079	0,185	3,26	32	3000	3,324
015	5,8	0,21	0,20	0,15	6,124	0,67	6,19	32	3000	6,20
020	0,482	0,21	0,20	0,15	1,518	0,091	1,61	32	3000	1,673
025	0,70	0,21	0,20	0,15	1,736	0,104	1,84	32	3000	1,94
030	0,230	0,21	0,20	0,15	1,266	0,076	1,34	32	3000	1,41

2.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Пристрій для механічної обробки

2.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Для фрезерування площин та фаски деталі «плита середня» застосовуються типові переналадочні компоновки з елементів УСП (універсально збірних пристроїв) з механізованим гідравлічним затиском заготовки. В якості опорних і затискних елементів використовуються стандартзовані плити і упори.

Механізація затиску здійснюється за допомогою вмонтованих гідроциліндрів підключених до гідросистеми верстату.

Пристрій складається із базової плити опорних і елементів для встановлення та кріпильних прихватів, які приводиться в рух від вмонтованого гідроциліндра.

Схема базування заготовки показана на рис. 3.4.

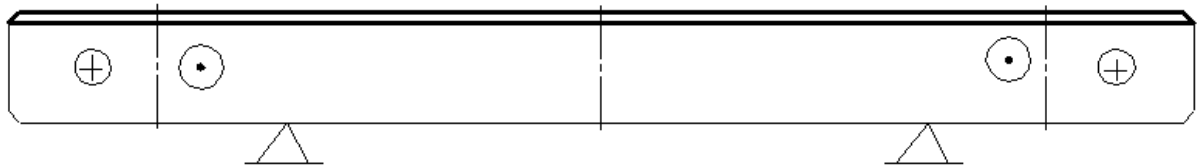
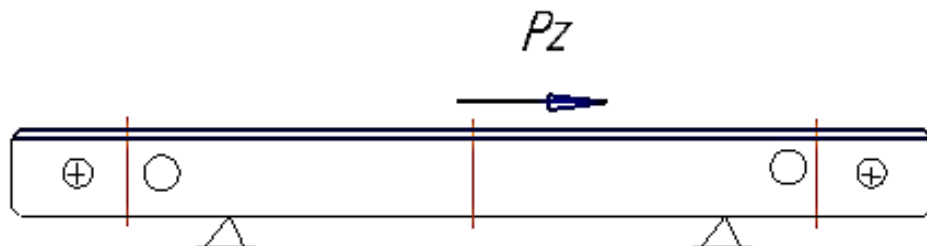


Рисунок 3.4- Схема базування заготовки

2.1.2. Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

Схема базування з силами, які діють на заготовку під час оброблення, показана на рис.3.5.



					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

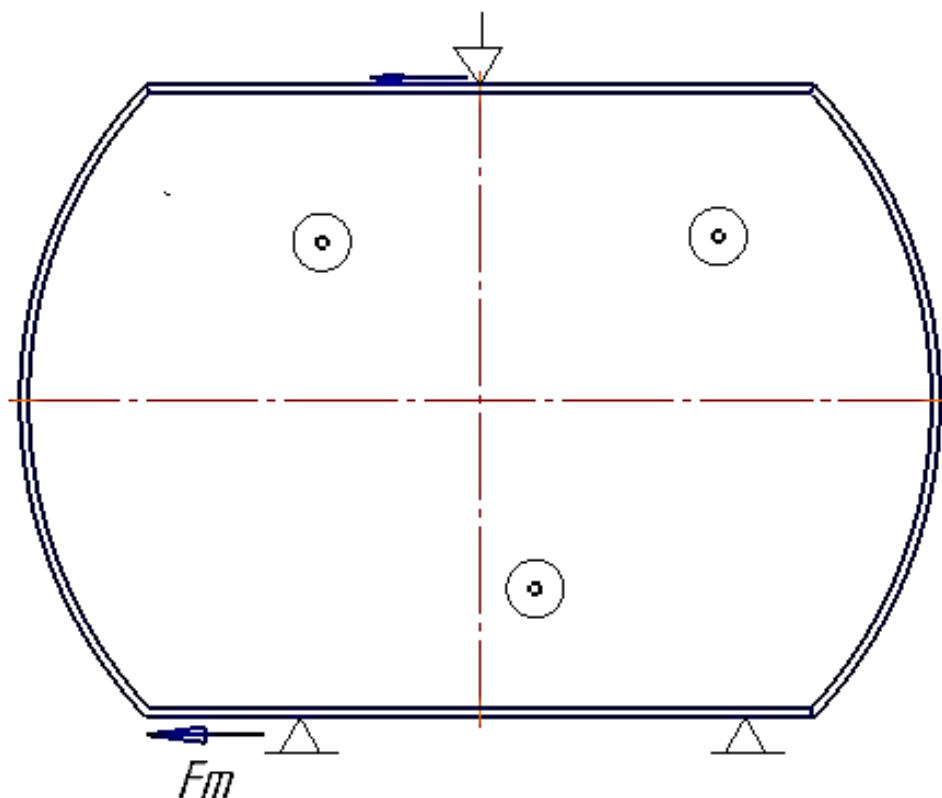


Рисунок 3.5- Схема базування та закріплення заготовки

Розрахунок зусилля затиску

Розглянемо розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки із умови різання і підберемо найближчий стандартний діаметр циліндра.

Для надійного затиску деталі необхідна сила затиску, яку визначимо з рівняння рівноваги заготовки [14]:

$$W \cdot f_1 + W \cdot f_2 = k \cdot P_z; \quad (3.8)$$

Силу різання знаходимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}; \quad [5], \text{ с.282}; \quad (3.9)$$

де $C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1,0$; $q = 1,0$; $w = 0$ - коефіцієнт і показники степені [5], с.291, табл. 41;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється;

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n; \quad [5], \text{ с.264 ,табл. 9};$$

$$n = 1,0; \quad [5], \text{ с.264 ,табл. 9};$$

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = \left(\frac{210}{190} \right)^{1,0} = 1,1;$$

Отже:

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 135^{1,0} \cdot 10}{160^{1,0} \cdot 200^0} \cdot 1,1 = 953 \text{ Н};$$

Знайдемо силу затиску заготовки за формулою :

$$W = k \cdot P_z / (f_1 + f_2); \quad (3.10)$$

де f_1 і f_2 – коефіцієнти тертя між деталлю і установочними та затискними елементами пристрою;

P_z - сила різання при фрезеруванні, $P_z = 953 \text{ Н}$ (див режими різання).

При $f_1 = f_2 = 0,1$ сила затиску буде рівною:

$$W = 0,5 \cdot P_z \cdot k; \quad (3.11)$$

$k = 2,5$ – коефіцієнт запасу надійності затиску;

$$W = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 953 = 1191 \text{ Н};$$

2.1.3. Розрахунок приводу пристрою

Сила затиску на заготовку передається клиновим механізмом з кутом клину 30° згідно рис 3.6.

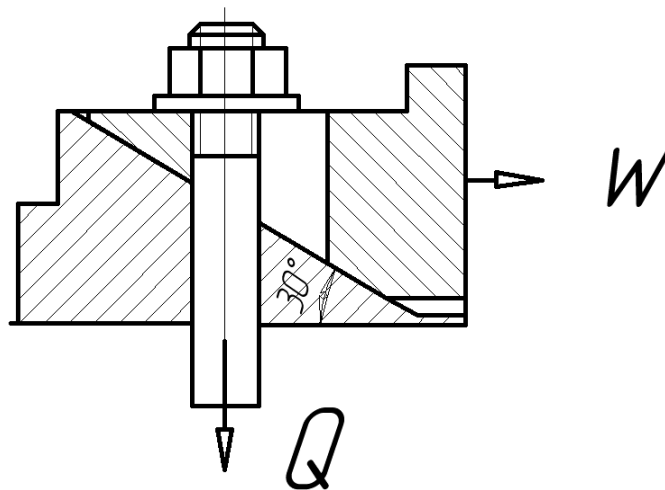


Рисунок 3.6 - Схема клинового механізму для передавання зусилля затиску

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді сила на штокові гідроциліндра буде:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg} 30^{\circ} = 1191 \cdot 0,577 = 687 \text{ Н}$$

Робоча порожнина гідроциліндра штокова, тому розрахунок ведемо за формулою:

$$D_y = \sqrt{1,27 Q / p \cdot \eta + d_{um}^2}, \quad [12] \quad (3.12)$$

де Q - зусилля на штокові гідроциліндра;

p - робочий тиск повітря у гіромережі $p = 1,0 \text{ МПа.}$;

η - коефіцієнт корисної дії гідроциліндра $\eta = 0,9$;

d_{um} - діаметр штока, приймаємо мінімальний $d = 22 \text{ мм.}$

Для даної схеми закріплення заготовки зусилля на штокові гідроциліндра дорівнює $Q = 687 \text{ Н.}$

$$D_y = \sqrt{1,27 \cdot 687 / 1 \cdot 0,9 + 22^2} = 38,12 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_y = 60 \text{ мм.}$ Діаметр штока 22 мм.

Знайдемо фактичне зусилля на штокові гідроциліндра.

$$Q_{\max} = \frac{\pi \cdot (D_y^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot (60^2 - 22^2)}{4} \cdot 1 \cdot 0,9 = 2201 \text{ Н.}$$

2.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Найбільш навантаженим елементом пристрою є витки різьби на тязі.

Проведемо перевірку елементів різьби на зріз з формулою:

$$\tau_{zp} = \frac{Q}{\pi \cdot D_1 \cdot k \cdot H_z \cdot k_m} \leq [\tau_{cp}], \quad [12] \quad (3.13)$$

де $F = 2201 \text{ Н}$ сила на штокові гідроциліндра;

$k = 0,87$ коефіцієнт жорсткості метричної різьби;

$k_m = 0,6$ коефіцієнт нерівномірності навантаження на витки різьби;

$D_r = 10,376 \text{ мм.}$

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\tau_{cp}] = 0,3 \cdot \sigma_m = 0,3 \cdot 320 = 96 \text{ МПа}$$

$$\tau_{zp} = \frac{2201}{3,14 \cdot 10,376 \cdot 0,87 \cdot 15 \cdot 0,6} = 5,69 \leq [\tau_{cp}],$$

Міцність різьби на зріз забезпечена.

2.1.5. Розрахунок пристрою на точність

При даній схемі обробки і базування деталі в пристрої умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [12] може бути представлена у вигляді:

$$\varepsilon_{np} \leq T - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \quad (3.14)$$

де ε_{δ} – похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

T - допуск на розмір який виконується, $T = 0,17$ мм;

$k = 1,2$;

$\varepsilon_z = 0,07$ – похибка закріплення

$\varepsilon_{уст}$ - похибка встановлення пристрою на верстаті. $\varepsilon_{уст} = \frac{L_{дет} \cdot S_{max}}{l}$,

$L_{дет} = 90$ мм; $S_{max} = 0,07$ мм; $l = 500$ мм – відстань між шпонками пристрою

$$\varepsilon_{уст} = \frac{90 \cdot 0,07}{500} = 0,012 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм – похибка зношування базових елементів;

$K_1 = 0,8$, $K_2 = 0,6$ – коефіцієнти;

$\omega = 0,1$ – точність оброблення на верстаті.

$$\varepsilon_{np} \leq 0,17 - 1,2 \sqrt{0,07^2 + 0,04^2 + 0,012^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,047 \text{ мм.}$$

Отже, величина похибки, яку дає пристрій менша від величини допуску. Пристрій забезпечує необхідну точність.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.6. Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

Пристрій складається з елементів УЗП: плити з вмонтованими гідроциліндрами, упорами, та клиновими затисками. Працює пристрій наступним чином. Деталь встановлюється на площину корпусу до упору в базову пластину. Подається олія під тиском у штокову порожнину. Шток тягне болт затиску до низу. Завдяки пазу він ковзає по скосу клина та затискає заготовку.

Технічні умови на пристрій

Непаралельність верхньої площини до основи не більше 0,005 мм.

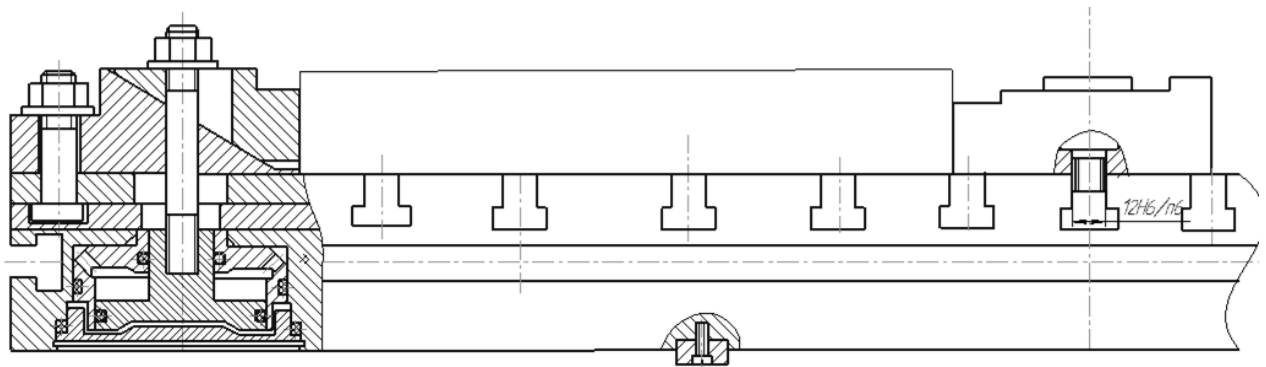


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд пристрою для фрезерування

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Конструювання і розрахунок одного вимірного контролюючого інструменту чи пристрою.

В умовах сучасного машинобудівного виробництва задача підвищення точності виробів здійснюється засобами технічних вимірювань та широкими впровадженнями контрольно - вимірювальних пристроїв.

Конструкція кожного контрольного пристрою, повинна задовольняти різні вимоги, найголовніші з них:

Оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;

Технологічність в виготовленні;

Зносостійкість;

Зручність в експлуатації.

Конструкція контрольного пристрою в цілому та всіх його входних пристроїв, а також вимірювальних засобів повинна бути прийнята такою, щоб з одної сторони, повністю задовольняти вимоги виконання контрольної операції і з другої, робити його застосування економічно вигідним.

2.2.1 Розробка схеми вимірювання

Для виконання операції контролю паралельності площин кронштейна застосована типова схема контролю.

Деталь розміщена на рухомому столику, а вимірювальний пристрій підводиться до певної точки вимірювання за допомогою стійки (див.рис.3.8)

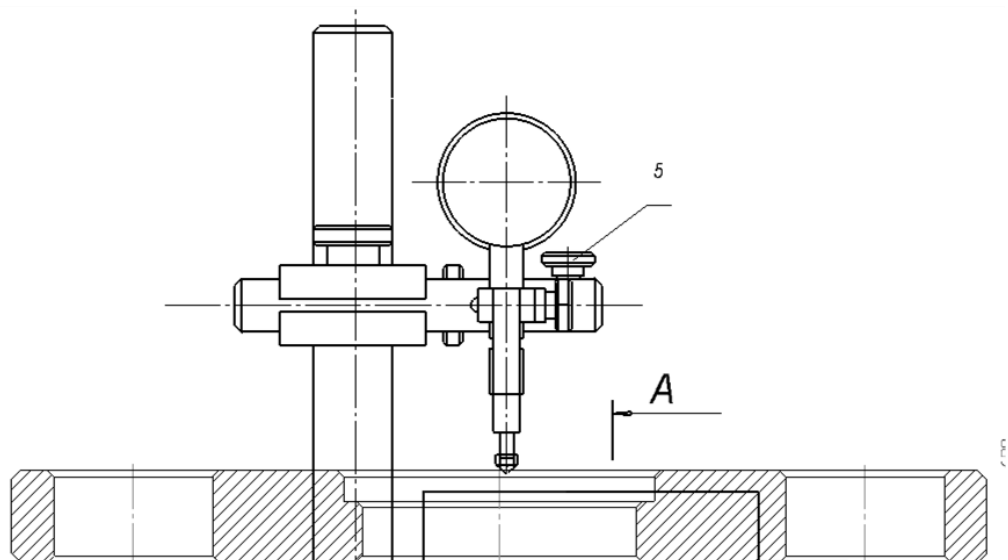


Рисунок 3.8 – Схема вимірювання

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T, \quad [11] \quad (3.15)$$

де T -допуск на параметр який контролюється, $T = 0,1$ мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.16)$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0$ (технологічна база співпадає з конструкторською);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка виготовлення пристрою, $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,006$ мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка зношення пристрою, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,006$ мм;

$\varepsilon_{\text{прил}}$ – похибка контрольно - вимірювального приладу:

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.17)$$

де $Ц$ – ціна поділки контрольно - вимірювального приладу.

Для контролю параметрів биття і співвісність вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ02 ГОСТ 577 – 68, ціна поділки якого $Ц = 0,01$ мм.

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,006^2 + 0,005^2 + 0,006^2} = 0,0098$$

Отже фактична похибка вимірювання не перевищує допустиму $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{\text{доп}}$.

2.2.3. Опис роботи пристрою

Пристрій призначений для контролю паралельності площин деталі плита середня.

Складається з корпусу, рухомого столика, стійки з індикатором.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій працює наступним чином. Спершу деталь, яку контролюємо, встановлюємо на рухомий столик до упорів. Потім до поверхні підводимо ніжку індикатора.

Індикатор за допомогою важеля виставляється на нуль. Після цього рухомий столик із деталлю переміщуємо на відстань 60-80 мм та знімаємо показання, дивлячись на відхилення індикатора визначаємо похибку паралельності поверхонь.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Проектування та програмування технологічного процесу обробки для верстата з ЧПК

Сучасний розвиток машинобудування супроводжується активним впровадженням обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дозволяє забезпечити високу точність виготовлення деталей, підвищити продуктивність виробництва та скоротити витрати часу на виконання технологічних операцій. Застосування верстатів з ЧПК є особливо ефективним в умовах серійного виробництва, де важливими факторами є стабільність якості, повторюваність результатів обробки та можливість автоматизації виробничих процесів.

Для виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» обрано підхід із використанням сучасного фрезерного обладнання та багатоцільових обробних центрів із числовим програмним керуванням. Використання ЧПК дозволяє об'єднати значну кількість переходів в межах однієї установки, забезпечити високу точність взаємного розташування поверхонь та мінімізувати похибки повторного базування.

Аналіз конструкції деталі з позиції обробки на верстатах з ЧПК

Деталь «Плита П.320200.30/4» належить до класу плит та характеризується наявністю плоских базових поверхонь, центральних посадкових отворів та системи координованих отворів.

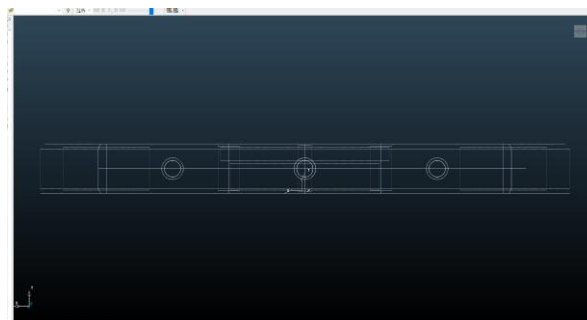
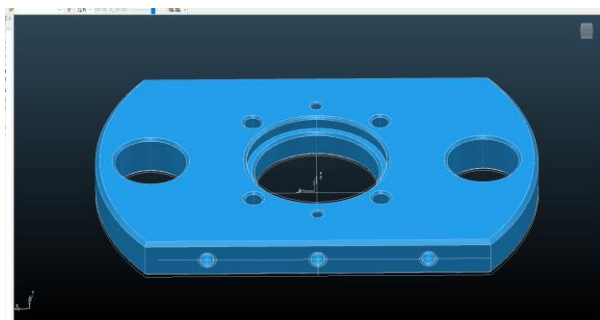
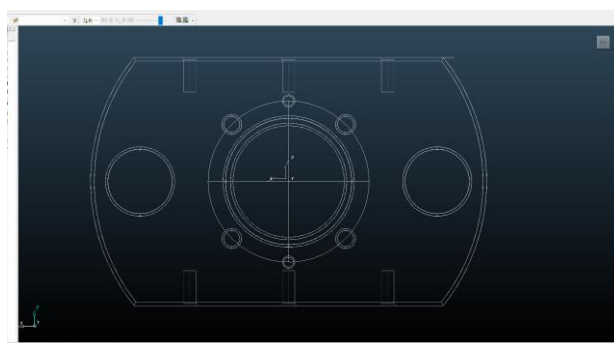
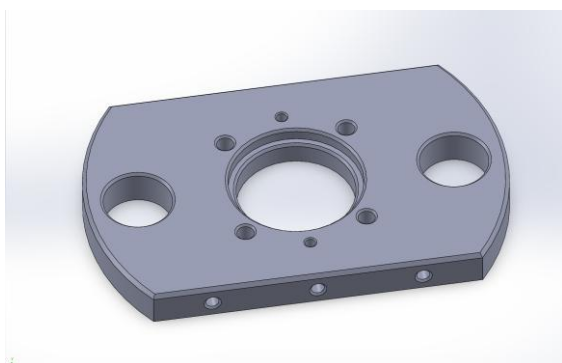
Конструкція деталі включає:

- центральний отвір Ø90H9;
- посадкові поверхні Ø52H7;
- зовнішні циліндричні поверхні;
- отвори Ø13;
- різьбові отвори M10;
- торцеві базові поверхні із підвищеними вимогами до точності.

З конструктивної точки зору деталь є технологічною для обробки на обладнанні з ЧПК, оскільки більшість поверхонь доступні для інструмента та можуть бути оброблені за мінімальної кількості переустановлень.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення точності обробки прийнято принцип суміщення технологічних та конструкторських баз.



Вибір обладнання та програмно-керованої системи

Для реалізації технологічного процесу прийнято використання сучасного обладнання з ЧПК.

Основні операції виконуються на наступних верстатах:

- вертикальний обробний центр DMG MORI CMX 1100 V — для фрезерних операцій;
- багатоцільовий обробний центр HAAS VF-2SS — для комплексної координатної обробки;
- свердлильно-фрезерний центр DN Solutions DNM 4500 — для виконання отворів;
- плоскошліфувальний верстат Okamoto ACC-84DX — для фінішної обробки.

Програмування здійснюється із використанням CAD/CAM-середовища, яке дозволяє виконувати побудову траєкторій інструменту, перевірку колізій та автоматичну генерацію керуючих програм.

Процес підготовки керуючої програми включає:

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. створення тривимірної моделі деталі;
2. вибір системи координат;
3. призначення технологічних переходів;
4. вибір різального інструменту;
5. розрахунок режимів різання;
6. генерацію NC-коду;
7. верифікацію програми;
8. постпроцесування під конкретну систему ЧПК.

Формування технологічної структури обробки

Обробка деталі виконується за декілька етапів.

Етап 1. Підготовка базових поверхонь

На початковому етапі виконується встановлення заготовки та фрезерування першої базової поверхні. Після цього проводиться перевстановлення та отримання другої базової поверхні із забезпеченням необхідної товщини деталі.

На цьому етапі формуються чистові бази для наступних операцій.

Етап 2. Координатна обробка центральної частини

На багатоцільовому центрі виконується:

- фрезерування центральних поверхонь;
- обробка Ø90H9;
- отримання посадкових діаметрів Ø52H7;
- виконання фасок;
- забезпечення співвісності поверхонь.
- Під час програмування застосовується послідовна стратегія:
- чорнова обробка;
- напівчистова;
- чистова.

Такий підхід дозволяє зменшити навантаження на інструмент та забезпечити стабільну геометрію.

Етап 3. Свердлильні операції

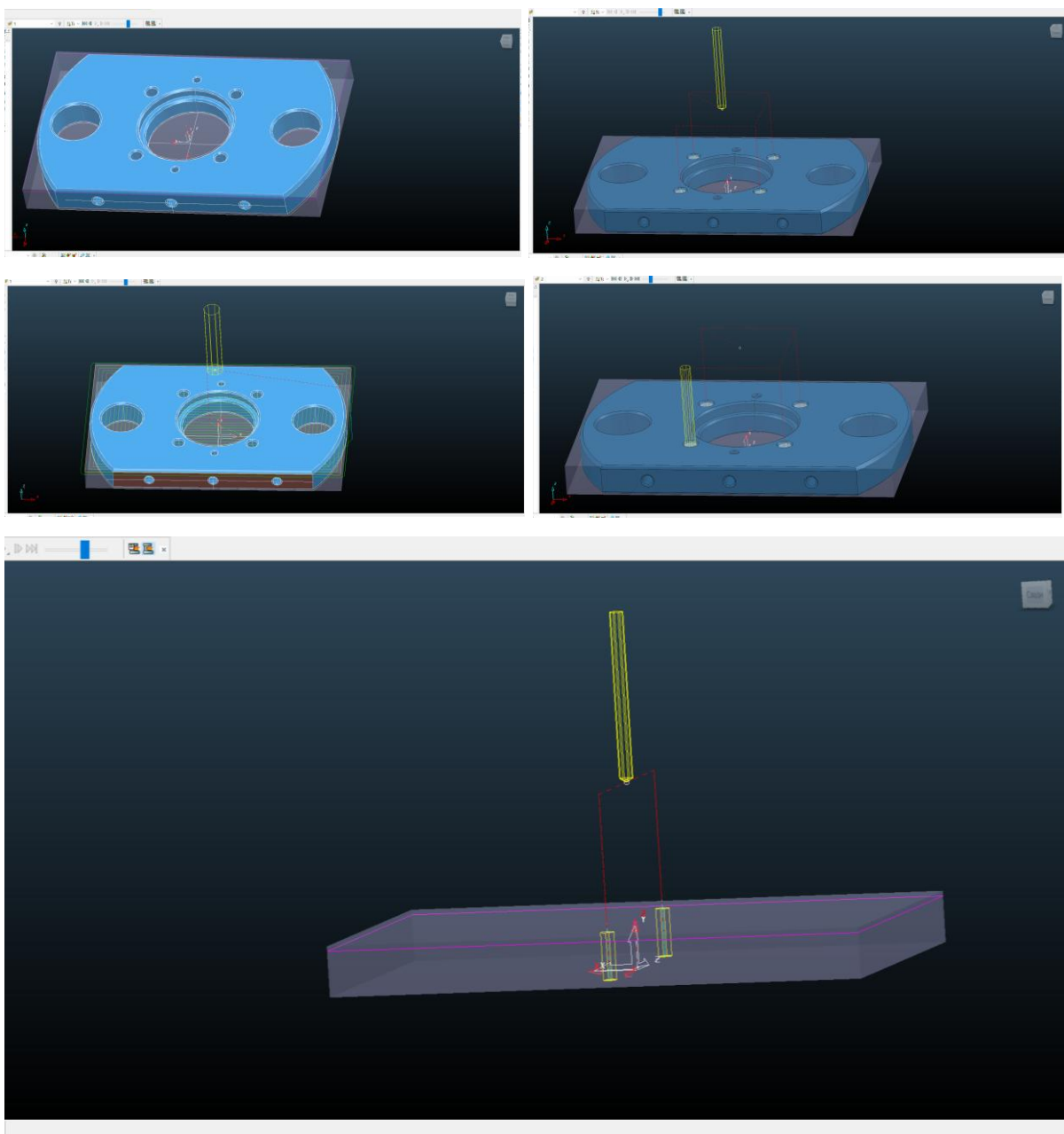
					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення основного формоутворення виконується свердління координованих отворів.

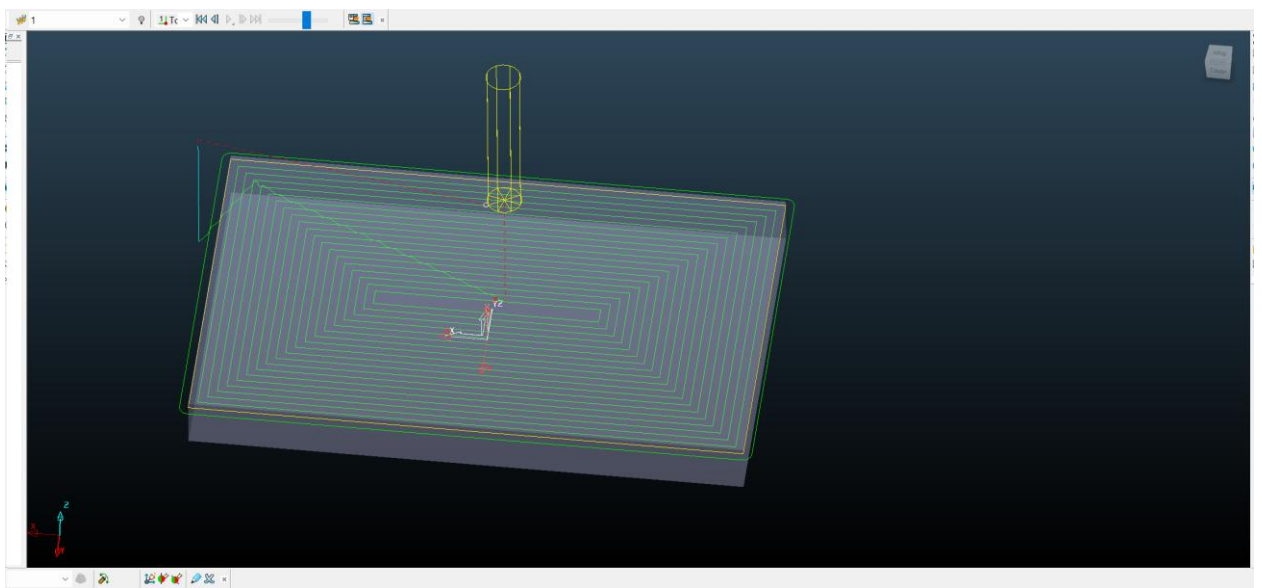
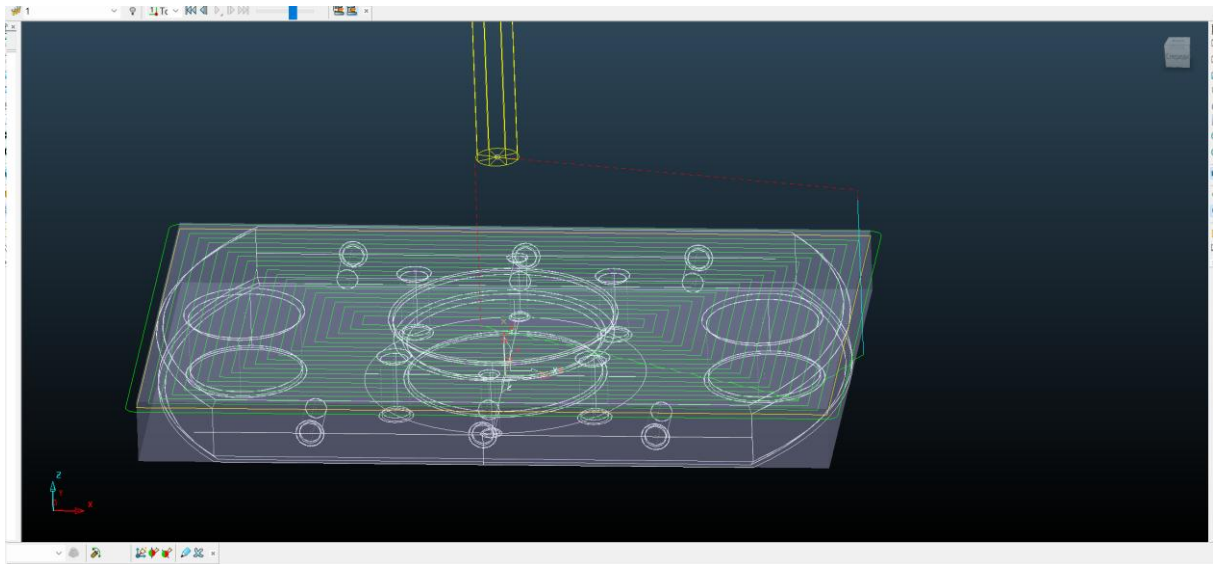
Послідовність:

- центрування;
- свердління;
- розгортання;
- нарізання різьби.

Координати отворів задаються у програмі через абсолютну систему координат.



					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розроблення керуючої програми

Керуюча програма формується відповідно до структури обробки.

Типова структура програми включає:

- службові команди;
- виклик інструменту;
- встановлення системи координат;
- призначення частоти обертання;
- переміщення інструмента;
- виконання робочих проходів;
- завершення циклу.

					БР.ПМ-276 .00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При програмуванні використовуються:

- лінійна інтерполяція;
- кругова інтерполяція;
- цикли свердління;
- цикли нарізання різьби;
- автоматична зміна інструменту.

Для підвищення надійності виконується комп'ютерна симуляція обробки з перевіркою:

- можливих зіткнень;
- перевищення ходів;
- правильності вибору інструмента;
- відповідності траєкторії кресленню.

Після завершення моделювання формується фінальна керуюча програма у форматі, сумісному із системою керування верстата.

Очікувані результати застосування ЧПК

Використання обладнання з числовим програмним керуванням при виготовленні деталі «Плита П.320200.30/4» дозволяє забезпечити:

- високу точність взаємного розташування поверхонь;
- стабільне отримання посадок Н7 та Н9;
- зменшення кількості установлень;
- скорочення виробничого циклу;
- зменшення впливу людського фактора;
- підвищення продуктивності серійного виробництва;
- покращення повторюваності виготовлення.

Отже, застосування технологічного процесу із використанням верстатів з ЧПК забезпечує ефективне виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» відповідно до встановлених вимог щодо точності, шорсткості та економічної ефективності виробництва.

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		G-код	
%			N280 G85 Z-28.000 R5.000
O2001		F70.	
(PLITA P320200304)			N290 X-100.000 Y0.000
(POWERMILL POST)			N300 G80
(TOOLPATH - DRILL_D13)			N310 G00 Z100
N10 G90 G54 G17 G40 G49			(TOOLPATH - DRILL_M10)
G80			N320 T7 M06
N20 T4 M06			N330 S1200 M03
N30 S1400 M03			N340 G43 H07 Z100
N40 G00 G43 Z100 H04			N350 M08
N50 M08			N360 G81 Z-18 R3 F120
N60 X120.000 Y0.000			N370 X80 Y0
N70 G98 G81 Z-22.000 R5.000			N380 X40 Y69
F180.			N390 X-40 Y69
N80 X0.000 Y120.000			N400 X-80 Y0
N90 X-120.000 Y0.000			N410 X-40 Y-69
N100 X0.000 Y-120.000			N420 X40 Y-69
N110 G80			N430 G80
N120 G00 Z100			N440 G00 Z100
N130 M09			(TOOLPATH - TAP_M10)
(TOOLPATH - DRILL_D52)			N450 T8 M06
N140 T5 M06			N460 S400 M03
N150 S650 M03			N470 G43 H08 Z100
N160 G00 G43 Z100 H05			N480 M08
N170 M08			N490 G84 Z-18 R3 F1.5
N180 X100.000 Y0.000			N500 X80 Y0
N190 G81 Z-28.000 R5.000			N510 X40 Y69
F110.			N520 X-40 Y69
N200 X-100.000 Y0.000			N530 X-80 Y0
N210 G80			N540 X-40 Y-69
N220 G00 Z100			N550 X40 Y-69
(TOOLPATH	-		N560 G80
REAM_D52H7)			N570 M09
N230 T6 M06			N580 G28 G91 Z0
N240 S250 M03			N590 G28 X0 Y0
N250 G43 H06 Z100			N600 M30
N260 M08			%
N270 X100.000 Y0.000			

Висновки

У бакалаврській роботі виконано розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4» в умовах серійного виробництва з урахуванням сучасних вимог до точності обробки, продуктивності, економічної ефективності та можливості застосування автоматизованих засобів підготовки виробництва.

У процесі виконання роботи проведено аналіз конструктивних особливостей деталі та встановлено, що деталь належить до класу плит і характеризується наявністю плоских базових поверхонь, посадкових і кріпильних отворів, до яких висуваються підвищені вимоги щодо точності розмірів, взаємного розташування поверхонь і якості обробки. Аналіз конструкції показав достатній рівень технологічності деталі, що створює умови для використання високопродуктивних методів механічної обробки та сучасного обладнання з числовим програмним керуванням.

Виконано аналіз вимог креслення щодо точності, шорсткості поверхонь та геометричних допусків. Встановлено технологічні бази, обґрунтовано вибір чорнових, проміжних і чистових баз, що дозволило забезпечити необхідну точність виготовлення та раціональну послідовність обробки.

На підставі прийнятого серійного типу виробництва виконано визначення структури технологічного процесу та сформовано маршрут виготовлення деталі. Розроблений маршрут включає заготівельні, фрезерні, багатоцільові, свердлильні, шліфувальні та контрольні операції із застосуванням сучасного високопродуктивного обладнання.

Проведено аналіз можливих способів отримання заготовки та розглянуто два варіанти її виготовлення — плазмове різання та гаряче об'ємне штампування. За результатами техніко-технологічного аналізу встановлено, що для заданих умов виробництва найбільш раціональним є застосування заготовки, отриманої методом плазмового різання. Обраний спосіб забезпечує достатню точність геометрії заготовки, зниження підготовчих витрат та ефективне використання матеріалу. Розрахований

					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт використання матеріалу підтвердив економічну доцільність прийнятого рішення.

У роботі виконано вибір сучасного технологічного обладнання та оснастки із заміною традиційних моделей верстатів на сучасні закордонні аналоги з числовим програмним керуванням. Для реалізації процесу обробки запропоновано використання вертикальних обробних центрів, свердлильних центрів та шліфувального обладнання, що забезпечують високу стабільність технологічного процесу та повторюваність результатів.

Проведено розрахунок основного та штучно-калькуляційного часу за операціями технологічного процесу, що дозволило оцінити трудомісткість виготовлення деталі та підтвердити відповідність прийнятих рішень умовам серійного виробництва.

Окрему увагу приділено проектуванню та програмуванню технологічного процесу обробки для верстатів з ЧПК. Розроблено структуру керуючих програм, сформовано траєкторії руху інструменту та виконано підготовку програмного забезпечення для реалізації механічної обробки. Використання CAD/CAM-технологій дозволяє скоротити час підготовки виробництва, підвищити точність формування геометрії та забезпечити стабільність процесу виготовлення.

У результаті виконаної роботи поставлену мету досягнуто — розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Плита П.320200.30/4», який забезпечує необхідні показники точності, якості поверхонь, продуктивності та економічної ефективності в умовах серійного виробництва. Отримані результати можуть бути використані під час впровадження технологічного процесу на машинобудівному підприємстві або як основа для подальшого удосконалення виробництва із застосуванням сучасних цифрових технологій.

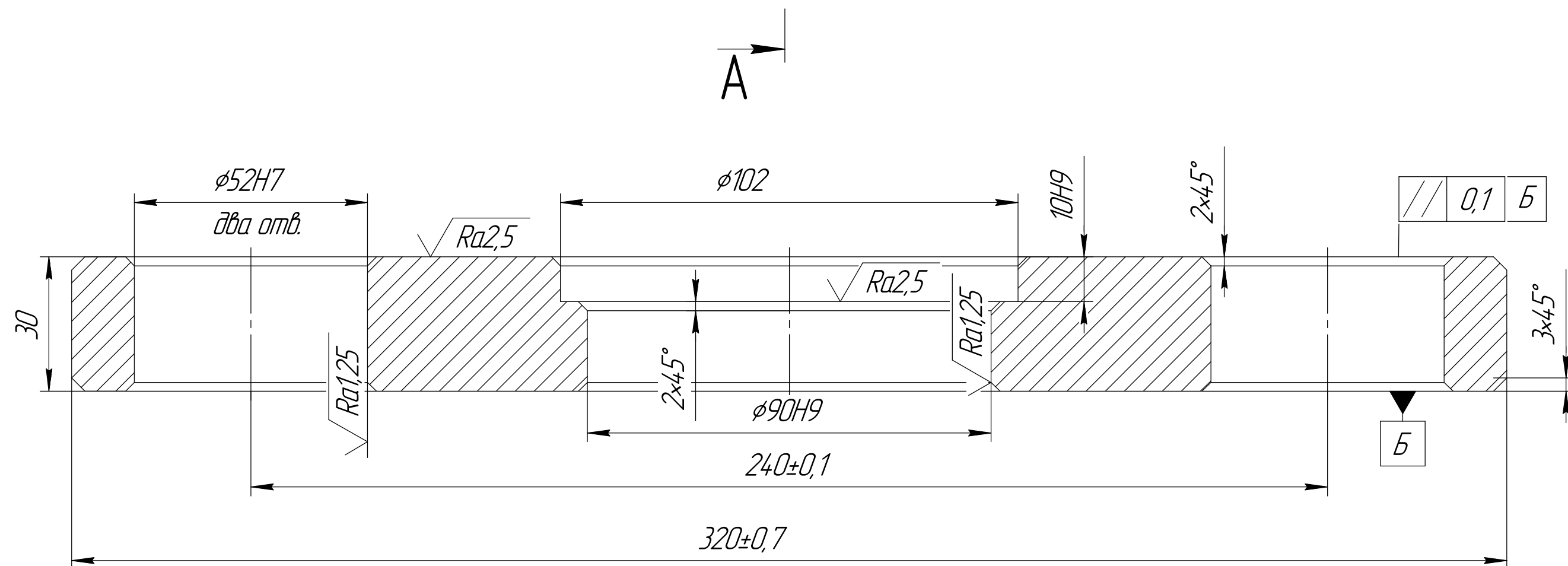
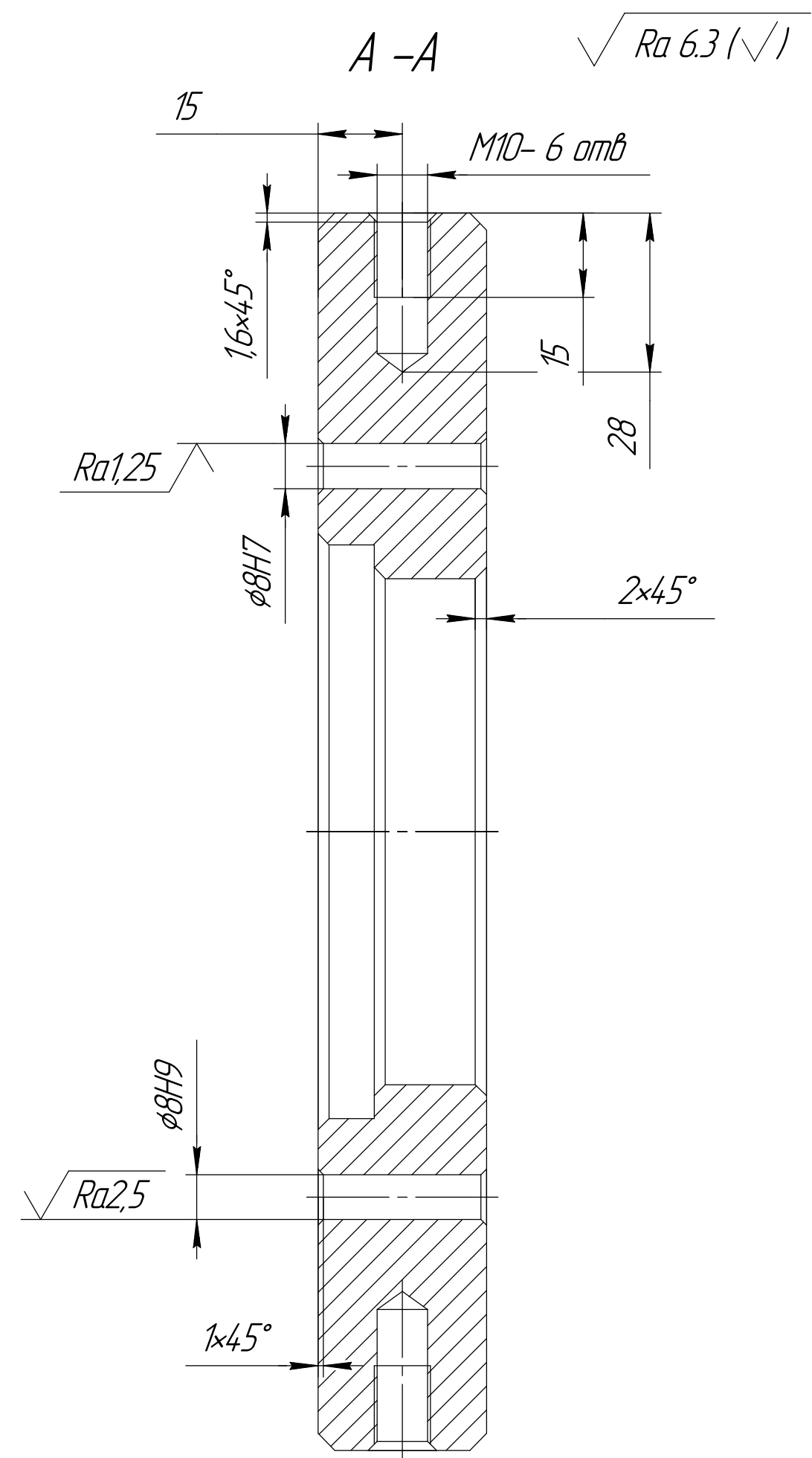
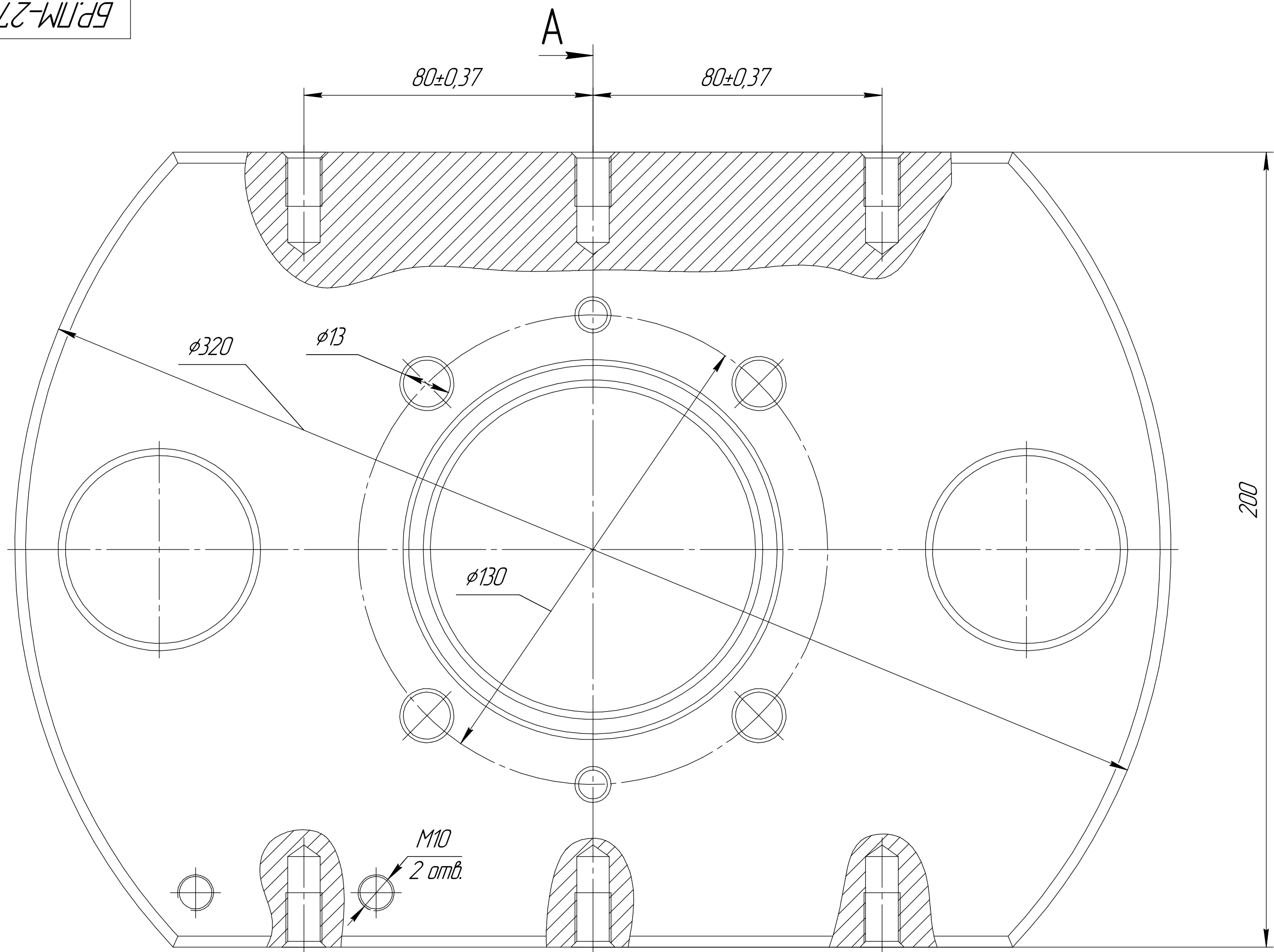
					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Панчук В. Г., Карпик Р. Т., Врюкало В. В., Одосій З. М. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 50 с.
2. Войтенко П. І. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» для спеціальності 7.090202 – Технологія машинобудування. Івано-Франківськ: Факел, 2000. 77 с.
3. Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання технологічної частини дипломного проекту спеціальності 1201 – Технологія машинобудування. Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1990. 58 с.
4. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. 120 с.
5. Холоша В. І., Проців В. В., Богданов О. О. Технологічна оснастка: навч. посіб. / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро: НГУ, 2016. 133 с.
6. ДСТУ EN 10083-2:2017. Сталі для гартування та відпуску. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих якісних сталей (EN 10083-2:2006, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 24 с.
7. Проектування оснастки. Методичні вказівки до виконання розрахункових та контрольних робіт для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.090202 – Технологія машинобудування. Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2000. 110 с.
8. Борисенко Т. М., Корець М. С. Технологія машинобудування: підручник. Київ: Вища школа, 2018. 345 с.
9. Яценко В. К., Клименко Г. П., Ловейкін В. С. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посіб. Житомир: ЖДТУ, 2019. 412 с.
10. Мельничук П. П., Божко Т. Є. Розрахунок режимів різання та нормування станочних операцій: довідник. Луцьк: ЛНТУ, 2021. 180 с.
11. Пересунько М. П., Башкатова Н. М., Любов В. О. Проектування технологічного оснащення та верстатних пристроїв: навч. посіб. Київ: КНТУ, 2017. 256 с.
12. Ткаченко В. О. Конструювання та розрахунок контрольно-вимірювальних пристроїв у машинобудуванні. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. 142 с.
13. Стрішенець О. М., Прокопчук А. В. Програмування та налагодження верстатів з ЧПК: підручник. Львів: Новий Світ-2000, 2022. 290 с.

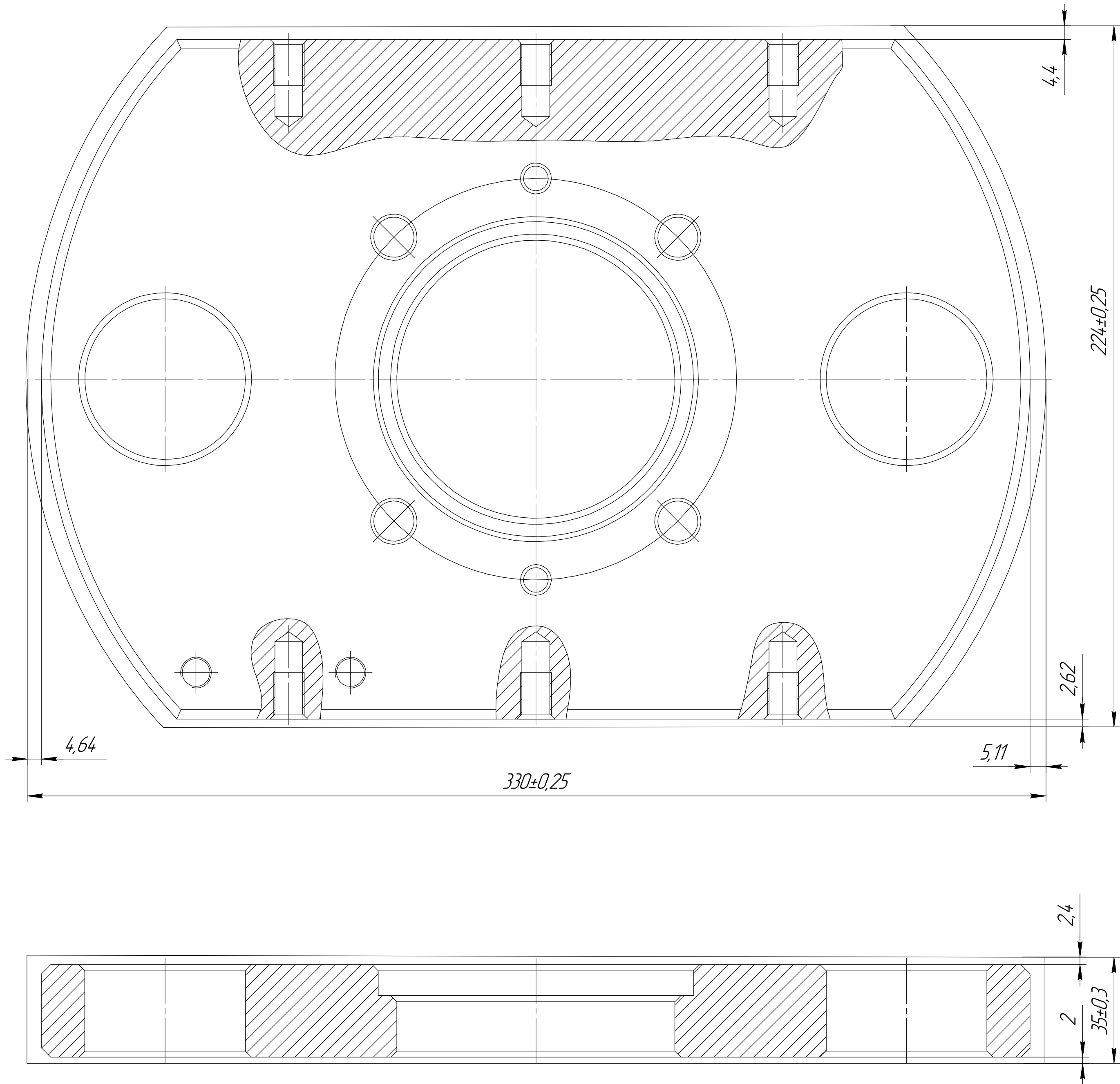
					БР.ПМ–276 .00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]



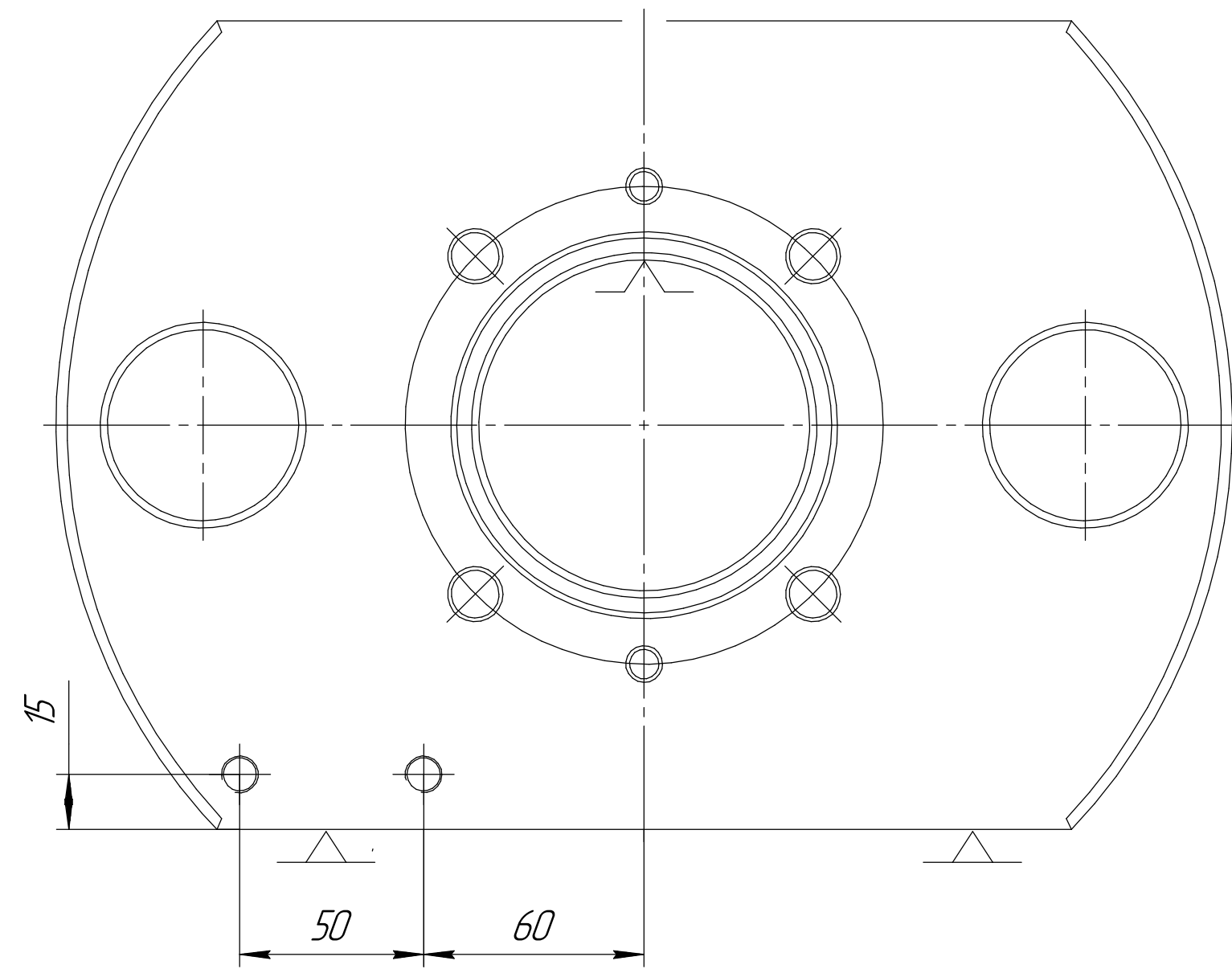
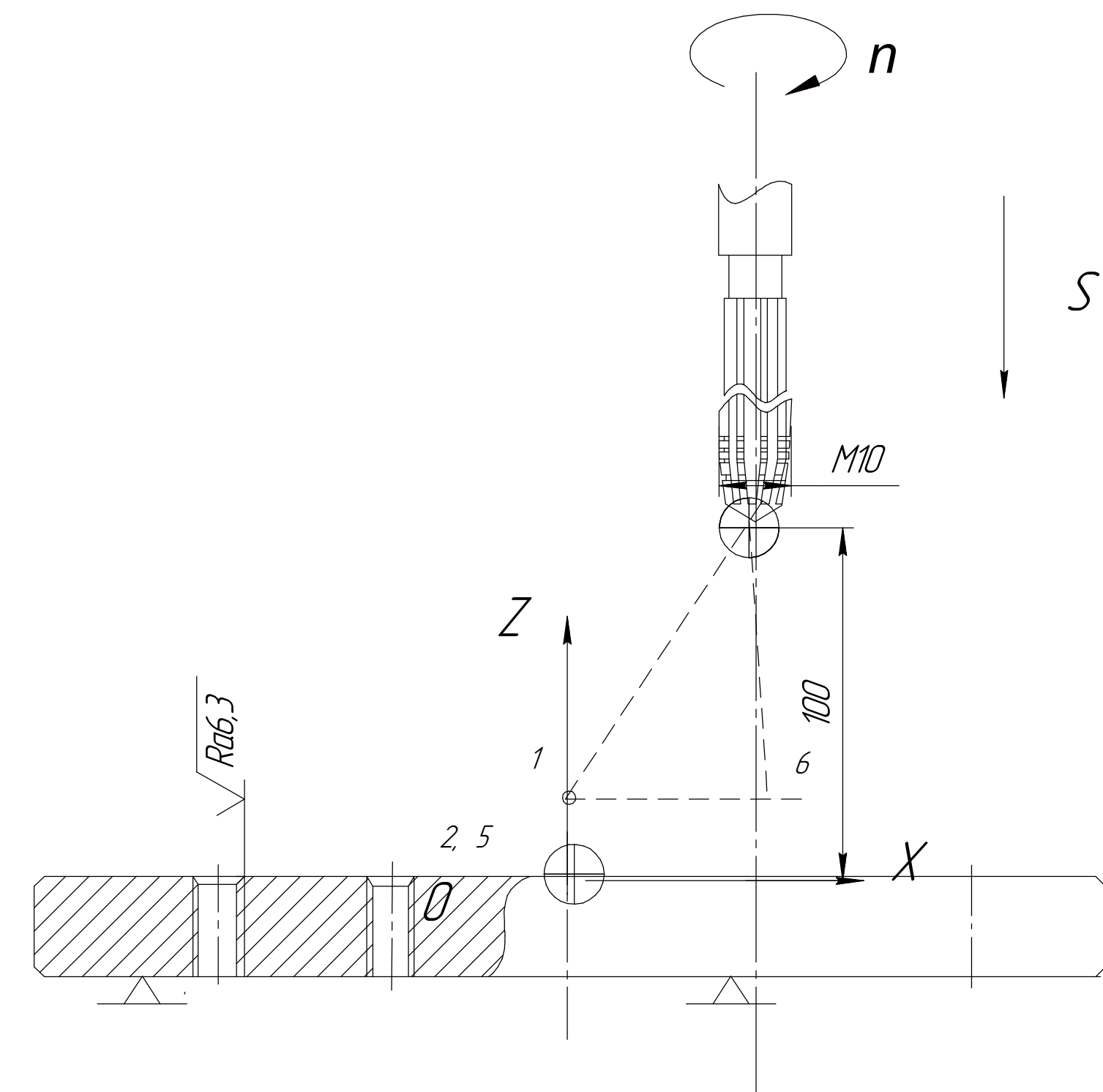
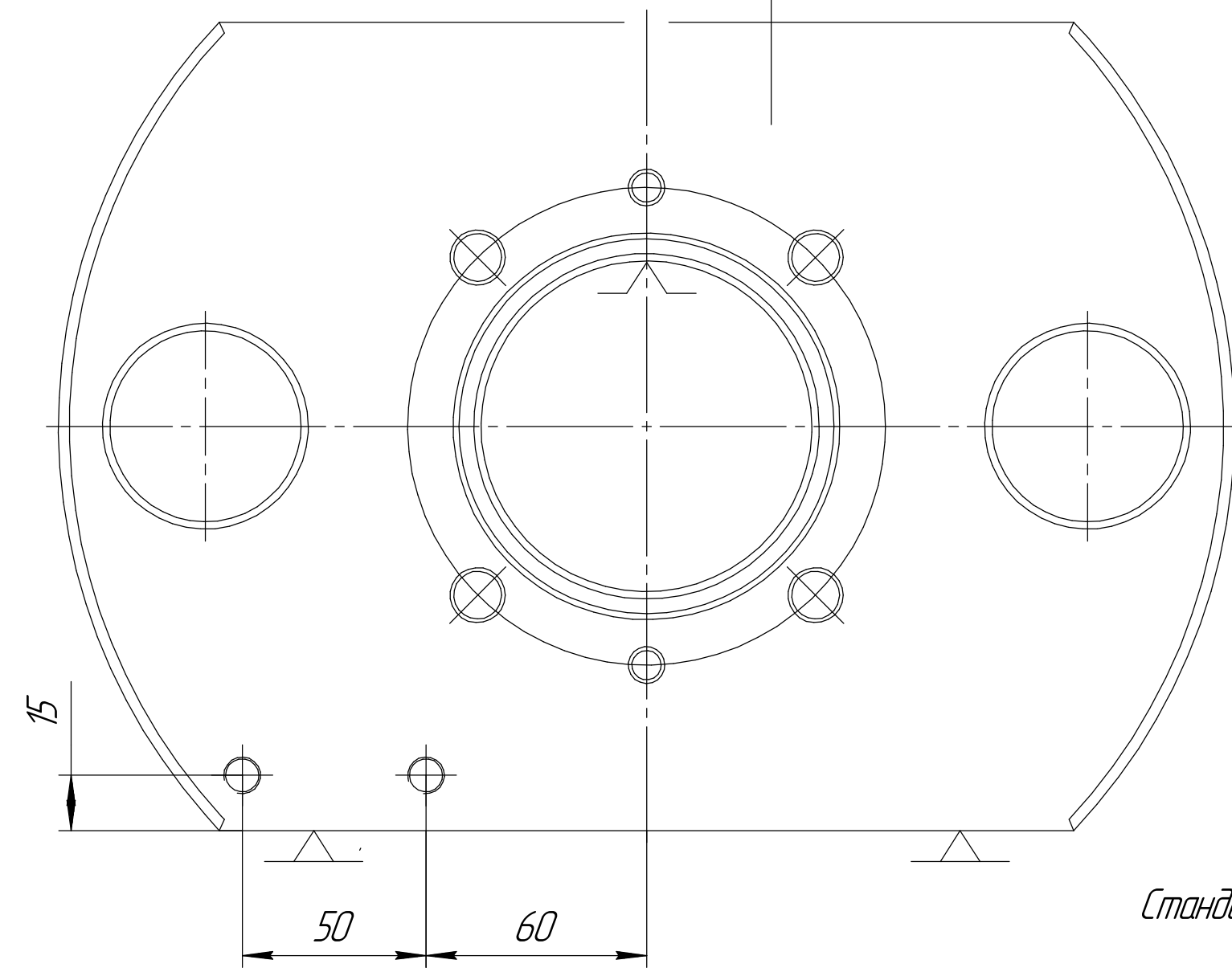
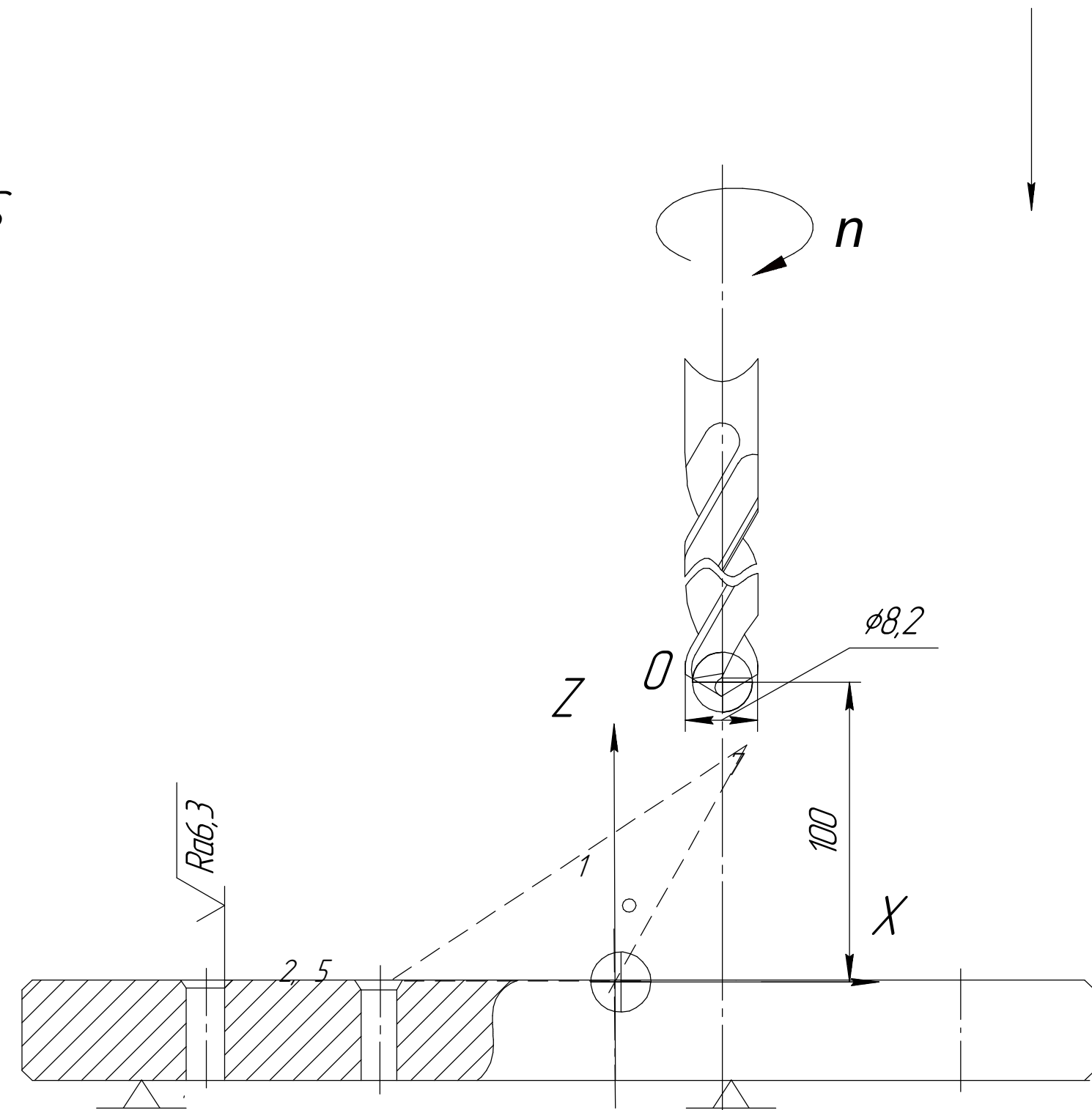
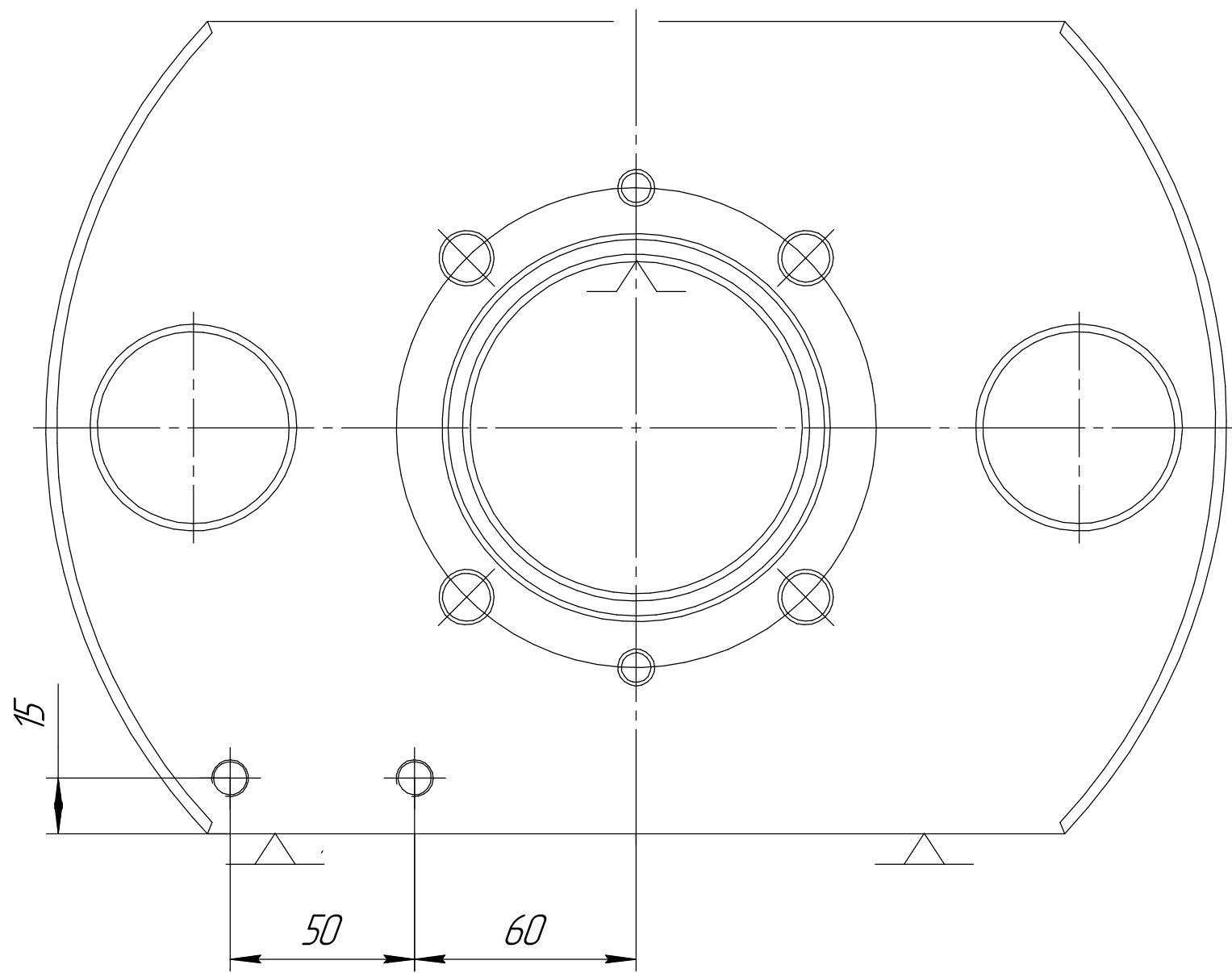
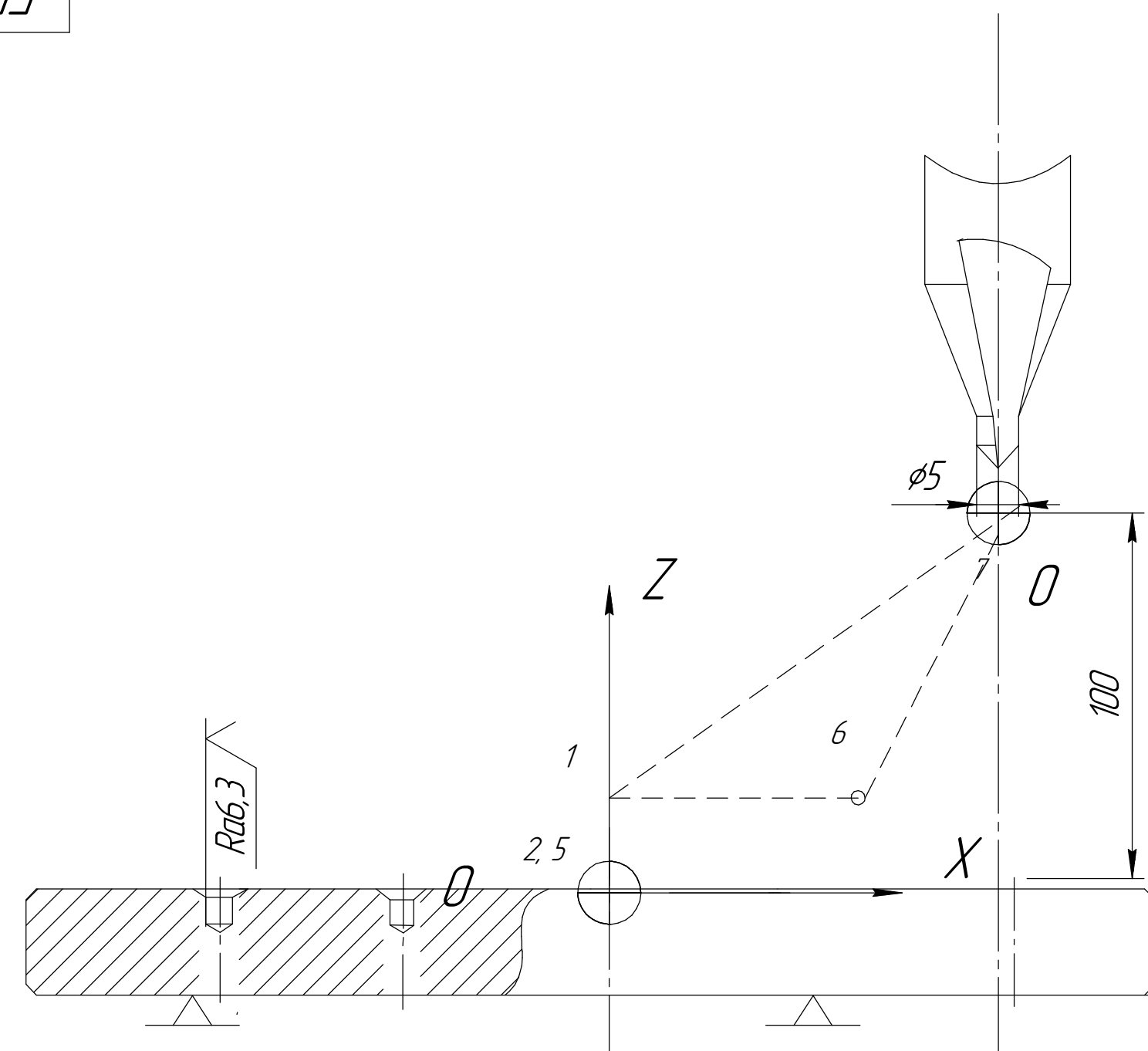
1. Невказані граничні відхилення: отворів – H14; валів – h14; інших розмірів ± IT14/2.
2. Радіуси закруглень R5.

					БР.ПМ-276.00.000				
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Плита	Лист		Масса	Масштаб	
Разраб.	Вовк І.Г.						14,9	1:1	
Пров.	Костюк Н.О.								
Т.контр.	Костюк Н.О.				Лист		Листаb 1		
Реценз.									
Н.контр.	Костюк Н.О.			С45 – ДСТУ EN 10083-2:2017	ІФНТУНГ				
Утв.	Присяжний П.М.				зр. ПМ-22-1				



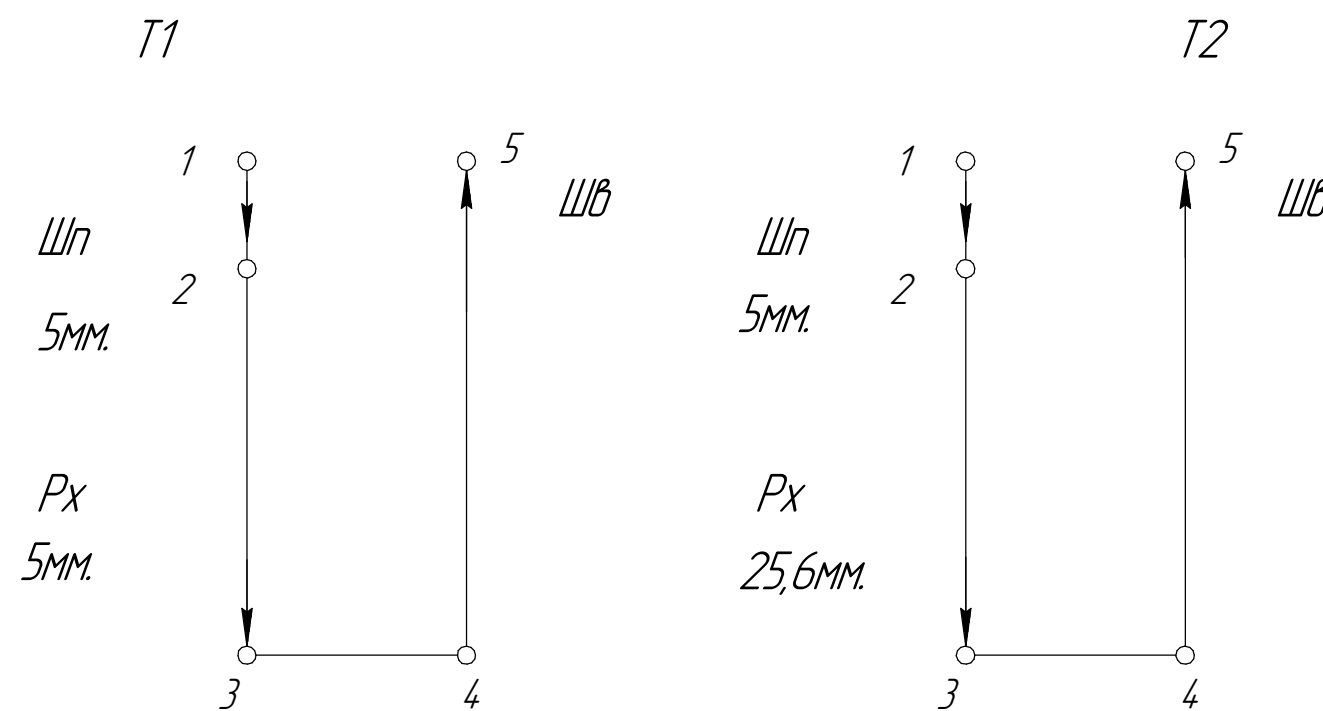
- 1. Кривизна площини не більше 0,2 мм на 100 мм довжини;
- 2. Зачистити всі гострі кромки та заусенці, притупити кромки фаскою 0,5x45° або радіусом R0,5–1,0 мм, якщо інше не зазначено.
- 3. Метод отримання заготовки – плазмове різання
- 4. Допускається утворення термічно зміненої зони після плазмового різання глибиною не більше 1,0–1,5 мм.
- 5. Поверхні після різання повинні бути очищені від шлаку, окалини, напливів та продуктів термічного впливу.
- 6. Відхилення від прямолінійності кромок – не більше 0,3 мм на 100 мм довжини.
- 7. Неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно базових площин – не більше 0,3 мм на 100 мм висоти.
- 8. Допуск симетричності форми заготовки відносно геометричного центру – згідно загальних допусків ISO 2768–т (або ДСТУ ISO 2768–1).
- 9. Не допускаються: наскрізні підрізи; тріщини; місцеві підпали; розшарування матеріалу; механічні пошкодження поверхонь.
- 10. Маркування виконати незмивною фарбою або ударним способом у місці, що не підлягає механічній обробці.
- 11. Перед передачею у механічну обробку провести візуальний контроль геометрії та стану поверхонь.

БР.ПМ-276.00.000						Заготовка			Лист	Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						16,1	1:1
Разраб.		Вовк І. Г.									
Пров.		Костюк Н. О.							Лист	Листов	1
Т.контр.		Костюк Н. О.									
Реценз.									ФНТУНГ зр. ПМ-22-1		
Н.контр.		Костюк Н. О.									
Утв.		Присяжний П. М.									
						С45 – ДСТУ EN 10083-2:2017					



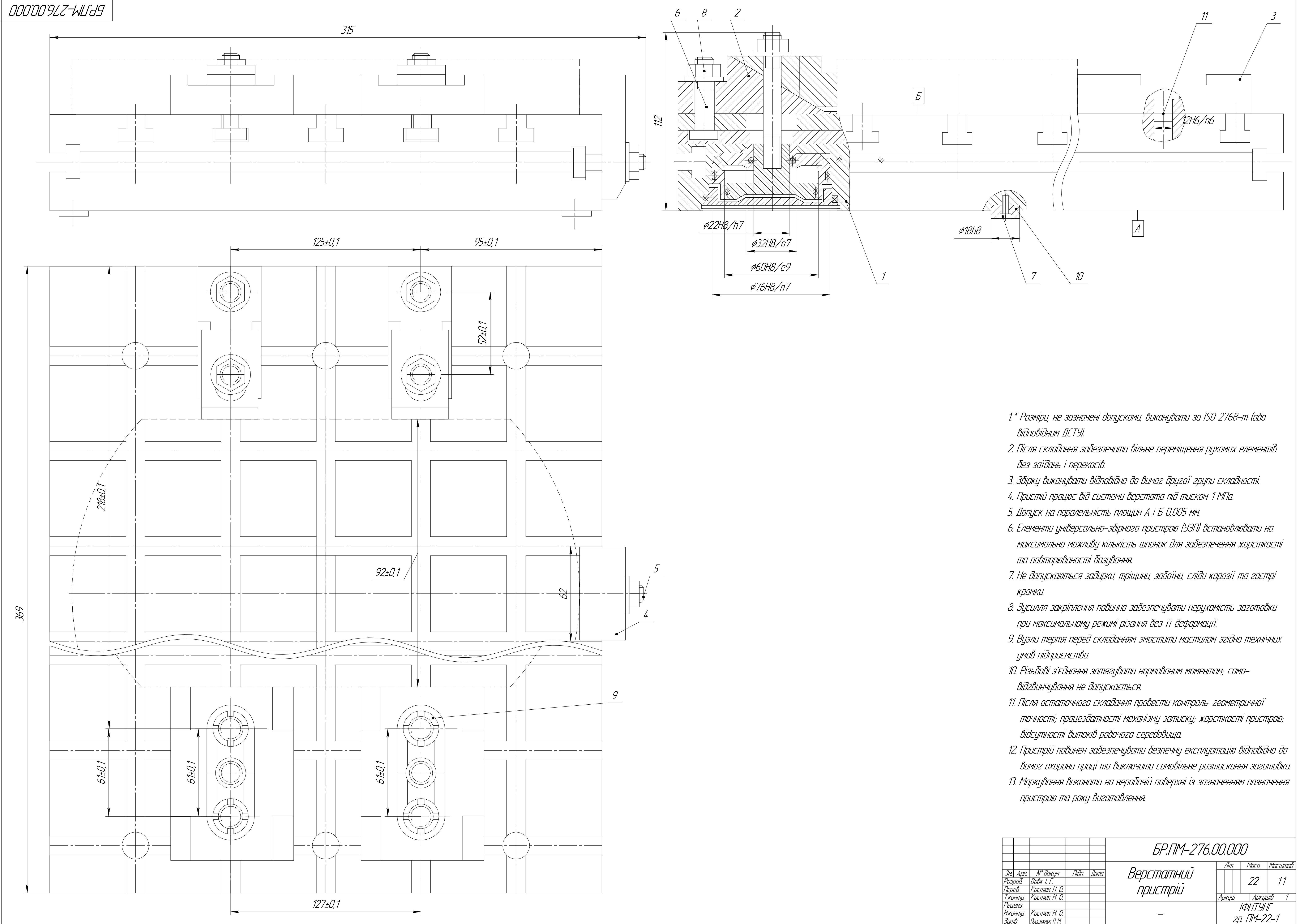
Координаты опорных точек							
Переход 							

Стандартні цикли обробки

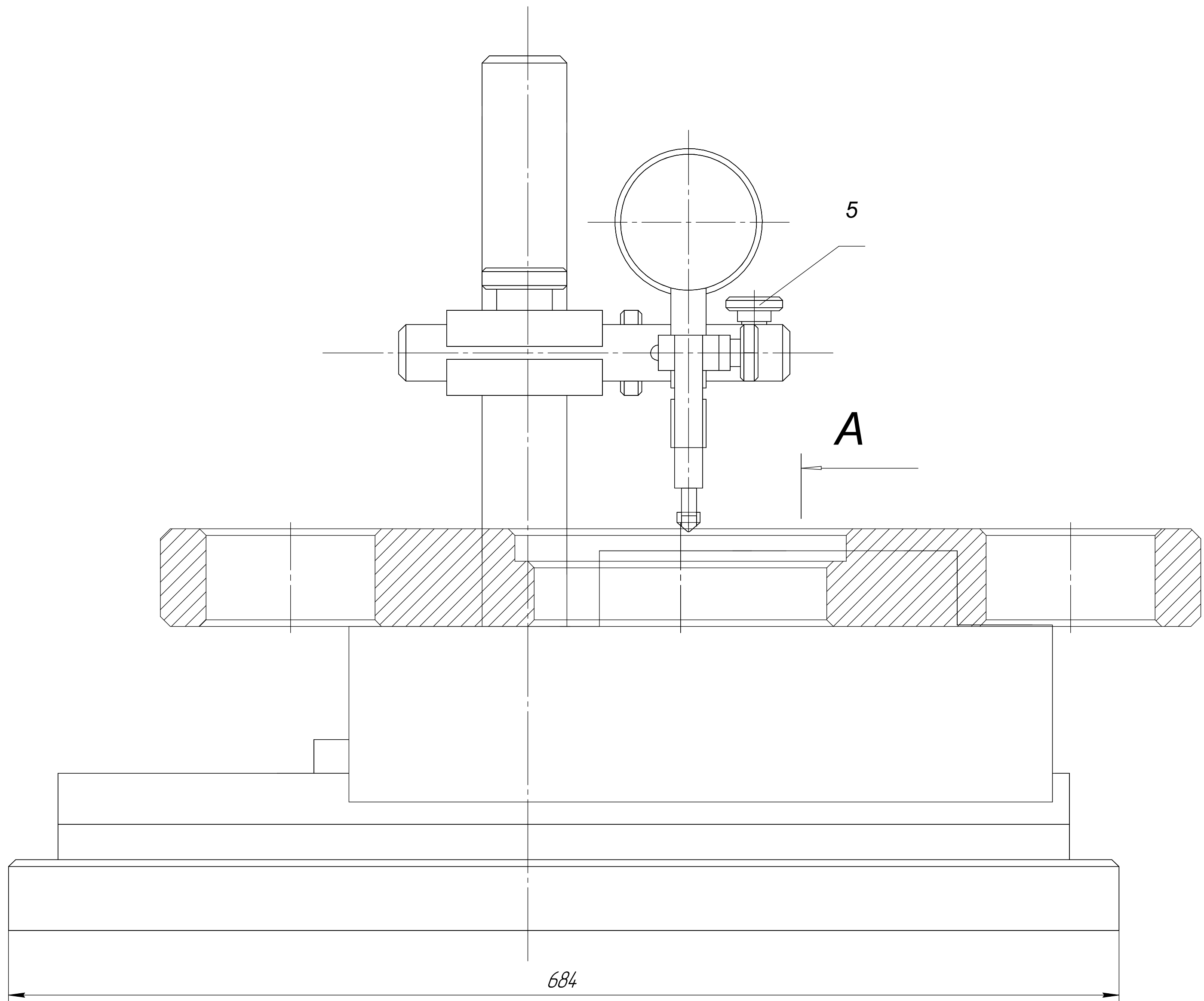


1. Зацентрувати 2 отвори свердлом п 1,6 мм;
2. Свердлувати 2 отвори $\phi 4,5$ наскрізно;
3. Розгорнути 2 отвори $\phi 5$ наскрізно.

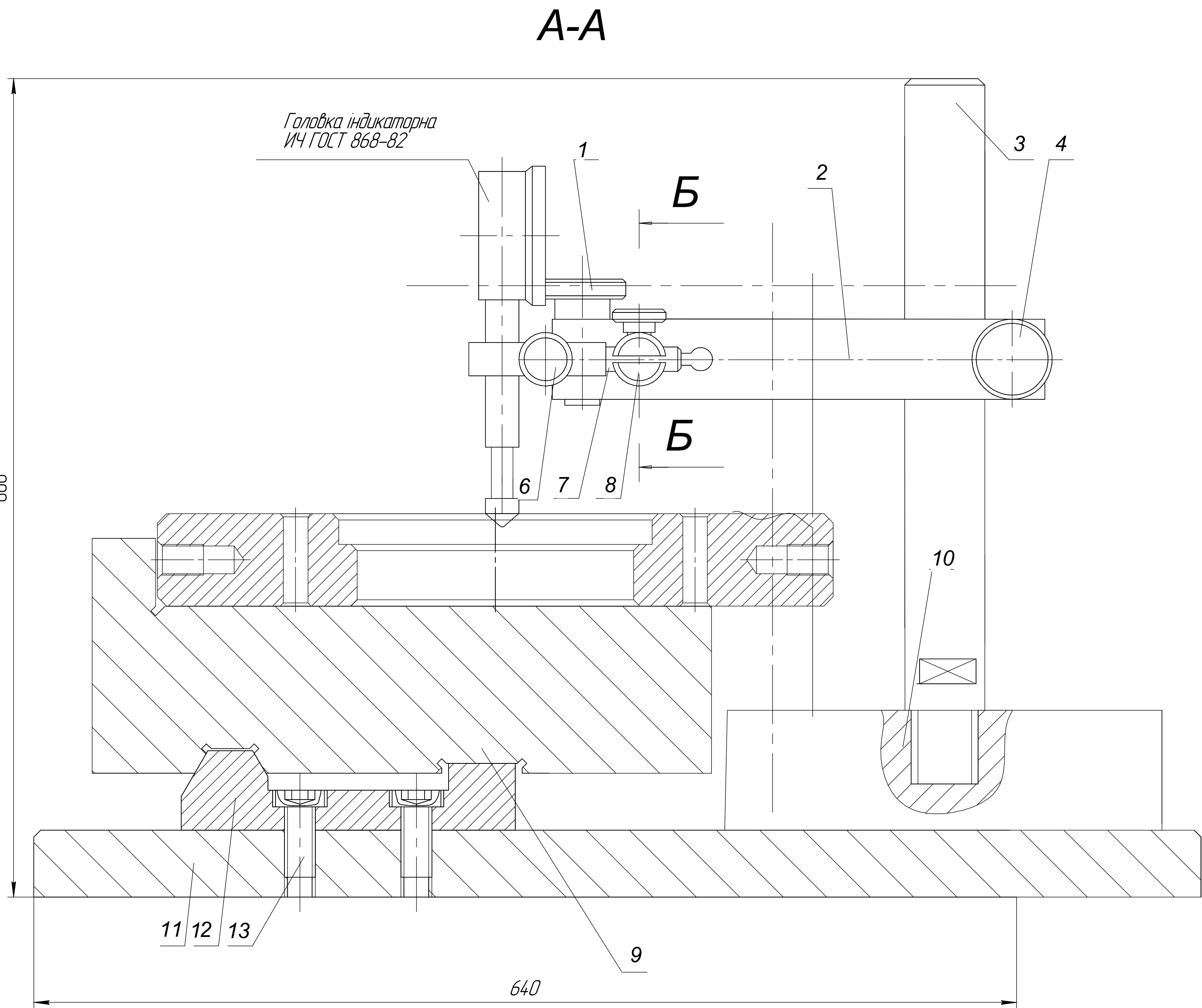
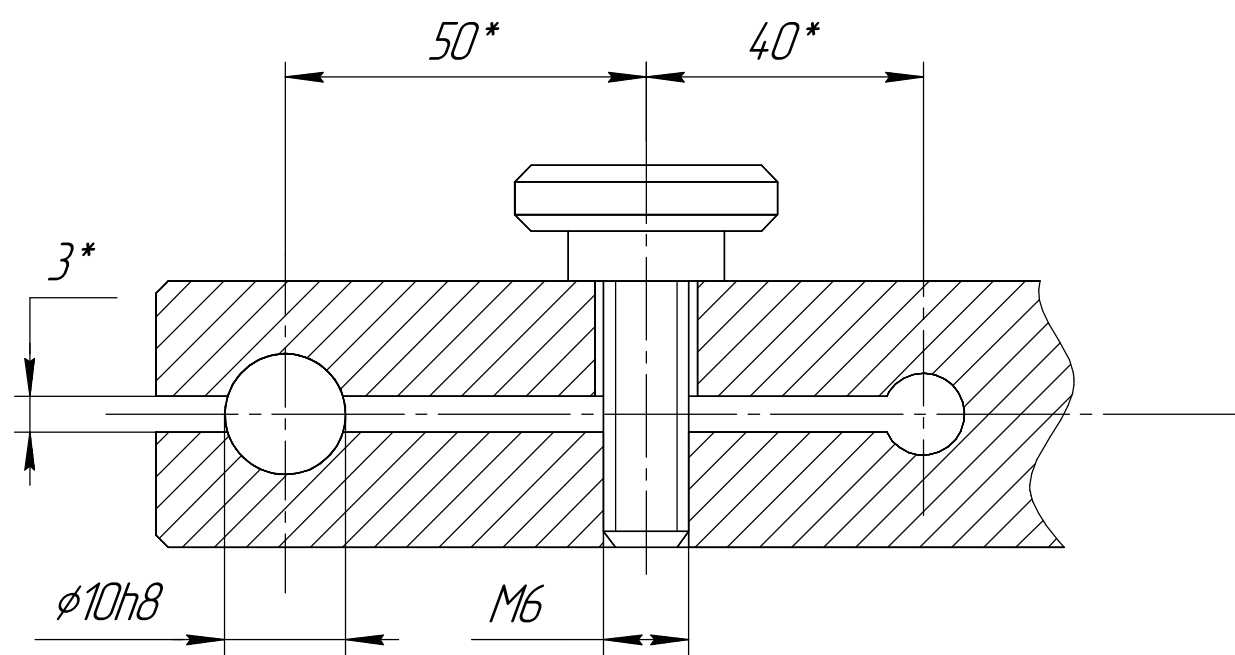
Свердлильна з ЧПК	Свердильний з ЧПК	Пристрій спеціальний	Штангенциркуль шц-1-125 0,05	1	Свердло центровочне Ø5	25	0,4	9,42	1000	18	198							БР.ПМ-276.00.000			
				2	Свердло Ø8,2	4,25	0,56	44,6	710			Ізм./Лист Розроб. Проб. Т.контр. Реценз. Н.контр. Утв.	№ док-м. Водк. і. г.	Підп.	Дата	Карта наладки	Лист	Маса	Масштаб		
				3	Мітчик М10	15	15	6	60									-	-		
Найменування і короткий зміст	Обладнання (тип і модель)	Пристрій або допоміжний інструмент	Вимірний інструмент	№ п/п на карті	Найменування і короткий зміст	l	S	V	l ₁	T _M	T _g	ІФНТЧНГ				Лист	Листов	І			
				Ріжучий інструмент	мм	мм/хв	м/хв	од/хв	(хв)	(хв)		-				пр. ПМ-22-1					



				БР.ПМ-276.00.000			
				Верстатний пристрій			
				Лист		Маса	Масштаб
						22	1:1
Зм. Арк.				Аркуш		Аркушів	
Розроб.						1	
Перев.						ІФНТУНГ	
Т.контр.						гр. ПМ-22-1	
Реценз.							
Н.контр.							
Затв.							



Б-Б (2:1)

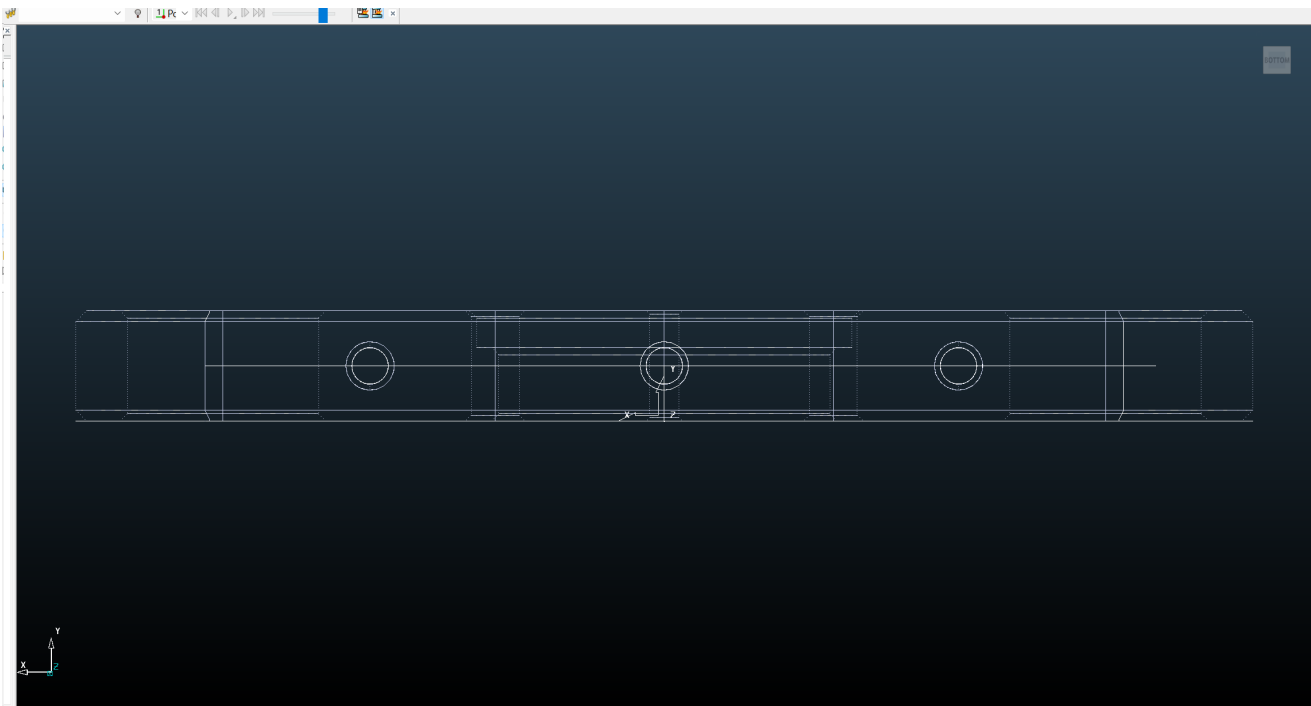
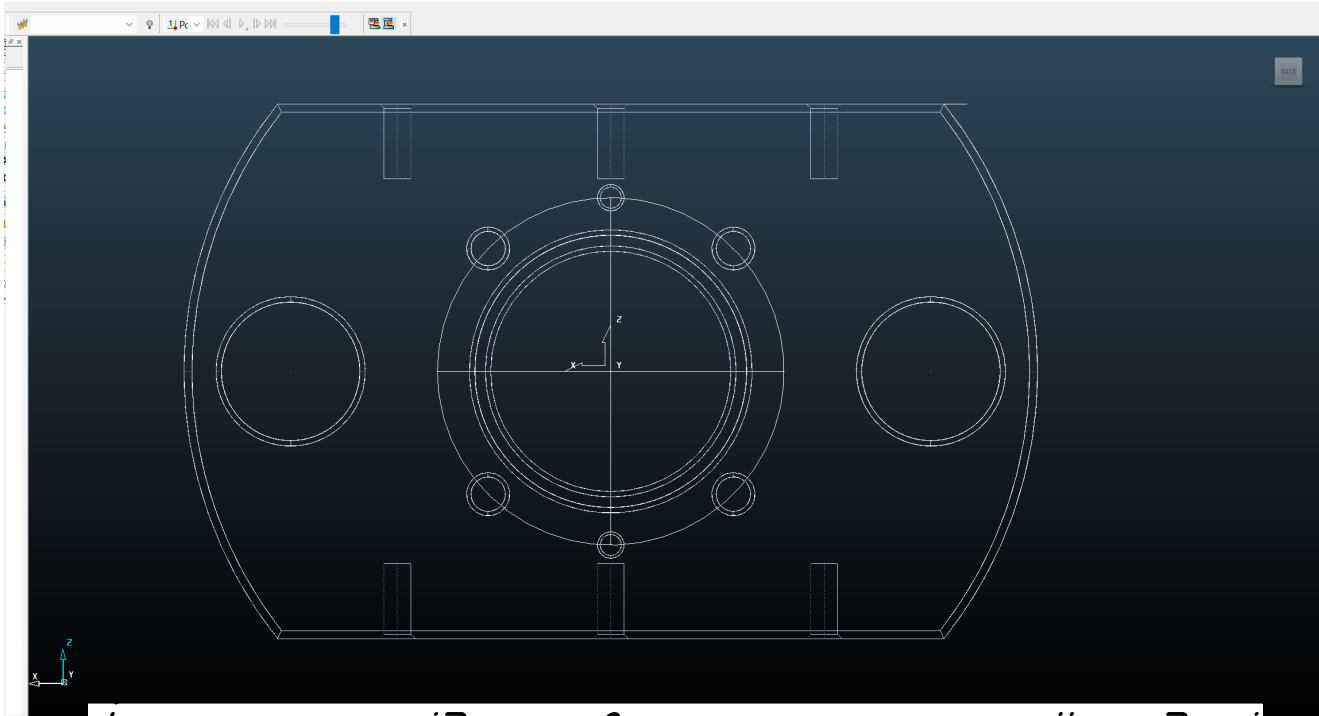
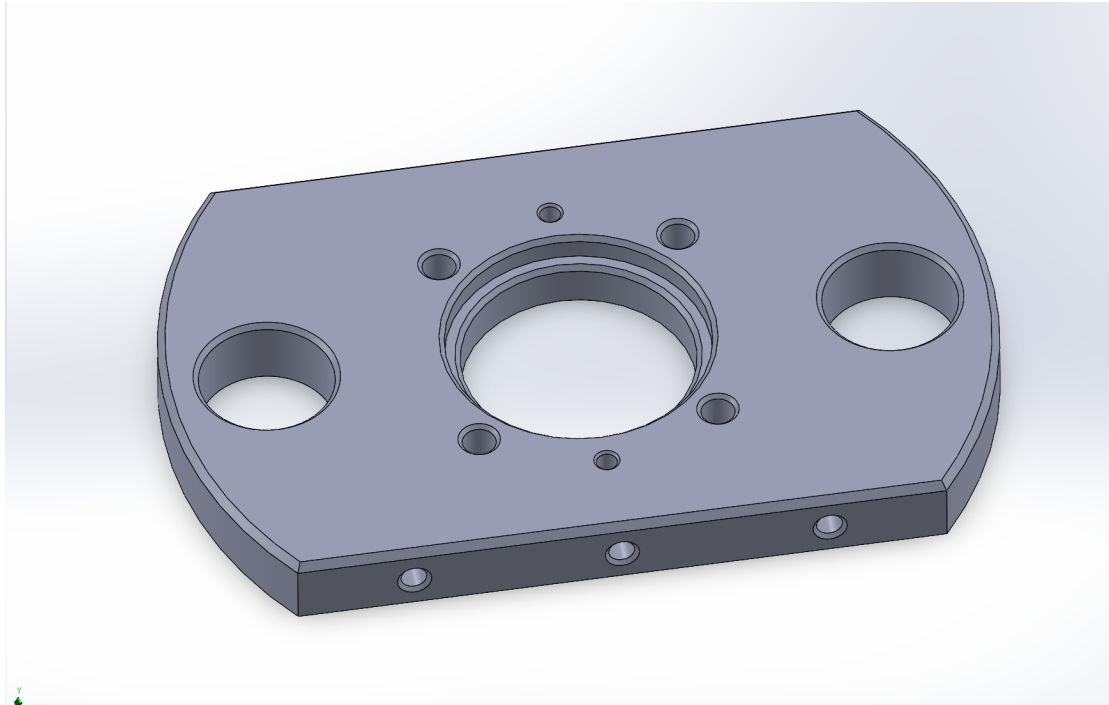


- *Разміри для довідок
- Деталь поз.11 притерти до деталі поз.14.
- Застосовувати для контролю паралельності поверхонь.
- Точність вимірювання 0,02 мкм.
- Забезпечити точність вимірювання відповідно до технічної документації контрольного засобу (заявлена точність згідно креслення).
- Індикаторну голівку встановлювати без перекосу та забезпечити можливість регулювання нульового положення.
- Після складання провести контроль: геометричної точності; плавності роботи механізму; точності індикації; повторюваності вимірювань.
- На корпусі пристрою нанести маркування: позначення виробу, рік виготовлення та номер пристрою.
- Перед передачею в експлуатацію виконати консервацію та захист вимірювальних поверхонь від корозії.

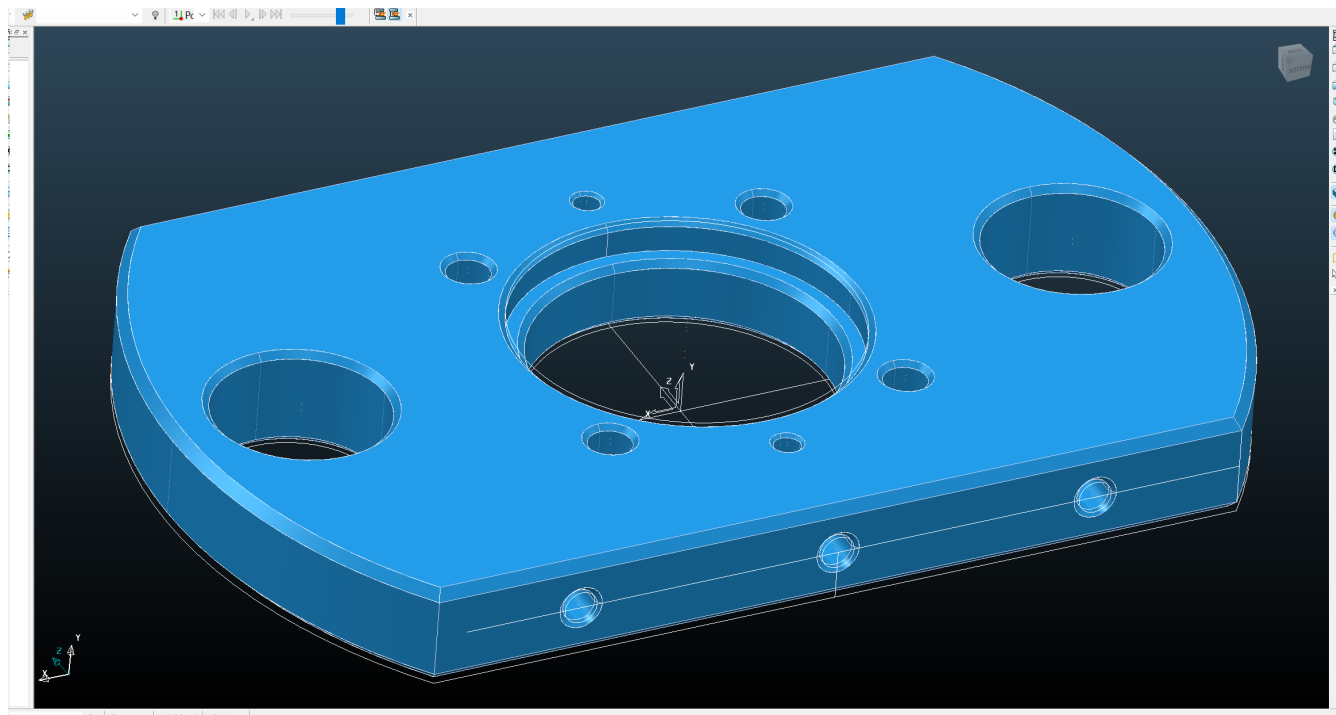
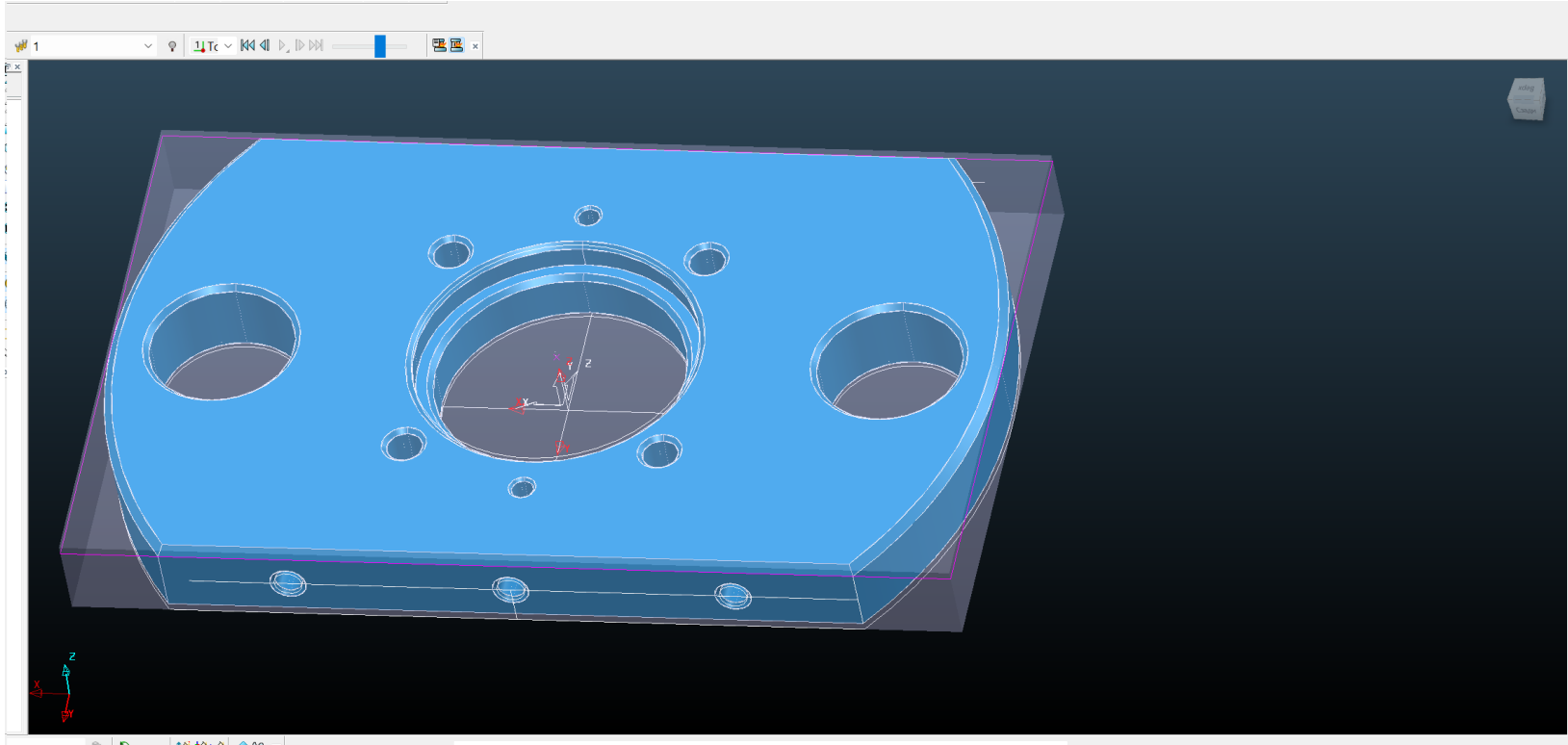
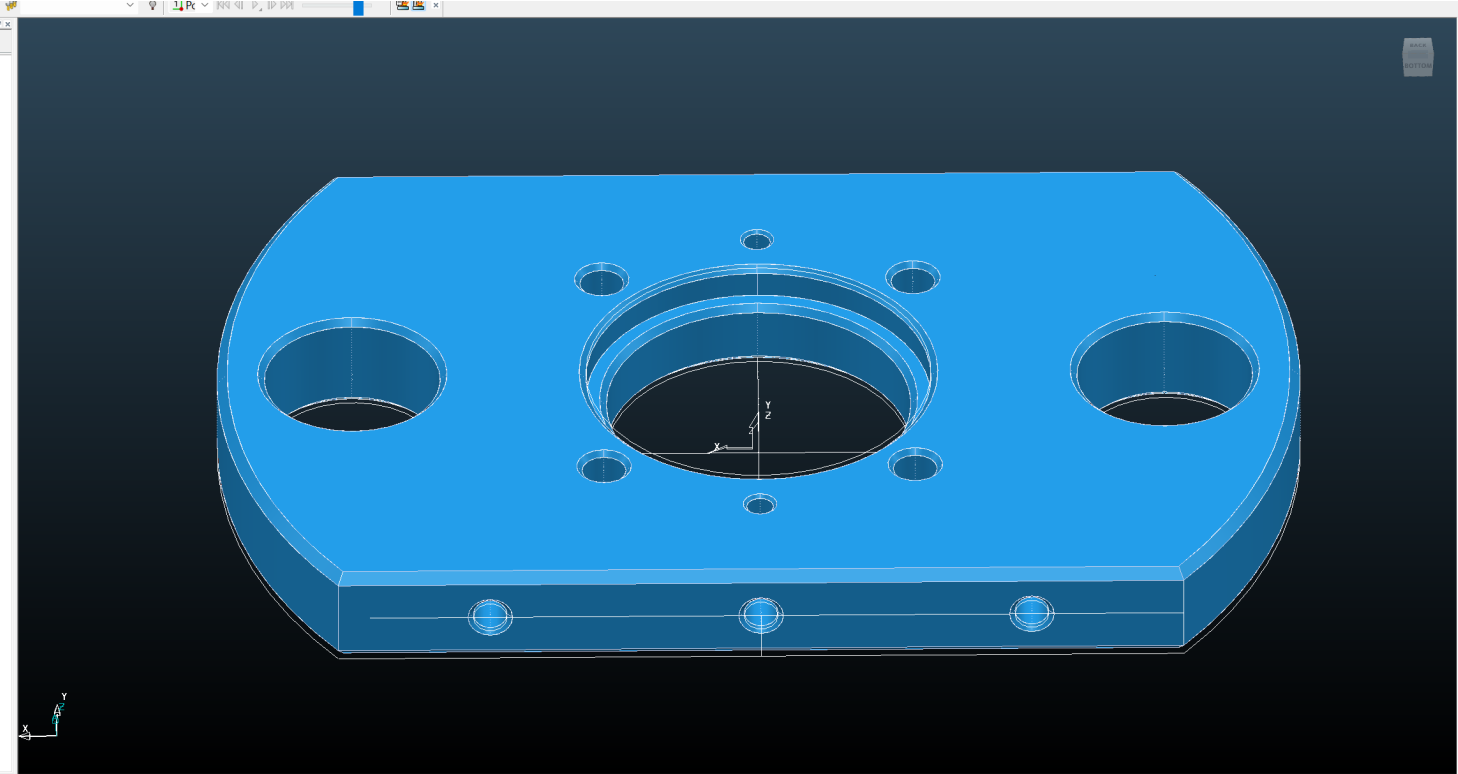
						БР.ПМ-276.00.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Водж. І. Г.						12	11
Перев.		Костяк Н. О.			-		Аркуш	Аркушів	1
Т.контр.		Костяк Н. О.					ІФНТУНГ		
Реценз.		Костяк Н. О.			-		гр. ПМ-22-1		
Н.контр.		Костяк Н. О.							
Затв.		Приймак П. М.							

Проектування та програмування технологічного процесу обробки для верстата з ЧПК

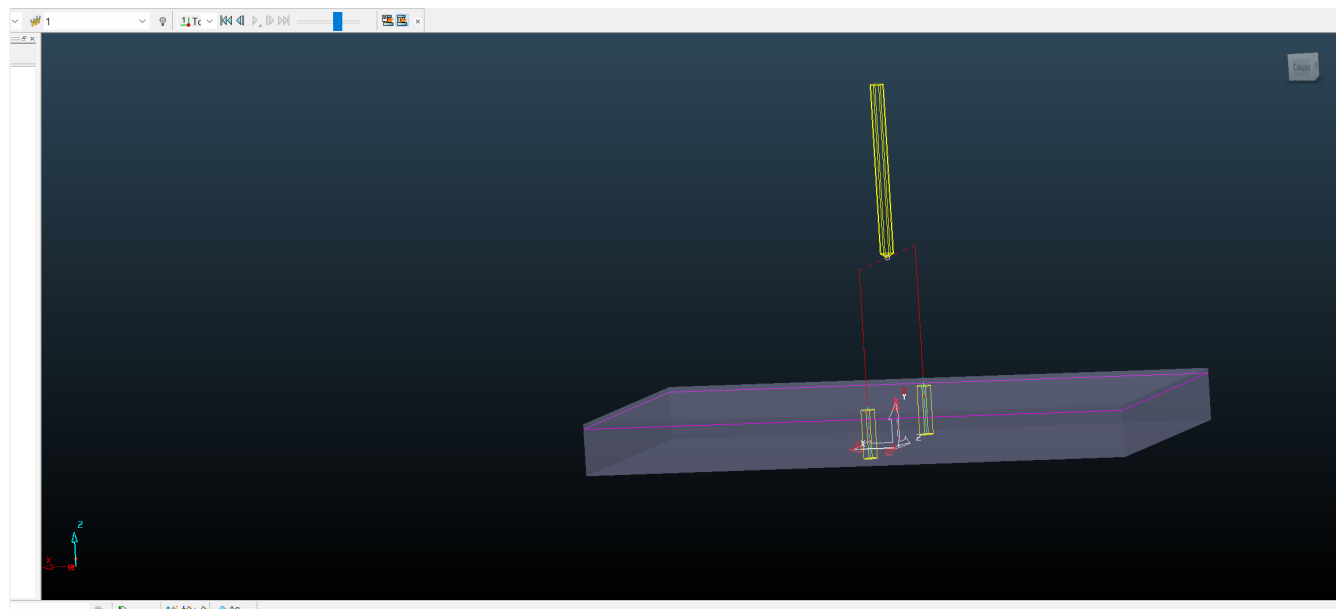
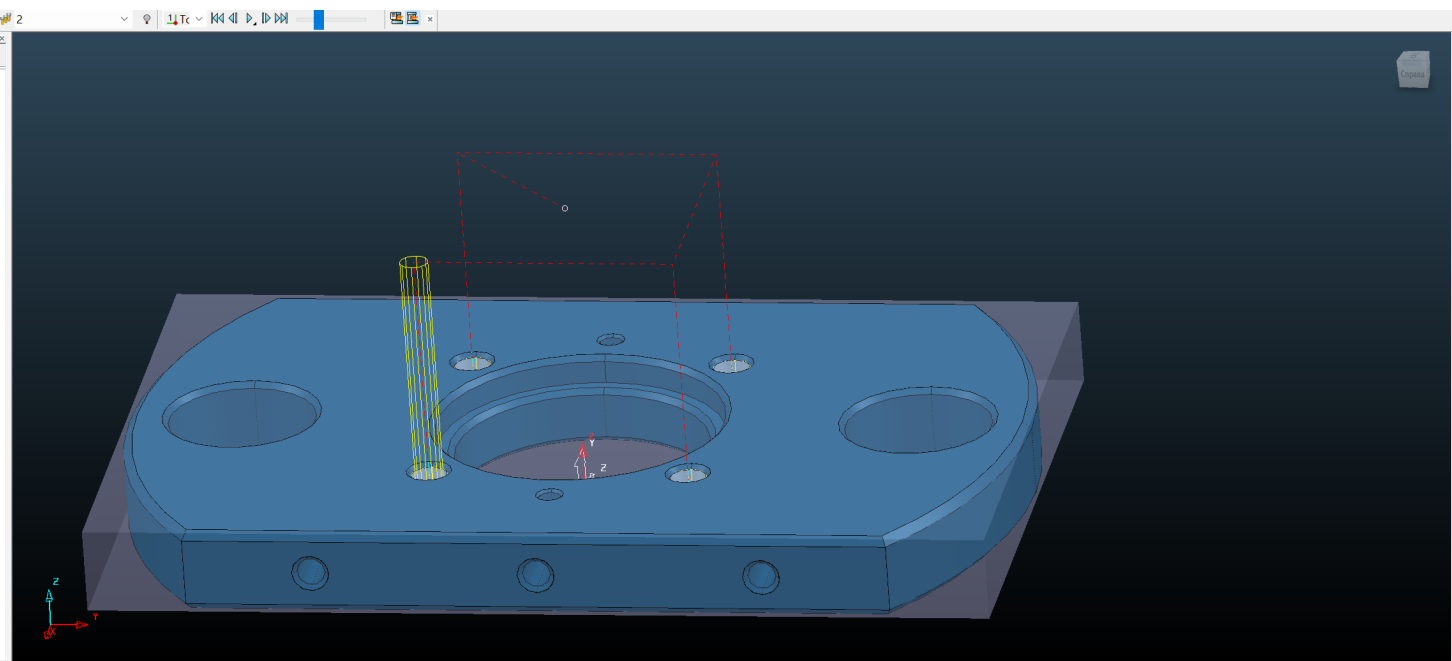
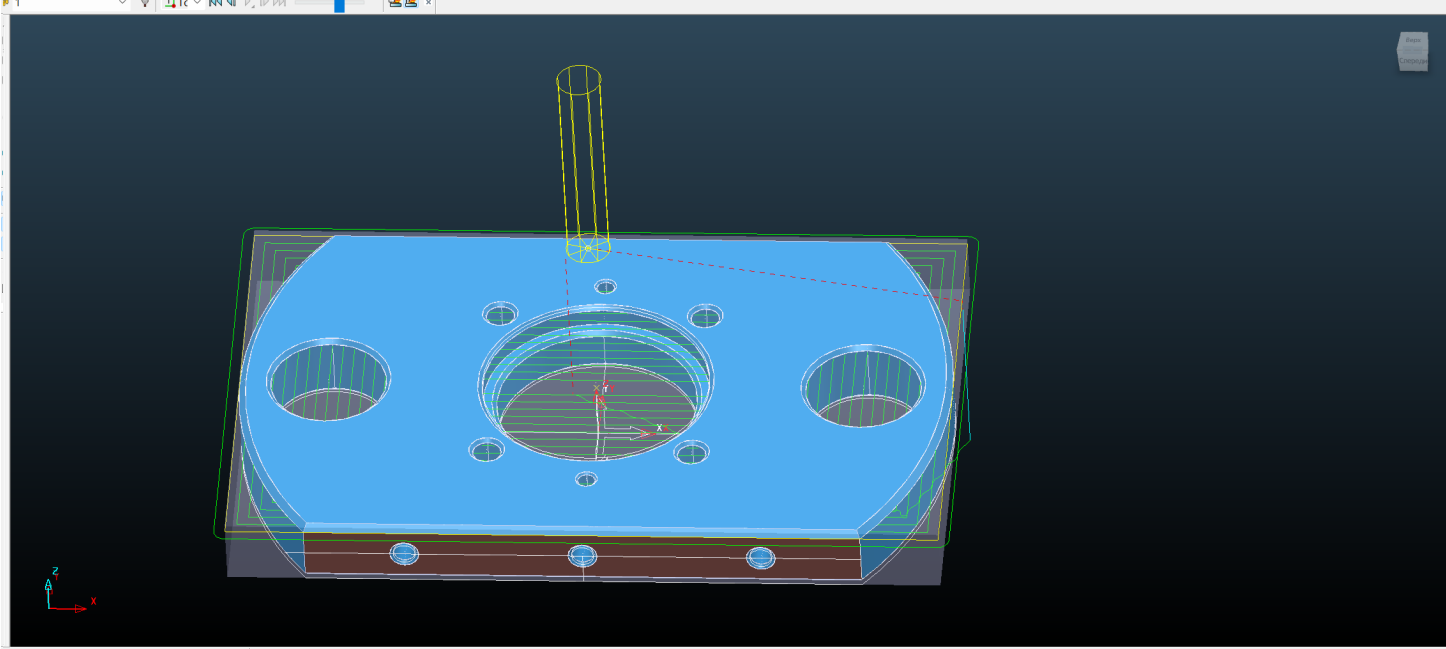
У даному розділі виконано проектування технологічного процесу механічної обробки деталі «Плита П.320200.30/4» із застосуванням обладнання з числовим програмним керуванням. Розроблений технологічний процес спрямований на забезпечення необхідної точності виготовлення, досягнення заданих параметрів шорсткості поверхонь, зменшення трудомісткості виробництва та підвищення ефективності використання виробничих ресурсів. При розробленні процесу враховано конструктивні особливості деталі, вимоги креслення щодо точності розмірів і взаємного розташування поверхонь, прийнятий тип виробництва та можливості сучасного високопродуктивного обладнання. Для реалізації обробки використано багатакоординатне обладнання з ЧПК та сучасні методи автоматизованої підготовки керуючих програм. Проектування технологічного процесу виконано із застосуванням CAD/CAM-підходу, що включає побудову геометричної моделі деталі, вибір технологічних баз, розроблення маршруту обробки, формування траєкторії руху інструменту та генерацію керуючої програми для верстата з ЧПК.



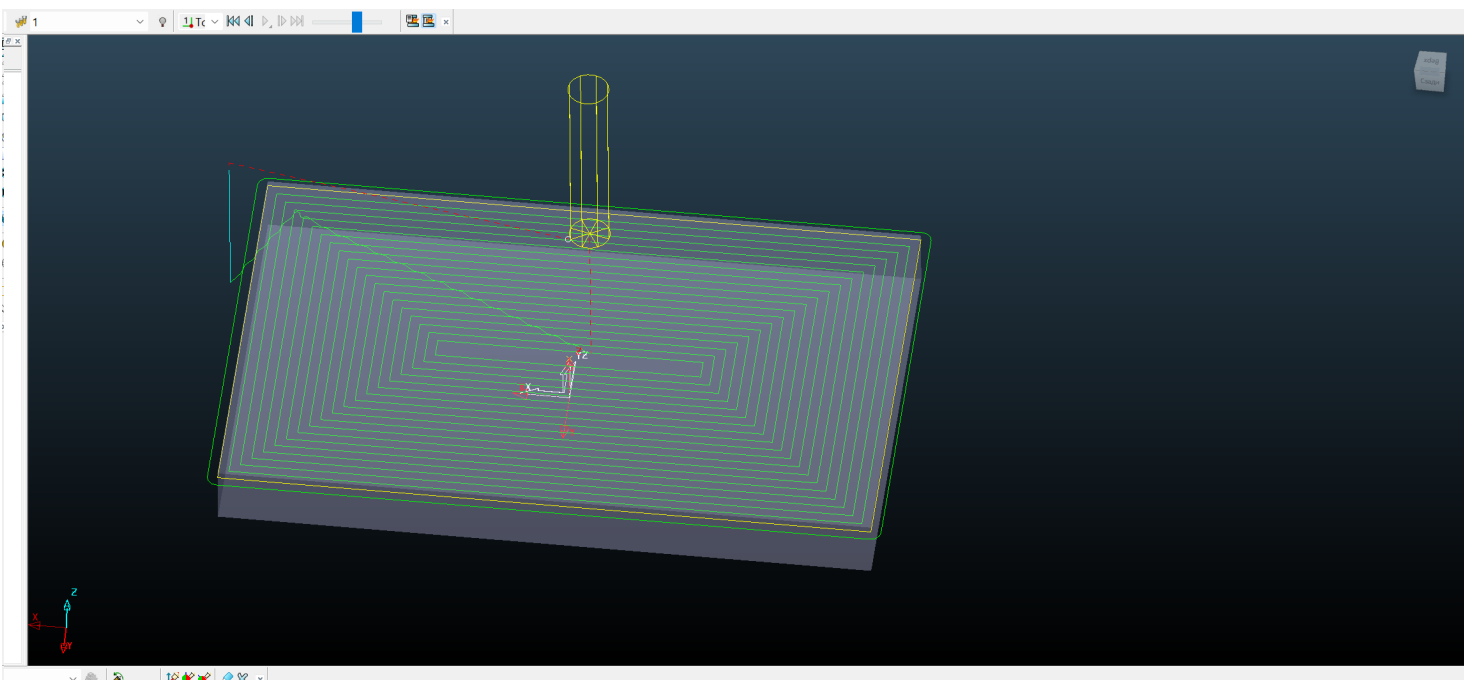
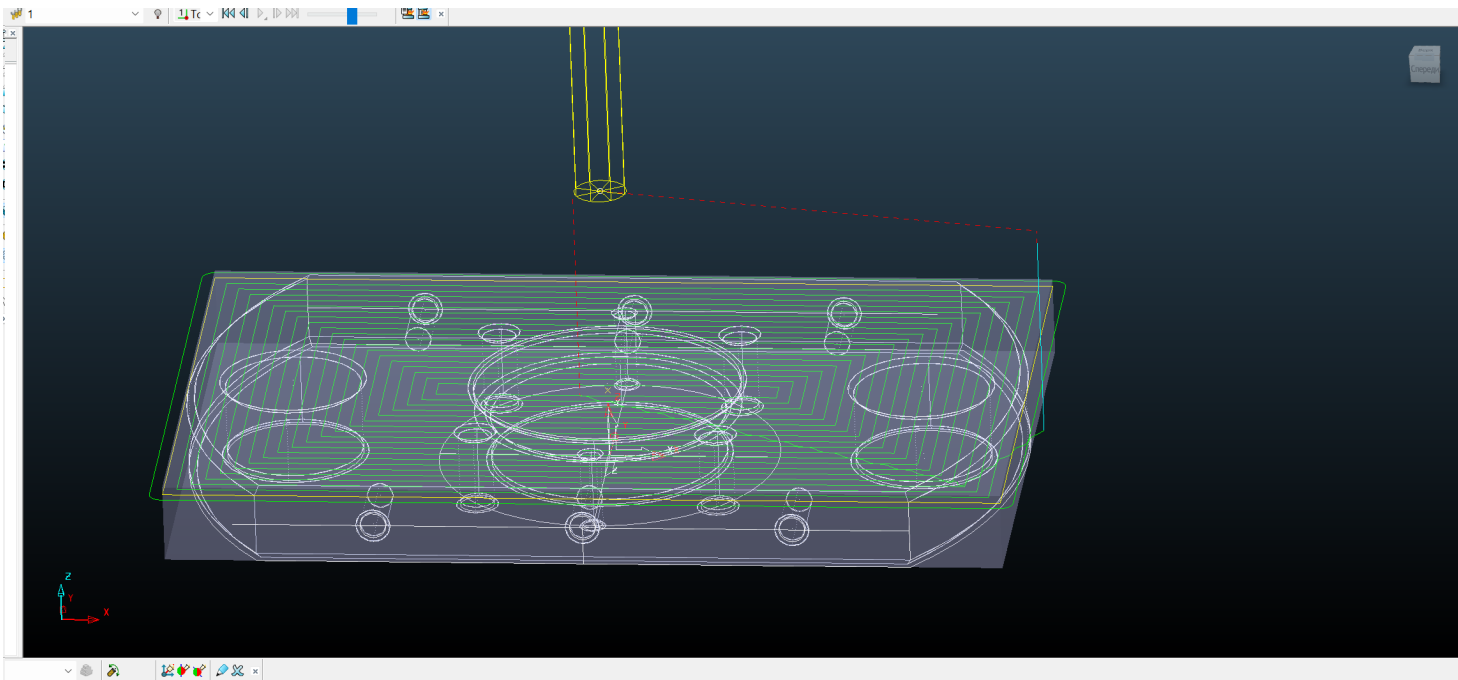
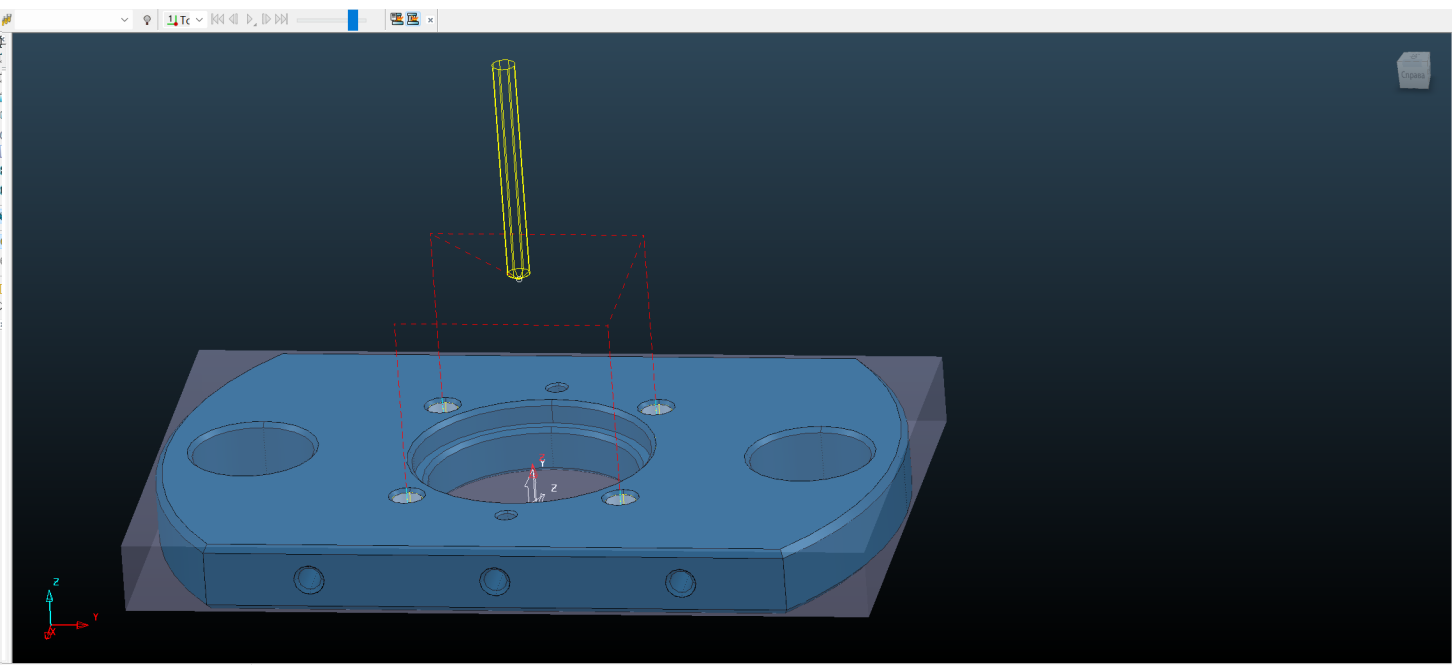
Імпорт та підготовка геометричної моделі



Формування заготовки



Формування операцій механічної обробки. Формування траєкторії переміщення інструмента



Симуляція процесу обробки. Для перевірки правильності сформованої програми проводиться комп'ютерне моделювання.

У результаті виконаного проектування розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Плита П.320200.30/4» для виготовлення на верстатах з числовим програмним керуванням. Сформовано послідовність технологічних операцій, обґрунтовано вибір обладнання, пристроїв та різального інструменту, а також виконано підготовку керуючої програми для автоматизованого виконання обробки.

Запропонований технологічний процес забезпечує досягнення необхідної точності виготовлення, стабільність геометричних параметрів та відповідність вимогам до якості поверхонь. Використання сучасного обладнання з ЧПК дозволило скоротити кількість установлень, зменшити тривалість виробничого циклу та підвищити ефективність серійного виготовлення деталі.

Розроблена керуюча програма та сформовані траєкторії інструменту можуть бути використані як основа для подальшого впровадження технологічного процесу у виробничих умовах та забезпечують можливість автоматизованого виготовлення деталі із прогнозованими показниками якості та продуктивності.

G-код			
%			
O2001			N330 S1200 M03
(PLITA P320200304)			N340 G43 H07 Z100
(POWERMILL POST)			N350 M08
(TOOLPATH - DRILL_D13)			N360 G81 Z-18 R3 F120
N10 G90 G54 G17 G40 G49 G80			N370 X80 Y0
N20 T4 M06			N380 X40 Y69
N30 S1400 M03			N390 X-40 Y69
N40 G00 G43 Z100 H04			N400 X-80 Y0
N50 M08			N410 X-40 Y-69
N60 X120.000 Y0.000			N420 X40 Y-69
N70 G98 G81 Z-22.000 R5.000 F180.			N430 G80
N80 X0.000 Y120.000			N440 G00 Z100
N90 X-120.000 Y0.000			(TOOLPATH - TAP_M10)
N100 X0.000 Y-120.000			N450 T8 M06
N110 G80			N460 S400 M03
N120 G00 Z100			N470 G43 H08 Z100
N130 M09			N480 M08
(TOOLPATH - DRILL_D52)			N490 G84 Z-18 R3 F15
N140 T5 M06			N500 X80 Y0
N150 S650 M03			N510 X40 Y69
N160 G00 G43 Z100 H05			N520 X-40 Y69
N170 M08			N530 X-80 Y0
N180 X100.000 Y0.000			N540 X-40 Y-69
N190 G81 Z-28.000 R5.000 F110.			N550 X40 Y-69
N200 X-100.000 Y0.000			N560 G80
N210 G80			N570 M09
N220 G00 Z100			N580 G28 G91 Z0
(TOOLPATH - REAM_D52H7)			N590 G28 X0 Y0
N230 T6 M06			N600 M30
N240 S250 M03			%
N250 G43 H06 Z100			
N260 M08			
N270 X100.000 Y0.000			
N280 G85 Z-28.000 R5.000 F70.			
N290 X-100.000 Y0.000			
N300 G80			
N310 G00 Z100			
(TOOLPATH - DRILL_M10)			
N320 T7 M06			

БР.ПМ-276.00.000				Розробка програми керування на верстат з ЧПК			Літера	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				-	1:1
Розроб.		Водк. І. Г.							
Перев.		Костюк Н. О.							
Т.контр.		Костюк Н. О.							
Реценз.		Костюк Н. О.							
Н.контр.		Костюк Н. О.							
Затв.		Григорук П. М.							
-							Аркцив	Аркцив	1
							ІФНТУНГ		
							зр. ПМ-22-1		