

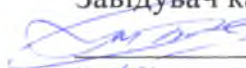
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 Михайло БЕЗУГЛИЙ

“ 11 ” 06 2024 р.

Дипломний проєкт

освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

зі спеціальності: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та
технології в приладобудуванні»

на тему: “ Робототехнічний комплекс виготовлення деталі кришка
підшипника ”

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-01

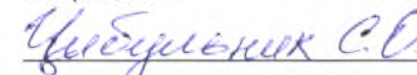
Дзюняк Захар Андрійович

Керівник:

асистент, к.т.н.

Демченко Марія Олександрівна

Рецензент:


доцент, к.т.н.



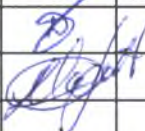


Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент 

Київ 2024

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4				Завдання на дипломну роботу	2	
2	A4	ДПБ.ПБ01.04.1702.001			Пояснювальна записка		
3	A4	ДПБ.ПБ01.04.1702.002			Кришка підшипника	1	
4	A3	ДПБ.ПБ01.04.1702.003			Траєкторії руху промислового робота	1	
5	A1	ДПБ.ПБ01.04.1702.004 СХ			Схема управління РТК	1	
6	A1	ДПБ.ПБ01.04.1702.005			Планування РТК	1	
7	A1	ДПБ.ПБ01.04.1702.006 СК			Схват	1	
8	A3	ДПБ.ПБ01.04.1702.006.01			Корпус пневмодвигуна	1	
9	A3	ДПБ.ПБ01.04.1702.006.02			Кришка	1	
10	A3	ДПБ.ПБ01.04.1702.006.03			Корпус	1	
11	A3	ДПБ.ПБ01.04.1702.006.04			Тяга	1	
12	A4	ДПБ.ПБ01.04.1702.006.05			Поршень	1	
13	A1	ДПБ.ПБ01.04.1702.007 СХ			Алгоритм роботи РТК	1	
14	A0	ДПБ.ПБ01.04.1702.008			Циклограма РТК	1	
					ДПБ.ПБ01.04.1702.001		
		ПІБ	Підп.	Дата			
Розроб.	Дзюняк З.А..				Відомість дипломної роботи		
Керівн.	Демченко М.О.						
Консульт.							
Н/контр.							
Зав.каф.	Безуглий М.О.						
					Лист	Листів	КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КІТВП гр. ПБ-01
					1	1	

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Робототехнічний комплекс виготовлення деталі кришка
підшипника»

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультету

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів

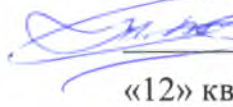
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Михайло БЕЗУГЛИЙ

«12» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Дзюняку Захару Андрійовичу

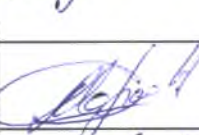
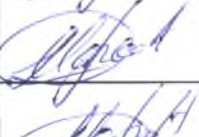
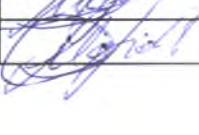
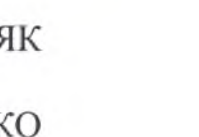
1. Тема проєкту «Робототехнічний комплекс виготовлення деталі кришка підшипника», керівник проєкту к.т.н., асистент Демченко Марія Олександрівна, затверджені наказом по університету від «28» 05 2024 р. № 2121-с
 2. Термін подання студентом проєкту «03» червня 2024 року.
 3. Вихідні дані до проєкту: креслення кришки підшипника, програма випуску 60 тис.шт./рік
 4. Зміст пояснювальної записки Анотація, Abstract, Вступ, Технологічна частина: 1. Опис конструкції деталі. 2. Визначення типу виробництва. 3. Обґрунтування методу отримання заготовки. 4. Відпрацювання деталі на технологічність. 5. Розробка технологічного процесу 6. Розробка маршрутної та операційної карти технології з визначенням позицій та операцій, що підлягають автоматизації. 6.1. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів. 6.2. Розрахунок режимів обробки та норм часу. 7. Розрахунок робототехнічного комплексу. 8. Підбір та обґрунтування складу оснащення робототехнічного комплексу. 9. Визначення способу подачі заготовок та інструменту до верстатів. 10. Побудова схеми транспортування заготовок.
- Конструктивна частина: 1. Проектування структурної схеми керування робототехнічного комплексу. 2. Розробка креслення планування РТК. 3. Розроблення алгоритму функціонування робототехнічного комплексу та програмного коду. 4.

Проектування пристрою орієнтації заготовок. 5. Побудова циклограми функціонування робототехнічного комплексу.

5. Перелік графічного матеріалу: 1.Кресленик деталі. 2. Траєкторії руху промислового робота. 3. Блок - схема керування робототехнічного комплексу. 4. Кресленик планування робототехнічного комплексу 5. Пристрій орієнтації заготовок. 6. Алгоритм функціонування робототехнічного комплексу 7. Циклограма роботи робототехнічного комплексу. 8. Креслення деталювання.

6. Дата видачі завдання «12» квітня 2024 р..

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз конструкції деталі, визначення типу виробництва, обґрунтування методу отримання заготовки.	15.04.2024	
2	Розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Розробка маршрутної та операційної карти технології з визначенням позицій та операцій, що підлягають автоматизації	15.04.2024	
3	Розрахунок припусків, режимів різання та нормування технологічний операцій.	23.04.2024	
4	Проектування та розрахунок робототехнічного комплексу	30.04.2024	
5	Розробка блок-схеми керування робототехнічним комплексом.	30.04.2024	
6	Розроблення алгоритму функціонування робототехнічного комплексу та програмного коду	06.05.2024	
7	Проектування пристрою орієнтації заготовок. Розробка деталювання.	20.05.2024	
8	Побудова циклограми функціонування робототехнічного комплексу.	28.05.2024	
9	Оформлення пояснювальної записки та креслень.	30.05.2024	
10	Подання дипломного проєкту до захисту.	03.06.2024	

Студент

Керівник



Захар ДЗЮНЯК

Марія ДЕМЧЕНКО

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ВСТУП	9
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1. Опис конструкції деталі	11
1.2. Визначення типу виробництва	12
1.3. Обґрунтування методу отримання заготовки	14
1.4. Відпрацювання деталі на технологічність	17
1.5. Розробка технологічного процесу	19
1.6. Розробка маршрутної та операційної карти технології з визначенням позицій та операцій, що підлягають автоматизації.	22
1.6.1. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	23
1.6.2. Розрахунок режимів обробки та норм часу	28
1.7. Розрахунок робототехнічного комплексу	31
1.8. Підбір та обґрунтування складу оснащення робототехнічного комплексу.	33
1.9. Визначення способу подачі заготовок та інструменту до верстатів.	37
1.10. Побудова схеми транспортування заготовок.	41
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	43
2.1. Проектування структурної схеми керування робототехнічного комплексу	44
2.2. Розробка креслення планування РТК	46
2.3. Розроблення алгоритму функціонування робототехнічного комплексу та програмного коду	47
2.4. Проектування пристрою орієнтації заготівок	51
2.5. Побудова циклограми функціонування робототехнічного комплексу	54
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТОК	61

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті розроблено робототехнічний комплекс для виготовлення деталі "кришка підшипника". Проєкт складається з двох розділів, які охоплюють теоретичний аналіз, розробку та практичне впровадження технологічного процесу механічної обробки. Проєкт викладено на 57 сторінках, містить 14 рисунків, 7 таблиць, 21 формулу, 20 джерел літератури та додатків.

У першому розділі розглянуто конструкцію деталі, визначено тип виробництва та обґрунтовано метод отримання заготовки. Проведено відпрацювання деталі на технологічність, розроблено технологічний процес, маршрутні та операційні карти механічної обробки деталі. Проведено розрахунки припусків, міжопераційних розмірів, режимів обробки та норм часу. Визначено спосіб подачі заготовок та інструменту до верстатів, розроблено схему транспортування заготовок.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування та програмного коду РТК. Спроектовано пристрій орієнтації заготовок, побудовано циклограму функціонування комплексу. Розроблено блок-схему керування комплексом та підбір складу оснащення. Проведено розрахунок та визначення способу подачі заготовок і інструменту до верстатів, а також побудову схеми транспортування заготовок.

ANNOTATION

The diploma project involves the development of a robotic complex for manufacturing the "bearing cap" component. The project consists of two sections covering theoretical analysis, development, and practical implementation of the mechanical processing technology. The project is presented on 57 pages, including 14 figures, 7 tables, 21 formulas, 20 references, and appendices.

The first section examines the component design, identifies the type of production, and justifies the method of obtaining the blank. It includes the technological analysis of the component, development of the technological process, and creation of route and operation maps for mechanical processing. Calculations for allowances, intermediate dimensions, processing modes, and time norms are provided. The method for feeding blanks and tools to the machines is determined, and the transportation scheme for blanks is developed.

The second section is dedicated to the development of the algorithm and software code for the robotic complex. It includes the design of a device for the orientation of blanks and the construction of the complex's functioning cycle diagram. The control block diagram of the complex and the selection of equipment are developed. Calculations for feeding blanks and tools to the machines and the construction of the transportation scheme for blanks are also presented.

ВСТУП

У сучасному виробничому середовищі більшість підприємств активно використовують роботизовані технологічні комплекси та промислових роботів для автоматизованого виконання технологічних операцій. Це дозволяє ефективно виконувати завдання і мінімізує вплив людського фактору.

Роботизовані технологічні комплекси відмінно інтегруються в гнучкі виробничі системи, керовані ЕОМ. Це створює прогресивні організації виробництва та забезпечує автоматизоване виконання виробничих процесів. Крім того, вони незамінні у виробництві, де операції неможливо або недоцільно виконувати людиною – наприклад, у небезпечних умовах або при монотонній праці.

Застосування технологій програмного керування елементами комплексу значно зменшує час, потрібний для переналагодження верстатів. Це робить роботизовані технічні комплекси більш універсальними для використання на різних ділянках виробництва.

Цей проект ґрунтується на сучасних тенденціях виробництва та автоматизації, а також на необхідності вдосконалення технологічних процесів. Розробка роботизованого технічного комплексу є ключовим елементом для підвищення ефективності виробництва, зниження витрат на працю та мінімізації ризику людського фактору.

Метою даного дипломного проекту є проектування роботизованого технічного комплексу для виготовлення деталі “кришка підшипника”. Це дозволить досягти більшої точності та швидкості обробки деталі, знизити відсоток браку продукції та підвищити якість та продуктивність праці на підприємстві.

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис конструкції деталі

Деталь, обрана для проектування – кришка підшипника.

Кришка підшипника має габаритні розміри 120мм та 43мм.

Основна функція кришки підшипника полягає у захисті підшипника від зовнішніх впливів, а також утримання мастила внутрішньої частини підшипника. Вона служить для забезпечення оптимальної роботи підшипника, тримаючи його складові частини на місці і запобігаючи їх випаданню чи пошкодженню.

Кришка підшипника використовується в різних механізмах і машинах, де потрібно забезпечити рухомість та оптимальне функціонування підшипника. Це можуть бути автомобілі, промислові обладнання, механічні валки, верстати та багато іншого устаткування.

Крім того, кришка підшипника повинна відповідати певним вимогам щодо міцності, герметичності та стійкості до зносу. Вона повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати навантаження, які можуть виникати під час роботи механізму, а також добре герметизувати підшипник, щоб запобігти проникненню води, пилу та інших шкідливих речовин всередину.

Кришка підшипника виготовлена з матеріалу під назвою СЧ15 (ДСТУ 1412-85), який є сірим чавуном, призначеним для виробництва відливок. Сам матеріал має структуру з пластинчастим графітом, що надає йому деякі механічні властивості, такі як добра ковзкість та здатність до поглинання коливань. СЧ15 застосовується для виробництва різних конструкцій, включаючи труби для каналізаційних систем та з'єднувальні деталі.

Хімічний склад цього матеріалу наступний:

- Карбон (C) – 3.5% - 3.7%
- Силіцій (Si) – 2% - 2.4%
- Манган (Mn) – 0.5% - 0.8%
- Фосфор (P) – <0.2%
- Сульфур (S) – <0.15%

Механічні властивості цього матеріалу:

- Межа короткочасної міцності

$$\sigma_B = 150 \text{ МПа}$$

- Твердість

$$\text{НВ } 10^{-1} = 130 - 241 \text{ МПа}$$

Фізичні властивості матеріалу:

При 20°C:

- Модуль пружності першого роду

$$E \cdot 10^{-5} = 0.9 \text{ МПа};$$

- Коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = 59 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град.}};$$

- Густина матеріалу

$$\rho = 7000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

При 100°C:

- Коефіцієнт температурного розширення

$$\alpha \cdot 10^{-6} = 9 \frac{1}{\text{град.}};$$

- Питома теплоємність матеріалу

$$C = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град.}};$$

1.2. Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається згідно з річною програмою, а обсяг продукції залежить від кількості одиниць товару, які виробляються за однаковими кресленнями. Річний обсяг продукції вимірюється в штуках та тонах. Коли виробництво включає випуск вузлів у нерозібраному вигляді, їх перелік та вага також включаються до програми.[1]

Річний план випуску виробів цеху обчислюється за наступною формулою:

$$N_{\text{ц}} = N \cdot K \left(1 + \frac{\beta_1}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{\beta_2}{100} \right), \quad (1.1)$$

де β_1 – відсоток запасних деталей;

$$\beta_1 = 5 \dots 10 \ %;$$

β_2 – відсоток можливого технологічного браку;

$$\beta_2 = 2 \dots 5 \ %;$$

N – кількість деталей;

K – кількість деталей у виробі;

Обчислимо загальний обсяг виробництва для деталі під назвою "Кришка підшипника" з річним випуском з об'ємом у 60 000 штук. Встановимо відсоток запасних деталей на рівні 7.5%, а відсоток технологічного браку на рівні 3.5%. Кількість деталей у кожному виробі становить 1.

За допомогою формули (1.1) отримуємо цехову програму випуску:

$$N_{\text{ц}} = 60000 \cdot 1 \left(1 + \frac{7.5}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{3.5}{100}\right) = 66757 \text{ шт.}$$

Тип виробництва за цеховою програмою випуску $N_{\text{ц}}$ визначається наступним чином, а саме:

$N_{\text{ц}} < 150$ – одиничне виробництво;

$150 < N_{\text{ц}} < 100\ 000$ – серійне виробництво;

$N_{\text{ц}} > 100\ 000$ – масове виробництво.

Відповідно до розрахованого значення $N_{\text{ц}}$ в даному випадку тип виробництва для заданої деталі – серійний.

У процесі серійного виробництва виготовляють партії стандартних деталей протягом визначених періодів часу. Ці деталі мають обмежений асортимент і можуть бути вироблені кілька разів. Для ефективності цього процесу організовують спеціалізовані робочі місця, що допомагає зменшити вартість продукції через краще використання обладнання та виробничих площ, а також за рахунок скорочення витрат на зарплату. Використовують працю робітників середньої кваліфікації, що дозволяє додатково знизити витрати. Типова продукція серійного виробництва включає такі великосерійні вироби, як редуктори, металорізальні верстати, насоси, компресори та обладнання для хімічної та харчової промисловості.

Основні характеристики серійного виробництва включають виготовлення продукції партіями з обмеженою номенклатурою, короткими виробничими циклами

та стандартизованими технологічними процесами. У такому типі виробництва використовуються спеціалізовані робочі місця та обладнання, призначені для конкретних операцій, а також працівники середньої кваліфікації. Для ефективної організації виробництва важливо правильно розрахувати розмір партії деталей, яка є групою однотипних деталей, що обробляються на одному робочому місці без необхідності переналаштування обладнання та запускаються в виробництво одночасно, враховуючи численні економічні та виробничо-організаційні фактори.[2]

Розрахуємо розмір партії деталі за допомогою наступної формули:

$$n = \frac{Nc}{F}, \quad (1.2)$$

де N – річна програма випуску деталей;

c – запас деталей на складі;

F – кількість робочих днів на рік.

Для деталі, вага якої менше за 15 кг, запас деталей на складі приймаємо $c = 8$, а кількість робочих днів 250.

Обрахуємо, за формулою (1.2):

$$n = \frac{66757 \cdot 8}{250} \approx 2136 \text{ шт.}$$

Під час визначення типу виробництва проведені розрахунки річної програми виробництва цеху та розміру партії деталей, що дозволило класифікувати цей тип виробництва як крупносерійний.

1.3. Обґрунтування методу отримання заготовки

Метод виготовлення заготовки істотно впливає на весь технологічний процес, включаючи механічну обробку та загальну вартість виробництва. Точні заготовки зменшують необхідність у додатковій обробці різанням, на відміну від грубо виготовлених, які потребують більших припусків і часу на обробку. Незважаючи на збільшення вартості обробки, процес виготовлення заготовки може бути більш економічним і простим. У приладобудуванні використовують різноманітні методи обробки, включно з литтям, гарячою та холодною штамповкою, спеціальними

методами обробки тиском, а також електрофізичними та електрохімічними методами обробки, та обробкою різанням.

Технологічний процес зазвичай починається з вибору методу виготовлення заготовки. З огляду на велико-серійний характер виробництва та використання сірого чавуну як матеріалу, обрано метод лиття. Лиття — це процес, де розплавлений матеріал заливають у форму, де він затвердіває і приймає потрібну форму. Цей метод ідеально підходить для виробництва складних за формою виробів із високою точністю і повторюваністю, використовуючи широкий спектр матеріалів, включаючи чавун, сталь, алюміній, мідь та їхні сплави.

Основні види лиття включають:

Лиття під тиском — метод, де метал розплавляють і вливають у прес-форму, яка застигає під тиском. Цей метод часто використовують для виготовлення високоточних деталей.

Лиття в кокіль — метод, при якому метал вливають у форму зі спеціальним профілем, що відповідає зовнішньому профілю деталі. Після застигання металу форма розкривається, і готова деталь виймається. Цей метод виробництва характеризується високою точністю і якістю поверхні, але є дорогим і складнішим, що робить його менш вигідним для серійного виробництва.

Відцентрове лиття — метод, де метал розплавляють і вливають у форму, яка розташована на обертовому столі, забезпечуючи рівномірний розподіл металу і зниження дефектів на поверхні деталі.[3]

Вибір методу лиття під тиском для виготовлення деталей велико-серійного виробництва обґрунтовано необхідністю забезпечити високу точність і повторюваність деталей, що критично для ефективного виробництва. Лиття під тиском також дозволяє виготовляти деталі з високими механічними характеристиками та поверхневою якістю, забезпечуючи міцність і довговічність виробів, скорочуючи час виготовлення та вартість технологічного процесу за рахунок використання високошвидкісних ливарних машин.

Використовуючи систему автоматизованого проектування і базуючись на кресленні деталі, спроектовано креслення заготівку, ескіз котрої наведено на рисунку 1.1.

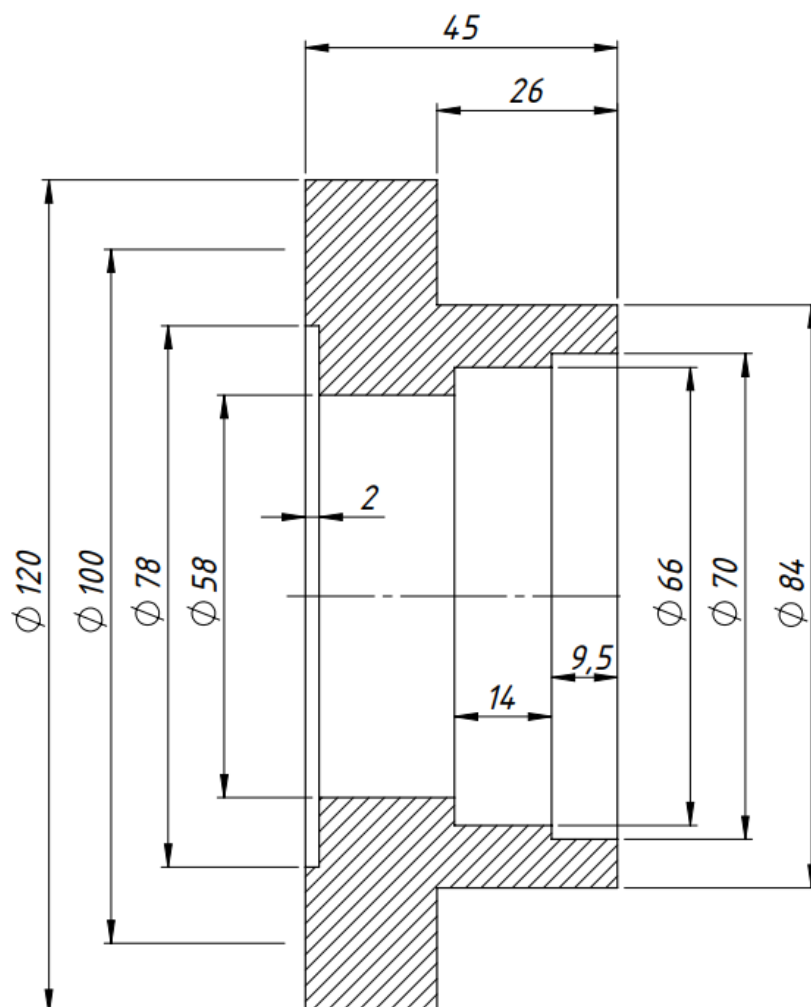


Рис 1.1 Ескіз заготовки кришки підшипника

В результаті цього визначені об'єми як самої деталі, так і заготівки:

$$V_d = 0.00021343666 \text{ м}^3.$$

$$V_3 = 0.00017760729 \text{ м}^3.$$

Густина використаного матеріалу СЧ 15 ГОСТ 1412-79:

$$\rho = 7000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Обрахуємо масу деталі та масу заготовки за формулою (1.3):

$$m = \rho V, \quad (1.3)$$

де V – об'єм тіла;

ρ – густина матеріалу.

Обрахуючи отримаємо наступні значення:

$$m_3 = 7000 * 0.00021343666 = 1.494 \text{ кг};$$

$$m_d = 7000 * 0.00017760729 = 1.243 \text{ кг}.$$

Отже, для виготовлення заготовки в цьому випадку вибрано метод лиття під тиском як найбільш підходящий. Спроектовано ескіз заготовки і визначено масу як самої деталі, так і заготовки.

1.4. Відпрацювання деталі на технологічність

Процес відпрацювання деталі на технологічність включає аналіз можливостей її виготовлення та обробки за допомогою доступних технологій. Одним із головних аспектів цього процесу є визначення коефіцієнтів, що відображають різні сторони технологічності деталі.

Коефіцієнт використання матеріалу показує відношення маси готової деталі до маси вихідної заготовки, дозволяючи оцінити ефективність використання матеріалу в процесі виробництва. Коефіцієнт точності обробки, який визначається на основі квалітетів точності оброблених поверхонь, є критичним для оцінки якості деталі та її придатності до використання, вказуючи на потребу в оптимізації процесів. Коефіцієнт шорсткості поверхні відображає гладкість та якість обробленої поверхні, що дозволяє оцінити потребу в подальшій обробці.

Комплексний показник технологічності, який є середнім значенням усіх згаданих коефіцієнтів, дозволяє провести всебічну оцінку технологічності деталі. Він допомагає визначити загальну придатність деталі для використання в реальних умовах, а також вибрати найоптимальніші методи виготовлення з урахуванням наявних технологій та ресурсів.[4]

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується за формулою:

$$k_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_3}, \quad (1.4)$$

де m_d – маса деталі;

m_3 – маса заготовки.

Візьмемо значення розрахованих мас готової деталі та заготовки з минулих розрахунків:

$$k_{\text{вм}} = \frac{1243 \text{ г}}{1494 \text{ г}} = 0.832$$

Коефіцієнт точності обробки визначається за наступними формулами:

$$k_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}, \quad (1.5)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності.

$$A_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum A_n, \quad (1.6)$$

де A_n – квалітет точності n -ї поверхні.

$$A_{\text{ср}} = \frac{12 * 6 + 8 * 2}{8} = 11$$

Тоді,

$$k_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{11} = 0,909$$

Коефіцієнт шорсткості розраховується за формулою:

$$k_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}}, \quad (1.7)$$

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

$$B_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum B_n, \quad (1.8)$$

де B_n – показник шорсткості n -ї поверхні.

$$B_{\text{ср}} = \frac{3 * 1,6 + 6,3 * 5}{8} = 4,5375$$

Тоді,

$$k_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{4,5375} = 0,78$$

Комплексний показник технологічності розраховується за формулою:

$$K = k_{\text{вм}} \cdot k_1 + k_{\text{т}} \cdot k_2 + k_{\text{ш}} \cdot k_3, \quad (1.9)$$

якщо $K < 0,5$, то деталь не технологічна;

якщо $1 > K > 0,5$, то деталь технологічна.

Обрано значення k_1, k_2, k_3 для даного виробу такі, щоб $k_1 + k_2 + k_3 = 1$: $k_1 = 0,35$; $k_2 = 0,35$; $k_3 = 0,3$. Тоді,

$$K = 0.832 \cdot 0.35 + 0.909 \cdot 0.35 + 0.78 \cdot 0.3 = 0.84335.$$

Отже, оскільки значення K лежить в межах $1 > K > 0.5$, то виріб є технологічним, тому допускається до виробництва.

1.5. Розробка технологічного процесу

Створення оптимального технологічного процесу є ключовим завданням, яке безпосередньо впливає на якість кінцевих продуктів та ефективність виробництва. Цей процес є складним через залежність від різних факторів, серед яких конструктивні особливості деталей, матеріал виготовлення, вимоги до якості продукту, та метод отримання заготовок.[5]

В нашому випадку технологічний процес виготовлення деталі кришка підшипника, включає врахування всіх цих аспектів для досягнення оптимального результату. Для більш зручної розробки технологічного процесу створено ескіз деталі «Кришка підшипника» (див. рис 1.2) із позначенням номерів поверхонь, що підлягають обробці.

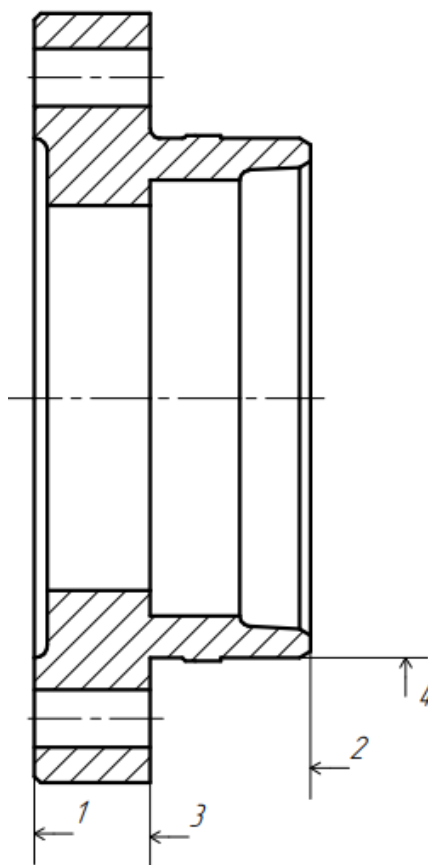


Рис. 1.2 Ескіз деталі «Кришка підшипника»

Розроблений технологічний процес виготовлення заготовки виглядає наступним чином:

005 Заготівельна

1. Встановити та закріпити заготовку.
2. Лиття під тиском.
3. Зняти деталь з форми.

010 Токарна

1. Встановити та закріпити заготовку на токарному верстаті.
2. Точити зовнішню циліндричну поверхню деталі 1 до діаметра $\varnothing 120$ мм.
3. Точити внутрішню циліндричну поверхню деталі 1 до діаметра $\varnothing 81$ мм.
4. Точити зовнішні фаски зі скошеним кутом 45° та шириною 1,5 мм.
5. Зняти оброблену деталь з токарного верстату.

015 Токарна

1. Встановити та закріпити заготовку на токарному верстаті.
2. Точити внутрішню циліндричну поверхню 2 деталі до діаметра $\varnothing 82$ мм.
3. Точити начорно внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 81$ мм.
4. Точити начорно внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 60$ мм.
5. Точити начорно внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 68$ мм.
6. Точити начорно внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 72$ мм.
7. Точити начисто внутрішню циліндричну поверхню 2 деталі до діаметра $\varnothing 82$ мм.
8. Точити начисто внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 81$ мм.
9. Точити начисто внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing 60$ мм.

10.Точити начисто внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 68 мм.

11.Точити начисто внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 72 мм.

12.Точити тонко внутрішню циліндричну поверхню 2 деталі до діаметра $\varnothing$ 82 мм.

13.Точити тонко внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 81 мм.

14.Точити тонко внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 60 мм.

15.Точити тонко внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 68 мм.

16.Точити тонко внутрішню циліндричну поверхню деталі до діаметра $\varnothing$ 72 мм.

17. Точити зовнішні фаски зі скошеним кутом 30° та шириною 1,73 мм.

18.Зняти оброблену деталь з фрезерувального верстату.

020 Свердлильна

1. Встановити та закріпити оброблювану деталь.
2. Свердлити 4 отвори діаметром $\varnothing$ 9 мм на визначену глибину.
3. Зняти деталь після свердління.

025 Шліфувальна

1. Встановити та закріпити оброблювану деталь.
2. Шліфувати торцеву поверхні 3.
3. Шліфувати бічну поверхню 4.
4. Зняти деталь після шліфування.

035 Контрольна

1. Встановити та закріпити оброблювану деталь на контрольному стенді.
2. Контролювати шорсткість зовнішньої поверхні 1 відносно осі.
3. Контролювати концентричність отвору 68H8 до поверхні 4.
4. Зняти деталь після контролю.

045 Контрольна

1. Встановити та закріпити оброблювану деталь на контрольному стенді.
2. Контролювати концентричність отворів $\varnothing$ 9 мм відносно поверхні 4.
3. Зняти деталь після контролю.

055 Контрольна

1. Встановити та закріпити оброблювану деталь на контрольному стенді.
2. Контролювати концентричність отвору 68H8 до поверхні 4.
3. Зняти деталь після контролю.

Після завершення всіх основних технологічних операцій, деталь підлягає остаточній перевірці на відповідність встановленим технічним вимогам. Це включає контроль розмірів, шорсткості поверхонь, геометричної точності та інших важливих параметрів. Всі ці заходи спрямовані на забезпечення високої якості кінцевого продукту та мінімізації браку на виробництві. Важливим аспектом також є забезпечення безперервності технологічного процесу та оптимізація використання ресурсів. З метою підвищення ефективності виробництва, технологічний процес може бути доповнений автоматизованими системами контролю якості та управління виробничими операціями. Це дозволить не лише зменшити вплив людського фактору, але й покращити точність та швидкість виготовлення деталей.

Всі операції, розробленого технологічного процесу, можуть бути автоматизовані та реалізовані в раках робото-технічного комплексу.

1.6. Розробка маршрутної та операційної карти технології з визначенням позицій та операцій, що підлягають автоматизації.

Розробка маршрутної та операційної карти є важливим етапом у проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі. Маршрутна карта визначає послідовність операцій, які необхідно виконати для отримання готового виробу з вихідної заготовки. Операційна карта містить детальний опис кожної операції, включаючи необхідне обладнання, інструменти, режими обробки та норми часу.

Основна мета розробки маршрутної та операційної карти полягає в оптимізації виробничого процесу, підвищенні продуктивності та якості виготовлення деталей, а також зниженні виробничих витрат. Карти дозволяють точно спланувати послідовність операцій, уникнути непотрібних переміщень і переналаштувань обладнання, забезпечуючи таким чином безперебійність та ефективність виробництва.

Попередні розрахунки припусків та міжопераційних розмірів, а також режимів обробки та норм часу, є невід'ємною частиною процесу розробки маршрутної та операційної карти. Вони забезпечують наступне:

Точність обробки: визначення оптимальних припусків та міжопераційних розмірів гарантує, що кожна операція буде виконана з необхідною точністю, забезпечуючи високу якість кінцевого виробу.

Ефективність використання матеріалу: правильні припуски дозволяють мінімізувати втрати матеріалу під час обробки, що знижує виробничі витрати.

Продуктивність процесу: розрахунки режимів обробки дозволяють вибрати оптимальні параметри для кожної операції, що підвищує швидкість обробки та знижує час простоїв.

Економічна ефективність: розрахунок норм часу дозволяє точно оцінити тривалість кожної операції та загальний час виготовлення деталі, що сприяє плануванню виробничих ресурсів і зниженню витрат [6].

Маршрутна та операційна карти показані у додатках.

1.6.1. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів є важливою частиною технологічного процесу виготовлення деталі. Припуски – це додатковий шар матеріалу, що залишають на заготовці для забезпечення можливості проведення наступних обробок та досягнення необхідних розмірів і якості поверхні деталі. Міжопераційні розміри – це розміри заготовки після кожної технологічної операції, які є основою для контролю та забезпечення точності виготовлення деталі на всіх етапах обробки.

Основна мета розрахунку припусків полягає в тому, щоб забезпечити достатній шар матеріалу для виконання всіх обробок, мінімізуючи при цьому втрати матеріалу та витрати на його обробку. Розрахунок припусків здійснюється з урахуванням типу матеріалу, характеристик обладнання, точності обробки та вимог до якості поверхні.

Розрахунок міжопераційних розмірів дозволяє визначити проміжні розміри заготовки після кожної операції. Це забезпечує можливість контролю точності

обробки та своєчасного виявлення відхилень, що можуть призвести до браку. Міжопераційні розміри є важливою складовою технологічного процесу, оскільки вони дозволяють коригувати процес обробки та забезпечувати відповідність готової деталі встановленим вимогам [7].

Розрахуємо розмір $\varnothing 68,45^{+0,09}_{-0,1}$

Розрахуємо мінімальний симетричний припуск за наступною формулою:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ де:} \quad (1.10)$$

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

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

ρ – сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході, мкм;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Точіння чорнове:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{40,8^2 + 25^2}) = 2 \cdot 87,8502 \text{ мкм},$$

Точіння чистове:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (16 + 16 + \sqrt{34^2 + 15^2}) = 2 \cdot 69,1618 \text{ мкм},$$

Точіння тонке:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (10 + 10 + \sqrt{20,4^2 + 5^2}) = 2 \cdot 41,0038 \text{ мкм}.$$

Розрахуємо проміжний розмір:

Мінімальний розмір:

$$A_{min}^n = A_{min} + 2 \cdot Z_{min i}, \quad (1.11)$$

де A_{min}^n мінімальний розмір, який потрібно отримати, мм;

A_{min} розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм.

Точіння чистове:

$$A_{min}^n = 67,9540 + 0,0820 = 68,0360 \text{ мм},$$

Точіння чорнове:

$$A_{min}^n = 68,0360 + 0,1383 = 68,1743 \text{ мм},$$

Заготовка:

$$A_{min}^n = 68,1743 + 0,1757 = 68,3500 \text{ мм.}$$

Максимальний розмір:

$$A_{max}^n = A_{min}^n + \delta, \quad (1.12)$$

де A_{max}^n – максимальний розмір який необхідно отримати;

A_{min}^n – мінімальний розмір даного переходу;

δ – допуск на даному переході.

Точіння тонке:

$$A_{max}^n = 67,9540 + 0,0460 = 68,0000 \text{ мм,}$$

Точіння чистове:

$$A_{max}^n = 68,0360 + 0,0740 = 68,1100 \text{ мм,}$$

Точіння чорнове:

$$A_{max}^n = 68,1743 + 0,1200 = 68,2943 \text{ мм,}$$

Заготовка:

$$A_{max}^n = 68,3500 + 0,1900 = 68,5400 \text{ мм.}$$

Розрахуємо максимальний припуск:

$$Z_{max i} = A_{max i+1}^n - A_{max i}^n, \text{ де:} \quad (1.13)$$

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

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

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

Точіння чорнове:

$$Z_{max} = 68,5400 - 68,2943 = 0,2457 \text{ мм;}$$

Точіння чистове:

$$Z_{max} = 68,2943 - 68,1100 = 0,1843 \text{ мм;}$$

Точіння тонке:

$$Z_{max} = 68,1100 - 68,0000 = 0,1100 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірку:

$$\delta_1 - \delta_n = 0,19 - 0,046 = 0,144$$

$$\sum Z_{max} - \sum Z_{min} = 0,5400 - 0,3960 = 0,144$$

Виходячи з того, що отримані значення співпадають, можна зробити висновок про вірно проведені розрахунки та занесемо їх в таблицю 1.1. Розмір заготовки: $\varnothing 68,45^{+0,09}_{-0,1}$ мм.

Таблиця 1.1

Розрахунки припусків та допусків на розмір $\varnothing 68,45^{+0,09}_{-0,1}$

Технологічні перехід	Елементи припуску				Розрах. припуск	Розрах. розмір у	Допуск, δ	Граничний допуск		Граничний припуск	
Переходи	Rz _{i-1}	Ti-1	Pi-1	ε_{i-1}	Z _{min}	мм	мкм	max	min	max	min
Заготовка	20	20	40,8	—	—	68,3500	0,19	68,5400	68,3500	—	—
Точіння чорнове	16	16	34	25	175,7004	68,1743	0,12	68,2943	68,1743	0,2457	0,1757
Точіння чистове	10	10	20,4	15	138,3236	68,0360	0,074	68,1100	68,0360	0,1843	0,1383
Точіння тонке	6,3	—	—	5	82,0076	67,9540	0,046	68,0000	67,9540	0,1100	0,0820

Розрахуємо розмір $\varnothing 82,45^{+0,112}_{-0,108}$

Розрахуємо мінімальний симетричний припуск.

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

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

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

ρ – сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході, мкм;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Точіння чорнове:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{40,8^2 + 25^2}) = 2 \cdot 87,8502 \text{ мкм};$$

Точіння чистове:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (16 + 16 + \sqrt{34^2 + 15^2}) = 2 \cdot 69,1618 \text{ мкм};$$

Точіння тонке:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (10 + 10 + \sqrt{20,4^2 + 5^2}) = 2 \cdot 41,0038 \text{ мкм};$$

Розрахуємо проміжний розмір:

Мінімальний розмір:

$$A_{min}^n = A_{min} + 2 \cdot Z_{min i},$$

де A_{min}^n мінімальний розмір, який потрібно отримати, мм;

A_{min} розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм.

Точіння чистове:

$$A_{min}^n = 82,9460 + 0,0820 = 82,0280 \text{ мм};$$

Точіння чорнове:

$$A_{min}^n = 82,0280 + 0,1383 = 82,1663 \text{ мм};$$

Заготовка:

$$A_{min}^n = 82,1663 + 0,1757 = 82,3420 \text{ мм};$$

Максимальний:

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

де A_{max}^n – максимальний розмір який необхідно отримати;

A_{min}^n – мінімальний розмір даного переходу;

δ – допуск на даному переході.

Точіння тонке:

$$A_{max}^n = 81,9460 + 0,0540 = 82,0000 \text{ мм},$$

Точіння чистове:

$$A_{max}^n = 82,0280 + 0,0870 = 82,1150 \text{ мм},$$

Точіння чорнове:

$$A_{max}^n = 82,1663 + 0,1400 = 82,3036 \text{ мм},$$

Заготовка:

$$A_{max}^n = 82,3420 + 0,2200 = 82,3420 \text{ мм}.$$

Розрахуємо максимальний припуск:

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

де $Z_{\max}$ – максимальний припуск на механічну обробку, мм;

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

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

Точіння чорнове:

$$Z_{\max} = 82,5620 - 82,3063 = 0,2557 \text{ мм},$$

Точіння чистове:

$$Z_{\max} = 82,3063 - 82,1150 = 0,1913 \text{ мм},$$

Точіння тонке:

$$Z_{\max} = 82,1150 - 82,0000 = 0,1150 \text{ мм}.$$

Перевірка.

$$\delta_1 - \delta_n = 0,22 - 0,054 = 0,166$$

$$\sum Z_{\max} - \sum Z_{\min} = 0,5620 - 0,3960 = 0,166$$

Виходячи з того, що отримані значення співпадають, можна зробити висновок про вірно проведені розрахунки (таблиця 1.2). Розмір заготовки $\varnothing 82,45^{+0,112}_{-0,108}$ мм.

Таблиця 1.2

Розрахунки припусків та допусків на розмір $\varnothing 82,45^{+0,112}_{-0,108}$

Технологічні перехід	Елементи припуску				Розрах. припуск	Розрах. розмір у	Допуск, δ	Граничний допуск		Граничний припуск	
	$R_{z i-1}$	T_{i-1}	P_{i-1}	ϵ_{i-1}				$\max$	$\min$	$\max$	$\min$
Переходи					$Z_{\min}$	мм	мкм				
Заготовка	20	20	40,8	—	—	82,3420	0,22	82,5620	82,3420	—	—
Точіння чорнове	16	16	34	25	175,7004	82,1663	0,14	82,3063	82,1663	0,2557	0,1757
Точіння чистове	10	10	20,4	15	138,3236	82,0280	0,087	82,1150	82,0280	0,1913	0,1383
Точіння тонке	6,3	—	—	5	82,0076	81,9460	0,054	82,0000	81,9460	0,1150	0,0820

1.6.2. Розрахунок режимів обробки та норм часу

Розрахунок режимів обробки та норм часу є важливим етапом у технологічному процесі виготовлення деталі. Від правильного вибору режимів обробки залежить якість кінцевого виробу, продуктивність процесу та економічна ефективність виробництва. Режими обробки включають визначення оптимальних швидкостей різання, подач, глибин різання та інших параметрів, що впливають на процес механічної обробки.

Основна мета розрахунку режимів обробки полягає в досягненні максимальної продуктивності при забезпеченні необхідної точності та якості обробки. Для цього враховуються такі фактори, як матеріал заготовки, тип обробки, характеристики верстатів та інструментів, а також вимоги до готового виробу. Визначення оптимальних режимів обробки дозволяє мінімізувати знос інструментів, знизити енергоспоживання та підвищити загальну ефективність виробництва.

Розрахунок норм часу включає визначення тривалості кожної операції обробки, що дозволяє планувати виробничий процес, розраховувати завантаження обладнання та персоналу, а також оцінювати економічну ефективність виробництва. Норми часу визначаються на основі аналізу технологічного процесу, враховуючи всі необхідні підготовчо-заклучні, основні та допоміжні операції [8].

Проведемо розрахунки для поверхонь $\varnothing 82$ та $\varnothing 68$.

Для точіння поверхні деталі використано різець підрізний відігнутий, виготовлений із твердого сплаву ВК6.

1) Глибина різання: $t = \frac{0,1757}{2} = 0,0879$ мм;

2) Подача: $S_v = 0,9$ мм/об;

3) Теоретична швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S_v^y}} \times K_v, \quad (1.14)$$

де K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

C_v – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі, вид обробки і матеріал різальної частини різця;

T – період стійкості різця, хв.;

t_v – глибина різання;

S_v – подача;

m, x, y – показники степенів (табл. значення).

Для чорнового точіння СЧ:

$$C_V = 292; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2; T = 60;$$

$$K_V = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 = 2,05 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 1,05 = 1,8296,$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,0879^{0,15} \cdot 0,9^{0,2}} \cdot 1,8296 = 346,5013 \text{ м/хв.}$$

1) Теоретична частота обертання шпинделя:

$$\text{для } \varnothing 68: n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 346,5013}{3,14 \times 68} = 1622,03 \text{ об/хв}$$

$$\text{для } \varnothing 82: n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 346,5013}{3,14 \times 82} = 1345,098 \text{ об/хв}$$

Згідно з паспортними даними верстата – $n_{\text{верс}} = 1600 \text{ об/хв}$

2) Дійсна швидкість різання:

$$\text{для } \varnothing 68: V_{\text{верс}} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{верс}}}{1000} = \frac{3,14 \times 68 \times 1600}{1000} = 341,7952 \text{ м/хв}$$

$$\text{для } \varnothing 82: V_{\text{верс}} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{верс}}}{1000} = \frac{3,14 \times 82 \times 1600}{1000} = 412,1648 \text{ м/хв}$$

3) Сила різання:

$$P_z = C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_{Pz}, \quad (1.15)$$

де $C_p = 920; x = 1; y = 0,75; n = 0;$

$$K_{Pz} = K_1 \times K_2 \times K_3 = 0,44 \times 1 \times 1,1 = 0,4840;$$

$$P_z = 920 \times 0,0879^1 \times 0,9^{0,75} \times 341,7952^0 \times 0,4840 = 36,1457 \text{ Н.}$$

4) Ефективна потужність різання:

$$\text{для } \varnothing 68: N_e = \frac{0,1 \times P_z \times V_{\text{верс}}}{102 \times 60} = \frac{0,1 \times 36,1457 \times 341,7952}{102 \times 60} = 0,2019 \text{ кВт};$$

$$\text{для } \varnothing 82: N_e = \frac{0,1 \times P_z \times V_{\text{верс}}}{102 \times 60} = \frac{0,1 \times 36,1457 \times 412,1648}{102 \times 60} = 0,2434 \text{ кВт.}$$

5) Припустима потужність різання на приводі:

$$N_{\text{прип}} = N_{\text{верс}} \times \eta = 11 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт.}$$

Обробка є можливою, адже $N_e < N_{\text{прип}}: 0,2434 \text{ кВт} < 9,35 \text{ кВт.}$

1.7. Розрахунок робототехнічного комплексу

Для забезпечення ефективної роботи робототехнічного комплексу необхідно визначити оптимальну кількість робітників-автооператорів, які будуть забезпечувати зміну інструментів на верстатах. Цей розрахунок включає визначення загального часу обслуговування роботами, часу на виконання однієї операції зміни інструменту та необхідної кількості робітників [9].

Загальний час обслуговування роботами розраховується як добуток кількості верстатів, кількості змін інструменту на одному верстаті протягом місяця та середнього часу зміни одного інструменту.

Сумарний час обслуговування на одну операцію зміни інструменту включає час підходу до інструментального гнізда, захоплення інструменту, повороту робота на 180 градусів та повернення у вихідне положення.

Необхідна кількість робітників розраховується як відношення загального часу обслуговування до добутку сумарного часу на одну операцію та фонду роботи робота за місяць. Для нашого випадку необхідна кількість робітників-автооператорів становить 2 роботи, що забезпечує ефективне обслуговування верстатів та підтримання безперебійного виробничого процесу.

Загальний час обслуговування роботами розраховується як:

$$T_{\text{обсл}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{см}} \left(\frac{t_{\text{см}}}{60} \right), \quad (1.16)$$

де $K_{\text{см}}$ - кількість змін інструменту на одному верстаті протягом місяця,

$t_{\text{см}}$ - середній час зміни одного інструменту (в хвилинах);

n - кількість верстатів РТК.

Кількість змін інструменту на одному верстаті визначаємо за формулою:

$$K_{\text{см}} = K_{\text{ін}} m + K_{\text{д.см}}, \quad (1.17)$$

де $K_{\text{ін}}$ - кількість деталей, оброблюваних за зміну;

m - коефіцієнт, що враховує партійність;

$K_{\text{д.см}}$ - додаткова кількість змін інструменту через неповний розподіл.

Додаткова кількість змін інструменту:

$$K_{\text{д.см}} = 2n_{\text{ін}} N \left(\frac{K_{\text{дет}}}{n_{\text{л}}} \right), \quad (1.18)$$

де $n_{\text{ін}}$ - кількість інструментів, які не розміщуються в магазині верстата;

$K_{\text{дет}}$ - кількість деталей, оброблюваних за місяць;

$n_{\text{л}}$ - кількість деталей, оброблюваних за одну зміну.

Сумарний час зміни інструменту:

$$t_{\text{ін.см}} = 4t_{\text{к}} + 3t_{\text{под}} + 3t_{\text{пов}} + 2(t_{\text{в}} + t_{\text{п}}), \quad (1.19)$$

де $t_{\text{к}}$ - час розрахунку і передачі кадра з ЕОМ у пристрій ЧПУ робота-автооператора,

$t_{\text{под}}$ - час на підхід до заданого гнізда,

$t_{\text{в}}$ - час на обробку кадра "Взяти інструмент",

$t_{\text{п}}$ - час на обробку кадра "Поставити інструмент",

$t_{\text{пов}}$ - час повороту робота на 180° ,

Необхідна кількості робіт визначається за формулою:

$$K_{\text{роб}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{t_{\text{ін.см}} \times \Phi_{\text{роб}}}, \quad (1.20)$$

Де $\Phi_{\text{роб}}$ - місячний фонд роботи робота, що дорівнює 305 год.

Розрахуємо кількість змін інструменту:

$$K_{\text{д.см}} = 2 * 2 * 30 * \left(\frac{50000}{500}\right) = 12000$$

$$K_{\text{см}} = 1000 * 1 + 12000 = 13000$$

Розрахуємо загальний час обслуговування:

$$t_{\text{см}} = 1 \text{ хв};$$

$$n = 3 \text{ шт};$$

$$T_{\text{обсл}} = 3 \times 13000 \left(\frac{1}{60}\right) = 3 \times 13000 \times 0.0167 = 650 \text{ хвилин}.$$

Розрахуємо час зміни інструменту:

$$t_{\text{к}} = 0.14 \text{ хв};$$

$$t_{\text{под}} = 0.05 \text{ хв};$$

$$t_{\text{пов}} = 0.03 \text{ хв};$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{п}} = 0.15 \text{ хв};$$

$$t_{\text{ін.см}} = 4 \times 0.14 + 3 \times 0.05 + 0.03 + 2(0.15 + 0.15) = 1.34.$$

Розрахунок необхідної кількості робіт:

$$\Phi_{\text{роб}} = 305;$$

$$K_{\text{роб}} = \frac{650}{1.34 \times 305} = \frac{650}{408,7} \approx 1.5904.$$

Отже приймаємо, що для створення нашої РТК необхідна кількість робіт є 2.

1.8. Підбір та обґрунтування складу оснащення робототехнічного комплексу.

Виконаємо вибір основного технологічного обладнання для виготовлення деталі «Кришка підшипника». Кришка підшипника виготовляється за п'яти механічними операціями з використанням токарного, свердлильного та шліфувального обладнання. Як основний напрям автоматизації процесу виготовлення деталі «Кришка підшипника», приймаємо використання верстатів з ЧПК та промислових роботів.

Підготовку заготовки до обробки, токарну обробку внутрішніх та зовнішніх поверхонь, а також торців виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі ST-20.

Свердління отворів та зенкування фасок у отворах виконуємо на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК Knuth KSB 40.

Чистову обробку поверхонь отворів у деталі «Кришка підшипника» виконуємо на круглошліфувальному верстаті з ЧПК КШ-3 CNC.

Опишемо технічні характеристики застосовуваного обладнання:

1. Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20 (див. рис. 1.3).

Цей верстат є швидкісним універсальним токарним верстатом і призначений для токарної обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим і криволінійним профілями в один або кілька проходів у замкненому напіваавтоматичному циклі, а також для нарізання метричної, дюймової, модульної, правої та лівої різьби з нормальним та збільшеним кроком, для свердління, розточування отворів, а також для виконання інших операцій (залежно від можливостей системи ЧПК). Верстат використовують у одиничному, малосерійному та серійному виробництві з малими повторюваними партіями деталей.



Рис. 1.3 Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20.[10]

Технічні характеристики даного верстату вказані у таблиці 1.3

Таблиця 1.3

Технічні характеристики токарного верстату з ЧПК моделі HAAS ST-20

Назва параметру, розмірність	Величина параметру
Розміри внутрішнього піддону	362 см x 229 см x 234 см
Вага	4000 кг
Швидкість шпинделя	4000 об/хв
Система приводу	Прямий привід, пасовий привід
Потужність шпинделя	14.9 кВт
Вхідна напруга (низька)	220 VAC
Повне навантаження (низька)	40 А
Вхідна напруга (висока)	440 VAC
Повне навантаження (висока)	20 А
Розмір патрона	210 мм
Максимальний діаметр обробки	533 мм

Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20 має незалежний привід переміщень робочих органів верстата з автоматичною зміною швидкості переміщення у дуже широкому діапазоні, що позбавляє від необхідності в окремому приводі швидких переміщень.

2. Вертикально-свердильний верстат з ЧПК Knuth KSB 40 (див. рис 1.4).

Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі KSB 40 призначений для обробки деталей з різних конструкційних матеріалів в умовах одиничного та серійного виробництва. Верстат виконує операції свердління, зенкерування, зенкування, розточування, нарізання різьби мітчиками, фрезерування. Наявність відкидного столу дозволяє обробляти на верстаті великогабаритні деталі. Конструкція верстату дозволяє використовувати різні пристосування та інструменти, що розширюють технологічні можливості обладнання.



Рис. 1.4 Вертикально-свердильний верстат з ЧПК Knuth KSB 40.[11]

Технічні характеристики даного верстату вказані у таблиці 1.4

Таблиця 1.4

Технічні характеристики вертикально-свердлильного верстату з ЧПК моделі Knuth KSB 40

Технічні характеристики	Значення
Потужність	2.5 кВт
Маса	800 кг
Розмір столу (довжина x ширина)	600x400 мм
Максимальний діаметр свердління	30 мм
Точність позиціонування	$\pm 0,3$ мм
Частота обертання шпинделя	315 - 1400 об/хв
Габарити верстату	1400x1220x1700 мм

3. Круглошліфувальний верстат з ЧПК КШ-3 CNC (див. рисунок 1.5).

Верстат виконаний на сучасній елементній базі з урахуванням останніх тенденцій у верстатобудуванні і має низку принципових особливостей, що дозволяють йому вигідно відрізнятися від базової моделі.



Рис. 1.5 Круглошліфувальний верстат з ЧПК КШ-3 CNC.[12]

Таблиця 1.5

Технічні характеристики круглошліфувального верстату з ЧПК КШ-3 CNC

Технічні характеристики, розмірність	Значення
Клас точності за ДСТУ 8-82 С	С
Найбільший діаметр встановлюваного виробу, мм	200
Діаметр зовнішнього шліфування, мм	0т 1,5 до 100
Найбільша довжина зовнішнього шліфування, мм	360
Діаметр шліфованого отвору, мм (не більше)	50
Найбільша довжина шліфованого отвору, мм	80
Відстань між центрами, мм	400
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	2180 x 1630 x 1870
Маса верстата, кг (не більше)	2000

Вибір токарного верстата з ЧПК моделі HAAS ST-20, вертикально-свердлильного верстата з ЧПК Knuth KSB 40 та круглошліфувального верстата з ЧПК КШ-3 CNC забезпечує необхідну гнучкість, точність та ефективність виробничого процесу. Ці верстати дозволяють виконувати всі необхідні операції для виготовлення деталі "кришка підшипника" з високою якістю та продуктивністю. Підбір саме цього оснащення гарантує стабільність роботи робототехнічного комплексу та високу надійність кінцевої продукції.

1.9. Визначення способу подачі заготовок та інструменту до верстатів.

У цьому розділі ми розглянемо способи подачі заготовок та інструменту до верстатів, які використовуються в робототехнічному комплексі для виготовлення деталі "кришка підшипника". Ефективна організація подачі заготовок та інструменту є ключовим аспектом забезпечення безперервності та високої продуктивності виробничого процесу.

Основним компонентом є робот-маніпулятор, який виконує функції завантаження та розвантаження заготовок, а також подачі інструменту до верстатів.

Робот-маніпулятор забезпечує високу точність та швидкість виконання цих операцій, що є критично важливим для підтримки високих стандартів якості та продуктивності.

У роботехнічних технологічних комплексах механічної обробки зазвичай використовуються два типи промислових роботів: підлогові та портальні. Підлогові роботи з висувною рукою застосовуються для обслуговування верстатів з відкритою робочою зоною спереду: токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних. Портальні роботи використовуються для обслуговування верстатів з відкритою робочою зоною зверху: токарних, шліфувальних.

Для виконання всіх операцій механічної обробки запроектованого технологічного процесу, реалізованого в роботехнічному комплексі, в якості допоміжного обладнання використовуємо промисловий робот IRB 1410. Він дозволяє автоматизувати переміщення деталей від одного обладнання до іншого (див. рисунок 1.6).



Рис. 1.6 Промисловий робот IRB 1410. [13]

Робот має потужність по обробці в 5 кг на зап'ясті, з унікальним додатковим навантаженням на верхню частину руки вагою 18 кг для використання в різних застосуваннях. Високий рівень контролю та точності траєкторії забезпечують

відмінну якість роботи. Можливість регулювання швидкості процесу та позиціонування дозволяє досягти оптимальної точності виробництва з мінімальною кількістю браку або його відсутністю.

IRB 1410 відомий своєю жорсткою та міцною конструкцією. Це перекладається в низькі рівні шуму, довгі інтервали між обслуговуванням та тривалий термін служби. У робота є велика робоча зона і довжина досягнення (рис. 1.7). Компактний дизайн, дуже тонке зап'ястя та високопродуктивна робота навіть в складних і обмежених місцях. Промисловий робот IRB 1410 дозволяє значно скоротити час циклу обробки деталі та підвищити надійність виробничого процесу в цілому. Робот забезпечує високу продуктивність, що гарантує короткі терміни його окупності.

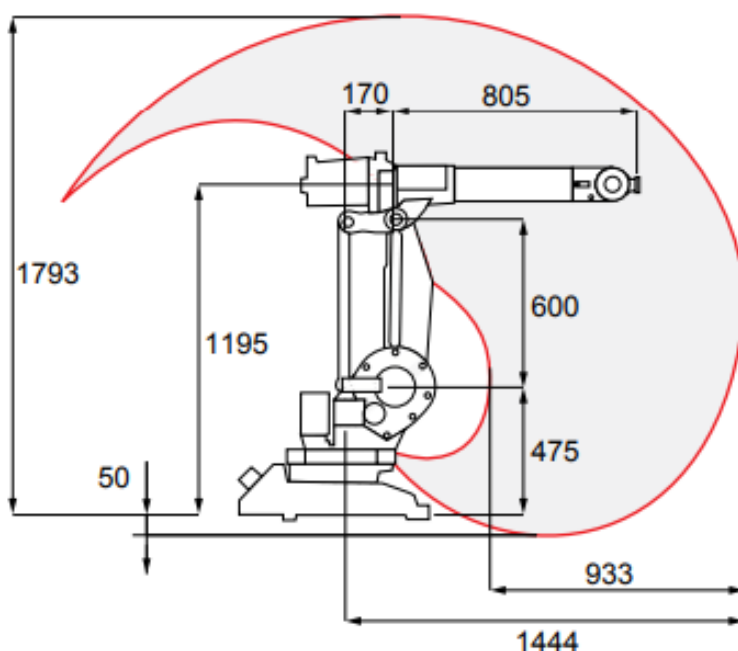


Рис. 1.7 Робочий діапазон промислового робота IRB 1410[14]

Робот може налаштовувати швидкість процесу та позиціонування, що дозволяє досягти оптимальної точності виробництва з великим зменшенням або повною відсутністю дефектів. Крім того, робот IRB 1410 має міцну та стійку конструкцію, що забезпечує низький рівень шуму, довгі інтервали міжсервісного обслуговування та високу надійність. Робот має компактне виконання та дуже гнучкий зап'ясток, що дозволяє виконувати роботи навіть в труднодоступних і закритих місцях.

Пристосований для дугової зварки, IRB 1410 має інтегроване кабелювання для подачі дроту та отвори для оптимізованої установки процесорного обладнання на руці. Прості у використанні функції дугової зварки включені в стандартний контролер робота IRC5 та доступні через патентований інтерфейс програмування та управління - FlexPendant.

FlexPendant - це інтерфейс програмування та управління, який використовується для керування промисловими роботами ABB, зокрема моделлю IRB 1410. Він забезпечує операторам простий та зручний доступ до функцій управління та програмування робота. За допомогою FlexPendant оператори можуть налаштовувати та моніторити робота, виконувати програмні налаштування, а також взаємодіяти з роботом під час виконання завдань[15].

Таблиця 1.6

Технічні характеристики промислового робота IRB 1410

Назва параметра	Значення
Грузопідйомність, кг	5
Кількість ступенів свободи (без захоплювального пристрою)	5
Привід	Електро-пневматичний
Система управління	Позиційна
Точність позиціонування, мм	$\pm 1,0$
Кількість ступенів свободи	6
Кількість програмованих координат	5
Радіус дії, м	1,44
Найбільший висув R руки, мм	1440
Точність позиціонування, мм	$\pm 0,05$
Маса маніпулятора, кг	2500

1.10. Побудова схеми транспортування заготовок.

У рамках розробки робототехнічного комплексу для виготовлення деталі "кришка підшипника" особлива увага приділяється оптимізації транспортування заготовок. Важливим елементом цього процесу є використання промислового робота, який забезпечує автоматизоване переміщення заготовок між різними ділянками

1	–	–	Вихідне положення.
1-2	0,825	–	Переміщення (висування) маніпулятора.
2-3	0,3	–	Опускання маніпулятора з точки 2 до точки 3 до заготовки. Захоплення заготовки захватом.
3-4	0,3	–	Підняття маніпулятора з заготовкою з точки 3 до точки 4 (до лінії центрів верстата).
4-5	0,825	–	Переміщення маніпулятора з заготовкою з точки 4 до точки 5, щоб при повороті не торкнутися огорожі верстата.
5-6	–	90°	Поворот маніпулятора.
6-7	0,825	–	Переміщення заготовки на лінію центрів.
7-8	0,45	–	Переміщення заготовки уздовж лінії центрів до патрона. Зажим заготовки у патроні.
8-9	0,45	–	Відпускання заготовки захватом маніпулятора. Переміщення маніпулятора уздовж лінії центрів від патрона.
9-10	0,825	–	Втягування маніпулятора у корпус робота. Вихідне положення маніпулятора до завершення обробки деталі на верстаті.
10-11	0,825	–	Переміщення маніпулятора на лінію центрів.
11-12	0,45	–	Переміщення маніпулятора уздовж лінії центрів до патрона. Захоплення заготовки захватом маніпулятора.
12-13	0,45	–	Відпускання деталі у патроні. Переміщення маніпулятора уздовж лінії центрів від патрона.
13-14	0,825	–	Втягування маніпулятора у корпус робота.
14-15	–	90°	Поворот маніпулятора.
15-16	0,825	–	Переміщення (висування) маніпулятора.
16-17	0,3	–	Опускання маніпулятора з точки 16 до точки 17 до площини приймального столу. Відпускання деталі.
17-18	0,3	–	Підняття маніпулятора від столу.
18-19	0,825	–	Втягування маніпулятора в корпус робота. Повернення маніпулятора у вихідне положення. Початок нового циклу.

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування структурної схеми керування робототехнічного комплексу

Розробка блок-схеми керування є важливим етапом у створенні РТК, оскільки вона дозволяє візуалізувати всі компоненти системи, їх взаємозв'язки та потоки даних. Блок-схема керування допомагає зрозуміти, як компоненти комплексу взаємодіють між собою, які сигнали та команди передаються між ними, а також визначити точки можливих помилок або збоїв. Це забезпечує чітке розуміння структури системи та її функціонування, що є ключовим для успішної реалізації проекту [17-18].

Чітка і добре продумана блок-схема керування дозволяє:

- Забезпечити належний рівень автоматизації процесів.
- Оптимізувати роботу всіх компонентів РТК, зменшуючи час простою та підвищуючи продуктивність.
- Виявити та усунути можливі помилки на етапі проектування, що знижує ризики під час впровадження системи.
- Підвищити безпеку експлуатації комплексу завдяки чітко визначеним функціям контролю та аварійного відключення.
- Забезпечити гнучкість та масштабованість системи, що дозволяє легко інтегрувати нові компоненти або змінювати існуючі.

Розроблена блок-схема керування, що показана на рис. 2.1, включає всі основні компоненти нашого робототехнічного комплексу, такі як бункер для заготовок, токарний верстат з ЧПК, свердлильний верстат з ЧПК, круглошліфувальний верстат з ЧПК, візок для готових виробів, система забезпечення безпеки, електрошафа силового електрообладнання, пульт оператора та інші.

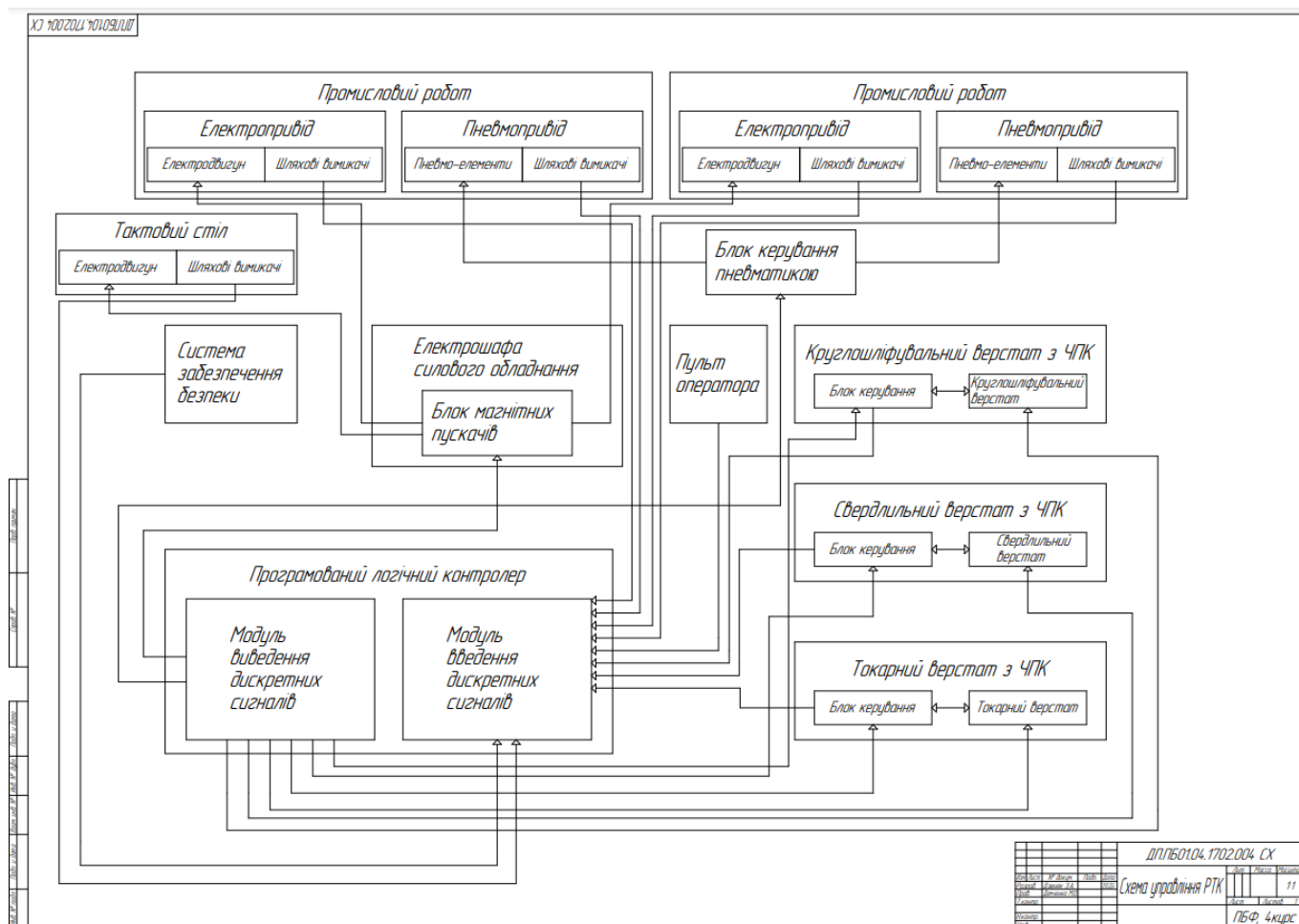


Рис. 2.1 Блок-схема керування РТК

На схемі відображені всі взаємозв'язки між компонентами, що забезпечують коректну роботу комплексу. Система забезпечення безпеки контролює роботу всіх компонентів та забезпечує захист від аварійних ситуацій. Електрошафа силового електрообладнання забезпечує електроживлення всіх елементів системи. ПЛК виконує функції центрального керуючого блоку, обробляючи вхідні та вихідні сигнали, забезпечуючи коректну роботу всіх механізмів. Пульт оператора дозволяє здійснювати ручне керування та моніторинг стану комплексу.

Заключним етапом розробки блок-схеми керування є її впровадження в реальні умови експлуатації, що дозволяє оцінити ефективність роботи комплексу та внести необхідні корективи для досягнення оптимальних результатів. Коректно побудована блок-схема керування є основою для подальшого розвитку та модернізації робототехнічного комплексу, забезпечуючи його надійну та ефективну роботу.

2.2. Розробка креслення планування РТК

У даному пункті дипломного проекту розроблено планування робототехнічного комплексу для виготовлення деталі "кришка підшипника". Ефективне планування РТК відіграє ключову роль у забезпеченні оптимальної взаємодії між різними елементами виробничої системи, що включає машини, обладнання та промислові роботи. Цей процес не тільки підвищує ефективність виробництва, але й сприяє зниженню виробничих витрат за рахунок мінімізації витрат часу на переміщення та підвищення точності та повторюваності виробничих операцій. Оптимальне розташування обладнання та його ергономічна взаємодія з роботизованими системами забезпечує безперервність та гнучкість виробничого процесу [16]. Рис. 2.2 ілюструє планування РТК, де чітко вказані місця розташування ключових компонентів та їх функціональне призначення в контексті виробничого процесу.

Планування робототехнічного комплексу для виробництва деталі "кришка підшипника" передбачає раціональне розміщення обладнання та оптимізацію робочого простору для забезпечення максимальної ефективності процесів. Основні елементи цього комплексу включають:

1. Токарний верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3, який відповідає за точну обробку деталей.
2. Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2, призначений для виконання свердильних операцій.
3. Круглошліфувальний верстат з ЧПК КШ-3 CNC для шліфування деталей до високої точності.
4. Тактовий стіл СТ 150, який використовується для оптимізації позиціонування та переміщення деталей між операціями.
5. Промисловий робот IRB 1410, що забезпечує автоматизоване переміщення заготовок між різними верстатами та станціями.
6. Автоматизований візок для готових виробів, що використовується для транспортування готових деталей до зони упаковки або складу.
7. Накопичувач заготовок, який слугує для зберігання та організації доступу до заготовок, що чекають обробки.

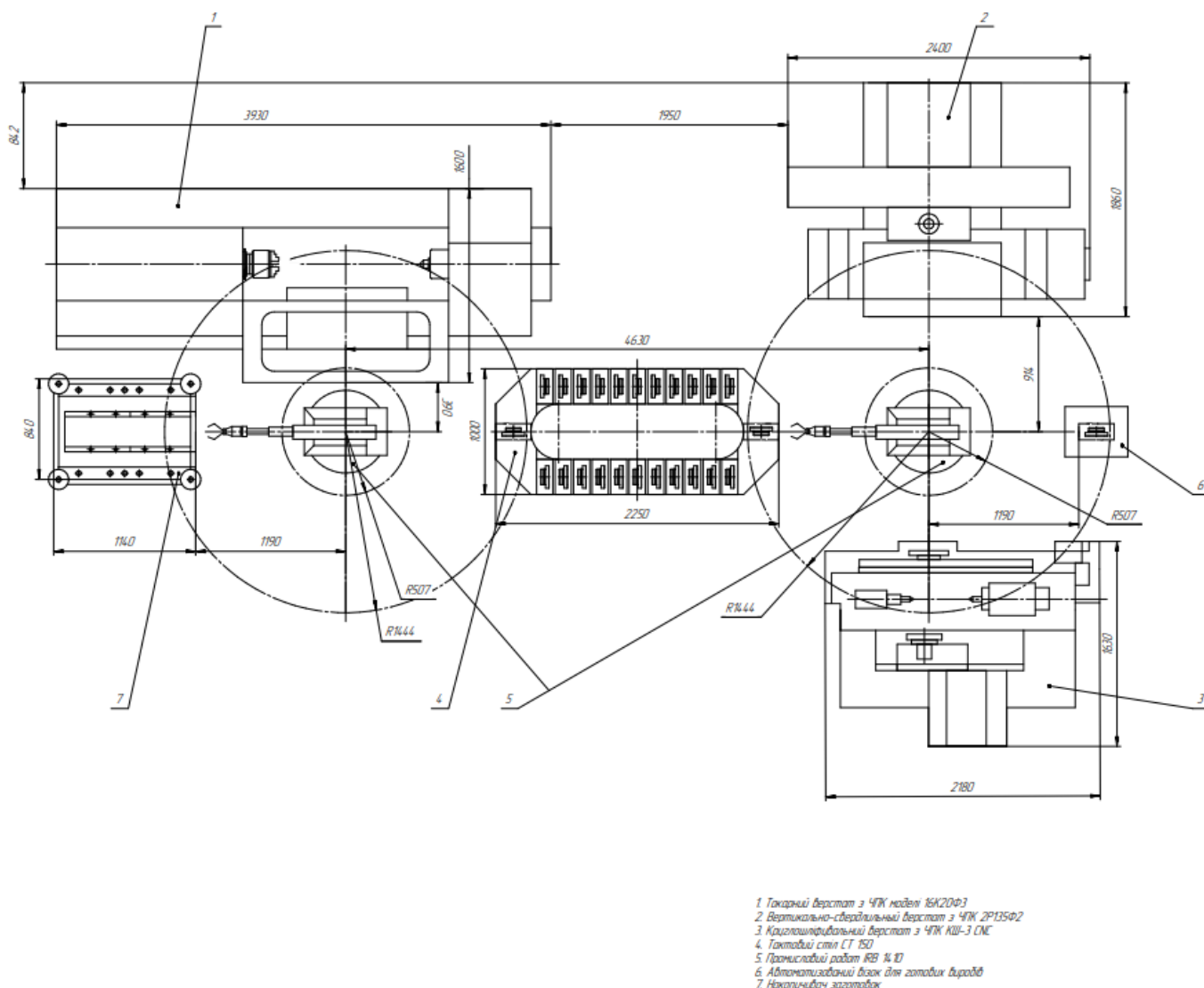


Рис. 2.2 Планування РТК виготовлення деталі «Кришка підшипника»

Це планування забезпечує ергономічну та ефективну робочу середу, де кожен елемент РТК оптимально розташований для забезпечення плавного та безперебійного виробничого процесу. Інтеграція промислового робота з іншим обладнанням дозволяє автоматизувати багато процесів, знижуючи ручну працю та підвищуючи точність та відтворюваність виробничих операцій.

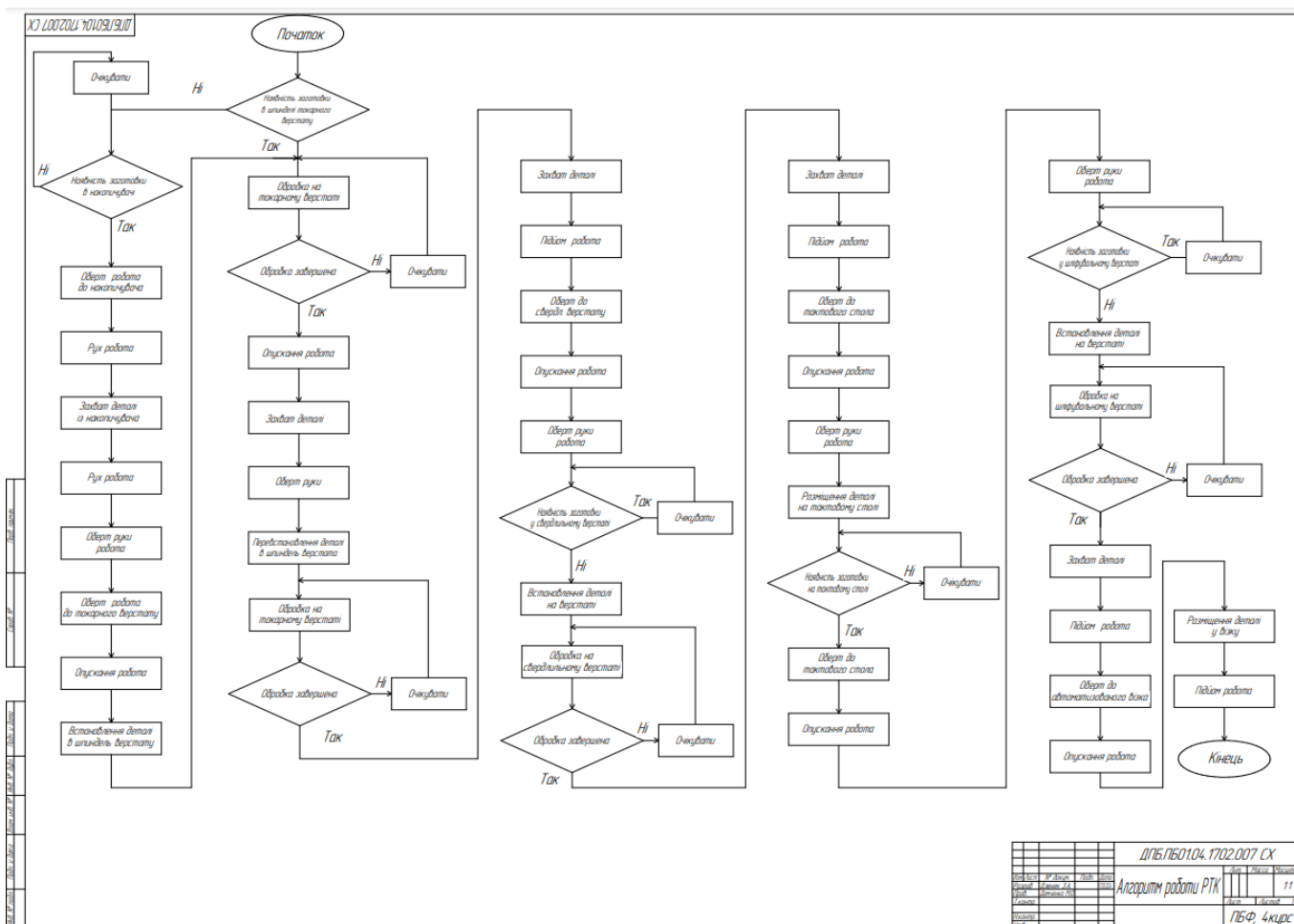
2.3. Розроблення алгоритму функціонування робототехнічного комплексу та програмного коду

Розробка алгоритму функціонування робототехнічного комплексу (РТК) забезпечує узгодження і безперебійне виконання всіх технологічних операцій. Алгоритм служить основою для створення програмного коду, який керує роботами та іншими автоматизованими компонентами комплексу. Завдяки детально розробленому алгоритму можна досягти високої точності виконання завдань, мінімізувати час простоїв та підвищити загальну продуктивність системи [17].

Алгоритм функціонування РТК визначає послідовність дій роботів, починаючи від захоплення заготовки з накопичувача, її транспортування до різних верстатів для обробки, та закінчуючи переміщенням готової деталі до зони складування або упаковки. У ньому враховуються всі можливі варіанти розвитку подій, включаючи перевірку наявності заготовок, завершення обробки, та дії у разі помилок чи збоїв.

Процес починається з перевірки наявності заготовки в накопичувачі. Якщо заготовка є, робот виконує оберт до накопичувача, захоплює її і переміщується до токарного верстата. Після встановлення заготовки у шпіндель токарного верстата робот очікує завершення обробки. Далі робот захоплює деталь і переміщується до свердлильного верстата для подальшої обробки. Встановивши деталь на свердлильний верстат, робот знову чекає завершення операцій. Після завершення обробки на свердлильному верстаті робот переміщує деталь на тактовий стіл. Потім деталь з тактового столу переміщується до шліфувального верстата для фінальної обробки. Після завершення всіх обробок робот транспортує готову деталь до автоматизованого візка, завершуючи цикл.

Для детальнішого ознайомлення з алгоритмом функціонування РТК можна звернутися до прикладеного креслення на рис. 2.3 Та у додатку на кресленні ДП.ПБ01.1702.00.007 СХ, яке ілюструє весь процес роботи робототехнічного комплексу, починаючи від завантаження заготовки до вивантаження готової деталі.



- Ініціалізація об'єкта класу Robot: клас Robot створює об'єкт, що містить інформацію про наявність деталі (has_part) і методи для виконання різних операцій.
- Перевірка наявності заготовки в накопичувачі: метод check_part_in_storage імітує перевірку наявності заготовки в накопичувачі. Повертає значення True, якщо заготовка є, і False інакше.
- Рух до накопичувача та захоплення деталі: методи move_to_storage та grab_part_from_storage моделюють процес переміщення робота до накопичувача та захоплення деталі.
- Рух до токарного верстата, встановлення та обробка деталі: методи move_to_lathe, place_part_in_lathe, check_part_in_lathe, process_lathe та remove_part_from_lathe імітують рух робота до токарного верстата, встановлення деталі у шпиндель, перевірку наявності деталі, обробку та зняття деталі після обробки.
- Рух до свердлильного верстата, встановлення та обробка деталі: методи move_to_drill, place_part_in_drill, process_drill та remove_part_from_drill моделюють аналогічний процес для свердлильного верстата.
- Рух до шліфувального верстата, встановлення та обробка деталі: методи move_to_grinding, place_part_in_grinding, process_grinding та remove_part_from_grinding імітують процес обробки деталі на шліфувальному верстаті.
- Рух до автоматизованого візка та розміщення готової деталі: методи move_to_cart та place_part_in_cart моделюють переміщення робота до візка та розміщення готової деталі у візку.
- Виконання процесу: метод execute_process керує послідовністю всіх зазначених вище операцій. Робот виконує рухи між різними верстатами, обробляє деталі та переміщує їх до кінцевого місця розташування.

Код забезпечує моделювання послідовного виконання технологічного процесу, що включає перевірку наявності заготовок, їх обробку на різних верстатах та

Специфікація, що показана у додатку на кресленні ДП.ПБ01.00.1702.003 СП захвату містить детальний перелік всіх його частин з їх характеристиками, що дозволяє точно відтворити конструкцію під час виробництва та забезпечити її надійність і довговічність. Далі розберемо схему дії захвату промислового робота.

Повітря із пневмосистеми потрапляє в безштокову порожнину циліндру П1, впливає на поршень 5. Поршень 5, у свою чергу, тисне на шток 4, шток 4 тисне на рейку 3, рейка 3 впливає на губки 1 і 2. Губка 1 здійснює поворот навколо осі О1, губка 2 – навколо осі О2. Таким чином відбувається розкріплення деталі 6 (рис. 2.4).

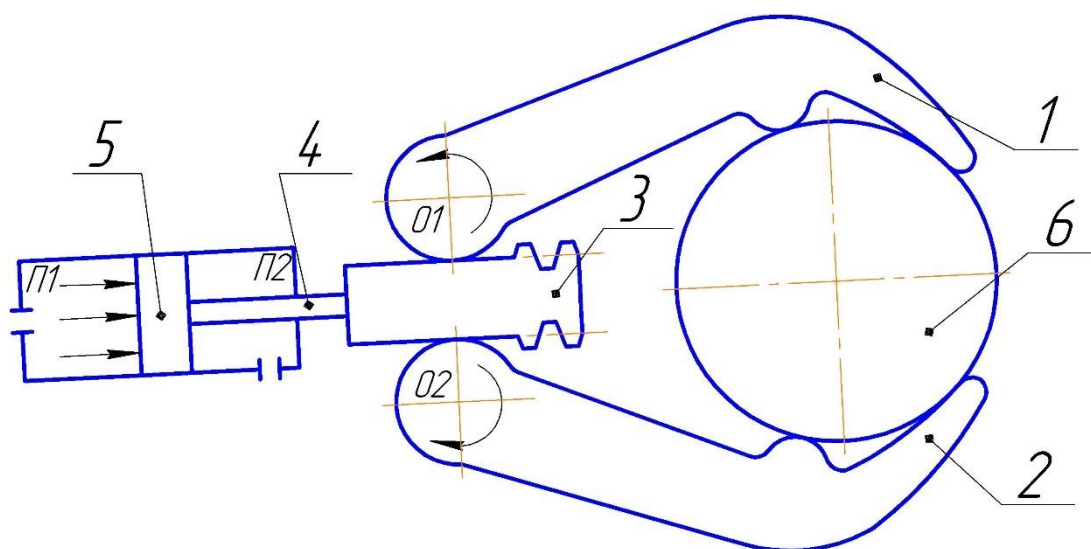


Рис. 2.4 Схематичне зображення захвату

Потрапляючи в штокову порожнину циліндра П2, повітря тисне на поршень 5, поршень 5 тягне за собою шток 4, шток 4 тягне рейку 3, рейка 3 впливає на губки 1 і 2. Губка 1 здійснює поворот навколо осі О1, губка 2 – навколо осі О2. За рахунок цього відбувається захват деталі 6 (рис. 2.5).

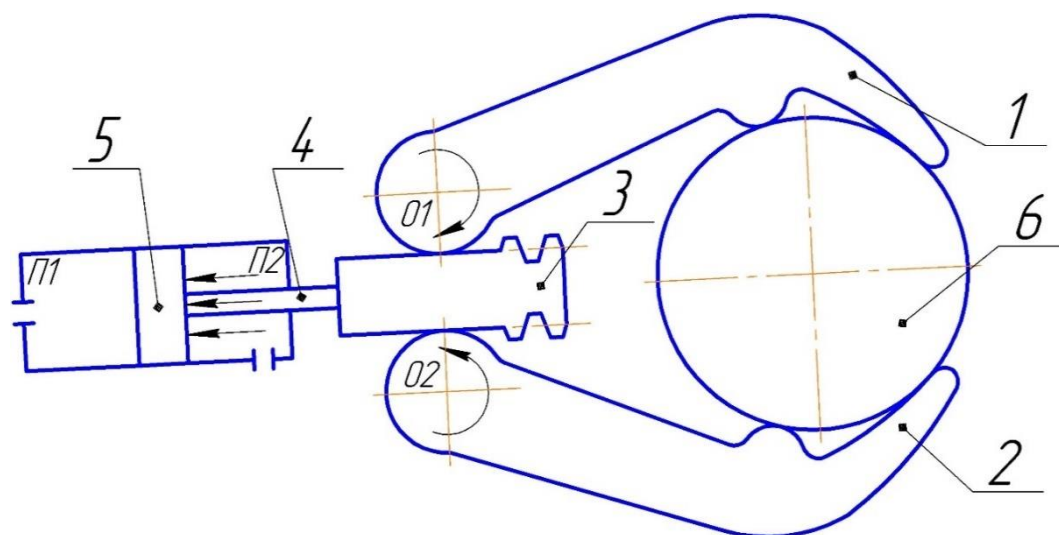


Рис. 2.5 Схематичне зображення захвату

Схема дії захвату описує послідовність операцій, які виконуються під час захоплення та утримання заготовки. Представлені креслення, специфікація та схема дії захвату дозволяють впровадити його у виробництво з високим ступенем впевненості у відповідності всім технічним вимогам. Надійність і точність дій захвату забезпечують стабільність роботи комплексу та мінімізацію ризику помилок, пов'язаних з людським фактором.

Розрахуємо необхідне зусилля затискання захватного пристрою для утримання деталі, яка транспортується, враховуючи, що утримання відбувається за рахунок сили тертя, використовуючи формулу (2.1):

$$P = \mu m(g + a)K_1K_2, \quad (2.1)$$

де μ – коефіцієнт сили тертя;

m – маса заготовки, кг;

g – прискорення вільного падіння, 9.81 м/с^2 ;

a – прискорення при транспортуванні, 6 м/с^2 ;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від форми губок захвату, положення деталі по відношенню до губок захвату і напрямки дії сили тяги;

K_2 – коефіцієнт запасу.

Підставимо розраховані раніше значення та значення, отримані з довідкової літератури:

$$\begin{aligned}\mu &= 0.35; \\ m &= 1.243 \text{ кг}; \\ g &= 9.81 \text{ м/с}^2; \\ a &= 0.35 \text{ м/с}^2; \\ K_1 &= 1.4; \\ K_2 &= 1.3,\end{aligned}$$

Розрахунок:

$$P = 0.35 * 1.243(9.81 + 0.35) * 1.4 * 1.3,$$

Таким чином, отримаємо:

$$P = 12.52 \text{ Н},$$

Отже, розраховане зусилля затискання захватного пристрою для утримання деталі становить 12.52 Н.

2.5. Побудова циклограми функціонування робототехнічного комплексу

Побудова циклограми функціонування робототехнічного комплексу (РТК) є важливим етапом у проектуванні системи автоматизованого виробництва. Циклограма дозволяє візуалізувати всі етапи роботи комплексу, визначити послідовність операцій та їхню тривалість, а також узгодити дії різних компонентів системи для досягнення оптимальної продуктивності та ефективності.

Циклограма функціонування РТК включає детальний опис всіх операцій, що виконуються, починаючи від завантаження заготовки, обробки на різних верстатах, до виходу готової деталі. На основі циклограми можна оптимізувати роботу всіх компонентів комплексу, зменшити простої та забезпечити безперервний виробничий процес.

Тепер розглянемо розроблену циклограму функціонування робототехнічного комплексу для виготовлення деталі "кришка підшипника", що вказана у додатку на кресленні ДП.ПБ01.00.1702.008. Циклограма показує всі основні операції, що виконує комплекс, і їх тривалість. Ось детальний опис етапів функціонування РТК:

1. Завантаження заготовки: робот-маніпулятор захоплює заготовку з накопичувача і транспортує її до першого верстата.

2. Токарна обробка: заготовка встановлюється на токарний верстат з ЧПК, де виконується обробка зовнішньої і внутрішньої поверхонь.

3. Свердлильна операція: заготовка переміщується до вертикально-свердлильного верстата, де виконуються свердлильні операції.

4. Шліфувальна обробка: після свердління деталь переміщується до круглошліфувального верстата для фінальної обробки поверхонь.

5. Вивантаження деталі: Готова деталь транспортується автоматизованим візком до зони контролю якості або складу.

Циклограма складається з наступних ключових елементів:

- Кадри: кожен кадр представляє конкретний етап обробки або транспортування.
- Обладнання: вказуються верстати та інші компоненти, задіяні на кожному етапі.
- Тривалість: вказується час виконання кожної операції.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту виконано роботу, спрямовану на створення робототехнічного комплексу для виготовлення деталі "кришка підшипника". Основною метою даної роботи є підвищення ефективності виробництва, зменшення витрат на працю та мінімізація впливу людського фактору на якість кінцевого продукту.

Робота включає в себе аналіз конструкції деталі та визначення типу виробництва. Встановлено, що серійний тип виробництва є найбільш відповідним для даного завдання, враховуючи річний обсяг продукції. Обґрунтування методу отримання заготовки допомогло обрати метод отримання заготовки такий як лиття під тиском, що є найбільш економічно вигідним і технологічним.

Деталь відпрацьовано на технологічність, що включає в себе аналіз можливостей виготовлення та обробки деталі з використанням доступних технологій автоматизації. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі з визначенням послідовності операцій, необхідного обладнання, інструментів та режимів обробки.

Розрахунки припусків та міжопераційних розмірів, а також режимів обробки та норм часу дозволили забезпечити високу точність обробки та ефективне використання матеріалу. Це, у свою чергу, сприяло підвищенню продуктивності процесу та зниженню виробничих витрат.

Особливу увагу приділено розробці маршрутної та операційної карти технології, що включала визначення позицій та операцій, які підлягають автоматизації. Це дозволило оптимізувати виробничий процес та забезпечити безперебійність роботи.

У конструктивному розділі виконано проектування блок-схеми керування РТК, розроблено алгоритм функціонування комплексу та відповідний програмний код. Побудовано циклограму функціонування РТК, що дозволило візуалізувати послідовність виконання операцій та забезпечити оптимальну роботу комплексу.

Розроблено схему транспортування заготовок, що включала створення детальної схеми траєкторії руху промислового робота. Це забезпечило

автоматизоване переміщення заготовок між різними ділянками виробництва, що значно підвищило ефективність виробничого процесу.

Результати проведених досліджень і розрахунків свідчать про доцільність використання розробленого РТК у виробничому процесі. Це дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати на працю та забезпечити високу якість кінцевого продукту. Впровадження робототехнічного комплексу відкриває нові можливості для вдосконалення виробничих процесів і досягнення конкурентних переваг на ринку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єрмаков О.Ю., Жибак М.М., Динька П.К., Христенко Г.М., Гурська І.С. Організація виробництва: Навч. посібник. - Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2019. – 414 с.
2. Гетьман О.О. Економіка підприємства : навч. посібник / О. О. Гетьман, В. М. Шаповал. – [2-ге видання]. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 488 с.
3. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин : підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський; за ред. В.А. Кириловича. – Житомир :Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266с.
4. Марчук В.І. Технологія приладобудування: навчальний посібник / В.І. Марчук, В.Ю. Заблоцький. – Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2015. – 216 с
Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
5. Технічні засоби автоматизації [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Г. С. Тимчик, В. С. Антонюк, В. Г. Здоренко, Н. М. Защепкіна, С. М. Лісовець, С. В. Барилко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.38 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 128 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять «Складання технологічної документації» з курсу «Технологія виготовлення двигунів внутрішнього згорання» для студентів спеціальності 142- Енергетичне машинобудування / Уклад. Осетров О. О., Кравченко С.С. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 54 с.
7. Організація виробництва: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 051«Економіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.:О.О. Кожемяченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1 793 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 233 с

8. Т.В. Гордєєва. Опорний конспект лекцій і матеріали до самостійної роботи спеціальності 5.05050302 «Технологія обробки матеріалів на верстатах та автоматичних лініях», Харків: Харківський політехнічний інститут, 2009. - 102 с

9. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. П27 Проектування гнучких виробничих систем машинобудування / Навч. посібник. Частина I – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 286 с. – Бібліогр.: с. 277 – 286 – 100 пр. ISBN 978-966-7599-86-7

: к.т.н., доцент каф. АВ Шкодзінський О.К. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2016. – 16 с

10. Geraerts R., Overmars M., Sampling Techniques for Probabilistic Roadmap Planners // Int. Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-8), Amsterdam. 2004. P. 600-609.

11. Пуховський Є.С., Бецко Ю.М. Навчальний посібник для виконання розрахунково-графічних і контрольних робіт: «Технологія гнучкого автоматизованого виробництва». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. -130 с.

12. Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.haascnc.com/machines/lathes/st/models/standard/st-20.html>

13. Вертикально-свердильний верстат з ЧПК Knuth KSB 40. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.knuth.com/en/machines/drilling/column-drilling-machines/ksb-s11461>

14. Круглошліувальний верстат з ЧПК KШ-3 CNC. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.machine-outil.com/t246-rectifieuse-cylindrique/e2018-fritz-studer.html?actualites=3>

15. Промисловий робот IRB 1410. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-1410>

16. Інтерфейс програмування та управління FlexPendant. ABB Robotics. (2022). [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robotics/robot-systems/robot-controllers/irc5-controllers/flexpendant>

17. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
18. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 на тему: «Розробка алгоритму функціонування гнучкої автоматизованої ділянки (ГАД)»» для студентів спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Укладач
19. Дипломний проєкт бакалавра: виконання, оформлення та захист : навч. посіб. / Уклад. : С. П. Вислоух, М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 64 с
20. Виробнича практика. Організація, проходження та захист звіту [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Безуглий, Н. І. Бурау, Ю. В. Киричук, М. В. Філіппова. – Електронні текстові дані (1 файл: 704 Кбайта). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 40 с.

ДОДАТКИ

```

import time
class Robot:
    def __init__(self):
        self.has_part = False
    def check_part_in_storage(self):
        # Імітація перевірки наявності заготовки в накопичувачі
        print("Перевірка наявності заготовки в накопичувачі")
        time.sleep(1)
        return True # Припустимо, що заготовка завжди є для демонстрації
    def move_to_storage(self):
        print("Робот обертається до накопичувача")
        time.sleep(1)
        self.has_part = self.check_part_in_storage()
    def grab_part_from_storage(self):
        if self.has_part:
            print("Захват деталі з накопичувача")
            time.sleep(1)
        else:
            print("Немає деталі в накопичувачі")
    def move_to_lathe(self):
        print("Робот обертається до токарного верстату")
        time.sleep(1)
    def place_part_in_lathe(self):
        print("Встановлення деталі в шпindel токарного верстата")
        time.sleep(1)
        self.has_part = False # Імітація встановлення деталі
    def check_part_in_lathe(self):
        # Імітація перевірки наявності заготовки в токарному верстаті
        print("Перевірка наявності заготовки в токарному верстаті")
        time.sleep(1)
        return True # Припустимо, що деталь завжди встановлена
    def process_lathe(self):
        print("Обробка на токарному верстаті")
        time.sleep(2) # Імітація часу обробки
    def remove_part_from_lathe(self):
        print("Захват деталі з токарного верстата")
        time.sleep(1)
        self.has_part = True # Імітація захвату деталі
    def move_to_drill(self):
        print("Робот обертається до свердлильного верстата")
        time.sleep(1)
    def place_part_in_drill(self):
        print("Встановлення деталі на свердлильному верстаті")
        time.sleep(1)
        self.has_part = False # Імітація встановлення деталі
    def process_drill(self):
        print("Обробка на свердлильному верстаті")
        time.sleep(2) # Імітація часу обробки
    def remove_part_from_drill(self):
        print("Захват деталі з свердлильного верстата")
        time.sleep(1)
        self.has_part = True # Імітація захвату деталі
    def move_to_grinding(self):
        print("Робот обертається до шліфувального верстата")
        time.sleep(1)
    def place_part_in_grinding(self):

```

```

    print("Встановлення деталі на шліфувальному верстаті")
    time.sleep(1)
    self.has_part = False # Імітація встановлення деталі
def process_grinding(self):
    print("Обробка на шліфувальному верстаті")
    time.sleep(2) # Імітація часу обробки
def remove_part_from_grinding(self):
    print("Захват деталі з шліфувального верстата")
    time.sleep(1)
    self.has_part = True # Імітація захвату деталі
def move_to_cart(self):
    print("Робот обертається до автоматизованого візка")
    time.sleep(1)
def place_part_in_cart(self):
    print("Розміщення деталі у візку")
    time.sleep(1)
    self.has_part = False # Імітація завершення процесу
def execute_process(self):
    # Перший етап: Робота з накопичувачем
    self.move_to_storage()
    self.grab_part_from_storage()
    if self.has_part:
        # Другий етап: Робота з токарним верстатом
        self.move_to_lathe()
        self.place_part_in_lathe()
        if self.check_part_in_lathe():
            self.process_lathe()
            self.remove_part_from_lathe()
        # Третій етап: Робота з свердлильним верстатом
        self.move_to_drill()
        self.place_part_in_drill()
        if self.check_part_in_lathe(): # Припустимо, що логіка така ж
            self.process_drill()
            self.remove_part_from_drill()

        # Четвертий етап: Робота з шліфувальним верстатом
        self.move_to_grinding()
        self.place_part_in_grinding()

        if self.check_part_in_lathe(): # Припустимо, що логіка така ж
            self.process_grinding()
            self.remove_part_from_grinding()

        # П'ятий етап: Розміщення готового виробу у візку
        self.move_to_cart()
        self.place_part_in_cart()
    else:
        print("Немає заготовки для обробки на шліфувальному верстаті")
    else:
        print("Немає заготовки для обробки на свердлильному верстаті")
    else:
        print("Немає заготовки для обробки на токарному верстаті")
    else:
        print("Немає заготовки для обробки")
if __name__ == "__main__":
    robot = Robot()
    robot.execute_process()

```

[illegible]

[illegible]

Інв.№ поділ			Підпис і дата			Взам.Інв.№			Інв.№ дубл.			Підпис і дата																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						МАРШРУТНА КАРТА						Кришка підшипника						Літера																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Інв.№ подл			Підпис і дата			Взам.Інв.№			Інв.№ дубл.			Підпис і дата												
Номер			Найменування та зміст операції									Обладнання (код, найменування, інвентарний номер)			Обладнання та (код, інструмент найменування)			Коеф. Штучного часу	Кількість робітників	Кількість обробл. деталей	Код тарифної сітки	Об'єм партії виготовлення	Тп.з	
цеха	дільниці	операції																Код професії	Розряд робіт	Одиниця нормування	Код виду норми		Тшт.	
		025	Шліфувальна									КШ-3 CNC			IRB 14 10			1	-	1	27	2136		
																		-	-	1	3			
		035	Контрольна															1	-	1	27	2136		
																		-	-	1	3			
		045	Контрольна															1	-	1	27	2136		
																		-	-	1	3			
		055	Контрольна															1	-	1	27	2136		
																		-	-	1	3			
																Розроб.	Дзюняк О. В.					Аркуш 2		
			Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр									Аркушів 2		

					Операційна карта технологічного процесу механічного оброблення		Літ.		Кришка підшипника																	
Матеріал										Позн. од вим	Маса деталі	Заготовка														
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ					Позначення							Найменування виду			Позначення виду		Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.		Маса			
СЧ15 ДСТУ 8833:2019											1,243										1,494					
Од. нор.	Норма витрат и	Розмір партії	Номер дільниці	Номер операції	Обладнання		Коеф. штучн. часу	Кільк. роб.	Кільк. к. обр.	Проф.	Розряд робіт	Тарифн а сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тв	Тшт.	Розцінка						
					Найменування	Позначення																				
		2136		010	Токарна	Шпиндель	1	-	1	-	-	27	3	1												
Обладнання	Найменування																			Охолодження						
	Позначення																									
Но мер	Зміст переходу				Но мер	Інструмент					Розрах. розміри					Режим обробки					То	Тд				
						Різальний					Вимірювальний					Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n	v		
1	Встановити, закріпити, зняти																									
2	Точити зовнішню поверхню Ø120 згідно з кресленням					Різець ВК6										120		19		1,5	2	0,9	1600	25,3	2,17	0,5
3	Точити внутрішню поверхню Ø81 згідно з кресленням					Різець ВК6										81		25		2,5	2	0,9	1600	66,3	5,68	0,3
4	Точити зовнішні фаски з кутом 45° та шириною 1.5мм					Різець ВК6										120		1,5		1,5	2	0,9	1600	32,4	2,17	0,15
5	Зняти оброблену заготовку																									

				Операційна карта технологічного процесу механічного оброблення				Літ.																					
								Кришка підшипника																					
Матеріал								Позн. од вим	Маса деталі	Заготовка																			
										нка																			
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ				Позначення						Найменування виду		Позначення виду		Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.		Маса									
С415 ДСТУ 8833:2019																				1,494									
Од. нор.	Норма витрати	Розмір партії	Номер ділянки	Номер операції	Обладнання		Коеф. штучн. часу	Кільк. роб.	Кільк. к. од.	Проф.	Розряд робіт	Тарифна сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тд	Тшт.	Розцінка									
					Найменування	Позначення																							
		2136		015	Токарна	Шпindel	1	-	1	-	-	27	3	1															
Обладнання	Найменування																			Охолодження									
	Позначення																			Емульсія									
Но мер	Зміст переходу				Но мер поз	Інструмент						Розрах. розміри			Режим обробки					То	Тд								
						Різальний			Вимірювальний			Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n			v							
1	Встановити, закріпити, зняти деталь																												
2	Точити внутрішню поверхню Ø82					Різець ВК6						82		2		0,2	1	0,9	1600	412,1	0,56	0,35							
3	Точити начорно поверхню Ø81					Різець ВК6						81		2		0,1	1	0,9	1600	103,8	0,48	2							
4	Точити начорно поверхню Ø60					Різець ВК6						60		17		2,25	1	0,9	1600	405,2	4,5	0,35							
5	Точити начорно поверхню Ø68											68		14		2,25	1	0,9	1600	341,7	3,6	0,35							

					Літ.																					
							Кришка підшипника																			
Матеріал										Позн. од. вим	Маса деталі	Заготована														
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ					Позначення							Найменування виду		Позначення виду		Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.		Маса				
С415 ДСТУ 8833:2019																										
Од. нор.	Норма витрати	Розмір партії	Номер ділянки	Номер операції	Обладнання		Коеф. шліф. часу	Кільк. роб.	Кільк. к. ос.	Проф.	Розряд робіт	Тарифна сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тв	Тшт.	Розцінка						
					Найменування	Позначення																				
		2136		015	Токарна	Шпindelь	1	-	1	-	-	27	3	1												
Обладнання	Найменування																		Охолодження							
	Позначення																		Емульсія							
Но мер	Зміст переходу				Но мер поз	Інструмент						Розрах. розміри			Режим обробки					То	Тв					
						Різальний		Вимірювальний		Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n	v								
6	Точити начорно поверхню Ø72					Різець ВК6				72		11		2	1	0,5	1600	94,95	2,7	1						
7	Точити начисто поверхню Ø82					Різець ВК6				82		2		0,2	2	0,5	1600	106,5	0,24	0,35						
8	Точити начисто поверхню Ø81					Різець ВК6				81		2		0,1	2	0,125	1600	66,05	0,17	0,5						
9	Точити начисто поверхню Ø60					Різець ВК6				60		17		0,2	2	0,25	1600	280	0,25	0,35						
10	Точити начисто поверхню Ø68					Різець ВК6				68		14		0,2	2	0,25	1600	135,5	0,2	0,35						
11	Точити начисто поверхню Ø72					Різець ВК6				72		11		0,1	2	0,125	1600	48,94	0,16	0,35						

					Літ.																
Операційна карта технологічного процесу механічного оброблення								Кришка підшипника													
Матеріал					Позн. од. вим	Маса деталі	Заготована														
							ка														
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ					Позначення					Найменування виду		Позначення виду		Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.		Маса	
С415 ДСТУ 8833:2019																					
Од. нор.	Норма витрати	Розмір партії	Номер ділянки	Номер операції	Обладнання		Коеф. шпун. часу	Кільк. роб.	Кільк. к. ос.	Проф.	Розряд робіт	Тарифна сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тв	Тшт.	Розцінка	
					Найменування	Позначення															
		2136		015	Токарна	Шпindelь	1	-	1	-	-	27	3	1							
Обладнання	Найменування																		Охолодження		
	Позначення																		Емульсія		
Номер	Зміст переходу				Номер поз	Інструмент						Розрах. розміри			Режим обробки				То	Тв	
						Різальний		Вимірювальний		Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n	v			
12	Точити тонко поверхню Ø82					Різець ВК6				82		2		0,1	4	0,25	1600	88,4	1,2	2	
13	Точити тонко поверхню Ø81					Різець ВК6				81		2		0,05	4	0,125	1600	74,5	0,88	0,2	
14	Точити тонко поверхню Ø60					Різець ВК6				60		17		0,05	4	0,125	1600	114,5	0,74	0,2	
15	Точити тонко поверхню Ø68					Різець ВК6				68		14		0,05	4	0,125	1600	101,1	0,7	0,2	
16	Точити тонко поверхню Ø72					Різець ВК6				72		11		0,05	4	0,125	1600	29,93	0,8	0,2	
17	Точити фаску під кутом 30° та довжиною 1.73мм					Різець ВК6				82		1,73		0,3	1	0,15	1600	44,8	0,08	0,2	

[illegible]

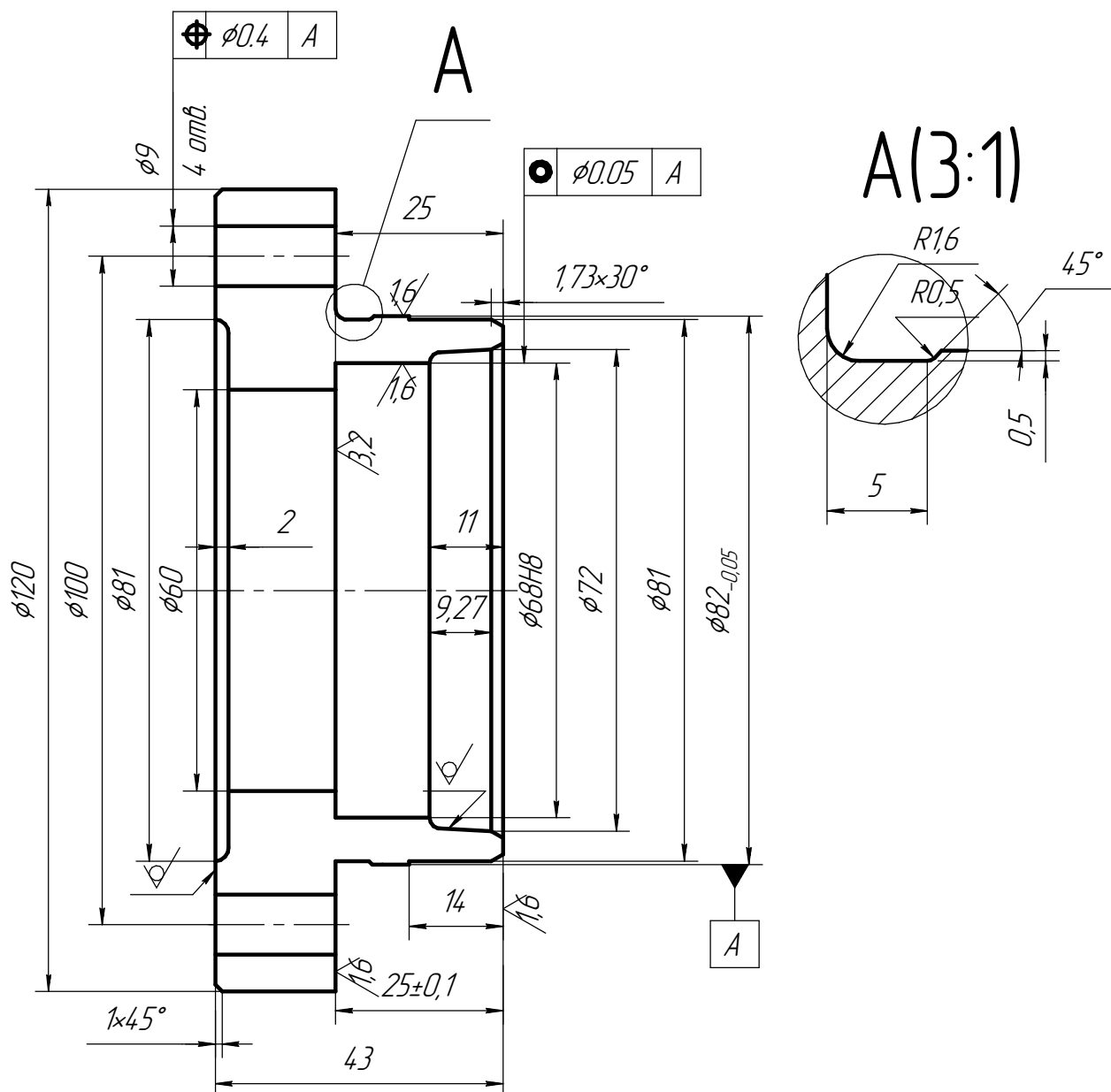
п/я М -5546				Операційна карта технологічного процесу механічного оброблення				Літ.		Кришка підшипника															
Матеріал										Позн. од. вим	Маса деталі	Заготовка нка													
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ					Позначення							Найменування виду			Позначення виду			Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.			Маса
С415 ДСТУ 8833:2019																									
Од. нор.	Норма витрат и	Розмір партії	Номер дільниці	Номер операції	Обладнання		Коеф. штучн. часу	Кільк. роб.	Кільк. к. од.	Проф.	Розряд робіт	Тарифна сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тв	Тшт.	Розцінка					
					Найменування	Позначення																			
		2136		025	Шліфувальна	Прийомання фрезерне пневматичне	1	-	1	-	-	27	3	1											
Обладнання	Найменування																			Охолодження					
	Позначення																			Емульсія					
Но мер	Зміст переходу				Но мер поз	Інструмент					Розрах. розміри			Режим обробки					То	Тв					
						Різальний			Вимірювальний			Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n	v					
1	Встановити, закріпити, зняти деталь																								
2	Шліфувати торцеву поверхню 3					Шліфувальний абразив						120		19		0,1	1	0,05	1080	400	0,5	1,5			
3	Шліфувати бічну поверхню 4					Шліфувальний абразив						81		14		0,1	1	0,05	1080	400	0,44	0,35			

п/я М -5546				Операційна карта технологічного процесу механічного оброблення				Літ.			Кришка підшипника																			
Матеріал										Позн. од. вим		Маса деталі		Заготовка																
														НКА																
Найменування, марка, ДСТУ або ТУ					Позначення									Найменування виду		Позначення виду		Профіль та розміри		Твердість		Кільк. дет. з. загот.		Маса						
С415 ДСТУ 8833:2019																														
Од. нор.	Норма витрати	Розмір партії	Номер дільниці	Номер операції	Обладнання				Коеф. штучн. часу		Кільк. роб.	Кільк. к. од.	Проф.	Розряд робіт	Тарифна сітка	Вид норми	Од. Норми	Тп. з.	Розцінка	То	Тв	Тшт.	Розцінка							
Найменування		Позначення																												
		2136		035	Контрольна				1		-	1	-	-	27	3	1													
Обладнання	Найменування																				Охолодження									
	Позначення																				Емульсія									
Но мер	Зміст переходу				Но мер поз	Інструмент						Розрах. розміри				Режим обробки						То	Тв							
						Різальний						Вимірювальний				Діаметр, ширина		Длина		t	i	s	n	v						
1	Встановити, закріпити, зняти деталь																													
2	Контролювати шорсткість поверхні 1 відносно осі											Профілометр цифровий																		
3	Контролювати концентричність отвору 68H8 до поверхні 4											Лазерний диметр																		

[illegible]

[illegible]

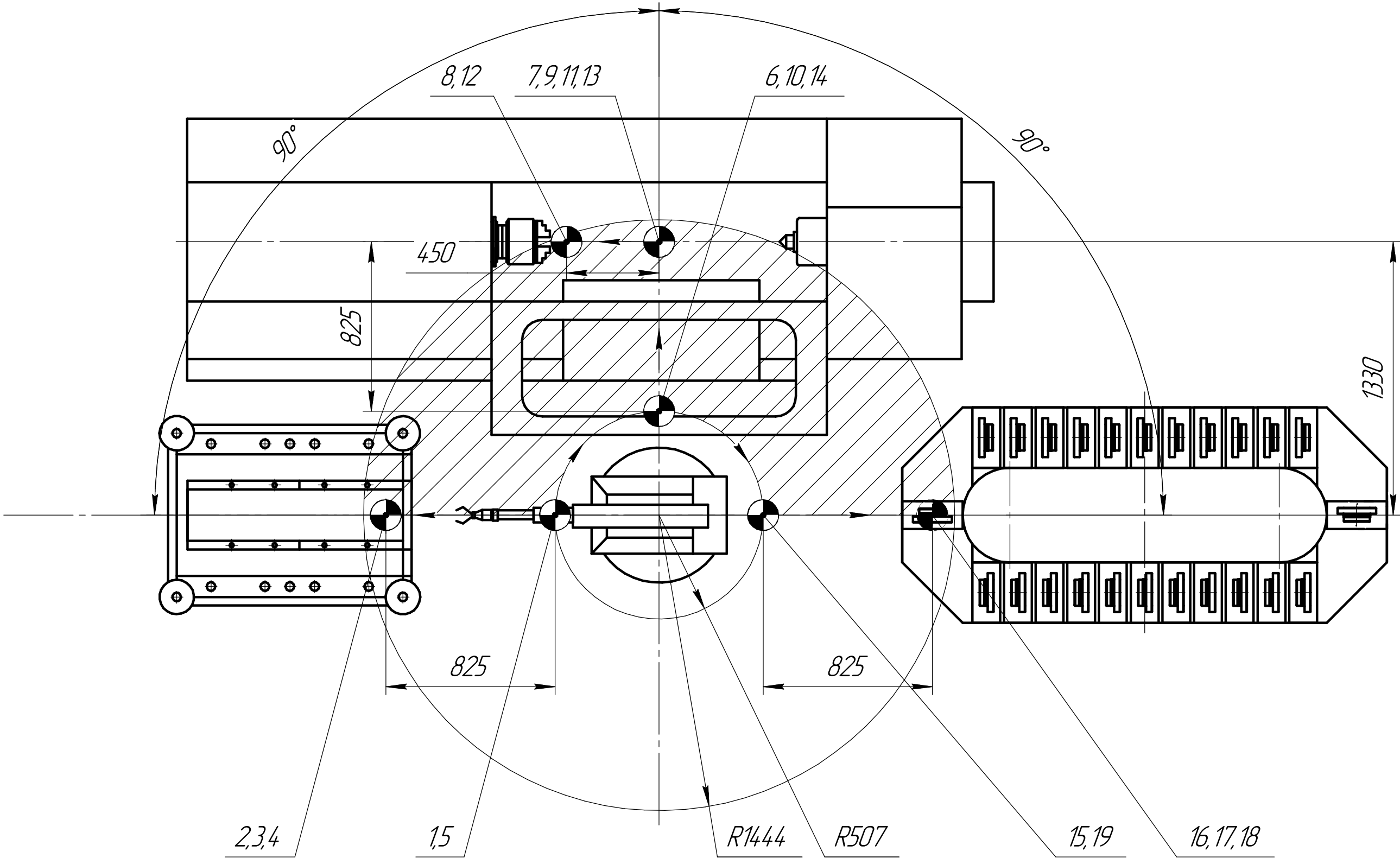
6,3 ✓ (✓)



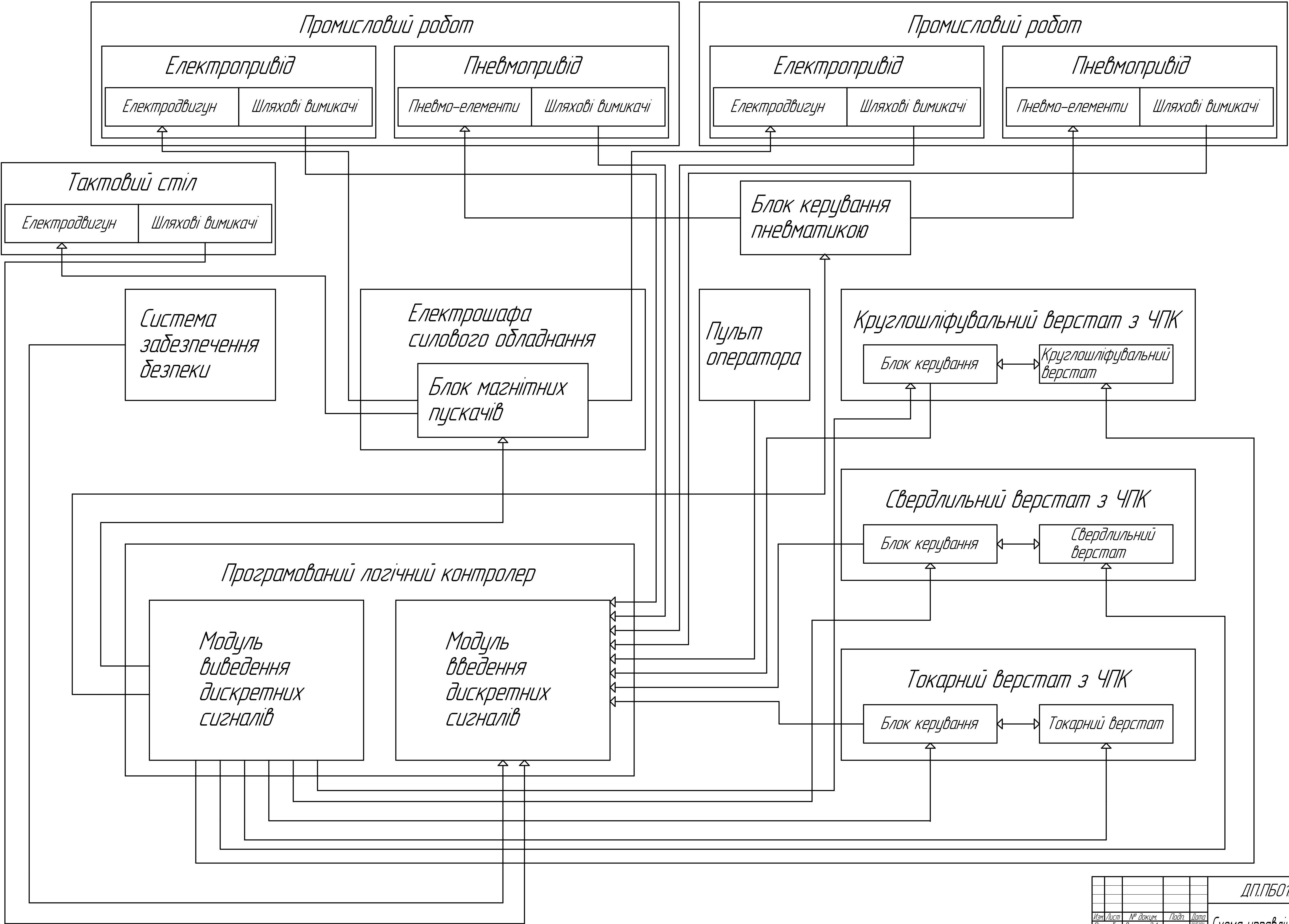
1. Ливарні ухили 3°
2. Невказані радіуси 2мм тах
3. Невказані граничні відхилення розмірів поверхонь: отворів $+t, \pm$ валів $-t$ інших $t/2$ середнього класу точності поверхонь $t/2$ грубого класу точності.
4. Ливарні цухили до 3°

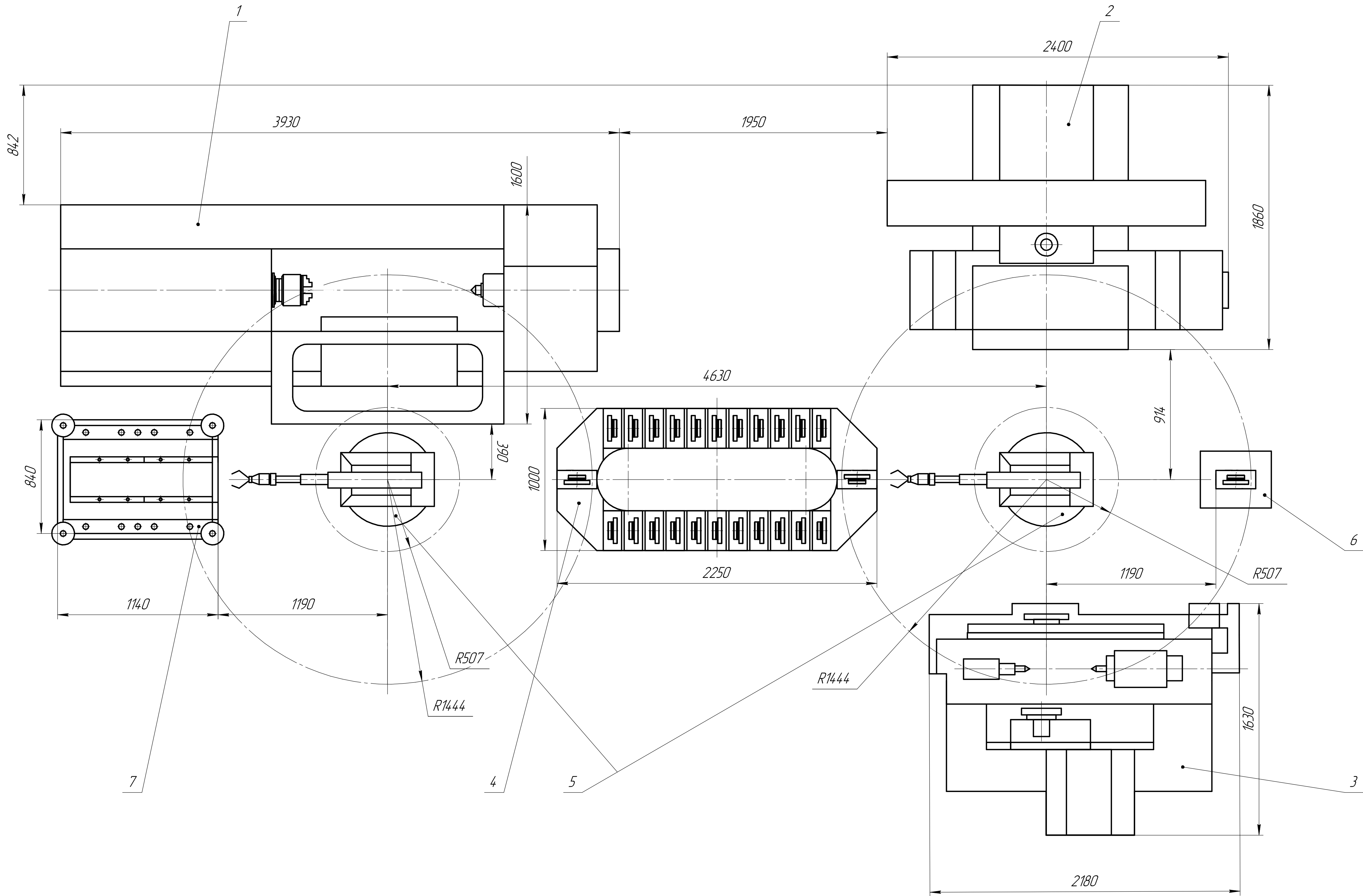
					ДПБ.ПБ01.04.1720.002			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кришка підшипника	Лист.	Масса	Масштаб
Разраб.	Дзюняк З.А.							1:1
Пров.	Демченко М.О.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.					СЧ 15 ДСТУ8833:2019	ПБФ, 4курс		
Утв.								

Перв. примен.		ДПБ.ПБ01.04.1702.003	
Справ. №			
Подп. и дата			
Инв. № дюрл.			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			



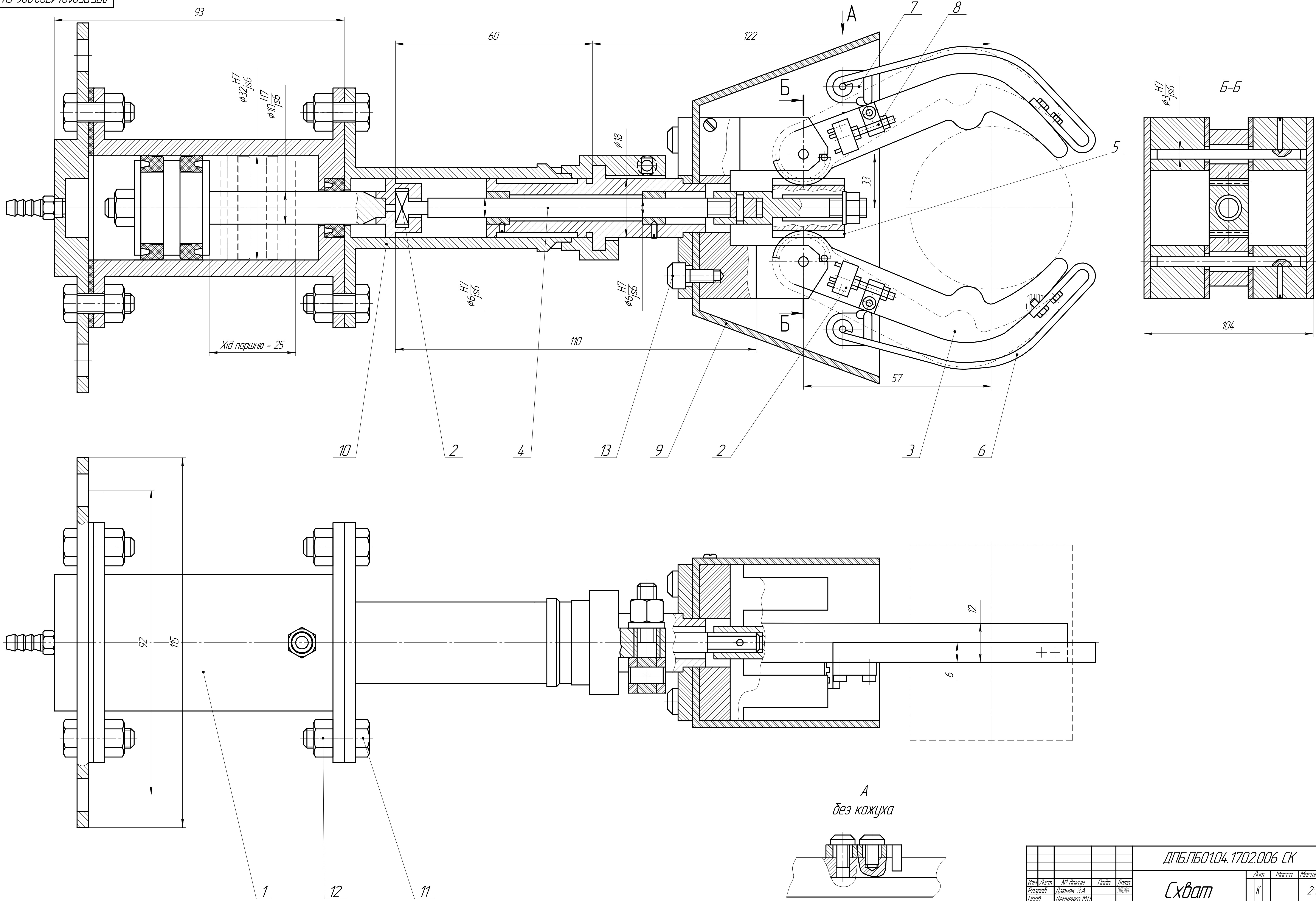
					ДПБ.ПБ01.04.1702.003				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Траєкторії руху промислового роботу		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Дзюняк З.А.		24.05.2024	у				-	1:10
Пров.	Демченко М.О.								
Т.контр.							Лист	Листов	1
Н.контр.							ПБФ, 4курс		
Утв.									





- 1. Токарний верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3
- 2. Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
- 3. Круглошліфувальний верстат з ЧПК КШ-3 CNC
- 4. Тактовий стіл СТ 150
- 5. Промисловий робот IRB 1410
- 6. Автоматизований візок для готових виробів
- 7. Накопичувач заготовок

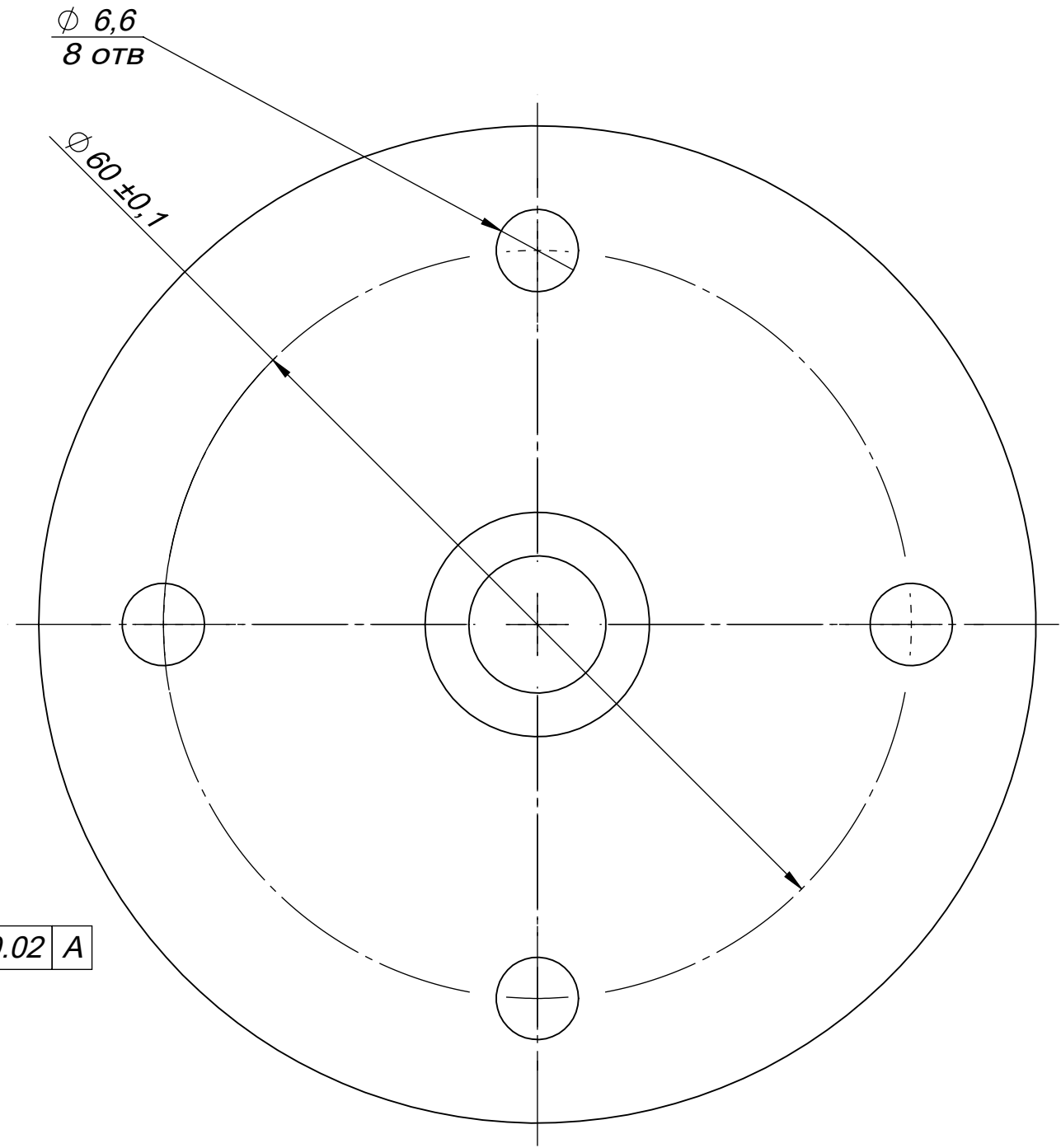
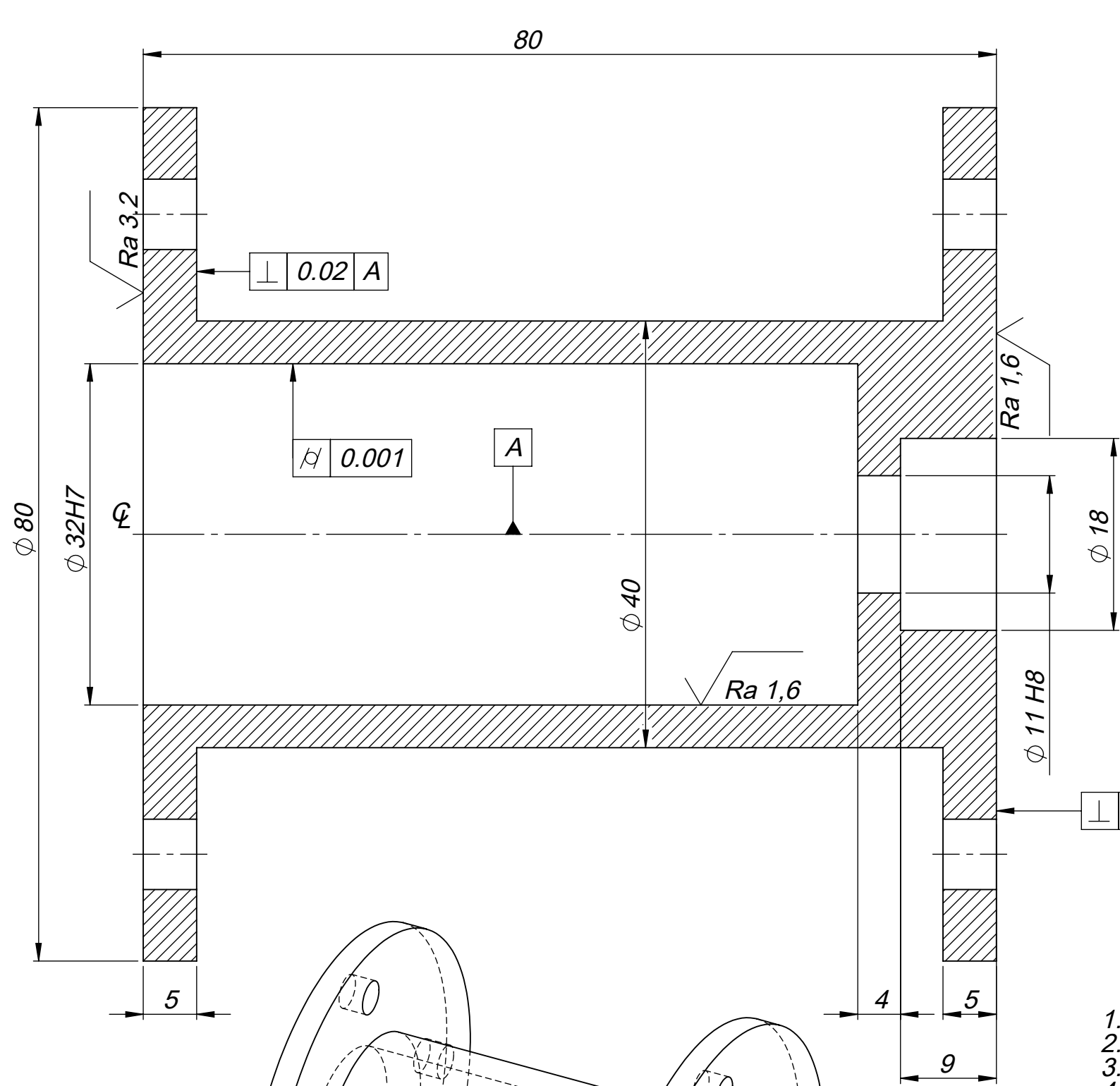
ДПБ.ПБ0104.1702.005					Лист			Масштаб		
Планування РТК					1:16			1		
ПБФ, 4 курс					1			1		
Копіював					Формат А1					



ДПБ.ПБ0104.1702.006 СК				Лист		
Схват				Лист	Масса	Масштаб
				К		2:1
				Листов 1		
				ПБФ, 4 курс		
				Формат А1		

Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Проб	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Исполн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

✓ Ra 12.5



1. Не вказані розміри згідно 3Д-моделі.
2. Не вказані відхилення по H14, h14, IT14/2
3. Гострі кромки притупити
4. Не вказані заокруглення до R0.3 мм
5. На деталі не допускаються тріщини, прогалини, облой, сколи, заусенці.
6. Допускаються незначні подряпини до 0.1мм після зачистки заусенців.

Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата
Змн. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.	Дзюняк З. А.			
Перев.	Демченко М. О.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.	Демченко М. О.			

ДП.ПБ01.00.1702.006.01

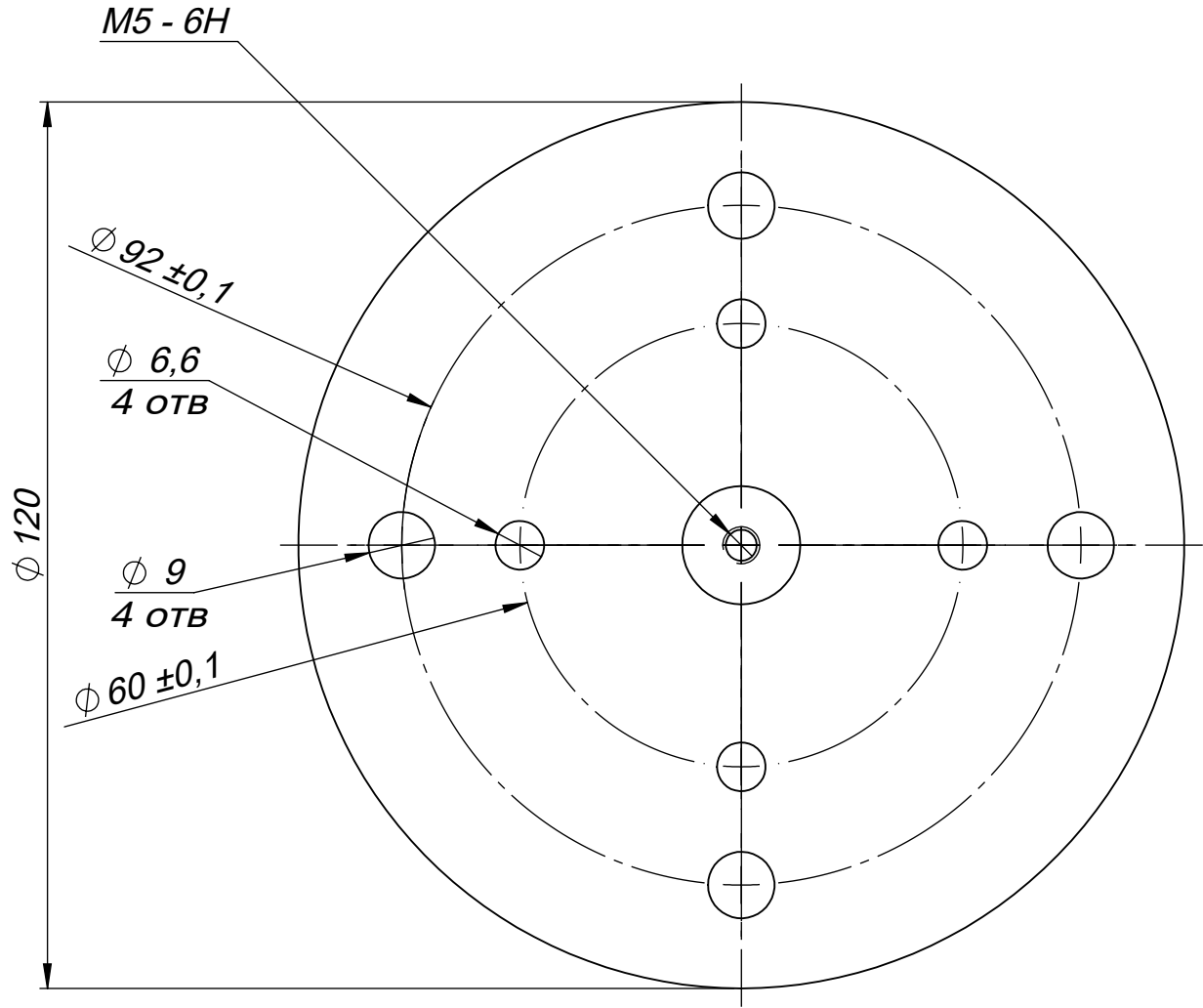
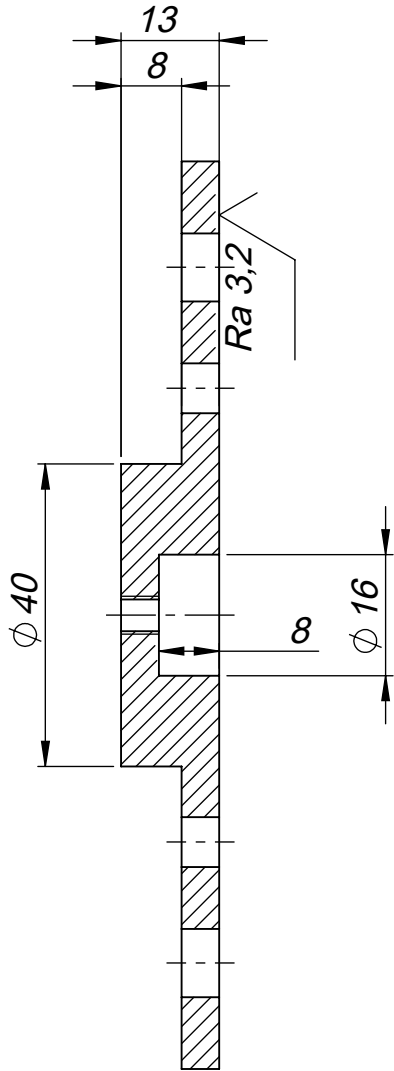
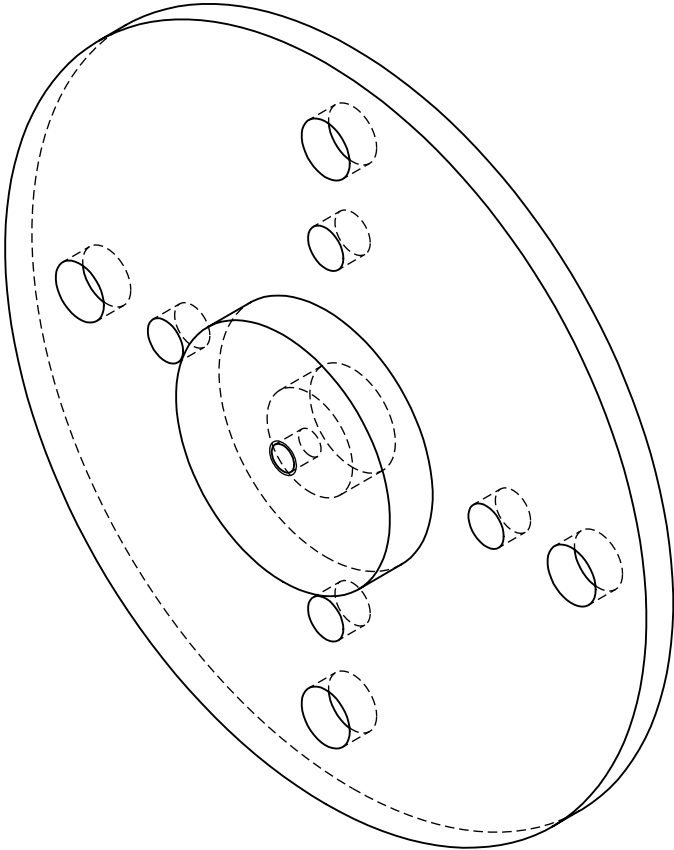
Корпус
пневмодвигуна

Сталь нержавіюча AISI 308L

Літ.	Маса	Масштаб
	586г	2:1
Аркуш	Аркушів 1	

ПБФ, КПІ

Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата



✓ Ra 12,5

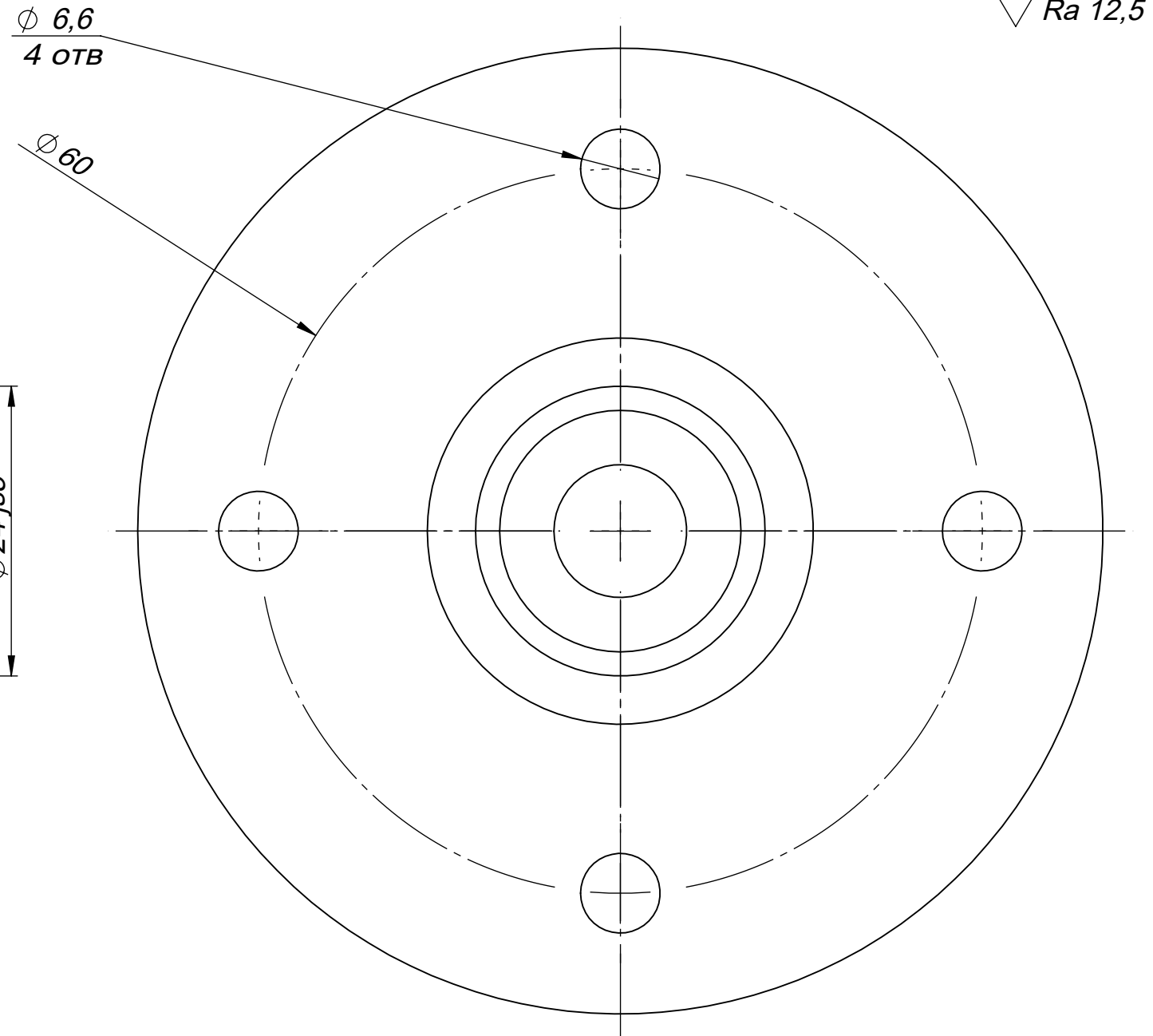
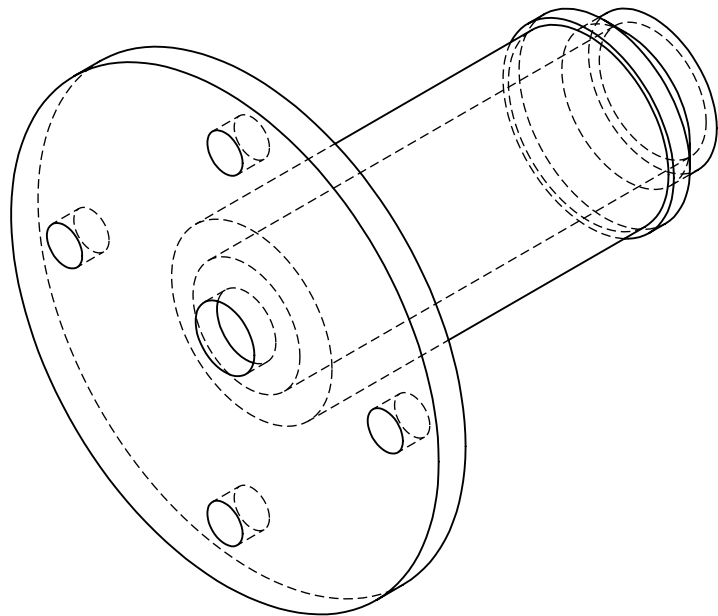
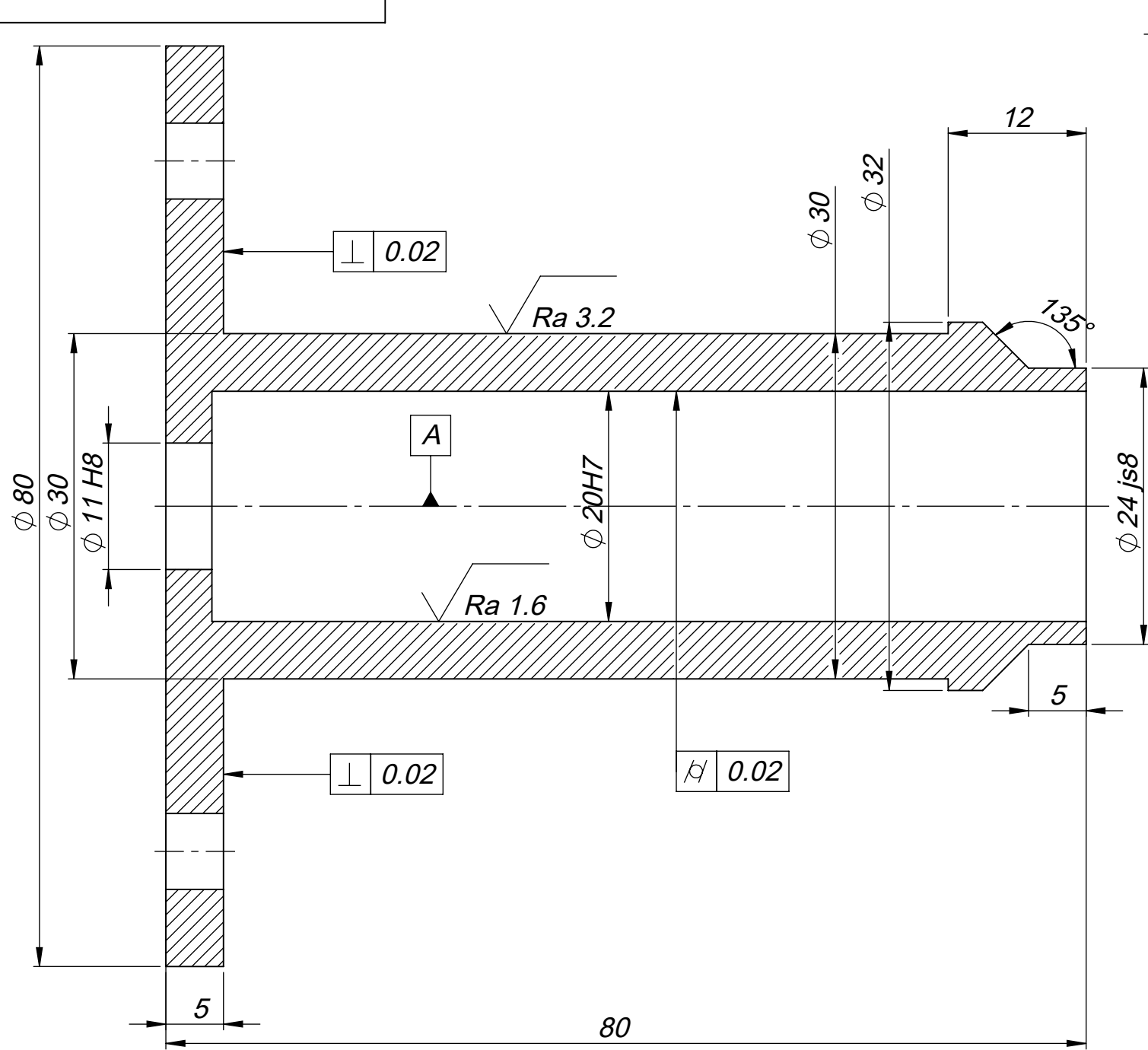
- Не вказані розміри згідно 3Д-моделі.
- Не вказані відхилення по H14, h14, IT14/2
- Гострі кромки притупити
- Не вказані заокруглення до R0.3 мм
- На деталі не допускаються тріщини, прогалини, облой, сколи, заусенці.
- Допускаються незначні подряпини до 0.1мм після зачистки заусенців.

					ДП.ПБ01.00.1702.006.02				
					Кришка	Літ.		Маса	Масштаб
								460г	1:1
						Аркуш		Аркушів 1	
Змн.Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		Сталь нержавіюча AISI 308L	ПБФ, КПІ			
Розроб.	Дзюняк З. А.								
Перев.	Демченко М. О.								
Т.контр.									
Н.контр.									
Утв.	Демченко М. О.								

Копіював

Формат А3

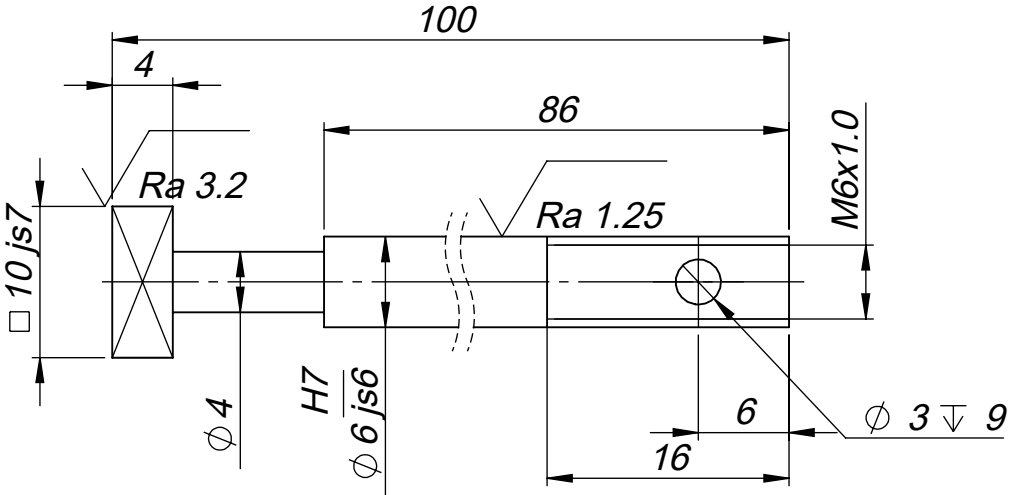
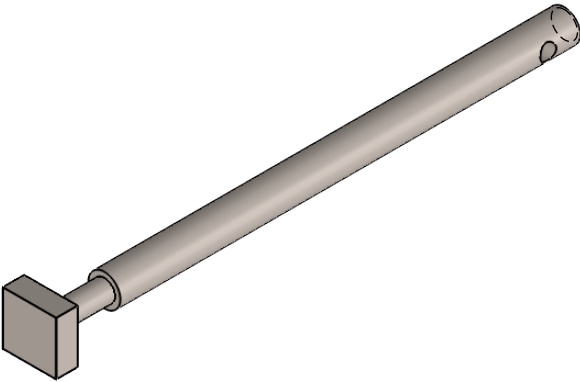
Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата

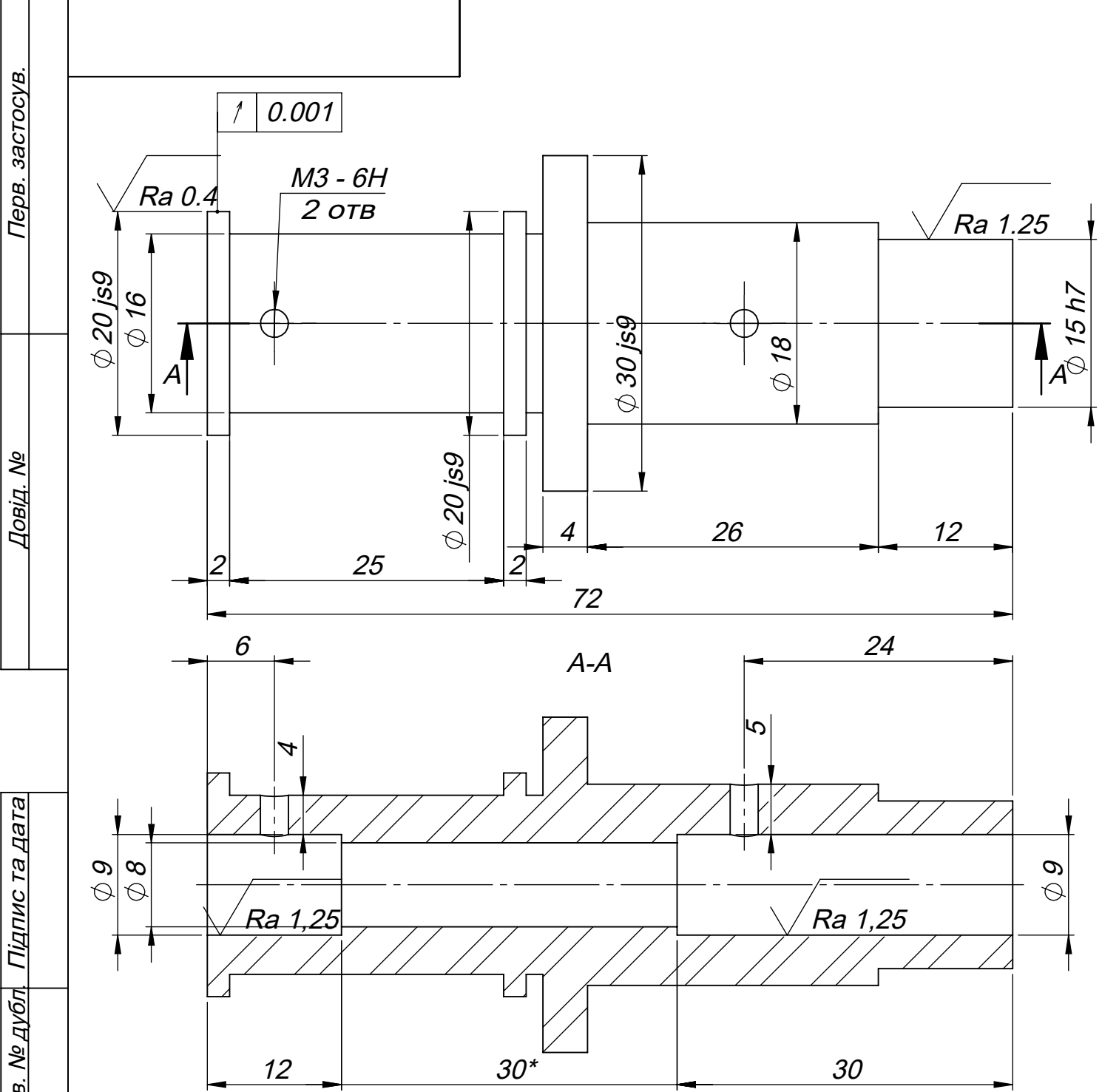


- Не вказані розміри згідно 3Д-моделі.
- Не вказані відхилення по H14, h14, IT14/2
- Гострі кромки притупити
- Не вказані заокруглення до R0.3 мм
- На деталі не допускаються тріщини, прогалини, облой, сколи, заусенці.
- Допускаються незначні подряпини до 0.1мм після зачистки заусенців.

					ДП.ПБ01.00.1702.006.03				
					Корпус	Літ.		Маса	Масштаб
Змн.Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					378г	2:1
Розроб.	Дзюняк З. А.								
Перев.	Демченко М. О.								
Т.контр.									
						Аркуш		Аркушів 1	
Н.контр.					Сталь нержавіюча AISI 308L	ПБФ, КПІ			
Утв.	Демченко М. О.								

Копіював

ДП.ПБ01.00.1702.006.04		✓ Ra 6.3	
Довід. №	Перв. застосув.		
			
			
<i>*Розміри для довідок</i> - Не вказані розміри згідно 3Д-моделі. - Не вказані відхилення по H12, h12, IT14/2 - Гострі кромки притупити - Не вказані заокруглення до R0.3 мм - На деталі не допускаються тріщини, прогалини, облой, сколи, заусенці. - Допускаються незначні подряпини до 0.1мм після зачистки заусенців.			
ДП.ПБ01.00.1702.006.04			
Тяга		Літ.	Маса
Змн. Арк.		Масштаб	
Розроб. Дзюняк З. А.		2:1	
Перев. Демченко М. О.			
Т.контр.		Аркуш	
Нач. КБ		Аркушів 1	
Н.контр.			
Утв. Демченко М. О.		ПБФ, КПІ	
Сталь нержавіюча AISI 321			



- *Розміри для довідок
- 1. Не вказані розміри згідно 3Д-моделі.
 - 2. Не вказані відхилення по H12, h12, IT14/2
 - 3. Гострі кромки притупити
 - 4. Не вказані заокруглення до R0.3 мм
 - 5. На деталі не допускаються тріщини, прогалини, облой, сколи, заусенці.
 - 6. Допускаються незначні подряпини до 0.1мм після зачистки заусенців.

Підпис та дата						ДП.ПБ01.00.1702.006.05						
	Змн.Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Поршень			Літ.		Маса	Масштаб	
	Розроб.	Дзюняк З. А.									112г	2:1
	Інв. № ориг.		Перев.	Демченко М. О.				Аркуш		Аркушів 1		
		Т.контр.										
		Нач. КБ										
		Н.контр.										
		Утв.	Демченко М. О.									
						</						

