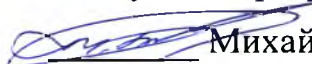


**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Михайло БЕЗУГЛИЙ

« 19 » 06 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

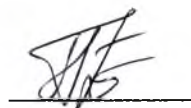
**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів»**

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

на тему: «Автоматизована дільниця виготовлення деталі шарнір приводу»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-91
Покрова Дмитро Миколайович



Керівник:

Асистент

Волошко Оксана Вячеславівна



Рецензент:







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

Студент 

Київ – 2023 року

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

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

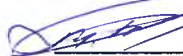
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Михайло БЕЗУГЛИЙ

« 03 » 03 2023р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Покрові Дмитру Миколайовичу

1. Тема проєкту «**Автоматизована ділянка виготовлення деталі шарнір приводу**», керівник проєкту Волошко Оксана Вячеславівна, асистент, затверджені наказом по університету від «30» 05 2023 р. *№ 057-с*
2. Термін подання студентом проєкту « 5 » червня 2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту креслення деталі, програма випуску 10000 шт/рік
4. Зміст пояснювальної записки 1. Технологічний розділ. 1.1. Опис деталі заданої на проектування. 1.2 Визначення типу виробництва. 1.3. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки. 1.4. Визначення технологічності виробу. 1.5. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі 2. Конструкторський розділ. 2.1 Розробка та розрахунок захвату маніпулятора. 2.2. Розроблення та розрахунок пристосування для механічної обробки. 2.3. Проектування пристосування для контролю. 2.4. Проектування автоматизованої ділянки цеху для виготовлення деталі
5. Перелік графічного матеріалу Кресленик деталі заданої на проектування. Кресленик пристосування для механічної обробки. Кресленик захвату

маніпулятору. Кресленик пристосування для контролю. Кресленик автоматизованої ділянки цеху. Деталювання розроблених пристосувань

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 3.03.2023р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Описі деталі заданої на проектування, визначення технологічності конструкції	20.03.2023	веконано
2	Визначення методу отримання заготовки, виду виробництва.	08.04.2023	веконано
3	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі	20.04.2023	веконано
4	Розробка та розрахунок захвату маніпулятору	29.05.2023	веконано
5	Розроблення та розрахунок пристосування для механічної обробки.	10.05.2023	веконано
6	Проектування пристосування для контролю	15.05.2023	веконано
7	Проектування автоматизованої ділянки для виготовлення деталі	20.05.2023	веконано
8	Оформлення пояснювальної записки та креслень	25.05.2023	веконано
9	Представлення роботи до захисту	03.06.2023	веконано

Студент



Дмитро ПОКРОВА

Керівник



Оксана ВОЛОШКО

**Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему: «Автоматизована
дільниця виготовлення деталі шарнір приводу»**

АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проєкті представлено розробку автоматизованої ділянки цеху виготовлення деталі шарнір приводу.

Робота включає в себе два розділи: технологічний та конструкторський. В технологічному розділі описано конструкцію деталі та аналіз її технологічності, обрано спосіб отримання заготовки та обґрунтування цього способу. Розділ також включає в себе розробку технологічного процесу виготовлення деталі. Розраховано припуски та міжопераційні розміри на операції обробки зовнішньої поверхні та отвору.

В конструкторському розділі розроблено пристосування для токарної та фрезерної обробки та пристосування для контролю співвісності, спроектовано та розраховано захват маніпулятора, та автоматизовану ділянку цеху механічної обробки.

Також в проєкті представлено додатки у вигляді маршрутних, операційних та ескізних карт, креслень розроблених пристосувань та ділянки цеху, специфікацій.

ANNOTATION

This diploma project presents the development of an automated section of the workshop for manufacturing a hinge drive component. The work includes two sections: technological and design. The technological section describes the structure of the component and analyzes its technological feasibility. It selects the method of obtaining the workpiece and justifies this choice. The section also includes the development of the technological manufacturing process for the component. Tolerances and interoperation dimensions are calculated for the operations of processing the external surface and the hole.

In the design section, adaptations for turning and milling operations are developed, as well as an alignment control device. The gripper for the manipulator is designed and calculated, along with the mechanical processing area of the workshop.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Опис конструкції деталі	10
1.2. Аналіз технологічності деталі	11
1.3. Вибір заготовки та способу її отримання	13
1.4. Визначення типу виробництва	17
1.5. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	19
1.5.1 Розробка маршруту виготовлення деталі	20
1.6. Вибір обладнання та інструменту	21
1.7. Вибір інструменту	27
1.8. Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	29
1.9. Розрахунок режимів різання	35
1.10. Розрахунок технологічного нормування	38
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Проектування пристосування для механічної обробки	42
2.2 Проектування та розрахунок пристосування для фрезерування	42
2.3 Розробка та розрахунок захвату маніпулятора	44
2.4 Проектування та розробка контрольного пристосування	47
2.5 Проектування автоматизованої ділянки цеху механічної обробки	48
ВИСНОВОК	50
Літературні джерела	51
Додатки	

ВСТУП

Сьогодні, у світі стрімкого технологічного прогресу, розвиток приладобудування відіграє важливу роль в багатьох галузях науки та техніки. Прилади та системи, розроблені в цій галузі, використовуються від медицини до промисловості, від авіації до космосу, забезпечуючи точність вимірювань та контролю процесів [13].

Таким чином, галузь приладобудування є важливою, оскільки досліджується питання проектування та розробки приладів та систем, їх властивостей та характеристик, а також використання сучасних технологій в цій галузі.

Існує кілька способів, які можуть зробити приладобудування більш ефективним:

1. Використання новітніх технологій таких як 3D-друк або мікроелектромеханічні системи (MEMS), може допомогти значно зменшити витрати на виробництво та покращити точність вимірювань.
2. Автоматизація процесів виготовлення та контролю приладів може зменшити витрати часу та ресурсів, підвищити швидкість та точність виробництва та знизити ризики помилок.
3. Використання оптимальних матеріалів для виготовлення приладів та їх деталей може знизити витрати на виробництво, підвищити міцність та стійкість до зносу, а також покращити точність вимірювань.
4. Використання новітніх методів контролю та вимірювання таких як лазерні вимірювачі або оптичні системи, може збільшити точність вимірювань та зменшити час їх проведення.
5. Використання системного підходу до розробки приладів та систем може забезпечити їхню взаємодію та сумісність, що дозволить підвищити ефективність вимірювань та контролю процесів.

Ці способи можуть бути використані окремо або в комбінації між собою для досягнення максимальної ефективності в приладобудуванні [23].

Технологічний розділ

1.1 Опис конструкції деталі

Шарнір приводу - це деталь, що використовується для з'єднання двох ділянок механізму і передачі обертового руху від однієї ділянки до іншої. Ця деталь має кілька компонентів, які забезпечують її роботу.

Один з компонентів шарніра приводу - це з'єднуюча ось, яка може бути виготовлена з металу. Ця ось встановлюється в обох ділянках механізму, що потрібно з'єднати. На кінці кожного кінця осі знаходиться по одному підшипнику, який забезпечує плавний обертовий рух осі.

Деталь виготовлена із прутка сталі 30ХГСА за ДСТУ 7806, діаметр прутка – 75 мм.

Сталь марки 30ХГСА - це середньолегована конструкційна сталь високої якості, яка зазвичай використовується після проходження термічної обробки. Хімічний склад та фізико - механічні властивості наведено в таблицях 1.1-1.3

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі 30ХГСА за ДСТУ 7806, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Fe
0,28-0,34	0,9-1,2	0,8-1,1	≤0,025	≤0,025	0,8-1,1	<0,3	~96

Таблиця 1.2 Фізичні властивості сталі 30ХГСА

T (Град)	E 10 ³ (МПа)	α 10 ⁶ (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))	R 10 ⁹ (Ом·м)
20	2.15		38	7850		210
100	2.11	11.7	38	7830	496	
200	2.03	12.3	37	7800	504	
300	1.96	12.9	37	7760	512	
400	1.84	13.4	36	7730	533	
500	1.73	13.7	34	7700	554	
600	1.64	14	33	7670	584	
700	1.43	14.3	31		622	
800	1.25	12.9	30		693	

Таблиця 1.3 Механічні властивості сталі 30ХГСА

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
1080	830	10	45	490

1.2 Аналіз технологічності деталі

Технологічність деталі - це її здатність бути виготовленою за допомогою певних технологічних процесів та методів, що забезпечують необхідну точність та якість виробу. Технологічність деталі оцінюється за такими параметрами, як складність її форми, розміри, вимоги до точності та якості поверхонь, можливість обробки з використанням доступних технологій та обладнання. Для досягнення високої технологічності деталі необхідно враховувати всі ці фактори та забезпечити оптимальний вибір технології та обладнання для її виготовлення [18].

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_D}{M_3}, \quad (1.1)$$

де M_D - маса готової деталі; M_3 - маса заготовки деталі.

$$M_3 = V * \rho, \quad (1.2)$$

де V - об'єм заготовки, ρ - густина матеріалу заготовки.

$$V = \pi r^2 h, \quad (1.3)$$

$$V = 3,14 * 0,0375^2 * 0,078 = 0,0003446 \text{ м}^3$$

$$M_3 = 0,0003446 * 7820 = 2,694 \text{ кг}$$

$$K_M = \frac{1,247}{2,694} = 0,46$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_T}, \quad (1.4)$$

$$A_T = \frac{\sum a_i * n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

Де n_i – кількість розмірів, відповідних квалітету A_i

Із заданого креслення деталі заповнено таблицю 1.4:

Таблиця 1.4 Значення квалітетів поверхонь

A_i	9	11	12
n_i	1	1	12

$$A_T = \frac{9 * 1 + 11 * 1 + 12 * 12}{14} = 11,71;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,71} = 0,91;$$

Деталь технологічна за точністю, оскільки $K \geq 0,88$.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.6)$$

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i * n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де n_i – число поверхонь з шорсткістю B_i .

З робочого креслення деталі складаємо таблицю 1.5:

Таблиця 1.5 Показники шорсткості поверхонь

B_i	3,2	6,3
n_i	6	8

$$B_{cp} = \frac{3,2 * 6 + 6,3 * 8}{14} = 4,97;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,97} = 0,2.$$

Комплексний коефіцієнт:

$$K_{\text{КОМП}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i * K_{i.e.}}{\sum_{i=1}^n K_{i.e.}}, \quad (1.7)$$

де K_i – поточний показник технологічності;

$K_{i.e.}$ – вага кожного окремого показника технологічності.

В результаті аналізу отримуємо такий вплив коефіцієнтів на загальну технологічність деталі:

Коефіцієнт використання матеріалу =0,3;

Коефіцієнт точності обробки =0,5;

Коефіцієнт шорсткості поверхонь =0,2.

Розрахуємо комплексний показник технологічності:

$$K_{\text{КОМП}} = \frac{0,46*0,3+0,91*0,5+0,2*0,2}{1} = 0,63.$$

$1 > 0,63 > 0,5$, отже, виріб є технологічним для виробництва типу серійний.

1.3 Вибір заготовки та способу її отримання

В приладобудуванні термін "заготовка" використовується для опису етапу виготовлення деталі, коли з сирого матеріалу (наприклад, металевої пластини) вирізаються необхідні форми та розміри для подальшої обробки.

Її виготовлення може включати в себе процеси, такі як різання, свердління, фрезерування, гартування тощо. Металеві заготовки зазвичай виготовляються з використанням станків з числовим програмуванням (ЧПК- верстатів), що дозволяє виготовляти деталі з високою точністю та швидкістю [14].

Для виготовлення деталей приладів та пристроїв часто використовуються заготовки з високої якості металів або сплавів, які мають необхідні властивості для роботи в екстремальних умовах. Крім того, важливо, щоб заготовка мала відповідний розмір та форму, щоб деталь відповідала вимогам проекту.

Вибір заготовки для виготовлення деталі в приладобудуванні зазвичай залежить від кількох факторів, таких як функціональні вимоги: заготовка

повинна мати форму та розміри, які відповідають вимогам проекту, щоб забезпечити правильну роботу деталі в системі приладу або пристрою, матеріал: вибір матеріалу для заготовки залежить від вимог щодо міцності, твердості, стійкості до корозії, теплопровідності та інших фізичних та хімічних властивостей, спосіб виготовлення: вибір заготовки може залежати від способу виготовлення деталі, об'єм виробництва: вибір заготовки може залежати від кількості деталей, які необхідно виготовити, економічність: вибір заготовки може залежати від вартості матеріалу та процесів виготовлення, щоб забезпечити економічність виробництва [24].

Для виготовлення деталі шарнір приводу розглянемо декілька способів отримання заготовки, та визначимо, який спосіб є більш вигідний.

Гаряче штампування - це процес виготовлення металевих деталей, який використовується в приладобудуванні та інших промислових галузях. Процес полягає в нагріванні металевої заготовки до певної температури, після чого її примушують пройти через матрицю під високим тиском. Матриця має форму, яку необхідно виготовити заздалегідь, відповідну формі деталі, яку потрібно отримати. У результаті процесу гарячого штампування вдається створити деталь з більш високою точністю та міцністю, ніж при інших методах виготовлення [25].

Гаряче штампування використовують для виготовлення деталей з різними формами та розмірами, таких як гайки, болти, деталі автомобільної промисловості. Цей процес є ефективним, коли потрібно виробляти великі обсяги деталей з високою точністю та повторюваністю, що є важливим у багатьох галузях промисловості.

Переваги способу отримання заготовки гаряче штампування:

1. висока точність та повторюваність: процес гарячого штампування дозволяє досягнути високої точності та повторюваності виготовлення деталей.
2. висока продуктивність: гаряче штампування дозволяє виготовляти великі обсяги деталей за короткий час.

3. висока міцність та стійкість: гаряче штампування дозволяє виготовляти деталі з високою міцністю та стійкістю до зносу.

4. можливість виготовлення складних форм: процес гарячого штампування дозволяє виготовляти деталі зі складною геометрією, що не може бути виготовлена іншими методами.

5. економічність: гаряче штампування дозволяє виготовляти деталі в економічній масштабності.

Недоліки способу отримання заготовки гаряче штампування:

1. Обмеженість матеріалів: процес гарячого штампування не підходить для всіх матеріалів.

2. Передштамповка: для виготовлення деталей потрібна передштамповка матеріалу, що може зайняти багато часу та збільшити витрати на виробництво.

3. Великі розміри деталей: гаряче штампування не підходить для виготовлення деталей великих розмірів, оскільки може бути важко досягти рівномірного розподілу тиску на всю поверхню деталі.

4. Обмеженість форм: процес гарячого штампування може бути обмежений формою матриці, що не дозволяє виготовляти деталі з деякими формами.

Прокат - це процес виготовлення заготовок, який здійснюється шляхом обробки металевих пластин, стрічок або прутків вальцюванням в спеціальних виробничих установках. Прокат може використовуватися для виготовлення заготовок з різних матеріалів, включаючи сталі, алюміній, мідь та їх сплави.

Один з головних переваг прокату полягає в тому, що він дозволяє виробляти заготовки з великою кількістю матеріалу, забезпечуючи при цьому високу точність та повторюваність виготовлення. Прокат також є економічно вигідним процесом виготовлення заготовок, оскільки він може бути використаний для виробництва великих обсягів деталей за короткий проміжок часу [4].

Однак, прокат має деякі недоліки. Оскільки процес включає в себе вальцювання матеріалу, то зміни форми та розмірів матеріалу можуть виникати не заплановано, що може призвести до необхідності додаткової обробки заготовки. Крім того, при виготовленні деталей великих розмірів, прокат може вимагати значних витрат на енергію та матеріали.

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу обома способами, та визначимо який спосіб є більш технологічним.

Згідно попередніх розрахунків коефіцієнт використання матеріалу заготовкою пруток:

$$K_M = \frac{1,247}{2,694} = 0,46.$$

Гаряче штампування:

$$K_M = \frac{1,247}{3,25} = 0,38.$$

Проаналізувавши обидва методи отримання заготовки визначено, що прокат буде більш доцільним, адже таким чином затрати на виробництво деталі «Шарнір приводу» будуть меншими, ніж методом гарячого штампування.

Ескіз заготовки наведено на рис.1

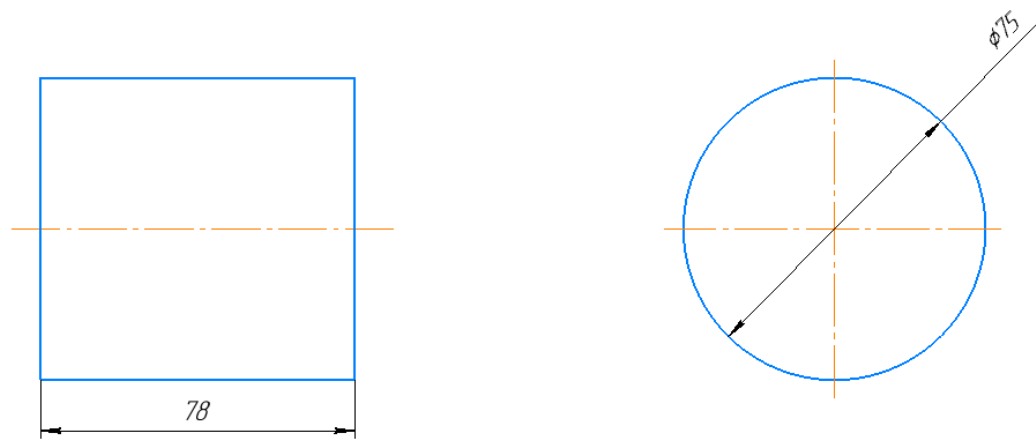


Рис.1 Ескіз заготовки

1.4 Визначення типу виробництва

У залежності від обсягу та характеру продукції, можна визначити три типи виробництва: одиничне, серійне та масове. Одиничне виробництво характеризується нестійкою номенклатурою деталей, що ускладнює організаційні форми виробництва. Також воно відрізняється відсутністю стійкого технологічного процесу, що перешкоджає спеціалізації робочих місць, використанню універсального обладнання, пристроїв та інструментів з великим набором оснащення, довгим виробничим циклом та високим відсотком ручних робіт. Такий тип виробництва зазвичай супроводжується високою собівартістю продукції [10].

Серійне виробництво полягає в тому, що підприємство випускає продукцію в партіях або серіях, які періодично повторюються, що забезпечує стійкий технологічний процес і можливість виконувати кілька операцій на кожному робочому місці. Для цього типу виробництва характерні переналаштування верстатів на розмір серії деталей, середня кваліфікація робітників, використання спеціалізованих інструментів нарівні з універсальними, впровадження механізації та автоматизації виробничого процесу, а також необхідність міжопераційних складів [12].

Серійне виробництво відрізняється від одиничного виробництва вищою продуктивністю праці, більш низькою собівартістю продукції та скороченим виробничим циклом. Воно поділяється на малосерійне, середньосерійне та багатосерійне виробництво. Малосерійне виробництво та одиничне виробництво майже не відрізняються одне від одного за технологічними ознаками, тоді як багатосерійне виробництво наближається до масового виробництва.

Масове виробництво передбачає випуск однакових деталей великими обсягами на протязі тривалого періоду, що дозволяє закріплювати верстати на певні операції. Цей вид виробництва характеризується значною виробничою програмою, що веде до глибокої спеціалізації робочих місць та потокового

розміщення обладнання. Робітники закріплюються за виконанням однієї або кількох операцій, використовують високопродуктивне обладнання, інструменти та пристрої, а також впроваджують високо механізоване та автоматизоване обладнання з потоковим методом виробництва. Проте в галузі приладобудування масове виробництво не є широко використовуваним [23].

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$K_{3.0} = 1$ – масове; $1 < K_{3.0} < 10$ – багатосерійне; $10 < K_{3.0} < 20$ – середньосерійне; $20 < K_{3.0} < 40$ – малосерійне.

Програма випуску деталей:

$$W_{ц} = W_3 * k * \left(1 + \frac{\beta_1}{100}\right) \left(1 + \frac{\beta_2}{100}\right), \quad (1.8)$$

де, $W_3 = 10000$ – програма випуску деталей за рік;

$k=1$ – тарифний коефіцієнт;

$\beta_1=5\%$ – відсоток запасних частин;

$\beta_2=2\%$ – відсоток можливого браку.

$$W_{ц} = 10000 * 1 * \left(1 + \frac{5}{100}\right) \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 10710 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n_p = \frac{W_{ц} * t}{F}, \quad (1.9)$$

де $W_{ц} = 10710$ деталей - річна програма випуску;

$t=4$ дні – запас деталей на складах;

$F=254$ днів – кількість робочих днів на рік.

$$n_p = \frac{10710 * 4}{254} = 168 \text{ деталей.}$$

Отже, в нашому випадку обрано серійний тип виробництва, програмою 10710 од./рік та кількістю деталей в партії 167од.

1.5 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталей та здійснення відповідних дій є основою виробничого процесу. Цей процес передбачає зміну форми заготовки внаслідок механічної обробки та зміну фізичних і механічних властивостей матеріалу через термічну обробку. Розрізнення технологічного процесу від загального виробничого процесу має деяку умовність. Наприклад, вимірювання форми деталі не змінює її форму, але все ж вважається частиною технологічного процесу. Установка та зняття деталі з верстата також належать до технологічного процесу, але транспортування деталі в межах цеху не вважається частиною технологічного процесу, хоча входить до загального виробничого процесу [12].

Технологічний процес вибирають так, щоб забезпечити виготовлення деталей необхідної якості з найменшими затратами часу і праці за умови невисокої собівартості продукції.

Технологічний процес складається з технологічних операцій, а операції – з установ і позицій, технологічних елементарних і допоміжних переходів, робочих і допоміжних ходів та прийомів [3].

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі в приладобудуванні включає кілька етапів, які допомагають забезпечити якість та ефективність виробництва. Основні кроки в цьому процесі описані нижче:

- вибір заготовок та технологічних баз
- вибір матеріалу: залежить від вимог до деталі та властивостей матеріалів. Враховуються механічні, термічні, хімічні властивості, а також вартість та доступність матеріалу.
- вибір інструментів: на цьому етапі розробляються або обираються з існуючої бази інструменти і пристрої, необхідні для виготовлення деталі. Це можуть бути прес-форми, гнучкі шаблони, свердла, фрези та інші.
- Вибір технології виготовлення: вибирається оптимальна технологія виготовлення, яка задовольняє вимоги до деталі.

- Розробка послідовності операцій: визначається послідовність операцій, які необхідно виконати для виготовлення деталі. Це включає різання, свердління, фрезерування, токарну обробку, шліфування та інші операції.
- Контроль якості: планується система контролю якості, яка дозволяє перевірити, чи відповідає деталь вимогам. Використовуються різні методи, такі як візуальний огляд, вимірювання розмірів, неруйнівний контроль (магнітний, рентгенівський), випробування механічних властивостей тощо.

Технологічний процес виготовлення деталі шарнір приводу включає в себе точіння циліндричних поверхонь, свердління та розточування отворів, фрезерування пазів.

1.5.1 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі - це загальний план обробки заготовки, який має на меті визначення послідовності операцій для виготовлення деталі, побудови технологічного маршруту та попереднього вибору обладнання. Початковий маршрут використовує заводські технологічні процеси, але може зазнавати змін при зміні типу виробництва деталі або програм виготовлення. Цей етап дозволяє укласти загальний план для виготовлення деталі та визначити потрібні ресурси та обладнання [8].

При розробці маршруту виготовлення деталі важливо враховувати наступні рекомендації:

- пріоритетною повинна бути обробка поверхонь, до яких пред'являються найвищі вимоги щодо якості та точності;
- планування обробки наступних поверхонь виконується від підготовлених технологічних баз, створених на перших операціях;
- при проєктуванні маршруту обробки слід намагатися мінімізувати кількість переустановок деталі і враховувати ефективні шляхи транспортування деталей;

- технологічний контроль слід проводити в кінці технологічного процесу.

Приведемо маршрут виготовлення деталі шарнір приводу:

005 Заготівельна

010 Токарна

015 Токарна

020 Токарна

025 Токарна

035 Токарна

040 Токарна

045 Фрезерна

050 Фрезерна з ЧПК

055 Свердлильна

060 Свердлильна

065 Контрольна

1.6 Вибір обладнання та інструменту

При виборі обладнання, оснастки та інструменту для виготовлення деталі, необхідно враховувати тип обробки, розмір та складність деталі, якість та надійність обладнання, вартість та ефективність його використання, а також можливість розширення та адаптації обладнання до потреб виробництва [17].

Крім цього, слід враховувати наявні ресурси та компетенції виробництва, технічні вимоги до деталі, продуктивність та швидкість обробки, можливість автоматизації процесу, а також підтримку та сервісне обслуговування обладнання. Важливо зробити аналіз ринку, порівняти різні варіанти обладнання та проконсультуватися з експертами у галузі, щоб забезпечити оптимальний вибір обладнання, оснастки та інструменту для виготовлення деталі [17].

Для виготовлення деталі шарнір приводу було використано:

Абразивно-відрізний верстат MAC TV 300

Токарно-гвинтовий верстат 1K62

Універсально-фрезерний верстат 676

Фрезерний верстат з ЧПК CORMAK MILL1636

Вертикально-свердильний верстат 2Н-135

Абразивно-відрізний верстат MAC TV 300

Верстат є потужним і надійним обладнанням для різання та обрізання матеріалів за допомогою абразивного диска. Оснащений електричним двигуном з високою потужністю, що забезпечує швидку та ефективну обробку матеріалів. Верстат має великий діаметр абразивного диска, що дозволяє різати матеріали різних розмірів та товщин, а також міцну та стійку конструкцію, що забезпечує стабільну роботу та точність різання.

Загалом, має зручне керування та просту настройку, що дозволяє операторам легко використовувати його без особливих навичок. Верстат оснащений системами безпеки, включаючи захисні кожухи та перемикачі пристрої безпеки, що забезпечують безпечну роботу з обладнанням. Загальні характеристики наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 Характеристики абразивно-відрізного верстату MAC TV 300

Характеристика	Показники
Модель	TV 300
Потужність, кВт	4
Частота обертання, об/хв	5400
Макс. ширина затиску, мм	190
Діаметр відрізного круга, мм	300
Вага, кг	115

Особливості верстата:

- Поворот головки вліво і вправо на 45°

- Ручний ексцентриковий затискач з максимальним розкриттям 190 мм
- Габаритні розміри 1025x830x900 мм

Додаткові можливості:

- Пневматичні тиски з педаллю
- Швидкозатискний лещата
- Металева тумба
- Рольганги

Токарно-гвинтовий верстат 1K62

1K62 належить до класу лобових верстатів, призначених для обробки заготовок великого діаметру, але невеликої довжини. Цей верстат має можливість регулювання задньої бабки, що дозволяє обточувати пологі конуси. Крім того, задня бабки може з'єднуватися з нижньою секцією супорта для збільшення функціональності при свердлінні деталей і заготовок.

23 режими швидкості в діапазоні від 12,5 до 2000 обертів на хвилину забезпечують широкі можливості обробки матеріалів будь-якої твердості. Перемикання режимів відбувається в коробці швидкостей зі змінними шестернями. Верстат оснащений асинхронним електродвигуном потужністю 10 кВт (2000 обертів на хвилину), а подачу супорта забезпечує допоміжний двигун потужністю 1 кВт (1400 обертів на хвилину). Обидва двигуни мають теплові реле для запобігання перегріву. Висока потужність та широкий діапазон швидкостей забезпечують ефективну роботу верстата як при силовому, так і при швидкісному різанні (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 Характеристики токарно-гвинтового верстату 1К62

Характеристика	Показники
Діаметр обробки над станиною, мм	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрами, мм	1000 / 1500
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг	1300
Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг	23
Число ступенів частот зворотного обертання шпинделя	12
Межі частот прямого обертання шпинделя, хв-1	12,5 - 2000
Межі частот зворотного обертання шпинделя, хв-1	19 - 2420
Число ступенів робочих подач - поздовжніх	42
Число ступенів робочих подач - поперечних	42
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Габаритні розміри верстата (ДхШхВ), мм	2812 / 3200х1166х1324
Маса верстата, кг	3035

Згідно з вимогами ГОСТ №8-82, цей верстат відповідає першій групі точності "Н". Для кріплення заготовок можуть використовуватися трьохкулачкові патрони з діаметром 250 мм або чотирикулачкові патрони з діаметром 400 мм.

Універсально-фрезерний верстат 676

Фрезерний верстат 676 призначений для виконання фрезерування деталей з використанням різних типів фрез, таких як циліндричні, дискові, фасонні, торцеві, кінцеві та шпонкові фрези. Верстат оснащений горизонтальним та вертикальним поворотним шпинделями, а також додатковим приладдям, таким як універсальний стіл, круглий стіл, дільнична головка. Це робить верстат універсальним і зручним для виготовлення різноманітних виробів, таких як пристосування, інструмент, рельєфні штампи, прес-форми та інші вироби, в інструментальних цехах. Крім фрезерування, на верстаті можна виконувати свердління, розсвердлювання, центрування, зенкерування, розгортання та

розточування. Завдяки додатковому оснащенню та пристосуванням, верстат може виконувати інші операції, такі як довбання, нарізання різьблення та інші. Фрезерний верстат 676 найкраще підходить для використання в інструментальних цехах машинобудівних заводів або майстернях для виготовлення невеликих пристосувань, інструменту, рельєфних штампів та інших виробів.

Таблиця 1.8 Характеристики універсально-фрезерного верстату 676

Характеристики	Показники
Розміри горизонтального (кутового) столу, мм	250 x 800
Розміри вертикального столу, мм	250 x 630
Максимальна маса деталі, що обробляється, кг	100
Відстань від осі горизонтального шпинделя до робочої поверхні горизонтального столу, мм	80..460
Відстань від торця вертикального шпинделя до робочої поверхні горизонтального столу, мм	0..380
Виліт осі вертикального шпинделя, мм	125..375
Найбільший поздовжній хід столу (X), мм	400
Найбільший хід шпиндельної бабки вертикального шпинделя (Y), мм	250
Найбільший вертикальний хід стола (Z), мм	380
Частота обертання горизонтального шпинделя, об/хв	50..1630
Частота обертання вертикального шпинделя, об/хв	63..2040
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	2,32
Габарити верстата (ДхШхВ), мм	1282 x 1215 x 1780
Маса верстата, кг	910

Фрезерний верстат з ЧПК CORMAK MILL1636

Фрезерний верстат по металу з ЧПК CORMAK MILL 1636 є сучасним верстатом, призначеним для фрезерування деталей з металу. Він оснащений системою керування числовим програмуванням (ЧПК), що дозволяє автоматизувати та точно контролювати процес обробки. Цей верстат має високу точність та надійність, що забезпечує якісне фрезерування різних типів деталей.

Він може використовуватись для роботи з різними видами фрез, включаючи циліндричні, дискові, фасонні фрези та інші.

Цей верстат також має стійку та міцну конструкцію, що забезпечує стабільну роботу та мінімізує вібрації під час обробки. Він може виконувати різні операції, такі як фрезерування, свердління, розточування, різання різьби та інші, що робить його універсальним верстатом для обробки металу. Верстат є надійним і ефективним інструментом для машинобудівних цехів, промислових підприємств та майстерень, де виробляються деталі з металу. Він допомагає забезпечити точність, якість та продуктивність у процесі фрезерування.

Таблиця 1.9 Характеристики фрезерного верстату з ЧПК CORMAK
MILL1636

Характеристики	Показники
Розміри столу, мм	1600 x 360
Діапазон переміщення, мм	1300 x 320 x 460
Накінечник шпинделя	ISO50
Обертання шпинделя, об/хв	60-1750 / 60-1600
Двигун, кВт	5.5
Габаритні розміри, мм	1800 x 2100 x 2000
Вага, кг	2785

Вертикально-свердильний верстат 2Н-135

Вертикально-свердильний верстат 2Н-135 є універсальним верстатом, який використовується для свердління отворів у деталях з різних матеріалів. Він має вертикальну орієнтацію шпинделя, що дозволяє зручно і точно свердлити отвори у вертикальному напрямку. Верстат має стійку конструкцію, яка забезпечує стабільність під час свердління. Він оснащений механізмом підйому стола, який дозволяє регулювати висоту свердління та забезпечує зручну фіксацію деталей. Завдяки цьому, верстат може обробляти деталі різних розмірів і форм. Верстат також оснащений системою автоматичного подачі, яка спрощує роботу та забезпечує регулярний та точний свердління.

Цей верстат може використовуватись у виробничих підприємствах, ремонтних цехах та майстернях для свердління отворів у деталях різного призначення. Він є надійним і простим у використанні інструментом, який допомагає забезпечити точність та ефективність у процесі свердління.

Таблиця 1.10 Характеристики вертикально-свердлильного верстату 2Н-135

Характеристика	Показники
Найбільший діаметр свердління, мм	35
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	30...750
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до плити, мм	700...1120
Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних стійки (виліт), мм	300
Розміри робочої поверхні столу, мм	450 x 500
Найбільше переміщення (хід) шпинделя, мм	250
Частота обертання шпинделя, об/хв	31,5...1400
Число ступенів робочих подач	9
Найбільша допустима сила подачі, кН	15
Електродвигун приводу головного руху, кВт	4,0
Габарити верстата, мм	2535 x 825 x 1030
Маса верстата, кг	1200

1.7 Вибір інструменту

При виборі різального інструменту необхідно дотримуватись високої відповідальності, оскільки від цього залежить як продуктивність роботи верстата, так і якість оброблених деталей. Для забезпечення ефективного використання матеріалів і енергетичних ресурсів важливо підібрати оптимальний режим роботи. Це означає, що треба враховувати час виконання завдання і мінімізувати знос інструменту, забезпечуючи при цьому необхідний рівень обробки та точність з урахуванням геометричних особливостей заготовки [17].

Налаштування режиму означає вибір відповідного типу фрези (різального інструменту) для матеріалу і розмірів оброблюваної деталі, а також налаштування швидкості подачі інструмента та обертання шпинделя. Це дозволяє досягти оптимального результату, забезпечуючи якісну обробку і продуктивність.

Вибір різального інструмента визначається типом виробництва з економіко-організаційної перспективи. Наприклад, у масовому виробництві рекомендується застосовувати спеціальні багатолезові інструменти, оскільки їх виготовлення швидко компенсується скороченням часу обробки заготовок [4].

У випадку одиничного виробництва спеціальний інструмент використовується тільки у випадках, коли неможливо обробити заготовку універсальним інструментом на наявному обладнанні. Варто зазначити, що використання верстатів з контурними системами ЧПК розширює можливості використання універсальних різальних інструментів для обробки складних фасонних поверхонь у одиничному і серійному виробництві.

У сучасному приладобудуванні поширені інструменти з високостійкими різальними частинами, виготовленими з композитів на основі полікристалів кубічного нітриду бору, мінералокераміки і штучних алмазів. Ці інструменти володіють високою стійкістю і забезпечують високу якість оброблених поверхонь. Вони застосовуються для чистової лезової обробки замість шліфування, яке є менш продуктивним і витратним процесом.

Для виготовлення деталі обрано наступні ріжучі вимірювальні та допоміжні інструменти (табл. 1.11):

Таблиця 1.11 Найменування інструментів для обробки

Тип інструменту	Найменування інструменту
ріжучий	Різець підрізний 2112-0005 Т15К6-42 ГОСТ 18880-73, Сверло $\varnothing$ 6,3 2317-0109, Р6М5-42 ГОСТ 14952-75, Сверло $\varnothing$ 14 2301-0046, Р6М5-42 ГОСТ 1093-77, Різець Р-1Т/17412, Сверло $\varnothing$ 6,3 2317-0108, Р6М5-42 ГОСТ 14952-75, Сверло 2301-3686, Р6М5-42 ГОСТ 10903-72, Фреза D=100; b=20; 2240-4138, Р6М5-43 ГОСТ 10903-77, Фреза шпонкова $\varnothing$ 7, Р6М5 (ГОСТ 9140-78), Сверло $\varnothing$ 3, Р6М5-42 ГОСТ 10902-77, Зенкер 3339-4563 Р12-4 ГОСТ 21581-76
вимірювальний	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80, Шаблон радіусний РШ-1 ГОСТ 4126-82, Пробка $\varnothing$ 14 8133-0928 ГОСТ 14810-69, Пробка $\varnothing$ 33 8133-0947 ГОСТ 14810-69, Пробка $\varnothing$ 34 8133-0948 ГОСТ 14810-69, Пробка $\varnothing$ 3 8133-0620 ГОСТ 14807-69, Мікрометр
допоміжний	Патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80 , Тара ш-13/7528, Тиски 7200-0209 ГОСТ 14904-80

1.8 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Розрахунок мінімального припуску при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання проводиться за формулою [19]:

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

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

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

ρ_i - сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході, мкм;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Наведемо характеристики для обробки бічної поверхні Ø70 (табл. 1.12)

Таблиця 1.12 Початкові дані для розрахунку

Параметри припуску	Rz	T	ρ	ε_y	Допуск
Заготовка	200	300	52,5	-	0,8
Точіння чорнове	50	70	22,5	100	0,25
Точіння чистове	20	0	0	20	0,12

Величина залишкової просторової похибки заготовки:

$$\rho_{\text{заг}} = 0,7 * 75 = 52,5 \text{ мкм.}$$

Величина просторової похибки при чорновому точінні.

$$\rho_{\text{п чист}} = 0,3 * 75 = 22,5 \text{ мкм.}$$

Величина похибки установки:

Точіння чорнове – 100 мкм;

Точіння чистове – 20 мкм;

Виравуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- чистове точіння:

$$2z_{\min} = 2 * (50 + 70 + \sqrt{22,5^2 + 20^2}) = 300,2;$$

- чорнове точіння:

$$2z_{\min} = 2 * (200 + 300 + \sqrt{52,5^2 + 100^2}) = 1225,9.$$

Розрахуємо мінімальні проміжні розміри використовуючи формулу:

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

де A_{min}^n – мінімальний розмір, мм;

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

Визначаємо розрахунковий (найменший) розмір для кожного переходу:

- Чистове точіння: -70 мм

- Чорнове точіння:

$$70 + 0,3 = 70,3 \text{ мм}$$

- розрахунковий розмір (найменший)заготовки:

$$70,3 + 1,226 = 71,526 \text{ мм}$$

Розрахуємо максимальні проміжні розміри використовуючи формулу:

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

де A_{max}^n – максимальний розмір, мм;

A_{min}^n – розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм;

δ – допуск на даному переході

Визначаємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

- чистове точіння:

$$70 + 0,12 = 70,12 \text{ мм}$$

- чорнове точіння:

$$70,3 + 0,25 = 70,55 \text{ мм}$$

- розрахунковий розмір (найбільший)заготовки:

$$71,526 + 0,8 = 72,326 \text{ мм}$$

Формула для розрахунку максимального припуску:

$$2 \cdot Z_{\max i} = A_{\max i+1}^n - A_{\max i}^n, \quad (1.13)$$

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

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

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

Вираховуємо максимальний припуск для кожного переходу:

- чистове точіння:
- $70,55 - 70,12 = 0,43$ м
- чорнове точіння:
- $72,326 - 70,55 = 1,77$ м
- Формула для перевірки правильності розрахунків:

$$\delta_1 - \delta_n = \sum 2 \cdot Z_{\max} - \sum 2 \cdot Z_{\min}, \quad (1.14)$$

Перевірка:

$$2,206 - 1,526 = 0,68$$

$$0,8 - 0,12 = 0,68$$

Отже, розрахунки було проведено вірно.

Таблиця 1.13 Розрахунок мінімальних припусків для поверхні Ø70 мм на чорнове та чистове точіння

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрах. припуск	Розрах. розмір у	Допуск, δ	Граничний допуск		Граничний припуск	
Переходи	R_{zi-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{i-1}	$Z_{\min, \text{мкм}}$	мм	мм	max	min	max	min
Заготовка	200	30 0	52, 5		-	71,526	0,8	72,32 6	71,52 6	-	-
Точіння чорнове	50	70	22, 5	10 0	612,95	70,3	0,25	70,55	70,3	1,77 6	1,22 6
Точіння чистове	20	50	0	20	150,1	70	0,12	70,12	70	0,43	0,3

Наведемо характеристики для обробки отвору Ø3 мм.

Таблиця 1.14 Початкові дані для розрахунків

Параметри припуску	Rz	T	ρ	ε_y	Допуск
Заготовка	200	60	7	-	0,8
Свердління чорнове	40	55	0,4	20	0,2
Свердління чистове	30	19	0,02	2,22	0,08

Вираховуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- чистове свердління:

$$2z_{min} = 2 * (40+55 + \sqrt{0,4^2 + 2,22^2}) = 2*97,25 \text{ мкм}$$

- чорнове свердління:

$$2z_{min} = 2 * (200+60 + \sqrt{7^2 + 20^2}) = 2* 281,19 \text{ мкм}$$

Максимальні проміжні розміри розраховуються за формулою:

$$A_{max}^n = A_{max} - 2 \cdot Z_{min i}, \quad (1.15)$$

де A_{max}^n – мінімальний розмір, мм;

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

Визначаємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

– свердління чистове: Ø 3,08;

– свердління чорнове:

$$\text{Ø } 3,08 - 0,1945 = \text{Ø } 2,8855 \text{ мм};$$

– заготовка:

$$\text{Ø } 2,8855 - 0,56238 = \text{Ø } 2,32312 \text{ мм};$$

Мінімальні проміжні розміри розраховуються за формулою:

$$A_{min}^n = A_{max}^n - \delta, \quad (1.16)$$

де A_{min}^n – мінімальний розмір, мм;

A_{max}^n – розмір, який потрібно отримати на даному переході, мм;

δ – допуск на даному переході

Визначаємо розрахунковий (найменший) розмір для кожного переходу:

- Свердління чистове: $\varnothing 3$

- Свердління чорнове:

$$\varnothing 2,8855 - 0,2 = \varnothing 2,68855$$

- Заготовка:

$$\varnothing 2,32312 - 0,8 = \varnothing 1,523$$

Максимальний припуск розраховується за формулою:

$$Z_{\min i} = A_{\max i}^n - A_{\max i+1}^n, \quad (1.17)$$

де $2 \cdot Z_{\max i}$ – 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.

Вираховуємо максимальний припуск для кожного переходу:

– Свердління чистове

$$\varnothing 3 - \varnothing 2,68855 = 0,31145 \text{ мм};$$

– Свердління чорнове:

$$\varnothing 2,68855 - \varnothing 1,523 = 1,16555 \text{ мм};$$

Для перевірки розрахунків користуємось формулою.

Перевірка:

$$1,477 - 0,757 = 0,72$$

$$0,8 - 0,008 = 0,72$$

Отже, розрахунки було проведено вірно.

Таблиця 1.15 Розрахунок мінімальних припусків для отвору Ø3 мм на чорнове та чистове свердління

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрах. припуск	Розрах. розміру	Допуск, δ	Граничний допуск		Граничний припуск	
Переходи	$R_{z\ i-1}$	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{i-1}	$Z_{min, \text{мкм}}$	мм	мм	max	min	max	min
Заготовка	200	60	7		-	2,323 12	0,8	2,323 12	1,523	-	-
Свердління чорнове	40	55	0,4	20	281,19	2,885 5	0,2	2,885 5	2,688 55	1,165 55	0,562 38
Свердління чистове	30	19	0,02	2,2	97,25	3,08	0,108	3,08	3	0,311 45	0,194 5

1.9 Розрахунок режимів різання

Для операції свердління отвору було обрано свердло по металу 3мм ГОСТ 10902-77. Геометричні характеристики свердла:

- Діаметр $d=3$ мм,
- Довжина $L=61$ мм,
- Довжина робоча $l=33$ мм.

Для обробки отвору Ø3 мм:

Свердління чорнове:

Для чорнового різання обираємо максимальну глибину різання:

$$t = \frac{d}{2}, \quad (1.18)$$

Де D - діаметр свердла згідно виконуваним переходам, мм. $D=3$ мм

$$t = \frac{3}{2} = 1,5.$$

Подача: $S_{об} = 0,115$ об/мм.

Швидкість різання розраховується за формулою [20].:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_v, \quad (1.19)$$

де C_v – коефіцієнт швидкості різання;

T – період стійкості;

q, m, y – показники степенів для свердління;

K_v – коефіцієнт на інструментальний матеріал.

$$V = \frac{2,54 \cdot 3^{0,45}}{9^{0,2} \cdot 0,115^{0,8}} \cdot 0,75 = 11,355 \text{ м/хв}$$

При налагодженні верстата необхідно встановити частоту обертання шпинделя. Вона розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (1.20)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 11,355}{3,14 \cdot 3} = 1205,4 \text{ об/хв}$$

За паспортними даними свердлильного верстату обираємо кількість обертів:

$$n = 1200 \text{ об/хв}$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.21)$$

де C_p, q, y – довідкові степені та коефіцієнти.

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, що розраховується за формулою.

Крутний момент свердління:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.22)$$

де C_M, q, y – довідкові степені та коефіцієнти;

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 3^1 \cdot 0,115^{0,8} \cdot 1,2 = 272,45 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 3^2 \cdot 0,115^{0,8} \cdot 1,2 = 4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{272,45 \cdot 4}{0,85} = 1,28 \text{ кВт}$$

За паспортними характеристиками верстату знаходимо потужність 4,0 кВт. Отже, потужність обрано вірно, оскільки потужність верстату більша, ніж розрахункова ($4,0 \text{ кВт} > 1,28 \text{ кВт}$).

Розрахуємо режими різання [24] для точіння зовнішньої поверхні Ø70.

Для виконання даної операції було обрано інструмент Різець підрізний 2112-0005 Т15К6-42 ГОСТ 18880-73:

Глибина різання:

$$t = \frac{h}{2}, \quad (1.23)$$

$$t = \frac{0,75}{2} = 0,375 \text{ мм}$$

Подача:

$$S = 1 \text{ мм/об}$$

Теоретична швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x S^y}} \cdot K_v, \quad (1.24)$$

де C_v – коефіцієнт швидкості різання;

T – період стійкості;

x, m, y – показники степенів для свердління;

K_v – коефіцієнт на інструментальний матеріал

$C_v = 240$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$; $T = 60$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv}, \quad (1.25)$$

$$K_v = 2,78 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1 = 1,47$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{240}{60^{0,2} \cdot 0,375^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 1,47 = 180,21 \text{ м/хв}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot 180,21}{3,14 \cdot 70} = 819,88 \text{ об/хв}$$

Відповідно до паспортних даних верстата:

$$n_{\text{верс}} = 850 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 850}{1000} = 186,6 \text{ м/38в.}$$

Сила різання :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (1.26)$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\gamma P}, \quad (1.27)$$

$$K_p = 0,44 \cdot 0,92 \cdot 1 = 0,405$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,37^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 186,6^0 \cdot 0,45 = 153,18 \text{ Н.}$$

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (1.28)$$

$$N_e = \frac{153,18 \cdot 186,6}{1020 \cdot 60} = 0,467 \text{ кВт}$$

Припустима потужність різання на приводі:

$$N_{\text{прип}} = N \cdot \eta, \quad (1.29)$$

$$N_{\text{прип}} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт}$$

$N_e < N_{\text{прип}}$: 0,467 кВт < 8 кВт, отже обробка є можливою.

1.10 Розрахунок технологічного нормування

Розрахунок технологічного нормування операції свердління отвору Ø3.

Основний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{l_0 + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i; \quad (1.30)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні вздовж обробки;

l_1 – довжина врізання;

l_2 – перебіг різального інструменту;

i – число робочих ходів

Основний час операції свердління отвору Ø3 мм:

$$T_o = \frac{5,5 + 4 + 2}{0,115 \cdot 750} \cdot 2 = 0,26 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

час на установку і зняття деталі – 0,5 хв;

час на робочий хід – 0,1 хв;

час на вимірювання деталі – 0,15 хв;

$$T_d = 0,5 + 0,1 + 0,15 = 0,75 \text{ хв}$$

Оперативний час :

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (1.31)$$

$$T_{оп} = 0,26 + 0,75 = 1,01 \text{ хв}$$

Обслуговуючий час:

$$T_{обс} = 0,1 \cdot T_o, \quad (1.32)$$

$$T_{обс} = 0,1 \cdot 0,26 = 0,026 \text{ хв}$$

Час відпочинку:

$$T_{від} = 0,12 \cdot T_o, \quad (1.33)$$

$$T_{від} = 0,12 \cdot 0,26 = 0,0312 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{від}, \quad (1.34)$$

$$T_{шт} = 0,26 + 0,75 + 0,026 + 0,0312 = 1,0672 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{P_p}, \quad (1.35)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час;

P_p – кількість деталей в партії.

$$T_{\text{шк}} = 1,0672 + \frac{2}{167} = 1,08 \text{ хв}$$

Розрахунок технологічного нормування операції точіння зовнішньої поверхні Ø75 мм.

Основний час:

$$T_o = \frac{20 + 4}{0,15 \cdot 315} \cdot 1 = 0,508 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$T_d = 0,15 + 0,1 = 0,25 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = 0,508 + 0,25 = 0,758 \text{ хв}$$

Обслуговуючий час:

$$T_{\text{обс}} = 0,1 \cdot 0,508 = 0,0508 \text{ хв}$$

Час відпочинку:

$$T_{\text{від}} = 0,12 \cdot 0,508 = 0,06096 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 0,508 + 0,25 + 0,0508 + 0,06096 = 0,8697 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = 0,8697 + \frac{2}{176} = 0,881 \text{ хв}$$

Конструкторський розділ

2.1 Проектування пристосування для механічної обробки

Пристосування для механічної обробки, зображене на рис.2.1 служить для розточки отвору $\varnothing 36$ на токарній операції № 050. Заготовка базується на палець 15, для позбавлення ступенів свободи додатково фіксується п'яткою 3, яка центрується за допомогою штифта 14 на верхній планці 2. Колонка 16 з'єднує між собою верхню планку 2 та нижню частину кронштейна 1, який кріпиться до планшайби 5 за допомогою болтів 4 та штифтів 11. Планка 19 слугує для кріплення штиря 24 до патрону для токарної обробки. Кожух 4 виконує захисну функцію.

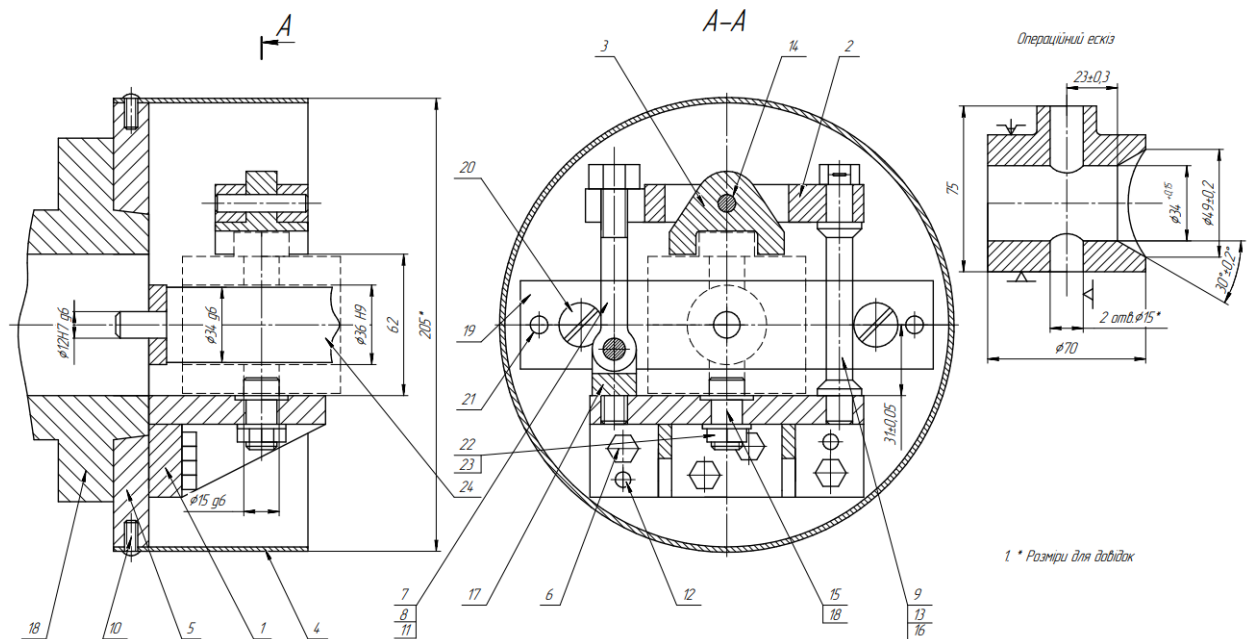


Рис 2.1 Пристосування для механічної обробки

2.2 Проектування пристосування для фрезерування

Для фрезерного пристосування рис. 2.1 передбачена наступна конструкція. В отвори на підставці 1 встановлені дві втулки 16, на які в свою чергу кріпляться прихвати 3 та 5. В центральний отвір підставки встановлено палець 4 $\varnothing 36$, на якому базується заготовка. Загвинчуючи гайку 20 стискається пружина 28 ,

спрацьовує важіль 6 який розподіляє силу стиску пружин на прихвати 3 та 5, внаслідок чого заготовка фіксується прихватами.

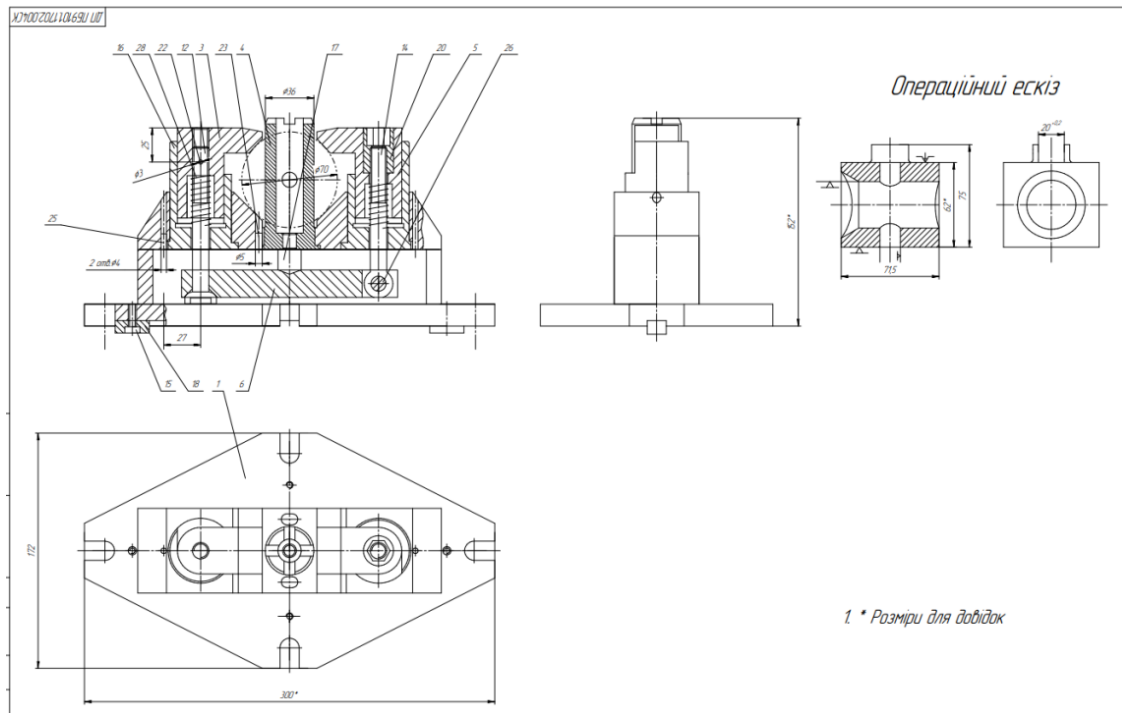


Рис. 2.2 Пристосування для фрезерування

Визначимо максимальну силу затиску деталі:

$$W = \frac{k * P}{(f_1 + f_2)}, \quad (2.1)$$

k - коефіцієнт запасу;

f_2 - коефіцієнт тертя між заготовкою і установочними елементами

($f_2=0,2$);

P - сила різання;

f_1 - коефіцієнт тертя між заготовкою і затискачем

W – сила затиску

$$W = \frac{1,4 * 121,3}{(0,12 + 0,1)} = 771,9$$

Визначимо практичну силу затиску деталі:

$$Q = \sqrt{\left(\frac{P_z * a}{b}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{2f}\right)^2 + \left(\frac{P_y * a}{2bf}\right)^2}, \quad (2.2)$$

$P_{x,y,z}$ – складові сили різання;

a – довжина перпендикуляра від центру обробки до затискного елемента;

b – ширина затискного елемента.

$$P_x=0,4 \cdot P_z; P_y=0,25 \cdot P_z;$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{121,2 \cdot 20}{50}\right)^2 + \left(\frac{48,48}{2 \cdot 0,1}\right)^2 + \left(\frac{30,3 \cdot 20}{2 \cdot 50 \cdot 0,12}\right)^2} = 252,3 \text{ Н}$$

Розрахована сила затиску має задовольняти умові:

$$W \geq Q$$

Умова виконується $771,9 \geq 252,3 \text{ Н}$.

2.3 Розробка та розрахунок захвату маніпулятора

Захватні пристрої у промислових роботах та маніпуляторах виконують функцію захвату та утримання об'єктів маніпуляції у певному положенні. Вони повинні забезпечувати можливість швидкого переналагодження робота для виконання ним різних операцій, надійне захоплення та утримання деталей, різних за геометрією, розмірами та масою (у межах передбачених параметрів робота). Конструкція, розміри і форма захватів залежать від маси, форми, розмірів, матеріалу вантажу, що транспортується, та інших параметрів. Величина зусилля, необхідного для забезпечення надійності захоплення вантажу, суттєво відрізняється і залежить від співвідношення напрямів дії затиску та руху. Зусилля затиску, спрямоване перпендикулярно до руху, має бути значно більше зусилля затиску, спрямованого вздовж руху: це дозволяє суттєво спростити конструкції захватів і при однакових зусиллях підвищити швидкість передачі вантажів [6].

Захватним пристроям пред'являються різні вимоги як загального характеру, так і спеціальні, пов'язані з умовами роботи. До обов'язкових вимог належать надійність захоплення та утримання об'єкта, запобігання його

пошкодженню чи руйнуванню, а також стабільність базування. Також важливо, щоб затискні пристрої були міцними, мали компактні розміри і невелику вагу. Особлива увага приділяється надійності кріплення затискних пристроїв до промислових робіт [6].

Основними технічними характеристиками різних типів захватних пристроїв є:

- номінальна грузопідйомність: максимальна маса, яку захватне пристрій може піднімати або утримувати.
- сила захоплення: зусилля, необхідне для надійного захоплення об'єкта.
- максимальні значення сил і моментів: гранично допустимі значення сил і моментів, що можуть бути прикладені до захватного пристрою по різних осях системи координат.
- час захоплення і час відпускання: час, необхідний для захоплення об'єкта за допомогою пристрою і час, необхідний для його відпускання.
- маса: вага самого захватного пристрою.
- габаритні розміри: розміри пристрою, які впливають на його можливість взаємодії з об'єктами та робочим середовищем.
- показники надійності: характеристики, що вказують на ступінь надійності захватного пристрою в роботі.

В дипломному проєкті спроектовано захватний пристрій для переміщення заготовки на робочий стіл для фрезерної операції з ЧПК.

Захват, зображений на рис 2.3, розроблений для захоплення заготовок і деталей, таких як ступінчасті вали, з широким діапазоном зміни розмірів діаметром і довжиною. Для досягнення високої стабільності установки (0,05-0,07 мм) використовується профілювання губок захвату.

Дві пари затискних губок 1 встановлені вільно на своїх осях 2. На важелях розташовані зубчасті сектори, які входять у зачеплення з рейками 3, утворюючи шарнірний паралелограм. Цей шарнірний паралелограм забезпечує незалежну

роботу кожної пари затискних важелів 12, що необхідно для захоплення і центрування ступінчастих валів діаметром від 40 до 90 мм і довжиною до 250 мм. З'єднання тяги 5 з гніздом, яке розташоване в втулці приводу затискання і розтискання захвату хвостовика 6, уніфіковані. Тяга 5 пов'язана з штоком гідроциліндра. Задля регуляції кута повороту губок зажимних, конструкцією передбачений торсіон 10-11.

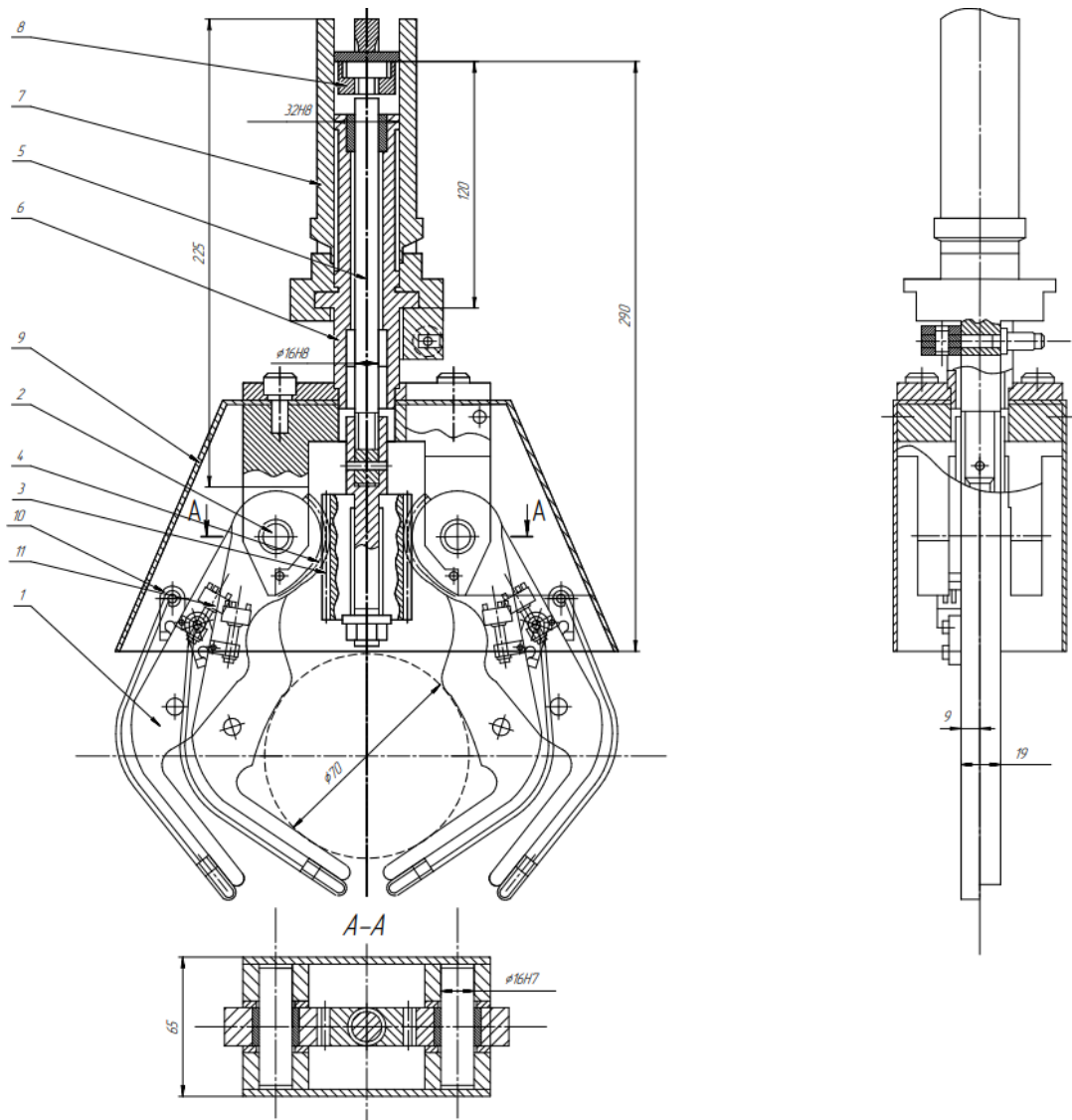


Рис. 2.3 Захват маніпулятора

Момент двигуна, що приводить в дію зубчасту передачу визначається за формулою:

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\Sigma}}{i * \eta}, \quad (2.3)$$

$$M_{\Sigma} = M_1 + M_2, \quad (2.4)$$

$$M_1 = N_1 * l, \quad (2.5)$$

$$M_2 = N_2 * l, \quad (2.6)$$

З цієї формули отримуємо:

$$M_{\Sigma} = l * (N_1 + N_2), \quad (2.7)$$

Сили затиску губок однакові, ($N_1=N_2$) з цього маємо:

$$N_1 = N_2 = K_{\text{зап}} * \frac{F_{\text{ТР1}}}{f_{\text{ТР}}}, \quad (2.8)$$

Умова рівноваги при затиснутих губках:

$$F_{\text{ТР1}} = F_{\text{ТР2}} = \frac{P}{2}, \quad (2.9)$$

$$P = mg, \quad (2.10)$$

Маса заготовки $m = 2,69\text{кг}$, коефіцієнт тертя $f_{\text{ТР}} = 0,17$, коефіцієнт запасу $K_{\text{зап}} = 1,75$, довжина плеча $l = 0,18\text{ м}$, звідси отримуємо:

$$P = 2,69 * 9,8 = 26,4\text{ Н};$$

$$F_{\text{ТР1}} = F_{\text{ТР2}} = \frac{26,4}{2} = 13,2\text{ Н};$$

$$N_1 = N_2 = 1,75 * \frac{13,2}{0,17} = 135,9\text{ Н};$$

$$M_{\Sigma} = 0,18 * (135,9 + 135,9) = 49\text{ Н * м};$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{49}{18 * 0,95} = 2,87\text{ Н * м}.$$

2.4 Проектування та розробка контрольного пристосування

На рис.2.4 зображено пристосування для контролю співвісності отвору деталі Ø16Н11 та циліндричної поверхні деталі Ø27. Конструкція пристосування включає в себе основу, до якої кріпляться всі допоміжні складові, а саме втулка поз.3, в яку встановлено стійку поз.2. До стійки поз. 2 кріпиться штанга поз.6 за допомогою хомута поз.4. На штангу встановлено лічильник поз. 18, який

вимірює необхідний параметр контролю. З протилежного боку в основу закріплено стійку поз.10, яка тримає на собі з'єднані між собою корпус поз. 8 та кришку корпусу поз. 9, а також колесо поз. 12 та прилягаючі до нього елементи повороту та підтягування штанги поз.17.

Тягнувши за ручки поз.14, відтягується штанга поз. 17, на яку базується деталь. Поворот деталі для симетричного контролю обох циліндричних поверхонь реалізовано за допомогою колеса поз.12, яке провертається ручкою поз.13 та підшипнику ковзання поз. 28.

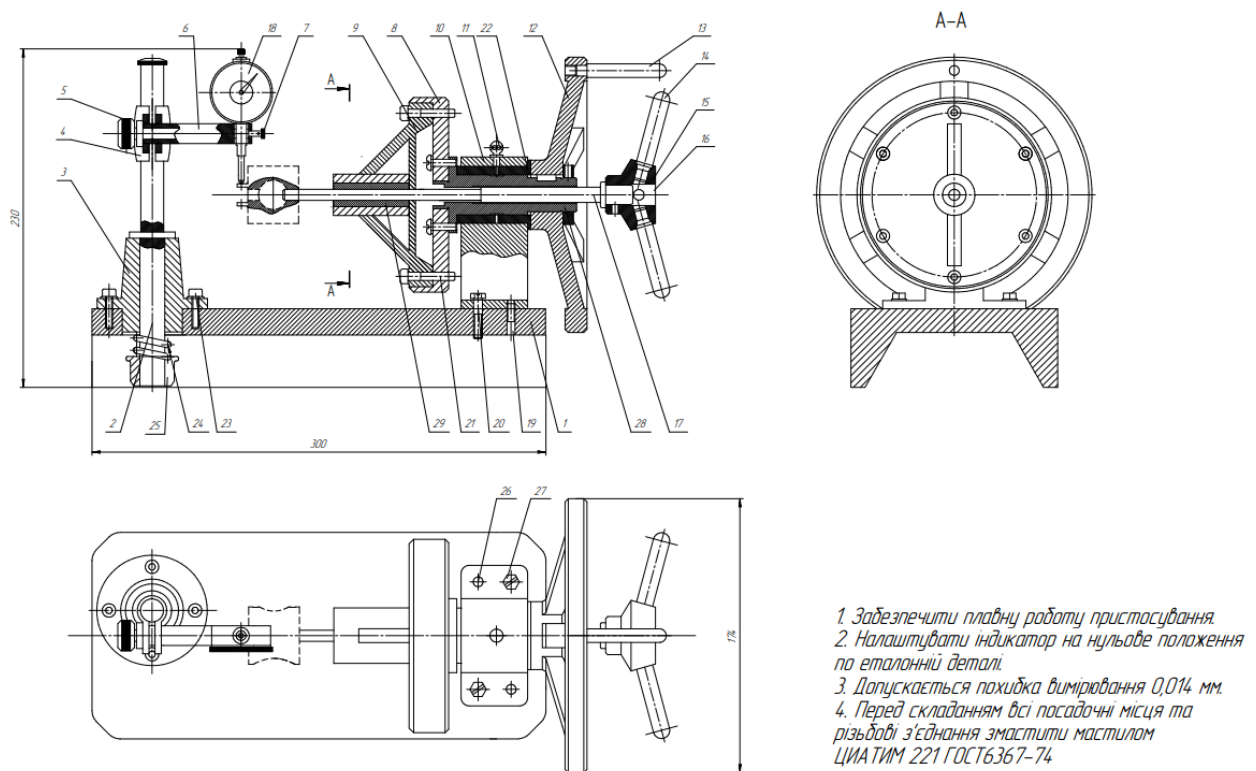
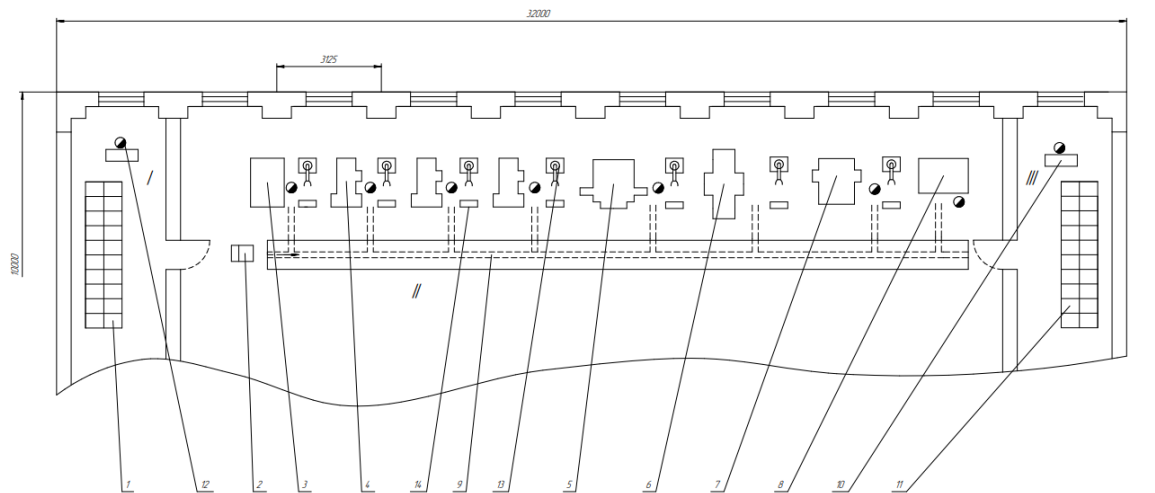


Рис. 2.4 Контрольне пристосування

2.5 Проектування автоматизованої ділянки цеху механічної обробки

У ході розробки автоматизованої ділянки було розміщено 6 верстатів, серед яких 1 – відрізний верстат, 3 – токарно-гвинторізних верстатів, 1 – універсально-фрезерний верстат, 1 – фрезерний верстат з ЧПК, 1 – вертикально-свердлильний верстат. Також передбачено стіл для контролю. Верстати розташовані по етапам виготовлення деталі згідно технологічного процесу.



I – Склад заготовок, II – Ділянка механічної обробки, III – Склад готової продукції

1. Стілажі для заготовок, 2. Візок, 3. Відрізний верстат, 4. Токарно-гвинтовий верстат, 5. Універсально-фрезерний верстат, 6. Фрезерний верстат з ЧПК, 7. Вертикально-свердильний верстат, 8. Стіл для контролю, 9. Конвеєрна лінія, 10. Місце кладовщика, 11. Стілажі для готових деталей, 12. Місце працівника, 13. Робот-маніпулятор, 14. Тара

На ділянці цеху передбачено два складські приміщення, одне для заготівок, а інше для готової продукції. З складського приміщення для заготівок працівник передає заготівки до автоматизованого візка(поз.2). Далі візок рушає до ділянки, проходить по конвеєрній лінії(поз.9) до кожного з верстатів по ходу обробки заготовки. Переміщення заготівок між конвеєрною лінією та кожним з верстатів забезпечено за рахунок статично встановлених роботів-маніпуляторів (поз.13) біля кожного з верстатів. Вздовж конвеєрної лінії розміщені верстати в порядку виконання технологічного процесу.

Після проходження всіх етапів обробки на верстатах, робот-маніпулятор передає виготовлені деталі на візок, який підвозить готові деталі до складу готової продукції, де робітник на складі розміщує готові вироби по стелажах (поз.11). Після видачі готових деталей, пустий візок повертається в початкове положення біля складу заготовок.

Висновки

У даному дипломному проекті було спроектовано автоматизовану ділянку виготовлення деталі шарнір приводу. Для досягнення цієї мети було проведено комплекс досліджень та розробок у технологічному та конструкторському розділах проекту.

У технологічному розділі було описано конструкцію деталі шарнір приводу та проведений аналіз її технологічності. Було визначено оптимальний спосіб отримання заготовки та вибрано тип виробництва. Розроблений технологічний процес виготовлення деталі, включаючи маршрут виготовлення, вибір обладнання та інструменту. Також було проведено розрахунки припусків та міжопераційних розмірів, а також розрахунок технологічного нормування.

У конструкторському розділі було спроектовано пристосування для механічної обробки деталі, пристосування для фрезерування, захвату маніпулятору, контрольного пристосування та ділянки цеху механічної обробки. Ці розробки дозволили створити повністю автоматизовану ділянку, що забезпечує ефективну та точну виготовлення деталі шарнір приводу.

Результати цієї роботи можуть бути використані при впровадженні автоматизованих систем виробництва в приладобудуванні та сприяти поліпшенню продуктивності та якості виготовлення деталей, подібних до представленої.

Літературні джерела

- [1] Дипломний проєкт бакалавра: виконання, оформлення та захист : навч. посіб. / Уклад. : С. П. Вислоух, М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик. – Київ : КПІ ім. ІгоряСікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 64 с.
- [2] 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. ІгоряСікорського ; уклад.: М. О. Безуглий, Н. І. Бурау, Ю. В. Киричук, М. В. Філіппова. – Електронні текстові дані (1 файл: 704 Кбайта). – Київ : КПІ ім. ІгоряСікорського, 2022. – 40 с.
- [3] Ю.І. Чучман. Технологія машинобудування для електромеханіків. Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2001 - 348 с.
- [4] В.Г. Біланенко, В.П. Приходько, О.О. Мельник. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей – тіл обертання. Навчальний посібник; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.
- [5] Божко Т. Є. Технологія обробки типових деталей та складання машин. Конспект лекцій. Луцьк: Луцький НТУ, 2022. – 80с.
- [6] Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. – 232с.
- [7] Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук А 22 Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 344с
- [8] Технологія приладобудування: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи» приладобудівного ф-ту / Уклад.:

Автори: Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 128 с.

[9] С. П. Вислоух, Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2011.

[10] Новікова М. М. Конспект лекцій з дисципліни «Організація виробництва» (для студентів усіх форм навчання напрям підготовки 6.030504 – Економіка підприємства та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 7.03050401 – Економіка підприємства (за видами економічної діяльності)) / М. М. Новікова, М. В. Боровик ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 130 с.

[11] С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації. Київ, Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Політехніка, 2023.

[12] Юрчишин І.І. Технологія машинобудування Посібник довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навч. посібник / І.І. Юрчишин, М.Л. Кукляк, Я.М. Кусій, В.В. Ступницький, В.А. Яцюк, А.М. Кук, С.М.Махоркін, В.Р.Свізінський / За ред. І.І. Юрчишина.– Львів; Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009.– 526 с.

[13] Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

[14] І.О. Гурко, М.Ф. Бренкдуля, С.М. Доценко Технологія обробки типових деталей (курсове проектування). Навчальний посібник . – Львів: «Новий світ–2000», 2006 – 576 с.

[15] ДСТУ 2413-94 «Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.»

[16] ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

[17] Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.

[18] Технологія машино- та приладобудування: Підручник / О. В. Якімов, В. І. Марчук, П. А. Лінчевський, О. В. Якімов, В. П. Ларшин; Підзаг. ред. О. В. Якімов. — Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2005. — 712 с

[19] Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.

[20] Барандич К. С., Волошко О. В., Вислоух С. П. Вибір раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів //Процес механічної обробки в машинобудуванні. – 2011. – №. 10

[21] С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи: підручник. Київ, Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Політехніка, 2021.

[22] Роговой А.Н., Вислоух С.П., Волошко О.В. Система автоматизированной обработки технологической информации. /Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування . – 2013. – Вип. 45. – С.157-166.

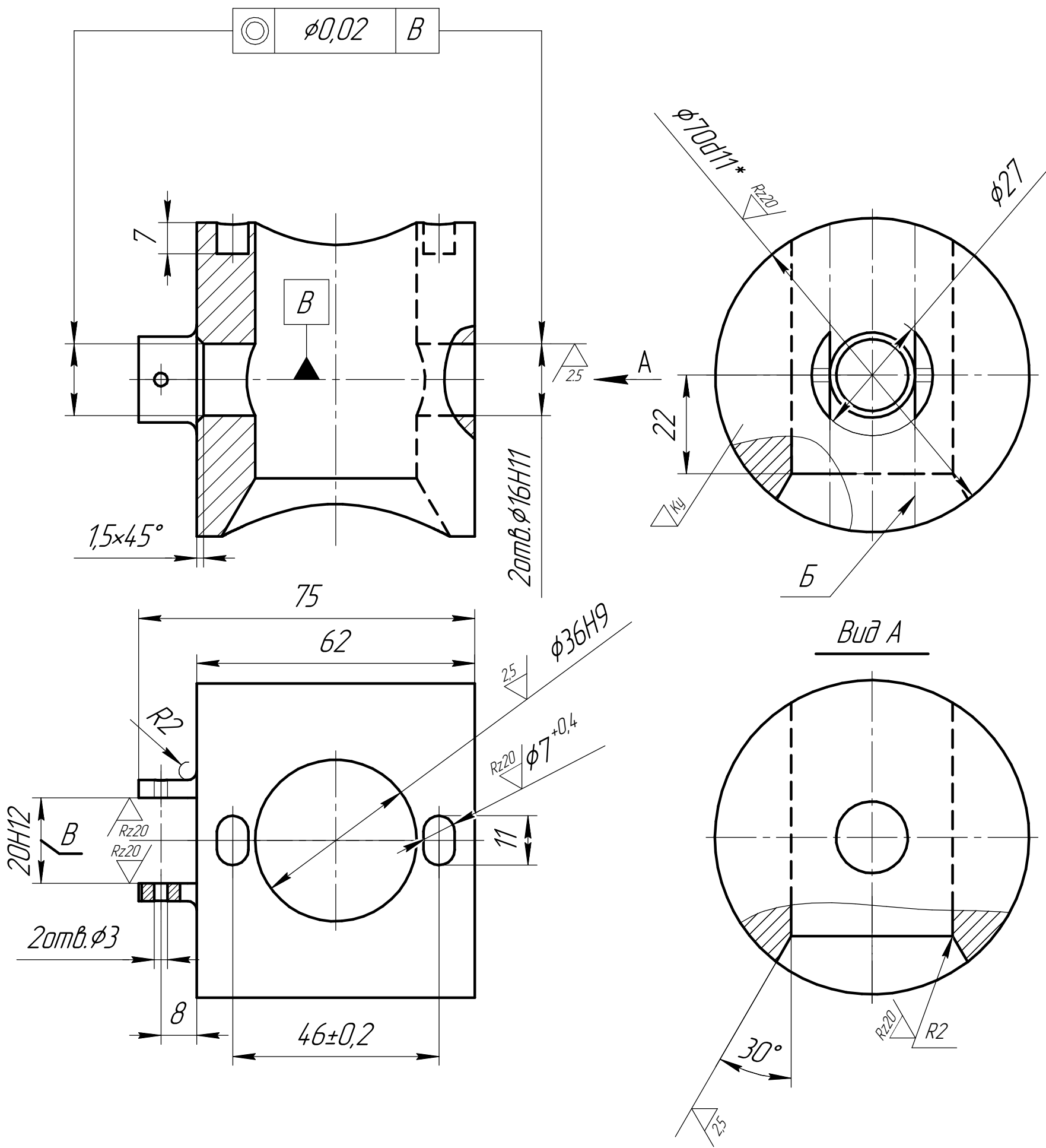
[23] Марчук В.І. Технологія приладобудування: навчальний посібник / В.І. Марчук, В.Ю.Заблоцький. –Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2015. –216 с.

[24]. Теплові явища при обробці матеріалів різанням : навч. посіб. / В.С. Антонюк, С.Ан. Клименко, С.А. Клименко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с..

Додатки

КОМПАС-3D v20 Учедня версия © 2021 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



1. HRC 35,5...40,5
2. *Розмір після покриття
3. Невказані граничні відхилення H12, h12, IT±12/2
4. Покриття Кд 15 окс. фос.

ДП ПБ9112.1702.001					Лит.			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Шарнір приводу			1,247	1:1
Разраб.	Покрова Д.М.				Лист			Листов 1	
Пров.	Волошко О.В.				30ХГСА ДСТУ 7806			ПБФ, 4 курс	
Т.контр.					Формат А3				
Н.контр.									
Утв.									

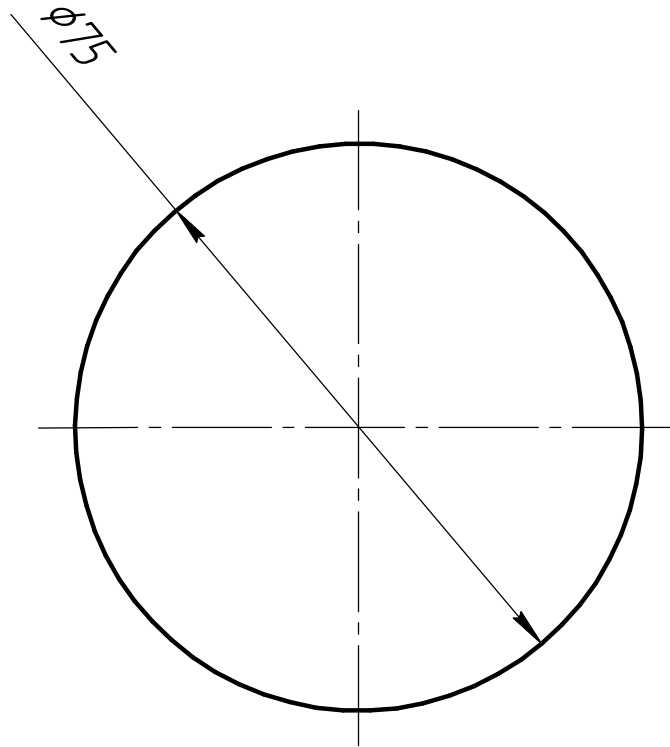
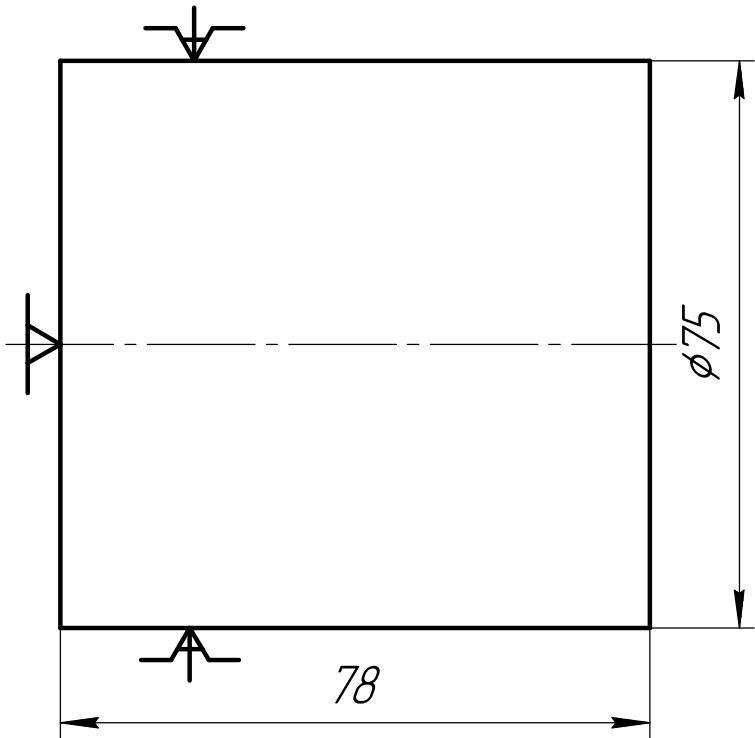
Rz40 (✓)

ДП ПБ9112.1702.001

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

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

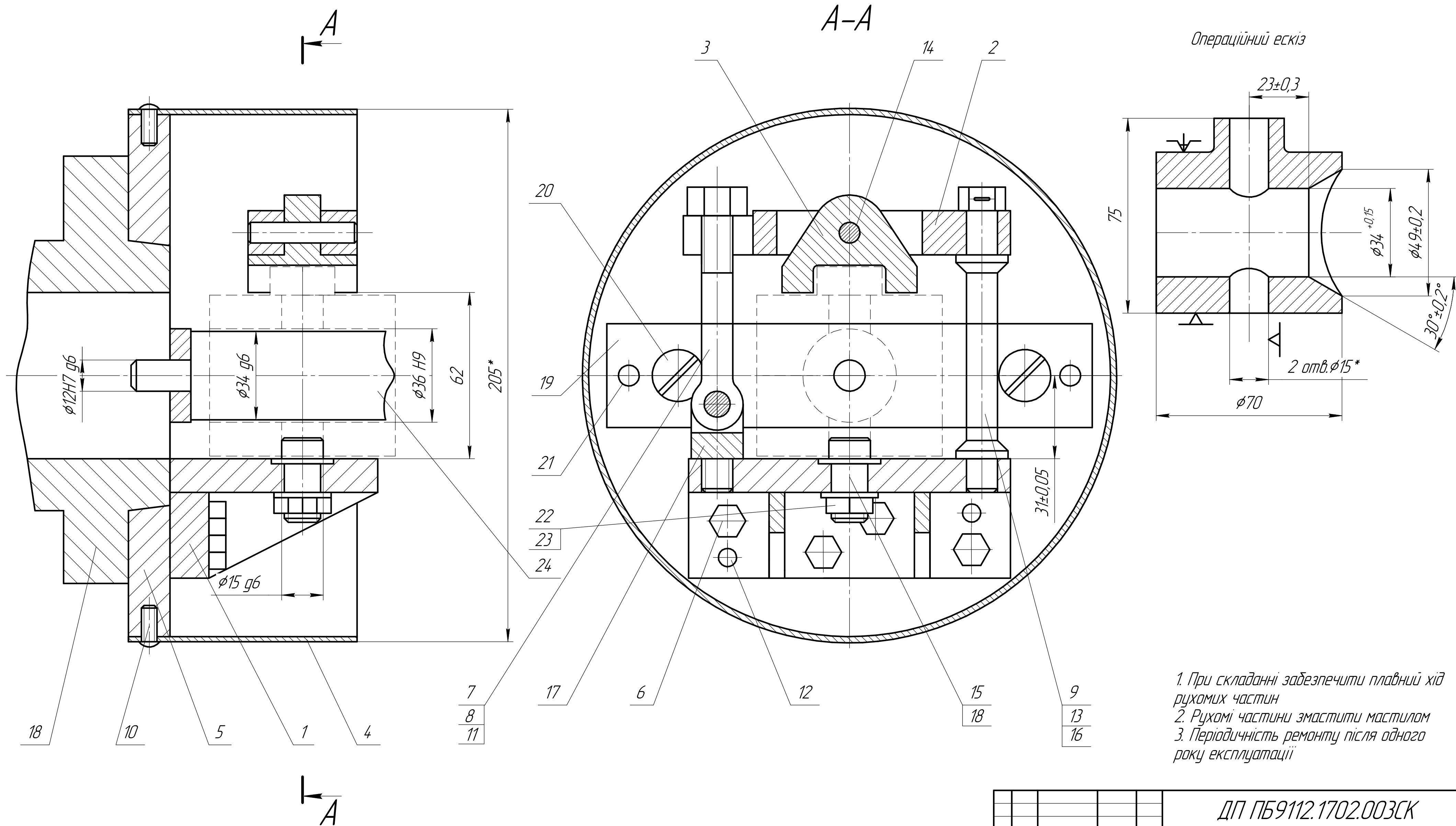
ДП ПБ9112.1702.002



Rz200

- 1 . 212...248 НВ
2 .Додаткові ТВ до прокату по ДСТУ 7806:2015

					ДП ПБ9112.1702.002				
					Заготовка	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1	
Разраб.		Покрова Д.М.							
Пров.		Волошко О.В.							
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.					30ХГСА ДСТУ 7806	ПБФ, 4курс			
Утв.									



1. При складанні забезпечити плавний хід рухомих частин
2. Рухомі частини змастити мастилом
3. Періодичність ремонту після одного року експлуатації

						ДП ПБ9112.1702.003СК				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристосування для токавної обробки	Лит.	Маса	Масштаб		
Розроб.		Покрода Д.М.							1:1	
Пров.		Волошко О.В.								
Т.контр.						Лист	Листов		1	
Н.контр.					Складальне креслення	ПБФ, 4 курс				
Чтв.										

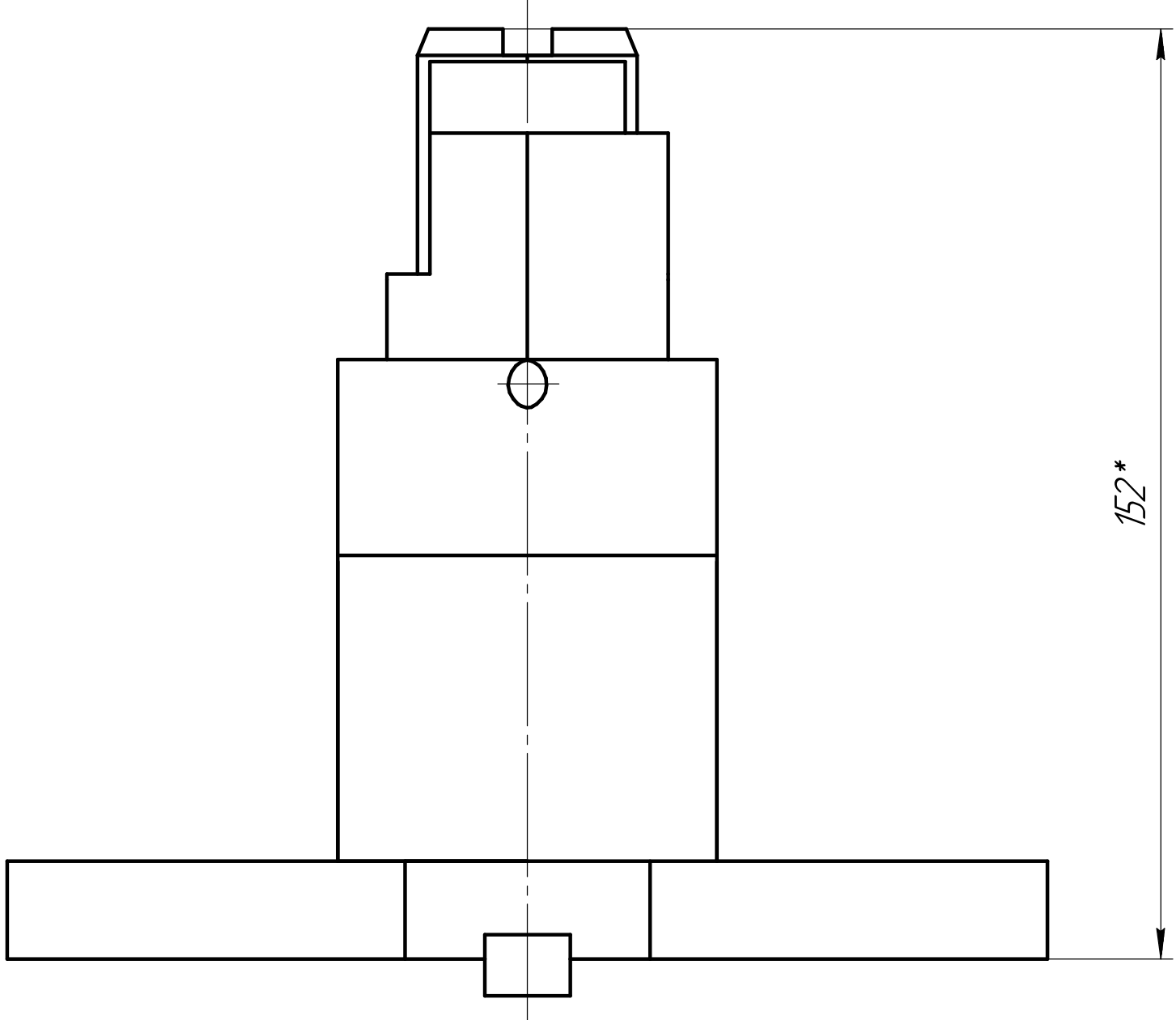
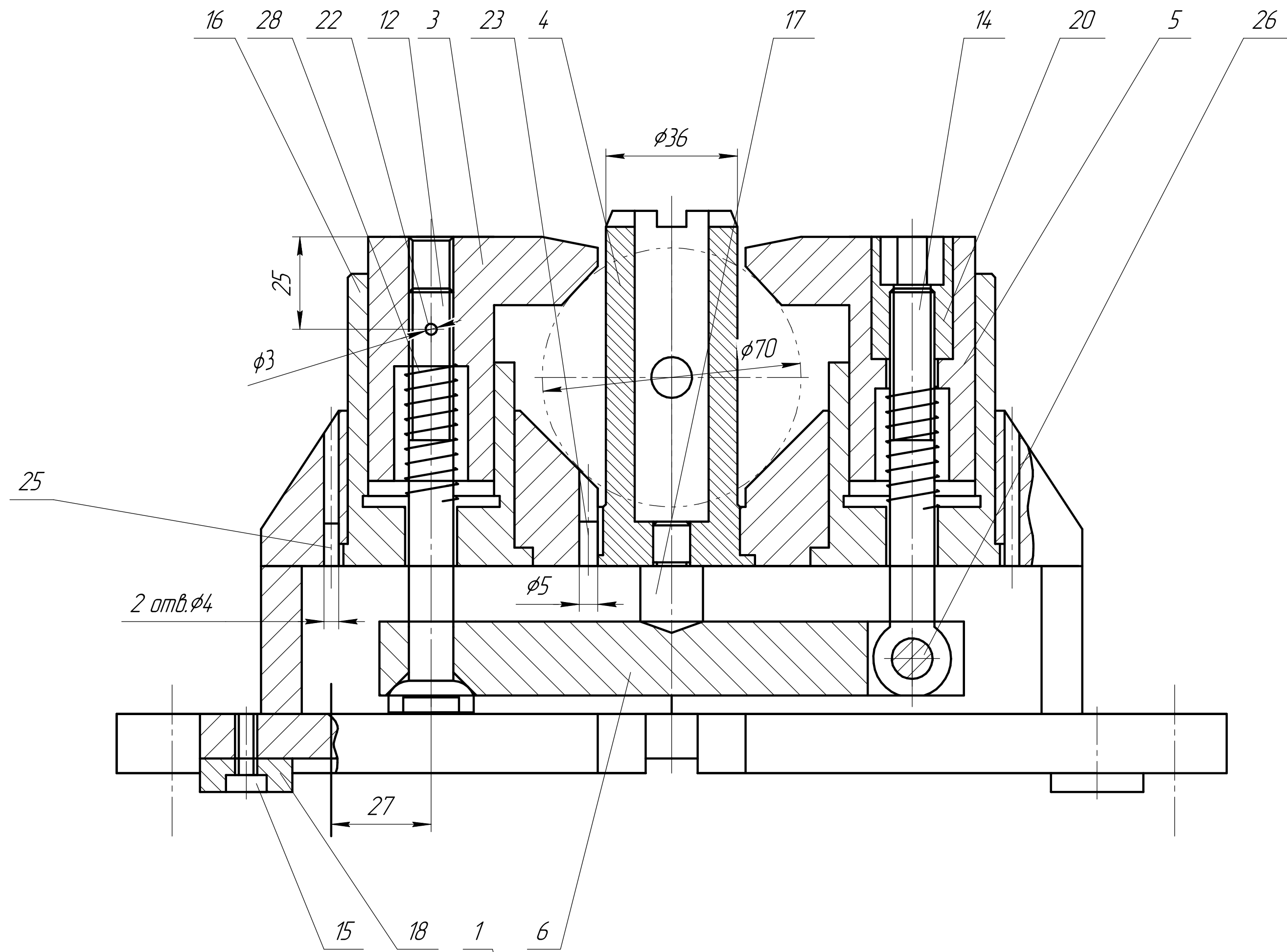
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A2			ДП ПБ9112.1702.003СК	Документация		
					Складальні одиниці		
	A3		1		Кронштейн		
					Деталі		
	A4		19		Планка	1	
			2		Планка	1	
			3		П'ятка	1	
			4		Кожух	1	
			5		Планшайба	1	
	A4		15		Палець	1	
			18		Палець	1	
Подп. и дата					Стандартні вироби		
			6		Болт М8х30.66.05		
					ГОСТ 7805-70	4	
			7		Болт 7002-0579		
					ГОСТ 14 724-69	1	
			8		Гайка М12.8 05		
					ГОСТ 5915-70	1	
			9		Гайка М10.8.05		
					ГОСТ 5915-70	1	
			10		Гвинт М5х12.66.05		
					ГОСТ 174 73-72		
Подп. и дата			11		Штифт 10h6x28		
					ГОСТ 3128-70	1	
				ДП ПБ9112.1702.003СК			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Покрова Д.М.				Лит.	Лист
	Пров.	Волошко О.В.					1
						Листов	
						2	
	Н.контр.						
	Утв.						

Пристосування для токарної операції

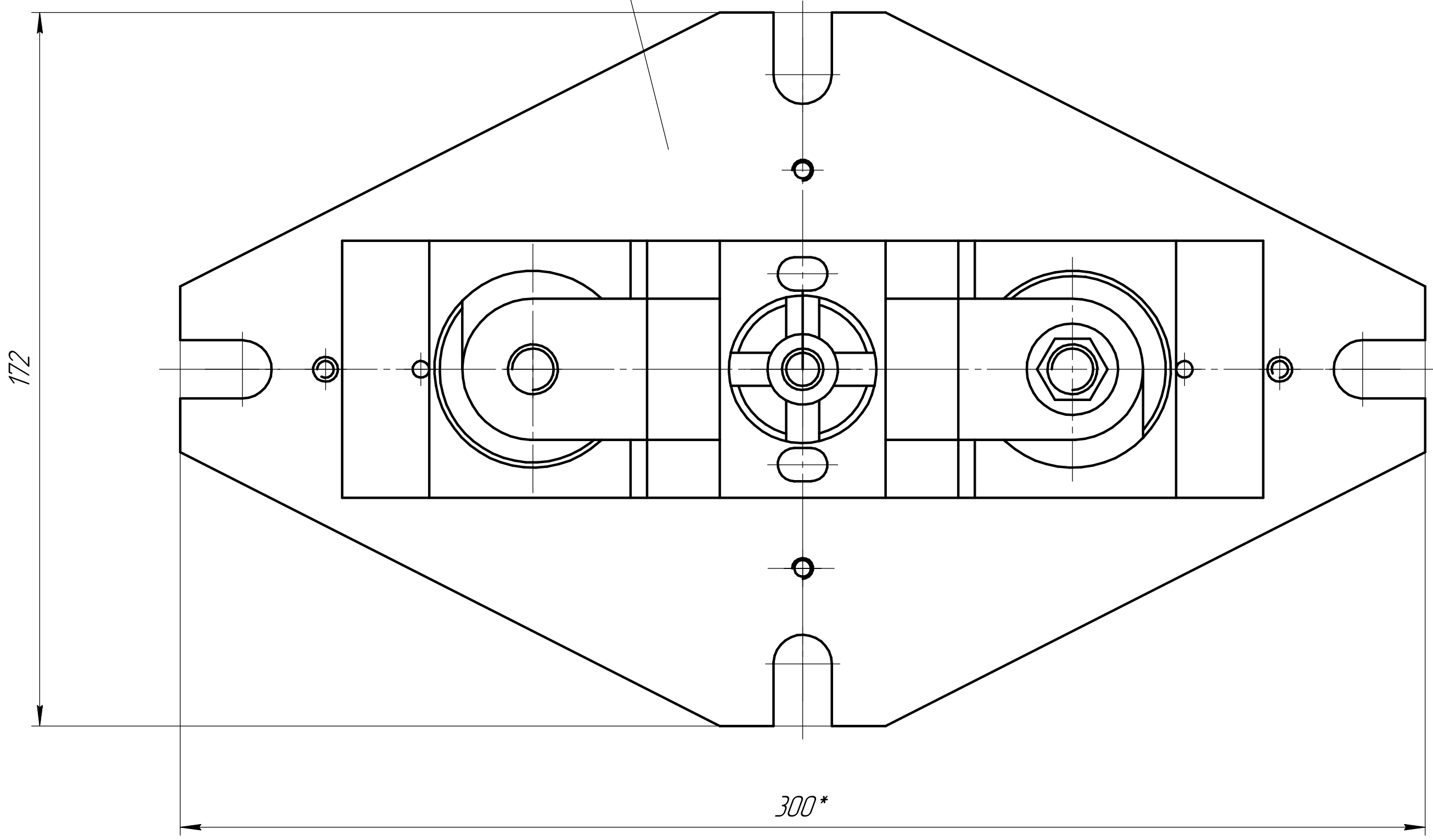
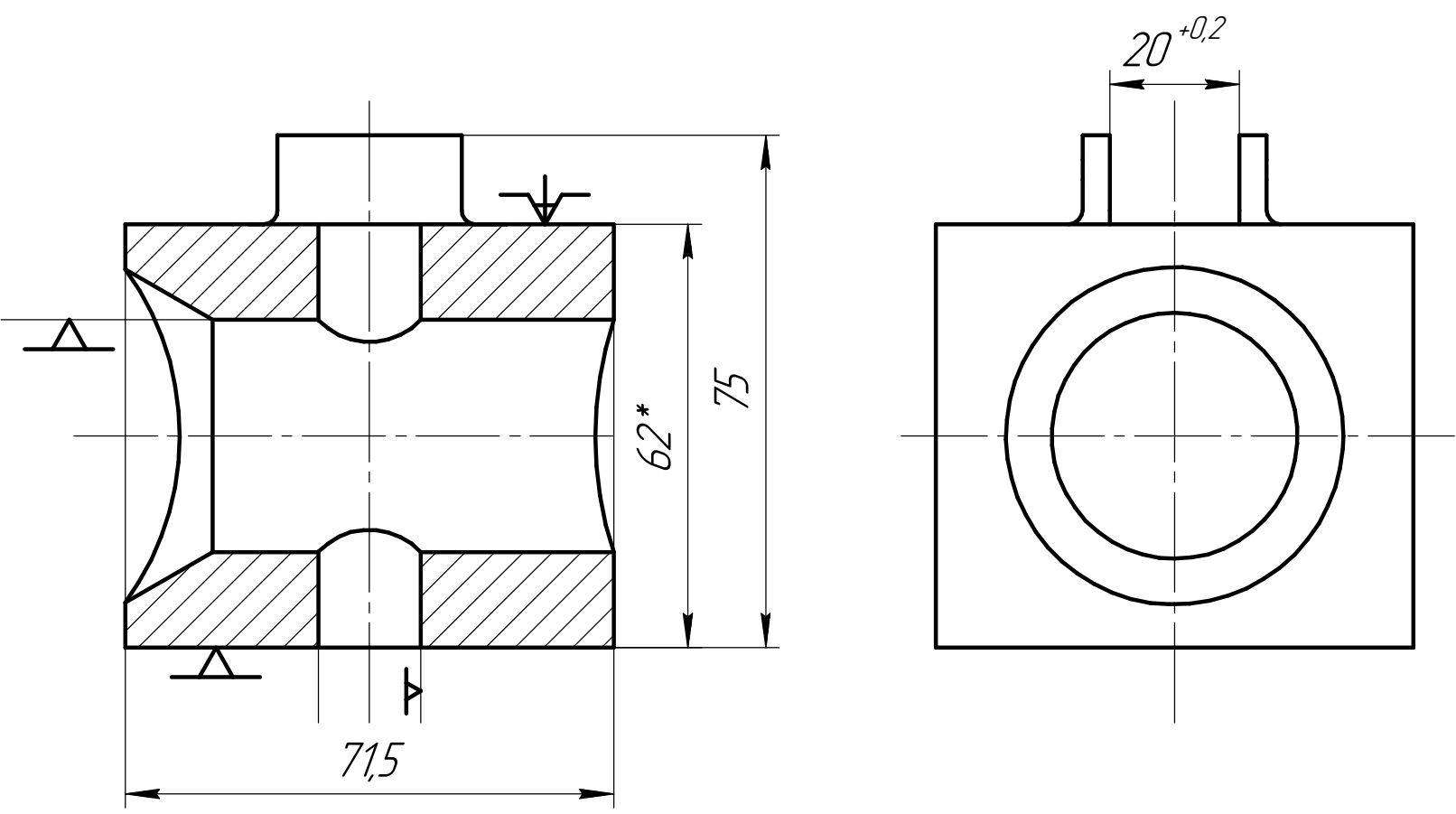
Лит. Лист Листов

1 2

2



Операційний ескіз

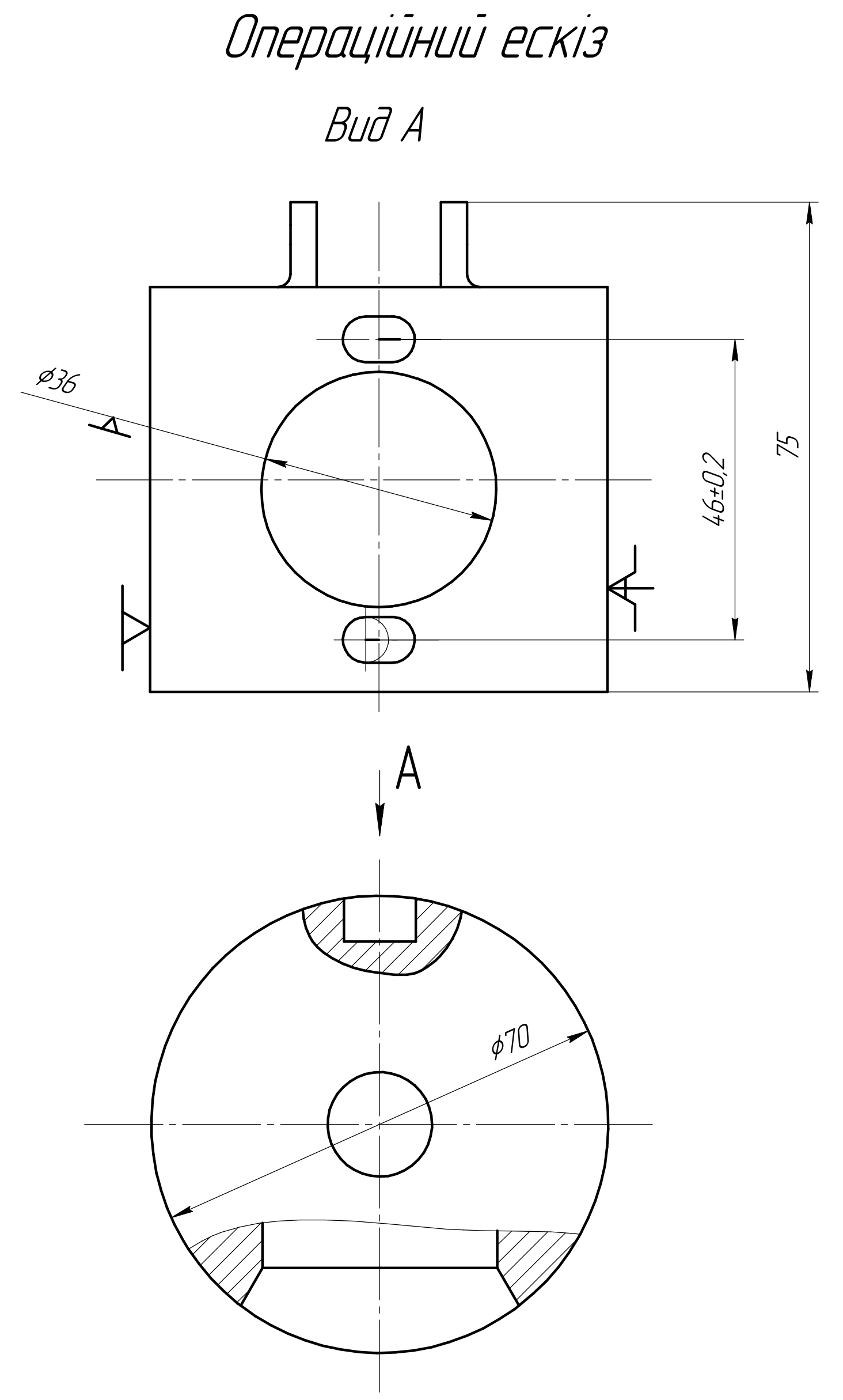
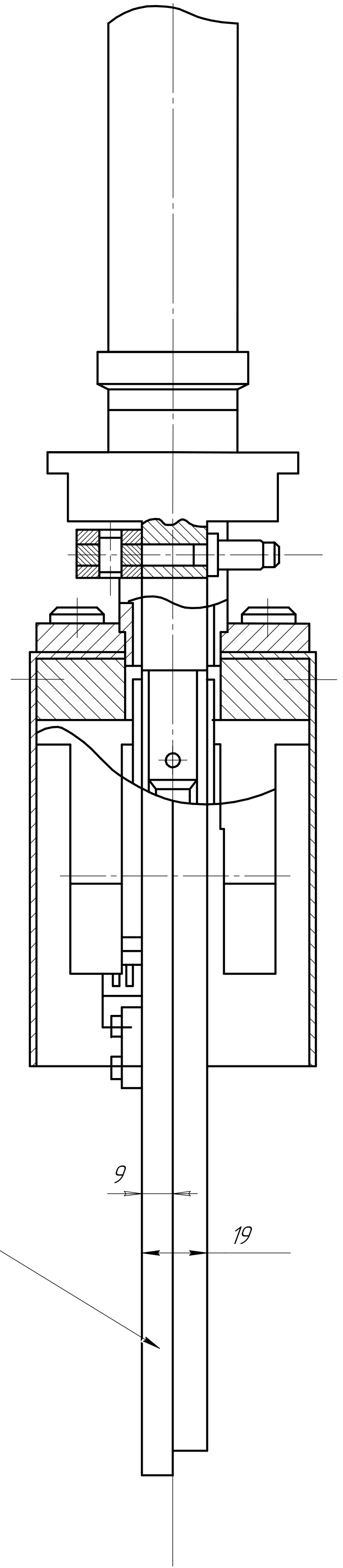
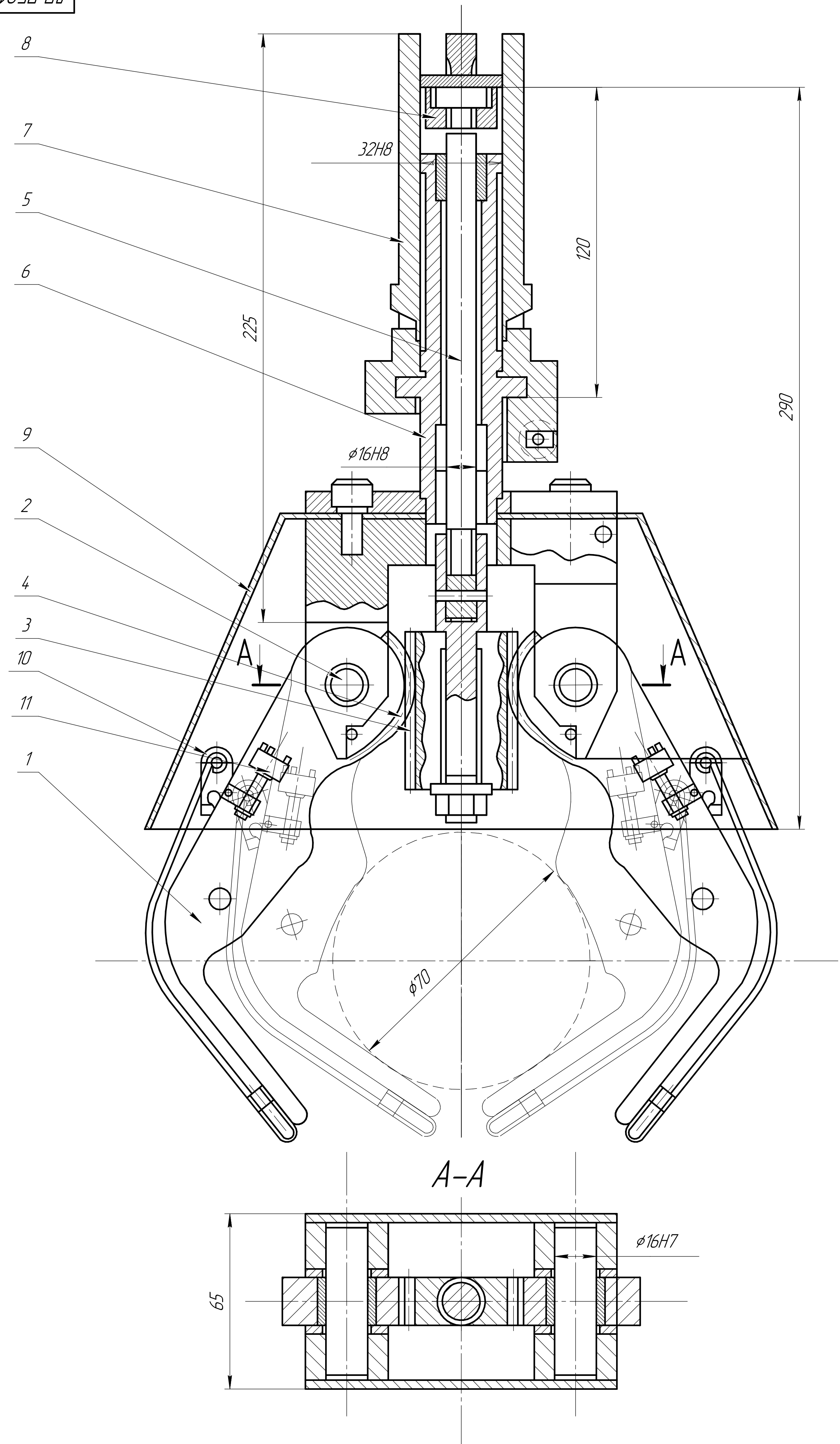


- 1. Сила затиску $P = 772 \text{ Н}$
- 2. Рухомі частини змастити мастилом
- 3. Періодичність ремонту після одного року експлуатації

ДП ПБ9112.1702.004СК				Лист		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Проб.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Т.контр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Н.контр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Утв.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Приспособления для фрезерной обработки				1:1		
Складальне креслення				ПБФ, 4курс		
Копировал				Формат А1		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
				ДП ПБ9112.1702.004СК	Складальні одиниці		
			1		Підставка	1	
					Деталі		
			3		Прихват	1	
			4		Палець	1	
			5		Прихват	1	
			6		Важіль	1	
					Стандартні вироби		
			12		Болт 7002-0800	1	
Подп. и дата					ГОСТ 9048-69		
			14		Болт 7002-0580	1	
					ГОСТ 14 724-69		
			15		Гвинт М5х16.66.05	2	
					ГОСТ 14 91-72		
			16		Втулка 7030-0464	2	
					ГОСТ 9059-69		
			17		Опора 7034-0329	1	
					ГОСТ 13441-68		
			18		Шпонка 7031-0605	2	
Взам. инв. №					ГОСТ 14 737-69		
			20		Гайка 7003-0357	1	
					ГОСТ 14 729-69		
			22		Штифт 3Гх30	1	
Инв. № подл.							
	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП ПБ9112.1702.004СК		
	Разраб.	Покрова Д.М.			Приспосовування для фрезерування		
	Пров.	Волошко О.В.					
					Лит.	Лист	Листов
						1	2
	Н.контр.						
	Утв.						

2

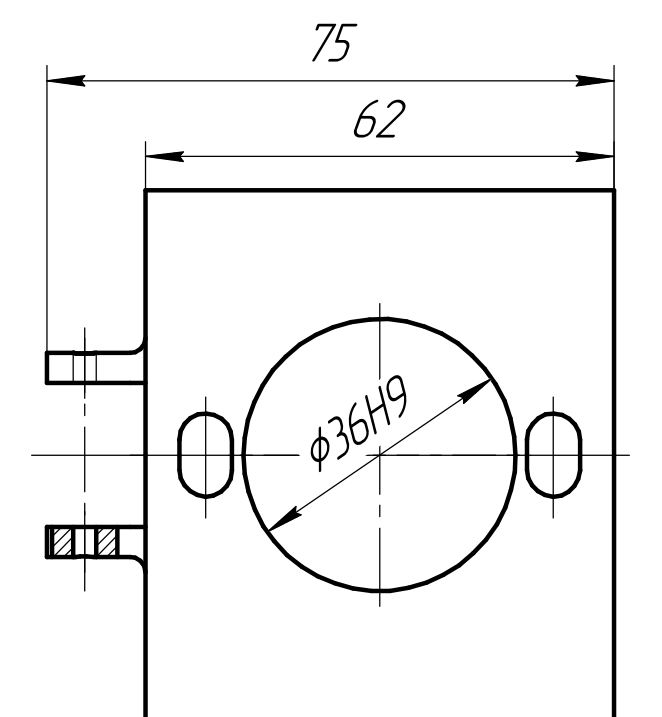
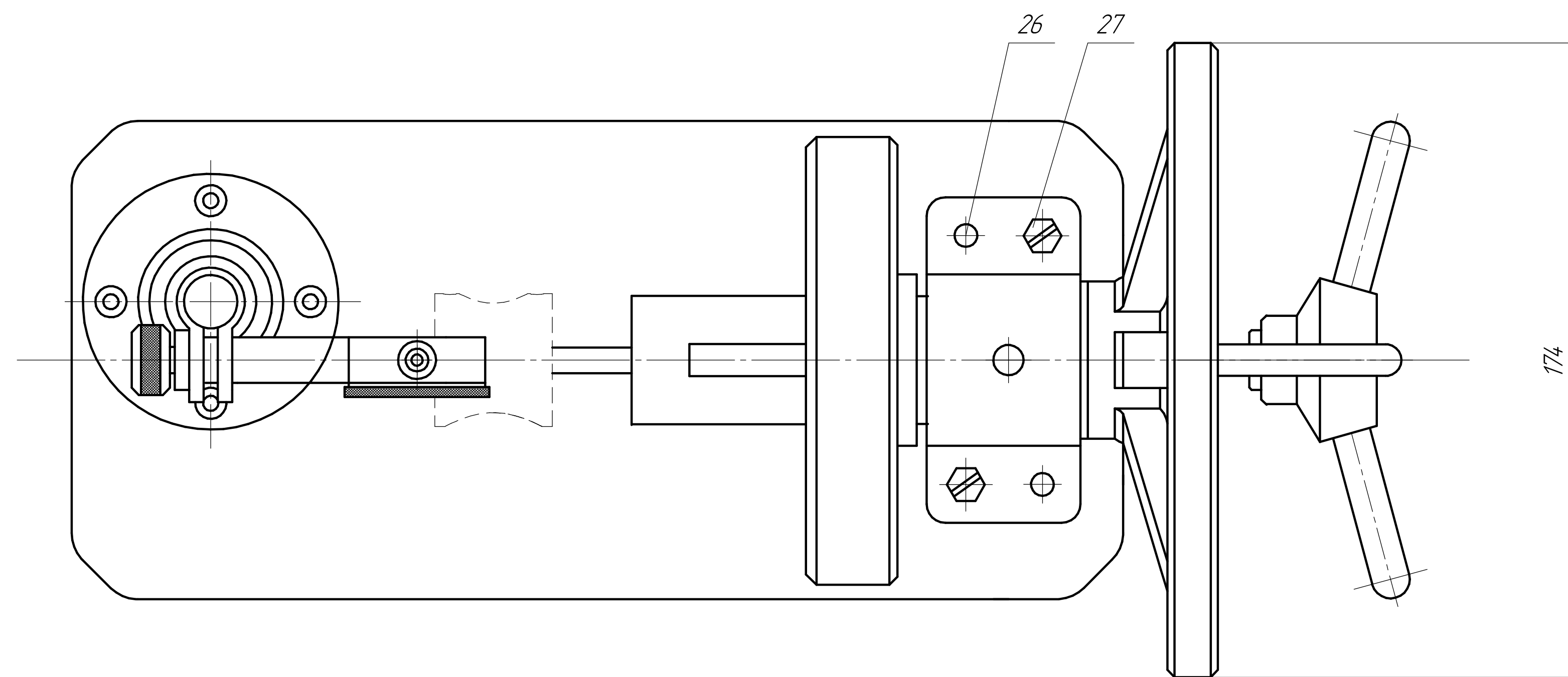


Характеристика схвату

- 1. Номінальна вантажопідйомність – 400 Н
- 2. Найбільше кутове переміщення відносно повздовжньої вісі – 180° відносно поперечної вісі – ±35°
- 3. Найбільша похибка позиціонування – ±0,5 мм
- 4. Час затискання/розтискання – 1с
- 5. Діапазон розмірів захоплюваних деталей – 100–280 мм
- 6. Тиск пневмоприводів – P=0,5–0,6 МПа

					ДП ПБ9112.1702.005СК							
					Захват				Лист	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата								1:1
Разраб.	Покрова Д.М.											
Проб.	Волошико О.В.				Складальне креслення				Лист	Листов	1	
Т.контр.												
Н.контр.												
Утв.					Копировал				ПБФ, 4курс			
									Формат			А1

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A1			ДП ПБ9112.1702.005СК			
			1			Гудка поворотна	2	
			2			Вісь	2	
			3			Рейки	2	
			4			Зубчасті сектори	2	
			5			Тяга	1	
			6			Хвостовик	1	
			7			Шпиндель циліндр	1	
			8			Поршень гідродвигуна	1	
			9			Кожух	1	
			10			Задня частина торсіону	2	
	11			Торсіон	2			
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
Изм. Лист								
Разраб.								
Пров.								
Н.контр.								
Утв.								
ДП ПБ91012.1702.005СК								
Захват						Лит.	Лист	Листов
								1

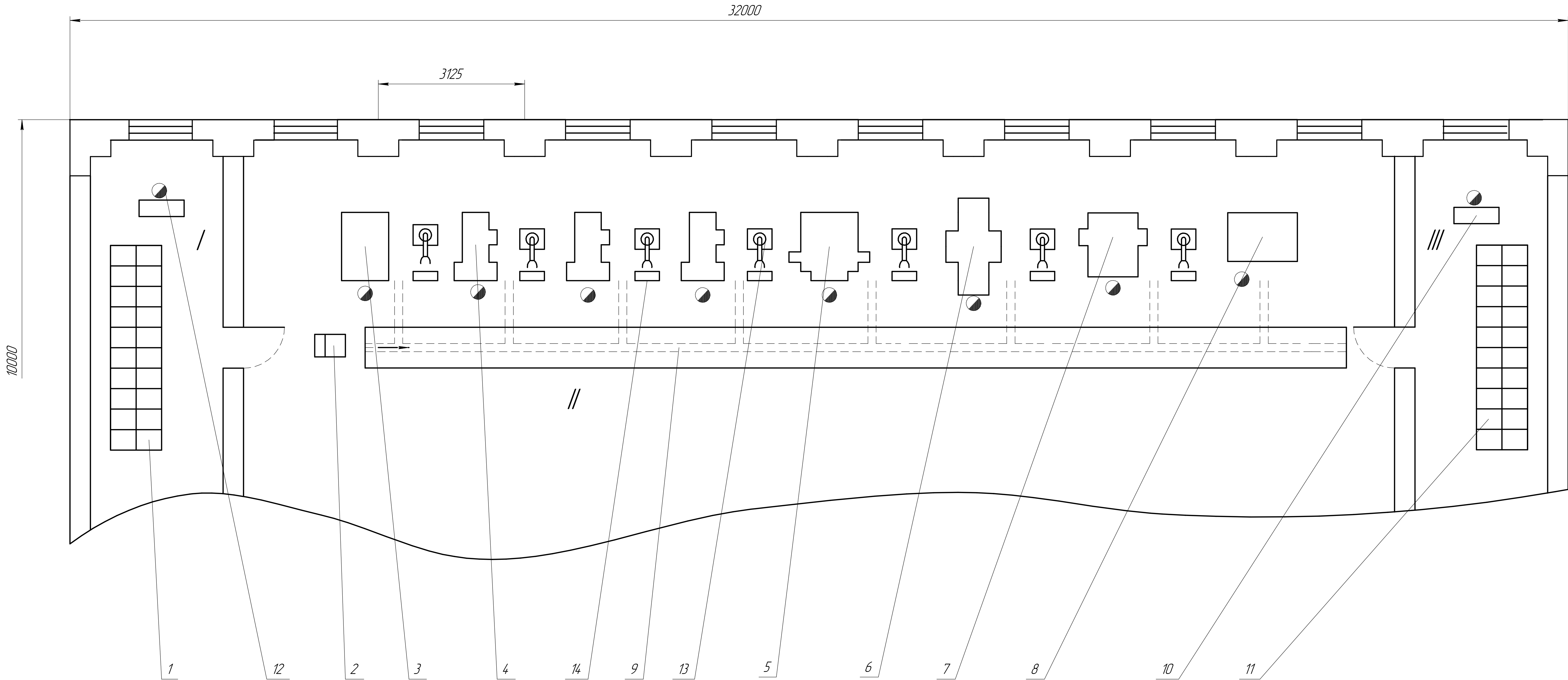


1. Забезпечити плавну роботу пристосування.
2. Налаштувати індикатор на нульове положення по еталонній деталі.
3. Допускається похибка вимірювання 0,014 мм.
4. Перед складанням всі посадочні місця та різьбові з'єднання змастити мастилом ЦИАТИМ 221 ГОСТ 6367-74

						ДП ПБ9112.1702.006СК		
						Приспосовування контролю співвідності		
Мзм	Лист	№ докум	Подп	Дата		Лист	Маса	Масштаб
Розрад		Покрова ДМ						1:1
Проб		Волошко О.В						
Т.контр.						Лист	Листів	1
Н.контр.						Складальне креслення		
Утв.						ПБФ, 4 курс		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документация			
				ДП ПБ9112.1702.006СК				
			1		Основа	1		
			2		Стійка	1		
			3		Втулка	1		
			4		Хомут	1		
			5		Гвинт зажимний			
			6		Штанга	1		
			7		Гвинт зажимний			
			8		Корпус	1		
			9		Кришка корпуса	1		
			10		Стійка	1		
			11		Ручка	1		
			12		Колесо	1		
			13		Ручка	1		
			14		Ручка	2		
			15		Корпус	1		
			16		Втулка	1		
			17		Штанга	1		
		18		Лічильник	1			
		22		Фіксатор	1			
		24		Пружина	1			
		25		Гумова підставка	1			
		28		Підшипник сковзання	1			
		29		Підшипник	1			
				Стандартні вироби				
		19		Палець ГОСТ 9650-80	1			
Инв. № подл.								
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП ПБ9112.1702.006СК		
	Разраб.	Покрова Д.М.				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Волошко О.В.						
	Н.контр.							
Утв.						1	2	
Приспосовування контролю мпіввісності								

[illegible]



I – Склад заготовок, II – Ділянка механічної обробки, III – Склад готової продукції

1. Стілажи для заготовок, 2. Візок, 3. Відрізний верстат, 4. Токарно-гвинтовий верстат, 5. Універсально-фрезерний верстат, 6. Фрезерний верстат з ЧПК, 7. Вертикально-свердлильний верстат, 8. Стіл для контролю, 9. Конвеєрна лінія, 10. Місце кладовщика, 11. Стілажи для готових деталей, 12. Місце працівника, 13. Робот маніпулятор, 14. Тара

						ДП ПБ9112.1702.007				
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Автоматизована ділянка цеху					
Розроб.		Локрєва Д.М.				Лист	Масо	Масштаб		
Проб.		Волошко О.В.						1:1		
Т.контр.						Лист	Листов	1		
Н.контр.						ПБФ, 4 курс				
Утв.										

Стор. №	Пер. прим.
---------	------------

Контр. №	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Взам. інв. №	Інв. №	Інв. №	Інв. №	Інв. №
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист



Формат А3

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

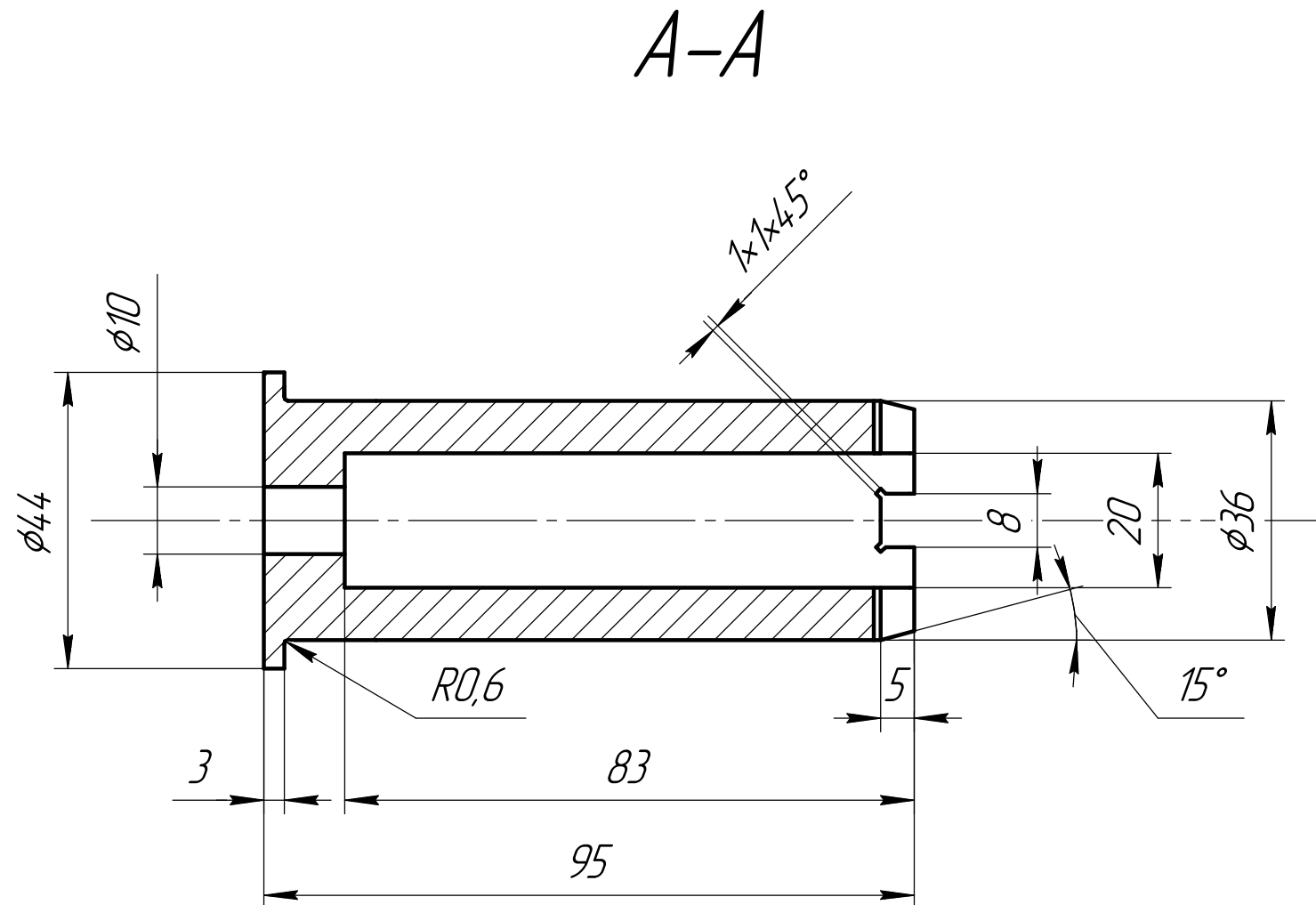
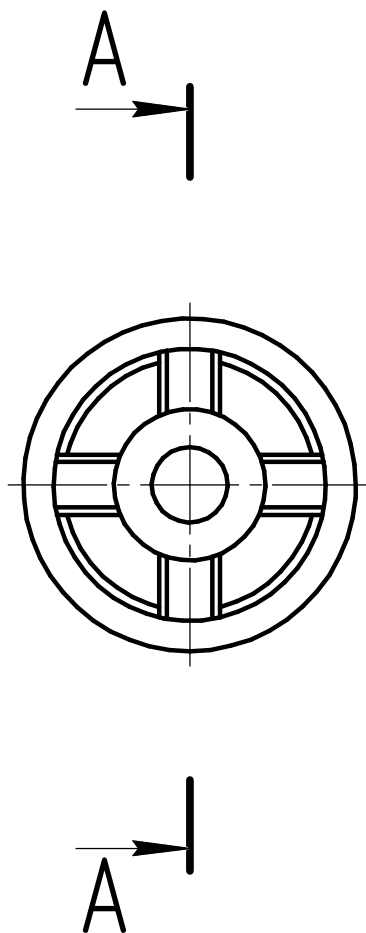
Взам. инв. №

Инв. № подл.

Не для коммерческого использования

ДП ПБ9112.1702.008.02

10/ (✓)



1 HRC 55...60

2 Неказані граничні відхилення H12, h12, IT±12/2

					ДП ПБ9112.1702.008.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Палець	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Покрова Д.М.							1:1
Пров.	Волошко О.В.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.					Сталь У8А ГОСТ1433-74	ПБФ, 4курс		
Утв.					Копировал	Формат А3		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

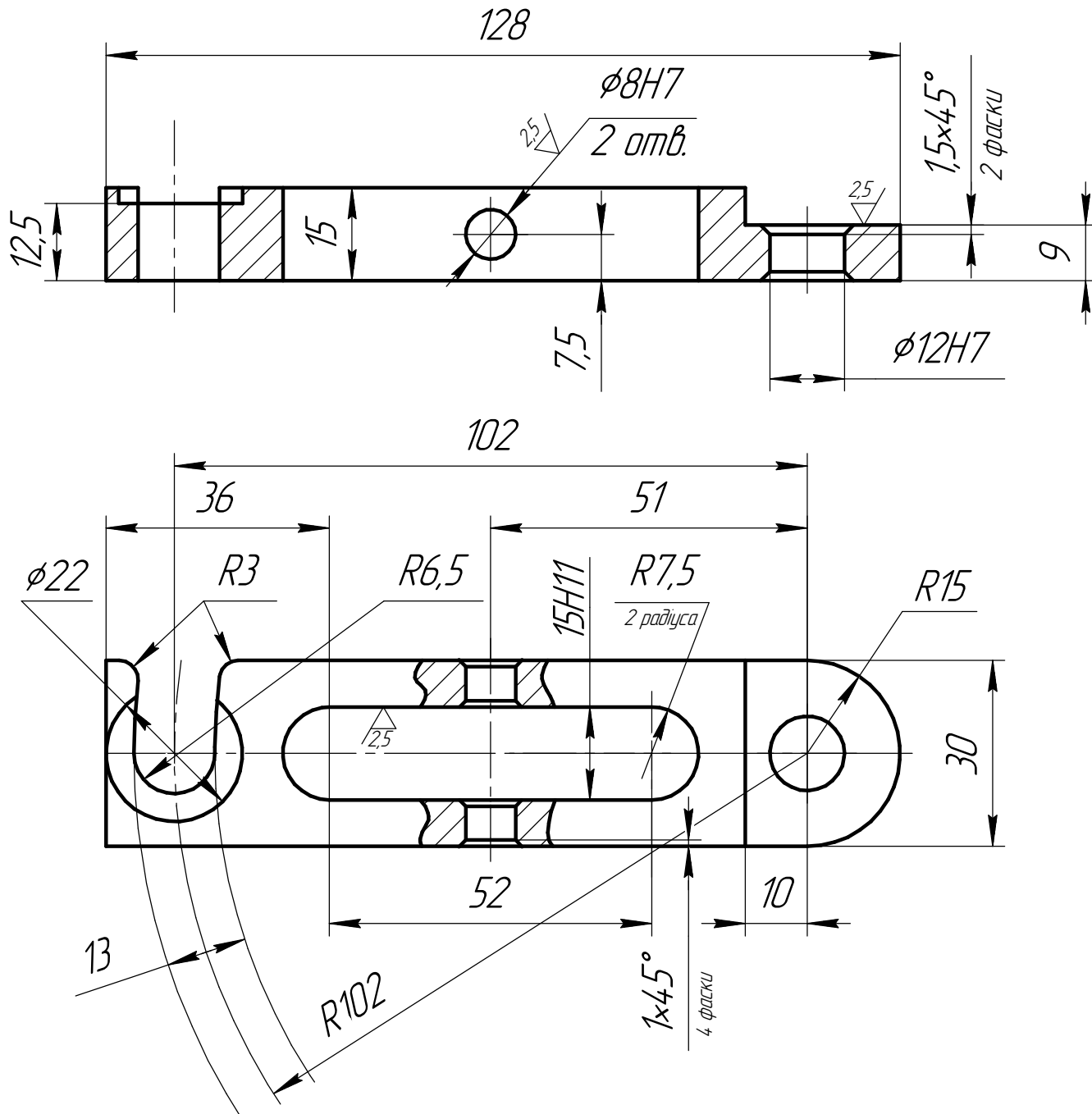
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДП ПБ9112.1702.008.03

Rz 40



1. HRC 40...45

2. Невказані граничні відхилення H12, h12, IT±12/2

ДП ПБ9112.1702.008.03

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Покрова Д.М.		
Пров.	Волошко О.В.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

Планка

Сталь 45
ГОСТ 1050-74

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ПБФ, 4курс

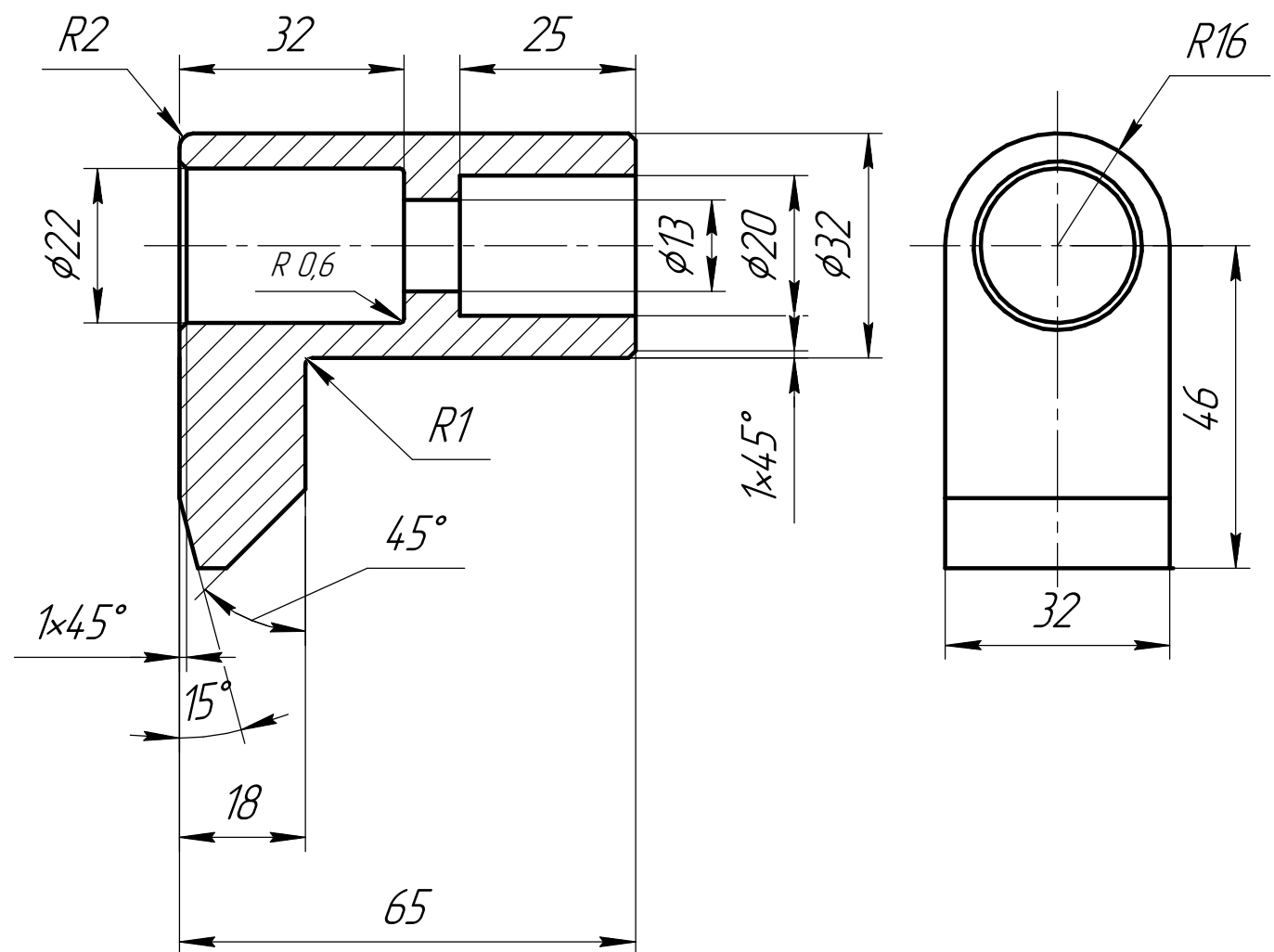
КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Справ. №

Перв. примен.

ДП ПБ9112.1702.008.04

10/ (✓)

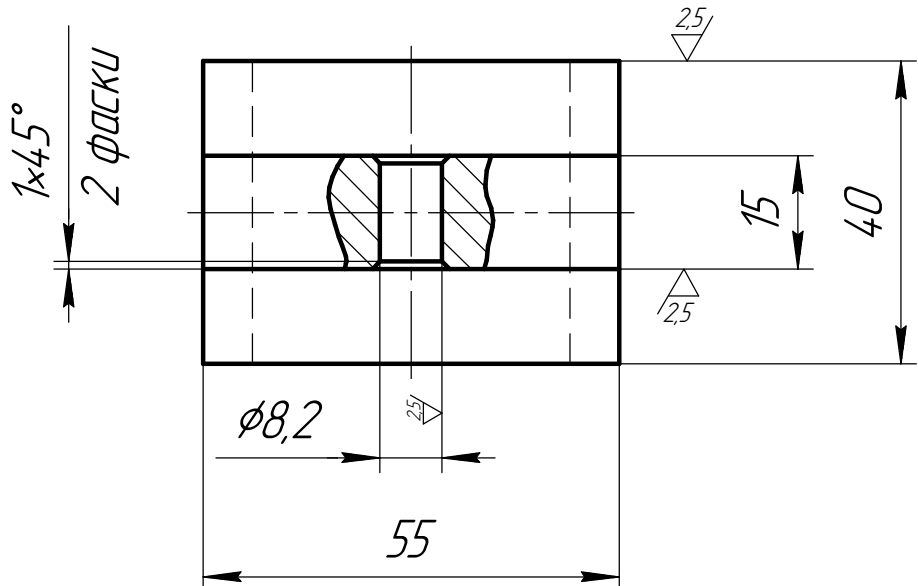
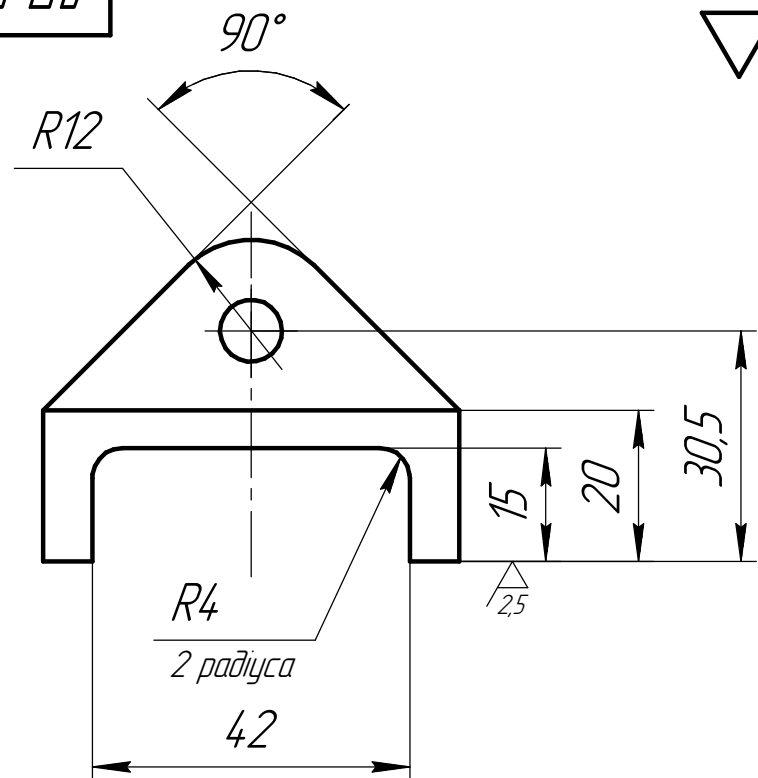


1 HRC 40...45
2 Невказані граничні відхилення H12, h12, IT±12/2

					ДП ПБ9112.1702.008.04				
					Прихват	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1
Разраб.	Покрова Д.М.								
Пров.	Волошко О.В.								
Т.контр.									
						Лист		Листов 1	
И.контр.					Сталь 20	ПБФ, 4курс			
Утв.					ГОСТ 1050-74				

ДП ПБ9112.1702.008.05

Rz40 (✓)



- 1 HRC 30...35
- 2 Невказані граничні відхилення H12, h12, IT±12/2

ДП ПБ9112.1702.008.05

Пятка

Сталь 45
ГОСТ 1050-74

Лист	Масса	Масштаб
1		1:1
Лист	Листов	1

ПБФ, 4 курс

Справ. №

Перв. примен.

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Покрова Д.М.		
Пров.		Волошко О.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

[illegible]

[illegible]

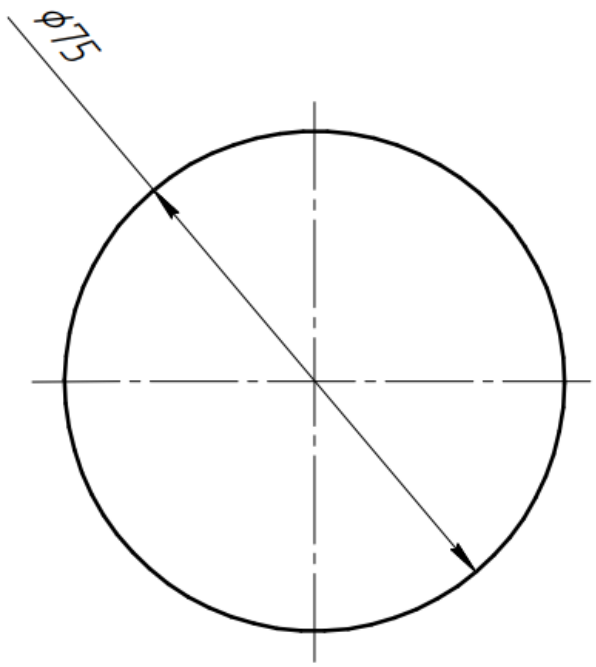
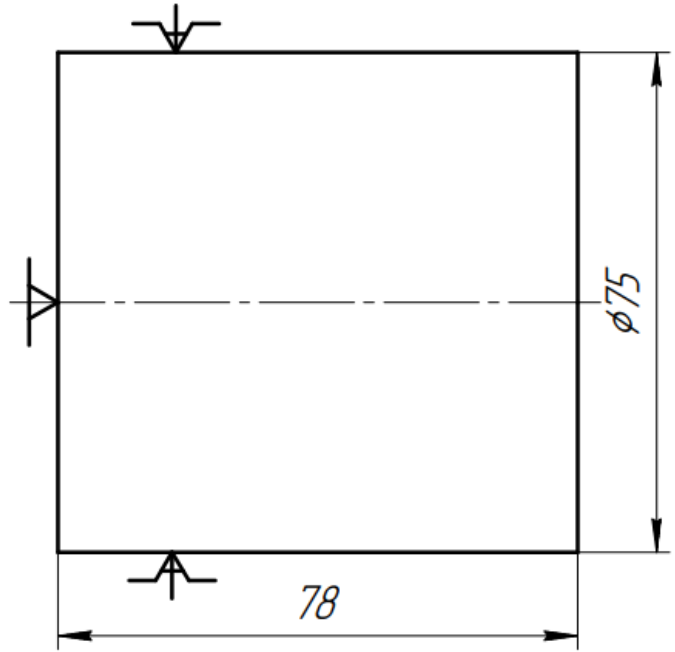
[illegible]

[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата		
Розроб.	Покрова Д.М.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДП ПБ9101.1702.001	
Перевірив	Волошко О.В.					
Затвердив						
Т.Контр.						
Н.Контр.						
					Шарнір приводу	

Rz200
▽

Номер операції
005



[illegible]

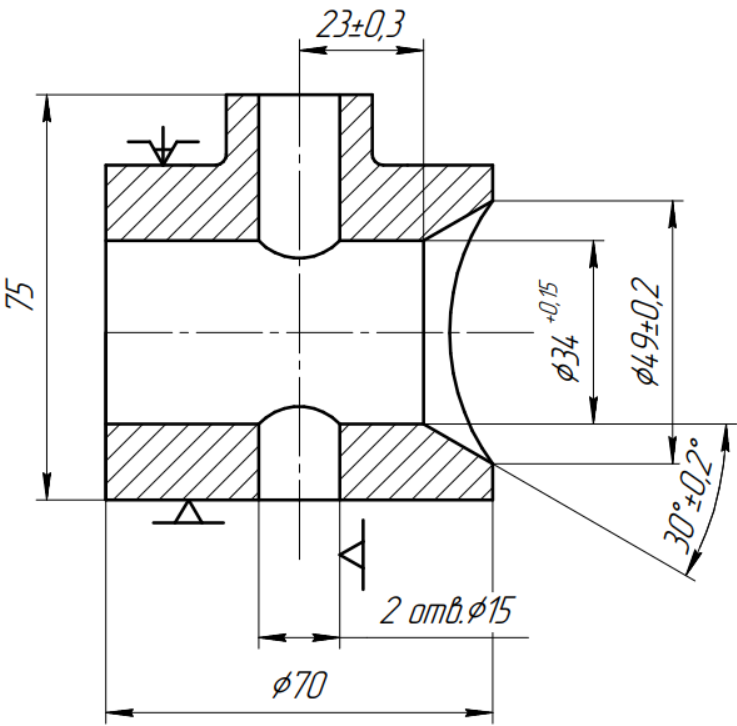
[illegible]

[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата		
Розроб.	Покрова Д.М.			КП ім. Ігоря Сікорського	ДП ПБ9101.1702.001	
Перевірив	Волошко О.В.					
Затвердив						
Т.Контр.						
Н.Контр.						
					Шарнір приводу	

Rz40
▽

Номер операції
025

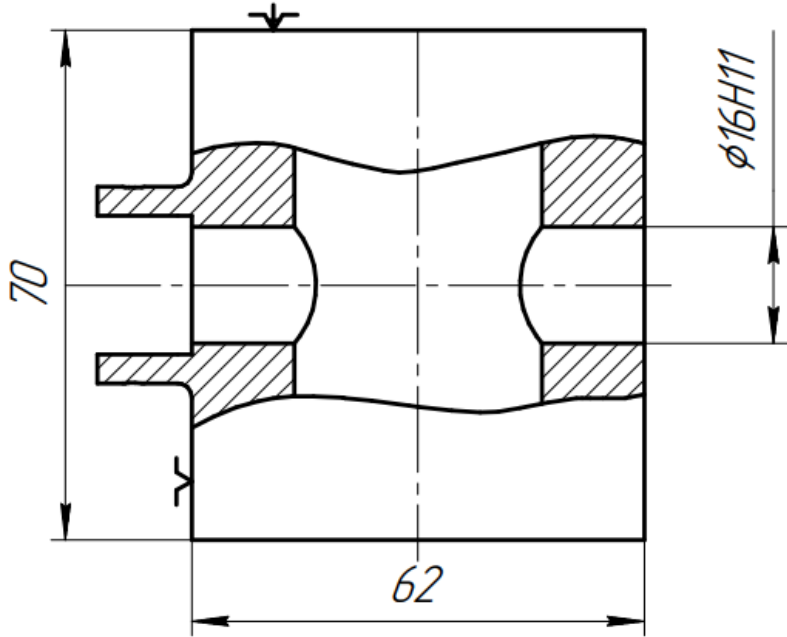


[illegible]

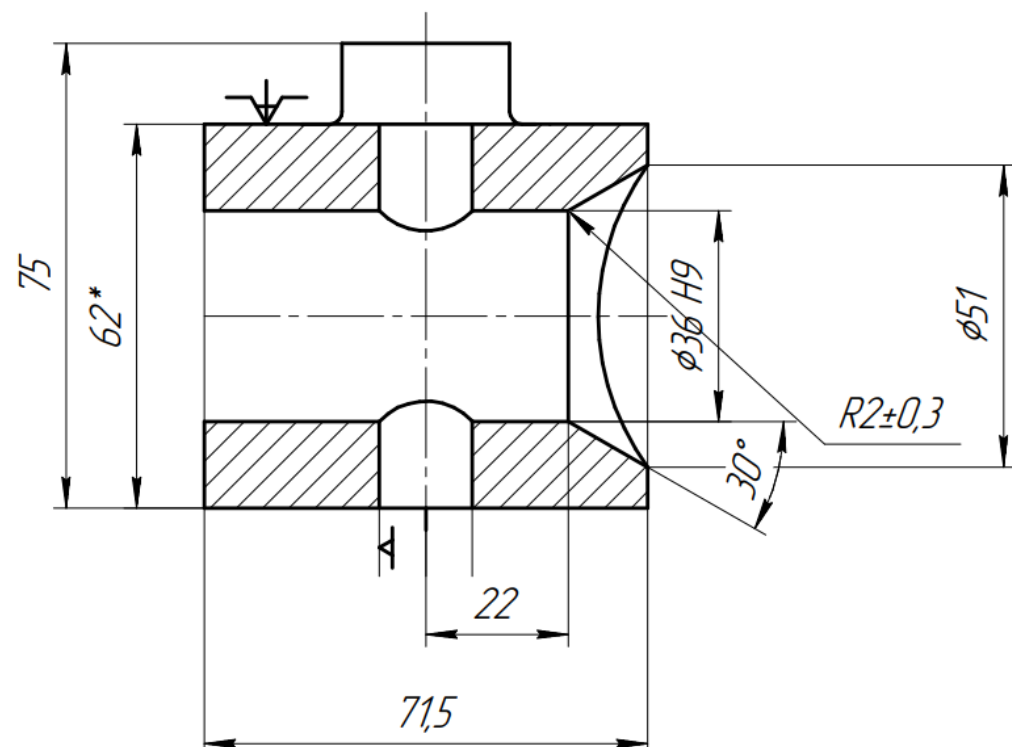
[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата	
Розроб.	Покрова Д.М.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДП ПБ9101.1702.001
Перевірив	Волошко О.В.				
Затвердив					
Т.Контр.					
Н.Контр.					Шарнір приводу

Номер операції
035



[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата		
Розроб.	Покрова Д.М.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДП ПБ9101.1702.001	
Перевірив	Волошко О.В.				Шарнір приводу	
Затвердив						
Т.Контр.						
Н.Контр.						
					Rz40	Номер операції
						040
						
Карта ескізів						

[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата

Розроб.	Покрова Д.М.		
Перевірив	Волошко О.В.		
Затвердив			
Т.Контр.			
Н.Контр.			

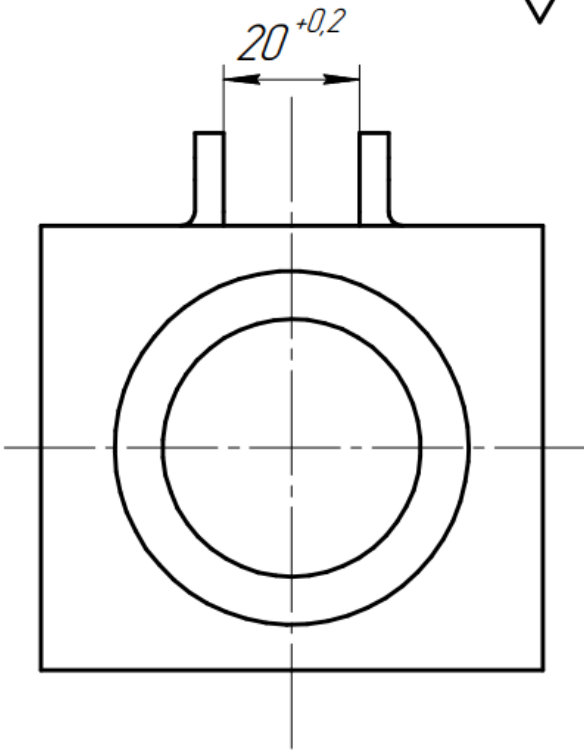
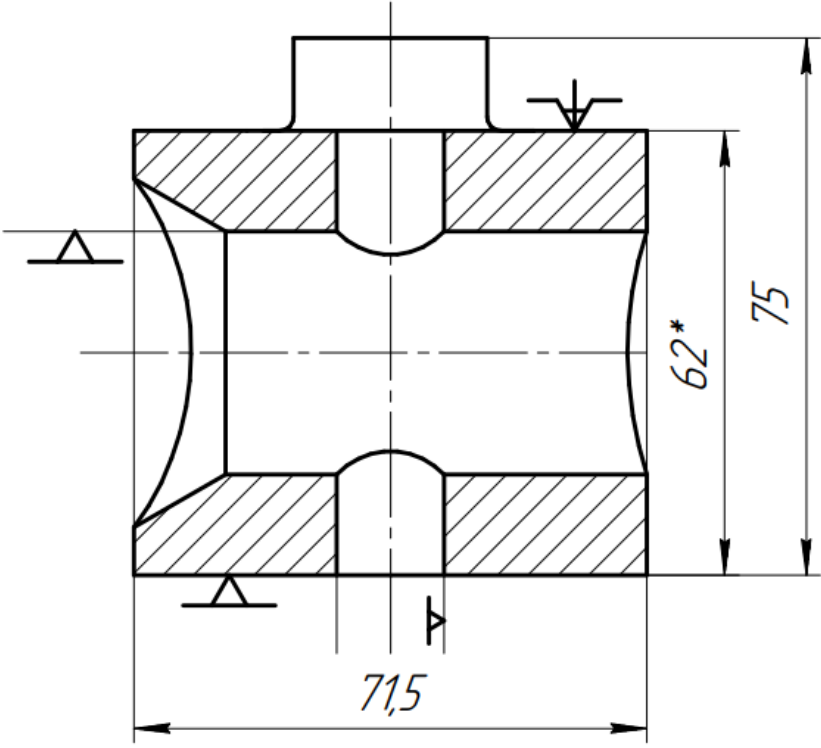
**КПІ ім. Ігоря
Сікорського**

ДП ПБ9101.1702.001

Шарнір приводу

Rz40
▽

Номер операції
045



[illegible]

Инв. № подл.	Підпис і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підпис і дата

Розроб.	Покрова Д.М.		
Перевірив	Волошко О.В.		
Затвердив			
Т.Контр.			
Н.Контр.			

**КПІ ім. Ігоря
Сікорського**

ДП ПБ9101.1702.001

Шарнір приводу

Номер операції
050

