

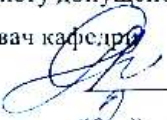
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Віктор АНТОНЮК
«2» 06 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»

спеціальності І51 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Гнучка виробнича ділянка для виготовлення корпусу підшипника»

Виконав:

Студент IV курсу, групи ПБ-71

Романенко Кирило Андрійович

Керівник:

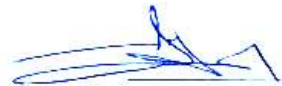
к.т.н., доцент

Подолян Олександр Олександрович

Рецензент:

к.т.н., доцент

Сокурєнко Вячеслав Михайлович



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

Студент



Київ – 2021 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ПБ7110.1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка	64	
3	A3	ДП ПБ7110.1702.001	Корпус підшипника	1	
4	A3	ДП ПБ7110.1702.002	Заготівка	1	
5	A1	ДП ПБ7110.1702.003 СК	Лещата пневматичні	1	
6	A1	ДП ПБ7110.1702.004 СК	Кондуктор	1	
7	A1	ДП ПБ7110.1702.005 СК	Пристосування для контролю	1	
8	A1	ДП ПБ7110.1702.006	План ділянки	1	
9	A4	ДП ПБ7110.1702.007	Специфікації	6	
10	A1	ДП ПБ7110.1702.008	Деталювання	1	
11	A4	ДП ПБ7110.1702.009	Карта ТП	22	

				ДП.ПБ7110.1702.000		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.				Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.					1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Гр. ПБ-71	
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Гнучка виробнича ділянка для
виготовлення корпусу підшипника»**

Київ – 2021 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

 Віктор АНТОНЧУК
«2» 06 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Романенко Кирилу Андрійовичу

1. Тема проекту «Гнучка виробнича ділянка для виготовлення корпусу підшипника», керівник проекту Подолян Олександр Олександрович, к.т.н. доцент, затверджені наказом по університету від «26» травня 2021 р. № 1347-с

2. Термін подання студентом проекту 2 червня 2021 рік

3. Вихідні дані до проекту: креслення деталі, номенклатура - 13 та програма випуску – 20000 шт.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

1.1 Опис деталі заданої на проектування 1.2 Вибір й обґрунтування методу отримання заготовки 1.3 Визначення типу виробництва 1.4 Визначення технологічності виробу 1.5 Проектування технологічного процесу виготовлення 1.5.1 Визначення конструкторських та технологічних баз 1.5.2 Вибір способів обробки окремих поверхонь 1.5.3 Розроблення маршруту механічної обробки деталі 1.5.4 Розроблення операційної технології виготовлення деталі 1.5.5 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь 1.5.6 Вибір обладнання та

інструменту для виготовлення й контролю 1.5.7 Розрахунок режимів різання та технічне нормування двох точних поверхонь

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.

2.1 Структурна схема ГВС 2.2 Проектування та розрахунок ГВС

2.2.1 Визначення кількості обладнання верстатного комплексу ГВС

2.2.2 Розрахунок та побудова системи інструментального забезпечення

2.2.2.1 Розрахунок величини оборотного фонду інструментів

2.2.2.2 Розрахунок та проектування секції зборки та налаштування

інструмента 2.2.2.3 Проектування секції обслуговування інструментів

робочих місць 2.2.3 Розрахунок та побудова транспортно-складської

системи (АТСС) 2.2.3.1 Розрахунок основних параметрів складської

системи. 2.3 Проектування та розрахунок технологічного оснащення

2.3.1 Проектування та розрахунок технологічного оснащення для

фрезерування 2.4 Проектування та розрахунок для контролю виробу 2.4.1

Контроль механічний напружень у деталі

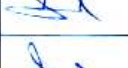
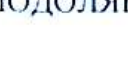
Висновок

ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу: креслення корпусу підшипника, креслення заготівки, складальне креслення лещат, складальне креслення кондуктора, складальне креслення пристосування для контролю, специфікації, деталювання, план ділянки, карта технологічного процесу.

6. Дата видачі завдання: 15.02.2021.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд та аналіз наукових досліджень та практичних напрацювань за темою дипломного проекту.	24 квітня 2021 р.	
2.	Створення моделі та креслення типової деталі. Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу підшипника.	1 травня 2021 р.	
3.	Розрахунок параметрів гнучкої виробничої системи.	8 травня 2021 р.	
4.	Створення схеми ділянки гнучкої виробничої системи.	15 травня 2021 р.	
5.	Проектування та розрахунок пристосувань.	22 травня 2021 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу.	29 травня 2021 р.	
7.	Подача дипломного проекту до перед захисту.	2 червня 2021 р.	

Студент



Кирило РОМАНЕНКО

Керівник



Олександр ПОДОЛЯН

Анотація

Темою даного дипломного проекту є розроблення та проектування гнучкої виробничої дільниці виготовлення корпусу підшипника.

Дипломний проект складається з технологічної та конструкторської частин.

У технологічній частині був зроблений опис деталі проектування та її призначення, визначено тип виробництва, розраховано показники технологічності деталі, обраний метод отримання заготовки, розроблені маршрутні та операційні карти процесу виготовлення деталі, обране технологічне обладнання, інструмент та пристосування для обробки деталі.

У конструкторській частині була визначена структурна схема гнучкої виробничої системи, спроектовано та розраховано ГВС, спроектовано та розраховано технологічне оснащення та пристосування для контролю.

Annotation

The topic of this thesis project is the development and design of a flexible production site for bearing housing.

The thesis project consists of technological and design parts.

The technological part describes the design part and its purpose, determines the type of production, evaluates the manufacturability of the part, selects the method of obtaining the workpiece, develops route and operational maps of the manufacturing process, selects technological equipment, tools and devices for processing parts.

The design part defines the structural scheme of the flexible production system, develops FMS, and designs technological equipment and devices for control.

Зміст

Анотація	6
Annotation	7
Перелік скорочень	10
Вступ.....	11
Технологічна частина	12
1.1 Опис деталі заданої на проектування	13
1.2 Вибір й обґрунтування методу отримання заготовки.....	14
1.3 Визначення типу виробництва	15
1.4 Визначення технологічності виробу	17
1.5 Проектування технологічного процесу виготовлення.....	19
1.5.1 Визначення конструкторських та технологічних баз	20
1.5.2 Вибір способів обробки окремих поверхонь	21
1.5.3 Розроблення маршруту механічної обробки деталі.....	22
1.5.4 Розроблення операційної технології виготовлення деталі	23
1.5.5 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь .	24
1.5.6 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення й контролю	32
1.5.7 Розрахунок режимів різання та технічне нормування двох точних поверхонь	39
2.Конструкторська частина	52
2.1 Структурна схема ГВС	53
2.2 Проектування та розрахунок ГВС	54
2.2.1Визначення кількості обладнання верстатного комплексу ГВС.....	54
2.2.2 Розрахунок та побудова системи інструментального забезпечення.....	57
2.2.2.1 Розрахунок величини оборотного фонду інструментів	57
2.2.2.2 Розрахунок та проектування секції зборки та налаштування інструмента	59
2.2.2.3Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць.....	60
2.2.3 Розрахунок та побудова транспортно-складської системи (АТСС)	64
2.2.3.1 Розрахунок основних параметрів складської системи.	65
2.3 Проектування та розрахунок технологічного оснащення.....	70
2.3.1 Проектування та розрахунок технологічного оснащення для фрезерування	70

2.3.2 Проектування та розрахунок технологічного оснащення для свердління	72
2.4 Проектування та розрахунок пристосування для контролю виробу	74
2.4.1 Контроль механічних напружень у деталі.....	75
Висновок	78
Список використаних джерела	79
Додатки.....	82

Перелік скорочень

ГВС – Гнучка виробнича система

РТК – Роботизований технічний комплекс

АТСС - автоматизована транспортно-складська система

АСІЗ - автоматизована система інструментального забезпечення

АСК - автоматизована система контролю

АСВВВ - автоматизована система видалення відходів виробництва

АСТПВ - автоматизована система технологічної підготовки виробництва

АСУТП - автоматизована система управління технологічним процесом

ЧПК – числове програмне керування

ГВД – гнучка виробнича діляниця

Вступ

Починаючи з кінця минулого століття, головним засобом збільшення ефективності виробництва стало впровадження інформаційних технологій у виробничий процес. Одним із важливих етапів розвитку виробництва стала поява поняття гнучкою виробничої системи (ГВС). Гнучка виробнича система (ГВС) - це керована засобами обчислювальної техніки сукупність технологічного обладнання, що складається з різних поєднань гнучких виробничих модулів і (або) гнучких виробничих осередків, автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва і системи забезпечення функціонування, володіє властивістю автоматизованої переналагодження при зміні програми виробництва виробів, різновиди яких, обмежені технологічними можливостями обладнання[25]. Головною особливістю ГВС стала наявність нового компонента - комп'ютерної системи управління, що дає змогу зв'язування окремих процесів та функцій в одну єдину систему, що забезпечує роботу верстатів у автоматичному режимі та потребує малої участі людини у процесі виготовлення продукції.

Автоматизація процесів виробництва дозволяє повне або часткове відсторонення людини від безпосередньої участі у виробничому процесі. У наш час, виробництво може бути прогресивним у тому випадку, якщо воно здатне за максимально короткий час переналагоджуватися на випуск нової продукції в залежності від зміни попиту замовників. В результаті вдається уникнути випуску продукції, що не має попиту, та марного витрачання матеріалу. Розвиток автоматизації на ранніх етапах характеризувався відсутністю динамічності та мобільності виробництва, що мало жорсткі АЛ та призначалися для масового виробництва. Однак, одиничне та серійне виробництво було майже неавтоматизованими. Саме тому виникла принципова нова концепція автоматизованого виробництва - гнучкі виробничі системи (ГВС), що дозволяють переходити с одного виду продукції на інший за малий проміжок часу та малою трудомісткістю.

Технологічна частина

1.1 Опис деталі заданої на проектування

Деталь «Корпус підшипника» ДП ПБ7110.1702.001 фіксує положення валу за допомогою вставленого у неї підшипника. Основним призначенням деталі є утримання мастильних матеріалів у підшипника та захисту внутрішніх механізмів від потрапляння пилу та бруду.

Конструкція деталі: циліндрична поверхня діаметром 100 мм. переходить у паралелепіпед розмірами 120 мм. на 110 мм. Деталь має 4 отвори з різьбою M12x1.75 для кріплення її до корпусу системи, у середині циліндричної поверхні Ø100 мм. є один глухий отвір Ø84 мм. з допуском поверхні Н8 та глухий отвір Ø70 мм. з допуском поверхні, також, Н8. Заготівка отримується за допомогою методу лиття.

Деталь виготовляється із сплаву Ст45Л ГОСТ 977-88. Даний матеріал найчастіше використовують для виготовлення станин, муфт, корпусів, гальмових дисків та інших деталей, котрим пред'являються вимоги підвищеної міцності та високого опору зносу, що працюють під дією статичних і динамічних навантажень.

Ст45Л – це конструкційний якісний сплав сталі. Позначення 45 говорить про те, що даний сплав містить 0,45% вуглецю и являється ливарною сталлю.

Таблиця 1.1

Хімічний склад у % сталі 45Л

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,42-0,5	0,2-0,52	0,4-0,9	0,3	До 0,045	До 0,04	До 0,3	До 0,3	~97

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі 45Л

$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{м}}, \text{МПа}$	$\delta_{\text{в}}, \%$	$\psi, \%$	$A_{\text{н}}, \text{Дж/см}^2$
Не більше				
600	400	12	20	24

де σ_b - тимчасовий опір; σ_m - границя текучості; δ_b - відносне подовження; ψ – відносне звуження.

1.2 Вибір й обґрунтування методу отримання заготовки

Метод отримання заготовки вибирають за наступними показниками[1]:

- конструкція деталі;
- матеріал;
- об'єм та серійність випуску;
- технічні вимоги для виготовлення;
- призначення деталі;

Для виготовлення деталі «Корпус підшипника» використовується матеріал Ст45Л ГОСТ 977-88. Заготовку такого матеріалу отримують за допомогою лиття.

У серійному виробництві зазвичай використовують такі методи отримання заготовки литтям: лиття у кокіль, лиття під тиском, лиття в оболонкові форми та відцентрове лиття .

Лиття у кокіль – це процес отримання виливок вільним литтям розплавленого металу у металічні форми – кокілі. Даний метод дозволяє отримати заготовки з шорсткістю $Rz\ 160-40$ мкм. з максимальним розміром заготовки 2000 мм. Товщина стінок при даному методі отримується у діапазоні від 3 мм до 100 мм. Коефіцієнт використання матеріалу у середньому від 0.75-0.85, а коефіцієнт відносної собівартості 1т. заготовок 1.2-1.5. Клас розмірної точності відливок 4-11[1].

Лиття під тиском дозволяє отримати точні заготовки із кольорових сплавів. Даний спосіб дозволяє отримати заготовку з шорсткістю $Rz\ 40-10$ мкм. з максимальним розміром заготовки 1200 мм. Товщина стінок при даному методі отримується у діапазоні від 5 мм до 6 мм. Коефіцієнт використання

матеріалу у середньому від 0.9-0.95, а коефіцієнт відносної собівартості 1т. заготовок 1.8-2.0. Клас розмірної точності відливок 3-7[1].

Лиття в оболонкові форми дозволяє отримати заготовку з шорсткістю Rz 160-40 мкм. з максимальним розміром заготовки 1500 мм. Товщина стінок при даному методі отримується в діапазоні від 2 мм до 12 мм. Коефіцієнт використання матеріалу у середньому від 0.8-0.95, а коефіцієнт відносної собівартості 1т. заготовок 1.5-2. Клас розмірної точності відливок 4-11[1].

Відцентрове лиття дозволяє отримати заготовку з шорсткістю Rz 320-80 мкм. з максимальним розміром заготовки 6000 мм. Товщина стінок при даному методі отримується в діапазоні від 2 мм до 4 мм. Коефіцієнт використання матеріалу у середньому від 0.7-0.9, а коефіцієнт відносної собівартості 1т. заготовок 0.6-0.7. Клас розмірної точності відливок 6-15[1].

Отже, лиття під тиском не підходить так як, даним методом отримують заготовки із кольорових сплавів, відцентрове лиття не забезпечить потрібної товщини стінок заготовки. Литтям у кокіль та у оболонкові форми можна отримати однакові параметри поверхонь заготовок, але собівартість заготовки при литті у оболонкові форми є більшою ніж при литті у кокіль. Тому для отримання заготовки обраний метод лиття у кокіль.

1.3 Визначення типу виробництва

Річна програма випуску деталей 20000 шт.

Цехова програма випуску деталей розраховується за такою формулою [26]:

$$W_{\text{ц}} = W_3 * K * \left(1 + \frac{\beta_1}{100}\right) * \left(1 + \frac{\beta_2}{100}\right) \quad (1.1)$$

Де,

W_3 – річна програма випуску виробів, шт;

$K = 1$ – кількість деталей у даному виробі;

$\beta_1 = 15\%$ – відсоток запасних деталей;

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

Тоді,

$$W_{\text{ц}} = 20000 * 1 * \left(1 + \frac{15}{100}\right) * \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 23460$$

Таблиця 1.3

Визначення типу виробництва в залежності від об'єму випуску, шт., і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньо серійне	Багатосерійне	Масове
Менше 1	Менше 10	10-1500	1500-100000	75000-200000	Більше 200000
1-2,5	Менше 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	Більше 100000
2,5-5	Менше 10	10-500	500-35000	35000-75000	Більше 75000
5-10	Менше 10	10-300	300-25000	25000-50000	Більше 50000
Більше 10	Менше 10	10-200	200-10000	10000-25000	Більше 25000

Отже, при $W_{\text{ц}} = 23460$ шт. та масі деталі у 2,53 кг. дане виробництво - серійне, а саме середньо серійне.

Як правило, у серійному виробництві цехи планують таким чином, щоб обладнання розташовувалося по ходу технологічного процесу. У результаті чого між робочими місцями утворюються прості зв'язки, що дозволяє організувати прямоточне переміщення деталей під час обробки.

Серійне виробництво характеризують, як виробництво з вищою продуктивністю праці, нижчою собівартістю продукції та коротшим виробничим циклом, ніж одиничне виробництво[2].

Перевагою серійного виробництва є скорочення використання матеріалу, так як зменшуються припуски на обробку та підвищується точність

заготівки. При виготовленні деталей великими партіями впроваджуються більш прогресивні технологічні процеси у заготівельних цехах та цехах механічної обробки[2].

Головною особливістю серійного виробництва є виготовлення деталей партіями, що запускаються у виробництво одночасно, де партія – це кількість деталей, що одночасно оброблюється з однієї наладки обладнання[3].

Кількість деталей у одній партії визначається за наступною формулою:

$$n_p = \frac{W_{\text{ц}} * t}{F} \quad (1.2)$$

Де,

$W_{\text{ц}}$ =23460 шт. – річна програма випуску,

t =7 днів – запас деталей на складі,

F =253 дні – кількість робочих днів за рік.

$$n_p = \frac{23460 * 7}{253} = 649$$

Отже, у одній партії деталей вийшло 649 шт.

1.4 Визначення технологічності виробу

Одним із факторів, котрі впливають на характер технологічних процесів є технологічність деталі. Для оцінки технологічності деталі достатньо розрахувати комплексний показник технологічності у котрий входить значення коефіцієнту використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки та коефіцієнт шорсткості поверхні. Проведемо розрахунки даних коефіцієнтів[2]:

1. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_d}{M_3} \quad (1.3)$$

Де:

M_d - маса деталі, котра дорівнює 2530 г.

M_3 - маса заготовки, котра дорівнює 2921 г.

$$K_M = \frac{2530}{2921} = 0,866$$

2. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (1.4)$$

Де:

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} - \text{середній квалітет точності}$$

A_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – i -й розмір, який оброблюється.

$$A_{cp} = \frac{13 * 10 + 9 * 9}{22} = 9,5$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,89$$

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_T = 1 - \frac{1}{B_{cp}} \quad (1.5)$$

Де,

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i * n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} - \text{середній умовний показник шорсткості};$$

B_i – умовний показник шорсткості i -ої поверхні;

n_i – i -а обробляюча поверхня.

$$B_{cp} = \frac{13 * 6,3 + 9 * 3,2}{22} = 5,03$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{5,03} = 0,8$$

4. Комплексний показник технологічності:

$$K_K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i * K_{iB}}{\sum_{i=1}^n K_{iB}} \quad (1.6)$$

Де,

K_i – поточний показник технологічності;

K_{ie} – вага кожного показника технологічності в загальному значенні.

Для розрахунку комплексного показника технологічності потрібно визначити вагу кожного показника технологічності в залежності від потрібних вимог до деталі. Так як матеріал для виготовлення деталі не є дорогим, а деталь потрібно отримати точну, то вагові коефіцієнти розподілені наступним чином:

$$K_{iBM}=0,3;$$

$$K_{iT}=0,35;$$

$$K_{iBM}=0,35;$$

Тоді,

$$K_K = \frac{0,3 * 0,866 + 0,35 * 0,89 + 0,35 * 0,8}{1} = 0,85$$

Висновок: оскільки комплексний показник технологічності $K_K = 0,85 < 1$, то деталь є технологічна та може запускатися у серійне виробництво.

1.5 Проектування технологічного процесу виготовлення

Виробничий процес – підготовка засобів виробництва та організація обслуговування робочих місць; одержання та зберігання матеріалів і напівфабрикатів; складання виробів у процесі виробництва та доставка на склад готової продукції; технічний контроль на всіх стадіях виробництва, включаючи випробування готових виробів тощо. Виробничий процес містить ряд операцій, які поділяють на основні та допоміжні[2].

До основних належать процеси виготовлення деталей і складання з них приладів, а до допоміжних – виготовлення та заточування інструменту, ремонт та обслуговування обладнання, внутрішньозаводське транспортування та зберігання тощо[2].

Основним компонентом виробничого процесу являється технологічний процес виготовлення деталі. Технологічні процеси механічної обробки супроводжуються зміною форми заготовки, термічних, фізичних і механічних

властивостей матеріалу[3]. Технологічний процес розроблюється таким чином, щоб затрати часу та праці на виготовлення деталі були мінімальними.

1.5.1 Визначення конструкторських та технологічних баз

Базою називається сукупність поверхонь, ліній та точок, що визначає положення деталі при її роботі у вузлу чи при її установці на верстаті у процесі виготовлення[4]. Базы поділяються на технологічні та конструкторські.

Конструкторськими базами називають бази, що визначають положення деталі відносно інших деталей машин чи приборів у процесі роботи[4].

Технологічні бази це ті бази, які використовують у процесі виготовлення деталі. До технологічних баз відносяться установчі та вимірювальні бази. Установча база – це сукупність поверхонь, ліній та точок, що визначають положення деталі відносно верстата та інструмента при її установці у процесі виготовлення[4]. Вимірювальні бази – це поверхня деталі від якої виконується відлік розмірів до обробляючих поверхонь[4].

При виборі установчих баз важливо дотримуватися наступних положень:

- При виготовленні деталей із заготовок, отриманих литтям першою установчою базою буде чорнова необроблена поверхня, котру у подальшому замінять обробленою. За чорнову базу приймають найбільш чисті поверхні без слідів літників та виштовхувачів, з найменшим припуском на поверхню[4];
- Кількість установчих баз у технологічному процесі повинна бути мінімальною. Так як, від кількості установчих баз залежить загальна похибка установки і тому, чим більша кількість установчих баз, тим більша буде похибка;
- Бажано, щоб установча база збігалася з вихідною[4];
- У якості установчих поверхонь слід приймати найбільш точні поверхні;

- Установчі поверхні повинні бути такими, щоб сили різання та затиску не викликали надмірну деформацію поверхні[4].
- Прийняті бази повинні забезпечити простоту і надійність пристосування зі зручною установкою, кріпленням та зняттям деталі[4].

Проаналізувавши конструкцію деталі були обрана основна конструкторська база А.

Першою установчою чорною базою обрана циліндрична поверхня Ø100 мм., для обробки наступної чистової установчої бази Ø50 мм., так як вона має найменший припуск.

1.5.2 Вибір способів обробки окремих поверхонь

Спосіб обробки поверхні заготовки визначають в залежності від вимог, які пред'являють до якості та точності готової деталі, з урахуванням властивостей матеріалу та вихідної характеристики заготовки.

При визначені способу обробки поверхні заготовки потрібно прагнути того, щоб кількість переходів при обробці поверхні заготовки була мінімальною. Бажано, щоб обробка поверхонь відбувалася одним і тим же способом для більшості поверхонь заготовки.

Способи обробки окремих поверхонь деталі «Корпус підшипника» представлений у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Спосіб обробки окремих поверхонь деталі

Найменування поверхні	Квалітет точності	Шорсткість, Ra	Вид механічної обробки
Циліндрична Ø100 мм.	10	6,3	Точіння чорнове, напівчистове
Торець Ø100 мм.	10	6,3	Точіння чорнове, чистове
Фаска 2x45° мм.	10	6,3	Точіння чистове

Продовження таблиці 1.4

Отвір Ø84H8 мм.	8	3,2	Розточування чорнове, напівчистове
Отвір Ø70H8 мм.	8	3,2	Розточування чорнове, напівчистове
Отвір Ø50 мм.	10	6,3	Фрезерування чорнове
Канавка Ø65 мм.	9	3,2	Розточування чорнове, напівчистове
Плоска довжиною 120 мм., шириною 20 мм.	10	6,3	Фрезерування чорнове
Плоска довжиною 110 мм., шириною 20 мм.	10	6,3	Фрезерування чорнове
Плоска довжиною 120 мм., шириною 110 мм.	10	6,3	Фрезерування чорнове
Фаска 1x45° мм.	10	6,3	Точіння чистове
Різьба M12x1.75	10	6,3	Свердління, зенкування, нарізання різьби.

1.5.3 Розроблення маршруту механічної обробки деталі

Маршрут механічної обробки деталі є дуже відповідальною задачею з великою кількістю можливих варіантів її реалізації. Маршрут механічної обробки представляє собою послідовність технологічних операцій, котрі скомпоновані в залежності від послідовності обробки окремих поверхонь.

При розробці маршруту механічної обробки слід врахувати, що перш за все оброблюються поверхні, котрі є технологічними базами та використовуються для подальшої обробки інших поверхонь. Маршрут механічної обробки деталі «Корпус підшипника» включає у себе такі операції:

005 Заготівельна (Лиття у кокіль)

010 Фрезерна

015 Фрезерна

020 Токарна

025 Токарна

030 Свердлильна

035 Контроль

Підсумки розроблення маршруту механічної обробки деталі вносяться у технологічну маршрутну карту.

1.5.4 Розроблення операційної технології виготовлення деталі

На даному етапі формується операційна карта виготовлення деталі. Операційна карта — це технологічний документ, який містить опис технологічної операції із зазначенням змісту переходів, режимів обробки і відомостей про засоби технологічного оснащення[5].

Операційна карта є основним документом, по якому визначаються потрібні матеріали, устаткування, робоча сила, вирішуються питання організації та планування виробництва[6].

Операційна карта формується за результатами проектування технологічної операції. Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус підшипника» наступний:

005 Заготівельна

1. Лиття у кокіль

010 Фрезерна

1. Встановити, закріпити, зняти
2. Фрезерувати поверхні довжиною 120 мм., шириною 20 мм.
3. Фрезерувати поверхні довжиною 110 мм., шириною 20 мм.
4. Фрезерувати поверхню довжиною 110 мм., шириною 120 мм.
5. Фрезерувати отвір Ø50 мм.

015 Фрезерна

1. Перевстановити, закріпити, зняти
2. Фрезерувати поверхню довжиною 110 мм., шириною 120 мм.

020 Токарна

1. Встановити, закріпити, зняти
2. Точити циліндричну поверхню Ø100 мм.
3. Точити торець Ø100 мм.

4. Точити фаску $2 \times 45^\circ$ мм.
5. Розточити отвір $\varnothing 84H8$ мм.
6. Розточити отвір $\varnothing 70H8$ мм.
7. Точити внутрішній торець $\varnothing 84$ мм.
8. Точити внутрішній торець $\varnothing 70$ мм.

025 Токарна

1. Перевстановити, закріпити, зняти
2. Розточити отвір $\varnothing 84H8$ мм.
3. Точити внутрішній торець $\varnothing 84$ мм.
4. Точити фаску $1 \times 45^\circ$ мм.
5. Розточити канавку $\varnothing 64$ мм.

030 Свердлильна

1. Встановити, закріпити, зняти
2. Центрувати 4 отвори $\varnothing 1,6$ мм.
3. Свердлити 4 отвори $\varnothing 10,2$ мм.
4. Зенкувати 4 отвори $\varnothing 10,2$ мм. на глибину 2 мм.
5. Нарізати різьбу на 4 отвори $\varnothing 10,2$ мм.

035 Контроль

1. Контроль радіального биття точних поверхонь.
2. Контроль механічних напружень.

Карта технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника» представлена у додатках.

1.5.5 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь

Припуск – це шар матеріалу, котрий видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюючої поверхні деталі[7].

Припуск на обробку поверхні деталі може бути назначений за відповідними довідковими таблицями, ГОСТами або на основі розрахунково-аналітичних методів визначення припусків[7].

За допомогою ГОСТів та довідникових таблиць припуски на обробку поверхонь визначаються незалежно від технологічного процесу обробки деталі та умов його виконання. Зазвичай при такому визначенні припусків вони є завищеними.

Розрахунково-аналітичний метод розрахунку припусків базується на аналізі факторів, котрі впливають на припуск попередніх та виконуваного переходів технологічного процесу обробки деталі[7]. Розрахунок припусків за даним методом представляє розрахунок припуску за всіма послідовно виконуваними переходами обробки поверхні деталі (проміжні припуски), їх суму для визначення загального припуску обробки поверхні та розрахунок проміжних розмірів[7].

Розрахунково-аналітичний метод дозволяє отримати більш точні значення припусків для обробки поверхні, що значно скорочує витрати матеріалу у порівнянні з табличним методом.

Мінімальний припуск на обробку деталі розраховують за такими формулами[7]:

При послідовній обробці протилежних поверхонь (односторонній припуск):

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (1.7)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь (двосторонній припуск):

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i) \quad (1.8)$$

При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск):

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.9)$$

Де,

Rz_{i-1} – висота нерівності профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні;

ε_i – погрішність установки заготовки на виконуваному переході.

Максимальний припуск на обробку поверхні деталі розраховується за наступними формулами[7]:

Зовнішніх поверхонь:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + TD_{i-1} - TD_i \quad (1.10)$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + TD_{i-1} - TD_i \quad (1.11)$$

Внутрішніх поверхонь:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + Td_{i-1} - Td_i \quad (1.12)$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + Td_{i-1} - Td_i \quad (1.13)$$

Де,

TD_{i-1} та Td_{i-1} – допуски розмірів на попередньому переході;

TD_i та Td_i – допуски розмірів на виконуваному переході.

Розрахунок проміжних розмірів проводиться за наступними формулами:

Зовнішніх поверхонь:

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + z_{\min i} \quad (1.14)$$

$$a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + T_{i-1} \quad (1.15)$$

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2z_{\min i} \quad (1.16)$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + T_{Di-1} \quad (1.17)$$

Внутрішніх поверхонь:

$$a_{\max i-1} = a_{\max i} - z_{\min i} \quad (1.18)$$

$$a_{\min i-1} = a_{\max i-1} - T_{i-1} \quad (1.19)$$

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2z_{\min i} \quad (1.20)$$

$$D_{\min i-1} = D_{\max i-1} - T_{Di-1} \quad (1.21)$$

Де,

$z_{\min i}$ – мінімальний припуск на сторону на виконуваному переході;

$2z_{\min i}$ – мінімальний припуск на дві сторони на виконуваному переході;

$a_{\min i-1}$, $D_{\min i-1}$, $a_{\max i-1}$, $D_{\max i-1}$ – найменші та найбільші граничні розміри, отримані на попередньому переході;

$a_{\min i}$, $D_{\min i}$, $a_{\max i}$, $D_{\max i}$ – найменші та найбільші граничні розміри, отримані на виконуваному переході;

Сумарне відхилення розташування поверхні розраховується за такою формулою[7]:

$$\Delta_{\Sigma i} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{зм}}^2} \quad (1.22)$$

Де,

$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} * L$ – відхилення плоскої поверхні відливки від площиності;

L – довжина відливки;

$\Delta_{\text{зм}}$ – зміщення стрижня у горизонтальній та вертикальній площині.

За даними формулами були розраховані припуски на обробку двох точних поверхонь Ø84H8 мм. та Ø70H8 мм.

Розрахунок припусків на обробку поверхні Ø84H8 мм.:

Обробка даної поверхні складається з:

- Заготівка;
- Розточування чорнове;
- Розточування напівчистове;

Обробка даної поверхні ведеться при одному закріпленні на токарному верстаті с ЧПК у патроні.

Розрахунок мінімального припуску для напівчистового розточування:

$$2Z_{i\min} = 2 * (25 + 25 + \sqrt{19^2 + 80^2}) = 264 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімального припуску для чорнового розточування:

$$2Z_{i\min} = 2 * (100 + 150 + \sqrt{315^2 + 80^2}) = 1150 \text{ мкм.}$$

Розрахунок максимального припуску для напівчистового розточування:

$$2Z_{i\max} = 264 + 350 - 56 = 560 \text{ мкм.}$$

Розрахунок максимального припуску для чорнового розточування:

$$2Z_{i\max} = 1150 + 870 - 350 = 1670 \text{ мкм.}$$

Розрахунок проміжного розміру для чорнового розточування:

$$D_{\max i-1} = 84,054 - 0,264 = 83,789 \text{ мм.}$$

$$D_{\min i-1} = 83,789 - 0,350 = 83,439 \text{ мм.}$$

Розрахунок проміжного розміру для заготівки:

$$D_{\max i-1} = 83,789 - 1,15 = 82,639$$

$$D_{\min i-1} = 82,639 - 0,87 = 81,769$$

Отримані результати розрахунків представлені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Припуски на механічну обробку отвору Ø84H8 мм.

Операція та перехід	Елементи припуску				Розрахунок припуску $2Z_{\min}$, мкм.	Розрахунковий розмір, мм.	Допуск, мкм.	Розміри по переходам, мм.		Припуск, мм.	
	Rz	h	Δ	ϵ				max	min	max	min
Заготівка	100	150	315	-	-	82,6	870	82,639	81,769	-	-
Розточування:											
Чорнове	25	25	19	80	1150	83,8	350	83,789	83,439	1,67	1,15
Чистове	12,5	12,5	1	80	264	84,054	54	84,054	84	0,56	0,264
Сума	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,23	1,414

Перевірка правильності отриманих результатів проводиться за такою формулою[7]:

$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{D3} - T_{Dд} \quad (1.23)$$

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = T_3 - T_д \quad (1.24)$$

Де,

$Z_{o \max}$, $Z_{o \min}$, $2Z_{o \max}$, $2Z_{o \min}$ – відповідно максимальний та мінімальний припуск на обробку поверхні;

T_{D3} , $T_{Dд}$, T_3 , $T_д$, - допуски розмірів поверхонь.

Тоді, $2Z_{o \max} = 2,590$ мм., $2Z_{o \min} = 1,774$ мм., $T_{D3} = 0,87$ мм., $T_{Dд} = 0,054$ мм.

$$2,23 - 1,414 = 0,87 - 0,054$$

$$0,816 \text{ мм.} = 0,816 \text{ мм.}$$

Отже, розрахунки вірні, загальний мінімальний припуск на обробку поверхні Ø84Н8 мм. дорівнює $1150 + 264 = 1414$ мкм. або 1,414 мм., тоді розмір даного отвору у заготівці буде дорівнювати 82,6 мм. приймаємо 82 мм.

Розрахунок припусків на обробку поверхні Ø70Н8 мм.:

Обробка даної поверхні складається з:

- Заготівка;
- Розточування чорнове;
- Розточування напівчистове;

Обробка даної поверхні ведеться при одному закріпленні на токарному верстаті с ЧПК у патроні.

Розрахунок мінімального припуску для напівчистового розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 * (25 + 25 + \sqrt{19^2 + 80^2}) = 264 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімального припуску для чорнового розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 * (100 + 150 + \sqrt{308^2 + 80^2}) = 1136 \text{ мкм.}$$

Розрахунок максимального припуску для чистового розточування:

$$2Z_{i \max} = 264 + 300 - 120 = 518 \text{ мкм.}$$

Розрахунок максимального припуску для чорнового розточування:

$$2Z_{i \max} = 1136 + 700 - 300 = 1576 \text{ мкм.}$$

Розрахунок проміжного розміру для чорнового розточування:

$$D_{\max i-1} = 70,046 - 0,264 = 69,781 \text{ мм.}$$

$$D_{\min i-1} = 69,781 - 0,3 = 69,481 \text{ мм.}$$

Розрахунок проміжного розміру для заготівки:

$$D_{\max i-1} = 69,781 - 1,15 = 68,645$$

$$D_{\min i-1} = 68,645 - 0,74 = 67,905$$

Отримані значення розрахунків представлені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Припуски на механічну обробку отвору Ø70H8 мм.

Операція та перехід	Елементи припуску				Розрахунок припуску $2Z_{\min}$, мкм.	Розрахунковий розмір, мм.	Допуск, мкм.	Розміри по переходам, мм.		Припуск, мм.	
	Rz	h	Δ	ϵ				max	min	max	min
Заготівка	100	150	308	-	-	68,645	740	68,645	67,905	-	-
Розточування:											
Чорнове	25	25	19	80	1136	69,781	300	69,781	69,481	1,576	1,136
Напівчистове	12,5	12,5	1	80	264	70,046	46	70,046	70	0,518	0,264
Сума	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,094	1,4

Перевірка правильності отриманих результатів проводиться за такою формулою:

$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{D3} - T_{Dд} \quad (1.25)$$

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = T_3 - T_д \quad (1.26)$$

Де,

$Z_{o \max}$, $Z_{o \min}$, $2Z_{o \max}$, $2Z_{o \min}$ – відповідно максимальний та мінімальний припуск на обробку поверхні;

T_{D3} , $T_{Dд}$, T_3 , $T_д$ - допуски розмірів поверхонь.

Тоді, $2Z_{o \max} = 2,094$ мм., $2Z_{o \min} = 1,4$ мм., $T_{D3} = 0,74$ мм., $T_{Dд} = 0,046$ мм.

$$2,094 - 1,4 = 0,74 - 0,046$$

$$0,694 \text{ мм.} = 0,694 \text{ мм.}$$

Отже, розрахунки вірні, загальний мінімальний припуск на обробку поверхні Ø70H8 мм. дорівнює $1136 + 264 = 1400$ мкм. або 1,4 мм., тоді розмір даного отвору у заготівці буде дорівнювати 68,6 мм. приймаємо 68 мм.

1.5.6 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення й контролю

Верстат для кожної операції обирається таким чином, щоб його параметри мали змогу забезпечити потрібні параметри поверхонь деталі такі як, точність та якість поверхонь.

Для технологічних операцій обробки поверхонь деталі були обрані такі верстати:

- Верстат токарний з ЧПК OPTIturn L 34HS;
- Верстат вертикально-фрезерний з ЧПК Оптимум F80
- Верстат свердлильний JET JMD-45PFD

Для токарної операції був обраний токарний верстат з ЧПК OPTIturn L 34HS, технічні характеристики якого наведені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Технічні характеристики верстату з ЧПК OPTIturn L 34HS

Загальна споживана потужність	6,5 кВт 380В ~50Гц
Привід шпинделя	3,7 кВт
Частота обертання шпинделя	30 — 4000 об/мин
Крутний момент двигуна	23,6 Нм
Крутний момент шпинделя	40 Нм
Найбільша довжина оброблюваної деталі	800 мм.

Найбільший Ø обробки над супортом	Ø 152 мм
Найбільший Ø обробки над станиною	Ø 340 мм
Ширина станини	208 мм
Токарний патрон	Ø 160 мм

Продовження таблиці 1.7

Кількість інструменту	8
Макс. розмір державки різця	16 x 16 мм
Переміщення по осі X	185 мм.
Переміщення по осі Z	540 мм.
Швидкість робочої подачі по осі X	До 6000 мм/хв
Швидкість робочої подачі по осі Z	До 8000 мм/хв
Висота державки різця	120 мм.
Габаритні розміри (ДхШхВ)	1950 x 1430 x 1713 мм
Маса верстата	1300

Для фрезерної операції був обраний верстат вертикально-фрезерний з ЧПК Оптимум F80 , технічні характеристики якого наведені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8.

Технічні характеристики верстата вертикально-фрезерний з ЧПК
Оптимум F80

Загальна споживана потужність	9,5 кВт 380 В ~50 Гц
Привід шпинделя	2,2 кВт
Крутний момент шпинделя	14 Нм
Число оборотів шпинделя	50 - 8 000 об/хв
Максимальний діаметр торцевої фрези	60 мм.

Максимальний діаметр кінцевої фрези	30 мм
Розмір столу, Д х Ш	800x260 мм.
Відстань шпиндель-стіл	75 - 450 мм.
Максимальний діаметр інструмента	104 мм.
Переміщення Ось Х	520 мм.
Переміщення Ось У	210 мм.

Продовження таблиці 1.7

Робоча подача (осі Х, Y, Z)	До 10 000 мм / хв
Габаритні розміри (ДхШхВ)	1080 x 1010 x 1300 мм.
Маса верстата	1900 кг.

Для свердлильної операції був обраний верстат свердлильний JET JMD-45PFD, технічні характеристики якого наведені у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9.

Технічні характеристики верстата свердлильний JET JMD-45PFD

Загальна споживана потужність	2,5 кВт
Потужність приводу шпинделя	1,2 кВт
Виліт шпинделя	250 мм.
Число оборотів шпинделя	50-2500 об/хв
Максимальний діаметр свердління	32 мм./M20
Розмір столу, Д х Ш	825x240 мм.
Відстань шпиндель-стіл	460 мм.
Подачі	0,12-0,5 мм/об.
Переміщення Ось Х	520 мм.
Переміщення Ось У	210 мм.
Габаритні розміри (ДхШхВ)	1080 x 1010 x 1300 мм.
Маса верстата	340 кг.

При виборі інструмента для механічної обробки деталі необхідно виходити з того, який спосіб обробки поверхні деталі, форма деталі, тип верстата, розташування обробляючих поверхонь, механічних властивостей матеріалу заготовки.

Обраний інструмент повинен забезпечити отримання заданих розмірів та точності форми деталі, шорсткості поверхні, потрібну продуктивність та стійкість. Також інструмент повинен бути стійким до вібрацій, досить міцним та економічним.

Для обробки зовнішніх поверхонь на токарному верстаті був обраний прямий упорний різець з пластинами із твердого сплаву з кутом у плані 90° 2101-0003 ГОСТ 18879-73.

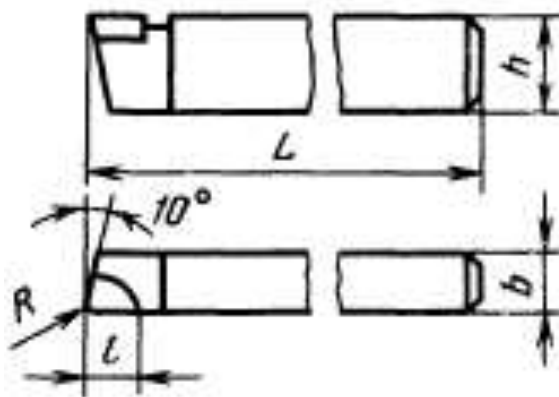


Рис.1.1 упорний різець з пластинами із твердого сплаву з кутом у плані 90° ГОСТ 18879-73

Де, $h = 10$ мм., $b = 10$ мм., $L = 60$ мм., $R = 0,4$ мм.

Для обробки фасок був обраний різець відігнутий 2102-1099 ГОСТ 18877-73.

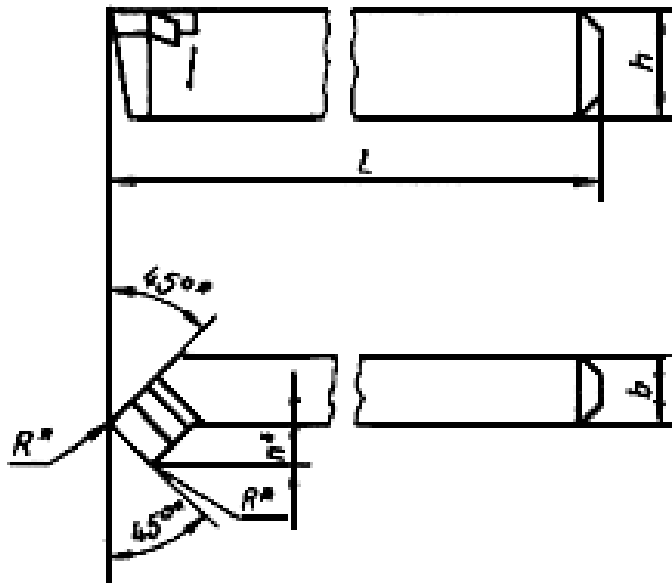


Рис. 1.2 різець відігнутий 2102-1099 ГОСТ 18877-73

Де, $h = 10$ мм., $b = 10$ мм., $L = 90$ мм., $R = 0,4$ мм.

Для обробки внутрішніх поверхонь на токарному верстаті був обраний розточувальний різець з кутом у плані 95° 2141-0025 ГОСТ 18883-73.

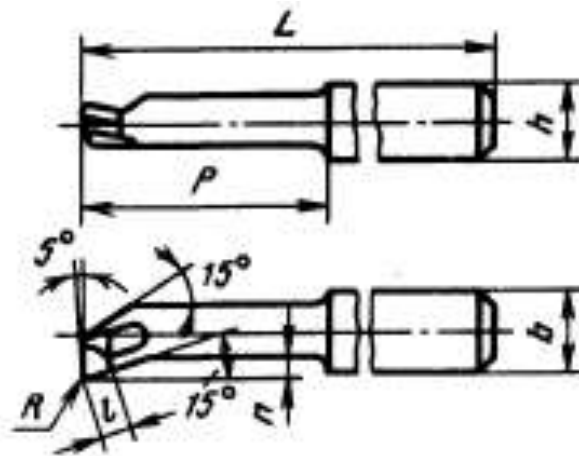


Рис. 1.3 Розточувальний різець з кутом у плані 95° 2141-0025 ГОСТ 18883-73

Де, $h = 16$ мм., $b = 16$ мм., $L = 170$ мм., $R = 1$ мм., $l = 8$ мм., $P = 60$ мм., $n = 4,5$ мм.

Для обробки торцевих поверхонь на токарному верстаті був обраний підрізний відігнутий різець з пластинами із твердого сплаву 2112-0084 ГОСТ 18880-73.

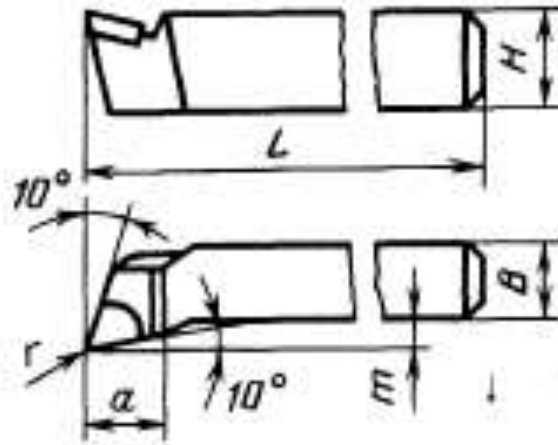


Рис. 1.4 Підрізний відігнутий різець 2112-0084 ГОСТ 18880-73

Де, $h = 16$ мм., $b = 10$ мм., $L = 110$ мм., $R = 0,4$ мм., $m = 5$ мм., $a = 10$ мм.

Для обробки бічних поверхонь на фрезерному верстаті була обрана кінцева фреза з циліндричним хвостиком 2220-0019 ГОСТ 17025-71.

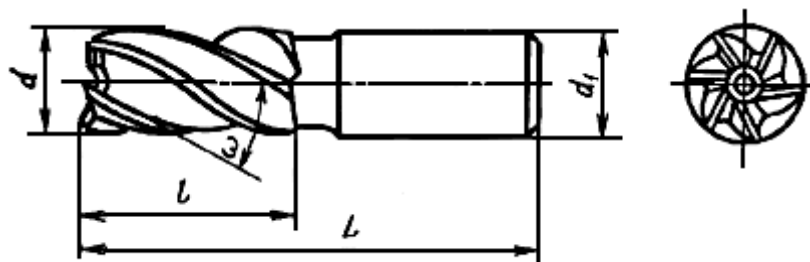


Рис. 1.5 кінцева фреза з циліндричним хвостиком 2220-0019 ГОСТ 17025-71

Де, $d = 18$ мм, $d_1 = 16$ мм., $l = 32$ мм., $L = 92$ мм., $Z = 6$.

Для обробки торцевих поверхонь на фрезерному верстаті була обрана кінцева фреза з циліндричним хвостиком 2220-0021 ГОСТ 17025-71.

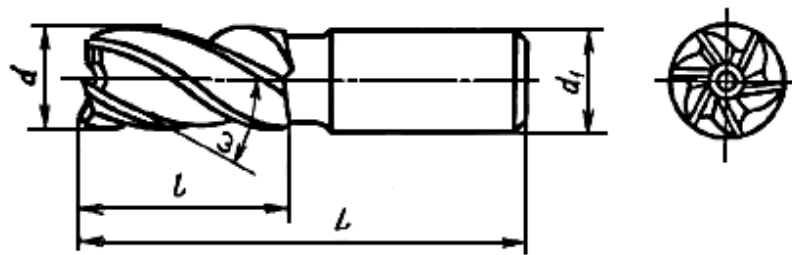


Рис. 1.6 кінцева фреза з циліндричним хвостиком 2220-0021 ГОСТ 17025-71

Де, $d = 20$ мм., $d_1 = 20$ мм., $l = 38$ мм., $L = 104$ мм., $Z = 6$.

Для свердління отворів було обрано свердло 2300-0317 ГОСТ 10902-77.

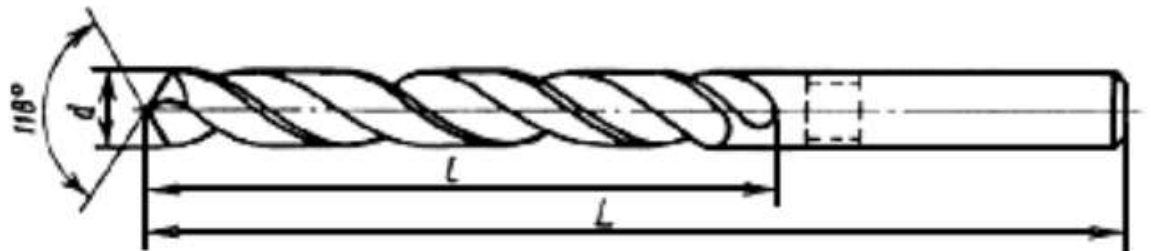


Рис. 1.7 Свердло 2300-0317 ГОСТ 10902-77

Де, $d = 9,8$ мм., $l = 87$ мм., $L = 138$ мм.

Для центрування отворів було обране свердло центрувальне 2317-0003 ГОСТ 14952-75.

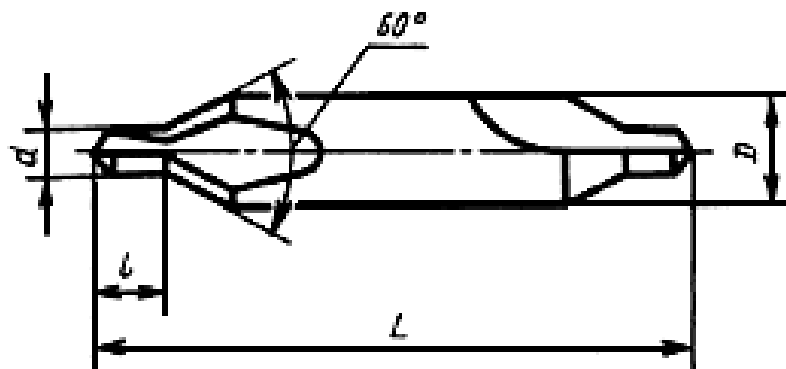


Рис. 1.8 Свердло центрувальне 2317-0003 ГОСТ 14952-75

Де, $d = 1,6$ мм., $l = 2,8$ мм., $L = 37,5$ мм., $D = 4$ мм.

Для зенкування отворів була обрана зенківка 2353-0103 ГОСТ 14953-80.

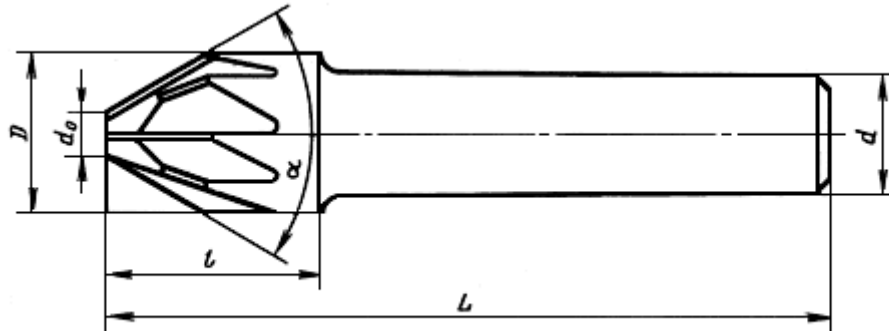


Рис. 1.9 Зенківка 2353-0103 ГОСТ 14953-80

Де, $d = 12$ мм., $l = 24$ мм., $L = 52$ мм.

Для нарізання різьби був обраний мітчик 2621-1517 ГОСТ 3266-81.

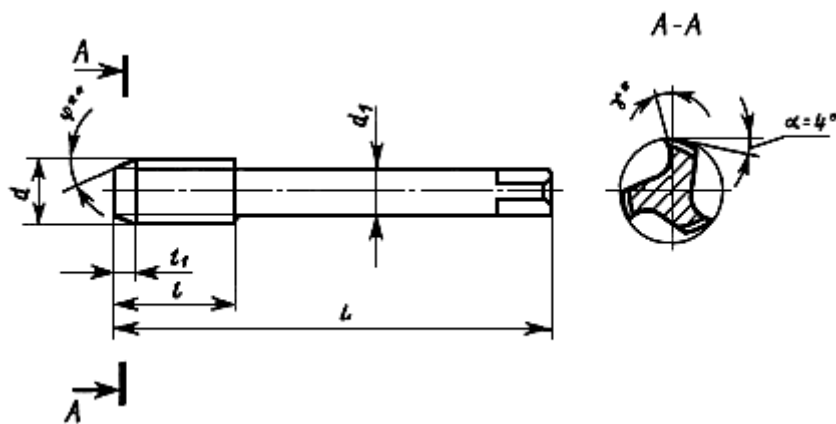


Рис. 1.10 Мітчик 2621-1517 ГОСТ 3266-81

Де, $d = 12$ мм., $P = 1,75$, $L = 89$ мм., $l = 29$ мм., $l_1 = 10,5$ мм., $\phi = 6^\circ$, $d_1 = 9$ мм.

1.5.7 Розрахунок режимів різання та технічне нормування двох точних поверхонь

При призначенні режимів різання враховують характер обробки, тип та розміри інструмента, матеріал ріжучої частини інструмента, матеріал та стан заготовки, тип та стан обладнання[8].

Головними елементами при розрахунку режимів різання є глибина різання, подача, швидкість різання, сила різання та потужність різання.

Розрахунок режимів різання для обробки отвору Ø84H8 мм.

Для обробки даного отвору застосовується розточувальний різець з кутом у плані 95° 2141-0025 ГОСТ 18883-73 із пластинами з твердого сплаву матеріалу Т15К6 для чорнової та напівчистої обробки.

Режими різання обробки отвору Ø84H8 мм:

Глибина різання при розточуванні $t = 0,5 \cdot (D-d)$

Де,

D – найбільший діаметр торкання інструменту з деталлю, мм;

d – найменший діаметр торкання інструменту з деталлю, мм.

Для чорнового переходу розточування:

$$t = 0,5 \cdot (83,789 - 82,639) = 0,575 \text{ мм.}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$t = 0,5 \cdot (84,054 - 83,789) = 0,132 \text{ мм.}$$

Подача S для кожного переходу призначається за таблицями:

Для чорнового переходу розточування:

$$S = 0,25 \text{ мм/об. [таблиця 12, ст.267,8]}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$S = 0,125 \text{ мм/об. [таблиця 14, ст.268,8]}$$

Швидкість різання для кожного переходу визначається за такою формулою[8]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9 \quad (1.27)$$

Де, C_v, m, x, y – коефіцієнти, котрі беруться з таблиці.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{fv} \cdot K_{ov}$$

$K_{mv}, K_{nv}, K_{iv}, K_{fv}, K_{ov}$ коефіцієнти, котрі беруться з таблиці[8].

Для чорнового переходу розточування:

$$C_v = 420;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,2;$$

$$K_{mv} = 1,0227$$

$$K_{nv} = 0,8$$

$$K_{iv} = 1$$

$$K_{fv} = 0,7$$

$$K_{ov} = 0,5$$

$$K_v = 0,2864$$

$$T = 60$$

$$v = \frac{420}{60^{0.2} * 0,575^{0.15} * 0,25^{0.2}} * 0,2864 * 0,9 = 68 \text{ м/хв.}$$

Для чистового переходу розточування:

$$C_v = 420;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,2;$$

$$K_{mv} = 1,0227$$

$$K_{nv} = 0,85$$

$$K_{iv} = 1$$

$$K_{fv} = 0,7$$

$$K_{ov} = 0,5$$

$$K_v = 0,304$$

$$T = 60$$

$$v = \frac{420}{60^{0.2} * 0,132^{0.15} * 0,125^{0.2}} * 0,304 * 0,9 = 104 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів за хвилину розраховують за такою формулою:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} \text{ (об/хв)} \quad (1.28)$$

Де, v - швидкість різання, м/хв.;

D – діаметр деталі, мм.

Для чорнового переходу розточування:

$$D = 84 \text{ мм.}$$

$$v = 68 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 * 68}{\pi * 84} = 260 \text{ об/хв}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$D = 84 \text{ мм.}$$

$$v = 104 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 * 104}{\pi * 84} = 395 \text{ об/хв}$$

Корегуємо частоту обертів за паспортними даними верстата:

Для чорнового переходу розточування:

$$n = 250 \text{ об/хв}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$n = 350 \text{ об/хв}$$

Дійсна швидкість різання розраховується за наступною формулою:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad (1.29)$$

Де, D - діаметр деталі, мм.;

n - число обертів фактичних, об/хв.

Для чорнового переходу розточування:

$$v = \frac{\pi * 84 * 250}{1000} = 66 \text{ м/хв.}$$

Для чистового переходу розточування:

$$v = \frac{\pi * 84 * 350}{1000} = 92 \text{ м/хв.}$$

Сила різання розраховується за такою формулою[8]:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * s^y * v^n * K_p \quad (1.30)$$

Де, C_p, x, y, n – коефіцієнти, котрі беруться з таблиці;

$K_p = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{yp} * K_{lp} * K_{rp}$ - поправний коефіцієнт;

$K_{mp}, K_{\phi p}, K_{yp}, K_{lp}, K_{rp}$ – коефіцієнти, враховуючі фактичні умови різання;

Для чорнового переходу розточування:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$K_{mp} = 0,792;$$

$$K_{\phi p} = 0,89;$$

$$K_{yp} = 1,25;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_p = 0,882;$$

$$P_z = 10 * 300 * 0,575^1 * 0,25^{0,75} * 66^{-0,15} * 0,882 = 286 \text{ Н}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$K_{mp} = 0,792;$$

$$K_{\phi p} = 0,89;$$

$$K_{yp} = 1,25;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_p = 0,882;$$

$$P_z = 10 * 300 * 0,132^1 * 0,125^{0,75} * 92^{-0,15} * 0,882 = 37 \text{ Н}$$

Потужність різання вираховується за такою формулою:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} \text{ (кВт)} \quad (1.31)$$

Де, P_z – сила різання, Н;

v – швидкість різання, м/хв.

Для чорнового переходу розточування:

$$P_z = 286 \text{ Н.}$$

$$v = 66 \text{ м/хв.}$$

$$N = \frac{286 * 66}{1020 * 60} = 0,318 \text{ (кВт)}$$

Для чистового переходу розточування:

$$P_z = 37 \text{ Н.}$$

$$v = 92 \text{ м/хв.}$$

$$N = \frac{37 * 92}{1020 * 60} = 0,062 \text{ (кВт)}$$

Перевіряємо, чи підходить обраний верстат для даних переходів. За паспортними даними потужність верстата шпинделя 3,7 кВт, ККД 0,85. Отже, потужність верстата дорівнює $3,7 * 0,85 = 3,145$ кВт., що є більше за потужність різання при чорновому, чистовому та тонкому розточуванні.

Проведемо розрахунок норм часу для даних переходів:

Штучний час обробки даної поверхні:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}} \quad (1.32)$$

Де, T_o – основний час обробки;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час;

$T_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{\text{від}}$ – час на особисті потреби.

Основний час обробки розраховується за такою формулою:

$$T_o = \frac{L * i}{n * s} \quad (1.33)$$

Де, $L=l+l_1+l_2+l_3$ – загальна довжина ходу різця;

l - довжина оброблюючої поверхні;

$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0,5-2)$ - величина врізання

l_2 - величина перебігу різця;

l_3 – величина шляху для зняття пробних стружок;

i – число робочих ходів;

n – число обертів;

S – подача.

Для чорнового переходу розточування:

$$T_o = \frac{55,57 * 1}{250 * 0,25} = 0,88 \text{ хв.}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$T_o = \frac{51,08 * 1}{350 * 0,125} = 1,16 \text{ хв.}$$

Допоміжний час береться із таблиця і включає у себе час на встановлення деталі, вивірку та зняття деталі, на робочій хід та виконання вимірів під час обробки деталі[8].

Допоміжний час на встановлення, вивірку та зняття деталі – 0,95 хв.

Допоміжний час на робочі ходи – 0,6 хв.

Допоміжний час на виміри – 0,16 хв.

Тоді $T_{\text{доп}} = 0,95 + 0,6 + 0,16 = 1,71 \text{ хв.}$

Оперативний час це сума основного часу та допоміжного часу.

$T_{\text{оп}} = 0,88 + 1,16 + 1,71 = 3,75 \text{ хв.}$

Час обслуговування робочого місця та час на особисті потреби розраховується за такими формулами:

$$T_{\text{обс}} = 0,03 * T_{\text{оп}} \text{ хв. (1.34)}$$

$$T_{\text{від}} = 0,04 * T_{\text{оп}} \text{ хв. (1.35)}$$

Тоді,

$$T_{\text{обс}} = 0,03 * 3,75 = 0,112 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{від}} = 0,04 * 3,75 = 0,15 \text{ хв.}$$

Отже, штучний час буде дорівнювати:

$$T_{\text{шт}} = 0,88 + 1,16 + 1,71 + 0,14 + 0,18 = 4,07 \text{ хв.}$$

А штучний-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \text{ (1.36)}$$

Де,

$T_{\text{пз}} - 7 \text{ хв.}$

$n - \text{к-сть деталей у партії} - 649 \text{ шт.}$

$$T_{\text{шт к}} = 4,07 + \frac{7}{649} = 4,08 \text{ хв.}$$

Режими різання обробки отвору $\varnothing 70\text{H}8 \text{ мм}$:

Глибина різання для чорнового переходу розточування:

$$t = 0,5 * (69,781 - 68,645) = 0,568 \text{ мм.}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$t = 0,5 * (70,046 - 69,781) = 0,132 \text{ мм.}$$

Подача S для кожного переходу призначається за таблицями:

Для чорнового переходу розточування:

$$S = 0,25 \text{ мм/об. [таблиця 12, ст.267,8]}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$S = 0,125 \text{ мм/об. [таблиця 14, ст.268,8]}$$

Швидкість різання :

Для чорнового переходу розточування:

$$C_v = 420;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,2;$$

$$K_{mv} = 1,0227$$

$$K_{nv} = 0,8$$

$$K_{iv} = 1$$

$$K_{fv} = 0,7$$

$$K_{ov} = 0,5$$

$$K_v = 0,2864$$

$$T = 60$$

$$v = \frac{420}{60^{0.2} * 0,568^{0.15} * 0,25^{0.2}} * 0,2864 * 0,9 = 68 \text{ м/хв.}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$C_v = 420;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,2;$$

$$K_{mv} = 1,0227$$

$$K_{nv} = 0,85$$

$$K_{iv} = 1$$

$$K_{fv} = 0,7$$

$$K_{ov} = 0,5$$

$$K_v = 0,304$$

$$T = 60$$

$$v = \frac{420}{60^{0.2} * 0,132^{0.15} * 0,125^{0.2}} * 0,304 * 0,9 = 98 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів за хвилину:

Для чорнового переходу розточування:

$$D = 70 \text{ мм.}$$

$$v = 68 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 * 68}{\pi * 70} = 311 \text{ об/хв}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$D = 70 \text{ мм.}$$

$$v = 98 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 * 98}{\pi * 70} = 445 \text{ об/хв}$$

Корегуємо частоту обертів за паспортними даними верстата:

Для чорнового переходу розточування:

$$n = 250 \text{ об/хв}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$n = 400 \text{ об/хв}$$

Дійсна швидкість різання:

Для чорнового переходу розточування:

$$v = \frac{\pi * 70 * 250}{1000} = 55 \text{ м/хв.}$$

Для чистового переходу розточування:

$$v = \frac{\pi * 70 * 350}{1000} = 88 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

Для чорнового переходу розточування:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$K_{mp} = 0,792;$$

$$K_{\phi p} = 0,89;$$

$$K_{yp} = 1,25;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_p = 0,882;$$

$$P_z = 10 * 300 * 0,568^1 * 0,25^{0,75} * 55^{-0,15} * 0,882 = 291 \text{ Н}$$

Для напівчистового переходу розточування:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$K_{mp} = 0,792;$$

$$K_{\phi p} = 0,89;$$

$$K_{yp} = 1,25;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_p = 0,882;$$

$$P_z = 10 * 300 * 0,132^1 * 0,125^{0,75} * 88^{-0,15} * 0,882 = 37 \text{ Н}$$

Потужність різання:

Для чорнового переходу розточування:

$$P_z = 291 \text{ Н.}$$

$$v = 55 \text{ м/хв.}$$

$$N = \frac{291 * 55}{1020 * 60} = 0,261 \text{ (кВт)}$$

Для чистового переходу розточування:

$$P_z = 37 \text{ Н.}$$

$$v = 88 \text{ м/хв.}$$

$$N = \frac{37 * 88}{1020 * 60} = 0,053 \text{ (кВт)}$$

Перевіряємо, чи підходить обраний верстат для даних переходів. За паспортними даними потужність верстата шпинделя 3,7 кВт, ККД 0,85. Отже, потужність верстата дорівнює $3,7 * 0,85 = 3,145$ кВт., що є більше за потужність різання при чорновому, чистовому та тонкому розточуванні.

Проведемо розрахунок норм часу для даних переходів:

Штучний час обробки даної поверхні:

Основний час обробки розраховується за такою формулою:

Для чорнового переходу розточування:

$$T_o = \frac{24,49 * 1}{250 * 0,25} = 0,391 \text{ хв.}$$

Для чистового переходу розточування:

$$T_o = \frac{21,08 * 1}{400 * 0,125} = 0,421 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}} = 1,71 \text{ хв.}$$

Оперативний час це сума основного часу та допоміжного часу.

$$T_{\text{оп}} = 0,391 + 0,421 + 1,71 = 2,522 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця та час на особисті потреби:

$$T_{\text{обс}} = 0,03 * 2,522 = 0,08 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{від}} = 0,04 * 2,522 = 0,11 \text{ хв.}$$

Отже, штучний час буде дорівнювати:

$$T_{\text{шт}} = 2,522 + 0,08 + 0,11 = 2,712 \text{ хв.}$$

Штучний-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \quad (1.36)$$

Де,

$T_{пз} = 7$ хв.

n – к-сть деталей у партії – 649 шт.

$$T_{шт\ к} = 2,712 + \frac{7}{649} = 2,722 \text{ хв.}$$

Отже, штучний-калькуляційний час дорівнює 2,722 хв.

2.Конструкторська частина

2.1 Структурна схема ГВС

Гнучка виробнича система – це сукупність в різних поєднаннях обладнання з програмним управлінням, роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що володіє властивістю автоматизованої переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик[9].

До складу системи забезпечення функціонування ГВС входять автоматизована транспортно-складська система (АТСС), автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ), автоматизована система контролю (АСК), автоматизована система видалення відходів виробництва (АСВВВ), автоматизована система управління технологічним процесом(АСУТП), автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ).[9]

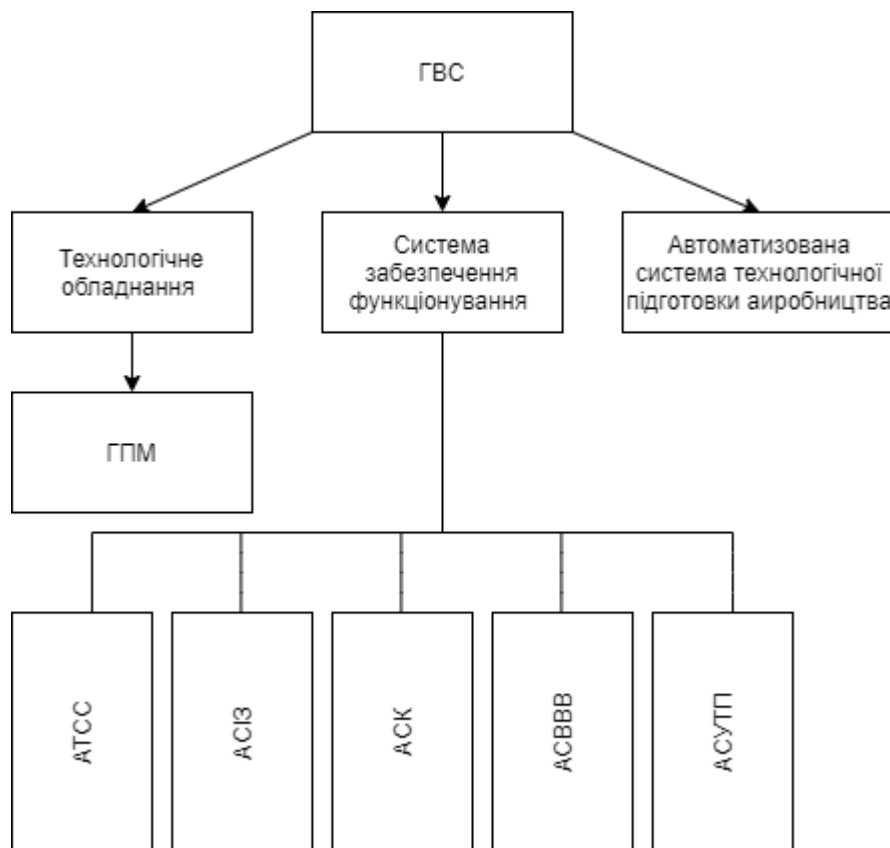


Рис. 2.1 Структурна схема ГВС

Отже, до складу ГВС, що розробляється входять наступні компоненти: АТСС, АСІЗ, АСК, АСВВВ, АСТПВ, АСУТП та гнучкі виробничі модулі, які складаються з верстатів з ЧПК та роботів маніпуляторів.

2.2 Проектування та розрахунок ГВС

Комплекс верстатів гнучкої виробничої системи може бути представлений у вигляді окремих верстатів з ЧПК, гнучких виробничих модулів (ГПМ), роботизованих технологічних комплексів (РТК).

Для проектування ГВС був обраний принцип взаємодоповнюючих верстатів. При даному принципі розташування обладнання на ділянці відбувається у технологічній послідовності.

2.2.1 Визначення кількості обладнання верстатного комплексу ГВС

Визначення кількості верстатів за видом обладнання розраховується за наступною формулою[9]:

$$n_p = \frac{C_{\Sigma}}{60 * F_d} \quad (2.1)$$

Де, C_{Σ} – сумарна верстатоемність річної програми випуску за типорозміром, хв;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи верстата(3980), хв;

Сумарна верстатоемність річної програми випуску за типорозміром розраховується за такою формулою[9]:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0.8 * (n - 1)] * C_6 * N_p \quad (2.2)$$

Де, C_6 – трудомісткість базової деталі, хв.;

N_p – річна програма кожної деталі, шт.

n – к-сть деталей у номенклатурі.

Отримане значення n_p округлюють у сторону більшого значення та отримують значення прийнятої к-сть верстатів для операції $n_{пр}$.

Прийнята кількість верстатів для операції перевіряється за коефіцієнтом використання обладнання K_v .

$$K_v = \frac{n_p}{n_{пр}} \quad (2.3)$$

Потрібно, щоб коефіцієнт використання обладнання мав значення більше 0,85, а середнє значення використання обладнання по комплексу більше 0,75.

За даними формулами розраховано кількість верстатів, котрі потрібні для виконання кожної операції обробки:

Фрезерна:

Трудомісткість виконання базової деталі на даній операції дорівнює шутчно-калькуляційному часу виконання.

$$C_6 = 4,6 \text{ хв}$$

Тоді, сумарна верстатоемність річної програми випуску даної операції:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0.8 * (13 - 1)] * 4,6 * \left(\frac{23460}{13}\right) = 159996 \text{ хв.}$$

Отже, потрібна к-сть верстатів для фрезерної обробки:

$$n_p = \frac{159996}{60 * 3980} = 0,67$$

Розрахункове значення округляють у сторону більшого значення, тоді потрібна к-сть верстатів для фрезерної обробки $n_{пр} = 1$ верстат.

Коефіцієнт використання обладнання:

$$K_v = \frac{0,67}{1} = 0,67$$

Токарна:

Трудомісткість виконання базової деталі на даній операції дорівнює шутчно-калькуляційному часу виконання даної обробки.

$$C_6 = 10,83 \text{ хв}$$

Тоді, сумарна верстатоемність річної програми випуску даної операції:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0.8 * (13 - 1)] * 10,83 * \left(\frac{23460}{13}\right) = 226860 \text{ хв.}$$

Отже, потрібна к-сть верстатів для токарної обробки:

$$n_p = \frac{226860}{60 * 3980} = 0,951$$

Розрахункове значення округляють у сторону більшого значення, тоді потрібна к-сть верстатів для токарної обробки $n_{\text{пр}} = 1$ верстат.

Коефіцієнт використання обладнання:

$$K_v = \frac{0,951}{1} = 0,951$$

Свердлильна:

Трудомісткість виконання базової деталі на даній операції дорівнює шутчно-калькуляційному часу виконання даної обробки.

$$C_6 = 6,249 \text{ хв}$$

Тоді, сумарна верстатоемність річної програми випуску даної операції:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0.8 * (13 - 1)] * 6,249 * \left(\frac{23460}{13}\right) = 164772 \text{ хв.}$$

Отже, потрібна к-сть верстатів для свердлильної обробки:

$$n_p = \frac{164772}{60 * 3980} = 0,69$$

Розрахункове значення округляють у сторону більшого значення, тоді потрібна к-сть верстатів для свердлильної обробки $n_{\text{пр}} = 1$ верстат.

Коефіцієнт використання обладнання:

$$K_v = \frac{0,69}{1} = 0,69$$

За отриманими коефіцієнтами використання кожного обладнання за видом обробки розрахуємо середній коефіцієнт по комплексу:

$$K_{\text{ком}} = \frac{0,67 + 0,95 + 0,69}{3} = 0,77$$

Незважаючи на те, що для фрезерної та свердлильної операцій коефіцієнт використання обладнання менший 0,85, середній коефіцієнт по комплексу отримано більше 0,75.

2.2.2 Розрахунок та побудова системи інструментального забезпечення

Як правило, ділянка інструментальної підготовки ГВС включає у себе дві секції – це секція зборки та налаштування інструмента та секція обслуговування інструмента.

Секція зборки та налаштування інструмента призначена для зборки та налаштування комплектів інструментів, а також передача налаштованого інструмента у секцію обслуговування інструментами робочих місць[9].

Секція обслуговування інструментів призначена для своєчасного забезпечення виробничих діляниць налаштованими інструментами у відповідності з виробничою програмою[9].

2.2.2.1 Розрахунок величини оборотного фонду інструментів

Величина місячного оборотного фонду інструментів розраховується за даною формулою[9]:

$$H_K = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p H_{ij} * 40 \quad (2.4)$$

Де, m – к-сть деталей номенклатури, обробляючих на верстаті типорозміру;

p – к-сть інструментів для обробки i -ї деталі

H_{ij} – оборотний фонд j -го виду інструмента по обробці i -ї деталі.

Значення місячного оборотного фонду кожної інструментальної наладки приймають по нормативам з урахуванням одного додаткового налаштування по кожному виду інструмента[9].

$$H_{ij} = K_{ij} + 1 \quad (2.5)$$

Де, K_{ij} - нормативне значення оборотного фонду інструмента, шт./змін.

Сумарний оборотний фонд інструмента для загального верстатного комплексу ГВС розраховується за наступною формулою[9]:

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^n H_K \quad (2.6)$$

Де, n – к-сть верстатів комплексу ГВС.

Розраховано значення місячного оборотного фонду інструментів для верстатного комплексу ГВС.

Для фрезерної обробки $K_{ij} = 8$, $H_{ij} = 8 + 1 = 9$

Для токарної обробки $K_{ij} = 10$, $H_{ij} = 10 + 1 = 11$

Для свердлильної обробки $K_{ij} = 8$, $H_{ij} = 8 + 1 = 9$

$$H_K = \sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^{11} (1 * 9 + 11 * 1 + 9 * 1) * 40 = 15\,080$$

Тоді, сумарний місячний оборотний фонд інструмента, потрібний для обробки місячної програми, для загального верстатного комплексу ГВС:

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^3 15\,080 = 45\,240 \text{ інструментів}$$

2.2.2.2 Розрахунок та проектування секції зборки та налаштування інструмента

Кількість приборів для налаштування інструментів розраховують за наступною формулою[9]:

$$N_{\Pi} = \frac{N_c * n_{\text{см}} * t_H}{60 * \Phi_{\text{см}} * K_3} * K_a \quad (2.7)$$

Де, N_c – к-сть обслуговуючих верстатів,

$n_{\text{см}}$ – к-сть потрібних інструментів на налаштування за зміну на один верстат,

t_H – середньо статична норма часу налаштування одного інструмента,

$\Phi_{\text{см}}$ – час однієї робочої зміни,

K_3 – коефіцієнт загрузки прибору,

K_a – коефіцієнт, враховуючий можливість автоматизації налаштування на верстаті.

Кількість слюсарів-інструментальників для налаштування інструментів розраховується за такою формулою[9]:

$$P_H = \frac{F_d * N_{\Pi}}{\Phi_p} \quad (2.8)$$

Де, F_d – дійсний фонд річного часу роботи прибору,

Φ_p – ефективний річний час роботи слюсаря-інструментальника.

Площа ділянки для налаштування інструментів визначається за даною формулою[9]:

$$F_H = N_{\Pi} * f_H \quad (2.9)$$

Де, f_H – площа для налаштування одного прибору, m^2 .

Проведено розрахунки секції зборки та налаштування інструмента. Кількість приборів для налаштування інструментів:

$$N_{\Pi} = \frac{3*55*5}{60*8*0,8} * 0,5 = 1,23 \approx 2 \text{ приб.}$$

Кількість слюсарів-інструментальників для налаштування інструментів:

$$P_H = \frac{2050*2}{1820} = 2,25 \approx 3 \text{ слюс.}$$

Площа ділянки для налаштування інструментів:

$$f_H = 10 \text{ м}^2.$$

$$F_H = 2 * 10 = 20 \text{ м}^2.$$

2.2.2.3 Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць

Ділянка зберігання та комплектування інструментів.

На даній ділянці виконуються такі роботи: отримання інструмента та технічної документації до нього; вибір допоміжних, ріжучих та вимірювальних інструментів; доставка обраних інструментів, карт налаштування та завдання на налаштування у секцію зборки та налаштування.[9]

Інструменти зберігаються в уніфікованих ящиках металевго піддону, де розташовані у порядку зростання розмірів. Для кожного виду інструменту

у піддоні виділяється певна к-сть комірок. Кількість секцій розраховують за ємністю зберігання інструмента.

Необхідна кількість одиниць тари для зберігання місячного запасу інструмента розраховується за формулою:

$$Z_{Ti} = \frac{Q_i}{C_{Ti}} \quad (2.10)$$

Де, Q_i – потік i -ї групи інструментів, кг.,

C_{Ti} – середня вантажопідйомність тари, кг.

$$C_{Ti} = q_{i\max} * K_{Ti} \quad (2.11)$$

Де, $q_{i\max}$ – максимальна вантажопідйомність, складського транспортного роботу, кг.,

K_{Ti} – коефіцієнт використання тари за вантажопідйомністю.

Тоді, кількість одиниць тари для зберігання місячного запасу інструмента можна представити наступним чином:

$$Z_{Ti} = \frac{m_i * n_i}{q_{i\max} * K_{Ti}} \quad (2.12)$$

Де, m_i – маса одиниці i -го виду інструмента, кг,

n_i – к-сть інструментів i -го виду, шт..

Звідси, можна отримати к-сть секцій автоматизованого складу:

$$Z_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^m \frac{Z_{Ti}}{Z} \quad (2.13)$$

Де, m – к-сть груп інструментів,

Z – к-сть ярусів по висоті складу.

Площа, котра потрібна для автоматизованого складу розраховується за прийнятими габаритними моделі та виконання комплексу:

$$F_{и1} = B * L \quad (2.14)$$

Де, B – ширина комплексу, м;

L – довжина комплексу, м.

Площа, котра потрібна для зберігання добового запасу інструмента:

$$F_{и2} = N_c * K_c * f_1 \quad (2.15)$$

Де, N_c – к-сть верстатів ГВС, м;

K_c – коефіцієнт, зберігання інструментів на стелажах, м.

f_1 – площа зберігання інструментів на один верстат.

Загальна площа ділянки зберігання та комплектування інструменту:

$$F_{и} = F_{и1} + F_{и2} \quad (2.16)$$

Середня вантажопідйомність тари, кг:

$$C_{Ti} = 35 * 0,8 = 28 \text{ кг.}$$

Кількість одиниць тари для зберігання місячного запасу інструмента:

$$n_i = 28/0,4 = 70 \text{ шт.}$$

При місячному фонді інструментів 45 240 шт.

$$Z_{Ti} = \frac{45\,240}{70} = 646 \text{ шт.}$$

Для зберігання місячного фонду інструментів обрано роботизований складський комплекс РСК-50 з к-стю вантажних місць 656 шт. Даний стелаж має 41 секцію з 8 ярусами, габаритні розміри даного стелажу 19 740x1595x3300 мм.

Тоді, площа, котра потрібна для автоматизованого складу:

$$F_{и1} = 19,74 * 1,595 = 31,5 \text{ м}^2$$

Площа, котра потрібна для зберігання добового запасу інструмента:

$$F_{и2} = 3 * 0,5 * 1 = 1,5 \text{ м}^2$$

Загальна площа ділянки зберігання та комплектування інструменту:

$$F_{и} = 31,5 + 1,5 * 3 = 36 \text{ м}^2$$

Ділянка доставки інструменту до робочих місць

Кількість транспортних працівників при технічному проектуванні розраховується за даною формулою[9]:

$$P_t = 0.06 * N_c \text{ (2.17)}$$

Кількість теліжок для доставки розраховується за даною формулою:

$$N_t = K_t * N_c \text{ (2.18)}$$

Де, K_t – коефіцієнт враховуючий к-сть потрібного інструмента верстату, для верстатів з ЧПК дорівнює 0,12.

Кількість транспортних працівників при технічному проектуванні:

$$P_t = 0.06 * 3 = 0,18$$

Кількість теліжок для доставки:

$$N_t = 0,12 * 3 = 0,36$$

Отже, потрібен 1 транспортний працівник та 1 теліжка.

Ділянка розбирання відпрацьованого інструменту

На даній ділянці відбувається розбирання відпрацьованого інструменту та заміна пластин інструмента на нові, та визначення придатності інструмента для подальшої обробки деталей.

Кількість слюсарів по розбиранню інструментів приймається 40% від кількості слюсарів-інструментальників, а кількість слюсарів для комплектування приймається 50% від кількості слюсарів-інструментальників.

Тоді, кількість слюсарів по розбиранню інструментів буде $0,4 \cdot 3 = 1,2$ люд., а кількість слюсарів для комплектування $0,5 \cdot 3 = 1,5$ люд. Отже, слюсарів по розбиранню інструментів буде 1 людина, а слюсарів для комплектування 2 людини.

Площа на одного слюсаря розбирання інструмента 5 м^2 , площа на одного слюсаря комплектування 7 м^2 .

Тоді, площа ділянки відпрацьованого інструмента розрахуємо за такою формулою:

$$F_p = P_p \cdot F_1 + P_p \cdot F_2 = 19 \text{ м}^2$$

Отже, система інструментального забезпечення ГВС буде займати площу:

$$F_o = F_H + F_{\text{и}} + F_p = 20 + 36 + 19 = 75 \text{ м}^2$$

2.2.3 Розрахунок та побудова транспортно-складської системи (АТСС)

Вибір типу АТСС.

При побудові АТСС виділяють 2 варіанти: з сумісною та з роздільною транспортної та складською підсистемами[9].

Транспортування заготівок в залежності від габаритів, форми та маси може здійснюватися за допомогою робочарів, підвісним переносним конвеєром, теліжками, підвісними маніпуляторами та іншими засобами.

Існують 4 основні типи АТСС:

1 тип – АТСС з краном-штабелем та сумісними підсистемами складування та транспортування[9].

2 тип – АТСС з рельсовим транспортом та розділеними підсистемами складування та транспортування[9].

3 тип – АТСС з робокарами та роздільними підсистемами складування та транспортування[9].

4 тип – АТСС з конвеєром, при тому, що підсистема складування та транспортування можуть бути як у сумісному, так і у роздільному варіантах[9].

Сумісна компоновка АТСС є найбільш раціональна, так як склад максимально наближений до верстатів та транспортні зв'язки ГВС є найбільш простими.

Приймально-передавальне обладнання заготовок можуть бути стаціонарними, котрі знаходяться у приверстатній зоні, так і можуть бути встановлені у самі верстати. У свою чергу перевантажні роботи передають заготовки та встановлюють їх у верстати[9].

2.2.3.1 Розрахунок основних параметрів складської системи.

Вибір норми запасу збереження та розрахунок місткості складу.

Норма запасу збереження визначають в залежності від способу отримання заготовки. При литті норма запасу збереження 8 діб[9].

Визначивши норму запасу збереження, розрахуємо запас збереження групи вантажу за такою формулою[9]:

$$Q_i = \frac{M_i * t_i}{365} \quad (2.19)$$

Де, M_i – річна поставка вантажу, т.,

t_i – норма запасу збереження, діб.

Наступним кроком розраховуємо кількість одиниць тари для розміщення запасу групи заготовок:

$$Z_{Ti} = \frac{Q_i}{C_{Ti}} \quad (2.20)$$

Де, C_{Ti} - середня місткість обраного типу тари, т.

$$C_{Ti} = g_{i\max} * K_{Ti} \quad (2.21)$$

Де, $g_{i\max}$ – максимальна вантажопідйомність обраного типу тари, т.,

K_{Ti} – коефіцієнт, враховуючий густину укладання вантажу у тару.

Знаючи масу заготовки, розрахуємо к-сть вантажу розміщеного у тарі[9]:

$$n_i = \frac{g_{i\max} * K_{Ti}}{m_i} \quad (2.22)$$

Загальна місткість складу розраховується кількістю потрібних комірок для зберігання запасу вантажу, з урахуванням 10-15% запасу вільних комірок[9]:

$$n_{\text{ком}} = 1.15 * \sum_{i=1}^K C_{Ti} \quad (2.23)$$

Де, K – кількість заготовок на складі.

Кількість комірок автоматизованого складу деталей розраховують числом партій запуску деталей упродовж місяця[9]:

$$K_{\text{найм}} = \frac{60 * \Phi_d * N_{\text{ст}}}{t_{\text{ср}} * n_m} \quad (2.24)$$

Де, Φ_d – місячний фонд часу роботи верстату, год.,

$N_{\text{ст}}$ – кількість верстатів,

$t_{\text{ср}}$ – середня верстатоемність обробки деталі, хв.,

n_m - місячний об'єм випуску деталей, шт.

$$K_{\text{найм}} = \frac{60 * 305 * 3}{4,32 * 1947} = 6,527 \approx 7$$

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{T_{оп i}}{n} \quad (2.25)$$

Де, $T_{оп i}$ – оперативний час обробки деталі на i -й операції, хв.,

n – к-сть операцій обробки деталі на верстатах ГВС.

$$t_{cp} = \frac{21,6}{5} = 4,32$$

Тоді, загальну місткість складу розраховується за такою формулою:

$$n_{ком} = 1.15 * K_{найм} = 7,96 \approx 8$$

Розрахунок параметрів та вибір типу складу

При проектуванні автоматизованого складу основними параметрами є к-сть ярусів у висоту, розміри комірок, площа.

Висоту ярусів стелажу розраховують за наступною формулою[9]:

$$C_{ком} = C + \Delta + \varepsilon \quad (2.26)$$

Де, C – висота тари,

ε – зазор між тарами,

Δ - висота ніжок піддону.

$$C_{ком} = 0,4 + 0,12 + 0,1 = 0,62 \text{ м.}$$

Кількість ярусів по висоті розраховують за такою формулою[9]:

$$Z = \frac{H_x - h_H - h_B}{C_{ком}} + 1 \quad (2.27)$$

Де, H_x – висота прольоту будівлі до нижньої опори балки перекриття,

h_H – висота над підлогою нижнього ярусу стелажу,

h_B – допустима відстань по висоті від верху крана до опори елементів балки покриттів.

$$Z = \frac{6 - 0,5 - 1,5}{0,62} + 1 = 7,45 \approx 8$$

Число секцій у зоні зберігання[9]:

$$Y = \frac{n_{\text{ком}}}{a * S * Z} \quad (2.28)$$

Де, $n_{\text{ком}}$ – розрахункова місткість складу,

a – довжина піддону, м.,

S – к-сть тари, розміщеної вздовж довжини комірки.

$$Y = \frac{8}{0,4 * 4 * 8} = 1,25 \approx 2$$

Довжину стелажу розраховують за такою формулою[9]:

$$L_{\text{ст}} = y * A \quad (2.29)$$

Де, A – довжина комірки стелажу, м.

$$L_{\text{ст}} = 2 * (0,4 + 2 * 0,05 + 0,11) = 1,22 \text{ м.}$$

Площу зони збереження, що займає автоматизований склад розраховується за наступною формулою[9]:

$$S_{\text{ск}} = (B_{\text{ст}} + B_{\text{пр}}) * L_{\text{ст}} \quad (2.30)$$

Де, $B_{\text{ст}}$ – ширина стелажу, м.,

$B_{\text{пр}}$ – ширина проїзду, м.

$$\text{Отже, } S_{\text{ск}} = (0,3 + 0,1 + 0,3 + 0,2) * 1,22 = 1,15 \text{ м}^2$$

Розрахунок кількості транспортних пристроїв та їх загрузки.

Кількість транспортних пристроїв для виконання операцій розраховується за такою формулою[9]:

$$N_{\text{шт}} = \frac{T_{c\Sigma} * K_H}{\Phi_d * K_{\text{и}}} \quad (2.31)$$

Де, $T_{c\Sigma}$ - сумарний час роботи пристрою для переміщення місячного об'єму заготівок, год.,

Φ_d – місячний фонд часу роботи штабелера.

K_H – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність поставлення та відпуску заготівок,

$K_{\text{и}}$ – коефіцієнт використання транспортних пристроїв.

Сумарний час транспортних операцій на переміщення місячного об'єму заготівок транспортним пристроєм[9]:

$$T_{c\Sigma} = \frac{T_{\text{ц}} * \sum_{i=1}^m Z_{Ti} * K_{T.O.}}{60 * Z_T^1} \quad (2.32)$$

Де, $T_{\text{ц}}$ – середня тривалість одного транспортного циклу, хв.,

$\sum_{i=1}^m Z_{Ti}$ – сумарна к-сть переміщення транспорту по перевозці заготівок протягом місяця,

$K_{T.O.}$ – к-сть транспортних операцій у технологічному процесі,

Z_T^1 – к-сть піддонів, котрі переміщує транспорт за один цикл.

$$T_{c\Sigma} = \frac{1,5 * 7600 * 2}{60 * 2} = 190 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{шт}} = \frac{190 * 1,4}{305 * 0,8} = 0,976.$$

Тоді, кількість транспортних пристроїв для виконання операцій 1. Так як, у ГВС 2 автоматизованих склади, то беремо 2 транспортних пристрої.

Розрахунок числа позицій контролю.

Кількість позицій контролю розраховується за даною формулою[9]:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{k\Sigma} * k_{\text{дет.к.}}}{\Phi_{\text{поз}} * 60} \quad (2.33)$$

Де, $t_{k\Sigma}$ - сумарний час контролю однієї деталі, хв.,

$k_{\text{дет.к.}}$ – к-сть деталей, котрі проходять контроль продовж місяця,

$\Phi_{\text{поз}}$ – місячний фонд роботи контролю, год.

Кількість деталей, котрі проходять контроль розраховують за наступною формулою:

$$k_{\text{дет.к.}} = \frac{k_{\text{найм}} * n_{\text{м}}}{n} \quad (2.24)$$

Де, n – 5-8 деталей, норматив вибіркового контролю.

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{7 * 2022}{305 * 60} = 0,77$$

Отже, кількість позицій контролю дорівнює 1.

2.3 Проектування та розрахунок технологічного оснащення

2.3.1 Проектування та розрахунок технологічного оснащення для фрезерування

Спроековано пристосування для фрезерної обробки ДП ПБ7110.1702.003 СК. Дане пристосування представляє собою затискну пневматичну технічну оснастку для фрезерування бічних та торцевої поверхні основи.

Дане оснащення працює наступним чином, деталі базується на 2 пальці поз. 22 торцевою поверхнею діаметром 100 мм. та циліндричною поверхнею діаметром 100 мм. у призму поз.23, що встановлена у губку поз.1. Наступним кроком подається повітря під тиском у праву камеру пневматичного циліндра

поз.6, що рухає поршень поз.9 на котрий приєднано шток поз.4. у свою чергу шток з'єднаний з губкою поз.3, на котрій встановлена призма поз.23. За допомогою штоку губка переміщається вздовж ластівчаного хвосту поз. 10, що закріплений до основної плити поз.2 за допомогою 2 гвинтів поз.14 та 2 штифтів поз. 26. Губка поз.3 надійно закріплює заготовку у пристосуванні під час обробки. Лещата базуються на столі верстата за допомогою 4 пальців поз.21 та закріплюються на столі за допомогою бічних отворів у основі поз.2.

Силу затиску заготовки у пристосуванні розраховується за наступною формулою[8]:

$$P_3 = \frac{K * R_2 + R_1 * f_2}{f_1 + f_2} \quad (2.25)$$

Де, K – коефіцієнт запасу,

R – сила різання та її складові,

f – коефіцієнт тертя у місцях контакту заготовки з опорами.

Отже, сила затиску заготовки буде наступною, котра потрібна бути на штоці:

$$P_3 = \frac{1,6 * 465 + 100 * 0,25}{0,25 + 0,2} = 1154 \text{ Н.}$$

Тиск у системі прийнятий 0,2 МПа. Визначимо потрібний діаметр циліндра пневматичної системи для забезпечення даної сили затиску[24]:

$$D = \sqrt{\frac{4 * P_3}{\pi * P_B * \eta_{\pi}}} \quad (2.26)$$

Де, P_3 – сила затиску,

P_B – тиск системи, МПа.,

$\eta_{\text{п}}$ – ККД циліндра(0,85-0,9, чим більше діаметр циліндра, тим більший ККД).

Тоді, потрібний діаметр циліндра пневматичної системи буде мати наступне значення:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1154}{\pi * 0,2 * 0,9}} = 93 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр рівним 100 мм.

2.3.2 Проектування та розрахунок технологічного оснащення для свердління

Спроековано пристосування для свердлильної обробки (кондуктор) ДП ПБ7110.1702.004 СК. Дане пристосування представляє собою затискну пневматичну технічну оснастку для свердління отворів та нарізання різьби.

Кондуктор працює наступним чином, деталь базується на 4 пальці поз. 21, плита поз.1 закріплена на штоках поз.2 пневматичного циліндра за допомогою 4 лап поз.8, що закріплені на кришці кондуктора за допомогою 8 болтів поз.15, та 2 штифтів поз.22, що впресовуються у лапи та шток циліндра. У свою чергу, пневматичні циліндри закріплені до основи поз. 11 за допомогою 8 лап поз.9 та 8 болтів поз.17 і 8 болтів поз.16. Шток у циліндрі з'єднаний з поршнем поз.5 за допомогою гайки поз.13. Для руху поршня подається повітря під тиском у камеру пневматичного циліндра через кришки циліндра поз. 3 та 6 відповідно, що рухає поршень у циліндрі. Коли деталь була збазована, плита поз.1, у котру впресовані зрізаний палець поз.20, для точної установки деталі, та 4 кондукторні втулки поз.12, для точної обробки отворів, опускається за допомогою переміщення поршня у циліндрі та затискає заготовку у пристосуванні. Кондуктор базується на столі свердлильного верстату за допомогою 4 установчих пальців поз.21.

Силу затиску заготовки у пристосуванні розраховується за наступною формулою[8]:

$$P_3 = \frac{K * R_2 + R_1 * 0,5 * (f_1 - f_2)}{f_1 + f_2} \quad (2.27)$$

Де, K – коефіцієнт запасу,

R – сила різання та її складові,

f – коефіцієнт тертя у місцях контакту заготовки з опорами.

Отже, сила затиску заготовки буде наступною, котра потрібна бути на штоці:

$$P_3 = \frac{1,15 * 9,2 + 3000 * 0,5 * (0,25 - 0,2)}{0,25 + 0,2} = 238 \text{ Н.}$$

Тиск у системі прийнятий 0,2 МПа. Визначимо потрібний діаметр циліндра пневматичної системи для забезпечення даної сили затиску[24]:

$$D = \sqrt{\frac{4 * P_3}{\pi * P_B * \eta_{\pi}}} \quad (2.28)$$

Де, P_3 – сила затиску,

P_B – тиск системи, МПа.,

η_{π} – ККД циліндра(0,85-0,9, чим більше діаметр циліндра, тим більший ККД).

Тоді, потрібний діаметр циліндра пневматичної системи буде мати наступне значення:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 238}{\pi * 0,2 * 0,9}} = 45,4 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр рівним 50 мм.

2.4 Проектування та розрахунок пристосування для контролю виробу

Спроектовано пристосування для контролю радіального биття поверхні Ø84Н8 та Ø70Н8 ДП ПБ7110.1702.005 СК.

Контроль на даному пристосуванні проходить наступним чином, оброблена деталь встановлюється на пальці поз.16 та поз.18, що впресовані у шпиндель поз.6, отвором у деталі Ø50 мм та Ø12 мм. Наступним кроком, індикатор поз.10, що встановлений у кронштейн поз.9, опускається за допомогою регульованого кронштейну поз.2 по направляючій поз.1 до поверхні отвору та затискається на ній за допомогою гвинту поз.15. Далі, шпиндель поз.6, що встановлений на кронштейн поз.7, обертають 1-2 рази навколо його осі за допомогою ручок поз.8 та зчитують показники з індикатора.

Сумарна похибка вимірювання вираховується за даною формулою:

$$\Delta_{\text{кп}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2} \quad (2.29)$$

Де, $\Delta_1^2, \Delta_2^2, \Delta_n^2$ – поля початкових похибок.

Для розрахунку сумарною похибки будуть впливати наступні похибки:

Δ_y – похибка установки,

$\Delta_{\text{пу}}$ – похибка передавальних пристроїв пристосувань,

Δ_e – похибка еталонної деталі, для налаштування контролю,

Δ_i – похибка засобу вимірювання,

$\Delta_{\text{ув}}$ – похибка, що враховує умови вимірювання.

Похибка установки визначається за такою формулою:

$$\Delta_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ie}^2} \quad (2.30)$$

Де, ε_6 – похибка базування, так як деталь базується на палець, то похибка базування згідно ГОСТ 24643 дорівнює 0,004 мм.

ε_3 – похибка закріплення, у даному випадку дорівнює 0, так як закріплення деталі на пристосуванні немає.

ε_{ie} – похибка, що викликана зносом елементів пристосування.

Отже, похибка установки має наступне значення:

$$\Delta_y = \sqrt{0,004^2 + 0 + 0,02^2} = 0,0044 \text{ мм.}$$

Загальна похибка вимірювання буде дорівнювати наступному значенню:

$$\Delta_y = 0,0044 \text{ мм.}$$

$\Delta_{пу} = 0,14$ мм., так як індикатор встановлюється у кронштейн, що встановлений на скалку з посадкою H5/g6, де проміжок дорівнює 14 мкм.

$$\Delta_i = 0,01 \text{ мм. згідно ГОСТ 5584-75,}$$

$$\Delta_{ув} = 0,048 \text{ мм.}$$

Тоді, загальна похибка вимірювання набуде наступного значення:

$$\Delta_{кп} = \sqrt{0,0044^2 + 0,14^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,0048^2} = 0,024 \text{ мм.}$$

Отже, загальна похибка пристосування контролю має таке значення 0,024 мм.

2.4.1 Контроль механічних напружень у деталі

Залишкові механічні напруження в деталях і конструкціях можуть виникати після термічних і механічних обробок, виготовлення виробів з використанням адитивних технологій, а також в пластично деформованих

виробах [10,11,12]. Наявність залишкових напружень може викликати пошкодження або руйнування виробів, тому оперативний контроль їх рівня є важливим практичним завданням [14,15,16,17]. Найбільш поширення для контролю якості деталей набули наступні методи неруйнівного контролю: ультразвукові [13, 18], магнітні, вихрострумові, теплові, оптичні, радіаційні, електричні та інші. Запропонована конструкція для контролю механічних напружень в деталях зображена на рис.2.2, заснована на магнітному методі контролю з використанням ферозонду [19,20,21,27].

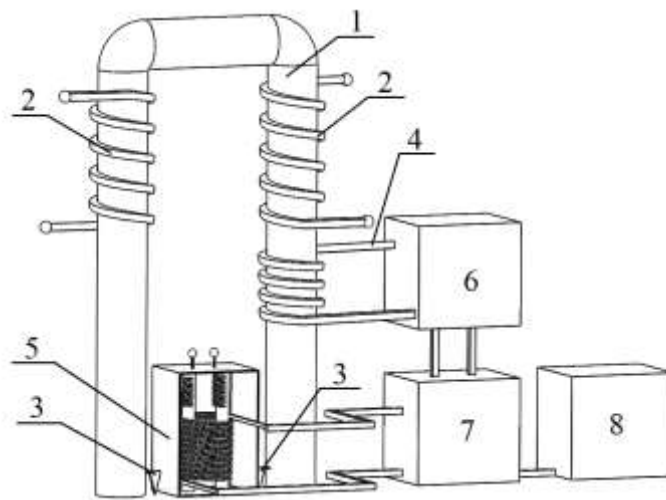


Рис.2.2 Пристрій для контролю механічних напружень в деталі,

де 1 - магнітопровід, 2 - намагнічувальна обмотка, 3- електричні контакти, 4 - вимірювальна котушка, 5- ферозонд, 6-детектор сигналу, 7 - АЦП, 8 - індикатор

В процесі вимірювання пристрій встановлюють на поверхню контрольованого феромагнітного виробу таким чином, щоб полюси П-подібного магнітопроводу 1, електричні контакти 3 і ферозонд щільно прилягали до поверхні цього виробу. Через намагнічуючі обмотки 2 пропускають постійний струм і намагнічують ділянку виробу до технічного насичення намагнічувальним полем. Одночасно з намагнічувальним полем через підпружинені електричні контакти 3,

підключені до генератора змінного струму (на рис.2.2 не показаний) по ділянці контрольованого виробу пропускають змінний струм, що створює в контрольованому виробі змінне циркулярне підмагнічувальне магнітне поле, вектора якого описують кола в площині, перпендикулярній поверхні контрольованого виробу і намагнічувальному магнітному полю. Під час дії в локальній зоні контрольованого виробу намагнічувального та циркулярного підмагнічувального магнітних полів проводять вимірювання сигналу вимірювальною котушкою 4, розміщеною на одному з полюсів П-подібного магнітопроводу 1. Сигнал з котушки 4 подається на пристрій 6 для детектування сигналу. За допомогою ферозонду вимірюють тангенціальну складову напруженості магнітного поля на поверхні контрольованого виробу, яка дорівнює тангенціальній складовій внутрішнього магнітного поля в виробі. Сигнали від пристрою 6 для детектування сигналу і від ферозонда надходять на пристрій 7 оцифрування сигналу і індикатор 8. На індикаторі 8 відображається графік залежності сигналу вимірювальної обмотки 4 від внутрішнього магнітного поля в виробі, вимірюваного ферозондом. Аналізують отриману залежність сигналу з вимірювальної обмотки 4 від внутрішнього магнітного поля, що вимірюється ферозондом.

Таким чином, використання запропонованої конструкції дозволяє, розширити технічні можливості та підвищити завадостійкість і чутливість вимірювань.

Висновок

У даному дипломному проекті була розроблена гнучка виробнича дільниця виготовлення «Корпусу підшипника».

У ході виконання 1 частини дипломного проекту, конструкторська, була розроблена типова деталь «Корпусу підшипника» ДП ПБ7110.1702.001, обраний метод отримання заготовки – лиття у кокіль, розраховано деталь на технологічність. Наступним кроком був розроблений технологічний процес виготовлення деталі, у даному пункті були обрані методи обробки окремих поверхонь, розроблені маршрутна та операційна карти, обрані інструменти та обладнання для обробки. Для процесу обробки були розраховані режими різання для обробки та норми часу. За отриманими даними розроблена заготовка «Корпусу підшипника» ДП ПБ7110.1702.002.

За отриманими розрахунками була спроектована ГВС. Для побудування ГВС була визначення кількість обладнання верстатного комплексу ГВС: 1 фрезерний верстат, 1 токарний верстат та 1 свердлильний верстат; була розрахована система інструментального забезпечення ГВС, розрахована АТСС для ГВС та складська система ГВС. За отриманими даними була побудована ГВД(ДП ПБ7110.1702.006) Для точної орієнтації деталі на верстаті було спроектовано: технологічне оснащення для фрезерування (ДП ПБ7110.1702.003 СК) та технологічне оснащення для свердління(ДП ПБ7110.1702.004 СК). Для контролю деталі було спроектовано пристосування для контролю радіального биття (ДП ПБ7110.1702.005 СК).

Список використаних джерела

- [1] Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей/ Е.П. круглов, Э.Р. Галимов, А.Г. Аблясова, Н.Я. Галимова, С.Ю. Юрасов, М.М. Ганиев, А.Г. Схиртладзе, Е.А. Рябов - КНИТУ-КАИ, 2009 – 433 с.
- [2] Технологія приладобудування: для студентів напряму підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи»/ Шевченко В.В.,Осадчий О.В., Симута М.О.
- [3] Адаптивная система управления. / Остафьев В.А., Тымчик Г.С., Шевченко В.В. // Механизация и автоматизация управления.-1983.-№1.-с.18-20.
- [4] Орнис Н.М. 'Основы механической обработки металлов' - Москва: Машиностроение, 1968 - с.230
- [5] Основи технології машинобудування: Навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
- [6] Основи технології: Навчальний посібник. / Збожна О.М. – Тернопіль: Карт-Бланш, 2002. – 486 с.
- [7] Справочник технолога-машиностроителя Том 1:Справочник /Касилова А.Г., Мещерякова Р.К.-Москва «Машиностроение»,1986 – 648 с.
- [8] Справочник технолога-машиностроителя Том 2:Справочник /Касилова А.Г., Мещерякова Р.К.-Москва «Машиностроение»,1986 – 486 с.
- [9] Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование / Б.Н.Хватов, -2008-, с.60.
- [10] Подолян, О. О. Контроль якості монтажу муфт на магістральний трубопровід [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Подолян, Г. С. Тимчик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 180 с.

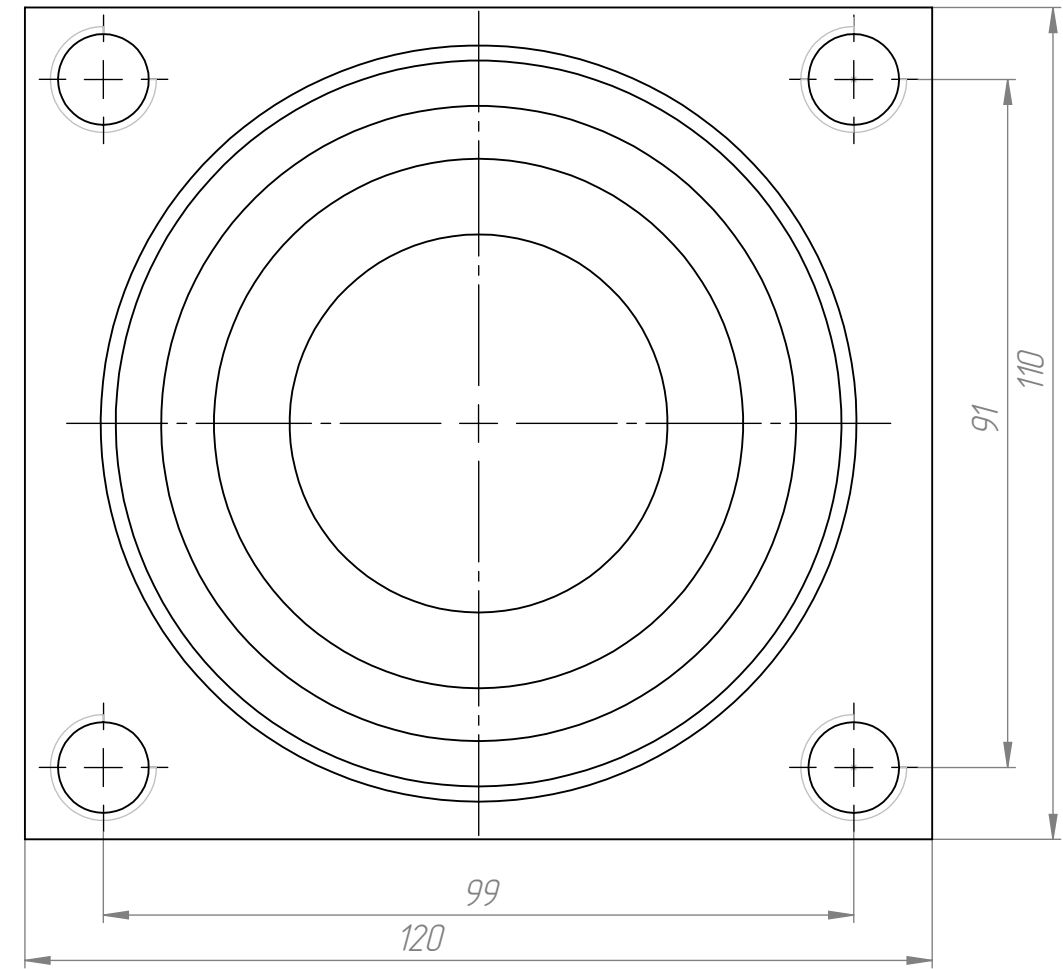
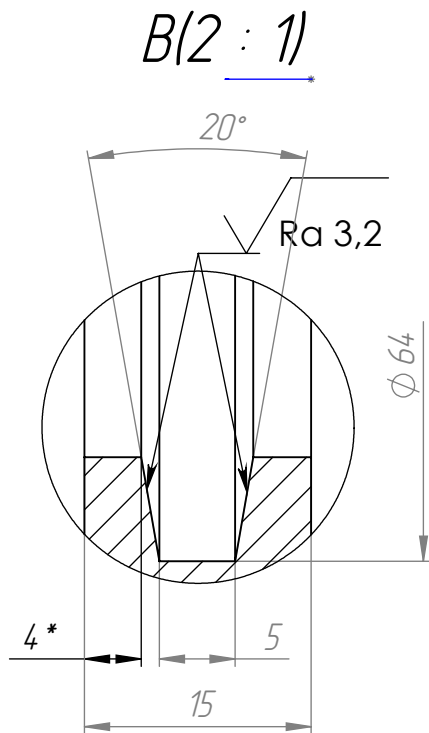
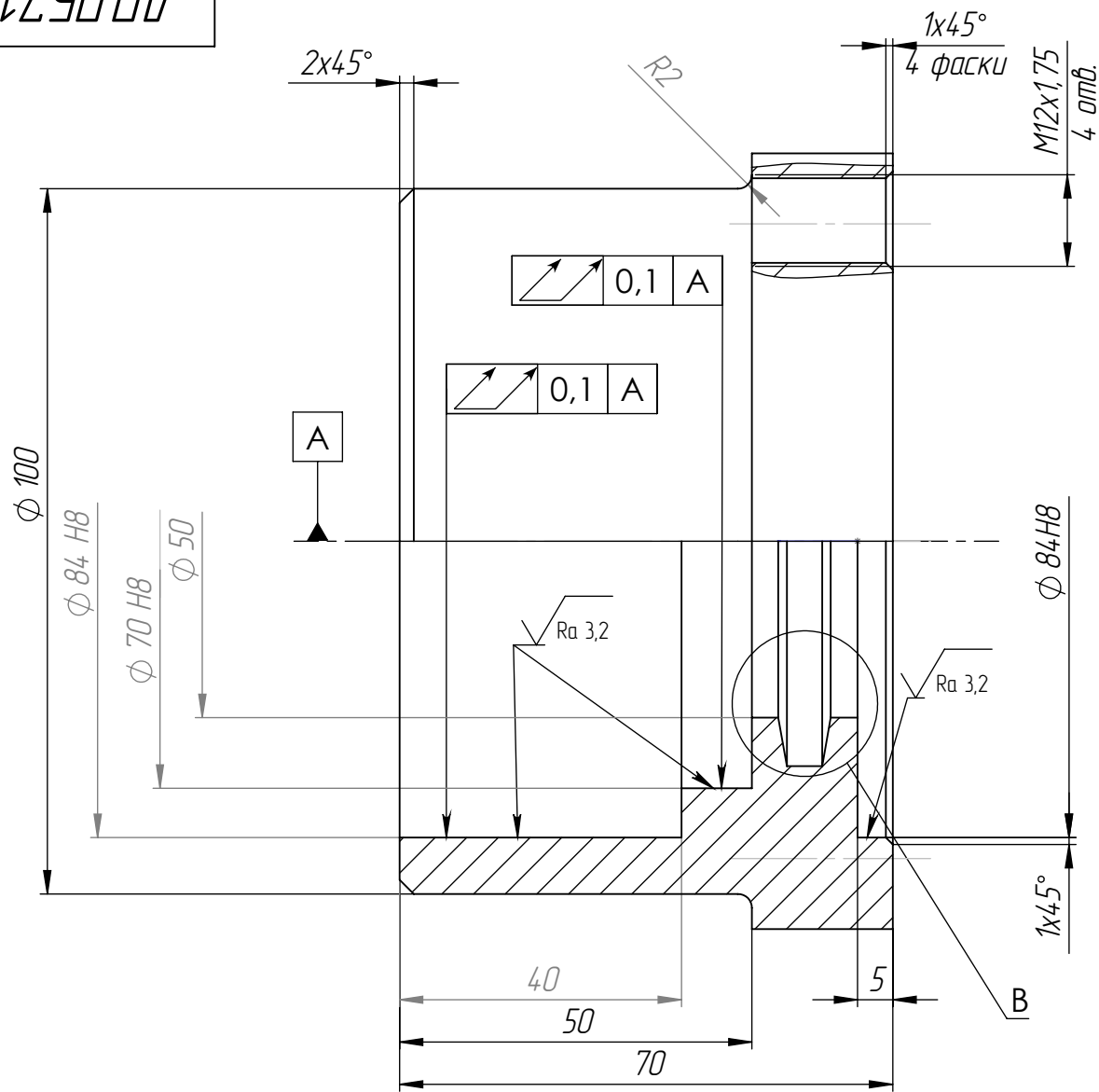
- [11] G. S. Tymchik, O. O. Podolian, K. S. Serhiienko. Testing technology of the undercoupling space filling of coupling on the main pipeline // "Mehatronics" Vol. II, London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2020 – 7 pages
- [12] Tymchik, G.S. et al., (2018). Quality control system of well-bonded coupling fitting onto high pressure gas-main pipelines. / G. S. Tymchyk, O. O. Podolian et al.// In: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 108085A. DOI: 10.1117/12.2501594.
- [13] Gregory S Tymchik, Aleksandr A Podolian, Kateryna S Serhiienko, Theoretical investigations of the generation of an ultrasonic wave by an electromagnetic acoustic transducer, KPI Science News, 2018, Vol.3, pp.84-92, <https://doi.org/10.20535/1810-0546.2018.3.127129>
- [14] Тымчик Г.С., Подолян А.А., Пудрий С.В. Экспериментальные исследования эффективности усиления участка трубопровода высокого давления муфтой с внутренним наполнением // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2013. – Вып. 4. – С. 35–39.
- [15] G.S. Tymchik and A.A. Podolian, “The quality control system installation glued-welded joint on the trunk gas pipeline under the high pressure”, *Naukovi Visti NTUU “KPI”*, no. 6, pp. 138–144, 2012 (in Russian).
- [16] I.V. Oryniak *et al.*, “Method for repair of operating pipeline by means of couplings with inner filling”, UA Patent 98440, May 10, 2012 (in Ukrainian).
- [17] A.A. Podolian *et al.*, “Method for reinforcement of a pipeline by means of couplings with inner filling with control of quality of works (variants)”, UA Patent 98601, May 25, 2012 (in Ukrainian).
- [18] G.S. Tymchik and A.A. Podolian, “Technology of ultrasonic control of the well-bonded pipe coupling space filling”, *Naukovi Visti NTUU “KPI”*, no. 2, pp. 103–109, 2014 (in Russian).
- [19] Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах / Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— заявл. № u 2021022642 , заявл.20.05.2021.

- [20] Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю залишкових механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах/ Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— № u 2021022643, заявл.20.05.2021
- [21] Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних сталях/ Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— заявл. № u 2021022641, заявл.20.05.2021
- [22] 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.
- [23] Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. — К.: НТУУ «КПІ», 2015. — 276 с.
- [24] ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия
- [25] ГОСТ 26228-90 Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей
- [26] Гавриш А.П., Войтенко В.И. Технические средства автоматизации технологической подготовки производства. — 1985 - 78 с.
- [27] Балякіна О.Л., Романенко К.А. Технологія контролю стану різця з використанням віброперетворювача під час обробки деталі [Текст] / О.Л. Балякіна, К.А. Романенко // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. — 2021. — С. 136-139.

Додатки

Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	

ДП.ПБ7110.1702.001



Технічні вимоги

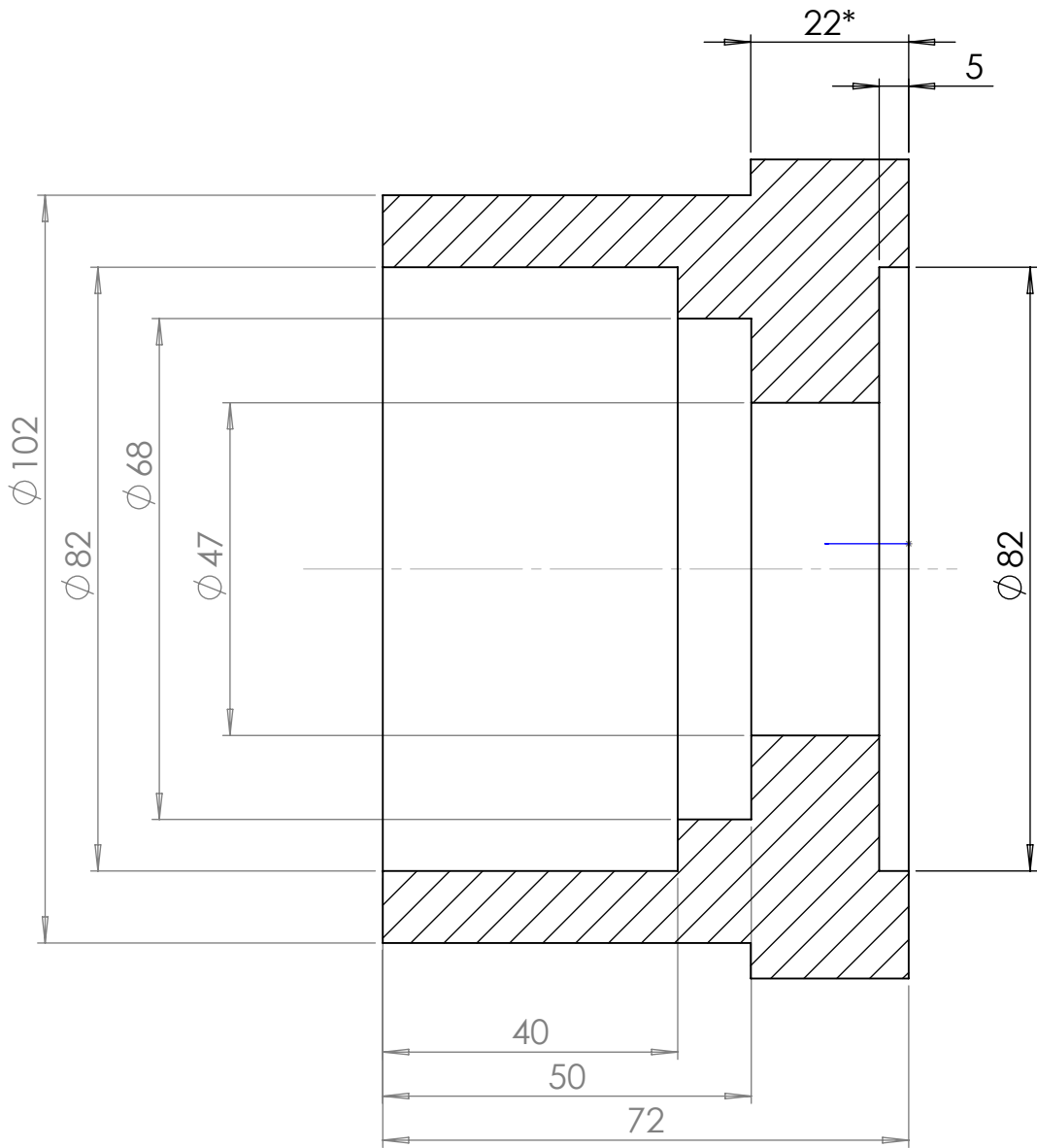
1.* Розміри для довідок

2. Невказані граничні відхилення розмірів по Н10, h10, IT10/2

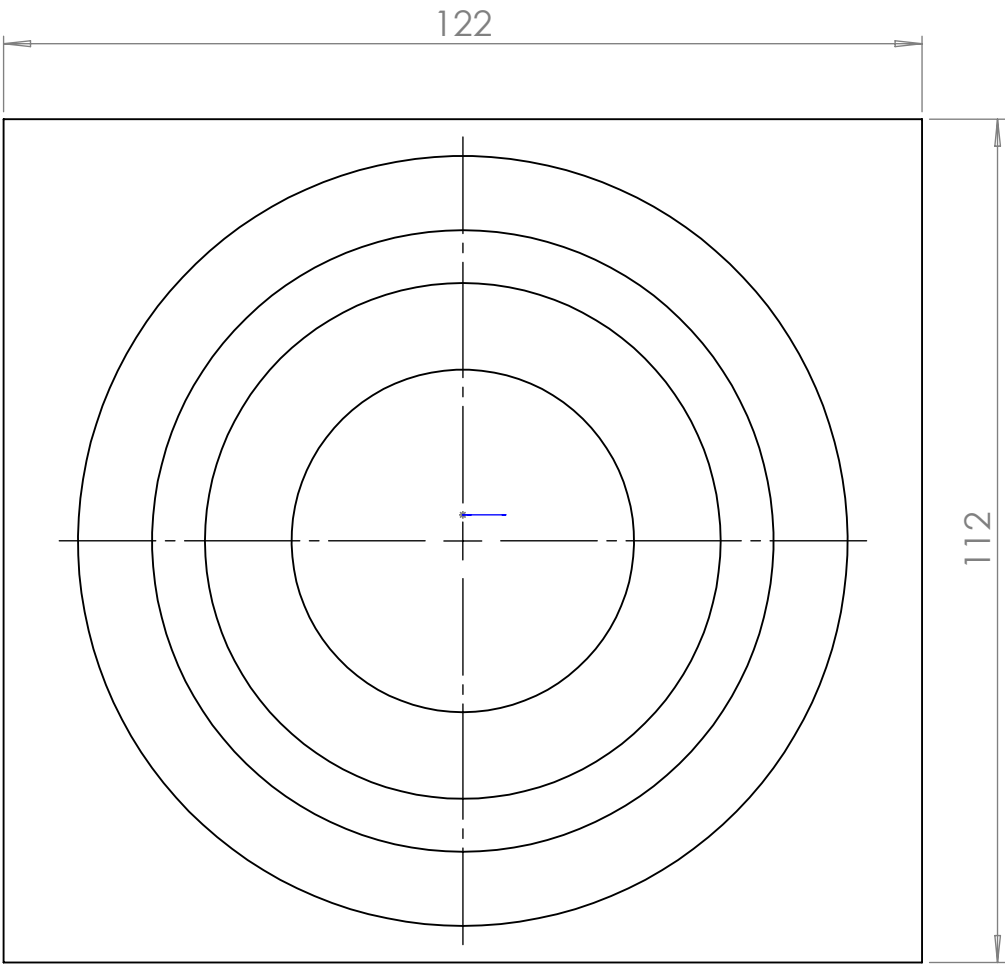
					ДП.ПБ7110.1702.001		
					Корпус підшипника		
					Лит.	Масса	Масштаб
						2,51	1:1
					Лист 1 Листов 1		
					Сталь 45Л ГОСТ 977-88		
					КПІ, гр. ПБ-71		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Романенко К.А.					
Пров.		Подольян О.О.					
Т. контр.							
Н. контр.							
Утв.							

Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	

ДП.ПБ7110.1702.002



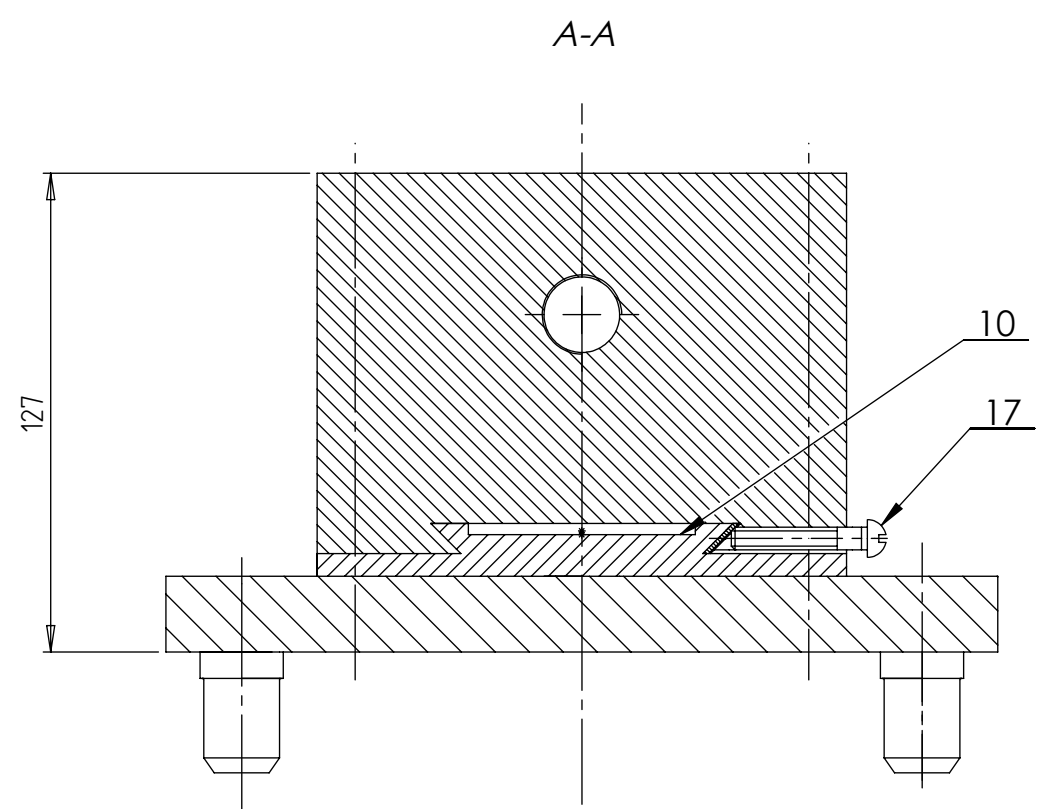
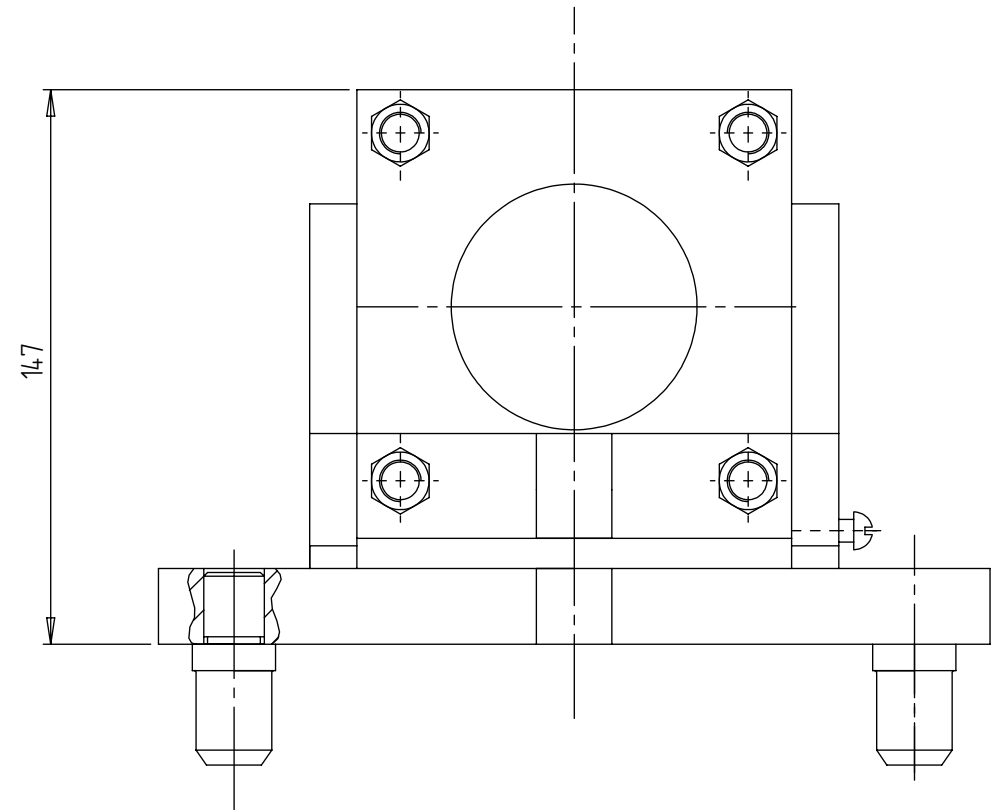
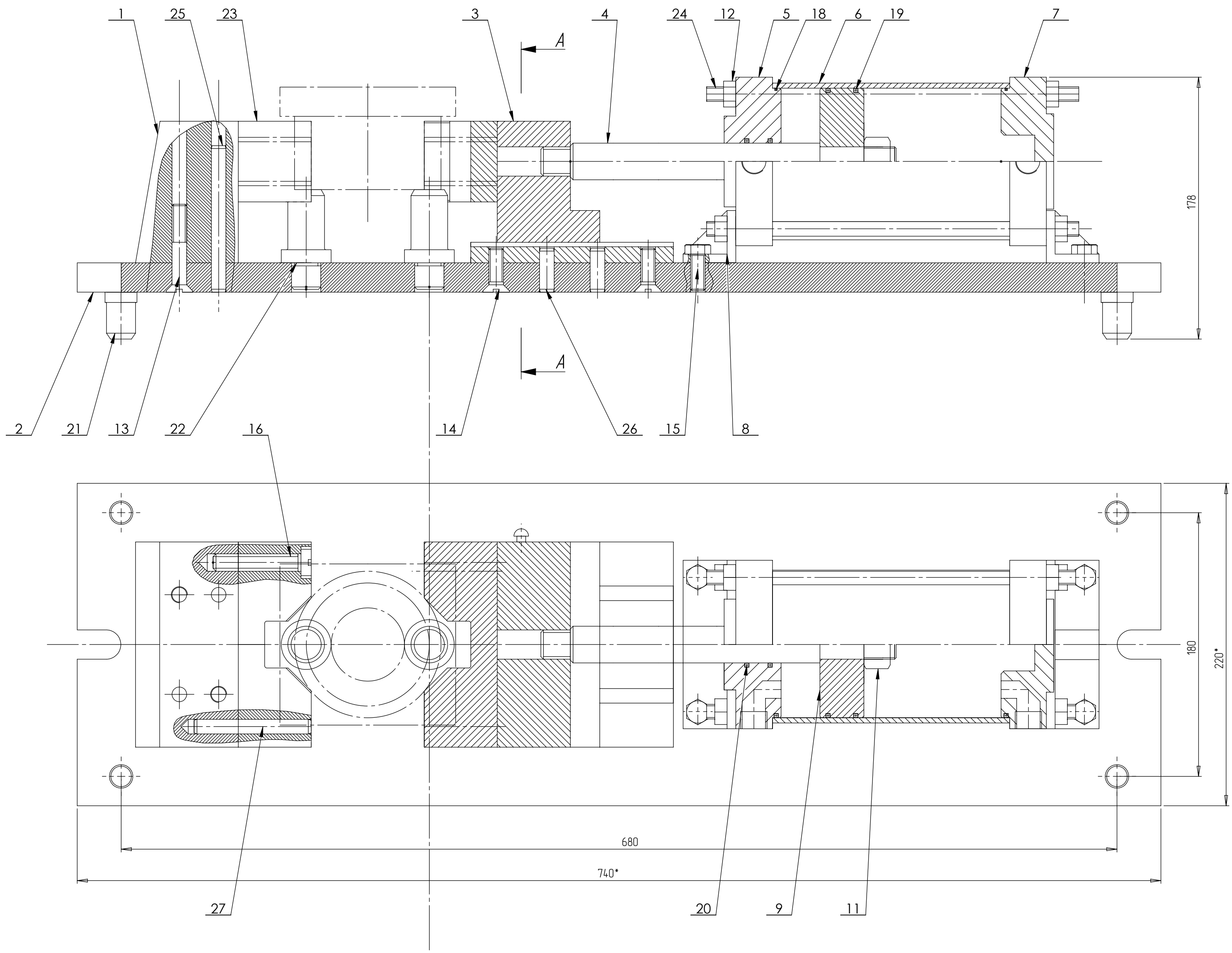
✓ Ra 25



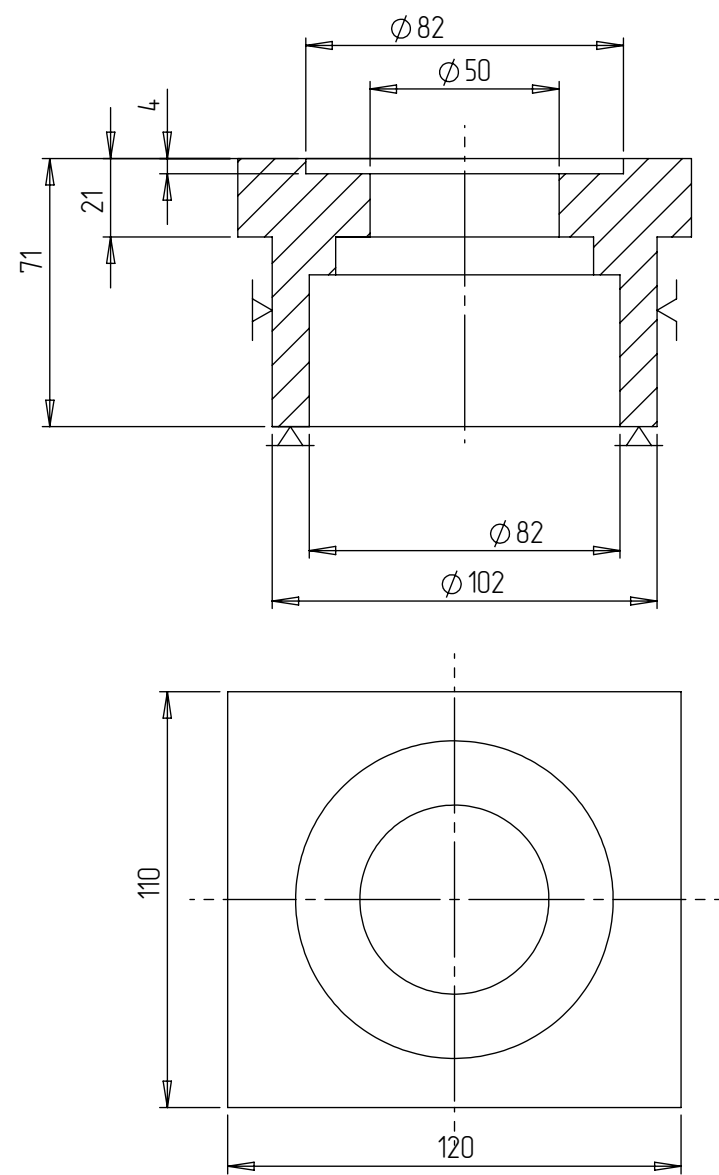
Технічні вимоги

- 1.* Розміри для довідок
- 2. Невказані граничні відхилення розмірів по Н14, h14, IT14/2
- 3. Невказані ливарні радіуси 1 мм.

					ДП.ПБ7110.1702.002					
					Заготівка	Лит.			Масса	Масштаб
									2,9	1:2
						Лист 1			Листов 1	
						Сталь 45Л ГОСТ 977-88			КПІ, гр. ПБ-71	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.		Романенко К.А.								
Пров.		Подольня О.О.								
Т. контр.										
Н. контр.										
Утв.										



Операційний ескіз



- Технічні вимоги:
- * Розміри для довідок.
 - Права губка лещат повина переміщатися плавно.
 - Поверхні тертя змастити мастилом УСсА ГОСТ 3333-80.
 - Потрібний тиск у пневмоциліндрі 0.2 МПа.

					ДП ПБ 7110.1702.003 СК				
					Лещата	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:2
Разраб.		Ромченко К.А.							
Пров.		Подольн О.О.							
Т. контр.						Лист 1		Листов 1	
Н. контр.									
Утв.									

ДП ПБ 7110.1702.003 СК

Лещата

Лит. Маса Масштаб

1:2

Лист 1 Листов 1

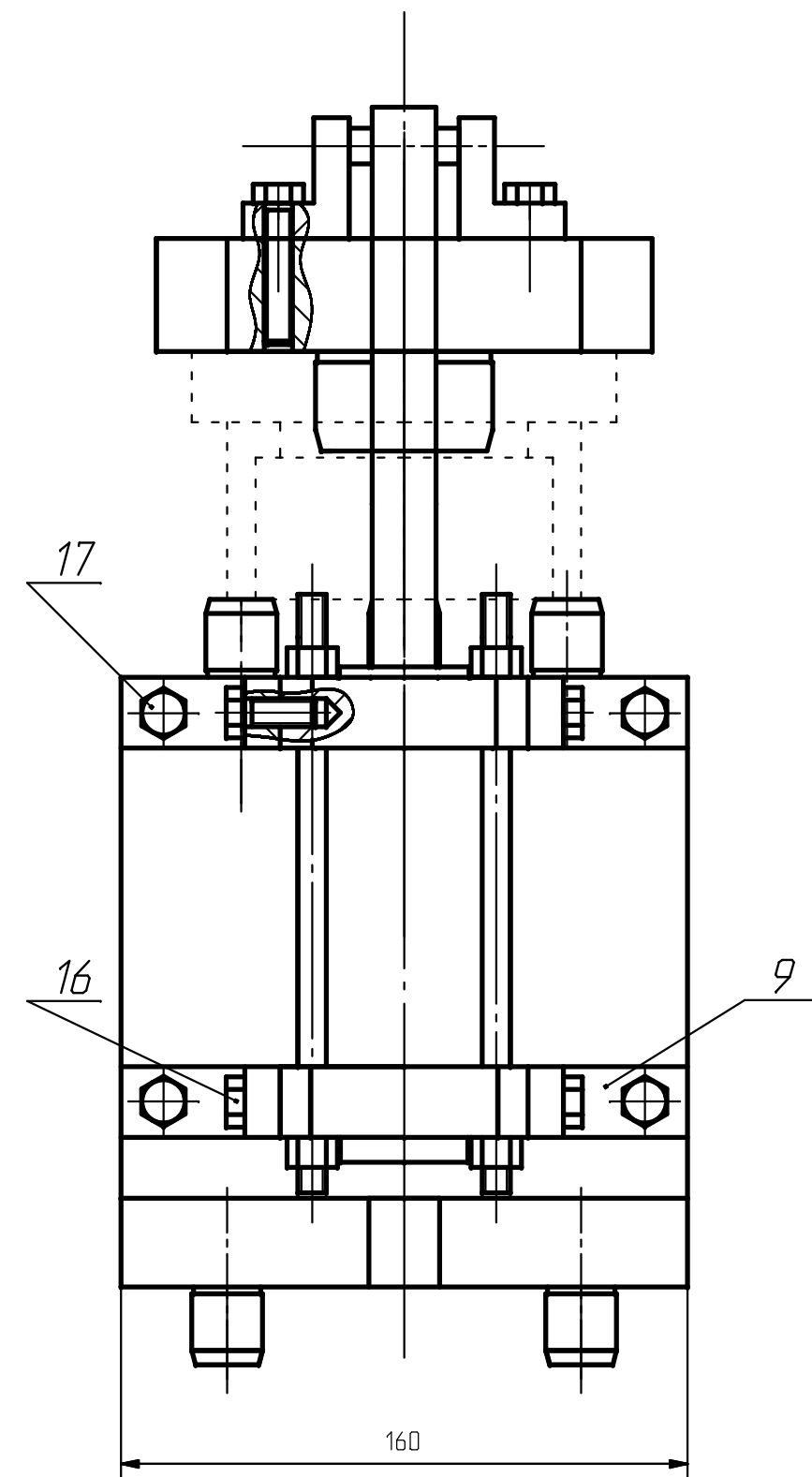
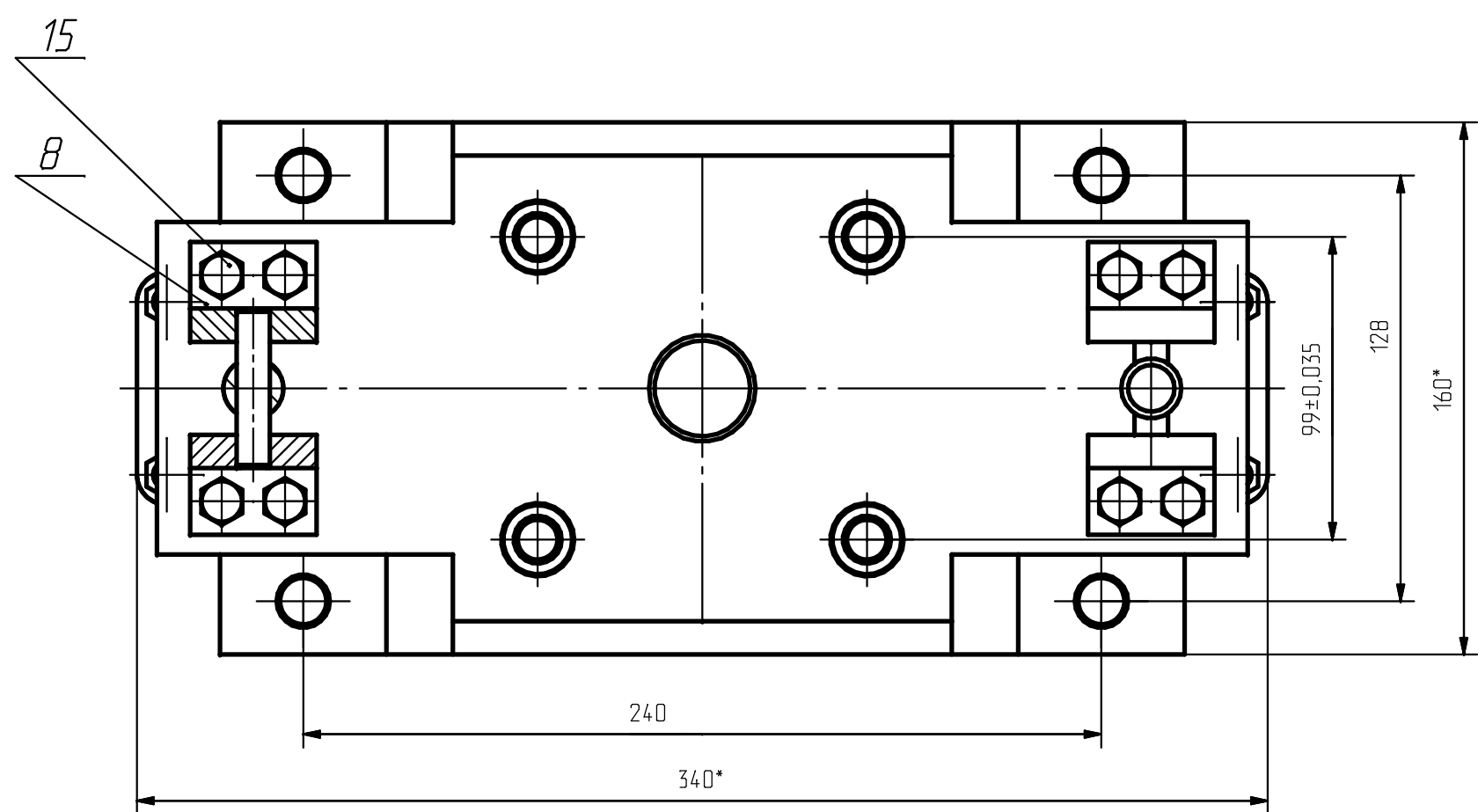
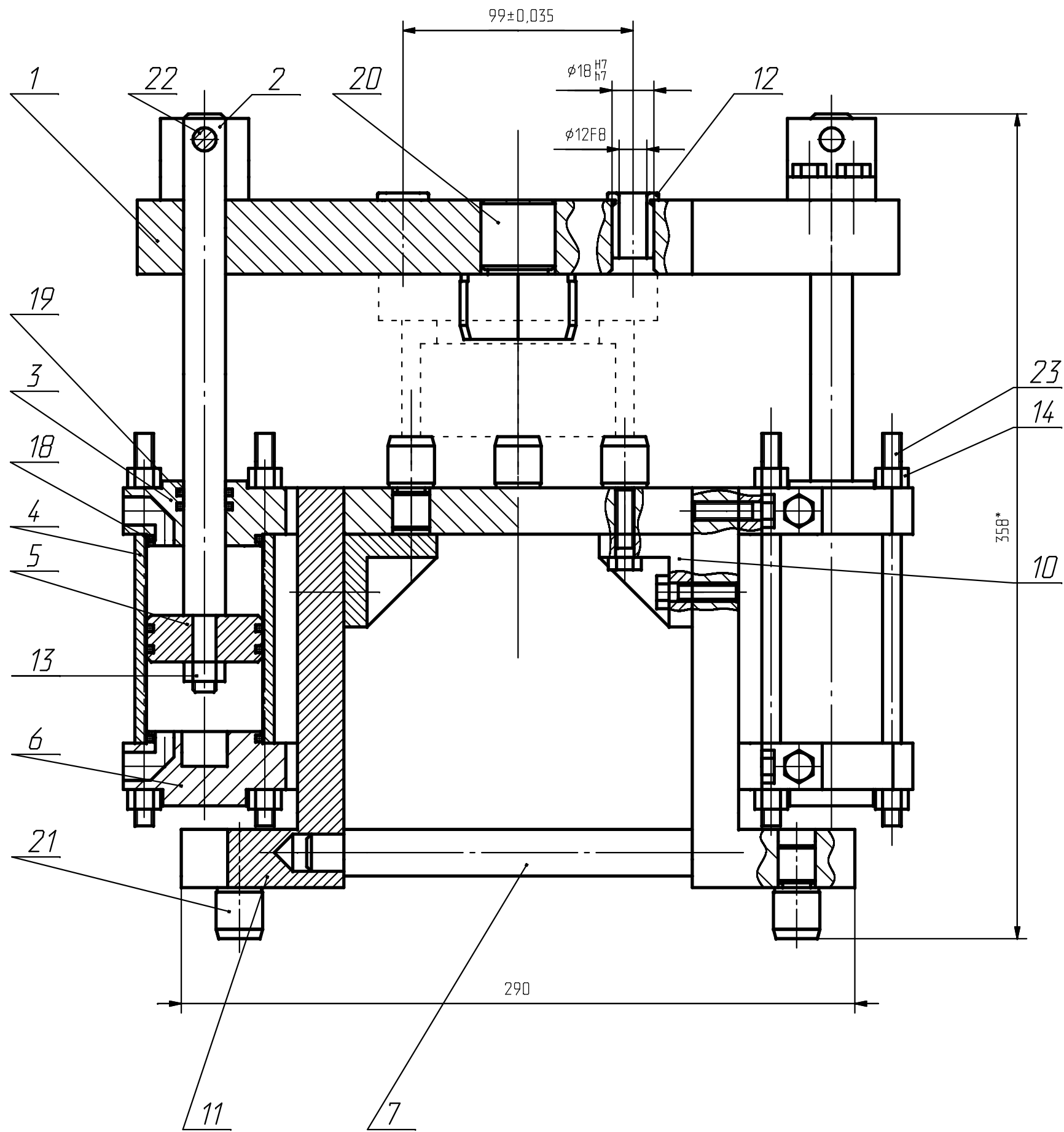
[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				ГОСТ 17475-80		
A5		15		Гвинт М10х1.5	4	
				ГОСТ 7798-70		
A5		16		Гвинт М10х1.5	4	
				ГОСТ 1491-80		
A5		17		Гвинт М6	1	
				ГОСТ 17473-80		
A5		18		Кільце ущільнювач 100-105-25	2	
				ГОСТ 9833-73		
A5		19		Кільце ущільнювач 102-108-30	2	
				ГОСТ 9833-73		
A5		20		Кільце ущільнювач 102-108-30	2	
				ГОСТ 9833-73		
A5		21		Палець установчий 7030-1241	4	
				ГОСТ 17774-72		
A5		22		Палець установчий 7030-1246	2	
				ГОСТ 17774-72		
A5		23		Призма 7033-0039	2	
				ГОСТ 12195-66		
A5		24		Шпилька М10х1.5	4	
				ГОСТ 22042-76		
A5		25		Штифт 10х100	2	
				ГОСТ 3128-70		
A5		26		Штифт 10х30	2	
				ГОСТ 3128-70		
A5		27		Штифт 10х80	4	
				ГОСТ 3128-70		

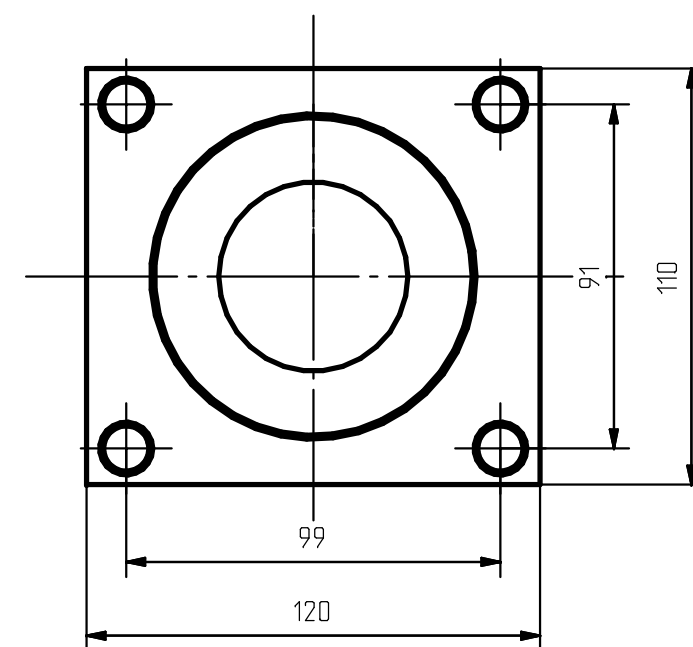
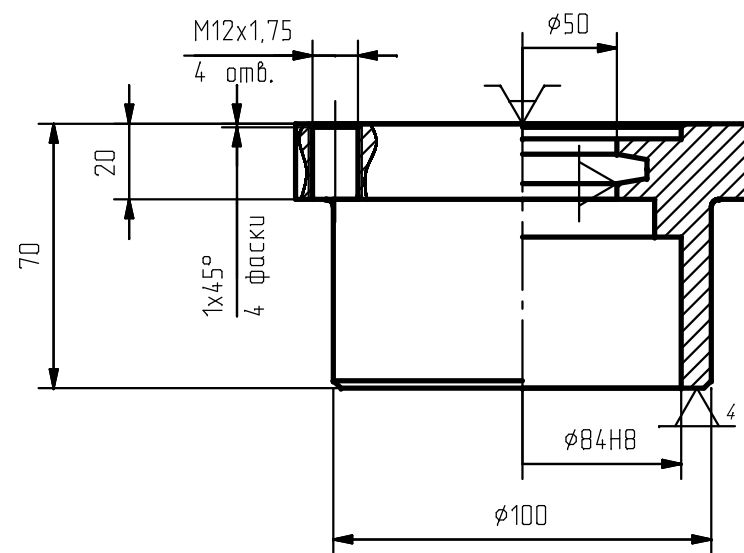
Взм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ПБ7110.1702.007.001

Лист
2



Операційний ескіз

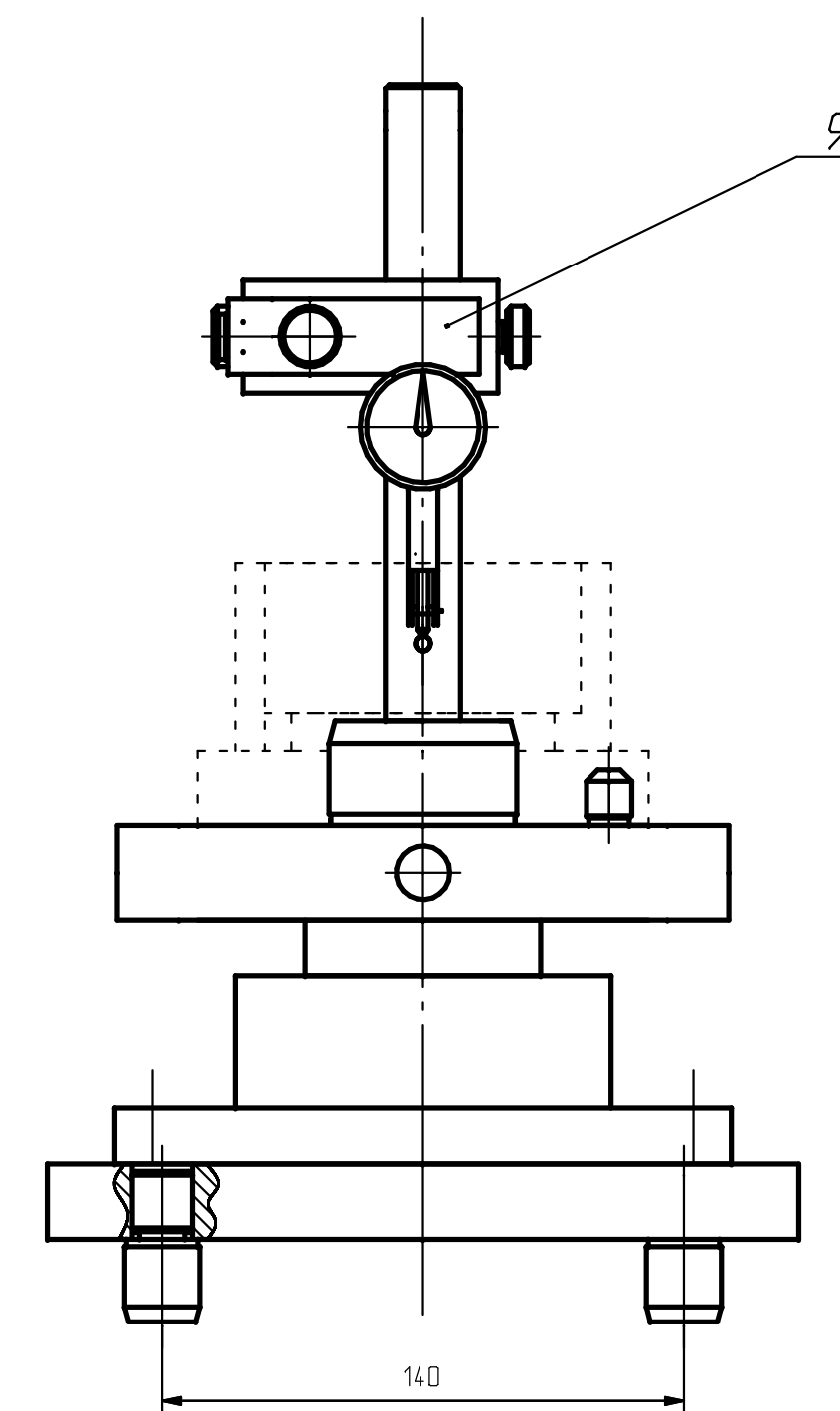
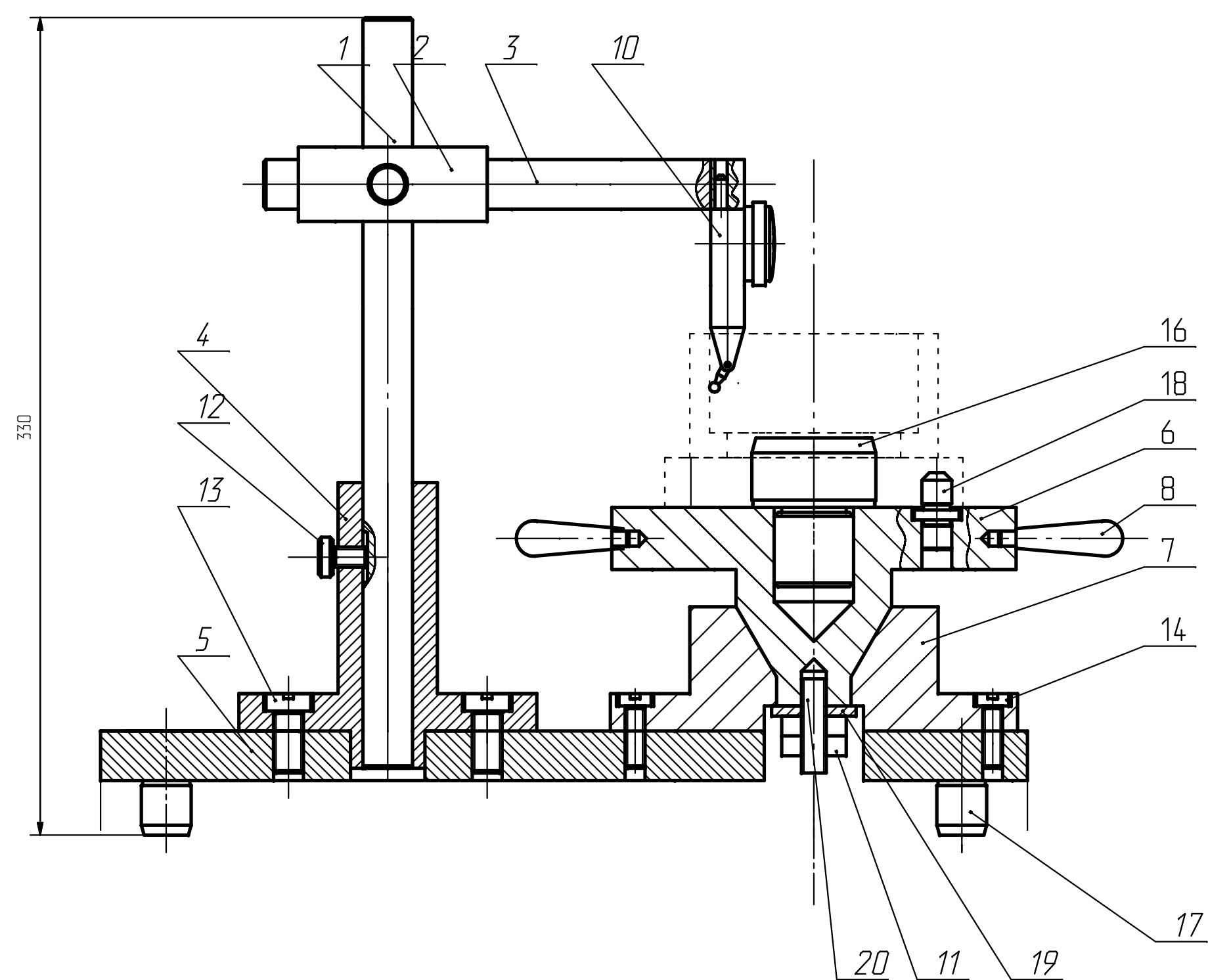


Технічні умови:
1. Кондукторна плита поз. 1 повина переміщатися плавно.
2. Поверхні, що труться змастити мастилом УСсА ГОСТ 3333-80.
3. * Розміри для довідок.
4. Допуск паралельності кондукторної плити поз.1 відносно установчих пальців поз. 22 0,03 мм.

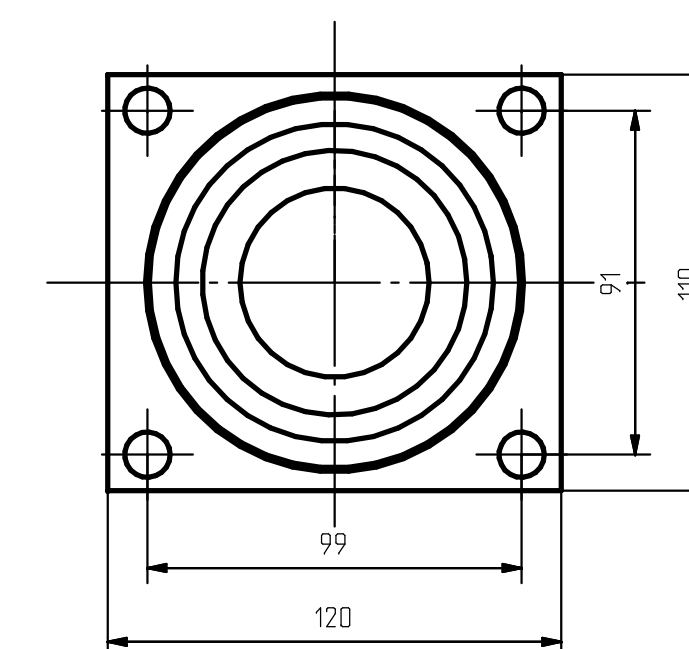
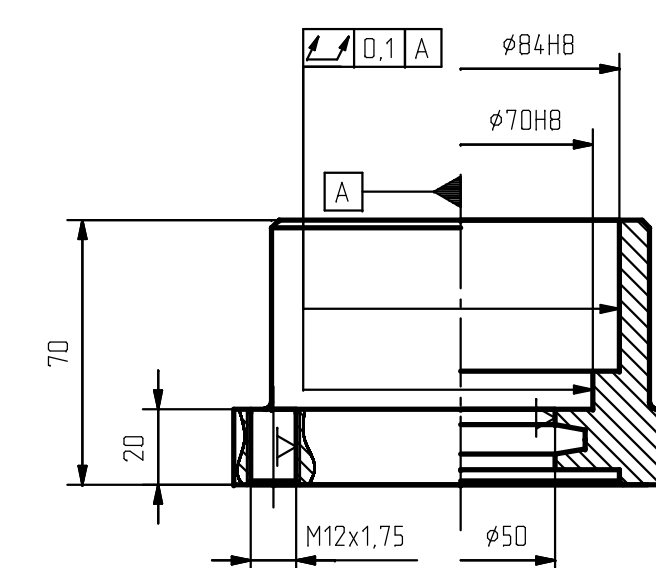
ДП ПБ7110.1702.004 СК				Кондуктор			Лист	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб	1:2	
Разраб.	Романенко К.А.				Лист	Масштаб		
Пров.	Подолян О.О.				Лист	Масштаб		
Т.контр.					Лист	Масштаб		
О	О				Лист	Масштаб		
Н.контр.					Лист	Масштаб		
Утв.					Лист	Масштаб		

[illegible]

[illegible]



Операційний ескіз



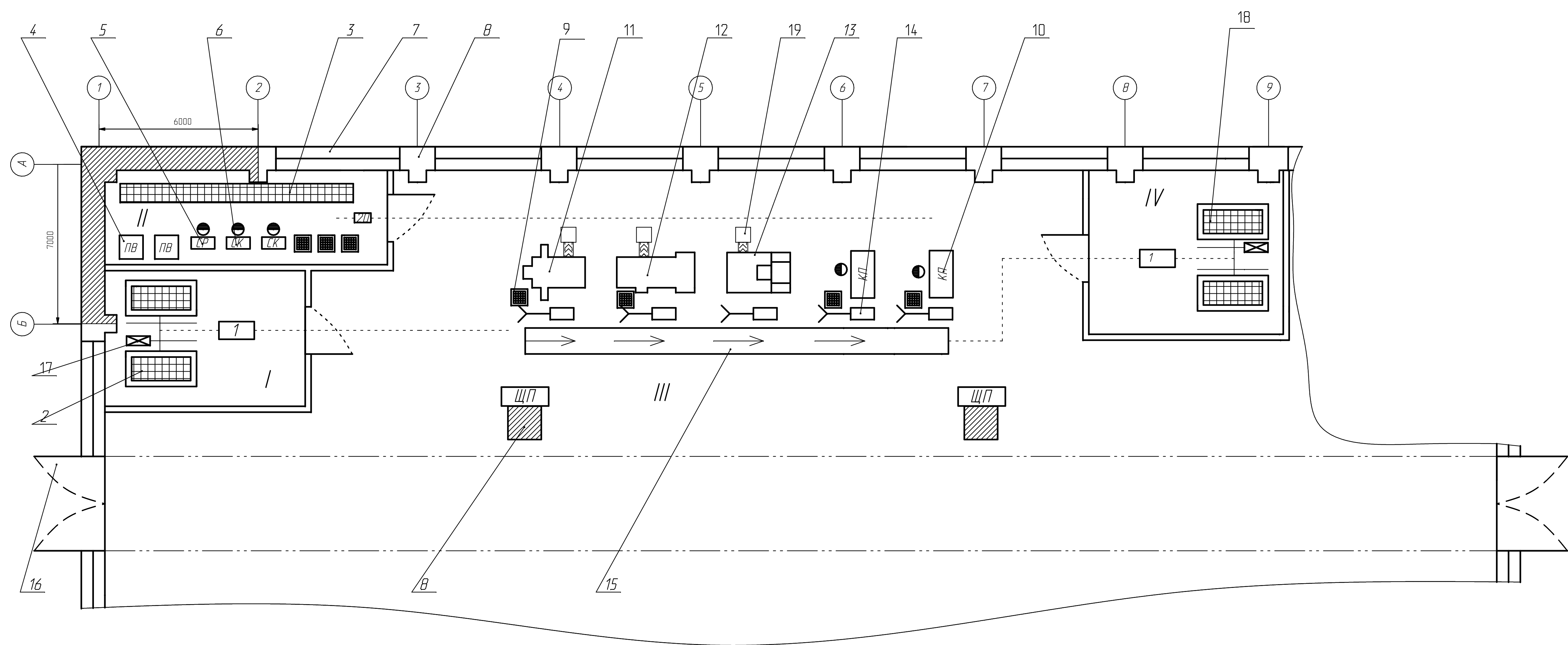
Технічні умови:

1. * Розміри для довідки.
2. Забезпечити плавну роботу приладу.
3. Допуск похибки вимірювань 0,024 мм.
4. Поверхні тертя змастити мастилом УСА ГОСТ 3333-80.

						ДП ПБ7110.1702.005 СК				
						Приспособления для контролю		Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата					1:2	
Разраб.		Романенко К.А.								
Проб.		Паполян О.О.								
Т.контр.					Лист			Листов	1	
0	0					КПІ, ПБФ				
Н.контр.										
Утв.										

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				Документація		
A1			ДП ПБ7110.1702.005 СК	Складальне креслення	1	
				Деталі		
A4		1	.1702.005.001	Стійка	1	
A3		2	.1702.005.002	Регульований кронштейн	1	
A4		3	.1702.005.003	Скалка	1	
A4		4	.1702.005.005	Кронштейн	1	
A3		5	.1702.005.005	Плита основа	1	
A4		6	.1702.005.006	Шпindelь	1	
A4		7	.1702.005.007	Кронштейн	1	
A4		8	.1702.005.008	Ручка	2	
A4		9	.1702.005.009	Кронштейн	1	
				Стандартні вироби		
A4		10		Індикатор 7051-1205	1	
				ГОСТ 5584-75		
				Стандартні деталі		
A5		11		Гайка М10х1,5	2	
				ГОСТ 5915-70		
A5		12		Гвинт М10	3	
				ДП ПБ7110.1702.007.003		
Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	Пристосування для контролю	
Розраб.	Романенко К.А.					
Перев.	Подольян О.О.					
Н.контр.						
Утв.					ПБФ	

[illegible]



Позначення елементів:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Робокар | 13 - Свердлильний верстат |
| 2 - Стелаж із заготівками | 14 - Робот маніпулятор |
| 3 - Стелаж з інструментами | 15 - Конвеєр |
| 4 - Прилад налаштування інструменту | 16 - Двері |
| 5 - Стіл розбирання інструмента | 17 - Штабелер |
| 6 - Стіл комплектування інструмента | 18 - Стелаж із готовими деталями |
| 7 - Стіна | 19 - Прилад для видалення стружки |
| 8 - Колона | 20 - Теліжка |
| 9 - Тара | |
| 10 - Контрольне пристосування | |
| 11 - Фрезерний верстат | |
| 12 - Токарний верстат | |

Умовні позначення:

- Головний проїзд цеху
- Маршрут руху робокара
- ЩП Щит протипожежний
- Робітник

Позначення ділянок:

- I - Склад заготівок
- II - Ділянка інструмент. підготовки
- III - Ділянка мех. обробки
- IV - Склад деталей

ДП ПБ7110.1702.006			
План ділянки			
Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Лист	Лист	Лист	Лист
КПІ, 4 курс			

Technical drawing of a mechanical part. The main view shows a part with a total width of 34, a central hole of diameter $\phi 10H7$, and a top flange with a thickness of 8 ± 0.015 . The bottom flange has a width of 30 and a height of 10. A section view A-A shows the internal structure with a central hole of diameter 10 and a bottom flange with a height of 10. The surface finish is indicated as $\sqrt{Ra\ 1.6}$. The part is made of material 1015.

[illegible]

ДЛ ПБ7110.1702.005.005	Перед. примеч.	Стрел. №	Подп. и дата	Изм. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм. № подл.

Technical drawing of a mechanical part. The top view shows a circular flange with a diameter of 288 ± 0.052 mm. It has four holes arranged in a circle with a diameter of 116 mm. The side view shows a shaft with a diameter of $\phi 16H7/4$ and a thread of $M12 \times 1.75/4$. A fillet radius of $R4 \ 1.6$ is indicated at the transition between the shaft and the flange.

Technical drawing of a mechanical part, showing a side view and a top view.

Side View:

- Overall length: 139 ± 0.04
- Overall diameter: 20
- Central hole diameter: 40H7
- Surface finish: $\sqrt{Ra\ 3.2}$

Top View:

- Overall diameter: 140
- Four mounting holes with diameter 10, spaced 139 ± 0.04 apart.

Title Block:

Имен.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разреш.	Романенко К.А.			
Прав.	Подолян О.О.			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Part Information:

- ДП ПБ7110.1702.005.005
- Плита основа
- Сталь 35 ГОСТ 1050-88
- Лист 1
- Масса
- Масшт. 1:2
- Кпи, ПБФ

Тільки для немеркантильного використання!

Мат.устан.	Підп. і дата	Інв.устан.	Підп. і дата	Стор. №	Герб. прим.
------------	--------------	------------	--------------	---------	-------------

ДП ПБ7110.1702.004.001

✓ Ra 6,3

Невказані граничні відхилення розмірів по Н10, h10, IT10/2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романенко К.А.		
Пров.		Подолян О.О.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ДП ПБ7110.1702.004.001			Лит.	Масса	Масшт.
Плита					1:2
			Лист	Листов	1
См30 ГОСТ 1050-88			КПИ, ПБФ		

ДП ПБ7110.1702.005.006

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Сер. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

Пр. №

ДП ПБ7110.1702.009

АД.02041.00146

Министерство машиностроения

СОГЛАСОВАНО

Представитель заказчика

А.А.Павлов

УТВЕРЖДАЮ

Главный технолог

В.В.Иванов

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
механической обработки

Гл. конструктор

И.К.Фаддеев

С.А.Судоров

К.И.Фадеева

Акты N от

Нач. ТБ

В.В.Петров

Ведущий технолог

В.В.Шалагинов

Нач. ТБ

Ф.В.Васильев

Рyководство №

Дубл.															
Взам.															
Подл.															

												АД.02041.00146		2
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	---

												ДП ПБ7110.1702.009		АД.50041.00146	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------	--	----------------	--

A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт
Р						ПИ	Д или В		Л		†	i		S	п	v

А 01	020 4110 ТОКАРНАЯ								АД.60041.00183										
------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б 02	Верстат токарний з ЧПК OPTIturn L 34HS 1																		
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

03																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

04																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А 05	025 4110 ТОКАРНАЯ								АД.60041.00184										
------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б 06	Верстат токарний з ЧПК OPTIturn L 34HS 1																		
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

07																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

08																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А 09	030 4210 СВЕРЛИЛЬНАЯ								АД.60041.00185										
------	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б 10	JET JMD-45PFD																		
------	---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

11																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

12																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А 13	035 0200 КОНТРОЛЬ								АД.60002.00186; БТ 48; БТ 242										
------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

14																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

15																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А 16	040 0200 КОНТРОЛЬ								АД.60002.00186; БТ 48; БТ 242										
------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

17																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

МК		Маршрутна карта												Корпус подписника.adm			3
----	--	-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	---

Только для не коммерческого использования !

Только для не коммерческого использования !

Документ предназначен для использования в САП/САМ/САРР системах АРМ

Только для неkomмерческого использования !

Дубл.																															
Взам.																															
Подл.																															
																АД.02041.00146								2							
																		ДП ПБ7110.1702.009				АД.60041.00181				010					
Р												ПИ		D или B		L		t		i		S		n		v					
Р 01												18		110		1		1		0.2		1300		74							
02																															
0 03		5. Фрезерувати начорно поверхню довжиною 110 мм. та шириною 22 мм.																								0.115					
Т 04		РИ. 2220-0019 Фреза $\phi 18$ Т15К6 ГОСТ 17025-71																													
Р 05												18		110		0.5		1		0.2		1300		74							
06																															
0 07		6. Фрезерувати начорно поверхню довжиною 110 мм. та шириною 120 мм.																								0.566					
Т 08		РИ. 2220-0019 Фреза $\phi 18$ Т30К4 ГОСТ 17025-71																													
Р 09												20		110		0.5		1		0.2		1400		80							
10																															
0 11		7. Фрезерувати начорно отвір діаметром 47 мм.																								0.2					
Т 12		РИ. 2220-0019 Фреза $\phi 18$ Т15К6 ГОСТ 17025-71																													
Р 13												18		157		1.5		1		0.2		1600		91							
14																															
0 15		8. Зняти заготівку																													
16																															
17																															
18																															
ОК		Операционная карта																Корпус подшипника.adm						6							

Только для неkomмерческого использования !

Документ подготовлен с использованием САП/САМ/САРР систем АРМ

Только для неkomмерческого использования !

Дубл.												ГОСТ 3.1404-00				Формат 2а							
Взам.																							
Подл.																							
														АД.02041.00146				4					
												ДП ПБ7110.1702.009				АД.60041.00183				020			
Р								ПИ		D или B		L		t		i		S		n		v	
Р 01								70		10		0.2		1		0.15		500		110			
02																							
О 03		14. Точить фаску размером 2 мм. под углом 45 градусов																				0.1	
Т 04		РИ. 2102-0021 Резец Т15К6 ГОСТ 18877-73																					
Р 05								100		2		2		1		0.2		200		63			
06																							
О 07		15. Зняти заготовку																					
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
ОК		Операционная карта														Корпус подшипника.adm				11			

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

								АД.02041.00146				5
--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	---

									ДП ПБ7110.1702.009				АД.60041.00185				030
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------	--	--	--	----------------	--	--	--	-----

Р											П	И	Д	или	В	L	t	i	S	n	v
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---

0 01	18. Зняти заготовку																			
02																				
03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				

Только для некоммерческого использования !

OK	Операционная карта														Корпус подписника.adm				19
----	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	----

Только для некоммерческого использования !

Документ подготовлен с использованием ГАП/САМ/ТАРП систем АДЕМ

Лист регистрации изменений

[illegible]

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования

СПИСОК
наукових праць Романенко Кирило Андрійович

Назва (мовою оригіналу)	Характер праці	Вихідні дані	Обсяг, с.	Співавтори
1	2	3	4	5
1. Наукові праці, опубліковані до захисту кандидатської дисертації				
1. Технологія контролю стану різця з використанням віброперетворювача під час обробки деталі	стаття	Балякіна О.Л., Романенко К.А. // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ", 18-19 травня 2021р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 136-139.	4	–
2. Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах	Заявка на патент на корисну модель (Україна)	Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, / Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін. – № u2021022642, заявл.20.05.2021	8	-
3. Пристрій для контролю залишкових механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах	Заявка на патент на корисну модель (Україна)	Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, / Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін. – № u2021022643, заявл.20.05.2021	8	-
4. Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних сталях	Заявка на патент на корисну модель (Україна)	Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, / Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін. – № u2021022641, заявл.20.05.2021	8	-

Студент



Кирило РОМАНЕНКО

Науковий керівник



Олександр ПОДОЛЯН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан приладобудівного факультету

 Г.С. Тимчик

« 14 » 06 2021 р.

АКТ

про впровадження результатів виконання дипломного проекту в освітній процес кафедри виробництва приладів

бакалавранта Романенко Кирило Андрійович

на тему:

«Гнучка виробнича ділянка для виготовлення корпусу підшипника»

Комісії у складі:

Голова – Заступник декана приладобудівного факультету з навчально-методичної роботи, к.т.н. доцент Філіппова М.В.:

Члени комісії: - в.о. завідувача кафедри виробництва приладів, д.т.н., професор Антошок В.С.

- доцент кафедри виробництва приладів, к.т.н., доцент Подолян О.О.

цим актом засвідчується, що результати виконання дипломного проекту Романенко Кирило Андрійовича на тему: «Гнучка виробнича ділянка для виготовлення корпусу підшипника» - а саме, отримані результати у ході виконання даного проекту, що використовуються при проведенні лекцій та лабораторних практикумів у ході навчального процесу викладачами кафедри виробництва приладів приладобудівного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Голова комісії  М.В. Філіппова

Члени комісії  В.С. Антошок

 О.О. Подолян

« 14 » 06 2021 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва
приладів»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
на тему: «Гнучка виробнича дільниця для виготовлення
корпусу підшипника»

ВИКОНАВ:

СТУДЕНТ 4 КУРСУ, ГРУПИ ПБ-71

РОМАНЕНКО КИРИЛО АНДРІЙОВИЧ

КЕРІВНИК:

ДОЦЕНТ, К.Т.Н

ПОДОЛЯН ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Мета та задачі дипломного проекту

Метою даного дипломного проекту є розроблення та проектування гнучкої виробничої ділянки для виготовлення деталі «Корпус підшипника».

До основних задач дипломного проекту відносяться:

- Визначення технологічності деталі;
- Визначення типу виробництва;
- Визначення методу отримання заготовки;
- Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі;
- Проектування та розрахунок ГВС;
- Проектування та розрахунок технологічного оснащення для обробки та контролю.

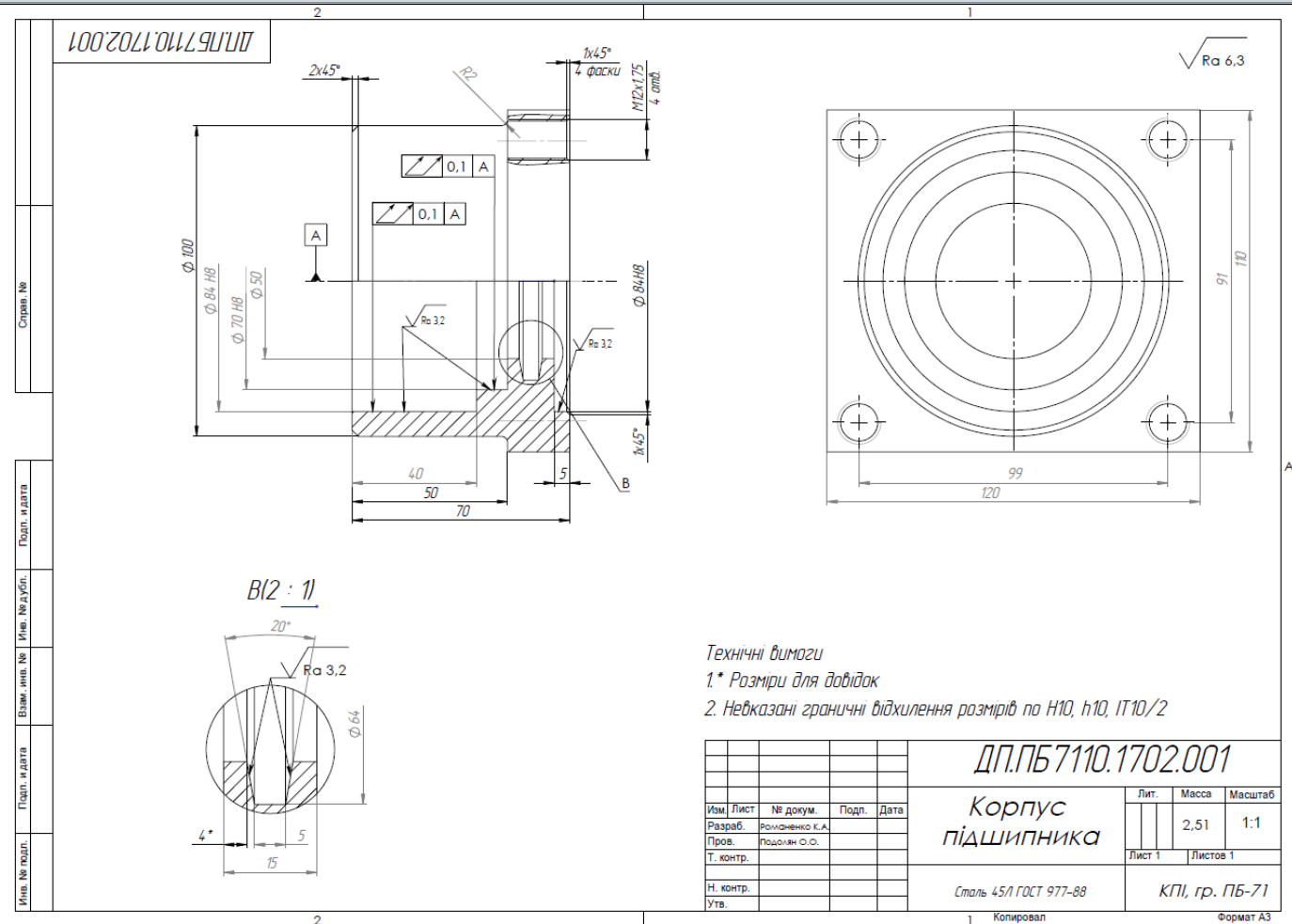
Опис деталі заданої на проектування

Деталь «Корпус підшипника» фіксує положення валу за допомогою впресованого у неї підшипника. Основним призначенням деталі є утримання мастильних матеріалів у підшипника та захисту внутрішніх механізмів від потрапляння пилу та бруду.

Матеріал: Ст45Л ГОСТ 977-88.

Метод отримання заготовки: Лиття у кокіль.

Креслення деталі



Визначення типу виробництва

Планується випускати 20000 шт. деталей у рік з відсотком запасних деталей 15% та можливістю технологічного браку 2%. Тому річна програма випуску матиме наступне значення:

$$W_{\text{ц}} = 20000 * 1 * \left(1 + \frac{15}{100}\right) * \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 23460$$

Визначення технологічності деталі

Для визначення технологічності деталі розраховані наступні коефіцієнти:

- Коефіцієнт використання матеріалу: $K_M = \frac{2530}{2921} = 0,866$
- Коефіцієнт точності обробки: $K_T = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,89$
- Коефіцієнт шорсткості поверхні: $K_T = 1 - \frac{1}{5,03} = 0,8$

За отриманими значеннями був розрахований комплексний показник технологічності:

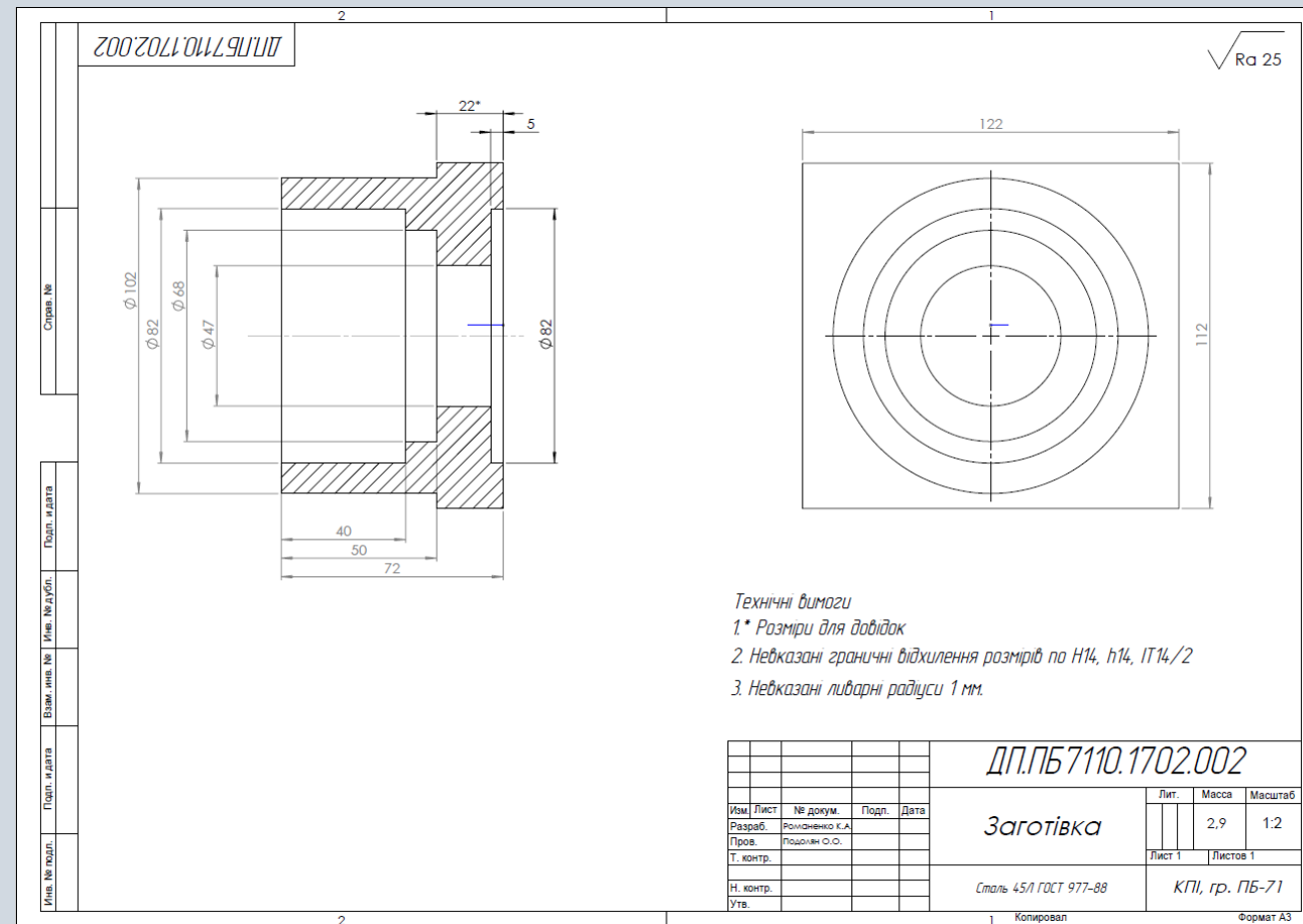
$$K_K = \frac{0,3 * 0,866 + 0,35 * 0,89 + 0,35 * 0,8}{1} = 0,85$$

Розроблення технологічного процесу ВИГОТОВЛЕННЯ деталі

Маршрут обробки деталі наступний:

- 005 Заготівельна
- 010 Фрезерна
- 015 Фрезерна
- 020 Токарна
- 025 Токарна
- 030 Свердлильна
- 035 Контроль
- 040 Контроль

Креслення заготовки



Проектування та розрахунок ГВС

ГВС складається з: ГВМ, АТСС, АСК, АСІЗ, АСВВВ та АСУТП.

Основні параметри ГВС

Кількості обладнання верстатного комплексу ГВС: фрезерний верстат – 1 шт., токарний верстат – 1 шт. та свердлильний верстат – 1 шт.

Автоматизована система інструментального забезпечення:

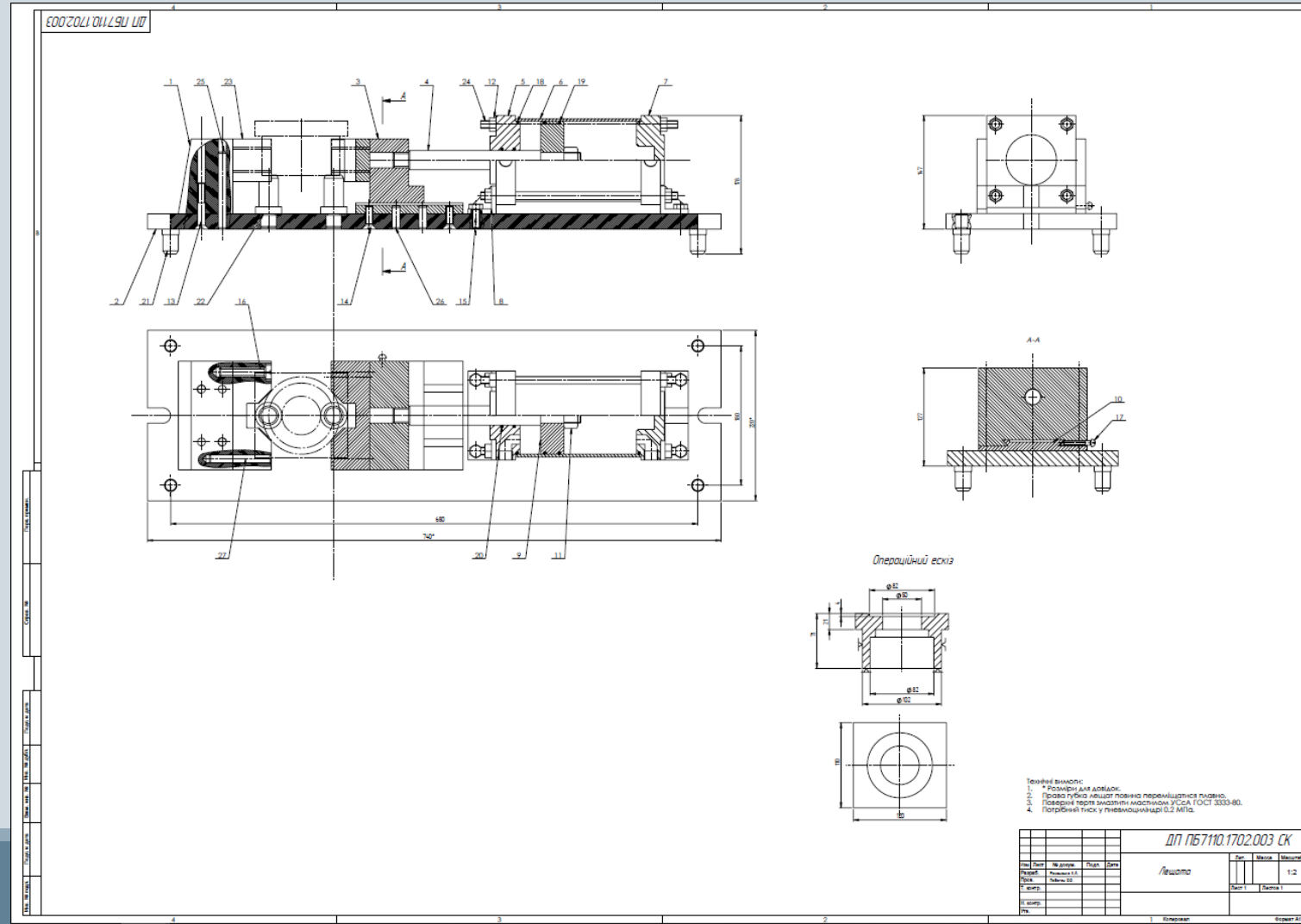
- Величина місячного оборотного фонду інструментів: 45 240 шт.;
- Секція зборки та налаштування інструмента: 2 прилада, 3 слюсаря, загальна площа 20 м².;
- Секція обслуговування інструментів робочих місць: складський комплекс РСК-50 з к-стю вантажних місць 656 шт., доставка інструмента до робочих місць за допомогою 1 теліжки та 1 працівника, площа ділянки для розбирання інструменту 19 м².
- Загальна площа секції обслуговування інструментів робочих місць 75 м².

Проектування та розрахунок ГВС

Автоматична транспортно складська система складається з: 2 складів, 2 штабелерів, 2 робочарів та конвеєрної лінії. Основні параметри складської системи:

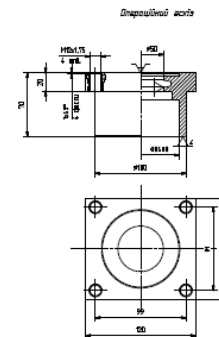
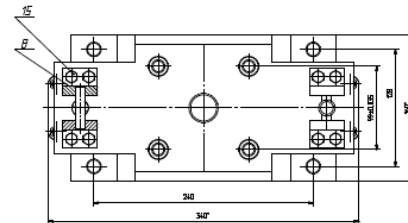
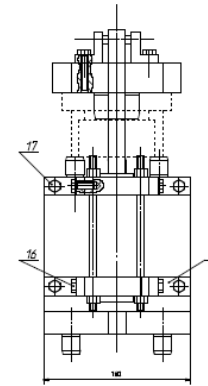
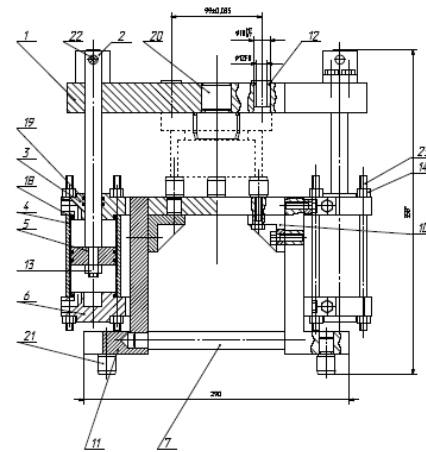
- Вибір норми запасу збереження та розрахунок місткості складу: норма запасу збереження 8 діб, к-сть потрібних комірок 8 шт.
- Розрахунок параметрів та вибір типу складу: висота ярусів стелажу 0,62м., к-сть ярусів по висоті 8, число секцій у зоні зберігання 2, довжина стелажу 1,22 м.
- К-сть транспортних пристроїв: для одного складу потрібен 1 транспортний пристрій, у сумі 2.
- Число позицій контролю: 1 позиція з 1 працівником.

Проектування та розрахунок технологічного оснащення для фрезерування



Проектування та розрахунок технологічного оснащення для свердління

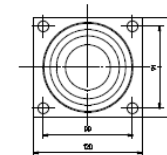
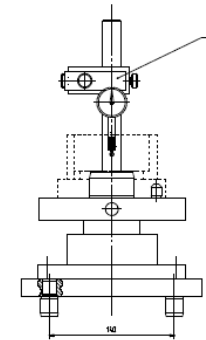
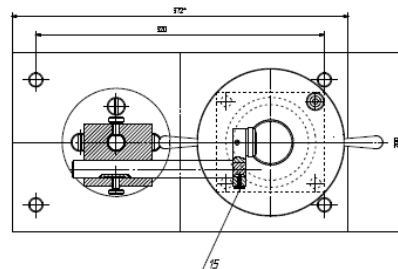
ДП 667110.1702.004 СК



Технічні умови:
1. Кондукторна плита поз. 1 повинна переміщатися плавдю.
2. Покерні, що тріться змазати мастилом УСА ГОСТ 3333-80.
3. * Розміри для доводки.
4. Допуск паралельності кондукторної плити поз. 1 відносно установчих пальців поз. 22 0,03 мм.

ДП 667110.1702.004 СК			
Назва	Кондуктор	Лист	1 з 2
Вид	Кондуктор	Лист	1 з 2
Матеріал	Сталь	Лист	1 з 2
Діаметр	100	Лист	1 з 2
Довжина	100	Лист	1 з 2
Толеранс	0,03	Лист	1 з 2
Датум	2010	Лист	1 з 2

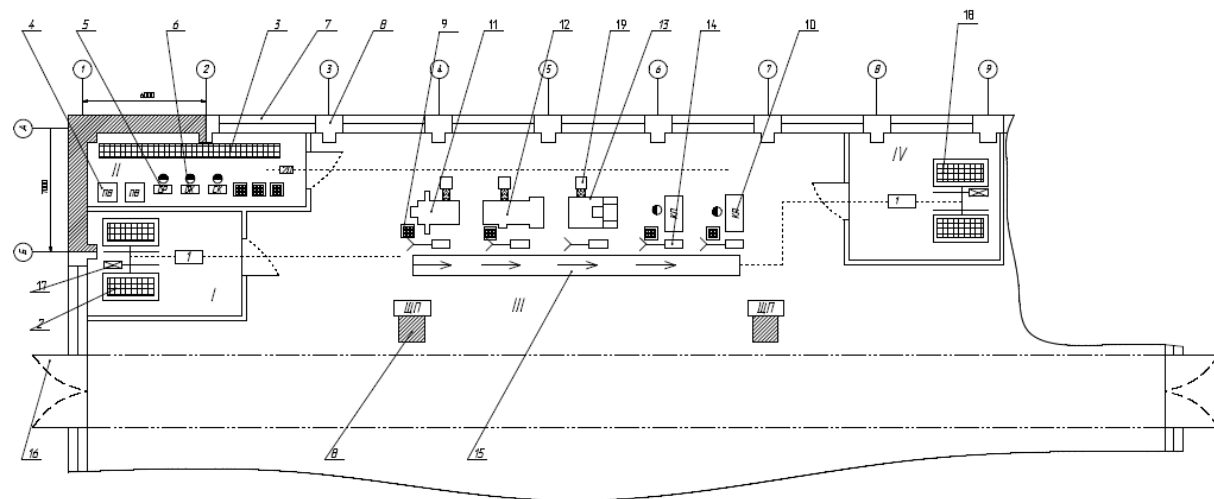
000 167110.1702.005 CK



1. * Розміри для виготовлення.
2. Задані параметри пластичної деформації.
3. Допуск по довжині виготовлення 0,024 мм.
4. Лідерині терміти зношеності настилом УС-А ГОСТ 3333-80.

				ДП ПБ7110.1702.005 СК			
				Пристосування для контролю			
				Дов.		Розмір	
				1,2			
				Дов.		Дов.	
				КПІ, ПБФ			

План ділянки



Позначення елементів:

Умовні позначення:

—...— Головний проїзд цеху

----- Маршрут руху робочара

ЩИТ Щит противопожежный

● *Робітник*

Позначення ділянок:

1 - Склад заготовок

II - Ділянка інструмент. підготовки

III - Ділянка мех. обробки

IV - Склад деталей

1 - Родокар

2 - Стелаж із заготівками

3 - Стелаж з інструментами

4 - Прилад налаштування інструменту

5 - Стіл розбирання інструмента

6 - Стіл комплектування інструмента

7 - Стіна

В - Колонна

9 - Tapa

10 - Контрольне пристосування

11 - Фрезерный верстат

12 - Токарный верстат

13 - Сверлильный верстат

14 - Робот маніпулятор

15 - Конвеер

16 - Двери

17 - Штабелер

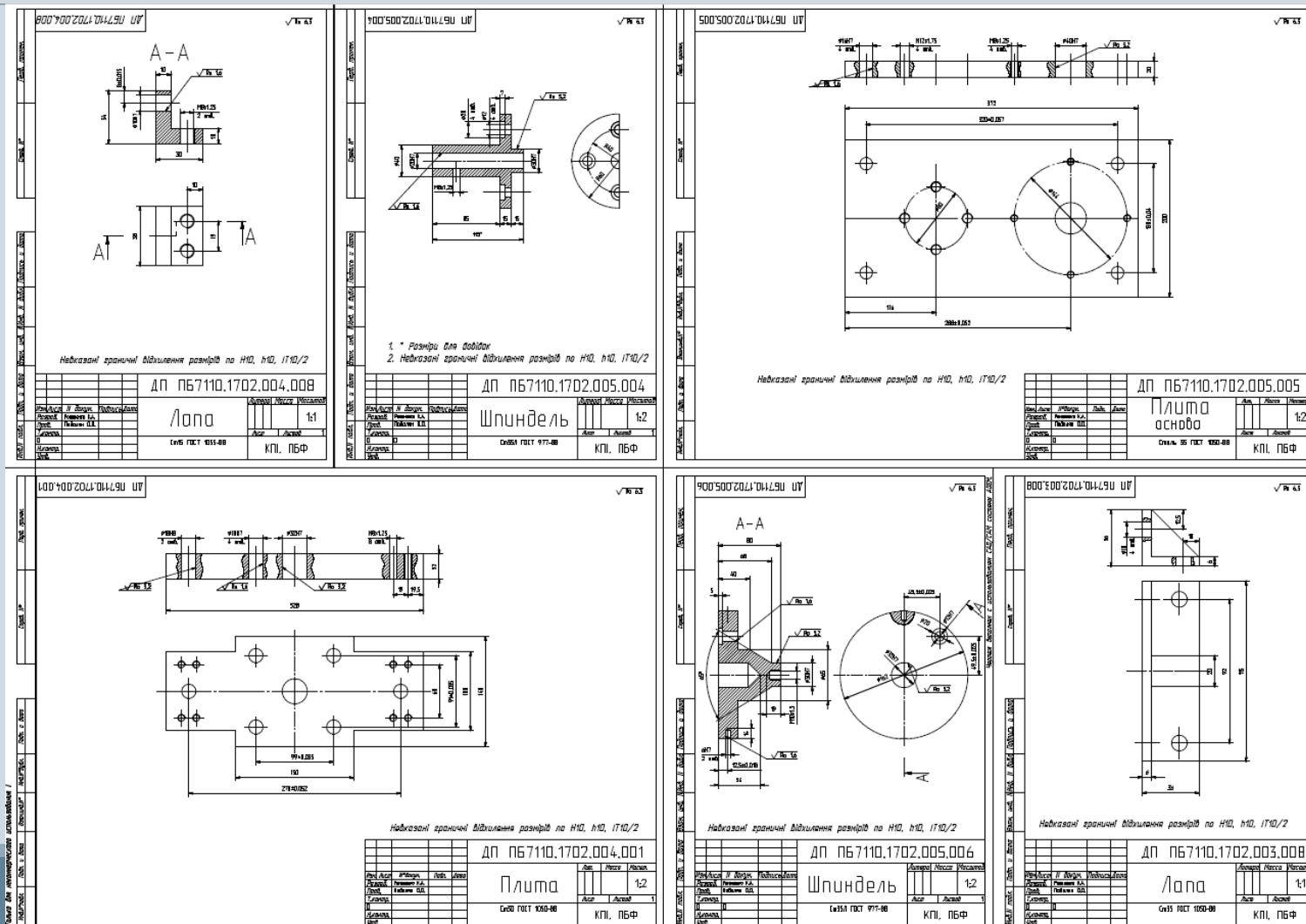
18 - Стелаж із готовими
деталлями

19 - Прилад для видалення
стружки

20 - Теліжка

[illegible]

Деталювання



Висновок

В даному дипломному проекті була розроблена гнучка виробнича дільниця виготовлення корпусу підшипника. Розроблено креслення деталі, обрано матеріал деталі та спосіб отримання заготовки. Визначено тип виробництва та розраховано технологічність деталі. Спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Корпус підшипника», для чого були обрані способи обробки окремих поверхонь, розроблено маршрут механічної обробки та операційну технологію виготовлення деталі, обрано обладнання та інструмент для виготовлення й контролю та розраховано режими різання і технічне нормування поверхонь. Спроектовано та розраховано гнучку виробничу систему виготовлення деталі, де було визначено кількість обладнання верстатного комплексу ГВС, розрахована система інструментального забезпечення, секція зборки та налаштування інструмента, секція обслуговування інструменту робочих місць, транспортно-складська система. Для точного закріплення деталі при фрезерній операції спроектовано технологічне оснащення для фрезерування (лещата) та при свердлильній операції – технологічне оснащення для свердління (кондуктор). Для контролю радіального биття точних поверхонь спроектовано контрольне пристосування.

Список опублікованих праць

1. Балякіна О.Л., Романенко К.А. Технологія контролю стану різця з використанням віброперетворювача під час обробки деталі [Текст] / О.Л. Балякіна, К.А. Романенко // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 136-139.
2. Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах / Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— заявл. № u 2021022642 , заявл.20.05.2021.
3. Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю залишкових механічних напружень в деформованих феромагнітних матеріалах/ Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— № u 2021022643, заявл.20.05.2021
4. Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних сталях/ Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.— заявл. № u 2021022641, заявл.20.05.2021

Дякую за увагу!