


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

**Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Віктор АНТОНЮК  
«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 система для виготовлення фланця муфти»**

Виконала:

Студент IV курсу, групи ПБ-71

Балякіна Олександра Львівна

Керівник:

к.т.н., доцент

Подолян Олександр Олександрович

Рецензент:

к.т.н., доцент

Сокуренко Вячеслав Михайлович




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

Студент 

Київ – 2021 року



**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Гнучка виробнича система для виготовлення**  
**фланця муфти»**

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 АНТОНЮК

2 » 06 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Балякіній Олександрі Львівні**








1. Тема проекту «Гнучка виробнича система для виготовлення фланця муфти», 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
3. Вихідні дані до проекту: креслення деталі, об'єм номенклатури  $n=13$  та програма випуску  $W_3=15000$ .
4. Зміст пояснювальної записки:
  1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. 1.1 Опис конструкції. 1.2 Метод отримання заготовки. 1.3 Визначення типу виробництва. 1.4 Визначення технологічності виробу. 1.4.1 Якісна оцінка технологічності. 1.4.2 Кількісна оцінка технологічності.
  - 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 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь. 1.5.5 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення й контролю. 1.5.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування
  - 1.6 Розроблення операційної технології виготовлення.
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА. 2.1 Структурна схема ГВС. 2.2 Планування та

розрахунок ГВС. 2.2.1 Визначення сумарної верстатосмності виробничої програми і розрахунок числа верстатів верстатного комплексу ГВС. 2.2.2 Розрахунок системи інструментального забезпечення. 2.2.3 Проектування секції складання і налагодження інструменту. 2.2.4 Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць. 2.2.5 Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи. 2.2.6 Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження. 2.2.7 Розрахунок числа позицій контролю. 2.2.8 Планування ГВС. 2.3 Проектування та розрахунок технологічного оснащення. 2.3.1 Опис конструкції трьохкулачкового пневматичного патрону, принципу дії та розрахунок пристосування. 2.3.2 Опис конструкції трьохкулачкового пневматичного патрону, принципу дії та розрахунок пристосування. 2.4 Проектування пристосування для контролю виробу. 2.4.1. Контроль механічних напружень в деталі. ВИСНОВОК. СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ. ДОДАТКИ.

5. Перелік графічного матеріалу: кресленник фланця муфти, кресленник заготовки, схема технологічного маршруту обробки, складальне креслення трьохкулачкового пневматичного патрону, складальне креслення пристосування для сверління, специфікація, деталювання, складальне креслення пристосування для контролю, план гнучкої виробничої дільниці.

6. Дата видачі завдання 15.02.2021

#### 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 кресленника типової деталі. Проектування технологічного процесу виготовлення фланця муфти.	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



Олександра БАЛЯКІНА

Керівник



Олександр ПОДОЛЯН

## АНОТАЦІЯ

Темою даного дипломного проекту є розробка та проектування гнучкої виробничої ділянки для виготовлення деталі «Фланець муфти».

Проект складається з двох частин – технологічної та конструкторської. Містить 5 рисунки та 10 таблиць.

В технологічній частині було подано матеріал про деталь, її опис, метод отримання заготовки, розраховано основні параметри технологічності, припуски, режими різання та норми часу. Також було складено маршрутну та операційну технологію виготовлення деталі.

В конструкторській частині проведено розрахунок гнучкої виробничої ділянки, спроектовано ділянку цеху та розроблено пристосування для токарної операції, сверлильної операції і контролю.

## **ANNOTATION**

The topic of this thesis project is the development and design of a flexible production site for the manufacture of «Coupling flange».

The project consists of two parts - technological and design. It contains 5 figures and 10 tables.

In the technological part, the material about the detail, its description, the method of obtaining the workpiece, the basic parameters of manufacturability, allowances, cutting modes and time norms are presented, as well as route and operational technology of production of a detail.

In the design part, the assessment of the flexible production site is outlined, the shop site is designed and devices for turning operation, drilling operation and control are developed.

## ЗМІСТ

### ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

### ВСТУП

<b>1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>14</b>
1.1 Опис конструкції .....	14
1.2 Метод отримання заготовки .....	16
1.3 Визначення типу виробництва .....	19
1.4 Визначення технологічності виробу .....	20
1.4.1 Якісна оцінка технологічності.....	21
1.4.2 Кількісна оцінка технологічності .....	21
1.5 Проектування технологічного процесу виготовлення.....	22
1.5.1 Визначення конструкторських та технологічних баз.....	24
1.5.2 Вибір способів обробки окремих поверхонь .....	25
1.5.3 Розроблення маршруту механічної обробки деталі.....	26
1.5.4 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь .	28
1.5.5 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення й контролю.....	36
1.5.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування .....	36
1.6 Розроблення операційної технології виготовлення .....	41
<b>2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....</b>	<b>44</b>
2.1 Структурна схема ГВС .....	45
2.2 Планування та розрахунок ГВС .....	46
2.2.1 Визначення сумарної верстатоемності виробничої програми і розрахунок числа верстатів верстатного комплексу ГВС .....	46
2.2.2 Розрахунок системи інструментального забезпечення.....	48
2.2.3 Проектування секції складання і налагодження інструменту.....	49
2.2.4 Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць.....	50
2.2.5 Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи .....	51
2.2.6 Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження.....	52
2.2.7 Розрахунок числа позицій контролю .....	53
2.2.8 Планування ГВС .....	53

<b>2.3</b>	<b>Проектування та розрахунок технологічного оснащення .....</b>	<b>54</b>
2.3.1	Опис конструкції трьохкулачкового пневматичного патрону, принципу дії та розрахунок пристосування .....	55
2.3.2	Опис конструкції трьохкулачкового пневматичного патрону, принципу дії та розрахунок пристосування .....	59
<b>2.4</b>	<b>Проектування пристосування для контролю виробу .....</b>	<b>60</b>
2.4.1	Контроль механічних напружень в деталі .....	61

**ВИСНОВОК**

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

**ДОДАТКИ**

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУ – Автоматична система управління

ГВС – Гнучка виробнича система

ЕОМ – Електронно-обчислювальна машина

РТК – Роботизований технічний комплекс

САПР – Система автоматизованого проектування

ТП – Технологічний процес

ЧПК – Числове програмне керування

ГАЛ – Гнучка автоматизована лінія

ГАД – Гнучка автоматизована діляниця

ГАЦ – Гнучкий автоматизований цех

АСНД – Автоматизована система наукових досліджень

АСТПВ – Автоматизована система технологічної підготовки виробництва

АСС – Автоматизована складська система

АТНС – Автоматизована транспортно-накопичувальна система

АСІЗ – Автоматизована система інструментального забезпечення

АСК – Автоматизована система контролю

АСВС – Автоматизована система видалення стружки

АСВ – Автоматизована система випробувань

## ВСТУП

Потреби прискорення темпів соціального і економічного розвитку суспільства, успіхи і досягнення в різних областях науки і техніки привели до усвідомлення необхідності докорінної перебудови організаційно-економічних і технологічних характеристик виробничої діяльності в напрямку створення більш динамічних і надінтенсивних форм виробництва. Традиційний підхід до інтенсифікації виробництва полягає у всебічному підвищенні продуктивності машин, обладнання та технологічних процесів. При цьому зазвичай зберігається значна частка ручної праці людини, яка в окремих виробництвах досягає 60% від загальних витрат .

Поступово, у міру прогресу науки і техніки, традиційний шлях інтенсифікації привів до різкого дисбалансу форм інтенсифікації праці людини і машин. Подальше проходження зазначеним шляхом призведе до ще більшого протиріччя трудових можливостей людини і машин. Тому головна тенденція і особливість сучасного етапу інтенсифікації виробництва полягає в тому, що вперше в історії ця проблема вирішується принципово по-новому – за рахунок виключення фізичної праці людини і розширення застосування більш гнучких і практично необмежених для інтенсифікації інтелектуальних форм праці, помножених на широкі можливості сучасних ЕОМ. Очевидно, що наслідки такої революційної зміни характеру праці нададуть глибокий вплив на різні сторони життя суспільства – виробничо-технологічну, науково-технічну, соціально-економічну.

Комплексна автоматизація виробництва – це різноманітна задача створення нової техніки, як правило, принципово відрізняється від технічного арсеналу неавтоматизованого виробництва. Генеральним напрямом автоматизації є вже не стільки звільнення людини від обслуговування вже створеного обладнання, скільки створення таких технологічних процесів, які повністю виключають застосування фізичної праці.

Наступним етапом при проведенні великих заходів щодо вдосконалення технічної і технологічної бази в промисловості, а також при використанні нових методів

організації виробництва стає створення гнучких виробничих систем, заснованих на широкому застосуванні сучасного програмно-керуючого технологічного обладнання, мікропроцесорних обчислювальних систем, промислових роботів і робототехнічних систем, засобів автоматизації проектно-конструкторських, технологічних і планово-виробничих робіт.

Гнучкі виробничі системи – це якісно новий рівень технічного оснащення і організації виробництва. Вони характеризуються наявністю автоматизованого обладнання, транспортно-накопичувальних систем, контрольно-вимірювального, діагностуючого обладнання та засобів обчислювальної техніки. Завдяки швидкому науково-технічному прогресу в таких областях, як автоматика, радіоелектроніка, обчислювальна техніка, інформатика, з'явилася можливість розглядати комплексну автоматизацію виробничих процесів по-новому – як систему автоматизації, що охоплює все виробництво, від проектування виробів і технології до виготовлення продукції і доставки її споживачеві. Ця тенденція веде до створення високоавтоматизованих цехів і заводів-автоматів, головними особливостями яких є широке застосування обчислювальної техніки практично у всіх ланках виробництва, високий рівень автоматизації технологічного обладнання на базі числового програмного керування, усунення в значній мірі ручної праці за рахунок застосування робототехніки.

Ідеї створення гнучких автоматизованих виробництв були підготовлені всім ходом попереднього розвитку техніки. Гнучкі виробничі системи базуються на останніх досягненнях мікроелектроніки і керуючої обчислювальної техніки. Мікропроцесорна електроніка та робототехніка відкрили шлях для технічного вирішення проблеми створення гнучкої технології не тільки в плані можливості вирішення якісно складніших завдань управління виробництвом, а й в плані економічної доцільності такої технології.

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції

Деталь «Фланець муфти» (ДП.ПБ7101.1702.001) є деталлю обертання, що складається з чотирьох наскрізних отворів для кріплення та трьох отворів для додаткового базування. Також має центральний ступінчастий отвір  $\varnothing 50$  мм і  $\varnothing 70$  мм для встановлення центрувальних кілець. Оскільки ці отвори служать для з'єднання циліндричних валів та передачі обертального моменту, то шорсткість цих поверхонь має бути  $R_a=3,2$ . Загальна форма деталі є циліндричною та ступінчастою з двома поверхнями  $\varnothing 235$  мм та  $\varnothing 164$  мм. Шорсткість поверхні  $\varnothing 164$  мм також  $R_a=3,2$ , так як поверхня є дотичною. Загальний вид деталі представлено на рис. 1.1.

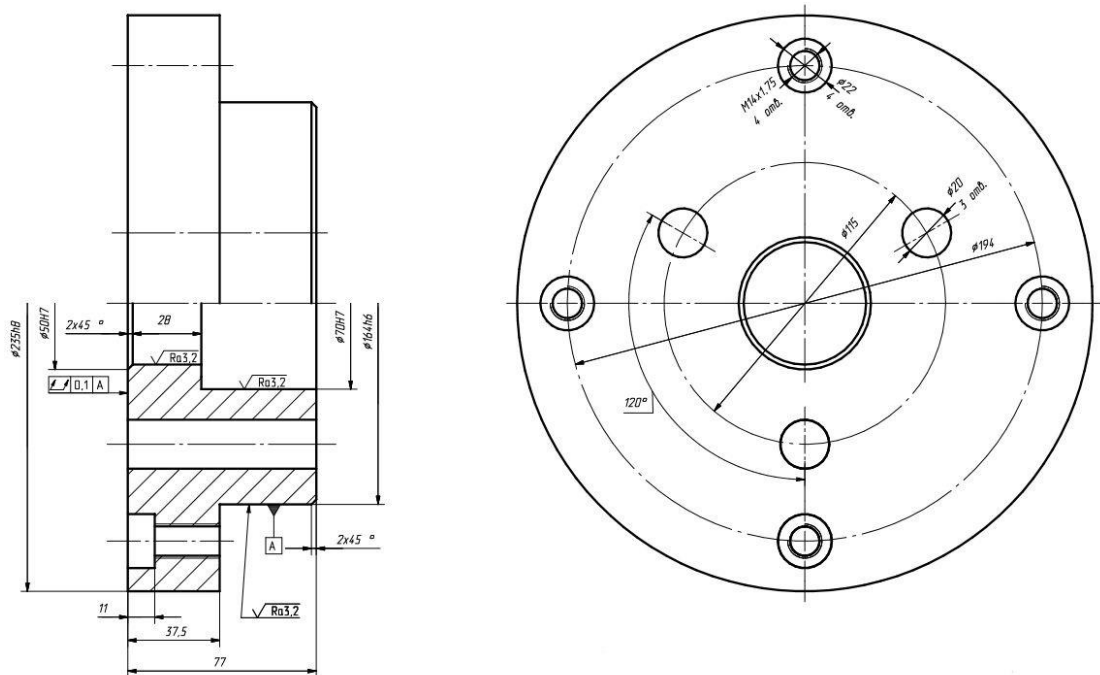


Рис. 1.1 Деталь «Фланець муфти»

Матеріалом для даної деталі було обрано Сталь 45Л ГОСТ 977-88, яка має такі замітники: 35Л, 55Л, 50Л, 40Л. У промисловості з неї виготовляються такі деталі як станини, зубчасті колеса і вінці, муфти, кожухи, опорні катки, зірочки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу та працюють під дією статичних та динамічних навантажень. Отже, матеріал вибрано вірно.

Хімічні, фізичні та механічні властивості Сталі 45Л представлено у табл. 1.1-1.3.

Табл. 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	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3	до 0,3	~97

Табл. 1.2 Механічні властивості при T=20°C Сталі 45Л

Сортамент	Розмір	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ	Термообр.
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м <sup>2</sup>	-
Відливки, К30, ГОСТ 977-88	до 100	540	314	12	20	294	Нормалізація 860 - 880°C, відпуск 600 - 630°C,
Відливки, КТ40, ГОСТ 977- 88	до 100	589	392	10	20	245	Закалка 860 - 880° С, відпуск 600 - 630° С

Табл. 1.3 Фізичні властивості Сталі 45Л

T (Град)	E 10 <sup>5</sup> (МПа)	$\lambda$ (Вт/(м·гр ад))	$\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	C (Дж/(кг·град))
20	200	45,4	7800	0,457

Позначення:

- R та  $\rho$  – питомий електроопір, Ом·м
- $\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>
- E – модуль пружності нормальний, Мпа
- T – температура, при якій отримані властивості, Град
- $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу), Вт/(м·°C)
- C – питома теплоємність матеріалу (діапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)]
- $\sigma_b$  - Межа короткочасної міцності, [МПа]
- $\sigma_T$  - Межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації), [МПа]
- $\delta_5$  - Відносне подовження при розриві, [%]

- $\psi$  - Відносне звуження, [%]
- КСУ - ударна в'язкість, [кДж/м<sup>2</sup>]

## 1.2 Метод отримання заготовки

Максимально приблизити геометричні форми і розміри заготовки до розмірів готової деталі – одна з головних задач в заготівельному виробництві. Оптимізуючи вибір методу і способу отримання заготовки, можливо не тільки знизити витрати на її виготовлення, але і значно зменшити трудомісткість механічної обробки [2].

Вид заготовок і спосіб їх виготовлення для конкретної деталі визначаються такими основними показниками, як:

- матеріал;
- конструктивна форма;
- серійність виготовлення;
- маса заготовки.

Матеріал є однією з найважливіших ознак, що визначає метод отримання заготовок. Значення 45 на початку марки говорить про те, що ця сталь має в своєму складі 0,45% вуглецю, а літера «Л» наприкінці вказує, що сталь є ливарною.

В приладобудуванні для отримання заготовок найбільш широко застосовують наступні методи:

- прокат;
- пресування;
- лиття;
- штампування.

Виливка – виріб або заготовка, отримані технологічним методом лиття. Близько 75% всіх виливок (по масі) виготовляють з чавуну, приблизно 20% з сталей і до 4% – з кольорових сплавів. Для отримання виливок більш високої якості були розроблені спеціальні способи лиття – в металеві форми, під тиском, в оболонкові форми та інші. У порівнянні з іншими способами виготовлення заготовок деталей ливарне виробництво

дозволяє отримати заготовки складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням, хорошими механічними властивостями. [2]

Способи діляться на дві групи:

- виливки в разові форми, одноразово заповнюються металом (лиття в оболонкові форми, лиття по виплавлених моделях, лиття по моделях, що газифікуються, лиття по розчинним моделям);
- виливки в багаторазові форми (відцентрове лиття, лиття в кокіль, під тиском, вижимання, безперервне лиття).

Лиття в кокіль здійснюють шляхом вільної заливки розплавленого металу під дією гравітаційних сил в металеві, багаторазово використовувані, ливарні форми – кокілі, виготовлені зі сталі, чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів. Кокіль служить для утворення зовнішніх обрисів виливки; внутрішні порожнини і отвори утворюються за допомогою стрижнів, встановлених в кокіль перед заповненням його металом. У кокілях можна практично одержувати виливки всіх сплавів. У ливарних цехах використовують універсальні кокільні машини, кокільні автомати карусельного типу, а також цілі лінії з комплексною автоматизацією і механізацією всіх технологічних процесів, починаючи від плавки металу і закінчуючи упаковкою продукції [3].

При литті в кокіль підвищується ефективність використання металу за рахунок спрощення литійної системи, зменшення припуску на механічну обробку, різко знижується трудомісткість в ливарних цехах і поліпшуються умови праці. Висока продуктивність процесу і висока вартість кокілів, а іноді і необхідність термічної обробки (відпалу) виливок, роблять цей процес економічно вигідним в серійному і масовому виробництві.

Процес виготовлення виливок в кокіль складається з наступних операцій:

- підготовка кокілів (очищення, нагрівання, нанесення на робочі поверхні облицювання);
- складання кокілів (установка стрижнів, закриття та закріплення частин кокілів);

- заливка рідким металом;
- видалення виливків з кокілю після їх охолодження;
- обрубка, очищення, термічна обробка виливків.

Переваги способу:

- кокіль використовують багаторазово;
- висока точність;
- збільшується механічна міцність виливок, особливо поверхневого шару;

Вимога до деталей:

- товщина стінок виливок з кольорових металів повинна бути не менше 2 мм, з чорних 4 - 5 мм;
- ухил стінок не менше 1° - 2° (зовнішніх), внутрішні стінки 2° - 10°;
- виливки не повинні мати різких переходів від товстих перетинів до тонких, виступаючих частин і поглиблень, що ускладнюють усадку металу.

Одним із критеріїв, що визначає оптимальність конструкції заготовки є коефіцієнт використання матеріалу  $K_M$ . Для автоматизованого широкономенклатурного виробництва його значення повинно становити  $K_M > 0,7 \dots 0,85$  [5].

Проведемо кількісний аналіз доцільності застосування методу лиття у кокіль. Це можна зробити обчисливши наступну формулу:

$$K_M = \frac{V_d}{V_3},$$

де  $V_d$  – об'єм деталі, мм<sup>3</sup>;

$V_3$  – об'єм заготовки, мм<sup>3</sup>.

$$K_M = \frac{2115599.85}{2629989.38} = 0,8$$

Отже, проаналізувавши обраний матеріал деталі, обсяг випуску та коефіцієнт використання матеріалу, можна зробити висновок, що метод лиття у кокіль є оптимальним за даних умов.

### 1.3 Визначення типу виробництва

Важливим етапом у розробці технологічного процесу є також визначення типу виробництва.

Одиничне – визначається випуском деталей (продукції) в малій кількості.

Серійне – виробництво, що характеризується обмеженим випуском продукції, але великими серіями. Серійне виробництво підрозділяється на багатосерійне і дрібносерійне.

Багатосерійне – відносно постійний випуск продукції великими серіями, або виготовлення виробів, виробництво яких часто повторюється. За характером вони ближчі до масового. При виборі технологічного обладнання спеціального і спеціалізованого, дорогого пристосування або допоміжного пристосування та інструменту необхідно проводити розрахунок витрат і термінів окупності, а також очікуваний економічний ефект від використання устаткування і технологічного оснащення [30].

Дрібносерійне – широка номенклатура, великий розмір серії, рідкісна періодичність випуску. За характером близько до одиничного.

Масове – характеризується випуском однієї і тієї ж продукції як правило тривалий час (роками).

Річну програму випуску деталі «Фланець муфти» можна розрахувати за формулою:

$$W_{ц} = W_{з} \times k \times \left(1 + \frac{\beta_1}{100}\right) \times \left(1 + \frac{\beta_2}{100}\right),$$

де  $W_{з}$  – заводська програма випуску деталей за рік,

$k$  – к-сть однотипних деталей,

$\beta_1$  – процент запасних частин,

$\beta_2$  – процент можливо неврахованого технологічного браку.

За вихідними даними  $W_{з} = 15\ 000$  дет./рік,  $k = 1$ ,  $\beta_1 \approx 10\%$ ,  $\beta_2 \approx 5\%$

$$W_{ц} = 15\ 000 \times 1 \times \left(1 + \frac{10}{100}\right) \times \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 17\ 325 \text{ дет./рік}$$

Кількість деталей у партії розраховується за формулою:

$$n_p = \frac{W_{ц} \times t}{F},$$

де  $W_{ц}$  – річна програма випуску деталей,

$t$  – періодичність запуску в днях,

$F$  – к-сть робочих днів у році.

$W_{ц} = 17\,325$  дет./рік,  $t = 12$  днів,  $F = 247$  днів.

$$n_p = \frac{17\,325 \times 12}{247} = 841 \text{ деталь}$$

За даними розрахунками можна зробити висновок, що тип виробництва – середньосерійний.

Також визначити тип виробництва можна за табл. 1.4.

Табл. 1.4 Визначення типу виробництва

Маса деталі, кг.	Тип виробництва				
	Одиничне	Малосерійне	Середньосерійне	Багатосерійне	Масове
< 1,0	< 10	10 - 2000	1500 - 100000	75000 - 200000	200000
1,0 - 2,5	< 10	10 - 1000	1000 - 5000	50000 - 100000	100000
2,5 - 5,0	< 10	10 - 500	500 - 35000	35000 - 75000	75000
5,0 - 10	< 10	10 - 300	300 - 25000	25000 - 50000	50000
> 10	< 10	10 - 200	200 - 10000	10000 - 25000	25000

#### 1.4 Визначення технологічності виробу

Деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими та матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити за рахунок правильного вибору варіанта технологічного процесу, його оснащення, механізації і автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки і правильній підготовці виробництва. На трудомісткість виготовлення деталі також впливає її конструкція і технологічні вимоги на виготовлення. Технологічність найважливіша технічна основа, що забезпечує

використання конструкторських технологічних резервів. Правила відпрацювання конструкції деталі на технологічність наведені в ГОСТ 14.203-83.

Оцінку технологічності конструкції деталі визначають за двома показниками: якісним і кількісним.

#### **1.4.1 Якісна оцінка технологічності**

Конструкція деталі «Фланець муфти» досить жорстка по відношенню довжини до максимального діаметру, що дозволяє застосувати високопродуктивні методи обробки при відсутності важкодоступних місць для підведення інструменту і контролю.

Наявність двох поверхонь  $\varnothing 235$  мм і  $\varnothing 164$  мм, які є установочними базами, дає можливість за дві переустанови обробити усі поверхні. Зміна установочних баз в процесі виготовлення деталі збільшує загальну похибку установки. Тому число установочних баз у всьому технологічному процесі має бути по можливості мінімальним. Також прийняті бази забезпечують простоту і надійність пристосування зі зручною установкою, кріпленням та зняттям деталі.

Також наявний центральний отвір  $\varnothing 50$  мм та  $\varnothing 70$  мм, що дає можливість закріпити деталь в оправці.

Отже, можна зробити висновок, що деталь за якісними показниками є технологічною.

#### **1.4.2 Кількісна оцінка технологічності**

У якості кількісних показників технологічності можуть розглядатися коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхні, рівень технологічності конструкції за технологічною собівартістю.

Коефіцієнт точності обробки  $K_{Тч}$  визначається за формулою:

$$K_{Тч} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T_i n_i},$$

де  $n_i$  – число розмірів відповідного квалітету точності,

$T_i$  – квалітет точності обробки.

$$K_{\text{Тч}} = 1 - \frac{11}{6 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 10 \cdot 7} = 0,89.$$

Якщо коефіцієнт точності обробки задовольняє умові  $K_{\text{Тч}} > 0,8$ , то деталь технологічна по точності. Оскільки  $K_{\text{Тч}} = 0,89 > 0,8$ , то розглянута деталь є технологічною по точності.

Коефіцієнт шорсткості поверхні  $K_{\text{ш}}$  визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \text{Ш}n_{im}},$$

де  $n_{im}$  – число поверхонь відповідної шорсткості,  
Ш – шорсткість поверхні.

$$K_{\text{ш}} = \frac{11}{3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 8} = 0,18.$$

Якщо коефіцієнт шорсткості поверхні задовольняє умові  $K_{\text{ш}} < 0,32$ , то деталь технологічна по шорсткості поверхні. Оскільки  $K_{\text{ш}} = 0,18 < 0,32$ , то розглянута деталь є технологічною по шорсткості поверхні.

У процесі перевірки рівня технологічності видно, що дана деталь є технологічною.

## 1.5 Проектування технологічного процесу виготовлення

Завданням проектування технологічного процесу виготовлення деталі є визначення такої послідовності обробки, при якій найбільш повно використовуються технологічні можливості верстатів, пристосувань і інструментів, а деталь виготовляється з найменшими матеріальними витратами [31].

Технологічний процес повинен бути розроблений з урахуванням виробничих можливостей підприємства і передового досвіду. Необхідно також мати такі вихідні дані [3]:

1. Річну виробничу програму, яка впливає на вибір обладнання, пристосувань, інструментів, а також на структуру технологічного процесу.
2. Робоче креслення деталі, за яким встановлюється технологічний маршрут обробки, визначаються види, методи механічної обробки, вибирається обладнання,

пристосування і інструмент. На робочому кресленні проставляють всі необхідні розміри для обробки деталі.

Технологію механічної обробки розробляють в наступній послідовності [31]:

1. Вивчають робоче креслення деталі, технічні вимоги на її виготовлення.
2. Вибирають заготовку і метод її виготовлення. Це складне техніко-економічне завдання. В основі його рішення лежить забезпечення необхідних властивостей виготовлених деталей і мінімуму витрат на виробництво заготовки і подальшу обробку. Технічним критерієм при виборі заготовки є матеріал, конфігурація і розмір заготовки, маса, точність виконання і якість поверхневого шару.
3. Вибирають технологічні базові поверхні при обробці деталей відповідно до вимог ГОСТ 21495-76.
4. Вибирають вид і методи обробки поверхонь деталей. Під обробкою зазвичай розуміють технологічний вплив з метою отримання готової деталі з потрібною якістю.
5. Складають технологічний маршрут обробки деталі. При цьому слід користуватися типовими і груповими технологіями, які можуть служити основою при складанні технологічного маршруту.
6. Встановлюють склад і раціональну послідовність переходів в операції. Для цього необхідно перш за все встановити раціональне число переходів на кожну поверхню, виходячи з принципу максимальної концентрації операції, тобто в одній операції має бути досягнута максимальна кількість переходів. Обмеженнями можуть бути спосіб базування деталі, доцільність поєднання чорнової і чистової обробки, неможливість установки на верстаті всіх необхідних інструментів для обробки деталі.
7. Визначають припуски на обробку поверхонь деталей по всіх технологічних переходах, а також операційні розміри, допуски, на різних стадіях обробки заготовок.

8. Вибирають верстати, пристосування, ріжучий і контрольно-вимірювальний інструмент. Вибір обладнання та технологічного оснащення визначається наявністю металорізальних верстатів, інструментів і пристосувань.
9. Визначають режими обробки заготовок на верстатах, перевіряють правильність вибору режимів різання і відповідність потужності електродвигунів обраних верстатів до потрібної потужності різання.
10. Визначають норми часу для кожної операції.

### **1.5.1 Визначення конструкторських та технологічних баз**

Базою називається сукупність поверхонь, ліній або точок, що визначають положення деталі при її роботі в вузлі або при її установці на верстаті в процесі виготовлення [32].

При виборі баз потрібно дотримуватися таких вимог:

- При виготовленні деталей із заготовок, отриманих литтям, штампуванням, першою установчою базою буде чорнова – необроблена поверхня, яку в подальшому замінюють обробленою. За чорнову базу приймають найбільш чисті поверхні без слідів литників і виштовхувачів, з найменшими припусками на обробку;
- У якості установочних поверхонь слід приймати найбільш точно оброблені;
- Установчі поверхні повинні бути обрані таким чином, щоб сили різання і затиску не викликали надмірних деформацій деталі;
- Прийняті бази повинні забезпечити простоту і надійність пристосування зі зручною установкою, кріпленням та зняттям деталі.

Розрізняють бази конструкторські та технологічні (виробничі) [32].

Конструкторською базою називають поверхню деталі, до якої конструктором задаються відстані до інших поверхонь. Ці бази підрозділяють на основні та допоміжні. На рис. 1.2 показано, що деталь «Фланець муфти» має одну конструкторську базу.

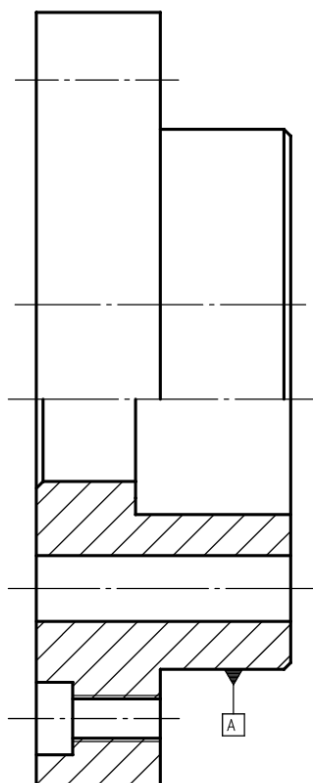


Рис. 1.2 Конструкторська база деталі

Технологічними називають бази, які використовують в процесі виготовлення деталі. Найбільш важливими з технологічних баз є установочні та вимірювальні. Установочною базою називають сукупність поверхонь, ліній або точок, що визначають положення деталі щодо верстата і інструменту при установці її в процесі виготовлення.

За технологічну базу приймаємо зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 164h7$ , так як ця поверхня забезпечить добре закріплення деталі при обробці. Закріплюємо за цю поверхню заготовку і обробляємо зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 235h7$  начисто, яка буде технологічною базою на наступних операціях.

### 1.5.2 Вибір способів обробки окремих поверхонь

Кожна деталь може бути представлена у вигляді сукупності таких елементарних поверхонь, як: площині, циліндри, конуси, тори.

Необхідно вибрати найкращі маршрути обробки окремих поверхонь заготовки і підготувати дані:

- Для розрахунку проміжних і загальних припусків на обробку кожної поверхні;

- Для розрахунку проміжних розмірів заготовки по технологічних переходах;
- Для складання маршруту обробки заготовки.

Способи обробки всіх поверхонь заготовки визначають виходячи з вимог, що пред'являються до точності і якості готової деталі, з урахуванням характеру вихідної заготовки і властивостей оброблюваного матеріалу.

При призначенні способу обробки потрібно намагатися, щоб число переходів при обробці кожної поверхні заготовки було мінімальним. Бажано, щоб одним і тим же способом оброблялося, як можна більша кількість поверхонь заготовки. Останнє дає можливість розробити високопродуктивні концентровані операції з максимальним поєднанням обробки окремих поверхонь, скоротити загальну кількість операцій і встановивши, тривалість циклу обробки, підвищити продуктивність і точність обробки заготовки.

У табл. 1.5 наведено результати аналізу обробки окремих поверхонь з встановленням методів обробки.

Табл. 1.5 Аналіз якості поверхні з обраним методом обробки

Назва поверхні	Квалітет точності	Шорсткість	Метод обробки
Ø235 (h8)	8	6,3	Точіння чорнове, напівчистове
Ø164 (h6)	6	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове
Ø50 (H7)	7	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове
Ø70 (H7)	7	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове

### 1.5.3 Розроблення маршруту механічної обробки деталі

При розробці маршруту обробки деталі (МОД) дається загальний план обробки деталі і намічається зміст операцій на основі раніше проаналізованих і відібраних до виконання маршрутів обробки окремих поверхонь. Це завдання тим складніше, чим

більше у деталі точно оброблюваних поверхонь. При цьому завжди існують кілька прийнятних варіантів технологічного процесу.

У загальному випадку при розробці технологічних маршрутів механічної обробки слід дотримуватися наступних правил:

1. Спочатку від чорнової технологічної бази, яка зазвичай використовується один раз, необхідно обробити поверхню або кілька поверхонь, які при подальшій обробці будуть технологічними базами.
2. Спочатку обробляються найменш точні, а потім більш точні і відповідальні поверхні.
3. При обробці точних поверхонь обробку здійснюють за кілька переходів: чорновий, напівчистовий, чистовий.

Як правило, при розробці технологічних процесів механічної обробки деталей використовують вже існуючі типові процеси обробки, до яких вносяться зміни відповідно до особливостей форми конкретної деталі. Таким чином, побудова МОД має бути підпорядкована одному з головних принципів – забезпечення службового призначення деталі. З цієї причини значний вплив на послідовність операцій технологічного процесу відіграє прийнятий маршрут обробки виконавчих поверхонь деталей. Обробка інших поверхонь повинна вестися паралельно з обробкою виконавчих поверхонь на тих же етапах, на яких обробляються виконавчі поверхні.

У табл. 1.6 сформовано маршрут механообробки деталі «Фланець муфти».

Табл. 1.6 Маршрут механічної обробки

<b>Операція</b>	<b>Обладнання</b>
005 Заготівельна	Кокіль
010 Токарна	Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3
015 Токарна	Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3
020 Сверлильна	Вертикально-сверлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
025 Контрольна	Контрольне пристосування

#### 1.5.4 Розрахунок припусків та проміжних розмірів двох точних поверхонь

Припуском на обробку називається шар (товщина шару) матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для усунення дефектів від попередньої обробки. Загальним припуском на обробку називається шар матеріалу, що видаляється з розглянутої поверхні вихідної заготовки в процесі виконання технологічного процесу з метою отримання готової деталі. Складові, що становлять припуск на обробку, залежать від багатьох чинників: форми, розмірів, матеріалу деталей, методів обробки та ін.

Встановлення правильної товщини припусків на обробку є відповідальним техніко-економічним завданням. Призначення надмірно великих припусків призводить до:

1. Втрат матеріалу, що перетворюється в стружку;
2. Збільшення пружної деформації технологічної системи ВПЗ (верстат - пристосування - інструмент - заготовка) внаслідок збільшення сили різання, а значить і до зменшення точності обробки;
3. Збільшення трудомісткості механічної обробки (якщо припуск більше максимально допустимої глибини різання і доводиться його видаляти за кілька проходів);
4. Ускладняється застосування пристосувань внаслідок збільшення сили різання;
5. Підвищення витрат ріжучого інструменту і електричної енергії;

Призначення недостатньо великих припусків не забезпечує видалення дефектних шарів матеріалу і досягнення необхідної точності і шорсткості оброблюваних поверхонь, а також викликає підвищення вимог до точності вихідних заготовок і призводить до їх збільшення у вартості, ускладнює розмітку і вивірку положення заготовок на верстатах при обробці за методом пробних ходів і збільшує небезпеку появи браку.

Операційний припуск – це шар матеріалу, що видаляється з заготовки при виконанні однієї технологічної операції (ГОСТ 3.1109-82). Операційний припуск дорівнює сумі проміжних припусків, тобто припусків на окремі переходи, що входять в дану операцію.

Припуск на перехід – це шар матеріалу, що видаляється з заготовки при виконанні переходу, тобто при обробці даної поверхні з певною точністю незмінним інструментом при незмінних режимах різання.

Для розрахунку припусків було обрано дві поверхні – зовнішню і внутрішню. Зовнішня поверхня  $\varnothing 235$  мм має шорсткість  $Ra=6,3$ , отже, буде оброблена за два переходи – чорновий та чистовий, так як початкова шорсткість цієї поверхні при литті у кокіль  $Ra=25$ . Друга поверхня, внутрішня  $\varnothing 50$  мм, має більші вимоги до якості, при яких шорсткість  $Ra=3,2$ , буде оброблюватися у три переходи – чорновий, чистовий та тонкий.

Розрахунок припусків на обробку зовнішніх і внутрішніх поверхонь має свою особливість. Вона полягає в тому, що для зовнішніх поверхонь розрахунок починається з найменшого граничного розміру готової деталі послідовним збільшенням розрахункових припусків  $Z_{\min}$  по всіх операціях, а для внутрішніх поверхонь – з найбільшого граничного розміру послідовним відніманням  $Z_{\min}$ .

– Розрахунки для зовнішньої поверхні  $\varnothing 235$  мм:

Загальна формула для симетричного припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання:

$$2Z_i \min = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2},$$

де  $R_{Z_{i-1}}$  – шорсткість поверхні на попередній операції;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару після попередньої операції;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  – сумарне відхилення розташування поверхні (відхилення від перпендикулярності, від паралельності, від співвісності та ін.), а в деяких випадках відхилення форми поверхні на попередній операції;

$\varepsilon_i$  – похибка установлення заготовки на виконуваний операції;

Ці параметри було обрано відповідно до кожного переходу з довідника та зведено у табл. 1.7 в стовпчики 2-5.

Табл. 1.7 Данні для розрахунку припусків поверхні  $\varnothing 235$  мм

Елементарна поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення $T_d$ , мкм	Прийняті (округлені) розміри по переходам		Отримані граничні припуски	
	$R_z$	$h$	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лиття в кокіль	200	300	289,01	0	-	236,74	460	237,20	236,74	-	-
Точіння чорнове	50	50	17,3	0	1578,0	235,16	115	235,28	235,16	1,92	1,58
Точіння напівчистове	20	20	0,7	0	234,7	234,93	72	235,00	234,93	0,28	0,23

Сумарне відхилення було розраховано за формулою:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{см.}}^2 + \Delta_{\text{кор.}}^2},$$

де  $\Delta_{\text{кор.}} = \Delta_{\text{к.}} \cdot B = 1 \cdot 164 = 164,$

$$\Delta_{\text{см.}} = \sqrt{(D \cdot \Delta_{\text{к.}})^2 + (L \cdot \Delta_{\text{к.}})^2} = \sqrt{(37,5 \cdot 1)^2 + (235 \cdot 1)^2} = 237,9732.$$

Отже,  $\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{см.}}^2 + \Delta_{\text{кор.}}^2} = 289,0108.$

Для розрахунку залишкових просторових відхилень на наступних переходах зручно користуватися формулою:

$$\Delta = \Delta_{i-1} \cdot K_y,$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення (для чорнової обробки  $K_y=0,06$ , для чистової  $K_y=0,04$ ).

Похибка установки заготовки при закріпленні у патрон  $\varepsilon_i = 0$ .

Далі, за загальною формулою симетричного припуску, було розраховано припуски  $2Z_{\min}$  для кожного переходу та занесено у стовпчик 6.

- Для чорнового переходу:

$$2Z_{\min}=2 \cdot (200 + 300 + 289,01) = 1578 \text{ мкм}$$

- Для напівчистового переходу:

$$2Z_{\min}=2 \cdot (50 + 50 + 17,3) = 234,7 \text{ мкм}$$

Найменші розрахункові розміри (стовпчик 7) по технологічних переходах визначаємо, складаючи значення найменших граничних розмірів, відповідних попередньому технологічному переходу, з величиною припуску на виконуваний перехід:

- Для напівчистового переходу:

$$235 - 0,072 = 234,93 \text{ мм}$$

- Для чорнового переходу:

$$234,93 + \frac{234,7}{1000} = 235,16 \text{ мм}$$

- Для заготівки:

$$235,16 + \frac{1578,0}{1000} = 236,74 \text{ мм}$$

Округлені найменші граничні розміри заносимо в стовпчик 10. Потім визначаємо найбільші граничні розміри по переходах:

- Для напівчистового переходу:

$$234,93 + 0,072 = 235 \text{ мм}$$

- Для чорнового переходу:

$$235,16 + \frac{115}{1000} = 235,28 \text{ мм}$$

- Для заготівки:

$$236,74 + \frac{460}{1000} = 237,20 \text{ мм}$$

Результати розрахунку вносимо в стовпчик 9.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах проводимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, відповідних до виконуваного і попереднього технологічних переходів:

Максимальні розміри:

- Для напівчистового переходу:

$$235,28 - 235,00 = 0,28 \text{ мм}$$

- Для чорнового переходу:

$$237,20 - 235,28 = 1,92 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри:

- Для напівчистового переходу:

$$235,16 - 234,93 = 0,23 \text{ мм}$$

- Для чорнового переходу:

$$236,65 - 235,16 = 1,49 \text{ мм}$$

Результати розрахунку заносимо в стовпчики 11 і 12.

Виконаємо перевірку правильності розрахунків за формулою:

$$Z_{oimax} - Z_{oimin} = T_z - T_d$$

$$(1,92 + 0,28) - (1,58 + 0,23) = \frac{(460-72)}{1000}$$

$$0,388 = 0,388$$

Можна зробити висновок, що припуски розраховані вірно.

Розрахунки для внутрішньої поверхні Ø50 мм:

Таким же чином обираємо параметри, як і для поверхні Ø235 мм та заносимо у табл. 1.8 в стовпчики 2-5.

Табл. 1.8 Данні для розрахунку припусків поверхні Ø50 мм

Елементарна поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки	Елементи припуску, МКМ				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , МКМ	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення $T_d$ , МКМ	Прийняті (округлені) розміри по переходам		Отримані граничні припуски	
	$R_z$	$h$	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лиття в кокіль	200	300	174,1	0	-	48,38	250	48,38	48,13	-	-
Точіння чорнове	50	50	10,4	0	1348,1	49,72	62	49,73	49,67	1536,11	1348,11
Точіння напівчистове	20	20	0,4	0	220,9	49,94	39	49,95	49,91	243,89	220,89
Точіння чистове	0	0	0,01	0	80,8	50,03	25	50,03	50,00	94,84	80,84

Сумарне відхилення було розраховано за формулою:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{см.}^2 + \Delta_{кор.}^2},$$

де  $\Delta_{кор.} = \Delta_{к.} \cdot B = 1 \cdot 164 = 164,$

$$\Delta_{см.} = \sqrt{(D \cdot \Delta_{к.})^2 + (L \cdot \Delta_{к.})^2} = \sqrt{(30 \cdot 1)^2 + (50 \cdot 1)^2} = 58,30952.$$

Отже,  $\Delta = \sqrt{\Delta_{см.}^2 + \Delta_{кор.}^2} = 174,0575.$

Для розрахунку залишкових просторових відхилень на наступних переходах зручно користуватися формулою:

$$\Delta = \Delta_{i-1} \cdot K_y,$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення (для чорнової обробки  $K_y=0,06$ , для чистової  $K_y=0,04$ , для тонкої  $K_y=0,02$ ).

Похибка установки заготовки при закріпленні у патрон  $\varepsilon_i = 0$ .

Далі, за загальною формулою симетричного припуску, було розраховано припуски  $2Z_{\min}$  для кожного переходу та занесено у стовпчик 6.

– Для чорнового переходу:

$$2Z_{\min}=2 \cdot (200 + 300 + 174,1) = 1348,1 \text{ мкм}$$

– Для напівчистового переходу:

$$2Z_{\min}=2 \cdot (50 + 50 + 10,4) = 220,9 \text{ мкм}$$

– Для чистового переходу:

$$2Z_{\min}=2 \cdot (20 + 20 + 0,4) = 80,8 \text{ мкм}$$

Визначаємо найменші розрахункові розміри (стовпчик 7):

– Для заготовки:

$$50 + 0,025 - \frac{1348,1+220,9+80,8}{1000} = 48,38 \text{ мм}$$

– Для чорнового переходу:

$$48,38 + \frac{1348,1}{1000} = 49,72 \text{ мм}$$

– Для напівчистового переходу:

$$49,72 + \frac{220,9}{1000} = 49,94 \text{ мм}$$

– Для чистового переходу:

$$49,94 + \frac{80,8}{1000} = 50,03 \text{ мм}$$

Округлені найменші граничні розміри заносимо в стовпчик 9. Потім визначаємо найменші граничні розміри по переходах:

– Для заготовки:

$$48,38 - \frac{250}{1000} = 48,13 \text{ мм}$$

– Для чорнового переходу:

$$49,73 - \frac{62}{1000} = 49,67 \text{ мм}$$

– Для напівчистового переходу:

$$49,95 - \frac{39}{1000} = 49,91 \text{ мм}$$

– Для чистового переходу:

$$50,03 - \frac{25}{1000} = 50 \text{ мм}$$

Результати розрахунку вносимо в стовпчик 10.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах:

Максимальні розміри:

– Для чорнового переходу:

$$\frac{1348,1+250+62}{1000} = 1,54 \text{ мм}$$

– Для напівчистового переходу:

$$\frac{220,9+62+39}{1000} = 0,24 \text{ мм}$$

– Для чистового переходу:

$$\frac{80,8+39+25}{1000} = 0,09 \text{ мм}$$

Максимальні розміри:

– Для чорнового переходу:

$$\frac{1348,1}{1000} = 1,35 \text{ мм}$$

– Для напівчистового переходу:

$$\frac{220,9}{1000} = 0,22 \text{ мм}$$

– Для чистового переходу:

$$\frac{80,8}{1000} = 0,08 \text{ мм}$$

Результати розрахунку заносимо в стовпчики 11 і 12.

Виконаємо перевірку правильності розрахунків за формулою[5]:

$$Z_{oimax} - Z_{oimin} = T_z - T_d$$

$$(1,54 + 0,24 + 0,09) - (1,35 + 0,22 + 0,08) = \frac{(250-25)}{1000}$$

$$0,225 = 0,225$$

Можна зробити висновок, що припуски розраховані вірно.

### **1.5.5 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення й контролю**

У технологічному процесі при токарних операціях застосовується токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3. На свердлильних операціях застосовується вертикально-сверлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2.

В основному в технологічному процесі застосовується стандартний ріжучий інструмент з матеріалу T15K6, що прискорює технологічну підготовку виробництва. Обробка деталі ведеться із застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини, що дозволяє вести обробку з більш високими швидкостями різання і збереженням оптимальних періодів стійкості інструменту.

В кінці технологічного процесу деталь проходить остаточний контроль, що дає можливість проконтролювати дотримання всіх вимог, що пред'являються до деталі. Застосовуються стандартні і спеціальні вимірювальні інструменти та контрольні пристосування і прилади. У якості спеціального контрольного пристосування використовується прилад для контролю торцевого биття. Торцеве биття – різниця найбільшого та найменшого відстаней від точок реального профілю торцевої поверхні, до площини, перпендикулярної базової осі.

### **1.5.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування**

Одна з головних завдань технологічної підготовки виробництва при токарних роботах – це визначення раціональних режимів різання. При їх розрахунку повинні враховуватися особливості виробу і можливості верстатного парку, а також наявність відповідного інструменту, пристроїв і оснащення. Компонування вузлів і агрегатів токарного верстата дозволяє реалізувати два визначальні виду руху, які формують задану конфігурацію поверхонь деталі: обертання заготовки (головний рух) і переміщення різця вглиб і уздовж поверхні деталі (подача).

Тому основними технологічними параметрами для токарного обладнання є:

- глибина різання;

- подача і обороти шпинделя;
- швидкість різання.

Розрахунок режимів різання для поверхні Ø235 мм:

Виходячи із загального припуску на обробку та вимог до шорсткості поверхні обробку проводимо в два проходи (чорнове і чистове точіння). Титановольфраміві тверді сплави застосовуються для обробки всіх видів сталей. При токарній обробці використовуємо прохідний прямий відігнутий різець зі сплаву марки Т15К6. Буква Т і поставлена за нею цифра вказують кількість (у відсотках), яка міститься в даному сплаві карбиду титану, а цифра після букви К – вміст (у відсотках) кобальту. Усі данні для розрахунків беремо з довідника та паспортних даних верстата.

- Для чорнового точіння:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

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

де  $C_v$  – коефіцієнт, що характеризує оброблюваність матеріалу,

$T$  – період стійкості,

$t$  – глибина різання,

$S$  – подача,

$m, x, y$  – показники степені,

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт.

Загальний поправочний коефіцієнт розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv},$$

де  $K_{mv}, K_{uv}, K_{nv}$  – складові елементи, що залежать від характеристик різця.

$$K_{mv} = 0,8.$$

$$K_{uv} = 0,65.$$

$$K_{nv} = 0,5.$$

$$v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,26$$

$$U = 67,45 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв, за розрахунковою швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot U}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 67,45}{3,14 \cdot 235}$$

$$n = 91,4 \text{ об/хв.}$$

Уточнюємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:

$$n_{\partial} = 90 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання.  $v_{\partial}$ , м/хв:

$$v_{\partial} = \frac{\pi D n}{1000}$$

$$v_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 235 \cdot 90}{1000}$$

$$v_{\partial} = 66,44 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо вісьову силу  $P_z$ :

$$P_z = 9,81 C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot v_{\partial}^{n_z} \cdot K_{pz},$$

де  $C_{pz}$  – табличне значення сили різання,

$X_{pz}$ ,  $Y_{pz}$ ,  $n_z$  – показники степені,

$K_{pz}$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання.

$$P_z = 9,81 \cdot 339 \cdot 0,75^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 66,44^{-0,4} \cdot 0,78$$

$$P_z = 146,313 \text{ Н}$$

Для того, щоб перевірити, чи правильно було обрано верстат, скористаємося нерівністю:

$$N_p \leq N_{шп.},$$

де  $N_p$  – потужність різання,

$N_{шп.}$  – потужність шпинделя.

$$N_{p.} = \frac{P_z \cdot v_{\partial.}}{1000}$$

$$N_{p.} = \frac{146,3 \cdot 66,44}{1000} = 9,87 \text{ кВт}$$

$$N_{un.} = N_e \cdot \eta$$

$$N_{un.} = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт}$$

$$9,87 \leq 9,9$$

Можна зробити висновок, що верстат обрано вірно.

– Для напівчистового точіння:

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{350}{50^{0,15} \cdot 0,125^{0,35} \cdot 0,195^{0,2}} \cdot 0,27$$

$$v = 100,87 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв, за розрахунковою швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot 100,87}{3,14 \cdot 235}$$

$$n = 136,6 \text{ об/хв.}$$

Уточнюємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:

$$n_{\partial.} = 90 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання.  $v_{\partial.}$ , м/хв:

$$v_{\partial.} = \frac{3,14 \cdot 235 \cdot 90}{1000}$$

$$v_{\partial.} = 66,44 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо вісьову силу  $P_z$ :

$$P_z = 9,81 \cdot 339 \cdot 0,125^1 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 66,44^{-0,15} \cdot 0,78$$

$$P_z = 43,9 \text{ Н}$$

$$N_{p.} = \frac{P_z \cdot v_d}{1000}$$

$$N_{p.} = \frac{43,9 \cdot 66,44}{1000} = 4,43 \text{ кВт}$$

$$N_{un.} = N_e \cdot \eta$$

$$N_{un.} = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт}$$

$$4,43 \leq 9,9$$

Можна зробити висновок, що верстат обрано вірно.

Розрахунок основного часу:

- Для напівчистового точіння:

$$T_o = \frac{L}{n_o \cdot S_o} \cdot i$$

де L – довжина різання, мм,

i – кількість проходів.

$$T_o = \frac{37,5 + 1,62 + 3}{90 \cdot 0,3} \cdot 1$$

$$T_o = 1,54 \text{ хв.}$$

- Для чистового точіння:

$$T_o = \frac{37,5 + 1,93 + 3}{90 \cdot 0,3} \cdot 1$$

$$T_o = 1,59 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучного часу:

Штучний час, що витрачається на цю операцію:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп},$$

де T<sub>доп</sub> – допоміжний час, хв.:

- час на установку і зняття деталі – 1,10 хв;
- час на робочий хід – 0,5 хв;
- час на вимірювання деталі – 0,16 хв;

$$T_{доп} = 1,10 + 0,5 + 0,16 = 1,66 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}} = (1,54 + 1,59) + 1,66 = 4,79 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця  $T_{\text{обс}} = (3-8\%) \cdot T_{\text{оп}}$ ; час перерв в роботі  $T_{\text{відп}} = (4-9\%) \cdot T_{\text{оп}}$ .

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 4,79 + 0,05 \cdot 4,79 + 0,07 \cdot 4,79 = 5,36 \text{ хв.}$$

## 1.6 Розроблення операційної технології виготовлення

Технологічний процес механічної обробки повинен проектуватися і виконуватися таким чином, щоб за допомогою найбільш раціональних і економічних способів обробки задовольнялися вимоги до деталі (точність обробки і шорсткість поверхонь, взаємне розташування осей і поверхонь, правильність контурів).

Для забезпечення найбільш раціонального процесу механічної обробки заготівки складається план обробки із зазначенням, які поверхні треба обробити, в якому порядку і якими способами.

У зв'язку з цим весь процес механічної обробки розчленовується на окремі складові частини – технологічні операції.

Технологічною операцією називають закінчену частину технологічного процесу, виконувану на одному робочому місці.

Операція, в свою чергу, ділиться на елементи, число яких змінюється в залежності від обсягу і методів її виконання. Основними елементами операції є установ, технологічний перехід, допоміжний перехід та ін.

Установом називають частину технологічної операції, виконувану при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або збираємої складальної одиниці.

Технологічним переходом називають закінчену частину технологічної операції, яка характеризується постійністю використовуваного інструменту і поверхонь, утворених обробкою.

Допоміжний перехід – закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною форми, розмірів і

шорсткості поверхні, але необхідні для виконання технологічного переходу. Прикладами допоміжних переходів є установка заготовки, зміна інструменту та ін.

У табл. 1.9-1.10 наведено технологічний процес виготовлення деталі «Фланець муфти».

Табл. 1.9 Технологічний процес виготовлення деталі

№ оп.	Перехід	Поверхня
1	2	3
005	Заготівельна	Лиття в кокіль
Встановити в патрон по отв.Ø164 мм		
010	Точіння чорнове	Ø235 мм
	Точіння напівчистове	Ø235 мм
	Точіння чорнове	Торець Ø235 мм
	Точіння напівчистове	Торець Ø235 мм
	Точіння чорнове	Ø50 мм
	Точіння напівчистове	Ø50 мм
	Точіння чистове	Ø50 мм
	Точіння фаски	2x45°
Встановити в патрон по отв.Ø235 мм		
015	Точіння чорнове	Ø164 мм
	Точіння напівчистове	Ø164 мм
	Точіння чистове	Ø164 мм
	Точіння чорнове	Торець Ø235 мм
	Точіння напівчистове	Торець Ø235 мм
	Точіння чистове	Торець Ø235 мм
	Точіння чорнове	Ø70 мм
	Точіння напівчистове	Ø70 мм
	Точіння чистовн	Ø70 мм
	Точіння чорнове	Торець Ø164 мм
	Точіння напівчистове	Торець Ø164 мм
	Точіння чистове	Торець Ø164 мм
	Точіння фаски	2x45°
Встановити в кондуктор		

Табл. 1.10 Продовження табл. 1.9

1	2	3
020	Центрування	3 отв. Ø20 мм
	Сверління	Отв. Ø20 мм
	Зенкерування	Отв. Ø20 мм
	Центрування	4 отв. Ø14
	Сверління	Отв. Ø14
	Зенкерування	Отв. Ø14
	Зенкування	Отв. Ø20 мм
	Нарізання різьби	Отв. Ø14 мм
Встановити, закріпити		
025	Контроль	Торцеве биття поверхні Ø235 мм

Прийняту технологічну загальну послідовність обробки слід вважати доцільною, так як при цьому дотримуються принципу поступового формування властивостей і форми оброблюваної деталі. Властивості деталі формуються поетапно – від операції до операції, оскільки для кожного способу обробки існують можливості виправлення вихідних похибок заготовки і отримання необхідної точності, шорсткості і якості оброблених поверхонь.

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

В сучасних умовах комплексної автоматизації і роботизації виробництва в організаціях приладобудування отримали розвиток гнучкі виробничі системи (ГВС). Ці системи використовуються головним чином в дрібно та середньосерійному виробництві, забезпечують автоматизовану обробку деталей, складання виробів і їх випробування.

Гнучка виробнича система – це сукупність роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, оброблювальних центрів, окремих одиниць технологічного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК) і системи забезпечення їх функціонування в автоматичному або автоматизованому режимі, що має можливість автоматизованого (програмованого) переналагодження при виробництві деталей або виробів довільної номенклатури в межах технологічного призначення.

За організаційними ознаками ГВС підрозділяються на гнучкі автоматизовані лінії, ділянки, цехи.

Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ) – її структурною особливістю є розташування обладнання відповідно до прийнятої послідовності виконання технологічних операцій.

Гнучка автоматизована ділянка (ГАД) – це ГВС, що складається з оброблювальних центрів технологічного обладнання, об'єднаних АСУ, в якій передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного устаткування, що забезпечує оптимальне завантаження останнього і дозволяє виготовляти деталі в комплекті, необхідному для складання виробу.

Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) – ГВС, що представляє собою сукупність ГАЛ і (або) ГАД, а також іншого технологічного обладнання з ЧПК, систем САПР і т.п., призначений як самостійна структурна одиниця організації для виготовлення окремих виробів або їх елементів, які є частиною номенклатури продукції, що випускається організацією в цілому.

## 2.1 Структурна схема ГВС

До складових частин інтегрованого гнучкого виробництва відносяться:

- Автоматизована система наукових досліджень (АСНД) – призначена для автоматизації пошуку та аналізу результатів раніше виконаних досліджень, публікацій, проведення наукових експериментів, здійснення моделювання наукових об'єктів, явищ, процесів, вивчення яких традиційними засобами ускладнене або неможливе.
- Система автоматизованого проектування (САПР) – застосовується при розробці ескізного, технічного та робочого проектів, тобто автоматизує процес конструкторської підготовки виробництва від отримання завдання на розробку до завершення цієї стадії процесу створення виробу.
- Автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) – продовжує автоматизацію процесу створення виробу, забезпечуючи виробництво всіма необхідними даними, технологічною документацією, інструкціями, які керують програмами.
- Автоматизована складська система (АСС) – призначена для прийому з внутрішньоцехового транспорту сировини, матеріалів, заготовок, інструменту, порожньої тари і їх тимчасового складування.
- Автоматизована транспортно-накопичувальна система (АТНС) – є основною підсистемою ГВС і в значній мірі визначає функціонування останньої. Організаційно і функціонально вона об'єднує в єдиний виробничий комплекс все технологічне і допоміжне обладнання, реалізує зв'язки між верстатами, подавальними пристроями, контрольно-вимірювальним обладнанням і складом.
- Автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ) – здійснює складання, установку в оброблювальний центр інструментального механізму, використання інструментів для обробки деталей відповідно до технологічного процесу.
- Автоматизована система контролю (АСК) – забезпечує автоматизований контроль якості виготовлення виробу в процесі його обробки.

- Автоматизована система видалення стружки (АСВС) – здійснює збір і видалення стружки в процесі обробки деталей.
- Автоматизована система випробувань (АСВ) – контролює в процесі випробувань нового виробу відповідність запроєктованих параметрів функціонування виробу фактично досягнутим.
- Автоматизована система управління (АСУ) – в автоматизованому режимі управляє процесами, що протікають в ГВС.

На рис. 2.1 зображено склад і взаємозв'язок завдань, що вирішуються підсистемами ГВС.

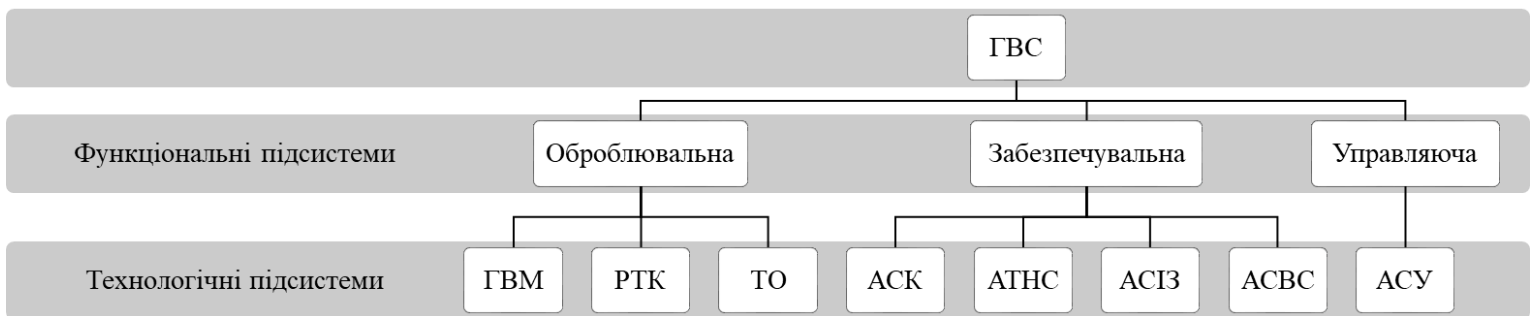


Рис. 2.1 Структурна схема ГВС

## 2.2 Планування та розрахунок ГВС

### 2.2.1 Визначення сумарної верстатоемності виробничої програми і розрахунок числа верстатів верстатного комплексу ГВС

Для планування ГВС візьмемо такі вихідні дані:

- $N_i = 2000$  – місячна програма випуску  $i$ -ї деталі;
- $n=13$  – кількість деталей номенклатурного ряду;
- $t_{шт.ki}$  – штучний час обробки  $i$ -ї деталі, хв:
  - токарна операція  $t_{шт.ki} = 8,77$  хв.
  - токарна операція  $t_{шт.ki} = 18,014$  хв.
  - сверлильна операція  $t_{шт.ki} = 7,453$  хв.
- $\Phi_{\text{поз}} = 3980$  год. – ефективний місячний фонд роботи верстата, год

Для розрахунку кількості верстатів для кожної операції скористаємося формулою [6]:

$$n_{\text{в}} = \frac{t_{\text{шт.кі}} \cdot n \cdot N_i}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}$$

Таким чином, для першої токарної операції:

$$n_{\text{в}} = \frac{8,77 \cdot 13 \cdot 2000}{3980 \cdot 60} = 0,95 \approx 1 \text{ верстат}$$

Для другої токарної операції:

$$n_{\text{в}} = \frac{18,014 \cdot 13 \cdot 2000}{3980 \cdot 60} = 1,96 \approx 2 \text{ верстати}$$

Для сверлильної операції:

$$n_{\text{в}} = \frac{7,453 \cdot 13 \cdot 2000}{3980 \cdot 60} = 0,81 \approx 1 \text{ верстат}$$

Визначимо якість проектування кожного модуля за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{пр}}}$$

де  $n_{\text{пр}}$  – кількість прийнятих верстатів.

Для першої токарної операції:

$$K_{\text{в}} = \frac{0,95}{1} = 0,95$$

Для другої токарної операції:

$$K_{\text{в}} = \frac{1,96}{2} = 0,980662$$

Для сверлильної операції:

$$K_{\text{в}} = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Сумарну станкоємність розраховуємо за формулою:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0,8 \cdot (n - 1)] \cdot C_6 \cdot N_r,$$

де  $N_r = 1332,692$  хв. – річна програма кожної деталі,

$C_6 = 34,237$  хв. – трудоемність базової деталі.

$$C_{\Sigma} = [1 + 0,8 \cdot (13 - 1)] \cdot 34,237 \cdot 1332,692 = 483650,3 \text{ хв.}$$

## 2.2.2 Розрахунок системи інструментального забезпечення

Величина оборотного фонду  $j$ -го виду інструменту за 1 зміну:

$$H_{ij} = (K_{ij} + 1),$$

де  $K_{ij} = 10$  – нормативне значення оборотного фонду інструменту (інструментальних блоків)

$$H_{ij} = (10 + 1) = 11 \text{ інстр./зміну}$$

Величина оборотного фонду інструменту за місяць по кожному типорозміру  $K_i$  верстатів:

$$H_K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p H_{ij} \cdot 40,$$

де  $p = 10$  – к-сть інструментальних блоків по обробці  $i$ -тої деталі.

$$H_K = \sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^7 11 \cdot 40 = 40\,040 \text{ інстр./верстат}$$

Величина сумарного оборотного фонду, потрібного для обробки місячної виробничої програми обробки деталей на ГВС:

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^m H_K,$$

де  $m = 4$  – загальна к-сть верстатів.

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^4 40\,040 = 160\,160 \text{ інструментів}$$

Доставка і установка ріжучого інструменту у верстатах токарної групи здійснюється в основному транспортними робітниками. При автоматичній доставці

інструментальний блок на робочу позицію надходить в тарі в строго фіксованому положенні. Промисловий робот бере блок з тари та укладає на проміжний стіл. Потім знімає його з верстату і поміщає в тару. Після цього бере новий блок з проміжного столу і встановлює його на робоче місце. Правильність положення закріпленого інструментального блоку контролюється системою управління верстатом. Видалений з верстата блок відправляється в уніфікованій тарі у відділ розбирання інструменту транспортною системою цеху або робочим [6].

### 2.2.3 Проектування секції складання і налагодження інструменту

Число приладів для налагодження інструментів визначають за формулою:

$$N_{\Pi} = \frac{N_c \cdot n_{\text{см}} \cdot t_{\text{н}}}{\Phi_{\text{см}} \cdot 60 \cdot K_3} \cdot K_a,$$

де  $N_c$  – кількість обслуговуваних верстатів,

$n_{\text{см}}$  – число інструментів, які потрібно налаштувати за зміну на один верстат,

$t_{\text{н}} = 5$  хв. – середньостатистична норма часу налаштування одного різального інструменту,

$\Phi_{\text{см}} = 8$  год. – час однієї робочої зміни,

$K_3 = 0,8$  – коефіцієнт завантаження пристрою,

$K_a = 0,5$  – коефіцієнт, що враховує можливість автоматизації налаштування на самому верстаті.

$$N_{\Pi} = \frac{4 \cdot 40 \cdot 5}{8 \cdot 60 \cdot 0,8} \cdot 0,5 = 1,44 \approx 2 \text{ прилади}$$

Число слюсарів-інструментальників:

$$P_{\text{н}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot N_{\Pi}}{\Phi_{\text{р}}},$$

де  $F_{\text{д}} = 2050$  год. – ефективний (дійсний) річний фонд часу роботи пристрою,

$\Phi_{\text{р}} = 1820$  год. – ефективний річний фонд часу роботи слюсаря-інструментальника.

$$P_H = \frac{2050 \cdot 2}{1820} = 2,25 \approx 2 \text{ наладчики}$$

Площа, необхідна для налагоджувальників інструментів:

$$F_H = N_H \cdot f_H,$$

де  $f_H = 10 \text{ м}^2$  – питома площа для налаштування одного пристрою.

$$F_H = 2 \cdot 10 = 20 \text{ м}^2$$

#### 2.2.4 Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць

Визначаємо середню місткість тари. При коефіцієнті щільності укладки  $K_{Ti} = 0,6$ :

$$C_{Ti} = q_{i \max} \cdot K_{Ti},$$

де  $q_{i \max} = 50 \text{ кг}$  – максимальна вантажопідйомність.

$$C_{Ti} = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ кг}$$

При середньому значенні маси одного різцьового блоку  $m_H = 0,35 \dots 0,4 \text{ кг}$  в одній тарі (піддоні) розміститься:

$$n_H = \frac{30}{0,3} = 100 \text{ інструментів}$$

При величині місячного оборотного фонду інструментів  $H\Sigma = 160 \ 160 \text{ шт.}$  буде потрібно число одиниць тари:

$$Z_{Ti} = \frac{160 \ 160}{100} = 1602 \text{ шт.}$$

За кількістю тари  $Z_{Ti}$  обираємо загальне число вантажних місць (числу комірок):

$$Z_{\text{я}} = 1700 \text{ шт.}$$

Площа, яку займає автоматизований склад, становить приблизно  $F_{H1} = 40 \text{ м}^2$ .

Площу стелажа, в якому зберігається оперативний добовий запас інструментів  $F_{H2}$ , можна визначити за такою формулою:

$$F_{H2} = N_c \cdot K_c \cdot f_1,$$

де  $N_c$  – число верстатів у верстатному комплексі ГВС;

$K_c$  – коефіцієнт, що враховує зберігання інструментів на висотних стелажах.

У розрахунках можна приймати  $K_c = 0,5$ ;

$f_1$  – питома площа зберігання інструментів, яка припадає на один верстат.

У розрахунках можна приймати  $f_1 = 0,7 \dots 2,2$  м<sup>2</sup>/верстат.

$$F_{и2} = 4 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 3 \text{ м}^2$$

Площа для зберігання технічної документації, якщо вона не зберігається повністю в ЕОМ, визначається за формулою:

$$F_{и3} = f_2 \cdot N_c,$$

де  $f_2$  – питома площа по зберіганню техдокументації, яка припадає на один верстат.

У розрахунках приймається  $f_2 = 0,2$  м<sup>2</sup>/верстат.

$$F_{и3} = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ м}^2$$

Таким чином, загальна площа ділянки зберігання і комплектування інструментів і технічної документації становить:

$$F_{и} = F_{и1} + F_{и2} + F_{и3}$$

$$F_{и} = 40 + 3 + 0,8 = 43,8 \text{ м}^2$$

## 2.2.5 Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи

Середня верстатоемність обробки базової деталі для проектованої ГВС:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{оп i}}{n},$$

де  $T_{оп i}$  – верстатомісткість (оперативний час) обробки деталі на  $i$ -й операції, хв;

$n$  – число операцій технологічного процесу обробки базової деталі на верстатах ГВС.

$$t_{cp} = \frac{34,237}{3} = 11,41 \text{ хв.}$$

Число партій запуску базової деталі для проектованої ГВС:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot \Phi_d \cdot N_{ст}}{t_{cp} \cdot n_m},$$

де  $\Phi_d$  – місячний фонд часу роботи верстата, год.

При двозмінній роботі ГВС  $\Phi_d = 305$  год;

$N_{ст}$  – число верстатів в верстатному комплексі;

$t_{ср}$  – середня верстатоемність обробки базової деталі, хв;

$n_m$  – місячний обсяг випуску базової деталі (величина партії), шт.

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 4}{11,41 \cdot 2000} = 3,54 \approx 4$$

Місткість автоматизованого складу для проектованої ГВС:

$$n_{ком} = (1,1 \dots 1,15) \cdot K_{наим}$$

$$n_{ком} = 1,1 \cdot 4 = 4,4 \approx 5 \text{ комірок}$$

## 2.2.6 Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження

Кількість транспортних пристроїв періодичної дії: штабелерів, електрозавантажувачів, робочарів – для виконання операцій на складах визначають за формулою:

$$K_{наим} = \frac{T_{с\Sigma} \cdot K_H}{\Phi_d \cdot K_{и}}$$

де  $T_{с\Sigma}$  – сумарний час роботи штабелера для переміщення місячного обсягу заготовок, год;

$\Phi_d$  – місячний фонд часу роботи штабелера.

Приймається для роботи в дві зміни  $\Phi_d = 305$  год;

$K_H$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження ( $K_H = 1,3$ );

$K_{и}$  – коефіцієнт використання транспортного засобу, що дорівнює 0,8.

$$T_{с\Sigma} = \frac{T_{ц} \sum_{i=1}^m Z_{Тi} \cdot K_{Т.о.}}{60 \cdot Z_{Т}}$$

де  $T_{ц}$  – середня тривалість одного транспортного циклу, хв;

$\sum_{i=1}^m Z_{Тi}$  – сумарна кількість переміщень транспорту з перевезення вантажу протягом місяця;

$K_{Т.о.}$  – число транспортних операцій в технологічному процесі виготовлення деталі;

$Z_T$  – кількість тари (обсяг вантажу), що переміщуються транспортом за один цикл.

$$T_{c\Sigma} = \frac{1,6 \cdot 9000 \cdot 2}{60 \cdot 2} = 240 \text{ хв.}$$

$$K_{\text{наим}} = \frac{240 \cdot 1,3}{305 \cdot 0,8} = 1,56 \approx 2$$

### 2.2.7 Розрахунок числа позицій контролю

Необхідна кількість позицій контролю  $n_{\text{поз.к}}$  в ГВС розраховується за формулою:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{k\Sigma} \cdot k_{\text{дет.к.}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60},$$

де  $t_{k\Sigma}$  – сумарний час контролю однієї деталеустановки, хв;

$K_{\text{дет.к}}$  – число деталей, що проходять вибірковий контроль протягом місяця;

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

Число деталеустановок, що проходять вибірковий контроль:

$$k_{\text{дет.к}} = \frac{k_{\text{наим}} \cdot n_M}{n},$$

де  $n = 5 \dots 8$  деталей – норматив вибіркового контролю.

$$k_{\text{дет.к}} = \frac{2 \cdot 2000}{8} = 500 \text{ деталей}$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{(5+5+8) \cdot 50}{305 \cdot 60} = 0,63 \approx 1$$

### 2.2.8 Планування ГВС

Після усіх проведених розрахунків було розроблено план гнучкої виробничої дільниці (ДП.ПБ7101.1702.006).

Дільниця складається з:

1. Ділянки для механічної обробки;
2. Складу для заготовок;
3. Складу для готових деталей;
4. Автоматизованого складу інструментального забезпечення.

До дільниці входить:

- 3 токарних верстати з ЧПК 16K20Ф3;
- 1 вертикально-сверлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2;
- 1 стіл для контролю;
- 2 слюсарних стола;
- 2 слюсара-інструментальника;
- 1 оператор для контролю;
- 2 крани-штабелери;
- 2 накопичувачі;
- Конвеєрна лінія;
- Автоматизована система видалення стружки.

Усі верстати стоять по ходу виконання операцій, що є властивим для гнучких виробничих систем.

### **2.3 Проектування та розрахунок технологічного оснащення**

Пристосуваннями в приладобудуванні називають допоміжні пристрої до технологічного устаткування, що використовуються при виконанні операцій механічної обробки, складання або контролю.

Найбільшу групу (близько 70%) становлять пристосування для механічної обробки на верстатах.

Застосування верстатних пристосувань дозволяє:

- надійно базувати і закріплювати оброблювану деталь із збереженням її жорсткості в процесі обробки;
- стабільно забезпечувати високу якість оброблених деталей при мінімальній залежності якості від кваліфікації робітника;
- підвищити продуктивність праці в результаті механізації пристосування;
- полегшити умови роботи і забезпечити її безпеку;
- розширити технологічні можливості обладнання;
- застосовувати технічно обґрунтовані норми часу.

Проектування пристроїв здійснюється на базі Положень, Принципів і Правил, викладених в загальній методиці проектування засобів технологічного оснащення, з урахуванням специфічних особливостей, властивих пристосуванням.

При проектуванні пристосувань виходять з наступних основних принципів:

- гранична простота конструкції, обґрунтування будь-якого ускладнення;
- висока міцність, жорсткість і стійкість пружної системи конструкції досягається не збільшенням маси, а застосуванням більш якісних матеріалів і підбором найбільш ефективних форм деталей і конструкції в цілому;
- дотримання принципу агрегативності і застосування бажаних розмірів, стандартизованих, уніфікованих і нормалізованих деталей і елементів деталей, застосування оригінальних деталей і вузлів обґрунтовується;
- ретельне вивчення, аналіз всіх вихідних матеріалів і пошук аналогічних конструкцій перед початком проектування;
- облік мінімуму витрат на обслуговування і ремонти, зручність і безпеку роботи.

Для проектування пристосування потрібні такі вихідні дані:

- креслення і технічні вимоги на деталь;
- операційний ескіз заготовки, операції або переходу;
- довідкова література та стандарти;
- основні розміри верстата і його характеристика.

Для закріплення деталі «Фланець муфти» було спроектовано два пристосування – трьохкулачковий пневматичний патрон та пневматичний кондуктор.

### **2.3.1 Опис конструкції трьохкулачкового пневматичного патрону, принципу дії та розрахунок пристосування**

У якості пристосування для токарної обробки деталі було обрано трьохкулачковий патрон ричажний з пневматичним приводом (ДП.ПБ7101.1702.001 СК), який використовується на двох токарних операціях.

Патрон кріпиться на шпинделі верстату за допомогою гвинтів, що встановлюються по отворах фланця (поз. 1). Шток (поз. 9) регулює розташування кулачків (поз. 8) відносно поршня пневмоциліндра.

Кулачки переміщуються під дією ричагів (поз. 5), які спираються на гнізда у корпусі патрону. Штифти (поз. 6), які розташовані в отворах ричагів, запобігають їх довільному зміщенню.

Змінні кулачки мають Т-образні пази, якими кріпляться до сухарів (поз. 7) гвинтами (поз. 12).

Основною вимогою до пристосування є забезпечення заданої точності при обробці на налагодженому верстаті. Задана точність обробки буде забезпечена, якщо отримана похибка буде менше, ніж допуск на розмір.

$$\sum E < T,$$

де  $\sum E$  – максимальна сумарна похибка обробки, мкм;

$T$  – допуск на розмір, мкм.

Для розрахунку візьмемо допуск на найточніший розмір, оброблюваний на операції  $T = 0,1$  мм.

Сумарна похибка обробки розраховується за формулою:

$$\sum E = K \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пн}}^2 + \varepsilon_{\text{пу}}^2 + \varepsilon_{\text{рп}}^2 + \varepsilon_{\text{н}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{ст}}^2 + \varepsilon_{\text{изм}}^2},$$

де  $K = 1,1$  – коефіцієнт, враховуючий розподілення похибок;

$\varepsilon_6$  – похибка базування. При встановленні деталі в трьокулачковому патроні  $\varepsilon_6 = 0$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка затискання. При розташуванні зусилля затискання перпендикулярно зусиллю різання  $\varepsilon_3 = 0$ ;

$\varepsilon_{\text{пн}}$  – похибка розташування елементів для напрямку інструмента. При токарній обробці  $\varepsilon_{\text{пн}} = 0$ ;

$\varepsilon_{\text{пв}}$  – похибка розташування опорних поверхонь відносно поверхонь, якими пристосування встановлюється на верстаті. Приймаємо допуск соосності робочої поверхні кулачків відносно встановочної поверхні  $\varepsilon_{\text{пв}} = 0,01$  мм;

$\varepsilon_{\text{рп}}$  – похибка розташування пристосування на верстаті. При встановленні патрону на перехідний фланець, похибка дорівнює максимальному зазору між перехідним фланцем та виточкою патрону:

$$\varepsilon_{\text{рп}} = S_{\text{max}}$$

Буртик перехідного фланця має розмір  $\text{Ø}250\text{js}6 (\pm 0,0145)$ ; виточка в патроні має діаметр  $\text{Ø}250\text{H}7(+0,046)$ , отримаємо:

$$S_{\text{max}} = 0,046 + 0,0145 = 0,0605 \text{ мм} = 60 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{\text{н}}$  – похибка налагодження. Для токарних верстатів  $\varepsilon_{\text{н}} = 0$ ;

$\varepsilon_{\text{ст}}$  – похибка верстата у ненавантаженому стані. Для токарних верстатів допуск радіального биття центруючого пояска шпинделя  $\varepsilon_{\text{ст}} = 0,01$  мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$  – похибка, яка з'являється при розмірному зношенні інструменту. Приймаємо  $\varepsilon_{\text{зн}} = 0$ .

$$\sum E = 1,1\sqrt{10^2 + 60^2 + 10^2} = 61 \text{ мкм}$$

Похибка менше допуску на розмір, тому обробка можлива.

На заготовку, закріплену в трьокулачковому патроні діє зусилля  $P_z$ , яке утворює момент різання  $M_{\text{рив}}$ . Заготовка утримується від провертання моментом тертя між кулачками та заготовкою (рис. 2.2).

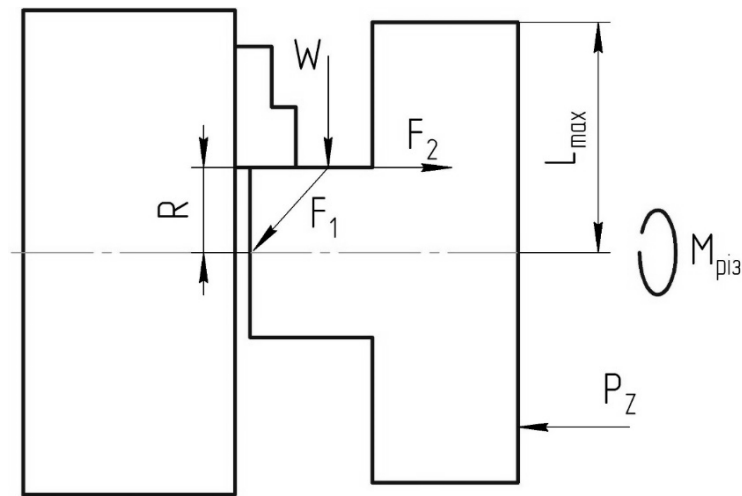


Рис. 2.2 Розрахункова схема для визначення зусилля затискання

Записуємо рівняння рівноваги під дією моментів зусиль:

$$M_{тр} = K \cdot M_{різ}$$

$$M_{тр} = 3F_1 \cdot R$$

$$F_1 = W \cdot f_1$$

$$3W \cdot f_1 \cdot R = K \cdot M_{різ}$$

Необхідне зусилля затискання:

$$W = \frac{K \cdot M_{різ}}{3 \cdot R \cdot f_1},$$

де  $f_1 = 0,35$  – коефіцієнт тертя;

$W$  – необхідне зусилля затискання;

$R = 82$  мм – радіус затискання;

$K$  – коефіцієнт надійності.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт;

$K_1 = 1$  – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки;

$K_2 = 1,75$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення зусилля різання при затупленні інструменту;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, враховуючий умови перервного різання;

$K_4 = 1$  – коефіцієнт, враховуючий постійність зусилля затискання;

$K_5 = 1$  – коефіцієнт, враховуючий наявність обертаючих моментів.

$$K = 1,5 \cdot 1,75 \cdot 1,2 = 3,15$$

Момент різання

$$M_{\text{різ}} = P_Z \cdot L_{\text{max}},$$

де  $L_{\text{max}} = 117,5$  мм – відстань до найбільш віддаленої точки обробки;

$P_Z = 138$  Н – найбільше зусилля різання на операції.

$$M_{\text{різ}} = 138 \cdot 117,5 \cdot 10^{-3} = 48,65 \text{ Нм}$$

$$W = \frac{3,15 \cdot 48,65}{3 \cdot 82 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3}} = 1779,9 \text{ Н}$$

Вихідне зусилля на штоці патрона:

$$Q = \frac{W \cdot L_2}{L_1 \cdot \eta},$$

де  $L_1, L_2$  – плечі ричагів;

$\eta = 0,95$  – коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати на тертя.

$$Q = \frac{1779,9 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} = 1873,6 \text{ Н}$$

Як привод приймаємо пневматичний циліндр, який має повітряпідводячу муфту.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D = 1,4 \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

Тиск у пневмомережі  $p = 0,4$  МПа, тоді:

$$D = 0,7 \sqrt{Q}$$

$$D = 0,7 \sqrt{1873,6} = 30,3 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра пневмоциліндра  $D = 32$  мм.

### 2.3.2 Опис конструкції пристосування для сверління, принципу дії та розрахунок пристосування

У якості пристосування для сверлильної операції було обрано кондуктор з пневматичним приводом (ДП.ПБ7101.1702.002 СК).

У спроектованого пристосування заготівка затискається безпосередньо кондукторною плитою (поз. 1), з встановленими на неї пальцями (поз. 29) та (поз. 28). Кондукторна плита переміщується поршнем через шток (поз. 10), під дією тиску повітря  $P_0$ , що подається в штокову порожнину пневмоциліндра.

Загальна формула для визначення сили затиску має наступний вигляд:

$$k \cdot M_{кр} = M_{mp1} + M_{mp2} = W \cdot f_1 \cdot r_1 + W \cdot f_2 \cdot r_2 + P_0 \cdot f_2 \cdot r_2$$

$$W = \frac{k \cdot M_{кр} - P_0 \cdot f_2 \cdot r_2}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2},$$

де  $k=1,44$  – коефіцієнт надійності;

$M_{кр}$  – момент обертання;

$P_0$  – осьова сила затиску;

$f_1, f_2$  – сили тертя;

$r_1, r_2$  – радіуси до сили закріплення.

Знайдемо осьову силу затиску  $P_0$ :

$$P_0 = C_p D^{x_p} s^{y_p} K_p,$$

де  $C_p$  – показник, що залежить від оброблюваного матеріалу;

$x_p$  и  $y_p$  – показники степеней.

$$P_0 = 339 \cdot 14^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,95 = 2374 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = C_m D^{x_m} s^{y_m} K_p,$$

де  $C_m$  – показник, що залежить від оброблюваного матеріалу;

$x_m$  и  $y_m$  – показники степеней.

$$M_{кр} = 270 \cdot 14^1 \cdot 0,4^{0,4} \cdot 0,95 = 2489 \text{ Н}$$

$$W = \frac{1,44 \cdot 2489 - 2374 \cdot 0,1 \cdot 70}{0,015 \cdot 70 + 0,01 \cdot 70} = 1098,5 \text{ Н}$$

## 2.4 Проектування пристосування для контролю виробу

В процесі виготовлення деталей обертання, згідно з технологічним процесом, їх виготовлення пов'язане з певною кількістю операцій, які передбачають переустановку

оброблюваного матеріалу. В ході зміни позицій заготівки через похибки закріплення механізмів та інших факторів, виникають осьові биття оброблюваної деталі.

Торцеве биття – різниця найбільшої і найменшої відстаней від точок реального профілю торцевої поверхні до площини, перпендикулярної до базової осі.

Допуск торцевого биття – найбільше допустиме значення торцевого биття.

У якості пристрою для контролю (ДП.ПБ7101.1702.003 СК) було обрано пневматичне пристосування, у якому деталь базується по отвору у втулці (поз. 2) завдяки властивостям гідропластмаси (поз. 16).

Гідропластмаса представляє пружне тіло, що на вигляд нагадує дуже м'яку незавулканізовану гуму світло-коричневого кольору. В замкнуту порожнину пристосування поміщають пластичну масу і впливають на неї зовнішньою силою, після чого виникає гідростатичний тиск, який згідно з законом Паскаля діє на всю площу порожнини. Радіальна пружня деформація втулки забезпечує точне центрування і затиск контрольованої деталі.

#### **2.4.1 Контроль механічних напружень в деталі**

Залишкові механічні напруження в конструкціях і деталях виникають після механічних і термічних обробок, виготовлення виробів з використанням адитивних технологій [7,8,9]. Надмірні залишкові напруження викликають пошкодження, тому оперативний контроль їх є важливим завданням [11,13,14]. Найбільшого поширення для контролю деталей набули методи неруйнівного контролю такі, як ультразвукові [10,15], магнітні, оптичні, вихрострумові, радіаційні, теплові, електричні та інші.

Конструкція для контролю механічних напружень в деталях, зображена на рис. 2.3, заснована на магнітному методі контролю з використанням магніторезистивного датчику [16,17,18].

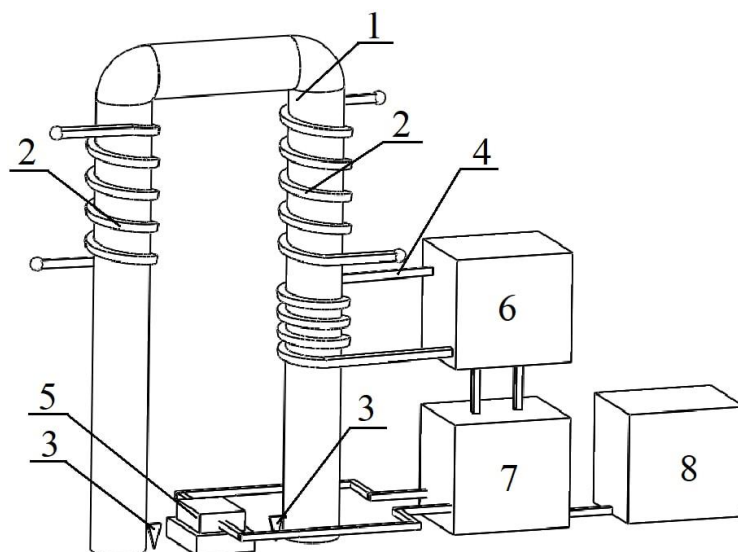


Рис. 2.3 Пристрій для контролю механічних напружень в деталі, де 1 – магнітопровід, 2 – намагнічувальна обмотка, 3 – електричні контакти, 4 – вимірювальна котушка, 5 – магніторезистивний датчик, 6 – детектор сигналу, 7 – аналогово-цифровий перетворювач, 8 – дисплей

В процесі вимірювання пристрій контролю встановлюють на поверхню феромагнітного виробу, що контролюється таким чином, щоб полюси П-подібного магнітопроводу 1, електричні контакти 3 і магніторезистивний датчик щільно прилягали до поверхні цього виробу. Далі пропускають постійний струм через намагнічуючі обмотки 2 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. 2.3 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 магніторезистивного датчику вимірюють складову напруженості магнітного поля на поверхні контрольованого виробу, що дорівнює складовій внутрішнього магнітного поля в виробі. Сигнали від детектору сигналу 6 і від магніторезистивного датчику надходять на пристрій 7 аналогово-цифровий перетворювач сигналу і індикатор 8. На дисплеї 8 відображається графік залежності сигналу вимірювальної обмотки 4 від внутрішнього магнітного поля в виробі, вимірюваного магніторезистивного датчику. Далі аналізують залежність сигналу, що отримали, з вимірювальної обмотки 4 від внутрішнього магнітного поля, що вимірюється магніторезистивним датчиком.

Використання запропонованої конструкції контролю дозволяє підвищити завадостійкість і чутливість вимірювань та розширити технічні можливості.

## ВИСНОВОК

Розвиток приладобудування йде по шляху прискорення оновлення продукції: три чверті виробів в загальному обсязі приладобудівного виробництва випускаються дрібними і середніми серіями, і частка такої продукції буде зростати. У зв'язку з цим головним напрямком розвитку приладобудування є інтенсивне технічне переозброєння на основі ресурсозберігаючих технологій та швидко переналагоджуваних виробництв. Воно повинно дозволити підприємствам за короткий час переходити на випуск нової або істотно модернізованої продукції. Це визначає роль, яку мають відігравати РТК і ГВС в комплексній автоматизації приладобудування.

Не можна стверджувати, що ГВС необхідні на всіх підприємствах. Але на більшості промислових підприємств з багатомономенклатурною і мінливою продукцією тільки таким шляхом можна досягти найбільшої ефективності і мобільності в умовах сучасних темпів науково-технічного прогресу. Застосування ГВС ефективно, коли у виробництві є значні переналагодження обладнання, що супроводжуються великими міжопераційними заділами. ГВС доцільні, якщо обсяг виробництва виробів недостатній для прийняття рішення «жорсткої» автоматизації з використанням автоматичних ліній і якщо за очікуваний термін життя виробу витрати на створення автоматичних ліній не можуть бути виправдані.

Слід пам'ятати, що створення ГАВ доцільно в основному на підприємствах середньосерійного, дрібносерійного і одиничного типів виробництва і вимагає попереднього економічного обґрунтування. Однак необхідність автоматизації визначається не тільки економічним аспектом, але також аспектом гуманізації праці, під яким розуміється поліпшення умов праці, виключення важких, монотонних і шкідливих для здоров'я операцій.

У даному дипломному проєкті було розраховано усі необхідні параметри для створення маршрутної та операційної технології виготовлення деталі «Фланець муфти».

На основі отриманої послідовності перетворення заготовки у готовий виріб, було створено гнучку виробничу ділянку цеху, у якій безпосередньо відбувається обробка та контроль деталі.

Також було спроектовано два пристосування, які використовувались у токарній та сверлильній операціях, та одне контрольне пристосування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства : методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» / В. И. Любимов, К. Е. Белявин. – Минск : БНТУ, 2012. – 200 с. : ил.
- [2]. Обоснование метода получения заготовок: Метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию / Сост. В.А. Дмитриев. – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 25с.: ил.
- [3]. П 23 Методы получения заготовок деталей машин: учебное пособие / В. Ф. Пегашкин, Е. В. Пегашкина; М-во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. – 81 с.
- [4]. Проектирование машиностроительного производства. Технологические решения : учебное пособие / Б.Н. Хватов, А.А. Родина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 144 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8256-1170-1.
- [5]. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х т. С74 Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1986. 656с., ил.
- [6]. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование : учеб. пособие / Б.Н. Хватов. – Тамбов : Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та, 2008. – 112 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0694-3.
- [7]. 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.
- [8]. G. S. Tymchik, O. O. Podolian, K. S. Serhiienko. Testing technology of the undercoupling space filling of coupling on the main pipeline // "Mechatronics" Vol. II, London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2020 – 7 pages

- [9]. 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.
- [10]. 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>
- [11]. 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.
- [12]. 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).
- [13]. 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).
- [14]. 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).
- [15]. 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).
- [16]. 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
- [17]. 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.– № у 2021022643, заявл.20.05.2021

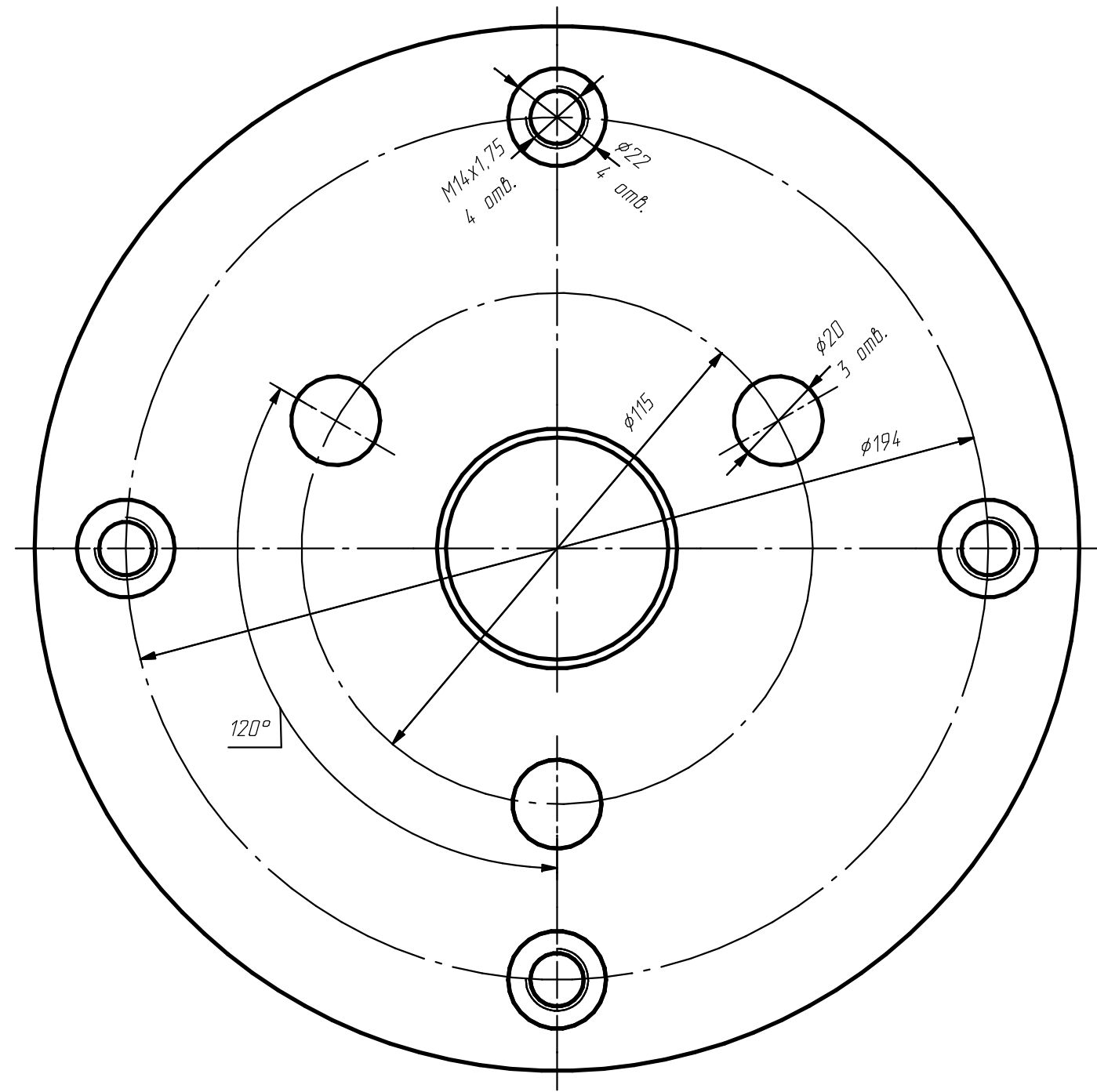
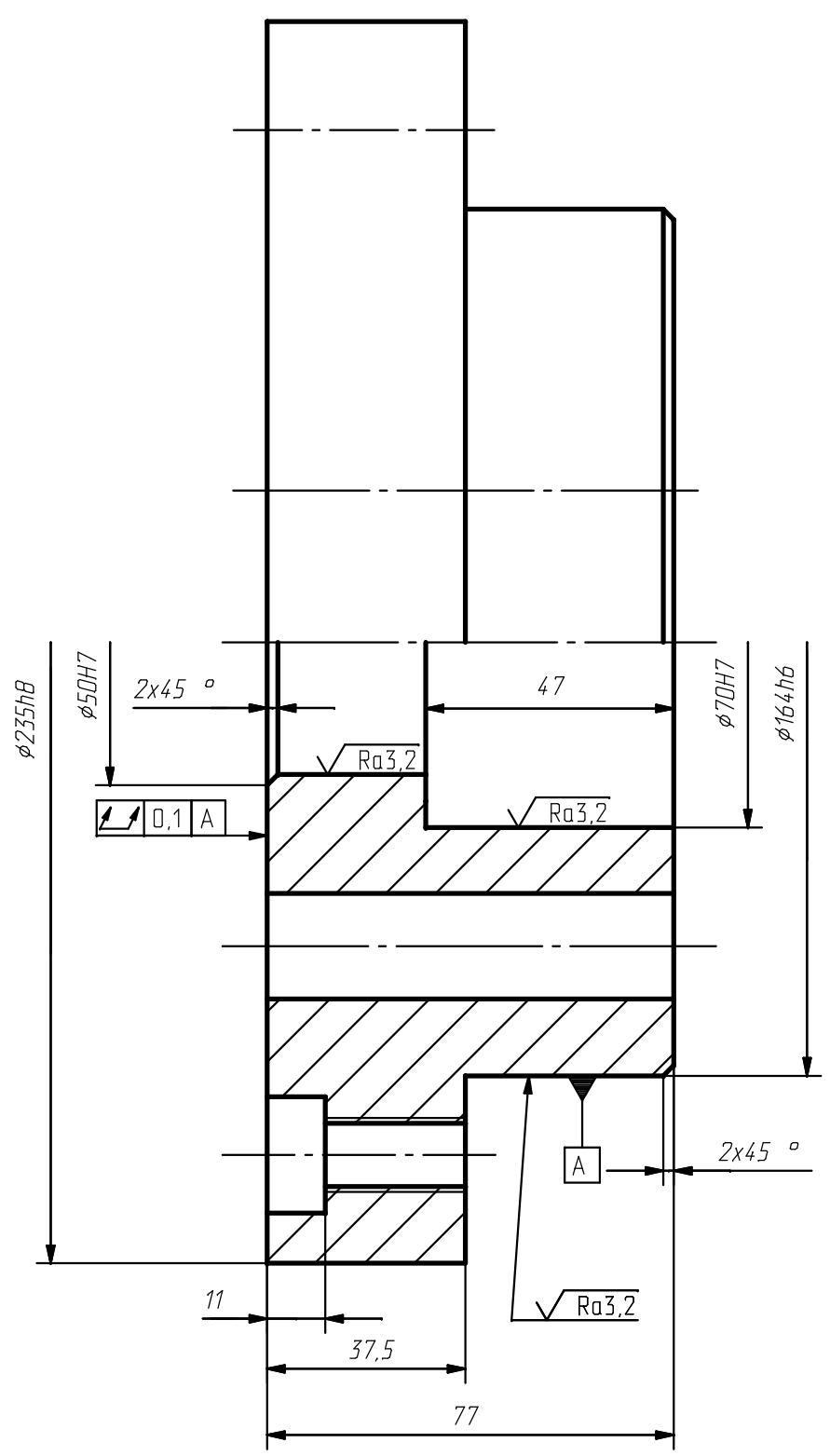
- [18]. Заявка на корисну модель України, МПК (2006) G01N 27/82, Пристрій для контролю механічних напружень в деформованих феромагнітних сталях/ Подолян О.О., Балякіна О.Л., Романенко К.А та ін.– заявл. № у 2021022641, заявл.20.05.2021
- [19]. Юрчишин І.І. Технологія машинобудування Посібник довідник 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.
- [20]. І.О. Гурко, М.Ф. Бренкдуля, С.М. Доценко Технологія обробки типових деталей (курсове проектування). Навчальний посібник . – Львів: «Новий світ–2000», 2006 – 576 с
- [21]. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с
- [22]. Марчук В.І. Технологія приладобудування: навчальний посібник / В.І. Марчук, В.Ю.Заблоцький. –Луцьк : РВВ ЛНТУ,2015. –216 с.
- [23]. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=55417](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55417)
- [24]. ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації «Терміни та визначення основних понять».
- [25]. ДСТУ 2413-94 «Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.»
- [26]. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.
- [27]. ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия.

- [28]. ГОСТ 3.1129-93 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.
- [29]. 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.
- [30]. Штефан Є.В, Литвиненко О.А. Технологічні основи машинобудування : Конспект лекцій для студ. за напрямами підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навч. – К.: НУХТ, 2013. – 176 с
- [31]. Аналіз технологічного процесу відновлення деталі на наявність ресурсі енерговитрат. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи студентам, які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування / Харків. нац. техн ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка; уклад. О.В. Тіхонов, І.М. Рибалко, О.Д.Мартиненко–Х.: ХНТУСГ, 2021. – 28 с.
- [32]. Орнис Н.М. Основы механической обработки металлов. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1968. – 230 с. – Для учащихся техникумов специальности «Оптико-механические приборы».
- [33]. 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

ДП.ПБ7101.1702.001

√ Ra6,3



1. Невказані граничні відхилення  $h10, H10 \pm \frac{IT10}{2}$

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

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Балякіна О.Л.			
Пров.	Подолян О.О.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ДП.ПБ7101.1702.001

Фланець муфти

Сталь 45Л  
ГОСТ 977-88

Лит.	Масса	Масшт.
		1:1
Лист	Листов	1
КПІ, 4 курс		

Тільки для некомерческого використання !

Тільки для некомерческого використання !

ДП.ПБ7101.1702.002

√ Ra25

Перв. примен.

Справ. №

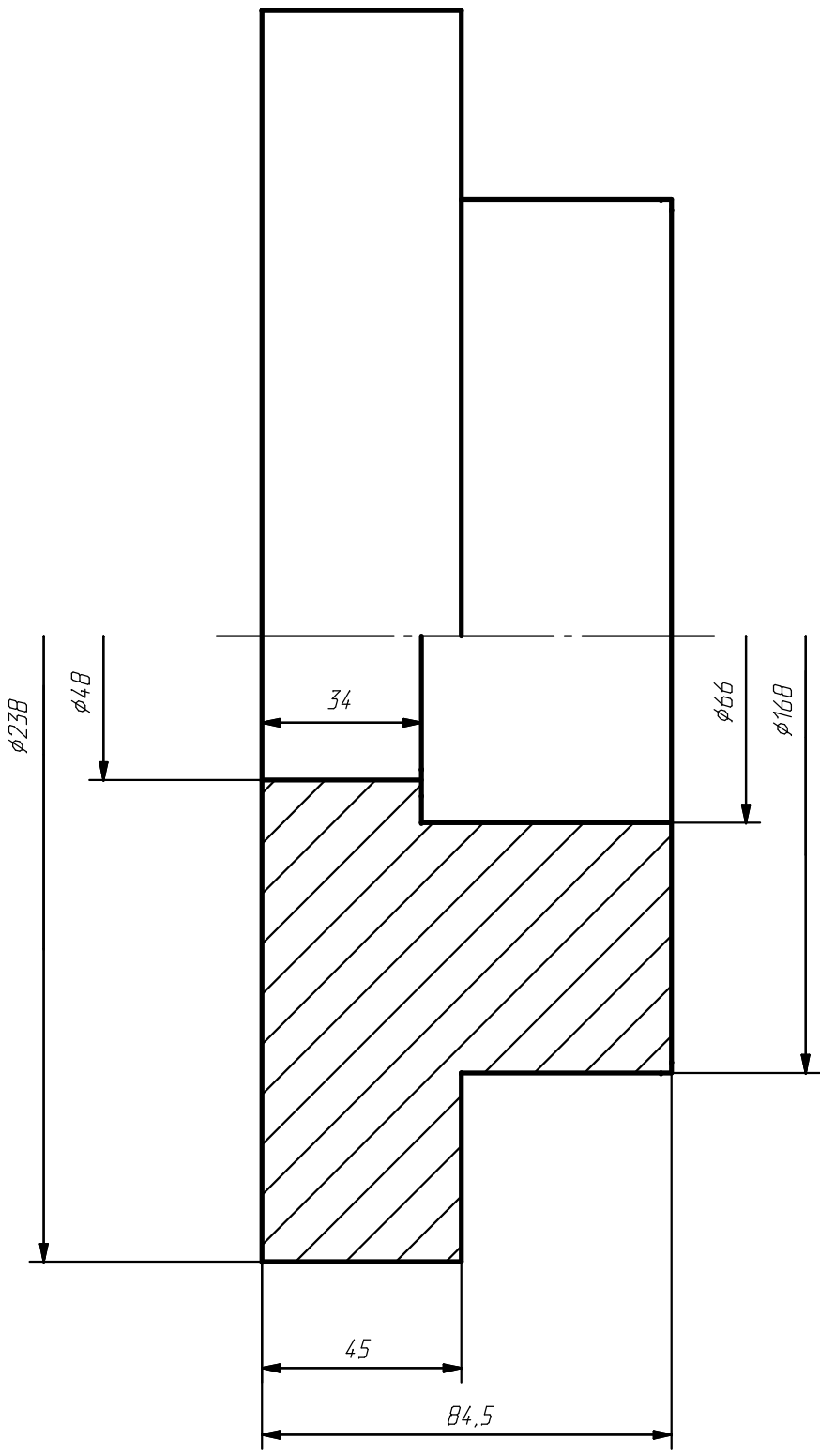
Подп. и дата

Инв.№дубл.

Взам.инв.№

Подп. и дата

Инв.№подл.



Тільки для некомерческого використання !

Тільки для некомерческого використання !

					<b>ДП.ПБ7101.1702.002</b>			
					<b>Заготівка</b>			
					Лист		Масса	Масшт.
								1:1
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Лист		Листов	1
Разраб.		Балаякіна О.Л.						
Пров.		Подольян О.О.						
Т.контр.								
Н.контр.								
Чтв.								
					Сталь 45Л ГОСТ 977-88			
					КПІ, 4 курс			

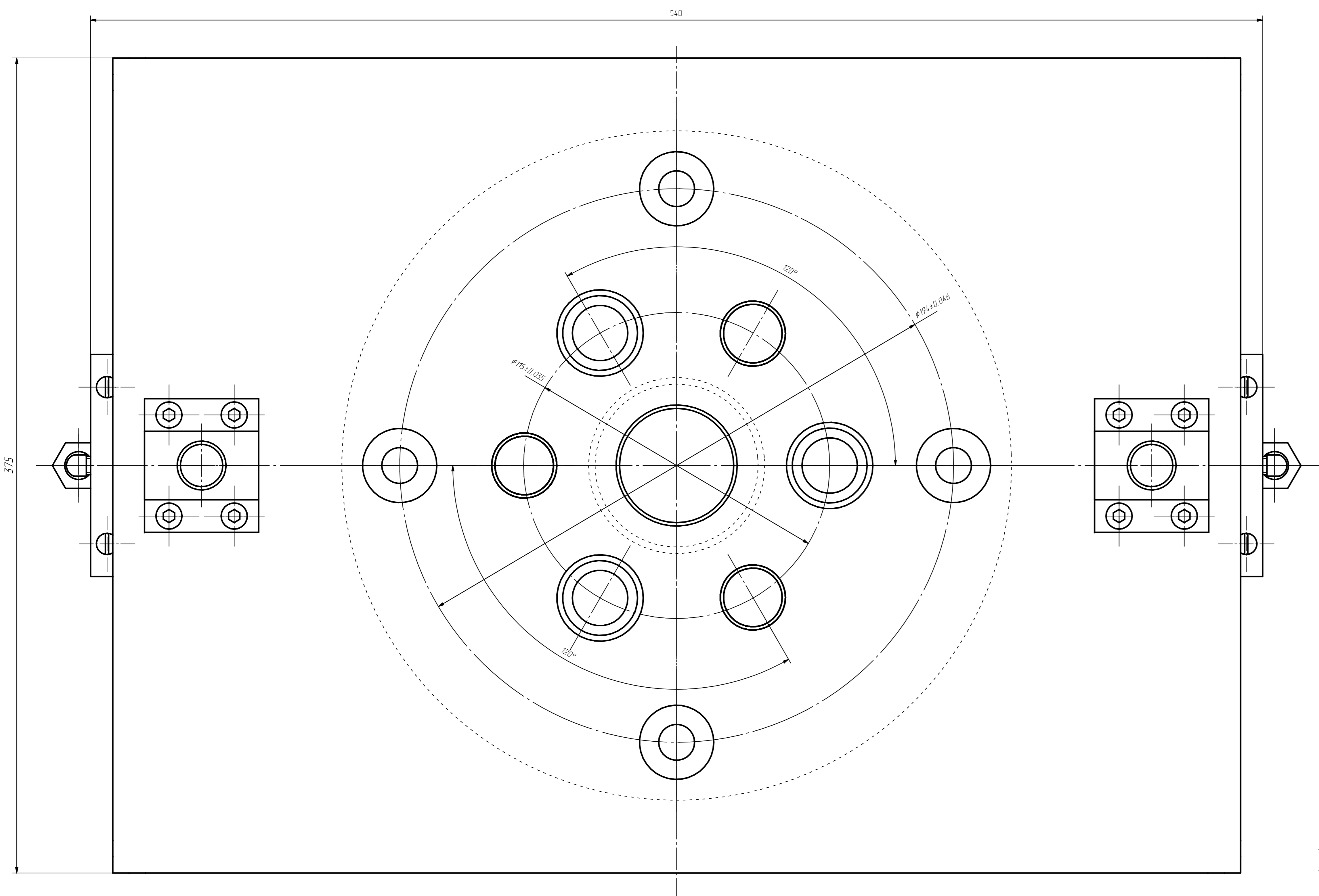
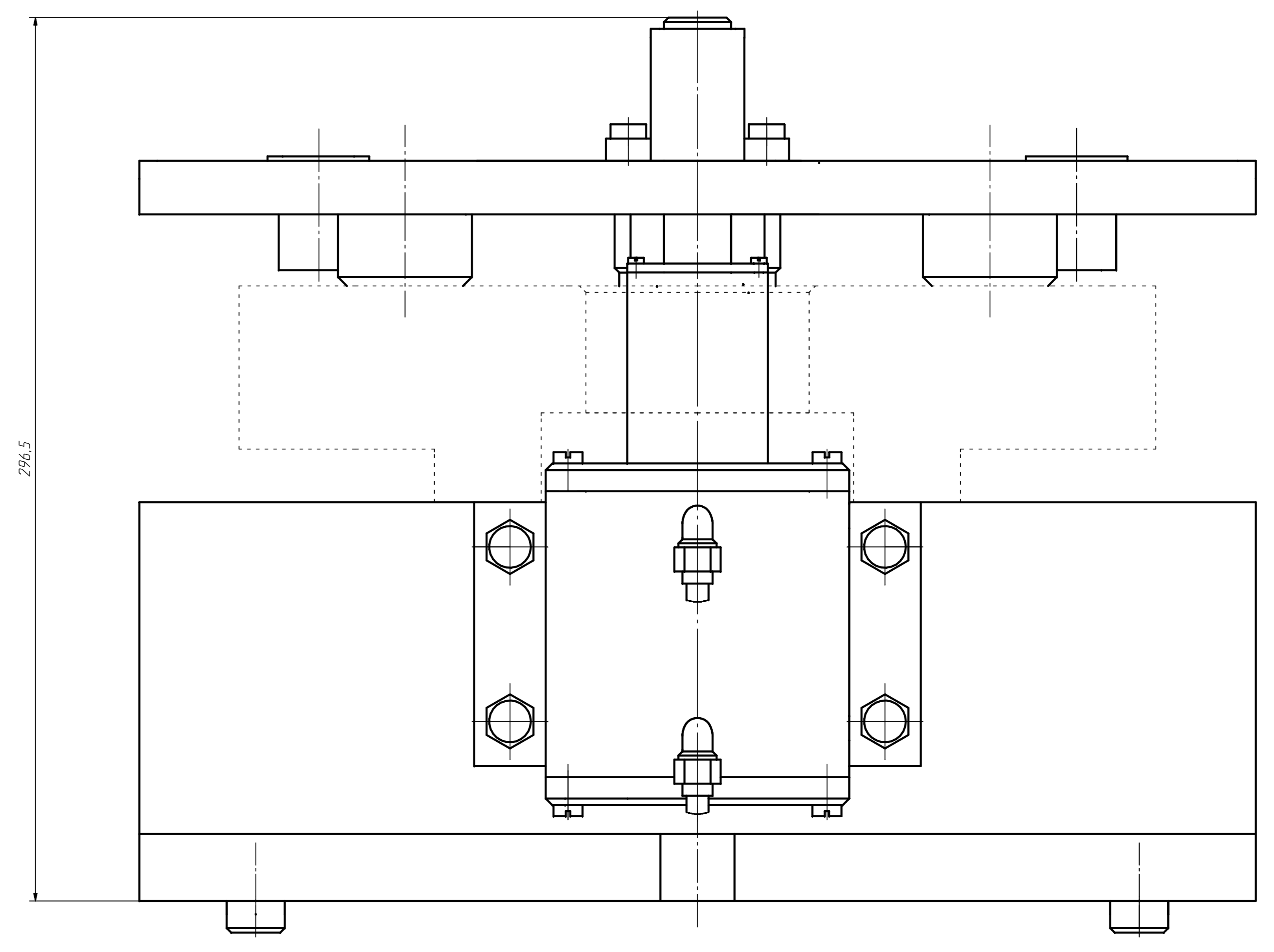
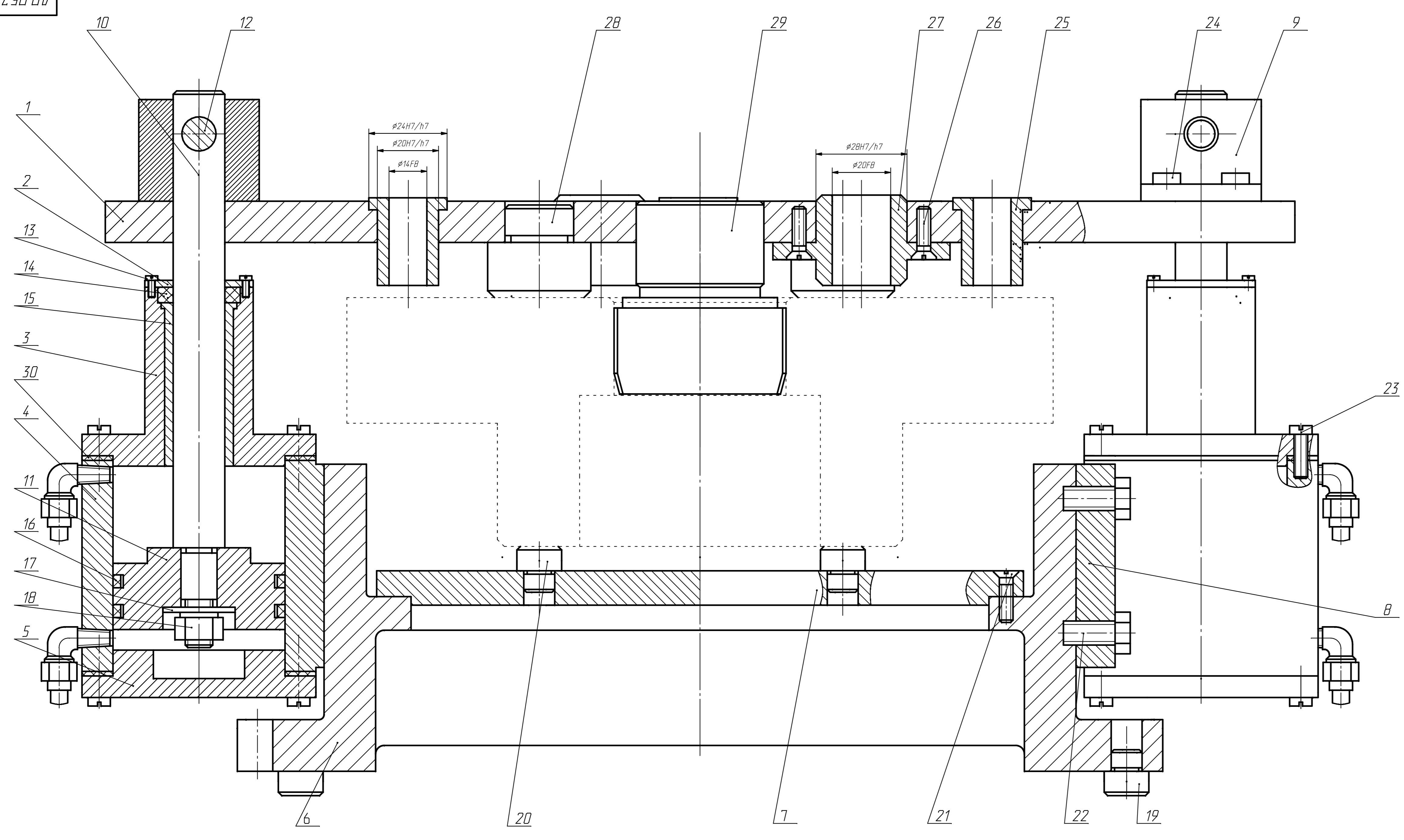


Перв. примен.		Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
						<u>Детали</u>		
Справ. N		A1			ДП.ПБ7101.1702.001 СК	Складальне креслення		
		A3	1		ДП.ПБ7101.1702.001.001	Фланець	1	
		A4	2		ДП.ПБ7101.1702.001.002	Поршень	1	
		A4	3		ДП.ПБ7101.1702.001.003	Пружина	1	
		A4	4		ДП.ПБ7101.1702.001.004	Кришка	1	
		A4	5		ДП.ПБ7101.1702.001.005	Ричаз	3	
		A4	6		ДП.ПБ7101.1702.001.006	Сухарь	3	
		A4	7		ДП.ПБ7101.1702.001.007	Кулачок	3	
		A3	8		ДП.ПБ7101.1702.001.008	Шток	1	
						<u>Стандартные изделия</u>		
				9		Гайка М10	1	
						ГОСТ 5915-70		
				10		Гвинт М8	2	
						ГОСТ 17475-80		
				11		Гвинт М12	2	
						ГОСТ 17475-80		
				12		Гвинт М18	9	
						ГОСТ 11738-84		
				13		Ущільнювач	2	
						ГОСТ 6467-79		
					ДП.ПБ7101.1702.003			
		Изм/Лист	N докум.	Подпись	Дата			
Инв. N подл.		Разраб.	Балякіна О.Л.			Литера	Лист	Листов
		Пров.	Подольян О.О.				1	2
		Н.контр.						
		Утв.						

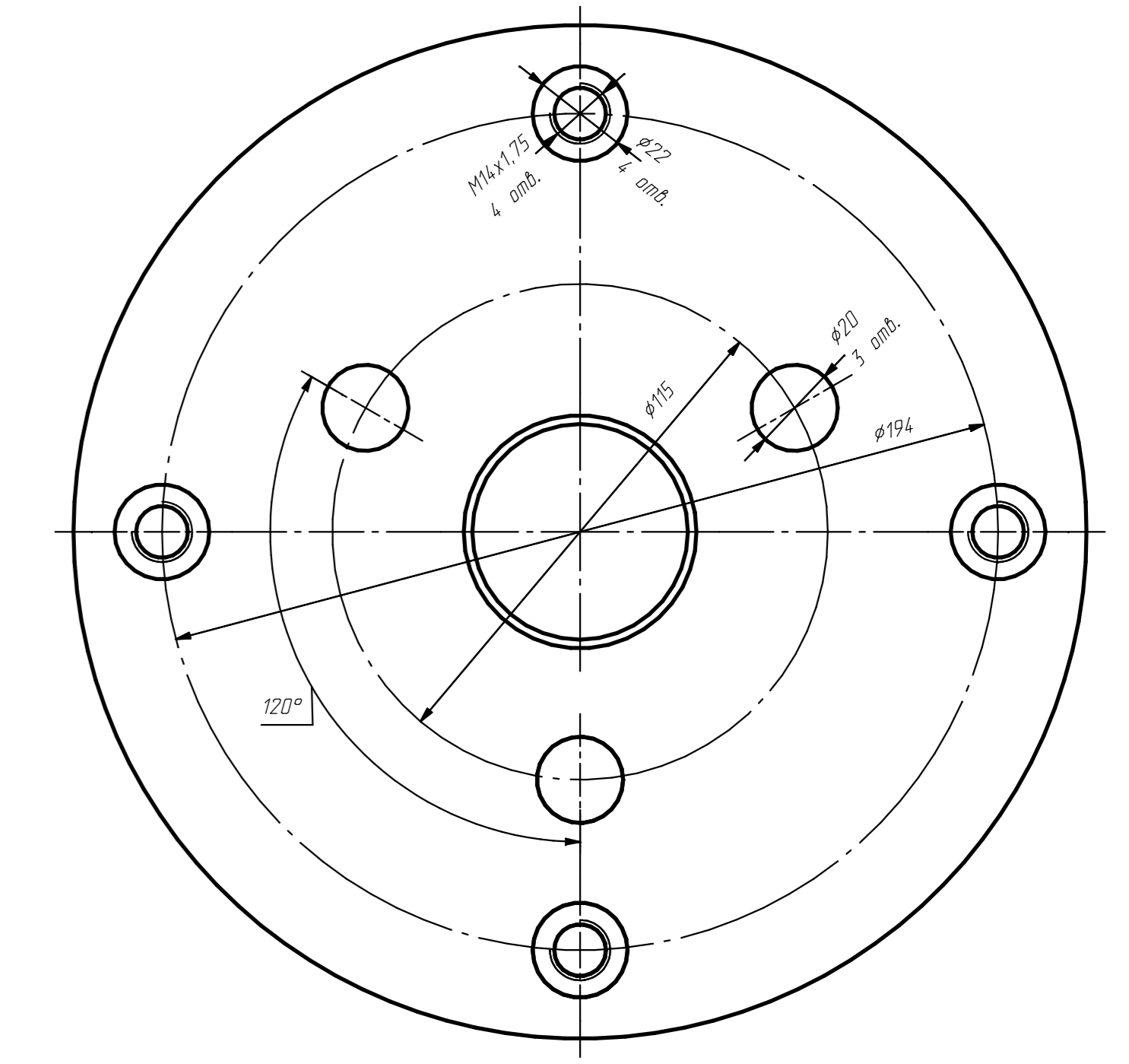
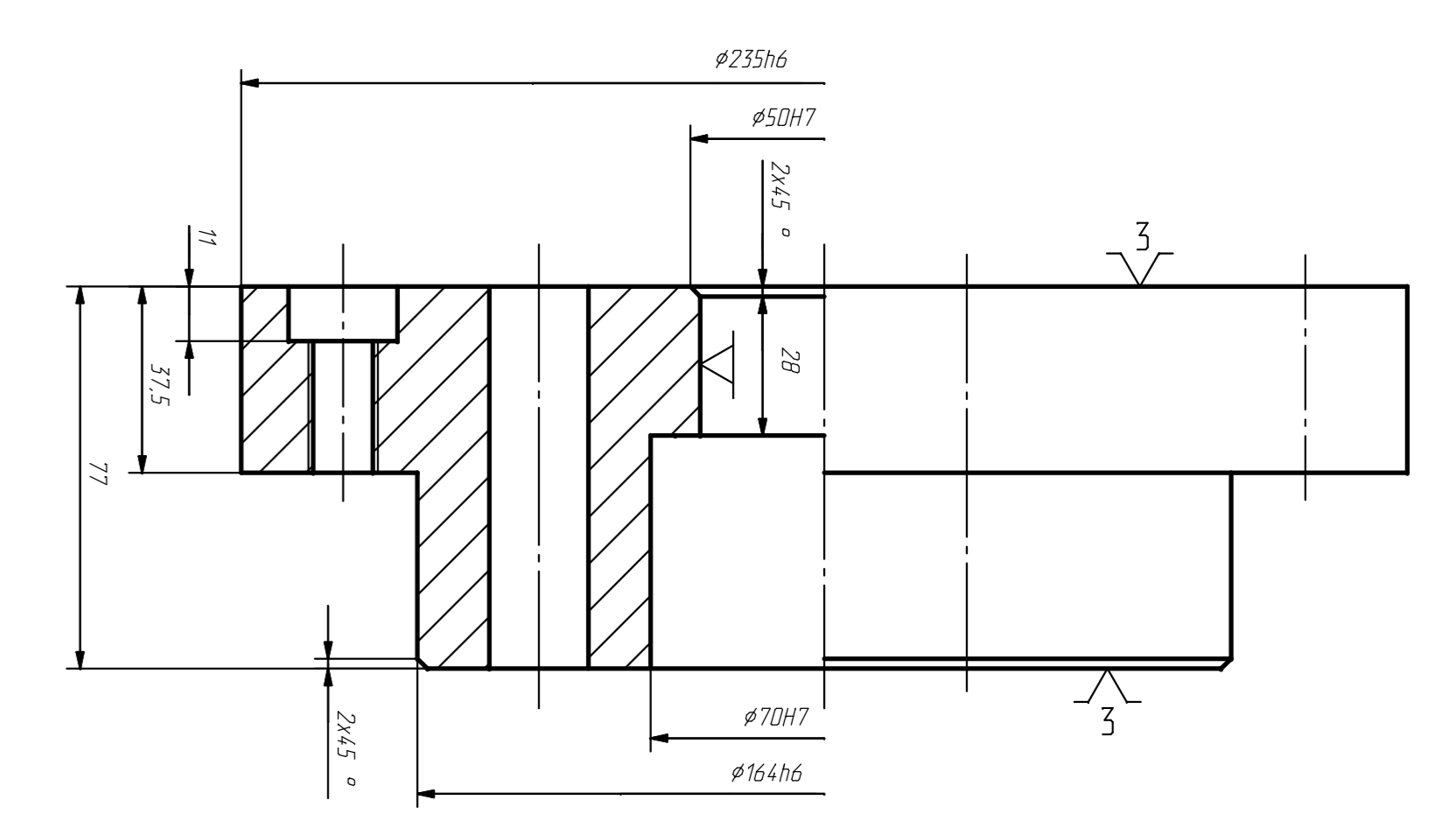
Только для некоммерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР систем АБЕМ.





Операційний ескіз



Технічні вимоги

1. Тиск в пневмосистемі 9,8 МПа.
2. Кондукторна плита повинна переміщуватися плавно.
3. При установці пристосування совмістити вісі установки деталей з вісями шпindelей.
4. Поверхні, що труться змастити смазкою УСсА ГОСТ 3333-80.

ДП.ПБ710.1.170.2.002 СК				Приспособлення для сверління			КПІ, 4 курс		
Ім'я	П.І.П.	П.І.П.	П.І.П.	Маса	Маса	Маса	Маса	Маса	
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Затверд.	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	
Проф.	Проф.	Проф.	Проф.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	
Технік.	Технік.	Технік.	Технік.	Копія	Копія	Копія	Копія	Копія	
Мастер.	Мастер.	Мастер.	Мастер.	Формат А4	Формат А4	Формат А4	Формат А4	Формат А4	
Слід.	Слід.	Слід.	Слід.	Копія	Копія	Копія	Копія	Копія	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				<u>Документація</u>		
A1			ДП.ПБ7101.1702.002 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
A4	1		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.001	Плита	1	
A3	2		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.002	Кришка	2	
A4	3		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.003	Кришка	2	
A4	4		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.004	Корпус	2	
A3	5		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.005	Кришка	2	
A4	6		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.006	Основа	1	
A3	7		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.007	Плита	1	
A4	8		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.008	Стінка	2	
A4	9		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.009	Лапка	2	
A4	10		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.010	Шток	2	
A4	11		ДП.ПБ7101.1702.002.1702.002.011	Поршень	2	
				<u>Стандартні деталі</u>		
		12		Штифт 16x30	2	
				ГОСТ 3128-70		
		13		Гвинт М6x8	4	
				ГОСТ 1491-80		
		14		Ущільнювач	2	
				ГОСТ 6678-72		
		15		Направна втулка 1032-1229	2	
				ГОСТ 15864-81		

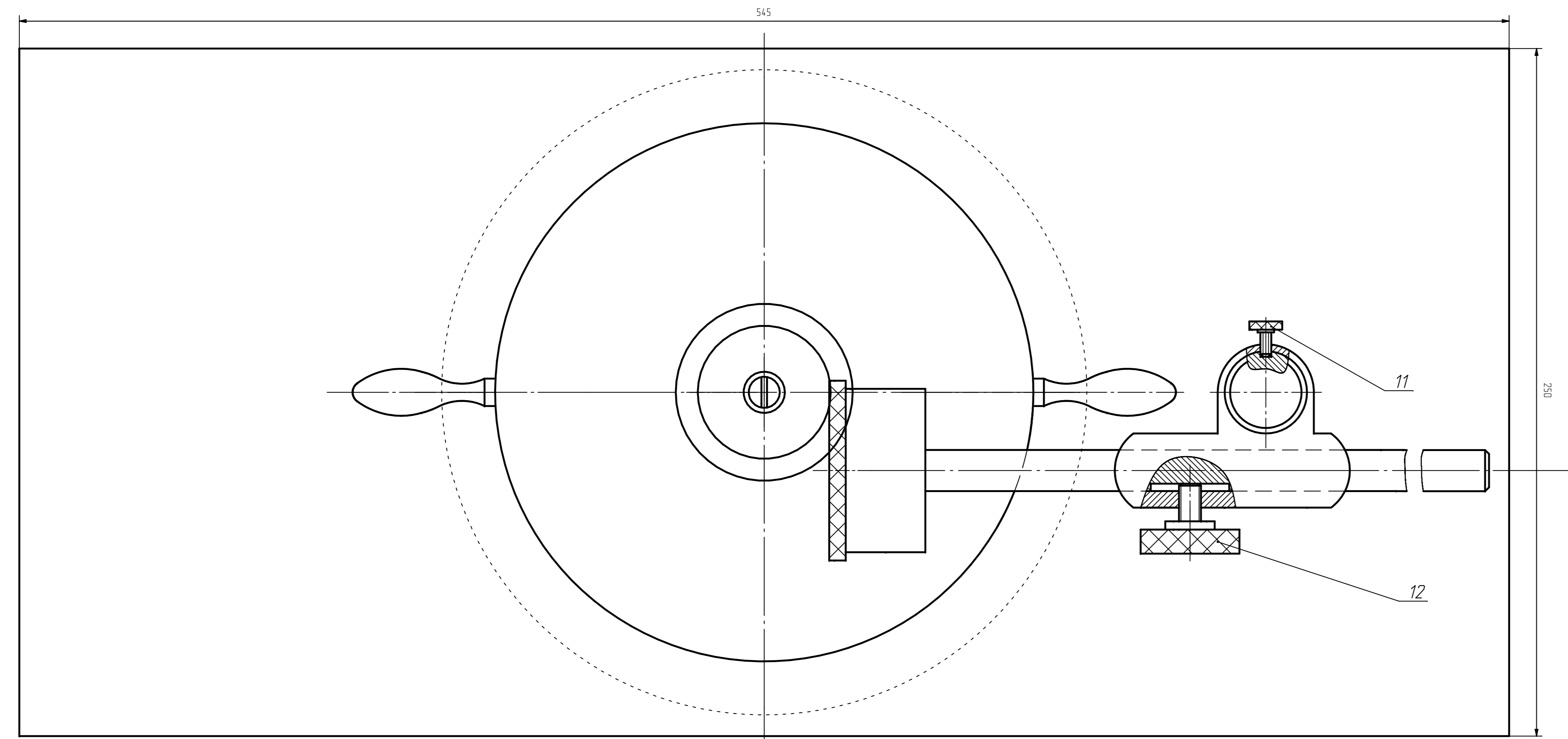
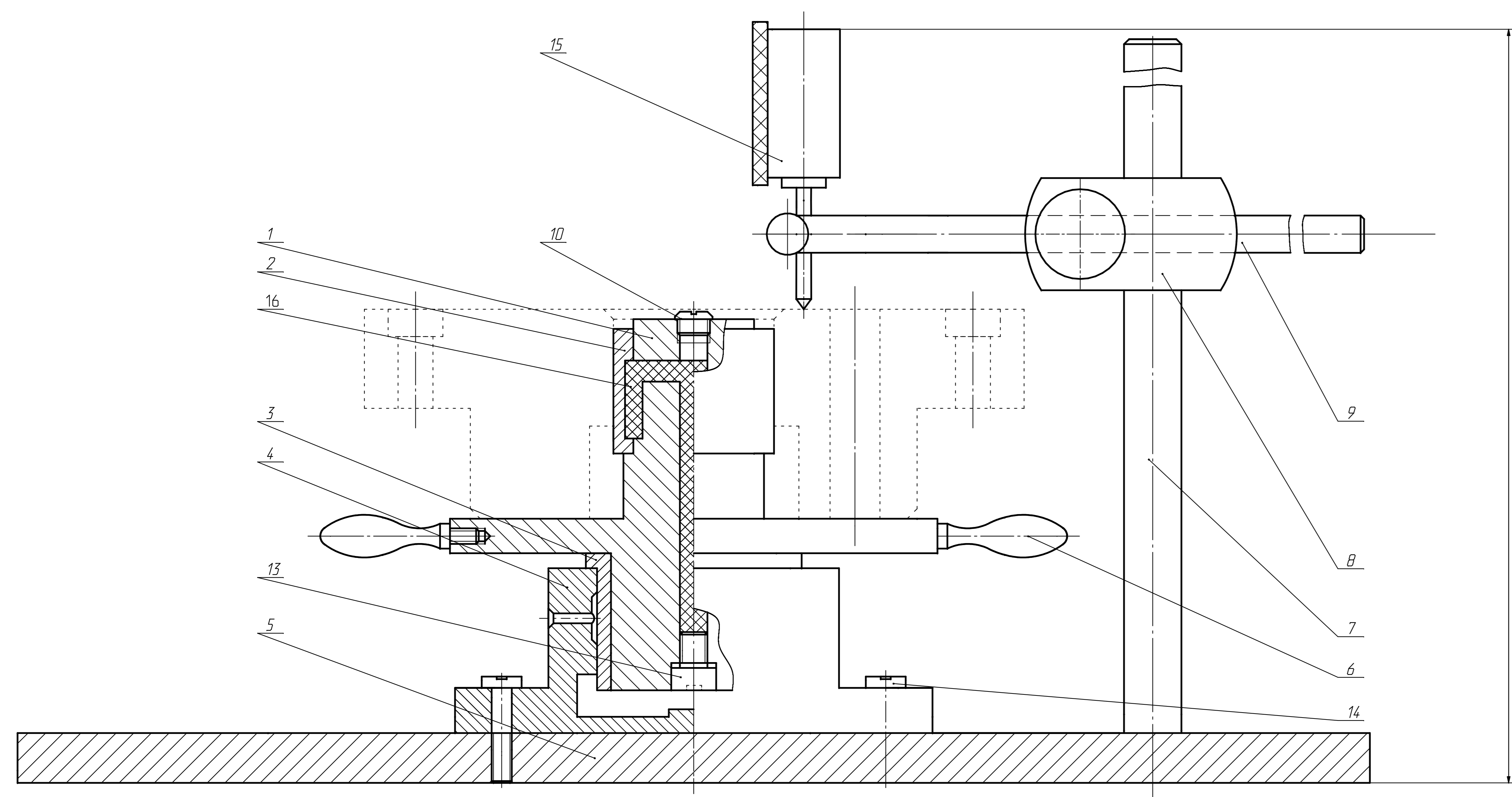
**ДП.ПБ7101.1702.004**

Ізм	Лист	№ докум	Підп.	Дата
Розраб.		Балякіна О.Л.		
Перев.		Подольян О.О.		
Н.контр.				
Утв.				

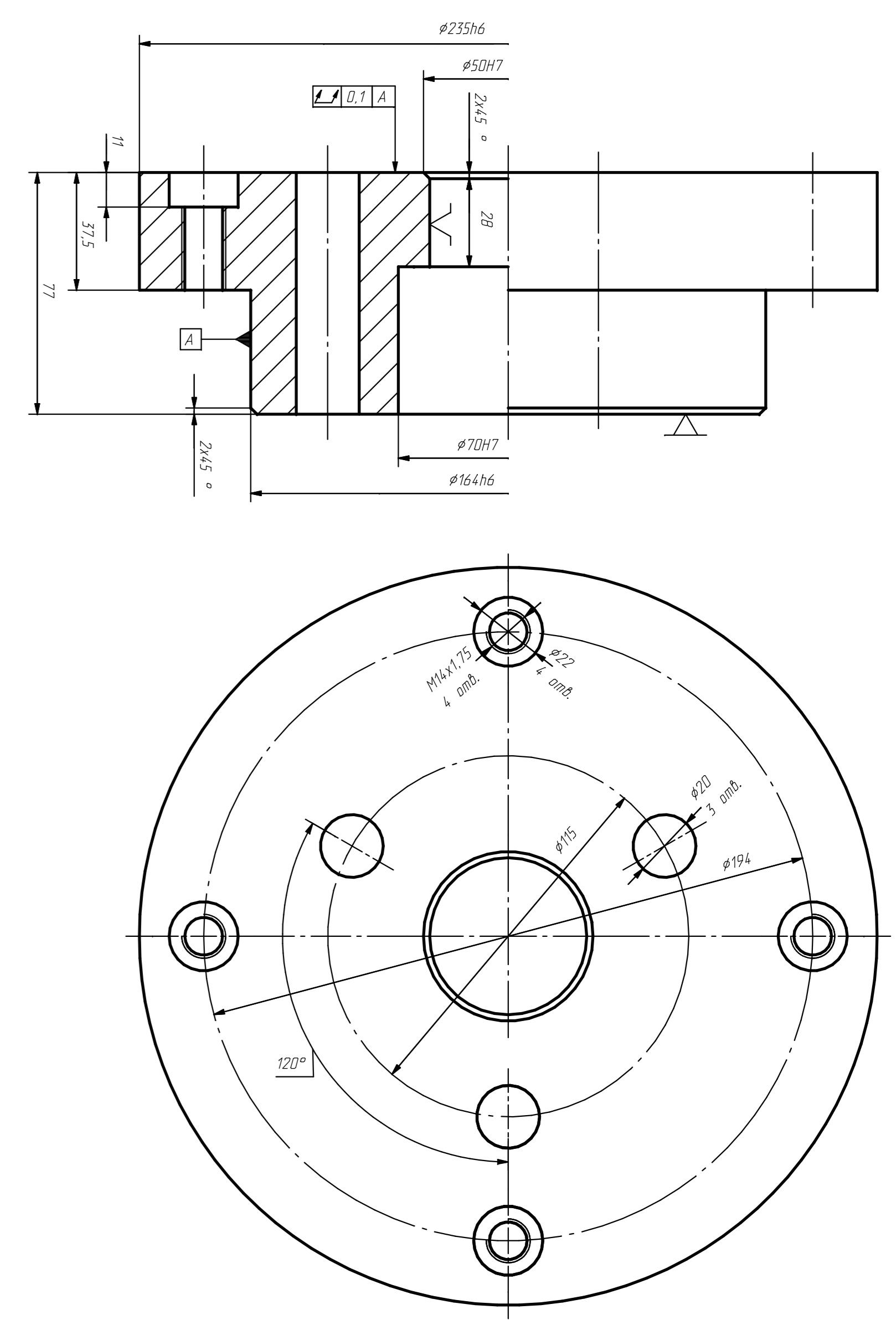
Лит.	Лист	Листів
	1	2

КПІ, 4 курс

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
		16		Ущільнювач	4	
				ГОСТ 6678-72		
		17		Шайба А.12	2	
				ГОСТ 11371-78		
		18		Гайка М12х1,75	3	
				ГОСТ 5915-70		
		19		Палець 7030-0907	4	
				ГОСТ 12209-66		
		20		Палець 7030-0908	3	
				ГОСТ 12209-66		
		21		Гвинт М6х20	4	
				ГОСТ 17475-80		
		22		Болт М16х22	8	
				ГОСТ 7798-70		
		23		Гвинт М8х25	8	
				ГОСТ 1491-80		
		24		Гвинт М8х25	8	
				ГОСТ 11738-84		
		25		Кондукторна втулка	4	
				ГОСТ 18430-73		
		26		Гвинт М6х20	6	
				ГОСТ 17475-80		
		27		Кондукторна втулка	3	
				ГОСТ 18430-73		
		28		Палець 7030-0912	3	
				ГОСТ 12209-66		
		29		Палець зрізаний	1	
				ГОСТ 12210-66		
		30		Ущільнювач	4	
				ГОСТ 6678-72		
Взм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	<b>ДП.ПБ7101.1702.004</b>	
						2



Операційний ескіз



Технічна характеристика  
 1. Гідропластичний тиск в порожнині пристосування  $P=118 \frac{кг \cdot с}{см^2}$

Технічні вимоги  
 1\*. Розміри для довідок  
 2. Положення стійки поз. 6 визначати по місцю розміщення деталі

ДП.ПБ710.1.170.2.003 СК				Лист	Масштаб	Масштаб
Контрольне пристосування				1:1		
Складальне креслення				Лист	Листов	1
КПІ, 4 курс						

Только для некоммерческого использования !

Инв.№	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
А1			ДП.ПБ7101.1702.003 СК	Складальне креслення		
<i>Детали</i>						
А3	1		ДП.ПБ7101.1702.003.001	Корпус	1	
А4	2		ДП.ПБ7101.1702.003.002	Втулка	1	
А4	3		ДП.ПБ7101.1702.003.003	Втулка	1	
А3	4		ДП.ПБ7101.1702.003.004	Корпус	1	
А3	5		ДП.ПБ7101.1702.003.005	Плита	1	
А4	6		ДП.ПБ7101.1702.003.006	Ручка	2	
А4	7		ДП.ПБ7101.1702.003.007	Стійка	1	
А4	8		ДП.ПБ7101.1702.003.008	Тримач	1	
А4	9		ДП.ПБ7101.1702.003.009	Скалка	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
	10			Гвинт М14	1	
				ГОСТ 17473-80		
	11			Гвинт М4	2	
				ГОСТ 21331-75		

ДП.ПБ7101.1702.005

Изм/Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Балякіна О.Л.			Литера	Лист	Листов
Проб.	Подольян О.О.				1	2
Н.контр.				КПІ, 4 курс		
Утв.						

Только для некоммерческого использования !

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание	
Справ. N	Перв. примен.						12		Гвинт М10	1		
									ГОСТ 21331-75			
								13		Гвинт М12	1	
										ГОСТ 11738-84		
								14		Гвинт М8 ГОСТ 1491-80	4	
										<i>Прочие изделия</i>		
								15		Индикатор ГОСТ 577-68	1	
										<i>Материалы</i>		
								16		Гидропластмаса	1	

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	ДП.ПБ7101.1702.005				Лист
Изм	Лист	N докум.	Подп.	Дата					2

Документ разработан с использованием САП/САМ/САВР систем АРМ





Дубл.			
Взам.			
Подл.			


16 1

КПІ	Фланець муфти		АД.02041.47923
			0

Главный технолог  
 \_\_\_\_\_ Балякіна О.Л.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
 механической обработки

Проверил  
 \_\_\_\_\_ Подолян О.О.

Акт N . . . . . от . . . . .

Руководство № . . . . .

Только для некоммерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Дцбл.																			
Взам.																			
Подл.																			

АД.02041.47923

2

1

Разраб.	Балякіна О.Л.																		
Проверил	Подолян О.О.																		
Утвердил																			
Т.контр.																			
Н.контр.																			

КПІ

Фланець муфти

АД.50041.47923

0

М01																						
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ									
	166		1									1										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа													
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.							
Р					ПМ	В или В	L	f	i	S	n	v										
А 03	005 1066 ЗАЛИВКА ФОРМЫ СВОБОДНАЯ				АД.60041.47923																	
04	В КОКИЛЬ																					
Б 05																1						20.4
06																						
07																						
А 08	010 4110 ТОКАРНАЯ				АД.60041.47924																	
Б 09	16К20Ф3 1				19149 2-6											1						4.002
10																						
11																						
А 12	015 4110 ТОКАРНАЯ				АД.60041.47925																	
Б 13	16К20Ф3 1				19149 2-6											1						4.879
14																						
15																						

МК

Карта технологического процесса

Техпроцесс.adm

2

Только для некоммерческого использования !

Только для некоммерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Дцбл.														
Взам.														
Подл.														

АД.02041.47923

2

Фланець муфти

АД.50041.47923

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.
Б	Код, наименование оборудования					ПИ	Д или В	L	†	i	S	п	v	
А 01					020 4210 СВЕРЛИЛЬНАЯ									АД.60041.47926
Б 02					2Р135Ф2		18355	2-5				1		8.125
03														
04														
А 05					025 0391 КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО									АД.60003.47927
06					СОСТОЯНИЯ									
Б 07					Стол контроля							1		0.132
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


АД.02041.47923 1

Разраб.	Балякіна О.Л.	КПІ	Фланець муфти	АД.60041.47923	005
Проверил	Подолян О.О.				
Утвердил					
Т.контр.					
Н.контр.					

Наименование операции	Материал	Твердость	EB	MD	Профиль и размеры	M3	КОИД
ЗАЛИВКА ФОРМЫ СВОБОДНАЯ В КОКИЛЬ		200	166				1
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	Tb	Tпз.	Tшт.	СОЖ	
		20	5.82		20.4		

P		ПИ	D или B	L	f	i	S	n	v
0 01	1. Заполнити форму							20	5.82
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									

Только для некоммерческого использования!

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


АД.02041.47923	3	1
----------------	---	---

Разраб.	Балякіна О.Л.			КПІ	Фланець муфти	АД.60041.47924	010
Проверил	Подолян О.О.						
Утвердил							
Т.контр.							
Н.контр.							

Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
ТОКАРНАЯ			200	166						1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
16К20Ф3			1.53	2.21		4.002				

Р		ПИ	Д или В	L	f	i	S	n	v
0 01	1. Встановити заготовку в патрон по отвору діаметром 168,8 мм і закріпити							0.55	
Т 02	ПР. 7100-0069 Патрон ГОСТ 2675-80								
03									
0 04	2. Точити начорно поверхню діаметром 236,75 мм							0.02	1.53
Т 05	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								
Р 06			235	37.5	0,75	1	0,3	91	67
07									
0 08	3. Точити начисто поверхню діаметром 235,25 мм							0.02	1.59
Т 09	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								
Р 10			235	37.5	0,125	1	0,195	136	101
11									
0 12	4. Підрізати начорно торець діаметром 235 мм							0.02	1.7
Т 13	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								

ОК	Операционная карта	Техпроцесс.adm	5
----	--------------------	----------------	---

Только для неkomмерческого использования!

Только для неkomмерческого использования!

Документ разработан с использованием САП/САМ/ГАРР системы АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

2

Фланець муфти

АД.60041.47924

010

Р		PI	D или B	L	t	i	S	n	v
Р 01			235	92.5	1,15	1	0,3	91	67
02									
О 03	5. Підрізати начисто торець діаметром 235 мм							0.02	1.67
Т 04	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								
Р 05			235	92.5	0,75	1	0,25	90	67
06									
О 07	6. Точити начорно внутр. отв. діаметром 51,78 мм							0.02	0.27
Т 08	РИ. 2140-0005 Резец Т15К6								
Р 09			50	30	0,7	1	0,3	270	43
10									
О 11	7. Точити начисто внутр. отв. діаметром 50,38 мм							0.02	0.43
Т 12	РИ. 2140-0005 Резец Т15К6								
Р 13			50	30	0,15	1	0,1	270	43
14									
О 15	8. Точити тонко внутр. отв. діаметром 50,08 мм							0.02	0.41
Т 16	РИ. 2140-0005 Резец Т30К4								
Р 17			50	30	0,04	1	0,08	900	142
18									

ОК

Операционная карта

Техпроцесс.adm

6

Тільки для некомерческого використання !

Тільки для некомерческого використання !

Документ розроблений і використаний САП/САМ/САРР системою АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

3

Фланець муфти

АД.60041.47924

010

Р		ПМ	В или В	L	t	i	S	n	v	
0 01	9. Точити фаску по отвору діаметром 50 мм, витримуючи розміри 2x45								0.04	0.6
T 02	РИ. 2102-0021 Резец Т15К6 ГОСТ 18877-73									
P 03			235	2	2	1	0,3	90	67	
04										
0 05	10. Зняти деталь								0.064	
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

Только для неkomмерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР систем АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


АД.02041.47923	4	1
----------------	---	---

Разраб.	Балякіна О.Л.			КПІ	Фланець муфти	АД.60041.47925	015
Проверил	Подольян О.О.						
Утвердил							
Т.контр.							
Н.контр.							

Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
ТОКАРНАЯ			200	166						1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
16К20Ф3			4	0.56		4.879				

Р	ПИ	Д или В	L	f	i	S	n	v
0 01	1. Встановити заготовку в патрон по отвору діаметром 235 мм і закріпити						0.08	
Т 02	ПР. 7100-0069 Патрон ГОСТ 2675-80							
03								
0 04	2. Точити начорно поверхню діаметром 168,8 мм						0.04	1.46
Т 05	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73							
Р 06		164	37.5	1.35	1	0.35	272	140
07								
0 08	3. Точити начисто поверхню діаметром 166,1 мм						0.04	1.3
Т 09	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73							
Р 10		164	37.5	0.85	1	0.25	90	47
11								
0 12	4. Точити тонко поверхню діаметром 164,4 мм						0.04	1.24
Т 13	РИ. 2101-0002 Резец Т30К4 ГОСТ 18879-73							

ОК	Операционная карта	Техпроцесс.adm	8
----	--------------------	----------------	---

Только для неkomмерческого использования!

Только для неkomмерческого использования!

Документ разработан с использованием САП/САМ/ГАРР системы АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

2

Фланець муфти

АД.60041.47925

015

Р		ПИ	Ø или В	L	t	i	S	п	v
Р 01			164	37.5	0,2	1	0,1	90	47
02									
0 03	5. Підрізати начорно торець діаметром 235 мм							0.04	1.32
Т 04	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								
Р 05			235	35.5	1,15	1	0,3	90	67
06									
0 07	6. Підрізати начисто торець діаметром 235 мм							0.04	1.115
Т 08	РИ. 2101-0002 Резец Т15К6 ГОСТ 18879-73								
Р 09			235	35.5	0,65	1	0,25	90	67
10									
0 11	7. Підрізати тонко торець діаметром 235 мм							0.04	1.15
Т 12	РИ. 2101-0002 Резец Т30К4 ГОСТ 18879-73								
Р 13			235	35.5	0,15	1	0,15	90	67
14									
0 15	8. Точити начорно внутр. отв. діаметром 65,7 мм							0.04	1.38
Т 16	РИ. 2140-0005 Резец Т15К6								
Р 17			70	47	1,25	1	0,34	273	60
18									

ОК

Операционная карта

Техпроцесс.adm

9

Тільки для некомерческого використання !

Тільки для некомерческого використання !

Документ розробтан с использованием САП/САМ/САРР системи АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

3

Фланець муфти

АД.60041.47925

015

Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	п	v
0 01	9. Точити начисто внутр. отв. діаметром 68,2 мм							0.04	1.56
T 02	РИ. 2140-0005 Резец T15K6								
P 03			70	47	0,75	1	0,3	273	60
04									
0 05	10. Точити тонко внутр. отв. діаметром 69,7 мм							0.04	1.56
T 06	РИ. 2140-0005 Резец T30K4								
P 07			70	47	0,15	1	0,3	273	60
08									
0 09	11. Підрізати начорно торець діаметром 164 мм							0.04	1.56
T 10	РИ. 2101-0002 Резец T15K6 ГОСТ 18879-73								
P 11			164	47	1,15	1	0,3	90	47
12									
0 13	12. Підрізати начисто торець діаметром 164 мм							0.04	1.88
T 14	РИ. 2101-0002 Резец T15K6 ГОСТ 18879-73								
P 15			164	47	0,65	1	0,25	90	47
16									
0 17	13. Підрізати тонко торець діаметром 164 мм							0.04	1.78
T 18	РИ. 2101-0002 Резец T30K4 ГОСТ 18879-73								

OK

Операционная карта

Техпроцесс.adm

10

Тільки для некомерческого використання !

Тільки для некомерческого використання !

Документ розроблений і використаний САД/САМ/САРР системою АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

4

Фланець муфти

АД.60041.47925

015

Р		ПИ	Ø или В	L	t	i	S	п	v	
Р 01			164	47	0,15	1	0,2	92	47	
02										
О 03	14. Точити фаску на торці діаметром 164 мм, витримуючи розміри 2x45							0.04	0.6	
Т 04	РИ. 2102-0021 Резец Т15К6 ГОСТ 18877-73									
Р 05			164	2	2	1	0,3	90	47	
06										
О 07	15. Зняти деталь							0.064		
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


АД.02041.47923	3	1
----------------	---	---

Разраб.	Балякіна О.Л.			КПІ	Фланець муфти	АД.60041.47926	020
Проверил	Подолян О.О.						
Утвердил							
Т.контр.							
Н.контр.							

Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
СВЕРЛИЛЬНАЯ			200	166					1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ		
2P135Ф2			7.165	0.428		8.125			

Р		ПИ	Д или В	L	f	i	S	n	v
0 01	1. Встановити деталь в кондуктор та закріпити							0.16	
Т 02	ПР. Кондуктор								
03									
0 04	2. Центрувати 7 отворів діаметром 4 мм							0.02	1.25
Т 05	ПИ. 2317-0007 Сверло центровочное $\phi$ 4 T15K6 ГОСТ 14952-75								
Р 06			4	5	2	1	0,4	1592	20
07									
0 08	3. Сверлить 3 отвори діаметром 18 мм							0.02	0.515
Т 09	ПИ. 2300-0515 Сверло $\phi$ 18 T15K6 ГОСТ 10902-77								
Р 10			20	11	9	7	3	319	20
11									
0 12	4. Зенкерувати 3 отвори діаметром 20 мм							0.02	0.57
Т 13	ПИ. 2320-2581 Зенкер $\phi$ 20 T30K4 ГОСТ 12489-71								

ОК	Операционная карта	Техпроцесс.adm	12
----	--------------------	----------------	----

Только для неkomмерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



АД.02041.47923

2

Фланець муфти

АД.60041.47926

020

Р		ПМ	В или В	L	t	i	S	n	v
Р 01			20	77	10	1	4	271	17
02									
О 03	5. Сверлити 4 отвори діаметром 10 мм							0.02	0.65
Т 04	РИ. 2300-8818 Сверло $\phi 13$ Т15К6 ГОСТ 22735-77								
Р 05			10	12.5	5	3	3	669	21
06									
О 07	6. Зенкерувати 4 отвори діаметром 12 мм							0.02	0.63
Т 08	РИ. 2320-2565 Зенкер $\phi 14$ Т30К4 ГОСТ 12489-71								
Р 09			12	12.5	6	3	0,3	1247	47
10									
О 11	7. Зенкувати 4 отвори діаметром 22 мм на глибину 11 мм							0.02	0.75
Т 12	РИ. 2320-2721 Зенковка $\phi 22$ Т15К6 ГОСТ 12489-71								
Р 13			22	11	11	1	0,4	507	35
14									
О 15	8. Нарізати різьбу по отвору діаметром 14 мм							0.02	2.8
Т 16	РИ. 2629-0086 М14 Метчик ГОСТ 17927-72								
Р 17			14	26.5	7	1	0,35	91	4
18									

Дубл.			
Взам.			
Подл.			



										АД.02041.47923		3	
										Фланець муфти		АД.60041.47926	020

Р	П	И	В	Л	т	і	S	п	v
0 01	9. Зняти деталь							0.128	
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Только для некоммерческого использования!

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

Только для некоммерческого использования!

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


АД.02041.47923	1	
----------------	---	--

Разраб.	Балякіна О.Л.			КПІ	Фланець муфти	АД.60003.47927	025
Проверил	Подолян О.О.						
Утвердил							
Т.контр.							
Н.контр.							

Наименование операции			Наименование, марка материала			МД
КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ						
Наименование оборудования		То	Тв	Обозначение ИОТ		
Стол контроля		0.23	0.12			
Р	Контр. параметры	Код средств ТО		Наименование средств ТО	Объем и ПК То/Тв	
0 01	1. Встановити по отв. діаметром 50 мм					
02						
Р 03	2. Контроль торцевого бита	1ИГ		Индикатор ГОСТ 18883-73	100% 0.23/0.05	
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						

ОК	Технический контроль	Техпроцесс.adm	15
----	----------------------	----------------	----

Только для не коммерческого использования !

Только для не коммерческого использования !

Документ разработан с использованием САП/САМ/САРР системы АДЕМ.

**СПИСОК**  
**наукових праць Балякіної Олександри Львівни**

Назва (мовою оригіналу)	Характер праці	Вихідні дані	Обсяг, с.	Співавтори
1	2	3	4	5
<b>1. Наукові праці, опубліковані до захисту кандидатської дисертації</b>				
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.: ПФФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 136-139.	4	–
2. Пристрій для контролю механічних напружень 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 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 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



Олександра БАЛЯКІНА

Науковий керівник

Олександр ПОДОЛЯН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан приладобудівного факультету

Г.С. Тимчик

« 14 » 06 2021 р.

**АКТ**

**про впровадження результатів виконання дипломного проєкту в освітній процес кафедри виробництва приладів**

**бакалавранта Балякіної Олександри Львівни**

**на тему:**

**«Гнучка виробнича система для виготовлення фланця муфти»**

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 Антонюк В.С.

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

Цим актом засвідчує те, що результати виконання дипломного проєкту Балякіної Олександри Львівни на тему: «Гнучка виробнича система для виготовлення фланця муфти» - а саме, отримані результати у ході виконання даного проєкту, 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. Антонюк

 О.О. Подольні

« 14 » 06 2021р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ НА ТЕМУ:

**«Гнучка виробнича  
система для виготовлення  
фланця муфти»**

**ВИКОНАЛА:**

**Балякіна О.Л.**

Студентка групи ПБ-71

**ДИПЛОМНИЙ КЕРІВНИК:**

**Подолян О.О.**

Доцент, к.т.н., доцент



## Мета роботи

Метою даного дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі фланець муфти та створення ГВС.

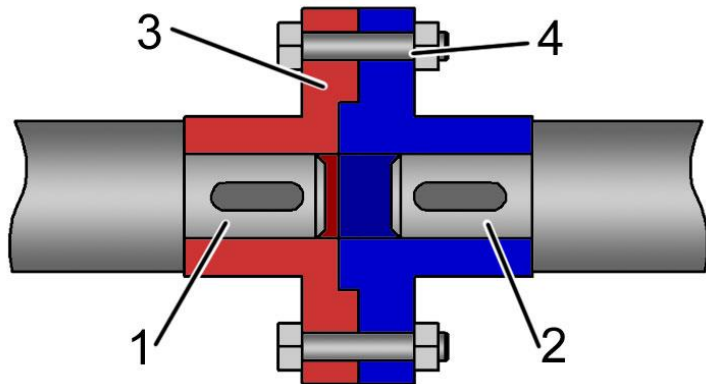
Для цього було поставлено ряд задач:

- визначення методу отримання заготовки
- визначення типу виробництва
- визначення технології механічної обробки деталі
- розрахунок та проектування ГВС



## Експлуатаційне призначення деталі

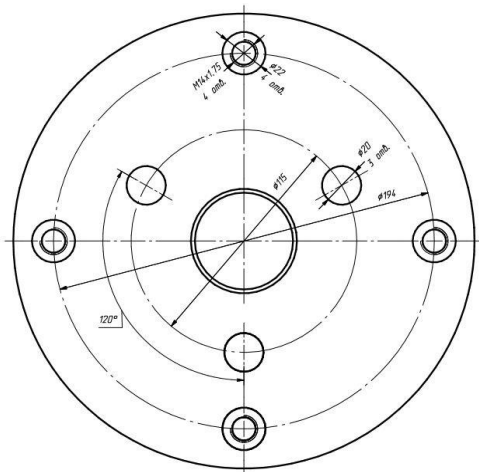
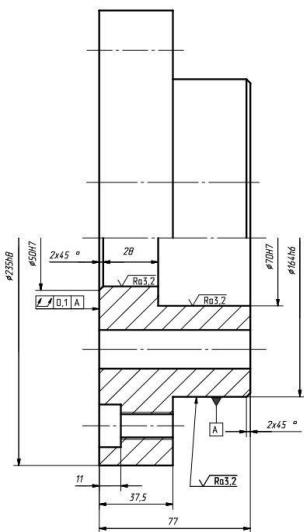
Муфта – пристрій, призначений для з'єднання один з одним кінців валів і деталей, що вільно сидять на них, для передачі крутного моменту.



- 1,2 – вали
- 3 – фланець муфти
- 4 – кріпильний елемент



## Опис деталі



Назва поверхні	Квалітет точності	Шорсткість	Метод обробки
Ø235 (h8)	8	6,3	Точіння чорнове, напівчистове
Ø164 (h6)	6	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове
Ø50 (H7)	7	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове
Ø70 (H7)	7	3,2	Точіння чорнове, напівчистове, чистове

Матеріалом для даної деталі було обрано Сталь 45Л ГОСТ 977-88

# ОСНОВНА ЧАСТИНА



## Метод отримання заготівки

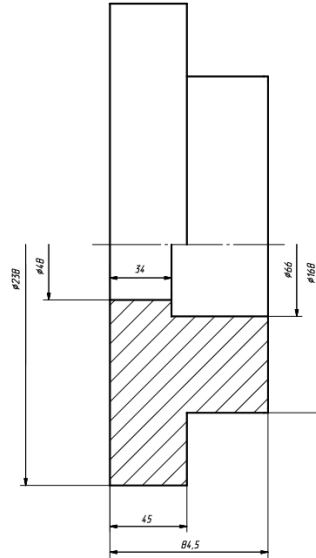
### Вибір заготівки

Так як дана деталь виготовляється зі Сталі 45Л ГОСТ 977-88, то спосіб отримання заготовки обираємо лиття у кокіль.

$$K_M = \frac{V_D}{V_3}$$

$$K_M = \frac{2115599.85}{2629989.38} = 0,8$$

Кількісний аналіз методу отримання заготівки показав, що лиття у кокіль є оптимальним за даних умов.



Ескіз заготівки



## Визначення типу виробництва

Маса деталі, кг.	Тип виробництва				
	Одиничне	Малосерійне	Середньосерійне	Багатосерійне	Масове
< 1,0	< 10	10 - 2000	1500 - 100000	75000 - 200000	200000
1,0 - 2,5	< 10	10 - 1000	1000 - 5000	50000 - 100000	100000
2,5 - 5,0	< 10	10 - 500	500 - 35000	35000 - 75000	75000
5,0 - 10	< 10	10 - 300	300 - 25000	25000 - 50000	50000
> 10	< 10	10 - 200	200 - 10000	10000 - 25000	25000

**15 000 деталей**

Річна програма випуску

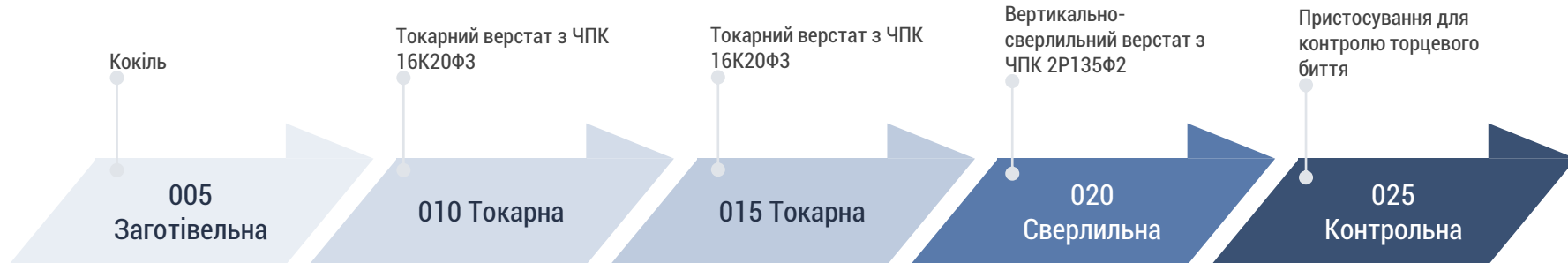
**17 325 деталей**

Цехова програма випуску

**Можна зробити висновок, що тип виробництва – середньосерійний.**



# Розроблення маршруту механічної обробки деталі





# Розрахунок та проектування ГВС

Структура ГВД:

Розрахунок числа верстатів та сумарної верстатоемності

Розрахунок системи інструментального забезпечення

Проектування секції складання і налагодження інструменту

Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць

Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи

Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження

Розрахунок числа позицій контролю

Вхідні данні для розрахунку ГВС

- $N_i = 2000$  – місячна програма випуску  $i$ -ї деталі
- $n = 13$  – кількість деталей номенклатурного ряду

Час виконання кожної операції

- токарна операція  $t_{шт.кi} = 8,77$  хв.
- токарна операція  $t_{шт.кi} = 18,014$  хв.
- свердлильна операція  $t_{шт.кi} = 7,453$  хв.

## Дільниця складається з:

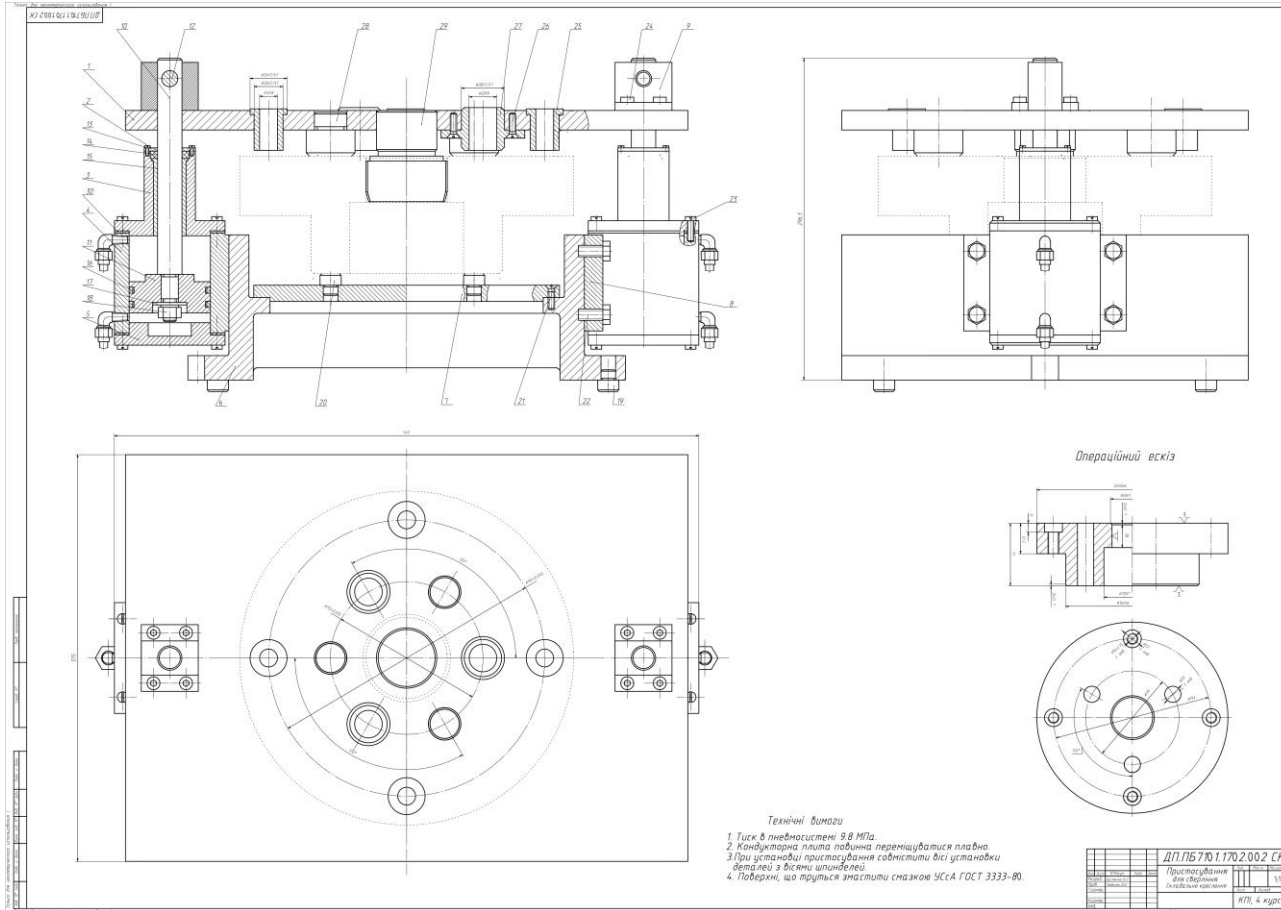
- Ділянки для механічної обробки
- Складу для заготовок
- Складу для готових деталей
- Автоматизованого складу інструментального забезпечення

## До дільниці входить:

- 3 токарних верстати з ЧПК 16K20Ф3
- 1 вертикально-сверлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
- 1 стіл для контролю
- 2 слюсарних стола
- 2 слюсара-інструментальника
- 1 оператор для контролю
- 2 крани-штабелери
- 2 накопичувачі
- Конвеєрна лінія
- Автоматизована система видалення стружки

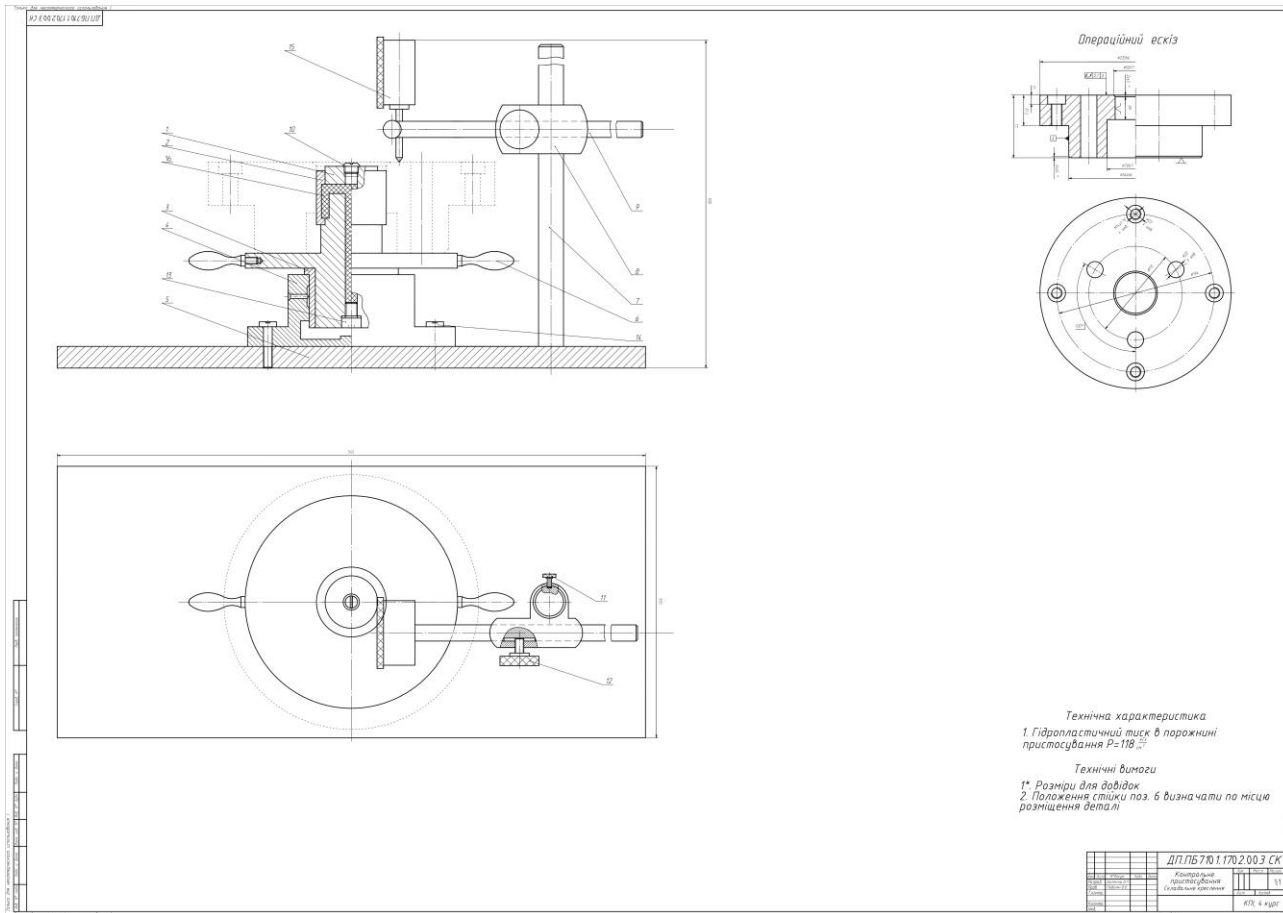


# Пристосування для свердління



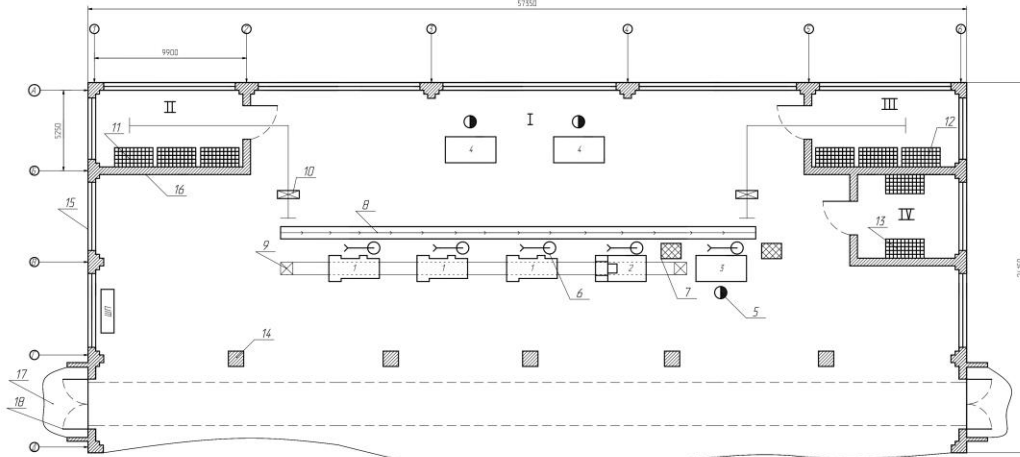
На кресленні зображено кондуктор для свердління отворів.

# Пристосування для контролю



На кресленні зображено пристосування для контролю торцевого биття.

# План дільниці цеху



- I. Механічна ділянка  
 II. Склад з заготівками  
 III. Склад з готовими деталями  
 IV. Автоматизований склад інструментального забезпечення

1. Точарний верстат з ЧПК 16K20Ф3
2. Вертикально-сверильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
3. Стіл для контролю
4. Слюсарний стіл
5. Оператор
6. Робот-маніпулятор
7. Накопичувач
8. Конвеєрна лінія
9. Автоматизована система видалення стружки
10. Кран-штабелер

11. Палиці із заготівками
12. Палиці із готовими деталями
13. Палиці з інструментом
14. Коліна
15. Вікна
16. Стіна
17. Тамбур
18. Вхід-вихід

- ШП - щит протипожежний  
 - - - - - центральный прохід цеху

ДП.ПБ7101.1702.006			
План дільниці			
Масштаб	1:1	Лист	1
Курс	КПІ, 4 курс	Дата	

На кресленні зображено план дільниці цеху для виготовлення деталі «Фланець муфти».

Усі верстати стоять по ходу виконання операцій, що є властивим для гнучких виробничих систем.





## Висновок

У даному дипломному проекті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Фланець муфти» з розрахунком припусків та режимів різання.

Під час розробки гнучкої виробничої системи виготовлення деталі визначено кількість обладнання верстатного комплексу, розраховано систему інструментального забезпечення, секцію зборки та налаштування інструменту, секцію обслуговування інструменту робочих місць, транспортно-складську систему.

Для точного закріплення деталі спроектовано технологічне оснащення для токарної операції (трюхкулачковий патрон), та для свердлильній операції (кондуктор). Для контролю торцевого биття точних поверхонь запропоноване 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!**

@abalyakina  
abalyakina26@gmail.com