

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

**Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів**  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

**перший (бакалаврський)**  
(освітньо-науковий рівень)

на тему «Проектування технологічного процесу виготовлення  
фланця М4.3Е711 плоскошліфувального верстата моделі 3Е711В»

Виконав: студент IV курсу, групи ВІ-91-1  
спеціальності: \_\_\_\_\_

133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: \_\_\_\_\_

«Металорізальні верстати та системи»  
(назва освітньої програми)

Олександр МІРОШНИЧЕНКО  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Павло КУШНІРОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Андрій ДОВГОПОЛОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

# ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

## «Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>Технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>перший (бакалаврський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>133 «Галузеве машинобудування»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Металорізальні верстати та системи»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

*Віталій ІВАНОВ*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

### ЗАВДАННЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

*Мірошніченко Олександр Русланович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Проектування технологічного процесу виготовлення  
фланця М4.3Е711 плоскошліфувального верстата моделі 3Е711В»*

керівник проєкту *Кушніров Павло Васильович, к.т.н., доцент*

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» квітня 2023 року № 0338 -VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «01» червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «Фланець М4.3Е711».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 1800 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Фланець М4.3Е711».

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Розроблення робочого креслення заданої деталі

4.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.4 Вибір способу отримання заготовки й розроблення технічних вимог до неї

4.5 Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі

4.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	10.05.2023	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.05.2023	
3	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2023	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	25.05.2023	
5	Оформлення креслень та презентації	31.05.2023	

Студент

(підпис)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Олександр  
МІРОШНИЧЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Павло КУШНІЙ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій Іванов*  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)  
\_\_\_\_\_ 2023\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»,  
(код та назва)

\_\_\_\_\_ програми «Металорізальні верстати та системи»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему:

Проектування технологічного процесу виготовлення  
фланця М4.3Е711 плоскошліфувального верстата моделі 3Е711В»

Здобувача (ки) групи ВІ-91-1 Олександр МІРОШНИЧЕНКО  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Олександр МІРОШНИЧЕНКО  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н., доцент Павло КУШНІРОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Записка: 62 с., 9 рис., 16 табл., 5 додатки, 9 літературних джерел.

Об'єкт розробки: фланець М4.3Е711 магнітного сепаратора плоскошліфувального верстата моделі 3Е711В.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення фланця М4.3Е711

Виконаний аналіз службового призначення фланця та умов їх експлуатації. Проаналізовані і доповнені технічні вимоги креслення деталі «Фланець». За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – середньосерійний. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП, розроблені технічні вимоги до її виготовлення. Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 045 «Токарна з ЧПК» і 055 «Фрезерна з ЧПК». Спроектований верстатний пристрій для свердління восьми отворів та отвору М16х1,5 на операції 055 «Фрезерна з ЧПК». Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці та основні методи пожежогасіння. вогнегасні речовиний засоби пожежогасіння

ФЛАНЕЦЬ, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ,  
НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

## ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	6
1. Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	8
2. Розроблення робочого креслення заданої деталі.....	14
3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
4. Вибір способу отримання заготовки й розроблення технічних вимог до неї.....	19
5. Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі.....	27
5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь.....	27
5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки.....	31
5.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	39
5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	41
5.5 Визначення режимів різання.....	43
5.6 Технічне нормування операцій.....	46
6. Проектування верстатного пристрою.....	51
Висновки.....	60
Перелік використаних джерел .....	61
Додатки	

## ВСТУП

Машинобудування, що поставляє нову техніку всіх галузях народного господарства, визначає технічний прогрес країни і робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази суспільства. У зв'язку з цим його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це наука про виготовлення машин потрібної якості в установленому виробничою програмою кількості і в задані терміни при найменших затратах живої і матеріалізованої праці, тобто при найменшій собівартості по [1, с. 5].

В даний час поглиблюється розробка проблеми впливу технології на фізико-хімічний стан металу поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційна будова, розміри кристалічних блоків і на експлуатаційні властивості і надійність деталей машин. Триває розробка проблеми технологічної спадковості і технології зміцнення. Розробляються методи оптимізації технологічних процесів по досяжній точності, продуктивності і економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини. Створюються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспорту і контролю і робототехніки.

Триває вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей машин і складання (особливо в напрямках створення маловідходної технології, чистової обробки і автоматизації складальних робіт). Розвиток технології машинобудування на даному етапі має «здійснювати перехід до масового застосування високоефективних систем машин і технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію та автоматизацію виробництва, технічне переозброєння його основних галузей».

Надзвичайно великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, допуски, технічні вимірювання, матеріалознавство і термічна обробка. Розгляд технологічних питань без використання цих наук взагалі неможливо.



# **1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРСТАТА, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Плоскошліфувальний верстат моделі 3E711В (рис. 1.1) призначений для шліфування плоских поверхонь деталей з різними матеріалів, таких як чавун, сталь, кольорові метали, нержавіюча сталь та інші.

Верстат складається з жорсткого станини, на якому розташовані основні складові частини - шпиндель, опорні стійки, магнітний піддон і система автоматичного подачі шліфувального круга. Шпиндель верстата виконує обертальний рух зі швидкістю до 2800 обертів за хвилину, що дозволяє шліфувати деталі різних розмірів і форм. Опорні стійки служать для установки і фіксації деталі під час шліфування, а магнітний піддон забезпечує надійне кріплення деталі до верстата. Система автоматичної подачі шліфувального круга дозволяє регулювати глибину шліфування та забезпечує рівномірну обробку поверхні.

Верстат може бути використаний в різних галузях промисловості, таких як машинобудування, авіаційна та автомобільна промисловість, виробництво інструментів та інших виробів з металу.



Рисунок 1.1 – Плоскошліфувальний верстат моделі 3E711В

Основні технічні характеристики плоскошліфувального верстата моделі 3E711B:

- Довжина шліфування: 630 мм;
- Ширина шліфування: 315 мм;
- Максимальна висота деталей: 400 мм;
- Робочий стіл з рухом вздовж X- і Y-осей;
- Магнітна плита для утримання деталей під час шліфування;
- Кількість обертів шліфувального круга 1400 об/хв.;
- Потужність двигуна: 7.5 кВт;
- Вага: 4100 кг.

Сепаратор X43-43 використовується, щоб ефективно видалити з мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) магнітної стружки, яка може містити абразивні, а також інші механічні частинки (шлам). Даний тип магнітного сепаратора належить лінійці X43 і відрізняється від інших моделей не лише габаритами та вагою, а й величиною витрати рідини (50 л/хв).

Сепаратор встановлюють поруч із верстатом. Завдяки йому відбувається очищення водних емульсій з в'язкістю 1 мм<sup>2</sup>/с в діапазоні температур 10÷55°C при температурі доквілля 1÷40°C. Крім цього, сепаратор може очищати синтетичні, масляні та інші рідини, що мають показник в'язкості 75 мм<sup>2</sup>/с.

Конструкція моделі X43-43 містить корпус, усередині якого знаходиться барабан, мотор-редуктор, кришку, скребок, фланець та система заслінок. А також є пружина, яка підтримує рівень (МОР) та пробку. Використовувати магнітний сепаратор можна як повнофункціональний агрегат, що працює, або як складова частина загальної системи, куди може входити інше обладнання, що застосовується для очищення (МОР)

Особливості експлуатації сепаратора X43-43.

Для безпечної роботи агрегату він має бути правильно заземлений. Без заземлення запускати агрегат не рекомендується. Перед очищенням шламу необхідно зупинити роботу сепаратора. Дотримання техніки безпеки обов'язкова умова його експлуатації. Також необхідно пам'ятати, що сепаратор X43-43 не

підходить для роботи в агресивному середовищі із вмістом їдких, висококонцентрованих речовин, що може спричинити пошкодження ізоляційних матеріалів або металів, а також заборонено використовувати його для роботи у вибухонебезпечному середовищі.

Загальні характеристики

Потужність, кВт: 0.18

Номінальна витрата, л/хв: 50

Номінальна частота обертання двигуна, об/хв: 1340

Подача, л/хв: 50

Маса, кг: 20

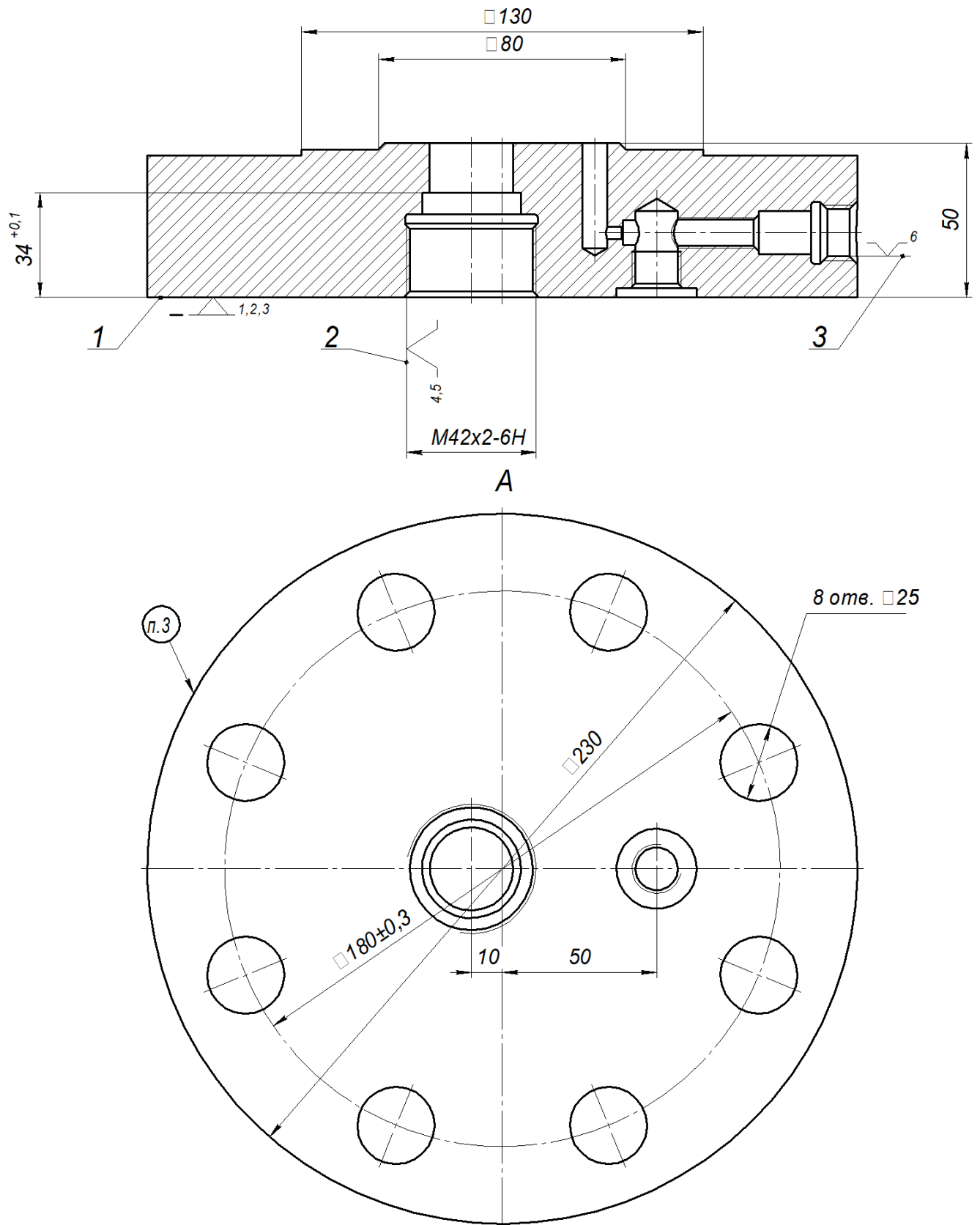


Рисунок 1.2 – Основні конструкторські бази деталі «Фланець М4.3Е711»

Деталь «Фланець М4.3Е711» базується і закріплюється в корпусі сепаратора. Фланець М4.3Е711В призначений для регулювання проходження МОР, що очищується в сепараторі та для закриття вихідного патрубку фільтру і приєднання штуцерів.. В цілому деталь позбавлена шести ступенів свободи. Основними конструкторськими базами (поверхні, які визначають положення деталі у виробі) є поверхні 1, 2 та 3 (див. рис. 1.2).

- Поверхня 1 - установча, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщення уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- Поверхня 2 - подвійна опорна, отвір М42х2-6Н , позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y;
- Поверхня 3 - опорна, отвір М18-7Н, позбавляє деталь одного ступеня свободи: обертання навколо осі Z.

Допоміжними конструкторськими базами (поверхні, по яким приєднуються інші деталі до фланця) є такі поверхні:

- циліндрична поверхня d80 і фаска  $2 \times 45^\circ$  призначені для установлення в фланці вихідного патрубку фільтру;
- торцем l2 деталь притискається до фланця;
- поверхні d27Н11, d32Н11 призначені для закручування впускного штуцера;
- внутрішнє різьблення М16х1,5 і виточення d26х3 призначені для закручування впускного штуцера;
- внутрішнє різьблення М10 і фаска  $30^\circ$  призначені для установлення розподільного пристрою;
- отвори d25 призначені для установлення в них шпильок.

Виконавчими поверхнями (за допомогою яких деталь виконує своє функціональне призначення у вузлі) є:

- поверхні d27Н11, d32Н11 і внутрішнє різьблення М42х2 призначені для закручування впускного штуцера;
- внутрішнє різьблення М16х1,5 і виточення d26х3 призначені для закручування впускного штуцера;

- внутрішнє різьблення M10 і фаска 30° призначені для установлення розподільного пристрою;

- отвір d8 призначений для виходу природного газу;

Вільні поверхні - поверхні, які не стикаються з іншими деталями у вузлі:

- канавки b3 для виходу ріжучих інструментів при нарізанні різи;

- інші поверхні, які не вказані вище.

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Креслення деталі «Фланець М4.3Е711» наведено на рисунку 2.1.

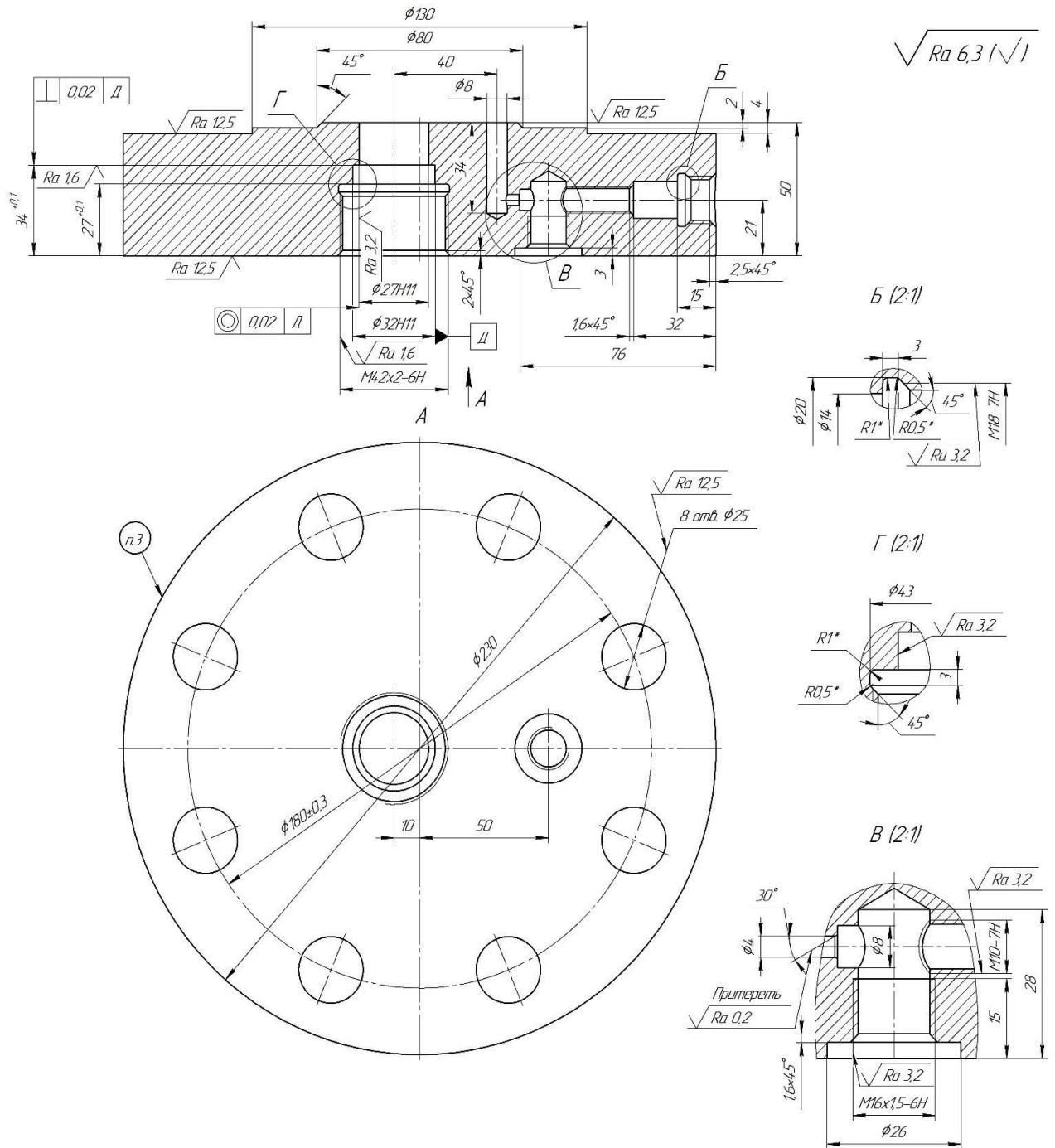


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Фланець М4.3Е711»

Таблиця 2.1 – Характеристики поверхонь деталі

Найменування поверхні	Кількість поверхонь	Параметр шорсткості Ra, мкм	Квалітет точності
Зовнішні:			
Ø230	1	12,5	14
Ø120	1	6,3	14
Внутрішні:			
Ø27	1	3,2	11
Ø34	1	3,2	11
Лінійні:			
торець 150	2	12,5	14
торець 12	1	6,3	14
торець 14	1	12,5	14
торець 134	1	1,6	11
торець 127	1	6,3	11
Решта:			
виточення Ø26x3	1	6,3	14
фаска 45°	1	6,3	14
отвір Ø8	2	6,3	14
отвір Ø25	8	12,5	14
різьблення M42x2	1	1,6	6
різьблення M16x1,5	1	3,2	6
різьблення M18	1	3,2	7
різьблення M10	1	3,2	7
отвір Ø4	1	6,3	14
канавка b3	2	6,3	14
фаска 30°	1	0,2	14
Всього	30	232,4	378

У результаті виконання технологічного розділу розроблене креслення заданої в проєкті деталі. Це креслення враховує всі встановлені технічні вимоги щодо точності, форми, розмірів, матеріалу та термооброблення, що гарантує високу якість виготовлення та функціонування деталі в майбутньому.



### 3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

На основі наданого тексту можна зробити якісну оцінку технологічності конструкції деталі.

Загальний аналіз показує, що конструкція деталі має певні технологічні переваги. Оцінюючи якісні показники, можна зробити наступні висновки:

1. Матеріал деталі - конструкційна сталь 40 ГОСТ 1050-88, що є загальновідомим і широко використовуваним матеріалом з відповідним хімічним складом. Це сприяє легкій обробці та забезпечує потрібні механічні властивості.

Призначення - осі, колінчасті вали, вал-шестерні, штоки, шестерні, бандажі, деталі турбін, деталі арматури, шатуни, зірочки, розподільні валики, болти, головки циліндрів, шпонки, фрикційні диски, плунжери та ін. Кріпильні деталі котлів і трубопроводів ТЕС, АЕС, парових і газових турбін. Корпусні деталі газових турбін, суцільно ковані вали гідравлічних турбін.

Хімічний склад сталі 40 згідно з [3, с.100] див. таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі 40 ГОСТ 1050-88, у відсотках

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu
			не більше						
0,37- 0,45	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,040	0,035	0,25	0,30	0,08	0,008	0,30

Механічні властивості сталі по [3, с.101] див. таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 40 для поковок згідно з ГОСТ 8479-70

Режим термообробки			Перетин ,мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КС U, Дж/ см <sup>2</sup>	НВ
Операція	t, °С	Охолод не середо вище		Н/мм <sup>2</sup>		%			
				не менше					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нормаліза- ція Відпуск	840-860 600-650	Повітря Повітря або піч	До 100	275	530	20	40	44	156-197
			101-300	275	530	17	38	34	156-197
			301-500	245	470	17	35	34	143-179
			501-800	215	430	16	35	39	123-167
Гарт. Відпуск	830-850 580-640	Вода Повітря	До 100	245	590	18	45	59	174-217
			101-300	315	570	14	35	34	167-207
			301-500	275	530	15	32	29	156-197

2. Деталь має відповідні розміри та допуски, що полегшує виконання і контроль розмірів під час механічної обробки.

3. Нетехнологічними конструктивними елементами деталі є оброблювані отвори, які можуть вимагати додаткових операцій і спеціалізованих пристроїв для їх обробки.

Нетехнологічними конструктивними елементами даної деталі є усі оброблювані отвори:

- гладкі отвори  $\varnothing 25$ , ступінчасті отвори  $\varnothing 27 \text{H}11/32 \text{H}11/\text{M}42$ ,  $\varnothing 26/\text{M}16$  розташовані паралельно щодо центральної осі деталі, але з відповідним ексцентриситетом. Для забезпечення позицій зазначених отворів необхідно застосовувати або операцію розмічування, або верстат з ЧПК. Слід пам'ятати, що операція розмічування відрізняється низькою продуктивністю та використанням праці висококваліфікованих працівників;
- ступінчастий отвір  $\text{M}18/\varnothing 14/\varnothing 8/\varnothing 4$  розташований перпендикулярно щодо центральної осі деталі, що потребує для базування заготовки спеціальних

верстатних пристроїв. Окрім того зазначений отвір є глибоким, що може призвести під час оброблення викривлення його осі.

Загальна оцінка технологічності конструкції деталі може бути позитивною. Конструкція має правильно проставлені розміри та допуски, дозволяючи легко виконувати обробку. Використання загальновідомого матеріалу також сприяє технологічності процесу. Однак, наявність нетехнологічних конструктивних елементів може вимагати додаткових операцій та уваги під час виробництва.

## 4 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ Й РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основні способи виробництва заготовок - лиття, обробка тиском, зварювання. Спосіб отримання тієї чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі і вимог, пред'явлених до неї, від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших чинників [5, с. 21].

Одну і ту ж деталь можна виготовити з заготовок, отриманих різними способами. Одним з основоположних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку істотно скорочується витрата металу, обсяг механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі. Однак при цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання та оснащення, їх ремонт та обслуговування. Тому при виборі способу отримання заготовки слід проводити техніко-економічний аналіз двох етапів виробництва - заготівельного і механічно обробного.

Вибір оптимального способу виробництва заготовок здійснюють шляхом зіставлення техніко-економічних показників розглянутих технологічних варіантів. Завдання полягає в тому, щоб визначити, який з порівнюваних варіантів економічно більш доцільний.

Базовий метод отримання заготовки.

Заводський метод отримання заготовки - поковка кована на молотах.

Для виготовлення деталі «Фланець» приймається тип поковки - диск по [6, с.3, таблиця 1.1]. Для перевірки правильності вибору необхідно перевірити виконання співвідношення розмірів:  $H \leq 0,5D$ .

Підставляючи дані з креслення, отримуємо:  $50 < 115$ . Співвідношення розмірів вірно, отже, тип поковки обраний правильно.

Припуски і граничні відхилення на розміри деталі призначаються по [6, с.13, таблиця 7]:

- на зовнішній діаметр 230 мм припуск і граничне відхилення -  $11 \pm 3$  мм;

- на висоту 50 мм припуск і граничне відхилення -  $8 \pm 3$  мм.

Остаточно розміри поковки визначаються за формулою:

$$P'_i = (P_i + \delta_i) \pm \Delta_i / 2, \quad (4.1)$$

де  $P'_i$  - і-й розмір заготовки, мм;

$P_i$  - і-й розмір деталі, мм;

$\delta_i$  - припуск на відповідний і-й розмір деталі, мм;

$\pm \Delta_i / 2$  - граничні відхилення на відповідний і-й розмір деталі, мм.

Використовуючи формулу (3) і визначаємо остаточні розміри поковки:

$$D' = (230 + 11) \pm 3 = 241 \pm 3 \text{ мм};$$

$$H' = (50 + 8) \pm 3 = 58 \pm 3 \text{ мм}.$$

Остаточні розміри поковки з призначеними на неї основними припусками, наведені на рисунку 4.1.

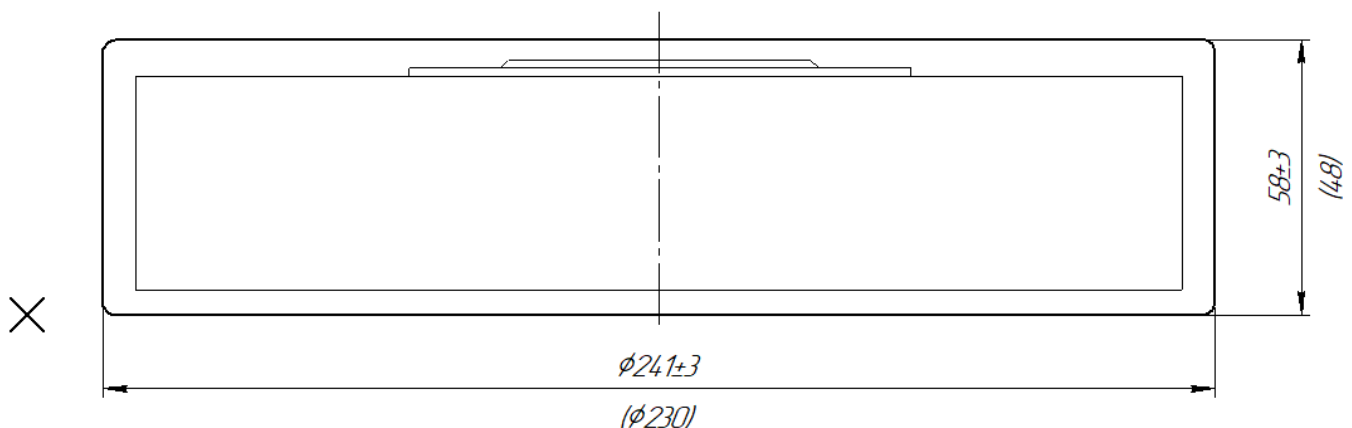


Рисунок 4.1 - Ескіз поковки кованої на молотах

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_3 = \rho \cdot V, \quad (4.2)$$

де  $\rho$  - щільність сталі,  $\rho=7850$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  - Об'єм заготовки, м<sup>3</sup>.

Об'єм заготовки визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D'^2}{4} \cdot H', \quad (4.3)$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 0.241^2}{4} \cdot 0.058 = 0.00264 \text{ м.}$$

Тоді маса заготовки дорівнює:

$$m_3 = 7850 \cdot 0.00264 = 21 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3}, \quad (4.4)$$

де  $m_d$  - маса деталі,  $m_d=12,6$  кг.

$$K_3 = \frac{12.6}{21} = 0.6.$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$K_{и.м} = \frac{m_D}{m_3 + m_{опз}}, \quad (4.5)$$

де  $m_{опз}$  - маса відходів виробництва заготовки, для поковок кованих

$$m_{опз} = 1 \div 3\% m_3, \quad m_{опз} = 0,4 \text{ кг.}$$

$$K_{и.м} = \frac{12,6}{21+0,4} = 0,59.$$

Пропонований метод отримання заготовки

Залежно від матеріалу деталі, типу виробництва, розмірів і конфігурації деталі по [7, с.138], таблиця 21, пропонований метод отримання заготовки: поковка штампована на кривошипному гаряче-штампованому пресі (КГШП) виконана в закритих штампах.

Для визначення припусків табличним способом проводяться такі розрахунки по [8]:

Клас точності поковки - Т2 [8, с.28, таблиця 19, додаток 1].

Група сталі - М2 [8, с.8, таблиця 1].

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки  $K_P = 1,3$  [8, с. 31, таблиця 20, додаток 3].

Орієнтовна (розрахункова) маса поковки визначається за формулою:

$$m_3^P = m_D \cdot K_P, \quad (4.6)$$

$$m_3^P = 12,6 \cdot 1,3 = 16,4 \text{ кг.}$$

Для визначення ступеня складності необхідно визначити відношення маси  $G_{п}$  поковки до маси  $G_{ф}$  геометричної фігури.

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

$$G_{\phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H, \quad (4.7)$$

де  $D$  - діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі),  $D=0,230$  м;

$H$  - висота циліндра (довжина деталі),  $H=0,05$  м.

$$G_f = 7850 \frac{3.14 \cdot 0.230^2}{4} \cdot 0.05 = 16.3 \text{ кг.}$$

Тоді відношення фігур  $G_{\Pi}/G_{\phi}=16,4/16.3=1,05$ .

Ступінь складності - С1 [8, с.29, додаток 2].

Вихідний індекс - 10 [8, с.10, таблиця 2].

Конфігурація поверхні рознімання штампа - П (плоска) [8, с.8, таблиця 1].

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості  $R_a$ , який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку [8, с.12, таблиця 3], допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів [8, с.17, таблиця 8] та допустимі припуски [8, с.20, таблиці 9,10,11,12,13].

Основні припуски на розміри (на сторону), мм:

1,4 - діаметр 230 мм і шорсткість поверхні  $R_a=12,5$  мкм;

1,5 - діаметр 130 мм і шорсткість поверхні  $R_a=6,3$  мкм;

1,2 - довжина 50 мм і шорсткість поверхні  $R_a=12,5$  мкм;

1,1 - довжина 4 мм і шорсткість поверхні  $R_a=12,5$  мкм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні рознімання штампа - 0,3 мм [с.14, таблиця 4];
- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності - 0,3 мм [8, с.14, таблиця 5].

Розміри поковки, мм:

діаметр  $D$ :  $230+(1,4+0,3+0,3) \cdot 2=234$  мм приймається 234 мм;

діаметр  $d$ :  $130+(1,5+0,3+0,3) \cdot 2=134,2$  мм приймається 134 мм;

довжина  $H$ :  $50+(1,2+0,3+0,3) \cdot 2=53,6$  мм приймається 54 мм;



довжина h:  $4+2,0-1,1-0,3-0,3=4,3$  мм приймається 4 мм.

Результати розрахунків припусків і допусків з граничними відхиленнями розмірів зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Зведена таблиця для визначення розмірів заготовки, в міліметрах

Розмір деталі	Основний припуск на сторону	Додатковий припуск на сторону	Розрахунковий розмір заготовки	Допуск і граничні відхилення	Прийнятий розмір заготовки
Ø230	1,4	0,3; 0,3	234,0	2,2 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>	234 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>
Ø130	1,5	0,3; 0,3	124,2	2,0 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>	134 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>
50	1,2	0,3; 0,3	51,6	1,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	54 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>
4	2,0; 1,1	0,3; 0,3	4,3	1,2 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>	4 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>

Допустима висота торцевого задирка, що утворились по контуру пуансона при штампуванні в закритих штампах - 7,0 мм [8, с.22, таблиця 11].

Допустиме відхилення по зігнутості, від площинності і прямолінійності - 0,6 мм [8, с.23, таблиця 13].

Остаточні розміри поковки штампуванням з призначеними на неї основних припусків наведені на рисунку 4.2.

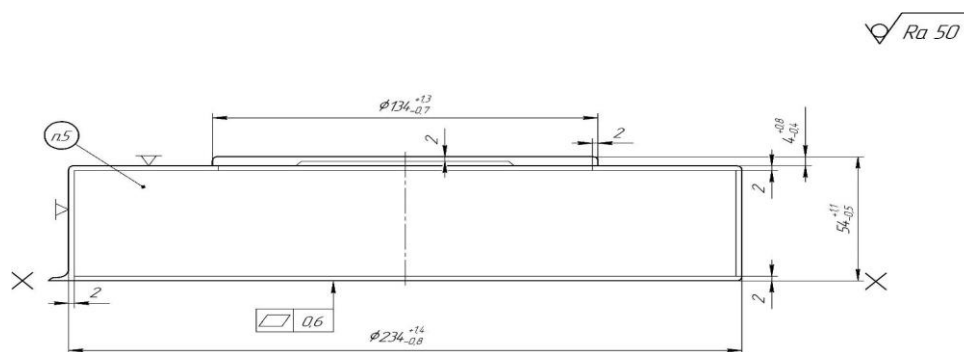


Рисунок 4.2 - Ескіз штамповки на КГШП

Об'єм запропонованої заготовки визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (H - h) + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \quad (4.8)$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 0.234^2}{4} \cdot (0.054 - 0.004) + \frac{3.14 \cdot 0.134^2}{4} \cdot 0.004 = 0.0022 \text{ м.}$$

Маса спроектованої заготовки визначається за формулою:

$$m_3 = 7850 \cdot 0.0022 = 17.27 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{12.6}{17.27} = 0.73$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою (для штамповок на КГШП  $m_{\text{ОПЗ}}=10\% \cdot m_3=10\% \cdot 17.27=1.727$  кг):

$$K_{\text{и.м}} = \frac{12,6}{17,27 + 1,727} = 0,66$$

Вигідніше використовувати заготовку - поковки штамповану на кривошипному гарячештамповочному пресі (КГШП) виконаному в закритих штампах, ніж поковки ковану на молотах, тому що коефіцієнти використання заготовки і матеріалу в першому випадку вище, ніж ті ж коефіцієнти в другому випадку. Креслення заготовки див. креслення «М4.3Е711».

Зробимо розрахунок собівартості заготовок з поковки кованої на молотах та штамповки:

$$S_{\text{загот}} = S_{40x} / 1000 \cdot Q - (Q - q)S_{\text{відход}} / 1000 \quad (4.9)$$

де:

$S_{40x} = 30500$  грн – вартість однієї тони штамповок зі сталі 40Х;

$Q_{\text{поков}} = 17,27 \text{ кг}$  – маса заготовки з поковки кованої;

$Q_{\text{прок}} = 21 \text{ кг}$  – маса штамповки;

$S_{40x} = 40400 \text{ грн}$  – вартість тони поковки кованої із сталі 40Х;

$q = 12,6 \text{ кг}$  – маса деталі;

$S_{\text{відход}} = 8500 \text{ грн}$  – ціна однієї тони відходів сталі;

$S_{\text{штамп}} = (30500/1000 \cdot 21) - (21 - 12,6) \cdot 8500/1000 = 569 \text{ (грн.)}$ ;

$S_{\text{поков}} = (40400/1000 \cdot 17,27) - (17,27 - 12,6) \cdot 8500/1000 = 658 \text{ (грн.)}$ .

Порівняємо річну економію одного методу виготовлення заготовки у порівнянні з іншим:

$$E_3 = (S_{\text{поков}} - S_{\text{штамп}}) \cdot N \text{ річн}$$

$$E_3 = (658 - 569) \cdot 1800 = 160200 \text{ (грн.)}$$

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

### 5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу і інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей вищої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом – методом професора В.М.Кована. Цей розрахунок робимо за допомогою комп'ютерної програми «Pripusk» для зовнішньої поверхні тіла обертання  $\emptyset 130h14$  (в навчальних цілях приймаємо, що дана поверхня виконана по 9-му квалітету, тобто.  $\emptyset 130h9$ ).

Маршрут обробки даної поверхні вибирається по [6, с.8, таблиця 1.4] і зводиться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Маршрут обробки поверхні Ø130h9

Найменування операції (перехід)	Точність	Параметр шорсткості Ra, мкм
Обробка тиском (штамповка)	Клас точності - T2, Група сталі - M2, Ступінь складності - C1	50
Точіння чорнове	h12	12,5
Точіння чистове	h9	2,5

Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (5.1)$$

$Rz_{i-1}$  - висота мікронерівностей профілю на попередньому переході де (операції), мкм;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) (зневуглецьована або вибілений шар), мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  - похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару h вибираються за таблицями програми для ЕОМ «Prirusk» та за таблицями [7]:

- для заготовки [с.186, таблиця 1.12]: Rz=200 мкм; h=250 мкм;
- для точіння чорнового [с. 188, таблиця 1.25]: Rz=50 мкм; h=50 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні отворів визначається за формулою:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{экс}^2}, \quad (5.2)$$

де  $\rho_{см}$  - допустима похибка поковки зі зміщення осей фігур,  
по [9, с.169, таблиця 1.6]:  $\rho_{см}=1200$  мкм;

$\rho_{экс}$ - допустима похибка поковки по ексцентричності,  
по [9, с.169, таблиця 1.6]:  $\rho_{экс}=700$  мкм.

$$\rho_{заг} = \sqrt{1200^2 + 700^2} \approx 1390 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_i = \rho_{заг} \cdot K_y, \quad (5.3)$$

де  $K_y$  - коефіцієнт уточнення.

Коефіцієнт уточнення вибирається за таблицями програми для ЕОМ «Prirusk» або по [7, с.190, таблиця 1.29]: для точіння чорнового:  $K_y=0,06$ .

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{чери} = 1389 \cdot 0,06 \approx 85 \text{ мкм.}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її устанавлення. Процес устанавлення включає базування і закріплення.

Відхилення в положенні заготовки, що виникає при базуванні, називається похибкою базування  $\varepsilon_6$ , а при закріпленні - похибкою закріплення  $\varepsilon_3$ . похибка устанавлення  $\varepsilon_y$  визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (5.4)$$

При укрупнених розрахунках точності обробки похибка  $\varepsilon_y$ , відповідну формулою, можна визначити за таблицями [4, с.138, таблиця 1.5]:

- для точіння чорнового:  $\varepsilon_y=100$  мкм;
- для точіння чистового:  $\varepsilon_y=50$  мкм.

Елементи припуску заносяться в таблицю 5,2.

Підставивши обрані ( $Rz$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $h$ ) і розраховані ( $\rho$ ) значення в формулу визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

Таблиця 5.2 - Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм			
	$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_{yi}$
Заготівельна	-	-	-	-
Точіння чорнове	200	250	1390	100
Точіння чистове	50	50	85	50

Результати розрахунків наведено у роздруку, у додатку Б.

Схема розташування припусків і допусків див. Рисунок 5.1.

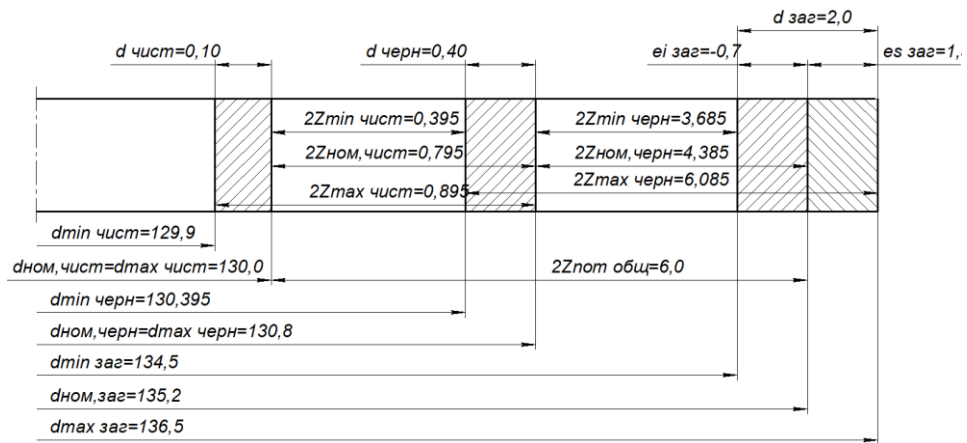


Рисунок 5.1 - Схема розташування припусків і допусків

## 5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Розглянемо схеми базування й закріплення заготовки на операціях 045 «Токарна з ЧПК» та 055 «Фрезерна з ЧПК».

### 045 Токарна з ЧПК

На даній операції обробляються поверхні, показані на рисунку 5.2.

Деталь базується і закріплюється на планшайбі верстата з урахуванням зміщення осі деталі на 10 мм.

В цілому деталь позбавлена п'яти ступенів свободи, мають місце дві технологічні бази:

- установка, лівий торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- подвійна опорна, зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 230$  мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

Обладнання - токарний верстат мод. 16A20Ф3; система ЧПК - WL4T.

Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 10 по [12] с.4.

Мастильно-охолоджуюча рідина: Мастильно-охолоджуюча рідина МР-7  
ГОСТ 38.01445-88



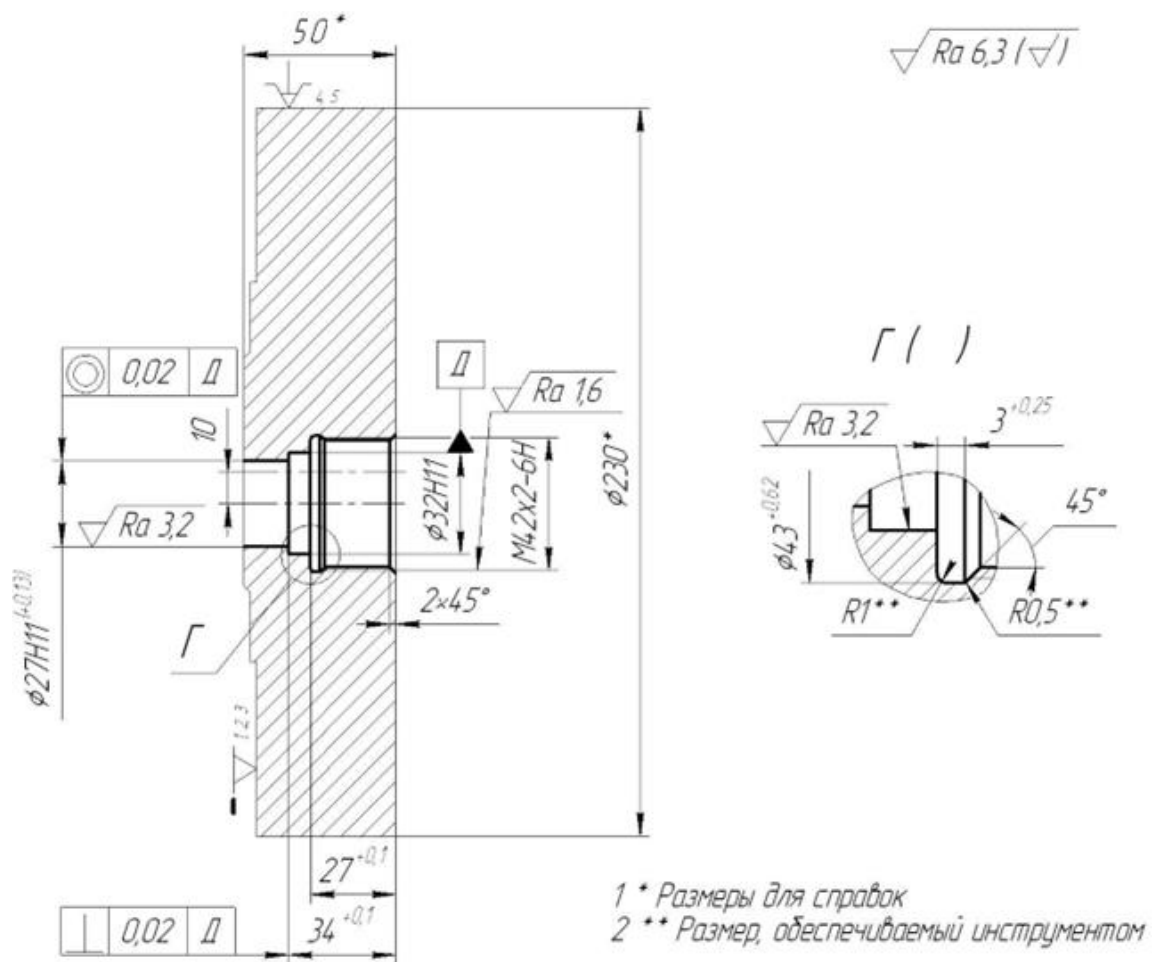


Рисунок 5.2 - Оперційний ескіз (операція 045)

Таблиця 5.2 - Технічна характеристика верстата мод. 16A20Ф3

Характеристика	Значення
<i>1</i>	<i>2</i>
Клас точності по ГОСТ 8-82Е	Н
Найбільший діаметр встановлюваного виробу, мм:	
– над станиною	500
– над супортом	200
Найбільша довжина встановлюваного виробу, мм	900
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм, не менше	320
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	750
Число позицій інструментальної головки (УГ9326)	8
Розмір приєднувального отвору під інструментальні блоки по ГОСТ 24900-81, мм	□40H7
Найбільша висота різця, що встановлюється в різцетримачі, мм	25
Кінець шпинделя фланцеве (умовний розмір) по ГОСТ 12593-72	6К
Центр в шпинделі з конусом Морзе по ГОСТ 13214-79	Морзе 6
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	55
Центр в пінолі з конусом Морзе по ГОСТ 13214-79	Морзе 5
Найбільша довжина ходу супорта, мм:	
– поздовжнього	905
– поперечного	210
Максимальна швидкість швидких переміщень, мм / хв:	15000

<ul style="list-style-type: none"> <li>- поздовжніх</li> <li>- поперечних</li> </ul>	7500
Межі частот обертання шпинделя, об / хв	20-2500
Межі частот обертання шпинделя в трьох перемикаються вручну діапазонах, об / хв:	20-285
I діапазон	60-830
II діапазон	175-2500
III діапазон	
Найбільший крутний момент на шпинделі, Нм (кгм)	800 (80)
Мінімальна швидкість робочої подачі, мм / хв:	
- поздовжньої	10
- поперечної	5
Максимальна швидкість робочої подачі, мм / хв (мм / об):	
- поздовжньої	2000 (2,8)
- поперечної	1000 (1,4)
Найбільше зусилля поздовжньої подачі, Н	10000
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11
Розмір верстата (довжина x ширина x висота), мм, не більше	3700x3000 x 2145
Маса верстата, кг, не більше	4000

# 055 Фрезерна з ЧПК

На даній операції обробляються поверхні, показані на рисунку 5.3.

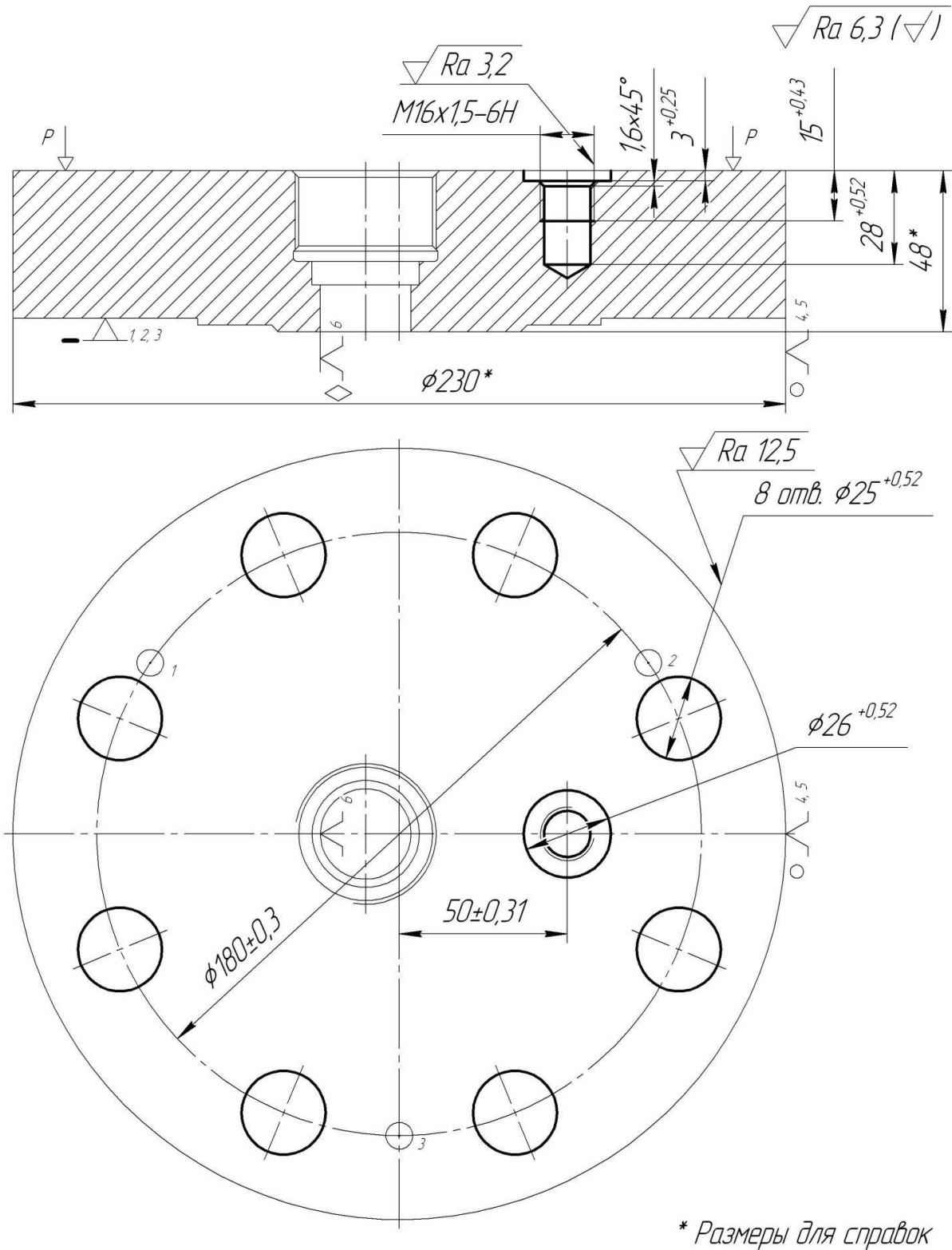


Рисунок 5.3 - Оперційний ескіз (операція 055)

Деталь базується і закріплюється в спеціальному пристосуванні з пневмоприводом. В цілому деталь позбавлена шести ступенів свободи. Мають місце три технологічні бази:

- установча, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- подвійна опорна, зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 230$  мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y;
- опорна, отвір  $\varnothing 27H11$ , позбавляє деталь одного ступеня свободи: обертання навколо осі Z.

Мастильно-охолоджуюча рідина:

Мастильно-охолоджуюча рідина МР-7 ОСТ 38.01445-88

Обладнання - фрезерний верстат мод. ГФ2171Ф3; система ЧПК - WL4М.

Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 11 по [13, с.5].

Таблиця 5.3 - Технічна характеристика верстата мод. ГФ2171Ф3

Характеристика	Значення
<i>1</i>	<i>2</i>
Розмір робочої поверхні стола, мм:	
– довжина	1600
– ширина	400
Кількість Т-образних пазів	3
Ширина Т-образних пазів, мм:	
– центральний	18Н8
– крайній	18Н12
Відстань між пазами, мм	100
Найбільше переміщення столу, мм, не менше:	
– поздовжнє (координата Х)	1010
– поперечне (координата Y)	400
– вертикальне (установче)	250
Швидкість швидкого переміщення столу по координатам Х, Y і повзуна по координаті Z, мм / хв	7000
Кінець шпинделя з конусністю 7:24 по ГОСТ 24644-81	50
Кількість частот обертання шпинделя	18
Межі частот обертання шпинделя, об / хв	40-2000
Коефіцієнт ряду вихідних подач частот обертання шпинделя	1,26
Найбільший крутний момент на шпинделі, кНм	0,615
Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола, мм:	
– найменше	250
– найбільше	500

## Продовження таблиці 5.3

<i>1</i>	<i>2</i>
Граничний розмір заготовки, висота, мм	380
Найбільша маса оброблюваної деталі і пристосування, що встановлюються на столі верстата, кг, не більше	40
Ємність магазину інструментів, шт.	12
Час зміни інструменту, з, не більше	20
Максимальний діаметр інструмента, мм: <ul style="list-style-type: none"> <li>- фрези торцевої</li> <li>- фрези кінцевої</li> <li>- свердла</li> </ul>	125 40 30
Потужність двигуна головного руху, кВт	7,5
Маса верстата, кг	6580
Габаритні розміри (довжина x ширина x висота), мм	3680x4170x3150

### 5.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На операції 045 «Токарна з ЧПК» використовується верстат 16A20Ф3:

Верстат 16A20Ф3 — це універсальний верстат, який має декілька переваг в обробці деталей:

1. Висока точність: Верстат 16A20Ф3 забезпечує високу точність обробки деталей завдяки своїй конструкції та прецизійним механізмам. Це дозволяє отримати якісні та точні деталі без значних відхилень.

2. Широкий спектр обробки: Верстат 16A20Ф3 має різноманітні інструменти та налаштування, що дозволяють обробляти деталі з різних матеріалів і форм. Він може виконувати такі операції, як свердління, розвертання, нарізання різьби, фрезерування та інші.

3. Велика продуктивність: Верстат 16A20Ф3 має високу швидкість роботи та може обробляти деталі ефективно. Це дозволяє збільшити продуктивність та зменшити час виготовлення деталей.

4. Надійність та довговічність: Верстат 16A20Ф3 відрізняється високою якістю конструкції та використовуваних матеріалів, що робить його надійним та довговічним. Це забезпечує стабільну та безперебійну роботу верстата протягом тривалого часу.

5. Зручне управління: Верстат 16A20Ф3 має зручну систему управління, яка дозволяє оператору легко керувати верстатом і виконувати необхідні операції. Це спрощує роботу та забезпечує зручність у використанні.

Загалом, верстат 16A20Ф3 є ефективним та надійним інструментом в обробці деталей, який дозволяє отримувати якісні та точні результати високої продуктивності.



На операції 055 «Фрезерна з ЧПК» використовується верстат ГФ2171Ф3:

Верстат ГФ2171Ф3 є потужним та універсальним обладнанням, яке має кілька переваг в обробці деталей:

1. Висока продуктивність: Верстат ГФ2171Ф3 забезпечує швидку та ефективну обробку деталей завдяки своїй потужності та високій швидкості різання. Це дозволяє зменшити час виготовлення деталей та підвищити загальну продуктивність роботи.

2. Великий робочий простір: Верстат ГФ2171Ф3 має простору робочу зону, що дозволяє обробляти деталі різних розмірів та форм. Це дає більшу гнучкість при виготовленні різноманітних виробів.

3. Висока точність обробки: Верстат ГФ2171Ф3 оснащений прецизійними механізмами та системами керування, що забезпечують високу точність обробки деталей. Це важливо при виготовленні високоточних виробів з вимогами до габаритних та формових параметрів.

4. Різноманітність операцій: Верстат ГФ2171Ф3 володіє широким спектром операцій, які можна виконати на ньому, таких як свердління, фрезерування, розточування, нарізання різьби та інші. Це дозволяє виготовляти складні деталі з різних матеріалів з високою якістю та точністю.

5. Зручне управління: Верстат ГФ2171Ф3 має сучасну систему управління, яка дозволяє легко керувати процесом обробки та налаштовувати параметри роботи. Це спрощує роботу оператора та забезпечує високу рівень контролю над процесом виготовлення деталей.

Загалом, верстат ГФ2171Ф3 є потужним та надійним обладнанням, яке володіє високою продуктивністю, точністю та гнучкістю в обробці деталей. Він є ідеальним вибором для виробництва складних деталей з високими вимогами до якості та швидкості виготовлення.

5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.

Операція 045 «Токарна з ЧПК»

Верстатний пристрій:

планшайба верстата з урахуванням зміщення осі деталі на 10 мм.

Металорізальний інструмент:

РІ1: Свердло спіральне з конічним хвостовиком (Морзе 3) нормальної точності діаметром  $d = 25$  мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: свердло 2301-0087 ГОСТ 10903-77. Матеріал свердла - швидкоріжуча сталь марки Р6М5.

РІ2: Різець токарний розточний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір тврдосплавних непереточуючої ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 9,525 мм і кутом в плані  $95^\circ$ , задній кут пластинки  $0^\circ$ , правий, діаметром державки 16 мм, довжиною 125 мм. Матеріал пластинки - твердий сплав марки Т15К6.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Калібр-пробка 8133-0941 ГОСТ 14810-69.

Калібр-пробка 8133-0946 ГОСТ 14810-69.

Пробка 8221-3141 6Н ГОСТ 17758-72.

Шаблон спеціальний канавочний в3.

Шаблон спеціальний фасочний.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Операція 055 «Фрезерна з ЧПК»

Верстатний пристрій:

заготовка встановлюється в спеціальному пристрої з пневмо-приводом.

Металорізальний інструмент:

РІ1: Свердло центрувальне комбіноване типу А, діаметром  $d = 4$  мм, виконання 2. Позначення: Свердло 2317-0007 Р6М5 ГОСТ 14952-75.

РІ2: Свердло спіральне з конічним хвостовиком (Морзе 3) нормальної точності діаметром  $d = 25$  мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: Свердло 2301-0087 Р6М5 ГОСТ 10903-77.

РІ3: Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком нормальної точності діаметром  $d = 14,5$  мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: Свердло 2300-0751 Р6М5 ГОСТ 4010-77.

РІ4: Цековка циліндрична для обробки опорних поверхонь під кріпильні деталі типу 2 виконання 1 діаметром  $d = 26$  мм зі змінною направляючої цапфою  $D = 14,5$  мм і конічним хвостовиком (Морзе 3). Позначення: Цековка 2350-0719 Р6М5 ГОСТ 26258-87.

РІ5: Зенківка конічна типу 6 (з кутом при вершині  $90^\circ$  з циліндричним хвостовиком), діаметром  $D = 25$  мм. Позначення: Зенківка 2353-0113 Р6М5 ГОСТ 14953-80.

РІ6: Мітчик машинний з гвинтовими канавками номінальним діаметром різьблення  $d = 16$  мм, кроком  $S = 1,5$  мм, ступеня точності 2, правого, для глухих отворів. Позначення: Мітчик 2620-3505 2 Р6М5 ГОСТ 17933-72.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Пробка 8221-3068 6Н ГОСТ 17758-72.

Шаблон спеціальний фасочний.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

## 5.5 Визначення режимів різання

Визначення режимів різання є важливою складовою процесу обробки матеріалів. Це включає в себе встановлення оптимальних параметрів, таких як швидкість різання, подача, глибина різання та інші, для досягнення ефективного та якісного різання матеріалу.

Визначення режимів різання передбачає аналіз ряду факторів, таких як тип матеріалу, його фізичні властивості (твердість, тривалість обробки, стійкість до зносу), тип інструменту, характеристики верстата або машини, а також вимоги до оброблюваної деталі.

Оптимальні режими різання забезпечують максимальну продуктивність, мінімізують знос інструменту, покращують якість обробки та забезпечують безпеку роботи. Вони можуть бути визначені експериментально, за допомогою спеціальних тестів, аналітичних розрахунків або за допомогою досвіду та експертної оцінки оператора.

Встановлення правильних режимів різання є важливою задачею, яка впливає на якість та ефективність процесу різання, а також на тривалість роботи інструменту та верстата. Відповідне визначення режимів різання допомагає досягти оптимальних результатів при обробці матеріалів.

Таблиця 5.4 - Режими різання і норми часу на операції 045

Оброблювана поверхня	Режими різання					Норми часу			
	Глибина різання	Число проходів і	Подача S, мм/об	Частота обертання	Швидкість різання V, м / хв	Основний час T <sub>о</sub> , хв	Допоміжний час	Штучний час	Підготовчо- заклучний час
Отвір Ø10	12, 5	1	0,3	200	15,7	0,92	2,7 5	5,91	17,0
Поверхня Ø27	1,0	1	0,28	1890	160,2	0,10			
Поверхня Ø32	1,5	2	0,28	1600	160,8	0,15			
Торець 134	1,0	1	0,28	1600	160,8	0,02			
Поверхня Ø42	2,0	3	0,28	1200	158,3	0,24			
Торець 127	1,0	1	0,28	1200	158,3	0,02			
Фаска 2x45°	2,0	1	0,28	1160	160,3	0,02			
Канавка b3	3,0	1	0,15	900	121,5	0,02			
Різьба М42х2-6Н	-	9	-	900	118,7	0,18			
Всього	-					2,67			

Таблиця 5.5 - Режими різання і норми часу на операцію 055

Переходи	Вибір і розрахунок режимів різання і часу									
	D, мм	t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	n, об/хв	V <sub>ф</sub> , м/хв	N <sub>ф</sub> , кВт	S <sub>мін</sub> , мм/хв	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>ЦА</sub> , хв	T <sub>В</sub> , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Центрування 9 отв.	4,0	2,0	0,08	1600	20,1	0,22	128	0,38	9,3 0	3,07
Свердління 8 отв. Ø25	25,0	12,5	0,36	200	15,7	2,94	72	6,40		
Свердління отв. Ø14,5	14,5	7,25	0,33	315	14,3	1,93	104	0,34		
Цекування Ø26x3	26,0	5,75	0,15	100	8,2	4,95	15	0,27		
Зенкування фаски 1,6x45°	17,7	1,6	0,06	200	11,1	0,53	12	0,75		
Нарізання різьблення M16x2	16	-	-	160	8,0	-	320	0,16		
Штучний час Тшт, хв								13,36		

## 5.6 Технічне нормування операцій

Оцінка ефективності розробленого технологічного процесу базується на визначенні складності та вартості виконання технологічних операцій. Для цього використовується технічне нормування операцій, що є основою для їх розрахунку.

Розглянемо на прикладі операції 055 «Фрезерна з ЧПК»

055 Фрезерна з ЧПК

Вибір режимів різання проводиться по [20].

Режими різання під час свердління

Подача, швидкість, потужність і осьова сила різання вибираються по карті 46-51 для найближчого більшого табличного значення діаметра інструмента. Вибрані режими різання зводяться в таблицю 14.

Величини частот обертання для табличних значень швидкості різання визначається за формулою (28). Дані розрахунків зведені в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 - Табличні значення режимів різання

Перехід	$S_{0T}$ , мм/об	$V_T$ , м/хв	$N_T$ , кВт	$P_T$ , Н	$M_{кр}$ , Н·м	$n_T$ , об/хв
Центрування	0,09	27,3	0,19	580	-	2174
Свердління Ø25	0,42	17,6	2,5	10665	-	224
Свердління Ø14,5	0,39	19,4	1,64	6124	-	426
Цекування Ø26x3	0,18	9,5	4,21	1535	-	116
Зенкування 1,6x45°	0,07	14,7	0,45	184	-	264
Різьбонарізання M16x1,5	-	14,0	-	23	2,8	279

Табличні значення режимів різання коригуються в залежності від змінених умов роботи за формулами коригування карта 52. Формули зведені в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 - Формули коригування табличних значень

Перехід	Режими різання	Формула коригування
Свердління	Подача S	$S = S_{OT} \cdot K_{SM}$
	Швидкість V	$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{VII} \cdot K_{VII} \cdot K_{VL} \cdot K_{VW}$
	Потужність N	$N = N_T / K_{NM}$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
Цекування, зенкування	Подача S	$S = S_{OT} \cdot K_{SM}$
	Швидкість V	$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{VII} \cdot K_{VII} \cdot K_{VW}$
	Потужність N	$N = N_T / K_{NM}$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
Різьбонарізання	Швидкість V	$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VK}$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
	Обертаючий момент	$M_{KP} = M_{KPT} / K_{MM}$
	M <sub>KP</sub>	

Значення поправочних коефіцієнтів вибираються по карті 53 і зводяться в таблицю 5.8.

Таблиця 5.8 - Значення поправочних коефіцієнтів на режими різання під час свердління, зенкування і різьбонарізання

Коефіцієнт	$K_{SM}$	$K_{VM}$	$K_{V3}$	$K_{VЖ}$	$K_{VT}$	$K_{VII}$	$K_{VII}$	$K_{VL}$	$K_{VW}$	$K_{VK}$	$K_{NM}$	$K_{PM}$	$K_{MM}$
Значення	0,85	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85

Частота обертання шпинделя для скоригованої швидкості різання розраховується за формулою (28). Скориговані значення режимів різання зведені в таблицю 17. Прийняті частоти обертання шпинделя за паспортом верстата і фактична швидкість різання за формулою (29) зведені в таблицю 5.9.



Таблиця 5.9 - Скориговані значення режимів різання під час свердління, зенкування і різьбонарізання

Перехід	$S_o$ , мм/об	$V$ , м/хв	$N$ , кВт	$P$ , Н	$M_{кр}$ , Н·м	$n$ , об/хв	$n_{\phi}$ , об/хв	$V_{\phi}$ , м/хв
Центрування	0,08	23,2	0,22	682	-	1847	1600	20,1
Свердління $\varnothing 25$	0,36	15,0	2,94	12547	-	191	200	15,7
Свердління $\varnothing 14,5$	0,33	16,5	1,93	7205	-	362	315	14,3
Цекування $\varnothing 26 \times 3$	0,15	8,1	4,95	1806	-	99	100	8,2
Зенкування $1,6 \times 45^\circ$	0,06	12,5	0,53	216	-	225	200	11,1
Різьбонарізання $M16 \times 1,5$	-	11,9	-	27	3,29	237	160	8,0

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_M = n_{\phi} \cdot S_o, \quad (5.5)$$

при центруванні:  $S_M = 1600 \cdot 0,08 = 128$  мм/хв;

при свердлінні  $\varnothing 25$ :  $S_M = 200 \cdot 0,36 = 72$  мм/хв;

при свердлінні  $\varnothing 14,5$ :  $S_M = 315 \cdot 0,33 = 104$  мм/хв;

при цекуванню  $\square 26 \times 3$ :  $S_M = 100 \cdot 0,15 = 15$  мм/хв;

при зенкуванню  $1,6 \times 45^\circ$ :  $S_M = 200 \cdot 0,06 = 12$  мм/хв;

при нарізанні різьблення  $M16 \times 2$ :  $S_M = 160 \cdot 2,0 = 320$  мм/хв.

З усіх розрахованих переходів найбільша потужність різання відповідає цекуванню  $\varnothing 26 \times 3$  -  $N = 4,95$  кВт.

Згідно з паспортом верстата потужність його двигуна  $N = 7,5$  кВт, коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,84$  (для  $n = 100$  об/хв по [14] с.14, таблиця 6.5).

Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (31):

$$N_{шп} = 7,5 \cdot 0,84 = 6,3 \text{ кВт.}$$

Жодне з розрахованих значень не перевищує потужності приводу головного руху верстата. Отже, встановлений режим різання по потужності здійснимо.

Норми часу на операції фрезерної з ЧПК

Час автоматичної роботи верстата за програмою визначено на кресленні ВІ 21510026-03 ОН і зведено в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10 - Режими різання і норми часу на операцію 055

Переходи	Вибір і розрахунок режимів різання і часу									
	D, мм	t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	n, об/хв	V <sub>ф</sub> , м/хв	N <sub>ф</sub> , кВт	S <sub>мин</sub> , мм/хв	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>ЦА</sub> , хв	T <sub>В</sub> , хв
Центрування 9 отв.	4,0	2,0	0,08	1600	20,1	0,22	128	0,38	9,30	3,07
Свердління 8 отв. Ø25	25,0	12,5	0,36	200	15,7	2,94	72	6,40		
Свердління отв. Ø14,5	14,5	7,25	0,33	315	14,3	1,93	104	0,34		
Цекування Ø26x3	26,0	5,75	0,15	100	8,2	4,95	15	0,27		
Зенкування фаски 1,6x45°	17,7	1,6	0,06	200	11,1	0,53	12	0,75		
Нарізання різьблення M16x2	16	-	-	160	8,0	-	320	0,16		
Штучний час Tшт, хв								13,36		

Допоміжний час визначається за формулою (34):

- час на установку-зняття деталі  $T_{B.уст.} = 1,25$  хв по [21] карта 13;
- час, пов'язаний з операцією  $T_{B.он.} = 0,70$  хв по [21] карта 14;
- час на вимірювання  $T_{B.изм.} = 1,12$  мин по [21] карта 15.

$$T_B = 1,25 + 0,70 + 1,12 = 3,07 \text{ хв.}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [21] с.90, карта 16:  $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 8\%$ .

Норми штучного часу розраховуються за формулою (36):

$$T_{шт} = (9,30 + 3,07) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 13,36 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу ТПЗ визначається по [21] с.96, карта 21 і складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту та приладдя - 9,0 хв;
- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації - 2,5 хв;
- часу на інструктаж майстра - 6,0 хв;
- часу на установку первісний режим роботи верстата - 0,25 хв;
- часу на свій пристрій для подачі МОР - 0,25 хв.

$$T_{ПЗ} = 9,0 + 2,5 + 6,0 + 0,25 + 0,25 = 18,0 \text{ хв.}$$

## 6 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Проектування верстатного пристрою.

Згідно завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій для обробки деталі на операції 055 фрезерної з ЧПК.

Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональну систему універсальних безналагоджувальних пристроїв [22] с.205.

Базова модель пристрою взята з [22] с.211. Це стіл нерухомий круглий з пневматичним затискачем і Т-образними пазами.

Столи нерухомі круглі призначені для установки і закріплення заготовок при виконанні свердлильних, фрезерних та інших видів верстатних робіт. Конструкція столів дозволяє закріплювати заготовки безпосередньо на настановній поверхні столу, а також застосовувати змінні установчі налагодження і накладні кондуктори.

Конструкція столу передбачає застосування додаткових налагоджень для одночасного закріплення двох і більше заготовок, а також використання в якості пневмопривода для спеціальних верстатних пристроїв.

### Технічна характеристика пристрою:

Робочий тиск, МПа	0,4
Діаметр штока, мм	40
Діаметр пневмоциліндра, мм	200
Хід штока, мм	12
Габаритні розміри пристрою, мм:	
- довжина	437
- ширина	320
- висота	203...215
Маса пристрою, кг	63

### Визначення похибки базування

Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалися умови:

$$\varepsilon_B \leq \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (6.1)$$

де  $\varepsilon_B$  - дійсна похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{доп}}$  - допустима похибка базування, мм.

Дійсна похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_B = \frac{\delta_D + \delta_{\text{ЭП}}}{2}, \quad (6.2)$$

де  $\delta_D$  - допуск внутрішнього діаметра деталі  $\varnothing 27H11(^{+0,13})$ ,  $\delta_D=0,13$  мм;

$\delta_{ЭП}$  - допуск зовнішнього діаметра елемента пристрою  $\varnothing 27f9 \begin{matrix} -0,020 \\ -0,072 \end{matrix}$ ),  $\delta_{ЭП}=0,052$  мм.

$$\varepsilon_B = \frac{0,13+0,052}{2} = 0,091 \text{ мм.}$$

Допустима похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega, \quad (6.3)$$

де  $\delta$  - допуск на розмір деталі (на міжцентрову відстань):  $\delta = 0,60$  мм;

$\omega$  - точність обробки деталі, що досягається при виконанні даної операції, по [7] с.16, таблиці 7 і 8:  $\omega = 0,05$  мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,60 - 0,05 = 0,55 \text{ мм.}$$

Умова (1.38) виконується ( $0,091 < 0,55$ ), отже, обробка на даній операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

Розрахунок сил закріплення заготовки

Сили, що діють на заготовку, представлені на рисунку 6.1.

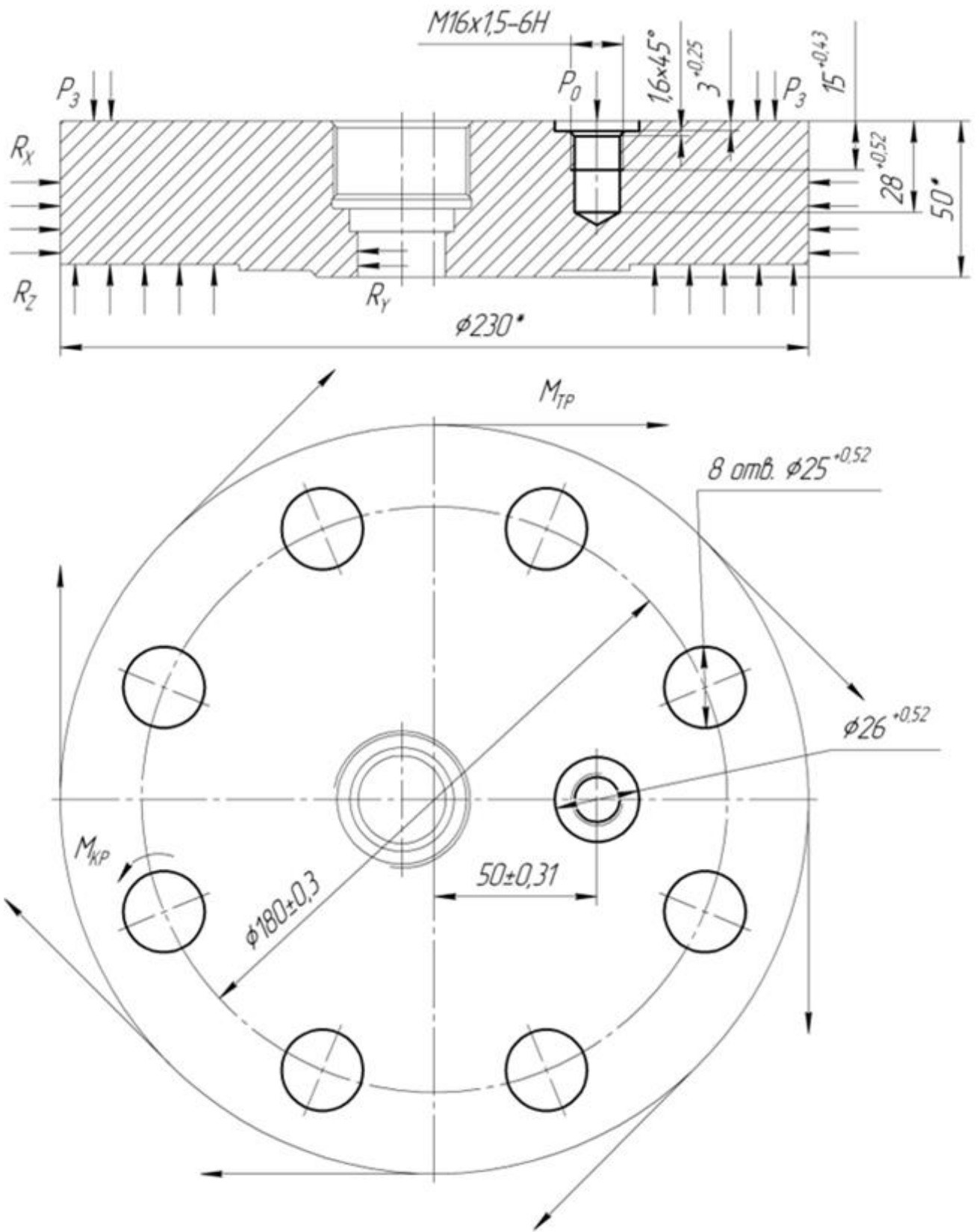


Рисунок 6.1 - Сили, що діють на заготовку

З умови непроворота заготовки для циліндричної заготовки діаметром бази  $D$  встановленої в оправці і навантаженої крутним моментом сила закріплення  $P_3$  визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{KP}}{R \cdot f}, \quad (6.4)$$

де  $K$  - коефіцієнт запасу;

$M_{KP}$  - крутний момент, діючий на заготовку під час свердління, Н·м;

$R$  - приведений радіус точки прикладання сили, м;

$f$  - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами, по [17] с.85, таблиця 10 при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристосування  $f = 0,16$ .

Коефіцієнт запасу  $K$  вводять в формули при обчисленні сили  $P_3$  для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [17] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (6.5)$$

де  $K_0$  - коефіцієнт гарантованого запасу,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях, при чистової обробки  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [17] с.84, таблиця 9  $K_2 = 1,10$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні,  $K_3 = 1,0$ ;



$K_4$  - коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоциліндрів подвійної дії  $K_4 = 1,0$ ;

$K_5$  - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  - коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку,  $K_6 = 1,5$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,48$$

Оскільки розрахункове значення коефіцієнта запасу  $K$  виявилось менше 2,5, приймаємо значення  $K=2,5$ .

Крутний момент, діючий на заготовку під час свердління, визначається за формулою (найбільший момент при свердлінні отвору  $\square 25$  мм див. таблицю 18):

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D_{cv}^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (6.6)$$

де  $C_M$  - коефіцієнт, по [17] с.281, таблиця 32:  $C_M = 0,0345$ ;

$q, y$  - показники ступеня, по [17] с.281, таблиця 32:  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ ;  
;

$D_{cv}$  - діаметр свердла,  $D_{cv} = 25$  мм;

$S$  - подача під час свердління,  $S = 0,36$  мм/об див. таблицю 1.18;

$K_p$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від якості оброблюваного матеріалу і визначається виразом:  $K_p = K_{MP}$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.7)$$

де  $\sigma_B$  - тимчасовий опір,  $\sigma_B = 590$  МПа див. таблицю 1.3;

$n$  - показник ступеня, по [17] с.264, таблицю 9,  $n = 0,75$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,84.$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу, визначаємо крутний момент при свердлінні:

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 25^{2,0} \cdot 0,36^{0,8} \cdot 0,84 = 80,0 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Наведений радіус точки прикладання сили, визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (6.8)$$

- де  $D$  - більший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  
 $D=0,230$  м;
- $d$  - менший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,  
 $d=0,120$  м.

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,230^3 - 0,120^3}{0,230^2 - 0,120^2} = 0,090 \text{ м.}$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу, визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 80}{2 \cdot 0,090 \cdot 0,16} = 6944 \text{ Н.}$$

Вибір і розрахунок силового приводу

Дійсна сила на штоку для циліндра двосторонньої дії при подачі повітря в штокову порожнину розраховується за формулою:

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{II}^2 - d_{III}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (6.9)$$

- де  $D_{II}$  - діаметр пневмоциліндра, мм;
- $d_{III}$  - діаметр штока, приймаєм  $d_{III} = 40$  мм;
- $p$  - розрахунковий тиск,  $p = 0,4$  МПа;
- $\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,9$ .

Діаметр пневмоциліндра, що забезпечує необхідну силу закріплення заготовки, визначається за формулою:

$$D_{II} = \sqrt{d_{III}^2 + \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (6.1.1)$$

$$D_{II} = \sqrt{40^2 + \frac{4 \cdot 6944}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 162 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарного поршневого пневмоциліндра по [17] с.91, таблиця 17:  $D_{II} = 200$  мм.

Дійсна сила закріплення заготовки на штоку пневмоциліндра:

$$P_d = \frac{3,14}{4} \cdot (200^2 - 40^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 10852 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

## ВИСНОВКИ

Результати виконаної кваліфікаційної роботи бакалавра показують, що в процесі аналізу базового (заводського) технологічного процесу було виявлено кілька недоліків, які були успішно усунуті. Вартість та трудомісткість виконання технологічних операцій були оцінені з використанням технічного нормування операцій. Цей підхід дозволив оцінити ефективність проектного технологічного процесу, а також підтвердити досягнуті позитивні результати шляхом усунення недоліків.

Застосування технічного нормування операцій виявилось корисним інструментом для оцінки та визначення параметрів технологічних операцій у процесі удосконалення базового технологічного процесу. Аналіз та усунення виявлених недоліків сприяли покращенню ефективності процесу, зниженню вартості та трудомісткості виконання операцій. Це підтверджує значущість проведених дій удосконалення технологічного процесу та їхній позитивний вплив на виробничі результати.

Отримані результати свідчать про вагомую роль аналізу базового технологічного процесу та пошуку шляхів для його вдосконалення. Усунення недоліків дозволило підвищити якість виготовленої продукції, зменшити затрати на виробництво та збільшити конкурентоспроможність підприємства. Використання технічного нормування операцій виявилось ефективним інструментом для систематичного підходу до оцінки та контролю параметрів технологічних операцій, що сприяє покращенню управління виробничим процесом.

Таким чином, отримані результати підтверджують необхідність системного аналізу технологічних процесів та постійного удосконалення для досягнення оптимальних показників продуктивності та ефективності виробництва. Розробка та впровадження покращених технологічних процесів є ключовими факторами успіху в конкурентній сфері, де ефективність та економічність грають вирішальну роль.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи / укладачі: І.М.Дегтярьов, А. В. Євтухов, А. О. Нешта. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 37 с.
2. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навчальний посібник / П. О. Руденко. – Київ : Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів» у випускній роботі бакалаврів, курсових проектах зі спеціальностей та диплом. проектах: для студ. спец.: 6.090202, 6.090204, 6.090522, 7.090202 усіх форм навчання / укл.: О.О. Топоров. – Суми : СумДУ, 2001. – 25 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” / Укл.: П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – Ч. 1. – 52с.
5. Кушніров П.В., Євтухов А.В., Дегтярьов І.М. Технологічна оснастка [Електронний ресурс]: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. - 140 с.
6. Євтухов, В. Г. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів : для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / В. Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2017. – 44 с
7. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с
8. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. ДСТУ ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. – 52 с.