

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*магістр*

(назва освітнього ступеня)

на тему:

*Розроблення технології виготовлення*

*корпуса ПС-10А.43.005 з дослідженням технологій*

*обробки торцевих канавок*

Виконав (ла): студент (ка) VI курсу, групи МТмз-61

спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

*Півторак О.М.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

*Комар Р.В.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

*Дячун А.Є.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

*Окіпний І.Б.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

*Олексюк В.П.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Півтораку Олегу Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення  
корпуса ПС-10А.43.005 з дослідженням технологій  
обробки торцевих канавок

Керівник роботи Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» серпня 2020 року № 4/7-592

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, технічні умови на виготовлення;  
річна програма випуску N = 20000 шт.; базовий технологічний процес виготовлення  
корпуса ПС-10А.43.005

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Проектна частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Аналіз сучасної оснастки, інструменту та технологій обробки  
торцевих канавок (1 арк. А1).

Складальні креслення пристроїв для механічної обробки деталі (2 арк. А1).

Схеми технологічних налагодок на операції механічної обробки (2 арк. А1).

Компонувальний план механічного цеху та план розміщення обладнання  
на ділянці (1 арк. А1).



## ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу .....	2
Реферат .....	4
Вступ .....	6
1 Аналітична частина .....	7
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи .....	7
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми .....	14
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу .....	16
2 Науково-дослідна частина .....	18
2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження .....	18
2.2 Обробка результатів досліджень .....	20
2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації .....	23
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень .....	28
3 Технологічно-конструкторська частина .....	32
3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва .....	32
3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу .....	33
3.3 Визначення кількості обладнання .....	59
3.4 Конструювання спеціального оснащення та інструменту .....	62
4 Проектна частина .....	68
4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху .....	70
4.2 Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на дільниці .....	59
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	73
Висновки .....	78
Перелік посилань .....	79
Додатки .....	81

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи магістра на тему:

«Розроблення технології виготовлення корпусу ПС-10А.43.005 з дослідженням технологій обробки торцевих канавок»

**Актуальність теми роботи.** Корпусні деталі призначені для розміщення на них інших складових виробів вузлів різноманітних механізмів за рахунок їх монтажу чи фіксації у різного роду отвори, пази або площини. Технології обробки таких поверхонь є досить розвинутими, проте є поверхні корпусних деталей, які не відносяться до основних, але вони також виконують важливі функції у вузлах. До таких поверхонь відносяться торцеві канавки, які є установчими поверхнями для інших складових вузла, а отже можуть мати саме різноманітне виконання в плані поперечного січення. Вони можуть мати значну глибину, бути конусоподібними чи ступінчастими. На основі проведеного аналізу інформації про обробку канавок можна окреслити наступні проблеми: довгі вильоти та утруднене видалення стружки. Довгі вильоти можуть викликати проблеми з відводом стружки і з вібрацією. Вібрація і утруднене видалення стружки можуть привести до поломки ріжучої пластини. Складнощі з видаленням стружки також можуть спричинити низьку якість поверхні. Відповідно дослідження технологій обробки торцевих канавок, паралельно із розробкою технологічного процесу виготовлення деталі класу «корпус» і проектування виробничої ділянки для його здійснення є актуальним завданням даної роботи.

**Мета і завдання досліджень:** розробити проект механічної ділянки цеху для виробництва корпусу ПС-10А.43.005 з дослідженням технологій обробки торцевих канавок.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об'єктом дослідження є технологічні процеси точіння торцевих канавок і технологічний процес виготовлення деталі класу «корпус». Методи виконання роботи:

аналітичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

**Отримані результати:**

- проаналізовано сучасні технології обробки торцевих канавок і конструкцій інструменту для їх реалізації;
- методом аналізу результатів обробки досліджено вплив конструктивних параметрів різців і різцевих головок на режими обробки;
- проаналізовано службове призначення, конструктивні особливості та характеристики об'єкту виробництва;
- розроблено технологічний процес виробництва деталі класу «корпус», для якого проведено вибір обладнання, ріжучого і вимірного інструменту, оснастки, розраховано режими обробки та норми часу;
- проведено конструювання технологічного оснащення для проведення операцій мехобробки;
- розроблено проект ділянки механічного цеху для проведення технологічного процесу виготовлення деталі класу «корпус».

**Практичне значення отриманих результатів.** Спроектовано технологічний процес виготовлення деталі класу «корпус», який може бути впроваджений у виробництво. Запропоновано практичні рекомендації щодо вирішення проблем технологій обробки, які мають місце під час точіння торцевих канавок.

**Апробація.** Загальні аспекти результатів досліджень, а саме «Дослідження технологій обробки торцевих канавок» доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції у ТНТУ ім. І.Пулюя, 2020 р.

## ВСТУП

Оскільки торцеві є поширеними, а у більшості випадків відповідальними, конструктивними елементами валів, корпусних деталей, важелів та інших деталей машин – то саме дослідження технологій їх виготовлення та обробки стали об'єктом даних досліджень. Обробка канавок на торцевих поверхнях проводиться спеціалізованим інструментом і найпродуктивнішим способом обробки торцевих канавок є точіння. Особливістю є те, що інструмент повинен поміститися в канавці, яку він сам формує – для цього інструмент повинен бути зігнутим. Канавочні операції не мають жорстких вимог щодо інструменту з точки зору міцності, однак, є вимоги до точності виконання самої канавки і якості обробки поверхонь. Під час обробки торцевої канавки з обох боків інструменту знаходиться матеріал заготовки і ріжуча кромка зазвичай дуже вузька, тобто інструмент працює в умовах обмеженого простору.

Відповідно поряд із дослідженням технологій обробки торцевих канавок предметом досліджень є конструкції сучасного інструменту для забезпечення технологічних процесів виготовлення торцевих канавок, оскільки складно забезпечити ламання та видалення стружки при значному поглибленні різця в заготовку, тому основним завданням є надійне видалення стружки без задирів на обробленій поверхні. Це вирішується за рахунок геометрії передньої поверхні ріжучої пластини, а також напряму залежить як від технології обробки, так і від конструкції використовуваного інструменту.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи

Канавки є поширеними конструктивними елементами валів, корпусних деталей, важелів та інших деталей машин. Аналіз сучасних технологічних процесів оброблення такого типу деталей свідчить, що значну частину загальної трудомісткості обробки складають технологічні переходи обробки саме канавок різноманітного січення.

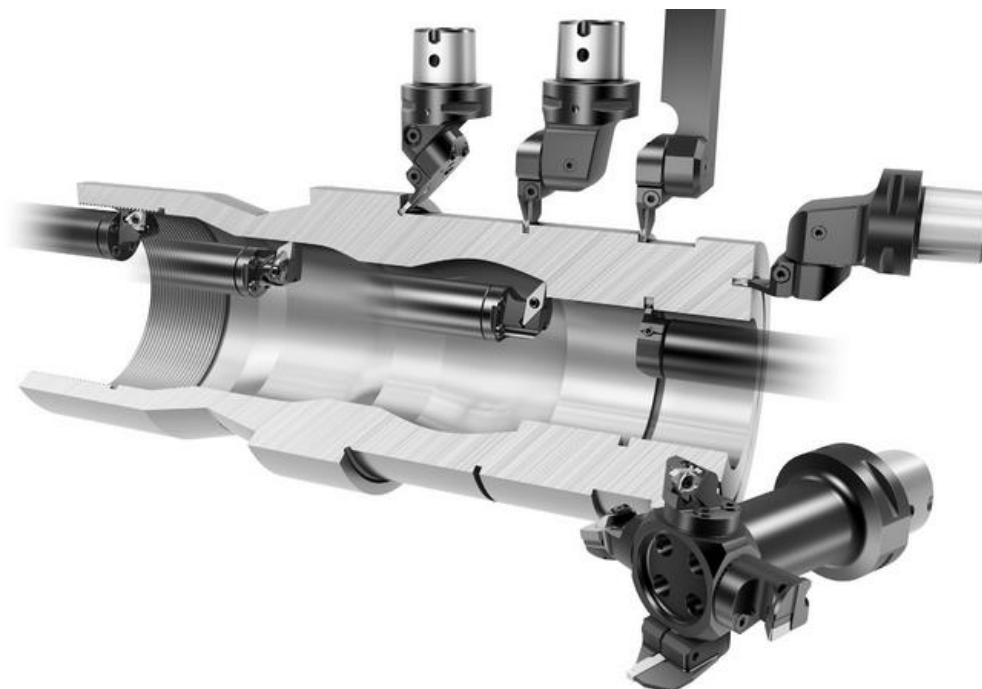


Рисунок 1.1 – Способи обробки канавок деталі типу «пустотілий вал»

Елементи корпусних деталей – канавки є важливими площинами фактично всіх вузлів та їх складових деталей. Відповідно на даний час інструментальними виробниками проводяться дослідження як по вдосконаленню існуючих інструментів та оснастки так і по розробці нових конструкцій та технологій обробки. Світові інструментальні розробники ISCAR [7], Sandvik Coromant [2], Taegutec [3], Seco [4], Arno-Werkzeuge [5] та Walter AG [6] промислово виготовляють широку номенклатуру різальних



інструментів, відповідно аналіз конструкцій різців для обробки торцевих канавок доцільно проводити орієнтуючись на продукцію та технології обробки вище вказаних брендів. Попередньо було проаналізовано перспективність використання подібних технологій та інструменту [7].

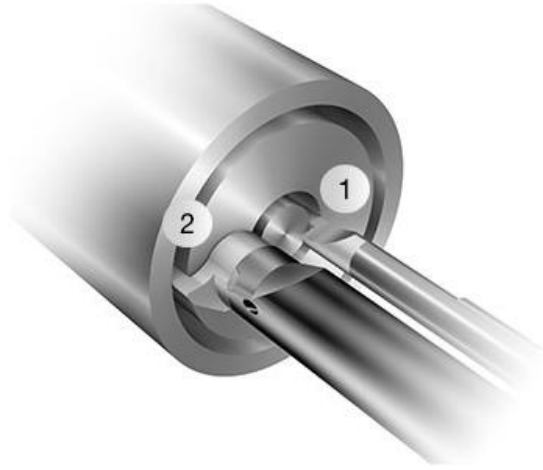


Рисунок 1.2 – Типи ріжучого інструменту для проточування канавок класу «CoroCut» від SandvikCoromat [2]:

1 – CoroTurt® XS (макс. глибина різання 2-30 мм; ширина різання 1-5 мм; мін.  $\varnothing$  канавки 6 мм); 2 – CoroTurt® MB (макс. глибина різання 1,5-10 мм; ширина різання 1-4 мм; мін.  $\varnothing$  канавки 12 мм).

Цікаві конструктивно-технологічні рішення представлені у продукції від Arno-Werkzeuge [5]. Типи ріжучого інструменту і його технологічні можливості представлені на рис.1.3. Заштриховані зони демонструють області застосування і послідовність обробки із застосування спеціального інструменту серії NC, який використовується для обробки сталених заготовок із середньою швидкістю проточування 150 м/хв. і подачею від 0,1 до 0,25 мм/об. Даний виробник також спеціалізується на тримачах до інструменту для проточування канавок. Модульний принцип, закладений в конструкцію тримачів, дозволяє реалізувати прямий і перевернутий монтаж модулів і лез. Тримачі дозволяють проводити операції по проточуванню в діапазоні діаметрів від 32 мм до 140 мм з шириною пластини від 1,5 мм до 4 мм. Всі тримачі оснащені системою підведення MOP.

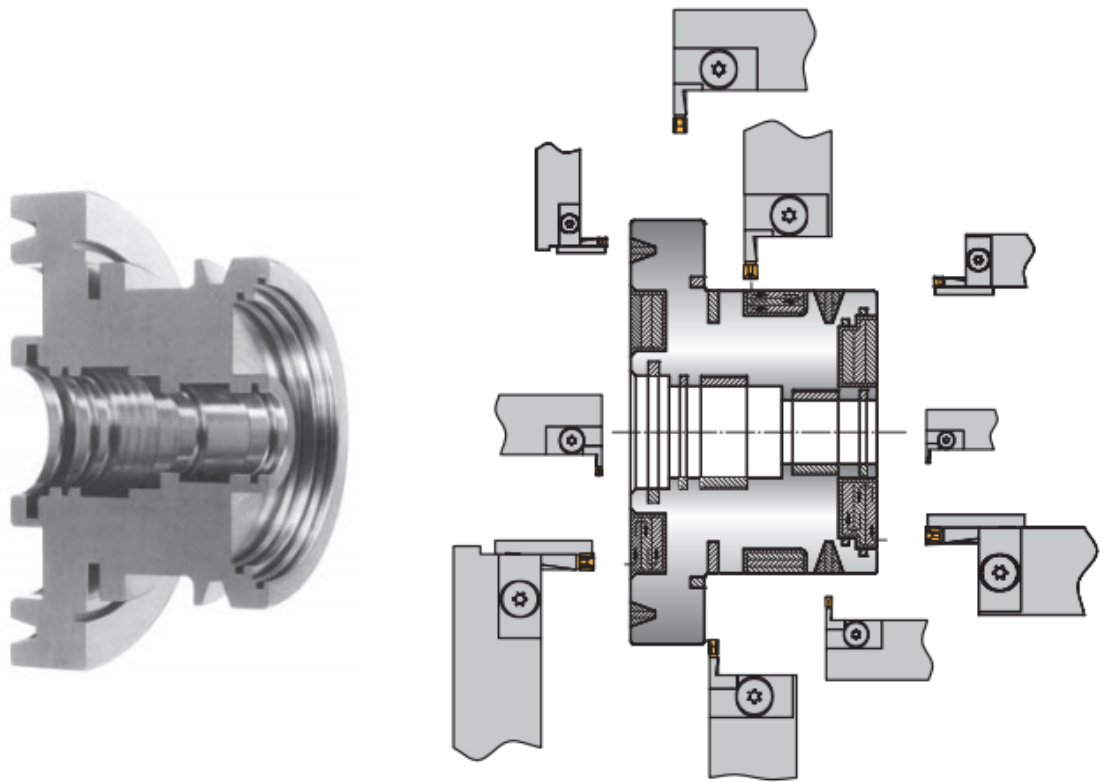


Рисунок 1.3 – Типи ріжучого інструменту і його технологічні можливості від Arno-Werkzeuge [5].

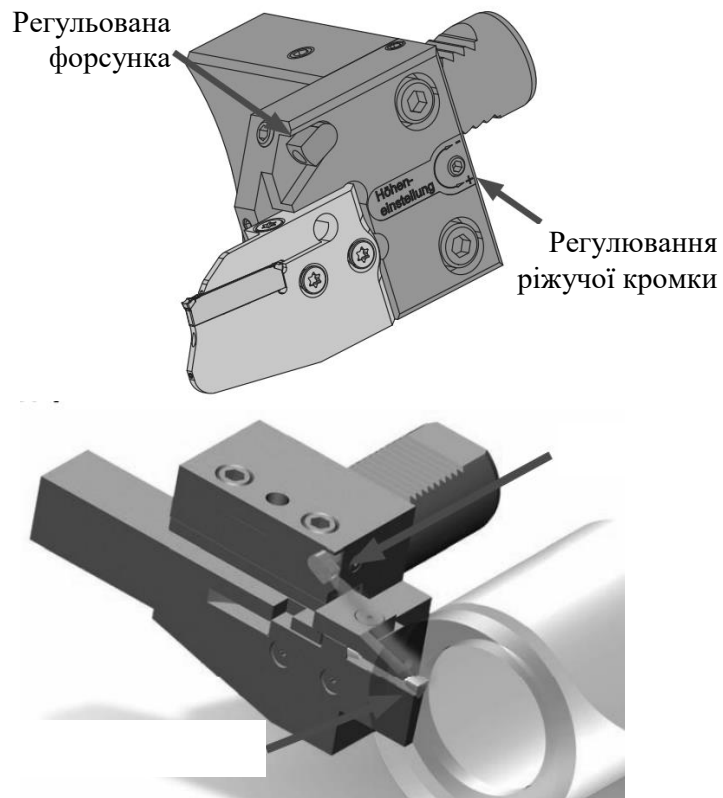


Рисунок 1.4 – Тримач типу «Міуано» від Arno-Werkzeuge [5]

Система охолодження ACS (Arno-Cooling-System) має запатентовану інтегровану систему підведення МОР. Канали інтегровані в корпус модуля і направляють потік МОР уздовж тіла пластини безпосередньо в зону різання. Це дозволяє знизити температуру в зоні різання, знизити знос і підвищити продуктивність обробки. Основними перевагами є контрольований напрям потоку МОР, ефективне охолодження інструменту, зниження ймовірності наростоутворення, підвищення ефективності стружко утворення, підвищення якості обробленої поверхні, можливе підвищення режимів різання, підвищення продуктивності.

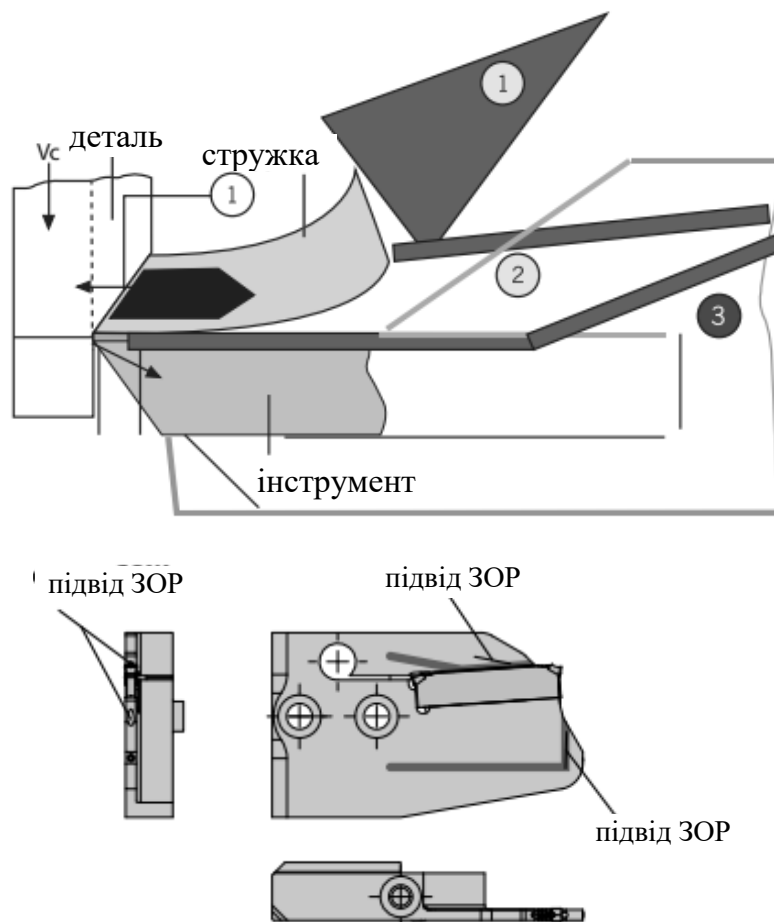


Рисунок 1.5 – Принцип функціонування системи охолодження ACS:  
 1 – зовнішній підвід МОР через форсунку; 2 – класичний внутрішній підвід МОР; 3 – підвід МОР згідно системи ACS

Заслуговує уваги конструкція різцевого інструменту системи Clip-Groove

від тієї ж Arno-Werkzeuge [5]. Дана конструкція містить змінні пластини з трьома ріжучими кромками. Пластини дозволяють проводити обробку канавок максимальною глибиною 10 мм. Інструмент забезпечує високі геометричні параметри і високу якість оброблених поверхонь. Комбінація високої жорсткості пластини, закладеної конструктивно і надійної фіксації пластини забезпечує високий потенціал продуктивності і стійкості.

Особливостями є наступні характеристики: максимальна глибина врізання 10 мм., перетин хвостовиків державок 16x16; 20x20; 25x25 мм., ширина пластин 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 мм., шліфовані робочі поверхні, точність < 0,02 мм., сплави для обробки сталі і неіржавіючої сталі.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд інструменту для обробки торцевих канавок системи Clip-Groove [5]

Канавочні операції не так вимогливі до інструменту з точки зору міцності, однак, є вимоги до точності виконання канавки і якості обробки поверхонь. Процес обробки схожий на підрізування торця в процесі звичайної токарної обробки. При проточуванні канавки з обох боків інструменту знаходиться матеріал заготовки і ріжуча кромка зазвичай дуже вузька, тобто інструмент працює в умовах обмеженого простору. Все це висуває особливі вимоги до надійності, жорсткості і функціональних можливостей інструменту. Також коли інструмент наближається до центру при постійній частоті обертання шпинделя, швидкість різання знижується і досягає нульового значення на осі деталі. У верстатах з ЧПК частота обертання шпинделя зростає при наближенні інструменту до центру деталі. Будь-яке зниження швидкості

різання негативно впливає на ріжучу кромку, внаслідок зростаючого на неї тиску.

Обробку торцевих канавок також успішно здійснюють за технологією трепануючого свердління [8]. Наприклад трепануюча свердлильна головка класу T-Max може обробляти канавки в діапазоні діаметрів 112,0-250 мм; забезпечувати глибину обробки:  $\leq 150 \times D_c$  (де  $D_c$  – діаметр головки); точність обробки IT10; шорсткість Ra: 3,0 мкм.

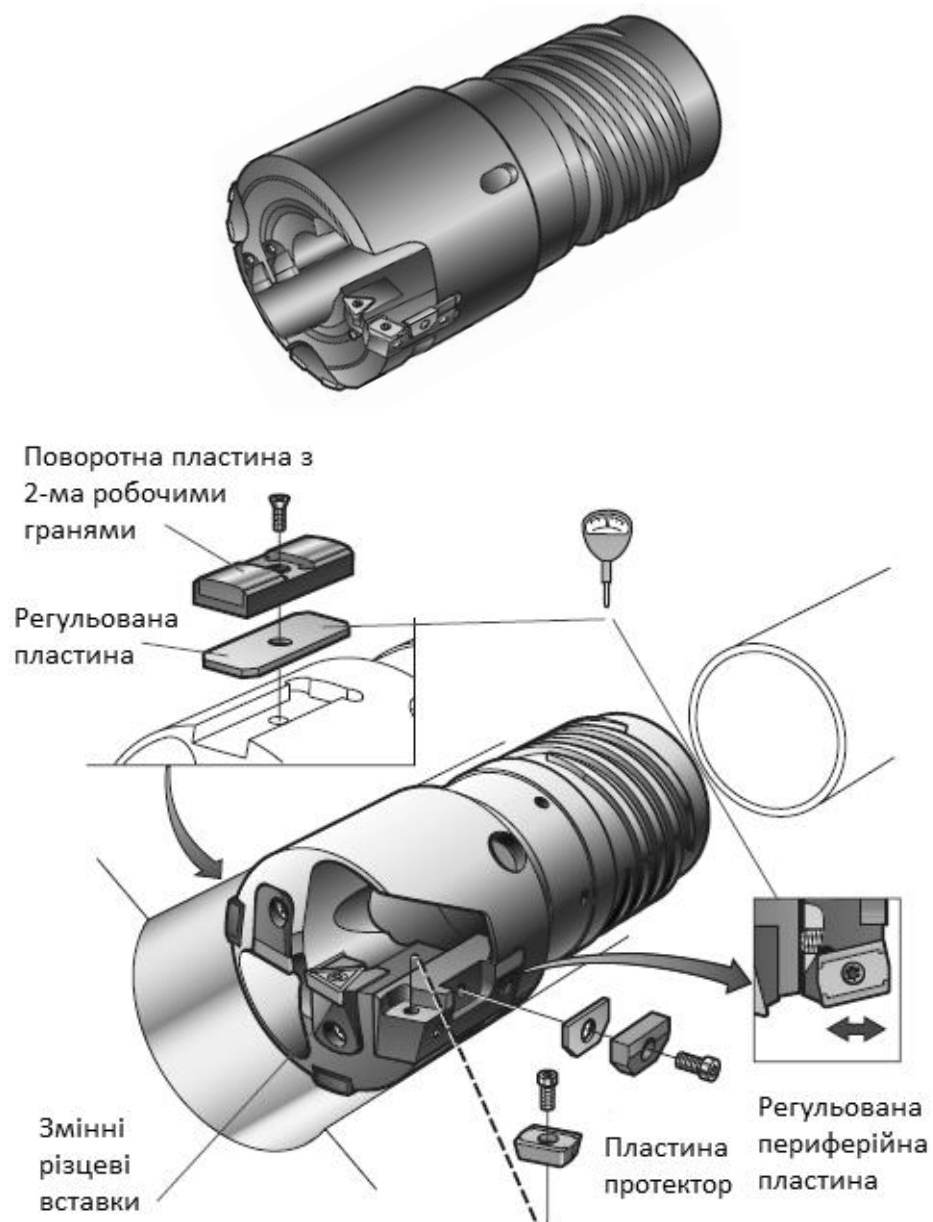


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд і конструктивна особливість свердлильної головки типу T-Max [8]

Відповідно до службового призначення канавок до них встановлюються певні вимоги до характеристик якості, які змінюються в широких межах. Так вільні поверхні канавок обробляють з точністю розмірів (IT14-IT12), точність базових поверхонь повинна бути в межах (IT8-IT9) та параметром шорсткості поверхні  $Ra=(1,25-2,5)$  мкм, а окремі деталі мають точність розмірів (IT5-IT6) та параметри шорсткості  $Ra=(0,04-0,16)$  мкм.

Сучасний інструмент для обробки торцевих канавок крім високої продуктивності має високий ступінь універсальності. Як і більшість токарних операцій, обробка канавок здійснюється інструментом зі змінними пластинами. Зазвичай, на тих операціях, де не потрібно великого вильоту інструменту, застосовують інструмент із звичайним хвостовиком призматичного перетину. Застосування такого типу інструменту забезпечує максимальну жорсткість і надійність обробки, що є важливими факторами при відрізуванні, обробці канавок, профільній обробці і точінні. Інструмент з регульованим вильотом ріжучих лез не забезпечує такої жорсткої налагодження. Проте при роботі з мінімальним вильотом вони також забезпечують стабільність обробки заготовок різного діаметру.

На основі проведеного аналізу інформації про точіння канавок можна окреслити наступні проблеми: довгі вильоти та утруднене видалення стружки – основні проблеми при обробці канавок. Довгі вильоти можуть викликати проблеми з відводом стружки і з вібрацією. Вібрація і утруднене видалення стружки можуть привести до поломки ріжучої пластини. Складнощі з видаленням стружки також можуть спричинити низьку якість поверхні. Отже однією з найважливіших проблем є видалення стружки. Дуже складно забезпечити ламання стружки при значному поглибленні різця в заготовку, тому основним завданням є надійне видалення стружки без задирів на обробленій поверхні, яка вирішується за рахунок геометрії передньої поверхні ріжучої пластини. При поганому відводі стружки можливе значне погіршення шорсткості обробленої поверхні і пакетування стружки, що веде до поломки різця. Також існує проблема довговічності і надійності інструменту.

## 1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Виявлені, внаслідок аналізу стану питання за літературними та іншими джерелами, проблеми можуть мати вирішення в результаті проведення досліджень технологій обробки торцевих канавок і конструкцій інструменту для їх виконання; дослідження впливу параметрів інструменту на режими обробки за результатами попередніх досліджень.

Обробка канавок на торцевих поверхнях проводиться спеціалізованим інструментом, а найдоцільнішим способом обробки торцевих канавок є точіння. Особливість в тому, що інструмент повинен поміститися в канавці, яку він сам виготовляє – для цього інструмент повинен бути зігнутим. При виборі інструмента для прорізання торцевої канавки необхідно брати до уваги величину як зовнішнього, так і внутрішнього діаметрів. Діаметр першого врізання обумовлюється для кожного різця. Коли обробляється широка торцева канавка, тільки перше врізання має виконуватися згідно обмеженням різця. При наступних врізаннях на менших діаметрах в канавці буде достатньо місця і для різця, і для стружки. Основні технологічні методи вирішення проблем обробки торцевих канавок:

- необхідно мінімізувати виліт інструменту для зниження ризику виникнення вібрацій;
- дотримання низької швидкості подачі при першому врізанні для уникнення пакетування стружки;
- для забезпечення надійного подрібнення стружки потрібно починати обробку з найбільшого діаметра, рухаючись послідовно до найменшого;
- якщо під час першого врізання процес стружкоутворення незадовільний, то доцільно застосувати технологію переривчастого врізання;
- перед початком обробки необхідно проаналізувати напрямок обертання деталі для того, щоб вибрати державку правого або лівого виконання в залежності від напрямку обертання заготовки.

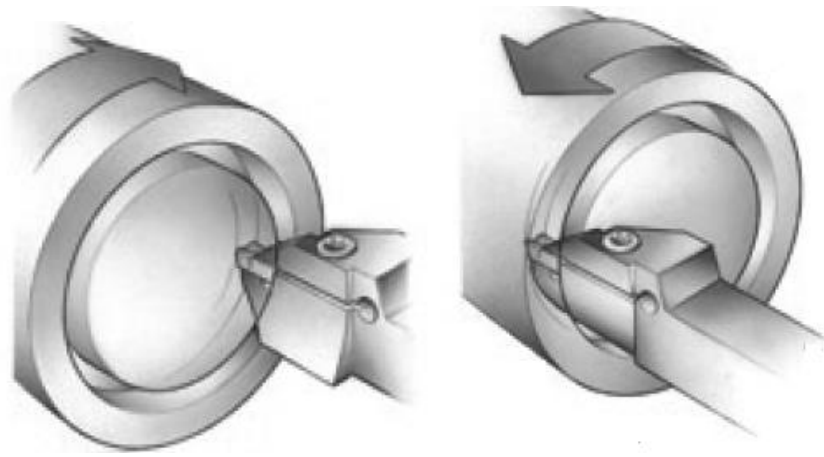


Рисунок 1.7 – Застосування державок правого або лівого виконання в залежності від напрямку обертання заготовки

Конструктивно вирішити вказані у розділі 1.1 проблеми обробки торцевих канавок можна застосуванням інструменту із змінними швидкоріжучими пластинами та підводом МОР безпосередньо в зону проточування канавки, а саме із внутрішнім підводом по державці.



Рисунок 1.8 – Перспективні конструкції інструменту для проточування торцевих канавок

Технічними особливостями для такого інструменту є:



- стабільне підпружинене кріплення з високою жорсткістю і точністю затискного зусилля;
- направляюча на посадочній поверхні під пластину, яка забезпечить стабільне і точне положення ріжучої пластини;
- відсутність потреби застосування динамометричного ключа, стабільне затискне зусилля забезпечується спеціальним ключем;
- високоточна подача МОР;
- легке під'єднання шлангів для подачі МОР завдяки адаптерам;
- міцний інструментальний матеріал (сплав з високою втомною міцністю).

Проблема довговічності і надійності інструменту на даний час вирішується застосуванням змінних швидкоріжучих пластин.

### **1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу**

Хоча під час виготовлення торцевих канавок присутні окремі проблеми як в технологіях обробки, так і технологічному оснащенні є прості та технологічні методи їх вирішення. Ці способи можна виявити провівши детальний аналіз технологій обробки торцевих канавок, а також конструкцій застосовуваного інструменту, тобто різців, оскільки найдоцільнішим способом обробки торцевих канавок є точіння. Відповідно потрібно дослідження впливу конструктивно-силових характеристик різцевого інструменту на режими обробки ним торцевих канавок.

На основі аналізу сучасних технологій обробки торцевих канавок узагальнити рекомендації щодо вибору способу і технології обробки. Виявити доцільність використання мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) і їх вплив на надійність процесу обробки канавок. Встановити причини виникнення вібрацій при точіння торцевих канавок, значення величини відтискання інструменту. Вибрати оптимальну кількість технологічних проходів при обробці канавок.

Крім досліджень технологій обробки торцевих канавок потрібно розробити технологічний процес механічної обробки заданої корпусної деталі. Для цього необхідно проаналізувати службове призначення та характеристики об'єкту виробництва, вибрати технологічний метод отримання заготовки з обґрунтуванням його доцільності, запропонувати декілька маршрутів обробки деталі, вибрати схеми базування на операціях механічної обробки, призначити режими різання та норми часу на операції, технологічне обладнання з оснащенням для здійснення технологічного процесу виготовлення деталі класу «корпус». Також потрібно провести конструювання затискних приспособлень для операцій механічної обробки виробу. І базуючись на даних щодо трудомісткості операцій за розробленим технологічним процесом виготовлення деталі, кількості обладнання і оснащення, а також відповідних розрахунків – розробити проект механічної дільниці механоскладального цеху для виготовлення заданої корпусної деталі.

Крім цього потрібно розробити рекомендації щодо охорони праці і безпеки життєдіяльності на випадок надзвичайних ситуацій у проектованому механічному цеху.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Оскільки торцеві є поширеними, а у більшості випадків відповідальними, конструктивними елементами валів, корпусних деталей, важелів та інших деталей машин – то саме дослідження технологій їх виготовлення та обробки стали об'єктом даних досліджень. Встановлено, що обробка канавок на торцевих поверхнях проводиться спеціалізованим інструментом і найпродуктивнішим способом обробки торцевих канавок є точіння. Особливістю є те, що інструмент повинен поміститися в канавці, яку він сам формує – для цього інструмент повинен бути зігнутим. Канавочні операції не мають жорстких вимог щодо інструменту з точки зору міцності, однак, є вимоги до точності виконання самої канавки і якості обробки поверхонь. Під час обробки торцевої канавки з обох боків інструменту знаходиться матеріал заготовки і ріжуча кромка зазвичай дуже вузька, тобто інструмент працює в умовах обмеженого простору. При виборі інструмента для прорізання першого врізання обумовлюється для кожного різця. Коли обробляється широка торцева канавка, тільки перше врізання має виконуватися згідно обмеження різця. При наступних врізаннях на менших діаметрах в канавці буде достатньо місця і для різця, і для стружки. Також вібрація і утруднене видалення стружки можуть привести до поломки ріжучої пластини. Відповідно поряд із дослідженням технологій обробки торцевих канавок предметом досліджень є конструкції сучасного інструменту для забезпечення технологічних процесів виготовлення торцевих канавок, оскільки складно забезпечити ламання та видалення стружки при значному поглибленні різця в заготовку, тому основним завданням є надійне видалення стружки без задирів на обробленій поверхні. Це вирішується за рахунок геометрії передньої поверхні ріжучої пластини, а також напряму залежить як від технології обробки, так і від конструкції використовуваного інструменту.

Прогнозовано, що використання подачі MOP під високим тиском буде позитивно впливати на ефективність і надійність процесів обробки канавок. Відповідно потрібно провести аналіз результатів обробки торцевих канавок з використанням мастильно-охолоджувальних рідин, які подаються в зону обробки під високим тиском.

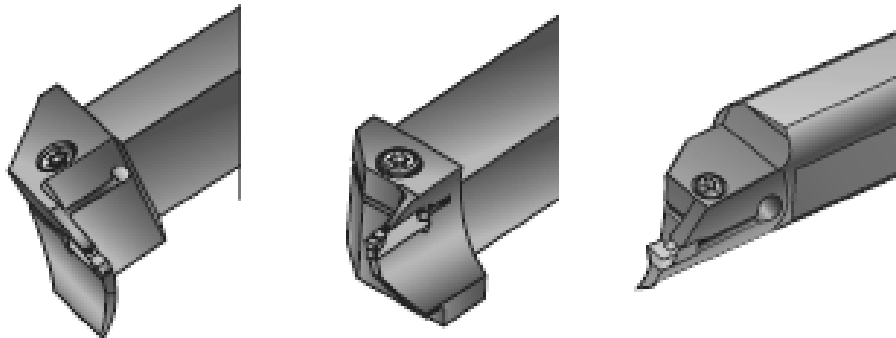


Рисунок 2.1 – Конструктивне виконання державок інструменту для обробки торцевих канавок

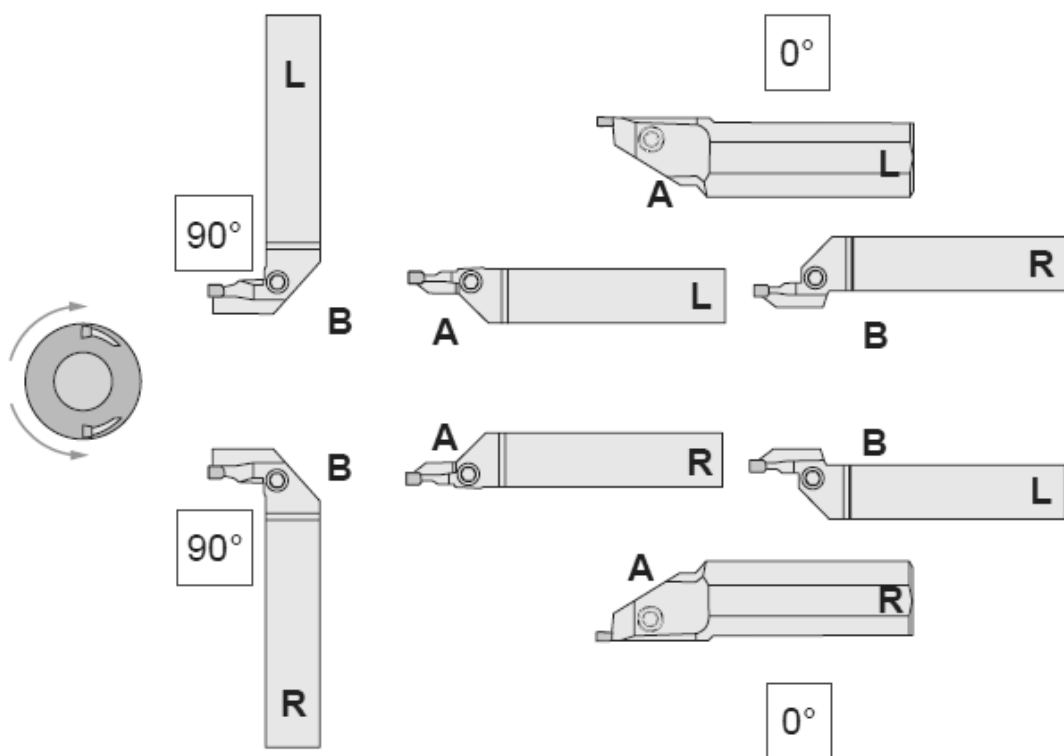


Рисунок 2.2 – Типи канавочного інструменту для різних варіантів обробки торцевих канавок: L – ліве виконання; R – праве виконання; 0°, 90° – пряме і зігнуте виконання; А – посилена конструкція; В – звичайне виконання

## 2.2 Обробка результатів досліджень

Сучасний інструмент для обробки торцевих канавок крім високої продуктивності має високий ступінь універсальності. Як і більшість токарних операцій, обробка канавок здійснюється інструментом зі змінними пластинами. Зазвичай, на тих операціях, де не потрібно великого вильоту інструменту, застосовують інструмент із звичайним хвостовиком призматичного перетину. Застосування такого типу інструменту забезпечує максимальну жорсткість і надійність обробки, що є важливими факторами при відрізуванні, обробці канавок, профільній обробці і точінні. Інструмент з регульованим вильотом ріжучих лез не забезпечує такої жорсткої налагодження. Проте при роботі з мінімальним вильотом вони також забезпечують стабільність обробки заготовок різного діаметру. Для цього існує спеціальна геометрія пластин. Жорсткість кріплення пластини дозволяє працювати з високими режимами різання і сприймати значні зусилля від радіальних сил різання.

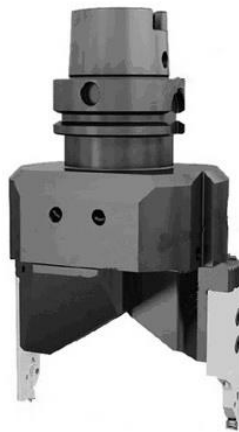


Рисунок 2.3 – Інструмент з регульованим вильотом ріжучих лез

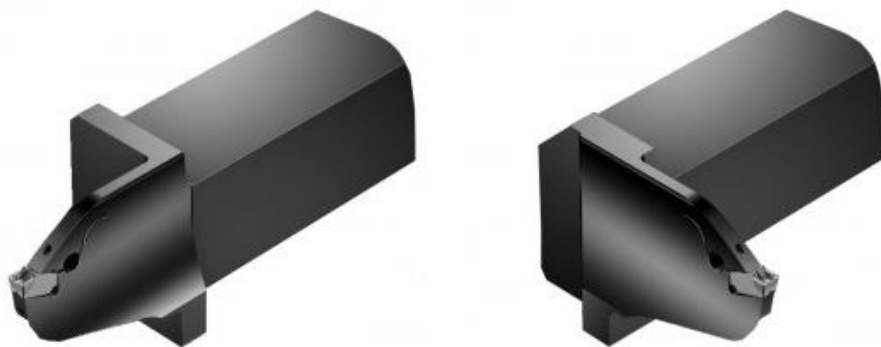


Рисунок 2.4 – Інструмент прямого і зігнутого виконання

Щоб забезпечити ламання стружки і збільшити стійкість при профільній обробці, потрібно достатньо навантажувати інструмент для уникнення вібрацій.

Зачисний ефект виникає при деякому нахилі пластини під дією сил різання, коли головна ріжуча кромка пластини працює як зачисна (рис.2.5). Таке конструктивне виконання дозволяє працювати з великими подачами і отримувати високу якість обробки. Порівняльний аналіз якості обробки торцевої канавки (матеріал – сталь 45; глибина врізання  $h_r = 1,5$  мм; радіус при вершині  $r_c = 0,4$  і  $0,8$  мм) наведено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.5 – Порівняння якості обробки при використанні стандартної пластини ( $r_{ISO}$ ) і пластини із зачисним ефектом ( $r_W$ )

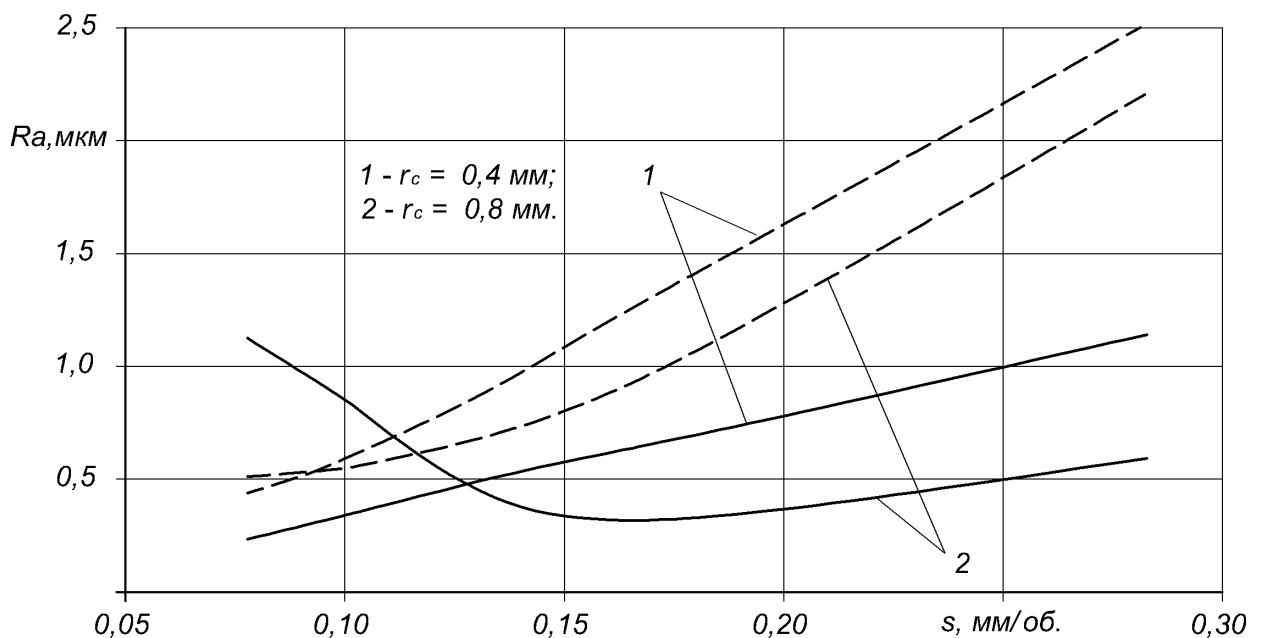


Рисунок 2.6 – Залежності шорсткості поверхні канавки від подачі:

- - - – обробка різцем із стандартною пластиною;
- — — – обробка різцем із зачисною пластиною

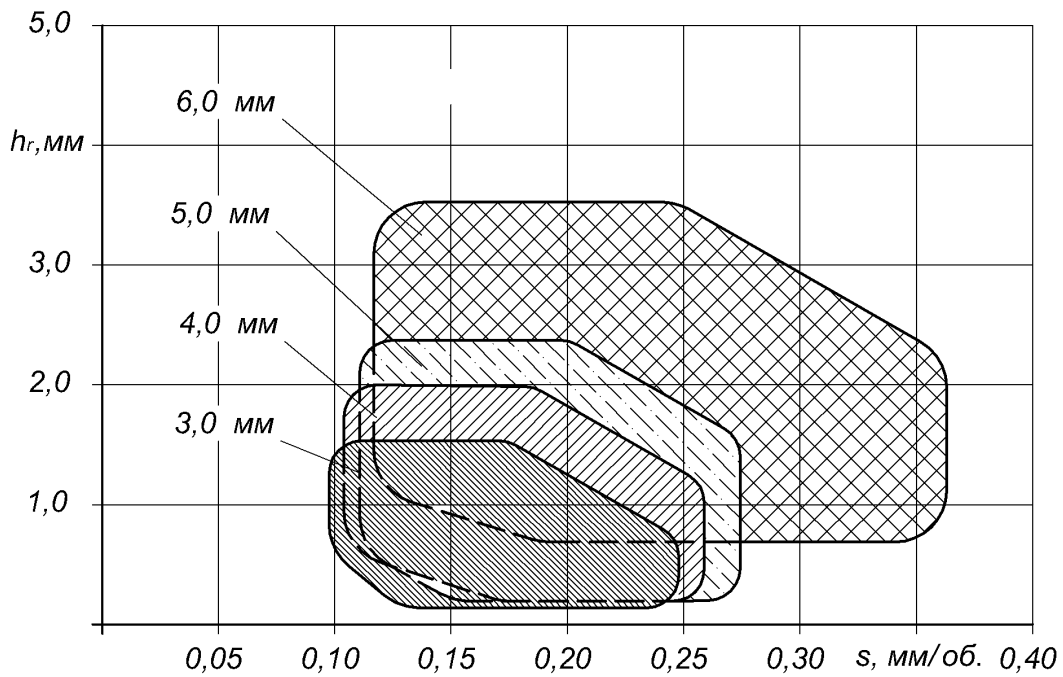


Рисунок 2.7 – Номограма для визначення оптимального співвідношення «глибина різання-подача» в залежності від товщини пластини

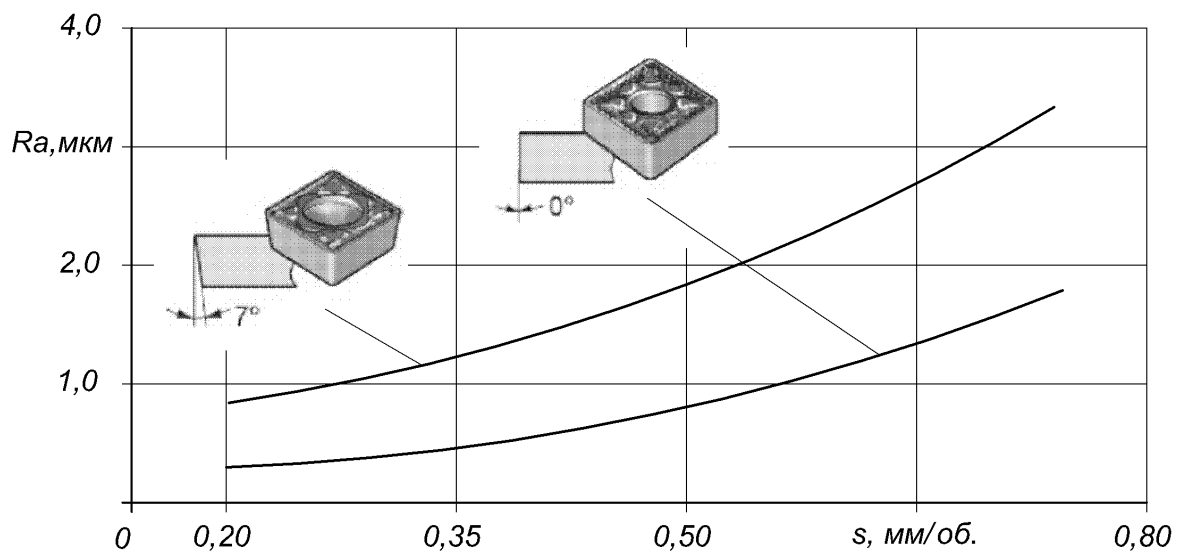


Рисунок 2.8 – Порівняльні залежності якості поверхні проточуваної канавки від геометрії пластини різця

Пластини із зачисним ефектом дозволяють працювати з високими подачами забезпечуючи при цьому високу якість поверхні і добре подрібнення стружки. Проте не рекомендовано застосовувати дані пластини при роботі з великим вильотом різця – можливі вібрації, які спричинять пришвидшене руйнування пластини, рекомендовано застосовувати antivібраційні оправки.

## 2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації

Установка і базування інструменту – важлива складова успіху обробки канавок. Потрібно встановлювати канавковий інструмент паралельно осі обертання деталі. Якщо дану умову порушити, сили різання не будуть збалансовані і це може привести до вібрацій, спотворень профілю канавки, пакетування стружки та ін. Вузькі канавки обробляються за одне врізання і розміри пластини переносяться на канавку. Широкі канавки можна обробляти різними способами. Для обробки канавок існують спеціалізовані геометрії, здатні працювати з різними подачами і мають певні переваги при обробці канавок.

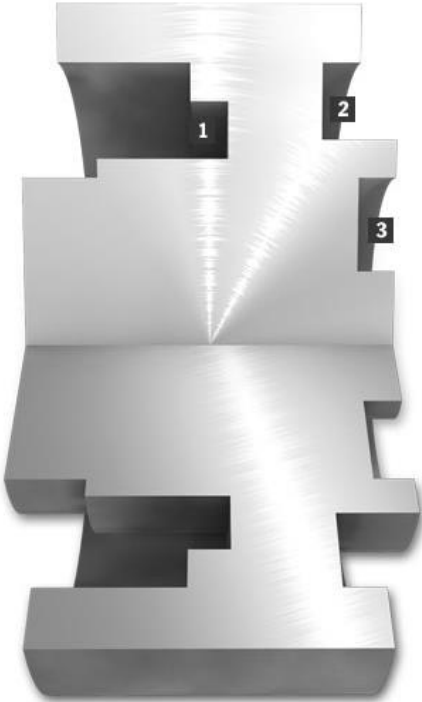
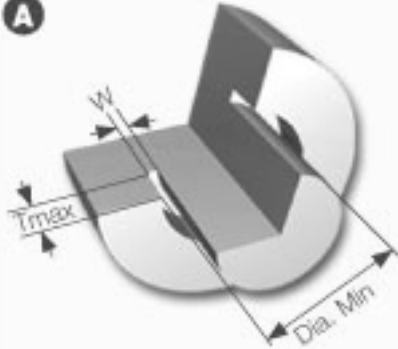
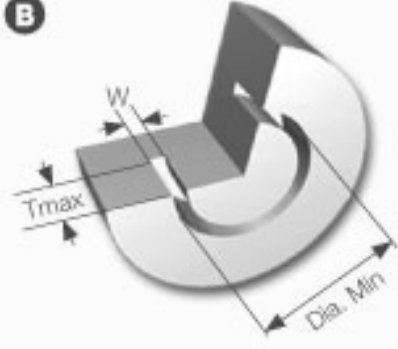
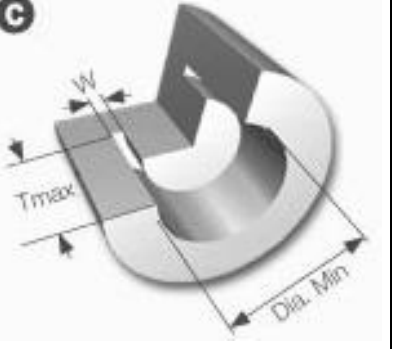



Враховуючи, що канавки є конструктивними елементами складних конструкцій деталей машин вимоги до характеристик якості не обмежуються тільки їх точністю, а додатково встановлюються вимоги до точності форми, точності просторового розташування та параметрів шорсткості поверхні. В поперечному перерізі встановлюють точність форми канавки та відхилення від круглості; в поздовжньому перерізі – відхилення осі отвору, конусність.

Для досягнення максимальної стабільності обробки доцільно застосовувати пластини найбільшої ширини (в залежності від розміру інструменту). Рекомендується використовувати пластини з найбільшим радіусом при вершині. Більший радіус при вершині забезпечує стабільність і кращу стійкість інструменту.

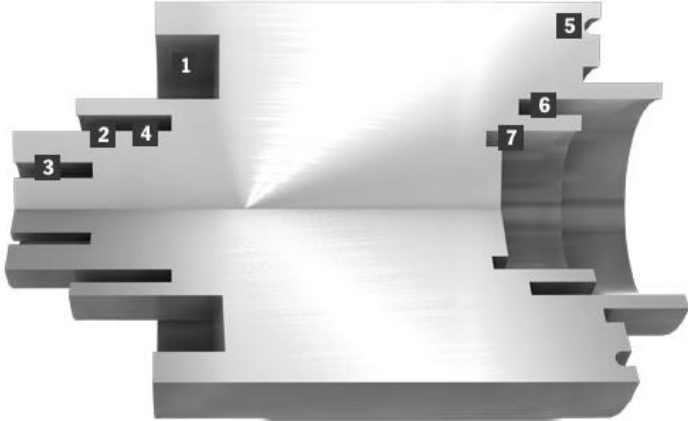
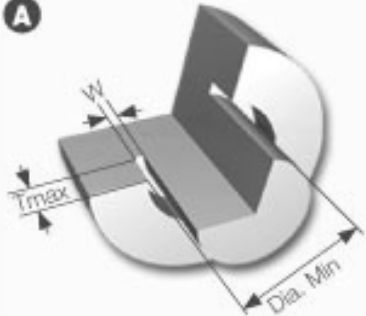
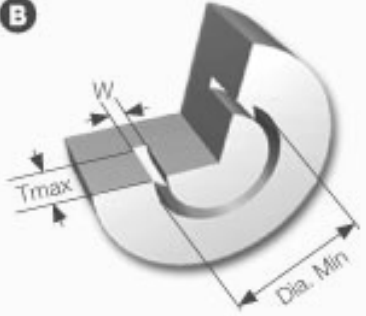
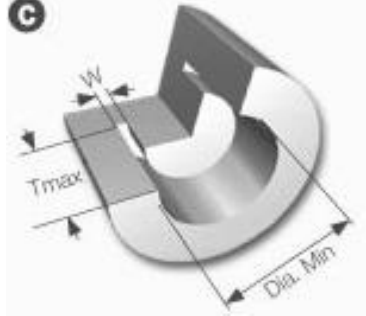


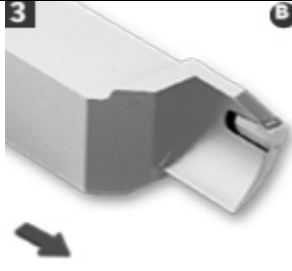

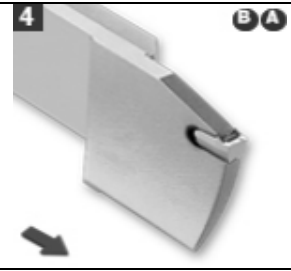
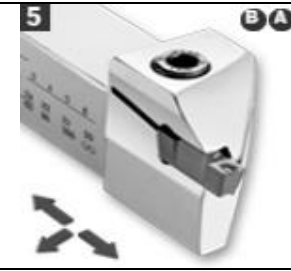

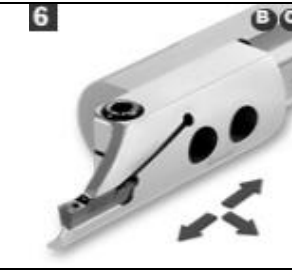
Також використання подачі МОР під високим тиском дуже впливає на ефективність і надійність процесів обробки канавок. При правильному застосуванні вона знижує температуру в зоні різання і покращує евакуацію стружки. При зовнішньому підводі МОР на операціях відрізки і обробки канавок кількість МОР, яка фактично потрапляє в канавку, дуже мало, тому ефект незначний, особливо при точінні глибоких канавок. Проте при ефективній високоточній подачі МОР під високим тиском, струмінь МОР досягає різальної кромки навіть в глибоких канавках.



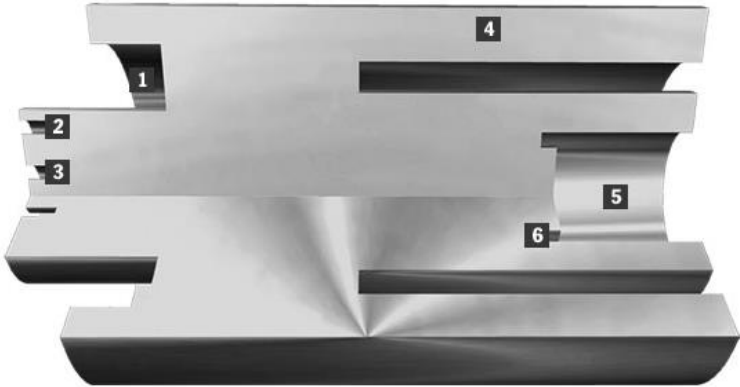
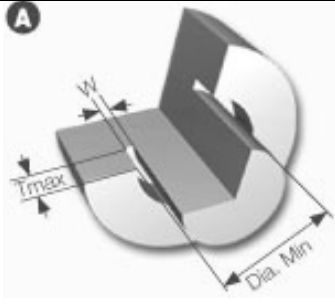
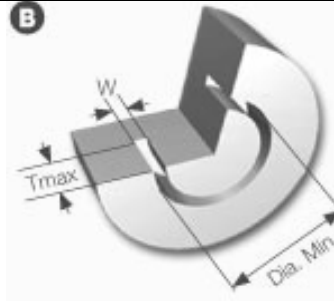
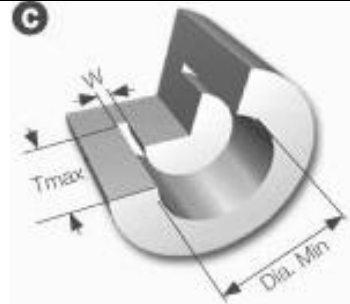







Таблиця 2.1 – Способи обробки, операції та технологічне забезпечення  
 обробки торцевих канавок великих діаметрів

Способи обробки торцевих канавок великих діаметрів		
		
Основні операції		
		
канавка вздовж вала	зовнішня канавка	внутрішня канавка
Технологічне забезпечення		
		
W = 8 мм; Tmax = 120 мм; Dia.min = 180 мм.	W = 8 мм; Tmax = 25 мм; Dia.min = 50 мм.	W = 8 мм; Tmax = 25 мм; Dia.min = 80 мм.

Таблиця 2.2 – Способи обробки, операції та технологічне забезпечення  
 обробки торцевих канавок середніх діаметрів

Способи обробки торцевих канавок середніх діаметрів			
			
Основні операції			
			
канавка вздовж вала	зовнішня канавка	внутрішня канавка	
Технологічне забезпечення			
			
W = 3-6 мм; Tmax = 32 мм; Dia.min = 25 мм.	W = 3-6 мм; Tmax = 22 мм; Dia.min = 25 мм.	W = 2-6 мм; Tmax = 30 мм; Dia.min = 25 мм.	W = 4-6 мм; Tmax = 38 мм; Dia.min = 48 мм.
			
W = 2-6 мм; Tmax = 40 мм; Dia.min = 25 мм.	W = 3-6 мм; Tmax = 5 мм; Dia.min = 20 мм.	W = 3-6 мм; Tmax = 12 мм; Dia.min = 32 мм.	W = 3-6 мм; Tmax = 5 мм; Dia.min = 20 мм.

Таблиця 2.3 – Способи обробки, операції та технологічне забезпечення обробки торцевих канавок малих діаметрів

Способи обробки торцевих канавок малих діаметрів			
			
Основні операції			
			
канавка вздовж вала	зовнішня канавка	внутрішня канавка	
Технологічне забезпечення			
			
W = 3 мм; Tmax = 6 мм; Dia.min = 12 мм.	W = 3-6 мм; Tmax = 32 мм; Dia.min = 12 мм.	W = 2,39-4 мм; Tmax = 5 мм; Dia.min = 22 мм.	W = 3 мм; Tmax = 6 мм; Dia.min = 12 мм.
			
W = 2,5-3 мм; Tmax = 30 мм; Dia.min = 15 мм.	W = 1,5-3 мм; Tmax = 5,5 мм; Dia.min = 8 мм.	W = 1-2,5 мм; Tmax = 3 мм; Dia.min = 12 мм.	

Таблиця 2.4 – Узагальнені рекомендації щодо швидкості різання при проточуванні торцевих канавок

Матеріал стандарту ISO	Оброблюваний матеріал		Твердість по Брінелю, НВ	Рекомендована швидкість (м/хв.) при подачі 0,05-0,5 мм/об.	
1	2		3	4	
<b>СТАЛЬ Р</b>	нелегована сталь	C=0,10-0,25%	125	235-170	
		C=0,25-0,55%	150	220-155	
		C=0,55-0,80%	170	210-145	
	низьколег. сталь (лег.елемен.≤ 5%)	в стані поставки	180	205-145	
		після загартування і відпуску	275 350	185-120 150-100	
	високолег. сталь (лег.елемен.> 5%)	відпалена	200	130-100	
		загартов. інструмент.	325	80-55	
	сталеве литво	нелегована сталь	180	150-100	
		низьколегована сталь (лег.елемен.≤ 5%)	200	135-85	
		високолегована сталь (лег.елемен.> 5%)	225	115-70	
		марганцева сталь, 12-14% Mn	250	75-50	
	<b>НЕРЖАВІЮЧА СТАЛЬ М</b>	поковки	феритний/мартен.	підвищеної оброб.	200
в стані поставки				200	400-175
загартована				330	255-110
аустенітно-ферит. (дулекс)		литво	зварювана ≥0,05%С	230	335-145
			не зварювана <0,05%С	260	300-130
феритний/мартен.		литво	в стані поставки	200	165-115
			загартована	330	110-75
аустенітно-ферит. (дулекс)		литво	зварювана ≥0,05%С	230	100-80
			не зварювана <0,05%С	260	80-60
<b>ЧАВУН К</b>		ковкий чавун	феритний (ел. струж.)	130	110-95
	перлітний (зл. струж.)		230	75-60	
	сірий чавун	низ. міцн. на розтяг	180	90-70	
		вис. міцн. на розтяг	220	85-65	
<b>КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ N</b>	алюмінієві сплави	деформівні	100	2000-465	
		холоднодеформівні	60	2000-465	
		литво	90	2000-465	
	мідні сплави	легкооброб. ≥1%Pb	110	800-325	
		латунь, бронза ≤1%Pb	90	795-325	
		бронза, мідь (без Pb)	100	400-185	

1	2	3	4	1
ЖАРОМІЦІНІ СПЛАВИ, ТИТАН S	основа - залізо	відпалені	200	180-120
		піддані старінню	280	150-100
	основа - нікель	відпалені	250	90-55
		піддані старінню	350	80-50
	основа - кобальт	відпалені	200	90-60
		піддані старінню	300	80-50
	чистий титан	99,5% Ti	$Rm^2/400$	190-160
	титанові сплави	відпалені	950	80-65
піддані старінню		1050	70-55	
ГАРТ. МАТ. H	надміцна сталь	після загартування і відпуску	60 HRC	130-125
	відбілений чавун	підданий старінню	400	200-195

Примітка:  $Rm$  – межа міцності на розрив, МПа

У випадку з глибокими канавками в сенсі надійності процесу можуть виникати складнощі з-за великого вильоту, проблеми з видаленням стружки і з забезпеченням доступу MOR до ріжучої кромки. Обробка канавок за один прохід – найекономічніший і продуктивніший спосіб виготовлення канавок. Однак якщо глибина канавки більша ширини ріжучої пластини, то можна використовувати множинне точіння канавок, врізне точіння, плавне врізання під кутом або профільну обробку.

#### 2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

При виконанні осьової канавки на торці деталі важливо правильно вибрати ріжучий інструмент. Радіус вигину канавки визначатиме конструкцію (зігнутість) інструменту. При обробці торцевих канавок через їх криволінійність можуть виникнути проблеми з евакуацією стружки. Стружка,

яка не видаляється з канавки, може привести до поломки пластини ріжучого інструменту, що нівелює рівень надійності технологічного процесу.

Відповідно потрібно вибрати діапазон діаметрів першого врізання, а також використовувати інструмент з максимально можливим діаметром першого врізання, відповідним для необхідних конструктивних параметрів оброблюваної канавки. Конструктивно ріжучі пластини інструменту з великим діаметром врізання менш зігнуті і тому характеризуються більшою жорсткістю і, відповідно, стабільністю технологічного процесу механічної обробки. Крім того, вони характеризуються кращою контрольованістю над процесом подрібнення стружки.

При обробці торцевих канавок для стабільності обробки необхідно дотримуватися мінімально можливої глибини різання. Відповідно потрібно вибирати інструмент з шириною пластини максимально допустимою для обробки конкретної канавки, а ширша державка відрізняється підвищеною жорсткістю і стабільністю. Залежно від налаштувань верстата, напрямку обертання заготовки та конструктивних параметрів канавки необхідно вибрати ліво- або правосторонній інструмент (рис.2.9).

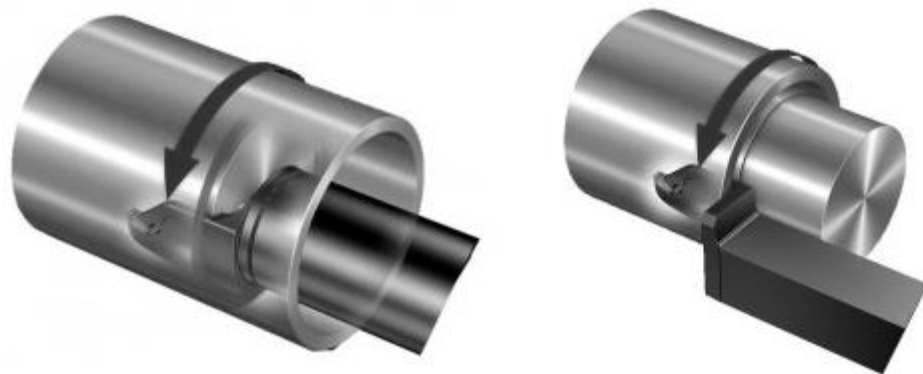


Рисунок 2.9 – Схема конструктивного виконання типового інструменту для обробки торцевих канавок

При виконанні осьової канавки в деталі важливо правильно вибрати тримач для пластини. Тримач повинен бути пристосований до радіусу вигину канавки і мати криволінійну форму. Контроль над подрібненням стружки дуже важливий при обробці торцевих канавок, стружка повинна бути досить довгою

для того, щоб вона не застрявала в канавці, але досить короткою для того, щоб не закручуватися навколо інструменту або деталі.

Рекомендації на основі аналізу технологій обробки торцевих канавок є наступними. Перше врізання необхідно починати від більшого діаметра (1) (рис.2.10а), а наступні – ближче до осі заготовки. На цьому етапі утворюється краща зливна стружка, щоб уникнути пакетування стружки в вузькій канавки. Потрібно проводити періодичну зупинку інструменту або мікрозупинки, якщо потрібно отримати більш коротку стружку. Ширина різання на наступних проходах (2, 3) повинна становити 0,5-0,8 від ширини пластини. Оскільки на цих проходах стружка простіше видаляється, то можна збільшити подачу на 30-50%. Зазвичай на цих етапах стружка не вита, а коротка, колота. Обробку глибоких канавок ( $> 25$  мм) рекомендується виконувати в два етапи, а саме проточити канавку необхідної ширини глибиною 50% від заданої (1, 2, 3) (рис.2.10б) і повторно проточити до необхідної глибини (4, 5, 6).

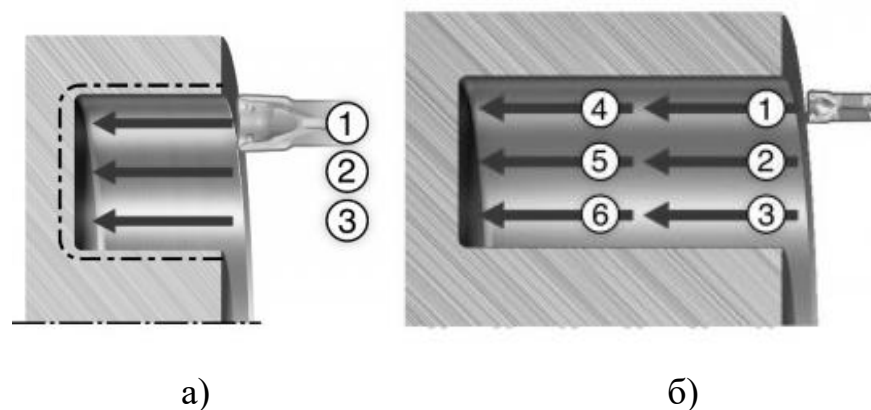


Рисунок 2.10 – Схеми обробки торцевих канавок різної глибини

Чорнова обробка канавок покращує контроль над подрібненням стружки. Обробку доцільно проводити від більшого діаметра канавки до осі заготовки (рис.2.). Між проходами доцільно залишати ступінчасті виступи висотою 0,2 мм. Проточування канавок є більш стабільніший процес, ніж врізання з осьовою подачею. Відповідно для попередження вібрацій доцільно обробляти торцеві канавки не врізанням, а проточуванням. Проте проточування менш продуктивне в порівнянні з осьовим врізання через малу глибину різання.



Рисунок 2.11 – Спосіб чорнової обробки торцевих канавок

Процес подрібнення стружки добре контролюється при чистовій обробці, а саме при обробці кутових радіусів. Операцію необхідно розділити на три проходи (рис.2.12). Спочатку необхідно провести перше осьове врізання на відстані радіуса кута від більшого діаметру (1), потім друге врізання на більшому діаметрі і обробити канавку до кута на внутрішньому діаметрі (2). Третє врізання - чистова обробка внутрішнього діаметра і кута (3).



Рисунок 2.12 – Спосіб чистової обробки торцевих канавок

Сучасні конструкції інструменту для обробки торцевих канавок дозволяють здійснювати процес точіння з високоточною подачею МОР, навіть якщо максимальний тиск МОР на застосовуваному обладнанні не перевищує 7-10 бар. Високоточна подача МОР покращує евакуацію стружки і знижує ризик пакетування стружки в канавці, особливо якщо канавка глибока. Щоб поліпшити дроблення і евакуацію стружки, доцільно забезпечити максимально можливий тиск МОР (рекомендовано до 80 бар [2]).



### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Деталь «корпус ПС-10А.43.005» є комплектуючим вузлом приводу механізму для протравлювання насінного матеріалу. Функціонал даного корпусу полягає у механічному захисті та розміщенні складових приводу. А саме запобігання потрапляння на привідні деталі пилу та бруду. Конструктивно основну функцію виконують поверхні корпуса, а саме поверхні *Б, Ч, З, Щ, К, Ц, Р*, які використовуються переважно для встановлення інших комплектуючих чи для монтажу самого вузла.

Відповідні поверхні *А, В, Г, Д, Е, Є, Ж, Л, Й, М, Н, П, О* – служать як допоміжні і призначені для монтування додаткових комплектувальних виробів, виконують функції технологічних баз, формування конструкції деталі.

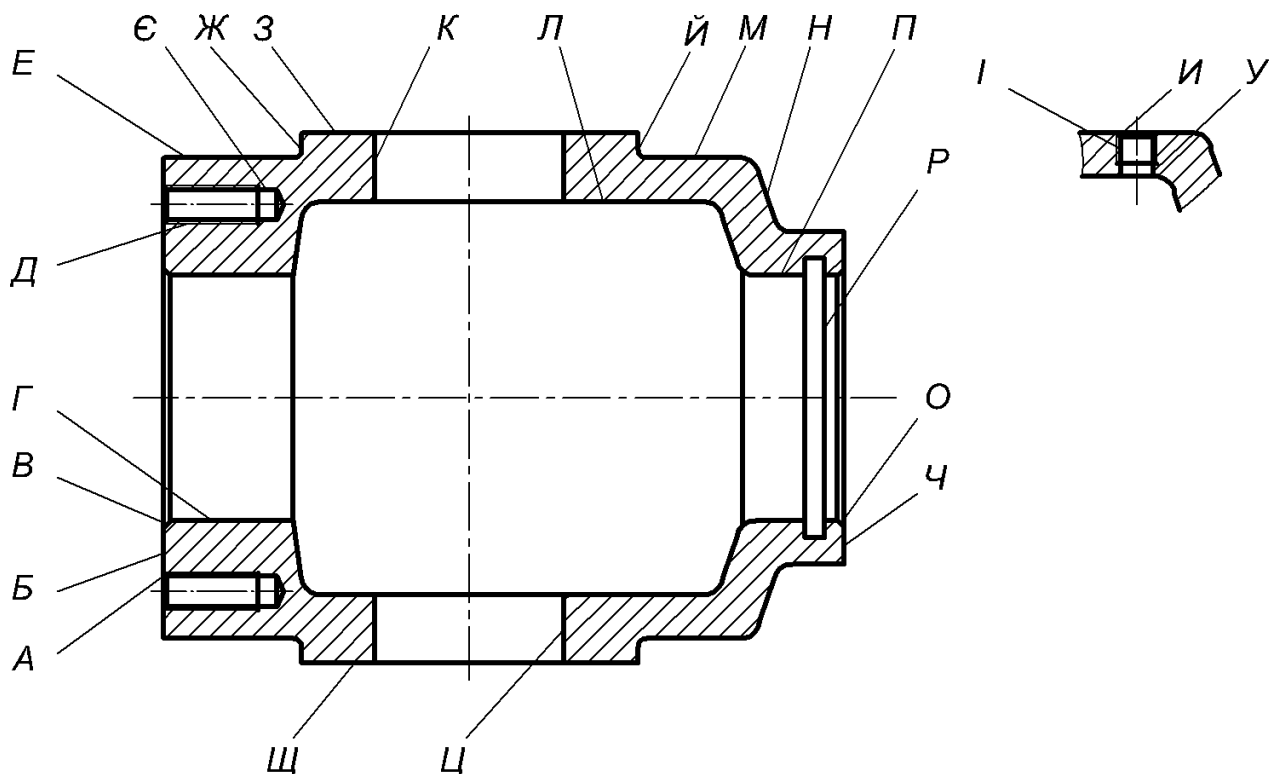


Рисунок 3.1 – Позначання всіх поверхонь корпуса

Поверхня *B* призначена для встановлення і центрування деталі при складанні вузла. Канавка *P* ( $\varnothing 75H8$ ) призначена для встановлення ущільнюючого гумового кільця. Відхилення від круглості поверхні *P*, відносно осі деталі *A*, не більше 0,05 мм по діаметру, шорсткість  $Ra = 6,3 \dots 12,5$  мкм. Основними за функціональним призначенням і базовими для більшості операцій механічної обробки є поверхні *З*, *Щ*. Відповідно їх шорсткість становить  $Rz = 80$  мкм. Отвори (поверхні *A*, *Д*, *Є*) призначенні для кріплення болтовим з'єднанням кришки, вони виконуються по 12-му квалітету із допуском на розміщення відносно осі *A* не більше 0,1 мм. Деталь виготовляється із сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-79.

### 3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу

Розроблення маршруту процесу виготовлення виробу почнемо із встановлення способу отримання заготовки. Матеріалом деталі є чавун марки СЧ20, отже як способи виготовлення заготовки можна запропонувати методи лиття у земляні форми або лиття у пісчано-глиняні форми [9]:

З двох варіантів, як правило, приймається той, що характеризується нижчою собівартістю заготовки. Для розрахунку собівартості заготовок по кожному із способів застосуємо формулу [9]

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_O \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (3.1)$$

де  $C_i$  – вартість тонни заготовок, грн.;

$K_T$ ,  $K_C$ ,  $K_B$ ,  $K_M$ ,  $K_O$  – поправочні коефіцієнти, що визначаються класом точності; групою складності; масою; маркою матеріалу; об'ємом виготовлення заготовок;

$Q$  – вага заготовки, кг;

Наближену вагу заготовки розраховують за формулою [9]

$$Q = \gamma \cdot K_{II} \cdot V_{\partial}, \quad (3.2)$$

де  $\gamma$  – питома вага матеріалу,  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$K_{II}$  – коефіцієнт наявності припусків,  $K_{II} = 1,02 \dots 1,5$ ;

$V_{\partial}$  – об'єм виробу;

$q$  – вага деталі,  $q = 5,2$  кг;

$S_{\text{відх}}$  – ціна тонни стружки,  $S_{\text{відх}} = 2850$  грн.

- лиття у земляні форми:

$C_i = 7400$  грн. [9];  $K_T = 1$ ,  $K_C = 1,15$ ,  $K_B = 1,3$ ,  $K_M = 1$ ,  $K_O = 1$ ,  $K_{II} = 1,1$ , [9];

$$Q = 7,8 \cdot 1,5 \cdot 666,7 \approx 7800 = 7,8 \text{ кг}$$

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{7400}{1000} \cdot 7,8 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (7,8 - 5,2) \frac{2850}{1000} = 78,88 \text{ грн.}$$

- лиття в пісчано-глиняні форми:

$C_i = 9700$  грн. [9];  $K_T = 1$ ,  $K_C = 1$ ,  $K_B = 1,2$ ,  $K_M = 1$ ,  $K_O = 1$ ,  $K_{II} = 1,02$ , [9];

$$Q = 7,8 \cdot 1,3 \cdot 666,7 = 6760 = 6,76 \text{ кг}$$

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{9700}{1000} \cdot 6,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (6,76 - 5,2) \frac{2850}{1000} \approx 74,24 \text{ грн.}$$

Отже дешевшим, і доцільнішим, є варіант лиття в пісчано-глиняні форми. Отриманий річний економічний ефект програми випуску

$$E_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (3.3)$$

де  $N$  – програма випуску виробів в рік, шт.;  $N = 20000$  шт.

$$E_3 = (78,88 - 74,24) \cdot 20000 = 92800 \text{ грн.}$$

Отже, як спосіб виготовлення заготовки приймаємо технологічний метод лиття в пісчано-глиняні форми, який є більш економічно доцільним.

Для даної заготовки необхідно призначити припуски на механічну обробку. Як правило їх призначають із табличних даних, але якщо має місце розробка нової заготовки – то доцільно їх визначити розрахунком. Відповідно розрахуємо припуск для обраних поверхонь, а інші призначимо, згідно обраного способу отримання заготовки, із нормованих табличних даних. Для розрахунку обираємо поверхню 3, Ш. Розмір для визначення припусків –  $140^{+0,60}$  мм.

Маршрут обробки поверхні даного розміру:

- чорнове фрезерування;
- чистове фрезерування.

Встановлюємо значення припусків:

- заготовка:  $R_z = 150 \text{ мкм}, T = 250 \text{ мкм.}$
- чорнове фрезерування:  $R_z = 30 \text{ мкм}, T = 30 \text{ мкм.}$
- чистове фрезерування:  $R_z = 5 \text{ мкм}, T = 15 \text{ мкм.}$

Сумарне просторове зміщення під час базування заготовки

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (3.4)$$

де  $\rho_{кор}$  – короблення поверхні, мкм;

$\rho_{см}$  – загальне зміщення, мкм.

Значення короблення поверхні

$$\rho_{кор} = \Delta_k l, \quad (3.5)$$

де  $\Delta_k$  – питомий вигин,  $\Delta_k = 1,5$  мкм/мм;

$l$  – лінійна довжина,  $l = 140$  мм.

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 140 = 210 \text{ мкм.}$$

Загальне зміщення заготовки

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2}, \quad (3.6)$$

де  $\delta_1$  – відхилення допуску базуючої поверхні при обробці,  $\delta_1 = 200$  мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2} = 100 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = \sqrt{210^2 + 100^2} \approx 233 \text{ мкм.}$$

Величина зміщення

$$\rho_1 = 0,05\rho_3 = 0,05 \cdot 233 = 11,65 \approx 12 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2 = 0,05\rho_1 = 0,05 \cdot 12 \approx 1 \text{ мкм.}$$

Відхилення базування може відбуватися при перекосі під час установки заготовки на при способу для обробки. Найбільший зазор при зміщенні

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + s_{\min}, \quad (3.7)$$

де  $\delta_A$  – допуск на поверхні, які є установчими,  $\delta_A = 16$  мкм;

$\delta_B$  – допуск на фіксувальний елемент пристрою,  $\delta_B = 14$  мкм;

$s_{\min}$  – найменший зазор,  $s_{\min} = 13$  мкм.

Максимальний кутовий проворот деталі

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta_A + \delta_B + s_{\min}}{L_c}, \quad (3.8)$$

де  $L_c$  – величина вивішування частини заготовки,  $L_c = 70$  мм.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,016 + 0,014 + 0,013}{70} \approx 0,0006.$$

Похибка базування згідно лінійного розміру довжини виробу

$$\varepsilon_{\bar{o}} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.9)$$

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 140 \cdot 0,0006 = 0,084 = 84 \text{ мкм.}$$

Похибка при фіксації заготовки  $\varepsilon_3 = 40$  мкм [10]. Похибка установлення при чорновій фрезерній обробці

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (3.10)$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{84^2 + 40^2} \approx 93 \text{ мкм.}$$

Похибка установки при чистовому фрезеруванні в розмір

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1. \quad (3.11)$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 93 \approx 4,65 \text{ мкм}$$

Мінімальні міжопераційні припуски

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.12)$$

Найменший припуск фрезерування

$$2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 246) = 2 \cdot 646 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(30 + 30 + 12) = 2 \cdot 72 \text{ мкм}.$$

Кінцеве значення розміру  $l_p$  визначається з його останнього розміру методом додавання мінімальних припусків всіх наступних технологічних переходів із зняттям шару металу. Отже для фрезерної обробки

$$l_{p1} = 18 + 0,144 = 18,144 \text{ мм};$$

- заготованка

$$l_{p2} = 18,144 + 1,292 = 19,436 \text{ мм}.$$

Лімітовані значення розмірів

- чистове фрезерування  $l_{\min 3A\Gamma} = 17,8 \text{ мм};$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 17,8 + 0,2 = 18 \text{ мм};$$

- чорнове фрезерування  $l_{\min 3A\Gamma} = 18,15 \text{ мм};$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 18,15 + 0,25 = 18,4 \text{ мм};$$

- розмір заготовки  $l_{\min 3A\Gamma} = 19,45 \text{ мм};$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 19,45 + 3,2 = 22,65 \text{ мм.}$$

Найменші значення припусків  $2z_{\min}^{np}$  визначають відніманням мінімальних граничних значень попередніх значень розмірів, а найбільші  $2z_{\max}^{np}$  – як різницю максимальних граничних.

$$2z_{\min 2}^{np} = 18,15 - 17,8 = 0,35 = 350 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 18,4 - 18 = 0,4 = 400 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 19,45 - 18,15 = 1,3 = 1300 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 22,65 - 18,4 = 4,25 = 4250 \text{ мкм.}$$

Відповідно припуски  $z_{0\min}$  і  $z_{0\max}$ :

$$2z_{0\min} = 350 + 1300 = 1650 \text{ мкм};$$

$$2z_{0\max} = 400 + 4250 = 4650 \text{ мкм.}$$

Загальний припуск на оброблювану поверхню

$$z_{0\text{ном}} = z_{0\min} + H_3 - H_D, \quad (3.13)$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення розміру заготовки, мкм;

$H_D$  – нижнє відхилення розміру виробу, мкм.

$$H_3 = I_i + \frac{K_y}{2}, \quad (3.14)$$



де  $I_i$  – відхилення внаслідок спрацювання інструменту,  $I_i = 0,8$  мм;

$K_y$  – усадка поверхні,  $K_y = 1$  мкм/мм.

$$H_3 = 0,8 + \frac{1,0}{2} = 0,4 = 400 \text{ мкм.}$$

$$z_{0_{ном}} = 1650 + 400 - 200 = 1850 \text{ мкм.}$$

Відповідно для заготовки номінальний розмір

$$l_{3_{ном}} = l_{Д_{ном}} + z_{0_{ном}} \text{ мм.} \quad (3.15)$$

$$l_{3_{ном}} = 18,6 + 1,85 = 20,45 \text{ мм.}$$

Кінцевим етапом розрахунку є перевірка правильності отриманих значень припусків та кінцевих розмірів

$$z_{\max 2}^{np} - z_{\min 2}^{np} = \delta_1 - \delta_2;$$

$$400 - 350 = 250 - 200;$$

$$50 = 50.$$

$$z_{\max 1}^{np} - z_{\min 1}^{np} = \delta_3 - \delta_2;$$

$$4250 - 1300 = 3200 - 2504;$$

$$2950 = 2950.$$

– припуски визначені правильно, отже розміри дійсні.

Отримані числові значення зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розміри поверхні та припуски на обробку

Обробка	Припуск, мкм				Розрахований припуск $2Z_{\min}$	Розрахований розмір $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Розмір		Припуски, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	246	–	–	19,454	3200	19,45	22,65		
1. Чорнове фрезерування	30	30	12	141	2·664	18,146	250	18,15	18,4	1300	4250
2. Чистове фрезерування	5	15	1	7	2·72	18	200	17,8	18	350	400
										1650	4650

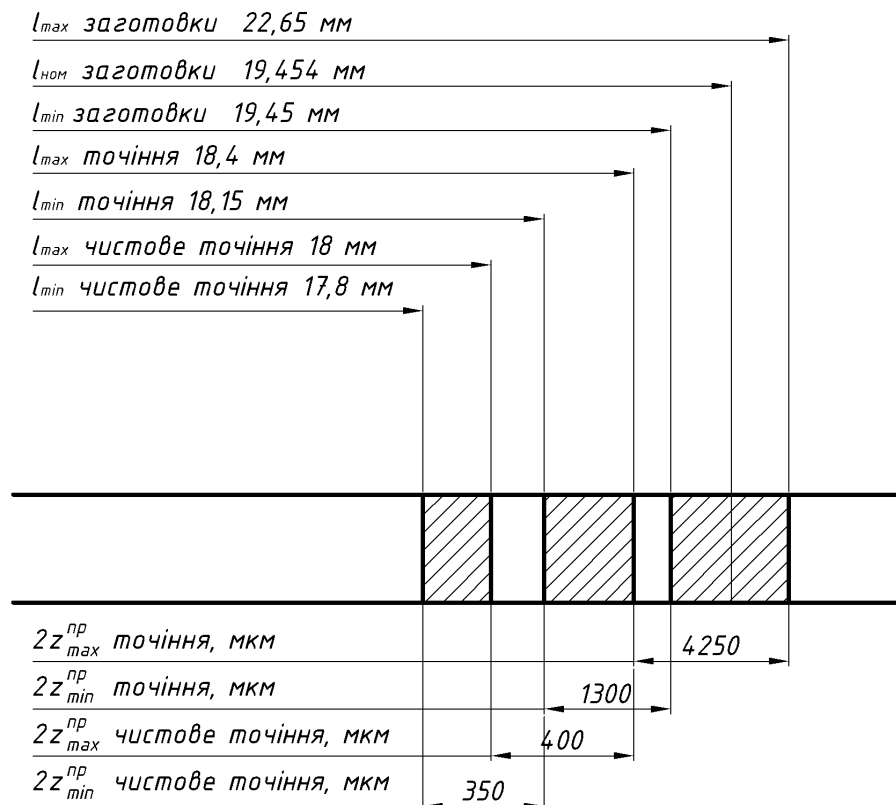


Рисунок 3.2 – Відносне розміщення припусків і допусків на виконуючий розмір  $140^{+0,6}$  мм

Процес розроблення технологічного процесу виробництва деталі полягає у тому, що на основі вибраного способу отримання заготовки майбутньої деталі пропонується декілька можливих варіантів маршрутів її механічної обробки. Аналізуючи кількісні характеристики застосовуваного обладнання та громіздкість варіантів обробки вибирається оптимальний. Оскільки базовими поверхнями для більшості операцій технологічного процесу є плоскі чи циліндричні *Б, Ч, З, Щ*, які доцільно обробляти фрезеруванням і точінням. Однотипні операції базового технологічного процесу (вертикально-свердлильні) доцільно зводити в одну, з подальшою розробкою спеціального пристрою для механічної обробки. Для зменшення одиниць використовуваного різнотипного верстатного обладнання вертикально-свердлильні операції доцільно проводити не на верстатах різних моделей а обрати одну, яка б забезпечувала технічні вимоги креслення щодо оброблюваних поверхонь. Операції по нарізанні різьби в отворах, замість спеціального різьбонарізного верстату, також можна проводити на вертикально-свердлильному, оскільки кількість різьбових отворів є незначною і різьби є звичайними, метричними без спеціальних вимог щодо точності.

Таблиця 3.1 – Маршрут обробки заготовки №1

№ опер.	Операція, назва переходу	Поверхні, яка обробляється	Поверхні по якій базується	Модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерна 1. Фрезерувати торець 2. Переустановити деталь 3. Фрезерувати торець	<i>З, Щ</i>	<i>Б, Ч, З, Щ</i>	6Н10
010	Вертикально-свердлильна 1. Розсвердлити отвір попередньо 2. Зенкерувати отвір	<i>К, Ц</i>	<i>Б, Ч, Щ</i>	2Н150

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
015	Калібрування 1. Калібрувати отвір	<i>К, Ц</i>	<i>З, Щ</i>	П6324
020	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець і проточити канавку 2. Розточити отвір і фаску 3. Підрізати торець 4. Розточити отвір і фаску	<i>Б, В, Г, П, Р, О, Ч</i>	<i>Б, З, К, Щ, Ц, Ч, Е, Н</i>	16К30Ф3
025	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 6-ть отворів одночасно	<i>Є</i>	<i>Б, Г, П, Щ, Ц, Ч</i>	2С132
030	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати по чергово 6-ть фасок	<i>А</i>	<i>Г, П, Ч</i>	2С132
035	Різьбонарізна 1. Нарізати по чергово різьбу М10 у 6-ти отворах	<i>Д</i>	<i>Г, П, Ч</i>	5Д07
040	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір 2. Зенкувати фаску 3. Нарізати різьбу	<i>І, И, У</i>	<i>Б, Г, Ч</i>	2Н150
045	Слюсарна 1. Зачистити заусениці	Усі	—	—
050	Промивка 1. Промити деталь	Усі	—	М2А
055	Контрольна 1. Проконтролювати технічні вимоги	Усі	—	ПР1466

Таблиця 3.2 – Маршрут обробки заготовки №2

№ опер.	Операція, назва переходу	Поверхні, яка обробляється	Поверхні по якій базується	Модель верстата
005	Фрезерна 1. Фрезерувати торець 2. Переустановити деталь 3. Фрезерувати торець	З, Щ	Б, Ч, З, Щ	6Н10
010	Вертикально-свердлильна 1. Розсвердлити отвір попередньо 2. Зенкерувати отвір	К, Ц	Б, Ч, Щ	2Н135
015	Токарна 1. Підрізати торець з проточуванням канавки 2. Розточити отвір і фаску 3. Переустановити деталь 4. Підрізати торець 5. Розточити отвір і фаску	Б, В, Г, П, Р, О, Ч	Б, З, К, Щ, Ц, Ч, Е, Н	1А720
020	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 6-ть отворів одночасно	Є	Б, Г, П, Щ, Ц, Ч	2Н135
025	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати почергово 6-ть фасок з нарізкою різьби М10	А, Д	Г, П, Ч	2Н135
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір 2. Зенкувати фаску 3. Нарізати різьбу	І, И, У	Б, Г, Ч	2Н135
035	Слюсарна 1. Зачистити заусениці	Усі	—	—
040	Промивка 1. Промити деталь	Усі	—	М2А
045	Контрольна 1. Проконтролювати технічні вимоги	Усі	—	ПР1466

Маршрут механічної обробки №2 характеризується застосуванням одно модельних верстатів для кожної із операцій. Такий захід дозволяє в майбутньому суттєво знизити затрати на утримання верстатів та їх ремонт. Також це гарантує підвищення коефіцієнта їх використання та завантаження.

Проте кінцевий варіант обробки заготовки, із двох вище наведених, обереться той, який буде дешевшим по собівартості обробки. Собівартість обробки проводиться або по вартості виробництва по технологічному процесу у цілому, або ж по відмінних операціях. Якщо проводиться порівняння з метою вибору оптимального варіанту – то доцільніше застосовувати порівняння по відмінних операціях. Оцінка ефективності нової технології проводиться також по величині приведених витрат. Дана величина розраховується за формулою [12]

$$C_{П.З} = \frac{C_3}{M} + C_{Ч.З} + E_H \cdot (K_C + K_3). \quad (3.16)$$

Відповідні витрати на оплату роботи працівників, грн./год.:

$$C_3 = C_{Т.Ф} \cdot 1,53K. \quad (3.17)$$

Витрати потрачені на експлуатування робочих позицій:

$$C_{Ч.З} = C_{Б.З} \cdot K_M, \quad (3.18)$$

Розмір вложений коштів у верстатне обладнання

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{3200}, \quad (3.19)$$

Розмір вложений коштів у цехові будівлі

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad (3.20)$$

По вище наведених формулах проведемо розрахунки вартості обробки з врахуванням різних операцій. У зв'язку із громіздкістю інформації та отриманих даних, результати наведені у вигляді таблиць у додатку А.

Отже отриманих показниках собівартості мехобробки для подальшого оброблення доцільно прийняти варіант №2 технологічного процесу виготовлення деталі «корпус ПС-10.02.024».

Операції розробленого маршруту механічної обробки деталі не потребують спеціального інструменту. Відповідно застосовуваний різальний та контрольний інструментом і засоби контролю вибираємо згідно стандарту і результати вибору оформляємо у вигляді таблиці 3.3 [11].

Таблиця 3.3 – Вибраний інструмент та оснащення

Операції	Назва	Оснащення	
		різальне	вимірне
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна	фреза (Ø100) P18 ГОСТ 17026-71	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
010	Вертикально-свердлильна	свердло Ø35 P18 ТУ 2-035-741-81 (пер.1); зенкер Ø50 BK8 ГОСТ 3231-71 (пер.2);	пробка (Ø50) Н9 ГОСТ 14810-69
015	Токарна	різець BK8 ГОСТ 21151-75 (для пер.1, 4); різець Т15К6 ГОСТ 21151-75 (для пер.1);	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80

1	2	3	4
		різець Т15К6 ГОСТ 21151-75 (для пер.2, 5); різець Т15К6 ГОСТ 21151-75 (для пер.2, 5)	
020	Вертикально-свердлильна	сверло Ø9 P18 ГОСТ 10903-77 (6 шт.)	калібр на розміщення 8150-4952; пробка (Ø9) В12 ГОСТ 14810-69
025	Вертикально-свердлильна	зенківка Ø12 P18 ГОСТ 14953-80; мітчик М10 ГОСТ 6227-80	шаблон 8371-0198 МН 1422-61
030	Вертикально-свердлильна	сверло Ø8,6 P18 ГОСТ 10903-77; зенківка Ø12 P18 ГОСТ 14953-80; мітчик М10 ГОСТ 6227-80	шаблон 8371-0198 МН 1422-61
035	Слюсарна	напильник 2820-0028 ГОСТ 1465-80	—
040	Промивка	корзина ПР 1709	—
045	Приймальний контроль	—	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; приспосіблення контрольне; шорсткісні зразки

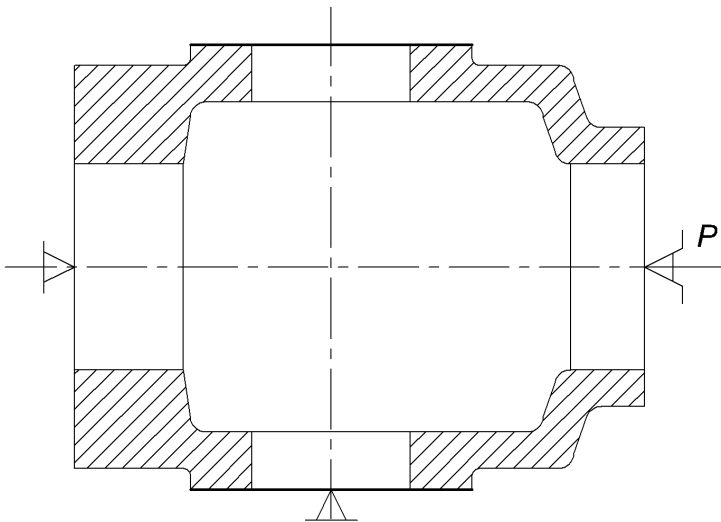
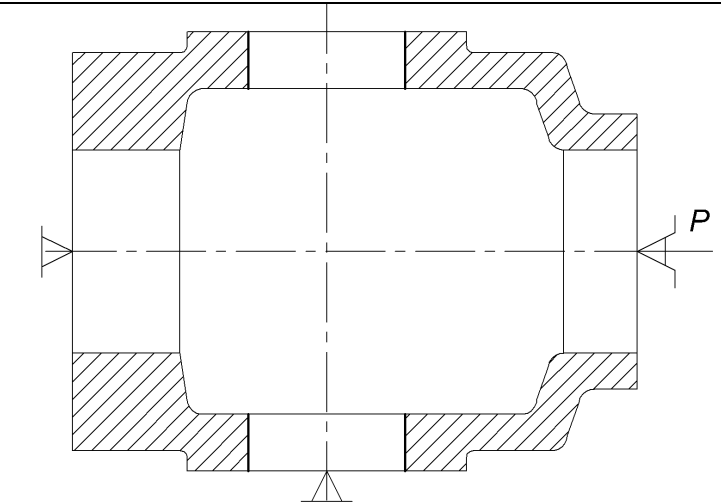
При довільних вимогах щодо точності механічної обробки потрібно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись

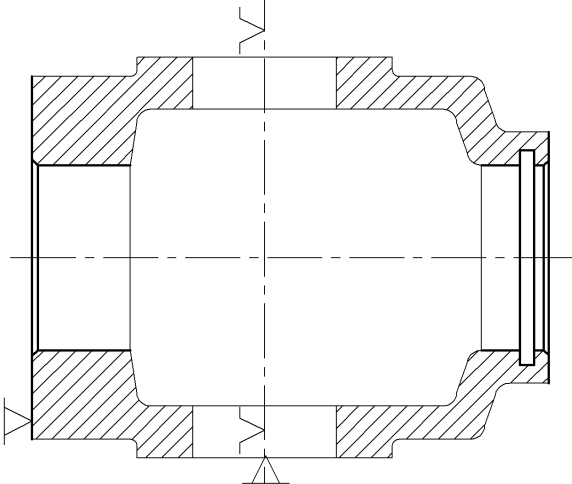
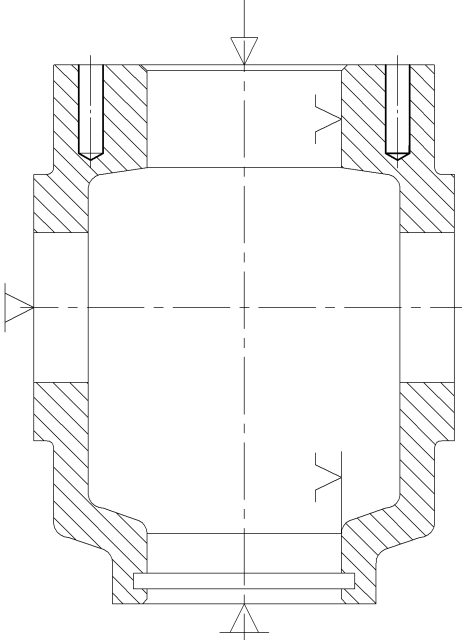
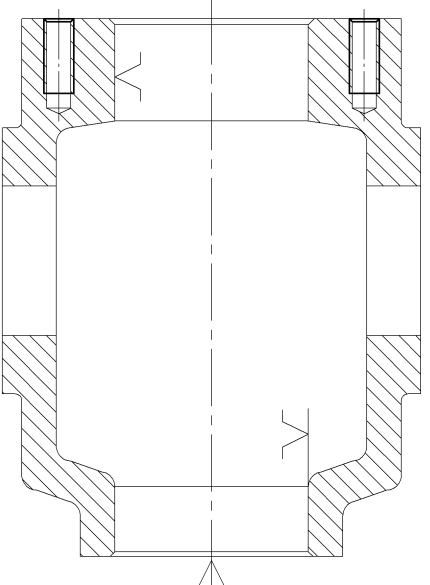


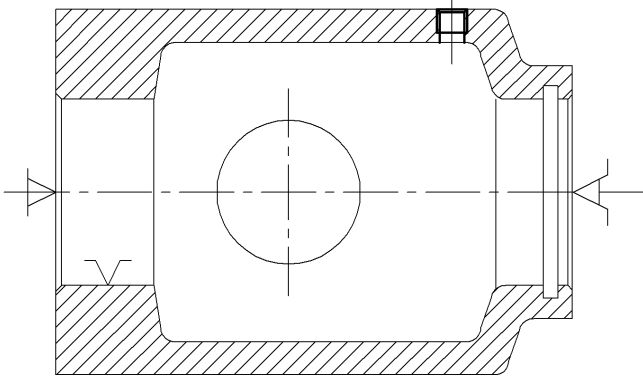
принципу їх суміщення – технологічних, вимірювальних, установочних, намагались забезпечити їх постійність при наступних операціях. При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

При виборі технологічних баз забезпечуємо технічні вимоги радіального биття, співвісності та точності розміщення отворів, максимально витримуючи принцип постійності баз згідно прийнятих позначень поверхонь [12].

Таблиця 3.4 – Схеми встановлення і оброблювані поверхні

Операція	Назва	Схема встановлення і оброблювані поверхні
1	2	3
005	Фрезерна	
010	Вертикально-свердлильна	

1	2	3
015	Токарна	 <p>Technical drawing showing a cross-section of a lathe lathe headstock. The drawing is symmetrical about a vertical dashed centerline. It features a central cylindrical component with a smaller diameter section on the right side. The outer housing has a complex profile with various diameters and chamfered edges. Hatching is used to indicate different materials or sections. There are several small triangles pointing to specific features, likely indicating chamfers or fillets.</p>
020	Вертикально-свердлильна	 <p>Technical drawing showing a cross-section of a vertical drilling machine headstock. The drawing is symmetrical about a vertical dashed centerline. It features a central cylindrical component with a smaller diameter section on the right side. The outer housing has a complex profile with various diameters and chamfered edges. Hatching is used to indicate different materials or sections. There are several small triangles pointing to specific features, likely indicating chamfers or fillets.</p>
025	Вертикально-свердлильна	 <p>Technical drawing showing a cross-section of a vertical drilling machine headstock. The drawing is symmetrical about a vertical dashed centerline. It features a central cylindrical component with a smaller diameter section on the right side. The outer housing has a complex profile with various diameters and chamfered edges. Hatching is used to indicate different materials or sections. There are several small triangles pointing to specific features, likely indicating chamfers or fillets.</p>

1	2	3
030	Вертикально-свердлильна	

Режими різання розрахуємо вибірково для окремих операцій, а для інших технологічних операцій виберемо згідно рекомендацій довідникової літератури [11, 13].

Операція вертикально-фрезерна

Глибина врізання  $t = 2$  мм; число проходів  $i = 1$ ; число зубів фрези  $z = 24$ ; ширина обробки фрезою  $B = 90$  мм; подача на зуб  $S_z = 0,08$  мм/зуб [11].

Швидкість різання [11]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_\phi}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot z^n \cdot B^z}, \quad (3.21)$$

де  $C_v$  – сталий коефіцієнт,  $C_v = 64,7$  [11];

$D$  – діаметр інструменту,  $D = 100$ ;

$q, m, x, y, n, z$  – степеневі показники,  $q = 0,25$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = 0,1$ ;  $z = 0,1$  [11];

$T$  – період стійкоості,  $T = 180$  хв. [11];

$K_m, K_n, K_u, K_\phi$  – коректувальні коефіцієнти,  $K_m = 1$ ,  $K_n = 0,9$ ,  $K_u = 1,3$ ,  $K_\phi = 1$  [11].

$$V = \frac{64,7 \cdot 100^{0,25} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1}{180^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 24^{0,1} \cdot 90^{0,1}} = 59,1 \text{ м/хв.}$$

Частота обертів

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (3.22)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 59,1}{3,14 \cdot 100} = 188,2 \text{ об/хв.}$$

Скорегуємо розрахункове значення чисел обертів з технічною характеристикою верстата. Відповідно для даної моделі  $n = 200$  об/хв. Відповідно реальна швидкість обробки

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8 \text{ м/хв.}$$

Інструментальна подача

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n. \quad (3.23)$$

Підставляємо значення і розраховуємо

$$S_m = 0,08 \cdot 24 \cdot 200 = 384 \text{ мм/хв.}$$

Затрачувана потужність на обробку [11]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102}, \quad (3.24)$$

де  $P_z$  – колове зусилля різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (3.25)$$

де  $C_p$  – стала величина,  $C_p = 82,5$  [11];

$x, y, u, q, w$  – показчики степеня,  $x = 0,95$ ;  $y = 0,8$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,3$ ;  $w = 0$  [11].

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n \quad (3.26)$$

де  $n$  – показчик степеня,  $n = 0,55$  [11];

$HB$  – твердість чавуну,  $HB = 190$  [14].

$$K_{mp} = \left( \frac{190}{190} \right)^{0,55} = 1$$

Колове зусилля різання рівне

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 90^{1,1} \cdot 24}{100^{1,3} \cdot 200^0} \cdot 1 = 1825,2 \text{ Н}$$

Відповідно потужність обробки

$$N_e = \frac{1825,2 \cdot 62,8}{60 \cdot 1020} \approx 1,87 \text{ кВт.}$$

Затрачений час на обробку

$$T_o = \frac{L}{S_m}, \quad (3.27)$$

де  $L$  – довжина обробленої поверхні, мм.

$$L = B_L + y_1 + y_2, \quad (3.28)$$

де  $B_L$  – відстань оброблювана фрезою,  $B_L = 90$  мм;

$y_1$  – підведення фрезерного інструменту,  $y_1 = 15$  мм;

$y_2$  – перебіг фрезерного інструменту,  $y_2 = 15$  мм.

$$L = 100 + 15 + 15 = 120 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{120}{384} = 0,31 \text{ хв.}$$

Операція вертикально-свердлильна

Глибина зняття металу  $t = 0,5D = 0,5 \cdot 9 = 4,5$  мм; кількість переходів  $i = 1$ ;  
подача сверла  $S = 0,2$  мм/об [11]. Швидкість різання [11]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.29)$$

де  $C_v$  – сталий коефіцієнт,  $C_v = 8,9$  [10];

$D$  – діаметральний розмір сверла,  $D = 9$  мм;

$q$ ,  $m$ ,  $y$  – степеневі показники,  $q = 0,35$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,6$  [11];

$T$  – стійкість інструменту,  $T = 60$  хв. [11];

$K_v$  – коефіцієнт поправки,  $K_v = 0,72$  [11].

$$V = \frac{8,9 \cdot 9^{0,35}}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,6}} \cdot 0,72 \approx 16,08 \text{ м/хв.}$$

Частота обертів

$$n = \frac{1000 \cdot 16,08}{3,14 \cdot 9} = 569 \text{ об/хв.}$$

Скорегуємо розрахункове значення чисел обертів з технічною характеристикою верстата. Відповідно для даної моделі  $n = 575$  об/хв. Відповідно реальна швидкість обробки

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 575}{1000} \approx 16,25 \text{ м/хв.}$$

Потужність ефективної обробки [11]

$$N_e = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000}, \quad (3.30)$$

де  $M_K$  – крутильний момент, Н

$$M_K = C_m \cdot D^{2,0} \cdot S^y \cdot K_m, \quad (3.31)$$

де  $C_m$  – сталий коефіцієнт,  $C_m = 39$  [11];

$y$  – степеневий показчик,  $y = 0,8$  [11];

$K_m$  – коефіцієнт корекції,  $K_m = 0,78$  [11].

$$M_K = 39 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,78 = 679,9 \approx 680 \text{ Н·м.}$$

Потужність обробки свердлінням

$$N_e = \frac{680 \cdot 575}{975 \cdot 1000} \approx 0,4 \text{ кВт.}$$

Потужність обробки свердлінням із застосуванням свердлильної головки

$$N_{\text{зол}} = m \cdot N_e \cdot \eta_{\text{зол}}, \quad (3.32)$$

де  $m$  – кількість одночасно задіяних сверл,  $m = 6$  шт.;

$\eta_{\text{зол}}$  – коефіцієнт ефективності сверлильної головки,  $\eta_{\text{зол}} = 0,8 \dots 0,9$  [11].

$$N_{\text{зол}} = 6 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \approx 2,04 \text{ кВт.}$$

Технологічний час обробки

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (3.33)$$

де  $L$  – лінійна довжина врізання, мм;

$$L = t + y_1 + y_2, \quad (3.34)$$

де  $t$  – товщина матеріалу заготовки,  $t = 32$  мм;

$y_1$  – підвід сверла,  $y_1 = 3$  мм;

$y_2$  – перебіг сверла,  $y_2 = 0$  мм.

$$L = 32 + 3 + 0 = 35 \text{ мм.}$$

Відповідно основний технологічний час мехобробки отвору

$$T_o = \frac{35}{575 \cdot 0,2} \approx 0,3 \text{ хв.}$$



Таблиця 3.5 – Режими обробки механічних операцій

№	Операційний перехід	$L$ , мм	$t$ , мм	$i$	$S$ , мм/об	$S_m$ , мм/хв.	$n$ , об/хв.	$V$ , м/хв.	$T_o$ , хв.	$N$ , кВт
005	Вертикально-фрезерна									1,87
	Перехід 1	90	2	1	-	384	200	62,8	0,31	
	Перехід 3	90	2	1	-	384	200	62,8	0,31	
010	Вертикально-свердлильна									0,94
	Перехід 1	36	4	1	0,4	-	250	12,5	0,12	
	Перехід 2	36	7,5	1	0,2	-	180	5,6	0,88	
015	Токарна									2,31
	Перехід 1	12	5	1	0,4	-	200	93	0,31	
	Перехід 2	23	2	1	0,2	-	250	68	0,82	
	Перехід 4	31	2	1	0,4	-	200	93	0,57	
	Перехід 5	34	2	1	0,2	-	250	68	0,94	
020	Вертикально-свердлильна									2,4
Перехід 1	32	4,5	1	0,2	-	575	16,08	0,3		
025	Вертикально-свердлильна									0,35
	Перехід 1	1	1	6	ручна	-	180	5,6	0,11	
	Перехід 2	25	1	6	ручна	-	180	5,6	1,32	
030	Вертикально-свердлильна									0,29
	Перехід 1	12	4,3	1	ручна	-	500	13,5	0,34	
	Перехід 2	1	1	1	ручна	-	200	8,4	0,11	
	Перехід 3	8	1	1	0,941	-	250	7,9	0,16	

Норми часу на окремі операції призначимо показово розрахунковим методом, а інші операції маршруту обробки нормуємо аналогічно, але без наведення розрахунків у основній частині роботи.

$$T_{ум} = T_o + T_d + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.35)$$

де  $T_o$  – основний технологічний час оброблення, хв.;

$T_\delta$  – додатково затрачуваний часовий ресурс, хв.;

$T_{обс}$  – часові витрати на обслуговування робочої позиції, хв.;

$T_{відп}$  – часові витрати на потреби і відпочинок робітника, хв.

Оперативний час на операцію

$$T_{он} = T_o + T_\delta. \quad (3.36)$$

Затрати штучно-калькуляційного часу

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (3.37)$$

де  $T_{нз}$  – часові витрати підготовчо-заключного часу, хв.;

$n$  – кількість заготовок у партії, шт.

Для наглядності методики проведемо розрахунок норми часу на свердлильну операцію №020.

Технологічний час операції  $T_o = 0,3$  хв. Встановимо об'єм додаткових робіт і витрати часу на їх реалізацію. Згідно нормативів додаткові часові витрати:  $T_{уст} = 0,64$  хв.;  $T_{унр} = 0,48$  хв.;  $T_{вим} = 0,08$  хв. (відповідно затрати на встановлення, керування та вимірювання) [12]. Норма додаткового часу

$$T_\delta = 0,64 + 0,48 + 0,08 = 1,20 \text{ хв.}$$

Норма оперативного

$$T_{он} = 0,3 + 1,20 = 1,5 \text{ хв.}$$

Затрати часу на обслуговування робочого місця становить [12]

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 1,5 = 0,06 \text{ хв.}$$

Затрати часу на відпочинок робітника [12]

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 1,5 = 0,06 \text{ хв.}$$

Відповідно штучний час операції, хв.

$$T_{шт} = 0,3 + 1,2 + 0,06 + 0,06 = 1,62.$$

Затрати часу на підготовчо=заклучні роботи  $T_{пз} = 16$  хв. [12].

Затрати штучно-калькуляційного, хв.:

$$T_{шт.к} = 1,62 + \frac{16}{400} = 1,66.$$

Результати норм операцій технологічного процесу зведені в таблицю 3.6.

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = 1,62 + \frac{16}{400} = 1,66 \text{ хв.}$$

За цією ж методикою нормуємо інші операції технологічного процесу і результати зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Нормування операцій технологічного процесу

Операція ТП	$T_o$ , хв.	Допоміжні, хв.			$T_d$ , хв.	$T_{оп}$ , хв.	$T_{обс}$ , хв.	$T_{відп}$ , хв.	$T_{шт}$ , хв.	$T_{пз}$ , хв.	$T_{шт.к}$ , хв.
		$T_{уст}$	$T_{упр}$	$T_{вим}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	0,31	0,64	0,48	0,08	1,2	1,48	0,06	0,06	1,87	16	1,98
010	1,00	0,64	0,48	0,08	1,2	1,48	0,06	0,06	3,07	16	3,44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	2,84	0,44	0,48	0,08	1,2	1,8	0,11	0,11	5,27	12	5,82
020	0,3	0,64	0,48	0,08	1,2	1,48	0,06	0,06	1,62	16	1,66
025	1,43	0,64	0,48	0,08	1,2	2,28	0,13	0,13	2,24	16	2,62
030	0,61	0,64	0,48	0,08	1,2	1,48	0,06	0,06	1,37	16	1,74
035	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	9	0,37
040	—	—	—	—	—	—	—	—	0,35	5	0,57
045	—	—	—	—	—	—	—	—	0,56	12	0,75

### 3.3 Встановлення кількості обладнання

Кількісне значення верстатів на механічній дільниці розрахуємо орієнтуючись на співвідношення штучного часу на операцію ТП до такту випуску продукції. Відповідно значення такту випуску [11]

$$t_g = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \quad (3.38)$$

де  $F_d$  – річний час роботи обладнання, год.;  $F_d = 4015$  год.;

$N$  – річна кількість деталей, шт.;  $N = 20000$  шт.

$$t_g = \frac{4015 \cdot 60}{20000} = 12,05 \text{ хв.}$$

Значення часу  $T_{шт}$  на операції механічного оброблення згідно даних розділу 3.2, табл. 3.6.

Так як у маршруті обробки задіяний верстатний парк одного класу і моделей, відповідно краще узагальнити значення штучного часу по операціях.

Прогнозовано, що це забезпечить вищий коефіцієнт використання верстатів по основних параметрах. Відповідно:

– операція вертикально-фрезерна, штучний час:

$$T_{um} = 1,87 \text{ хв.};$$

– всі свердлильні операції:

$$\sum T_{um} = 3,07 + 1,62 + 2,24 + 1,37 = 8,3 \text{ хв.};$$

– токарна операція:

$$T_{um} = 5,27 \text{ хв.}$$

Відповідно кількість верстатів кожної групи:

– фрезерних

$$m_p = \frac{1,87}{12,05} \approx 0,16 \text{ – доцільно прийняти 1;}$$

– свердлильних

$$m_p = \frac{8,3}{12,05} \approx 0,69 \text{ – доцільно прийняти 1;}$$

– токарних

$$m_p = \frac{5,27}{12,05} \approx 0,44 \text{ – також приймаємо 1.}$$

Завантаження верстатів визначається певним коефіцієнтом, який рівний відношенню розрахункової кількості обладнання до фактично прийнятої. Середнє значення коефіцієнта завантаження верстатного парку дільниці

$$\eta_{з.ср} = \frac{0,16 + 0,69 + 0,44}{3} \approx 0,43.$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним операційним часом

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ум.к}}} . \quad (3.39)$$

$$\eta_{o_{6H10}} = \frac{0,31}{1,98} \approx 0,16;$$

$$\eta_{o_{2H135}} = \frac{1 + 0,3 + 1,43 + 0,61}{3,44 + 1,66 + 2,62 + 1,74} \approx 0,35;$$

$$\eta_{o_{1A720}} = \frac{2,84}{5,82} \approx 0,49 .$$

Відповідно усереднений коефіцієнт

$$\eta_{o.cp} = \frac{0,16 + 0,35 + 0,49}{3} \approx 0,3 .$$

Використання за затрачуваною потужністю характеризується показником  $\eta_M$ , який визначається відношенням потужності  $N_{np}$  на основного привода до потужності  $N_{cm}$  електричного двигуна верстата

$$\eta_M = \frac{N_{np}}{N_{cm}} . \quad (3.40)$$

$$\eta_{M_{6H10}} = \frac{1,87}{3} \approx 0,62;$$

$$\eta_{M_{2H135}} = \frac{0,94 + 2,4 + 0,35 + 0,29}{4} \approx 0,99;$$

$$\eta_{M_{1.4720}} = \frac{2,31}{7} \approx 0,33.$$

Усереднений коефіцієнт використання обладнання по затрачуваній потужності

$$\eta_{M.cр} = \frac{0,62 + 0,99 + 0,33}{3} \approx 0,65.$$

### 3.4 Конструювання спеціального оснащення

Для здійснення технологічної операції процесу фрезерування площин в розмір  $140^{+0,60}$  доцільно використовувати допоміжну оснастку у вигляді звареного корпусу у установчою плитою, яка містить додаткові деталі у вигляді плити з торцевими упорами і притискний пристрій на основі пневматики. Функціональне призначення додаткових елементів – це забезпечення установки та фіксації заготовки в процесі обробки. Оброблювана заготовка встановлюється на нерухомі пластини з підтиском до упорної пластини. Дані елементи є установчими і базуючими. Затиск здійснюється п'ятою пристрою, притискне зусилля на яку передається безпосередньо пневмоциліндром. Точність установки пристрою на робочому столі верстата забезпечується за допомогою шпонки і фіксується болтами у пазах на бічних сторонах плити корпусу пристрою.

Точність розробленого пристосування

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ycm}^2 + \varepsilon_{3H}^2 + \varepsilon_{p.i}^2 + (k_2 \omega)^2}. \quad (3.41)$$

Відповідно необхідні значення похибок і коефіцієнтів є наступними:

– допуск розміру  $\delta = 0,11$  мм;

- коефіцієнт зміщення установочних елементів  $k = 1,2$ ;
- похибка базування  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (суміщені установочні і вимірні бази);
- поправки на серійність виготовлення  $k_1 = 0,8$ ;  $k_1 = 0,6$ ;
- похибка зсуву поверхонь заготовки від затискного зусилля  $\varepsilon_3 = 0,01$  мм;
- похибка встановлення  $\varepsilon_{уст} = 0$  (всього один установочний елемент верстатного стола);
- похибка зношення посадочних поверхонь  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;
- можливе зміщення РІ,  $\varepsilon_{pi} = 0,02$  мм;
- похибка способу оброблення  $\omega = 0,08$  мм.

Підставивши значення коефіцієнтів отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,11 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,01^2 + 0^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} \approx 0,03 \text{ мм.}$$

- отже точність фрезерування забезпечена.

В пристосуванні для фрезерування основною є сила затиску, яка необхідна для надійного утримання оброблюваної деталі. Це є основою для встановлення розрахунково-конструктивних параметрів силового пневмоциліндра.

В процесі обробки деталей фіксується горизонтально діючою силою затиску  $Q$ . На деталь діють: сила затиску, сили реакції від установочних опор, сили тертя між поверхнями деталі, установочними та затискними елементами пристосування, а також колова сила різання.

Прирівнявши суму моментів відносно певної точки до нуля, знайдемо необхідну силу затиску [11]

$$Q = K \frac{P_z(b + af) + P_z \cdot z}{af + bf}, \quad (3.42)$$



де  $P_z$  – колова сила різання, ( $P_z = 1825,2$  Н, див. розділ 3.2);

$K$  – коефіцієнт запасу,  $K = 1,2$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,25$ ;

$a, b, z$  – конструктивні параметри пристосування (див. рис. 3.3). Відповідно  $a = 0,07$  м;  $b = 0,18$  м;  $z = 0,063$  м.

Підставивши числові значення

$$Q = 1,2 \cdot \frac{1825,2 \cdot (0,18 + 0,07 \cdot 0,25) + 1825,2 \cdot 0,063}{0,07 \cdot 0,25 + 0,18 \cdot 0,25} \approx 7607,4 \text{ Н}$$

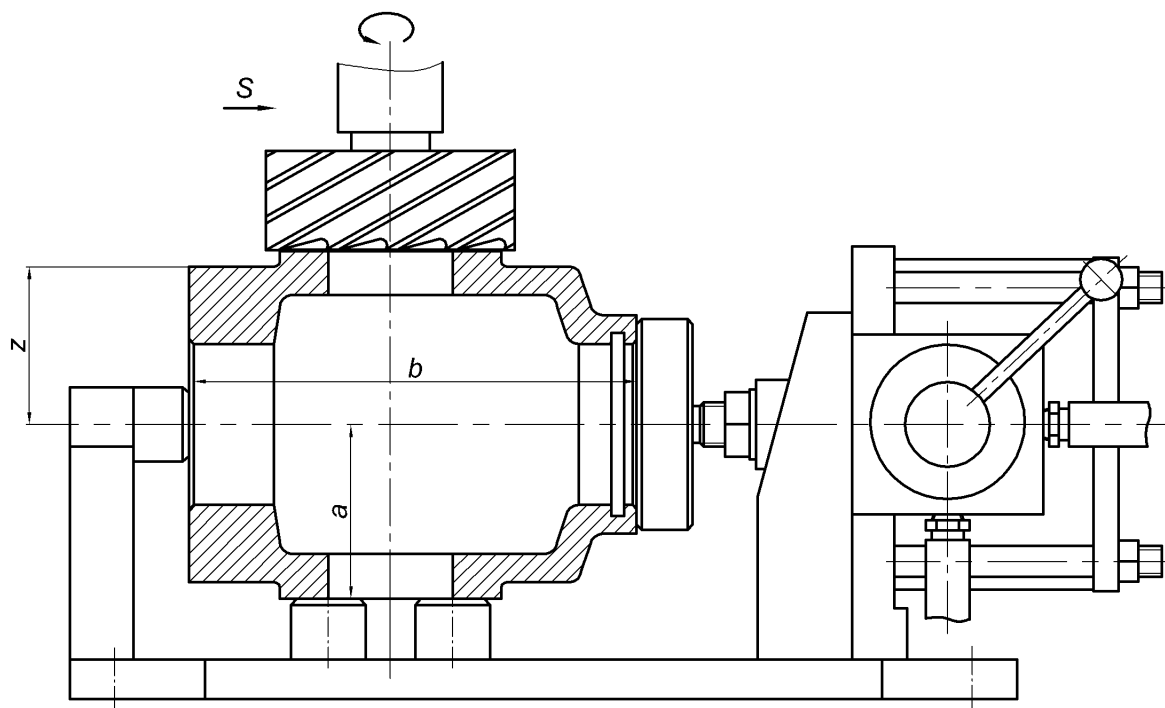


Рисунок 3.3 – Схема встановлення заготовки у пристосуванні для фрезерування площин

Необхідний для створення затискного зусилля діаметр пневмоциліндра розрахуємо за наступною залежністю [11]

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p, \quad (3.43)$$

де  $D$  – внутрішній  $\varnothing$  пневмоциліндра, см;

$d$  –  $\varnothing$  штока,  $d = 3,6$  см;

$p$  – тиск повітря,  $p = 45$  кг/см<sup>2</sup>.

Відповідно

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p} + d^2}. \quad (3.44)$$

Розрахункове значення діаметра

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7607,4}{3,14 \cdot 45} + 3,6^2} = 14,67 \approx 147 \text{ мм.}$$

Стандартом [11] передбачено: найближче більше значення діаметра пневматичного циліндра  $D = 150$  мм, із діаметром штока  $d = 32$  мм.

Для операції технологічного процесу свердління отвору  $\varnothing 8,6$  мм подальше нарізання в ньому різьби М10-6Н використовується пристрій, який виконаний у вигляді корпусу із зварною конструкцією на якому розміщені установчі і фіксувальні елементи, а саме плита з торцевими упорами і гвинтовий затискний пристрій. Оброблювана деталь встановлюється горизонтально на нерухому втулку з підтиском до упорної торцевої поверхні і встановленням на установчий штир з протилежної сторони від місця свердління. З протилежної сторони, з торця, деталь підтискається упором через гвинтовий затискний пристрій з плоским торцем. Встановлюється пристрій на столі свердлильного верстата на шпонку і кріпиться спеціальними гвинтами до пазів нижньої плити.

Точність пристрою розрахуємо за попередньо наведеною формулою (3.41). Відповідно необхідні значення похибок і коефіцієнтів є наступними:

- допуск розміру  $\delta = 0,11$  мм;
- коефіцієнт зміщення установочних елементів  $k = 1,2$ ;
- похибка базування  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (суміщені установочні і вимірні бази);

- поправки на серійність виготовлення  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,6$ ;
  - похибка зсуву поверхонь заготовки від затискного зусилля  $\varepsilon_3 = 0,01$  мм;
  - похибка встановлення  $\varepsilon_{уст} = 0$  (всього один установочний елемент верстатного стола);
  - похибка зношення посадочних поверхонь  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;
  - можливе зміщення РІ,  $\varepsilon_{pi} = 0,02$  мм;
  - похибка способу оброблення  $\omega = 0,08$  мм.
- Підстановкою числових значень отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,11 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,01^2 + 0^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} \approx 0,03 \text{ мм.}$$

- отже точність сверління дотримується.

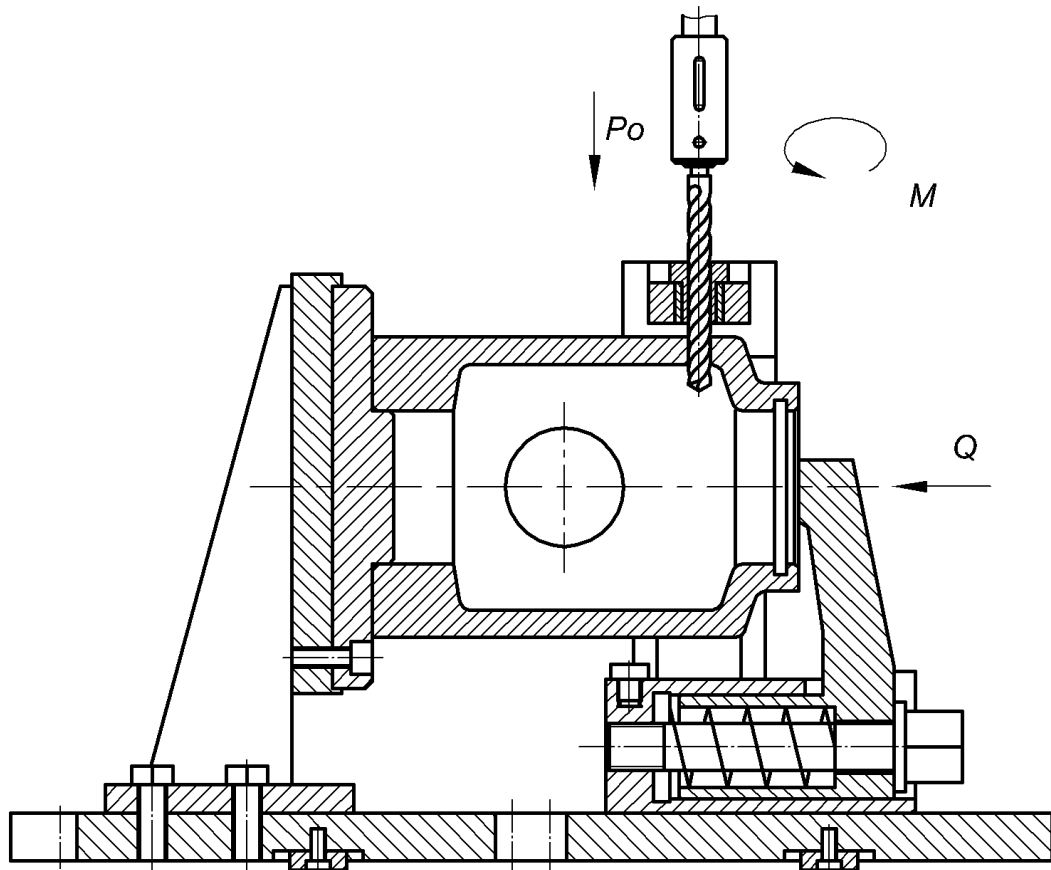


Рисунок 3.4 – Схема встановлення та базування деталі в кондукторі для сверління отв.  $\varnothing 8,6$  мм

В пристосуванні для свердління отвору  $\varnothing 8,6$  мм основною є сила затиску, яка необхідна для надійного утримання оброблюваної деталі. Це є основою для встановлення розрахунково-конструктивних параметрів гвинтового механізму затиску.

В процесі обробки отворів свердлінням оброблювана заготовка знаходиться під дією крутного моменту  $M$  і осьової сили  $P_o$  (рис. 3.4). При цьому сила подачі і сила затиску взаємодіють, притискаючи заготовку до установочних поверхонь пристрою.

Під дією крутного моменту різання  $M$  деталь намагається повернутись навколо осі свердління. Цьому моменту протидіють установчі елементи і момент тертя, який створюється осьовою силою і силою затиску.

Відповідно сила затиску  $Q$  буде рівна [12]

$$Q = \frac{P_p l}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + 0,67 fr}, \text{ Н} \quad (3.45)$$

де  $P_p$  – сила, що прикладається робітником до ключа,  $P_p = 14 \dots 20$  Н;

$l$  – плече прикладання сили,  $l \approx 14d$ ;

$d$  – номінальний діаметр різьби,  $d = 20$  мм;

$$l = 14 \cdot 20 = 280 \text{ мм.}$$

$r_{cp}$  – середній радіус різьби гвинта,  $r_{cp} = 10$  мм;

$\alpha$  – кут підйому гвинтової різьби,  $\alpha = 2^\circ 30' \dots 3^\circ 30'$ ;

$\varphi_{np}$  – приведений кут тертя в різьбовій парі,  $\varphi_{np} = 6^\circ 40'$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,1 \dots 0,15$ ;

$r$  – радіус притискної частини пристрою,  $r = 13$  мм.

Відповідно зусилля затиску рівне

$$Q = \frac{15 \cdot 280}{10 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 40') + 0,67 \cdot 0,15 \cdot 13} = 1538 \text{ Н}$$

## 4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху

Розрахунок і призначення виробничих і допоміжних площ цеху здійснюють на основі відомостей про трудомісткість операцій за розробленим технологічним процесом виготовлення виробу в умовах аналогічного діючого підприємства. Відповідно вихідними даними є: основного обладнання – 127 шт.; заточного – 4 шт.; обладнання ремонтної бази – 2 шт.; дільниці ремонту спорядження – 6 шт.; місць для кінцевого контролю – 7 шт.; розміри габаритів обладнання – середні.

Виробничу площу механічної дільниці розраховують за питомою площею на верстатну одиницю [16].

$$S_M = N \cdot S_{II}, \quad (4.1)$$

де  $N$  – кількість металорізального обладнання механічної дільниці, шт.;

$S_{II}$  – питома площа на одиницю обладнання,  $S_{II} = 18...25 \text{ м}^2$  [16].

$$S_M = 127 \cdot 18 \approx 2342 \text{ м}^2.$$

Площу відділення для складання приймає 30...40 % від механічного відділення [16]. Відповідно 30 % від  $2342 \text{ м}^2 \approx 770 \text{ м}^2$ .

Площа допоміжних відділень:

– заточне. Кількість заточного обладнання – 4. Питома площа складає  $8...10 \text{ м}^2$ . Отже, площа відділення =  $40 \text{ м}^2$ .

– цехова ремонтна база. Кількість обладнання ЦРБ – 2, питома площа –  $30 \text{ м}^2$ , отже загальна площа =  $60 \text{ м}^2$ .

– контрольне. Площа відділення для контролю визначається із розрахунку  $5...6 \text{ м}^2$  на одного контролера, отже –  $5 \times 7 = 35 \text{ м}^2$ .

– склади матеріалів і заготовок. Площа складських приміщень [16]

$$S_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (4.2)$$

де  $M_{\Sigma}$  – вага матеріалу і заготовок річного об'єму випуску,  $M_{\Sigma} = 19991,4 \text{ т.}$ ;

$t$  – кількість робочих днів зберігання заготовок,  $t = 1$ ;

$q$  – допустиме навантаження на  $m^2$  площі підлоги,  $q = 1,2$  т/ $m^2$ ;

$k_B$  – коефіцієнт використання площі складування,  $k_B = 0,3 \dots 0,4$ .

$$F_3 = \frac{19991,4 \cdot 1}{260 \cdot 1,2 \cdot 0,3} \approx 233 \text{ м}^2.$$

– відділення для приготування і роздачі охолоджуючих рідин, склад масел. Площа залежить від кількості основного обладнання [16], у даному випадку –  $110 \text{ м}^2$ .

– відділення для збирання і переробки стружки. Площа також визначається нормативного від кількості основного обладнання [16] і становить  $125 \text{ м}^2$ .

– заготівельне. Нормативно встановлюють від 4 до 10 одиниць обладнання з питомою площею –  $25 \dots 30 \text{ м}^2$  на одиницю [16]. Отже, при прийнятих 4-х одиницях обладнання площа буде  $100 \text{ м}^2$ .

Таблиця 4.1 – Відомість площ механоскладального цеху

№ п/п	Назва відділення	Площа, $m^2$
1	2	3
1	Механічне	2342
2	Складальне	770
3	Заточувальне	40
4	Цехова ремонтна база	60
5	Контрольне	35
6	Склад матеріалів і заготовок	233
7	Склад мастильно-охолоджувальних рідин (МОР)	110
8	Відділення для переробки стружки	125
9	Заготівельне відділення	100
	Всього (площа цеху)	3815
10	Магістральні проїзди (12% від площі відділень цеху)	458
	Всього	4273
11	Службово-побутові приміщення (25% площі цеху)	954
	Всього площа цеху, магістральних проїздів та службово-побутових приміщень	5227

Площа механічної дільниці для механічної обробки деталі класу «корпус» залежить від розмірів верстатного обладнання і розраховується за питомою площею на одиницю обладнання. Відповідно для легкого обладнання становить – 14...18 м<sup>2</sup>, для середнього – 18...22 м<sup>2</sup>, крупного – 22...30 м<sup>2</sup>, особливо крупного – 30...100 м<sup>2</sup> [16]. Згідно паспортних даних прийнятого верстатного обладнання визначаємо його клас і дані заносимо у відомість площі механічної дільниці.

Таблиця 4.2 – Відомість площі механічної дільниці

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Вертикально-фрезерний	6Н10	1720×1750	середній	20
Вертикально-свердлильний	2Н135	1240×810	середній	18
Токарний напівавтомат	1А720	2190×1365	середній	20
Слюсарний верстак	—	1500×1000	—	4
Промивочна машина	М2А	1550×1250	—	6
Контрольний стіл	ПР1460	2000×1000	—	4
Місця склад. заг. і дет.	—	—	—	8
Загальна площа дільниці механічної обробки				80

#### 4.2 Розробка планів компоновання цеху та розміщення обладнання на дільниці

Розробку компоновального плану механоскладального цеху проводять за попередньо визначеними площами всіх його відділень (табл. 4.1) та з урахуванням прийнятих схем вантажопотоків, нормативних будівельних параметрів, схеми цеху.

З використанням прийнятих умовних позначень [16] на компоновальному плані механоскладального цеху вказують: основні стіни; межі відділень і дільниць; допоміжне устаткування; основні вантажопідйомні

пристрої; основні проїзди; канали для відводу стружки. А також проставляються висотні відмітки відносно рівня підлоги.

Як правило для компоувального плану цеху наводять поперечний розріз прольоту виробничої будівлі, виконаний в масштабі 1:50 або 1:100.

Рекомендовано відділення механоскладального цеху розміщувати в напрямку руху виробничого потоку у наступній послідовності:

- а) місця для зберігання заготовок планують на початку ліній;
- б) місця для зберігання готових виробів – в кінці верстатних ліній після пунктів чи відділень технічного контролю;
- в) в кінці верстатних ліній намічають поперечний магістральний проїзд шириною не менше 4,5...5,5 м;
- г) за магістральним проїздом, поряд із складальним відділенням, розміщують відділення технічного контролю;
- д) склади та допоміжні відділення рекомендовано розміщувати збоку від виробничого потоку, але поблизу до основних.

Згідно нормативів проміжний склад та інші складські приміщення в цеху відділяються від механічного чи складального відділень сіткою висотою 2,5 м, а контрольне і заточне відділення – як правило, скляною перегородкою. Компоувальний план виконують в масштабі 1:100 або 1:200, але в окремих випадках можна приймати відмінні масштаби.

План розміщення обладнання на дільницях розробляється на основі відповідності з компоувальним планом механоскладального цеху і розташуванням будівельних елементів будівлі. Основним принципом при розробці плану розміщення верстатного обладнання на дільниці механічної обробки є забезпечення прямолінійності руху заготовок згідно розробленого технологічного процесу їх виготовлення.

Розмітки компоувального плану повинні співпадати із координатними осями споруди цеху. Нормативні відстані між обладнанням – мін. 950 мм, від проїзду до фронтальної сторони обладнання – мін. 1000 мм, до межі відділення – мін. 550 мм. Прохід – 1400 мм.



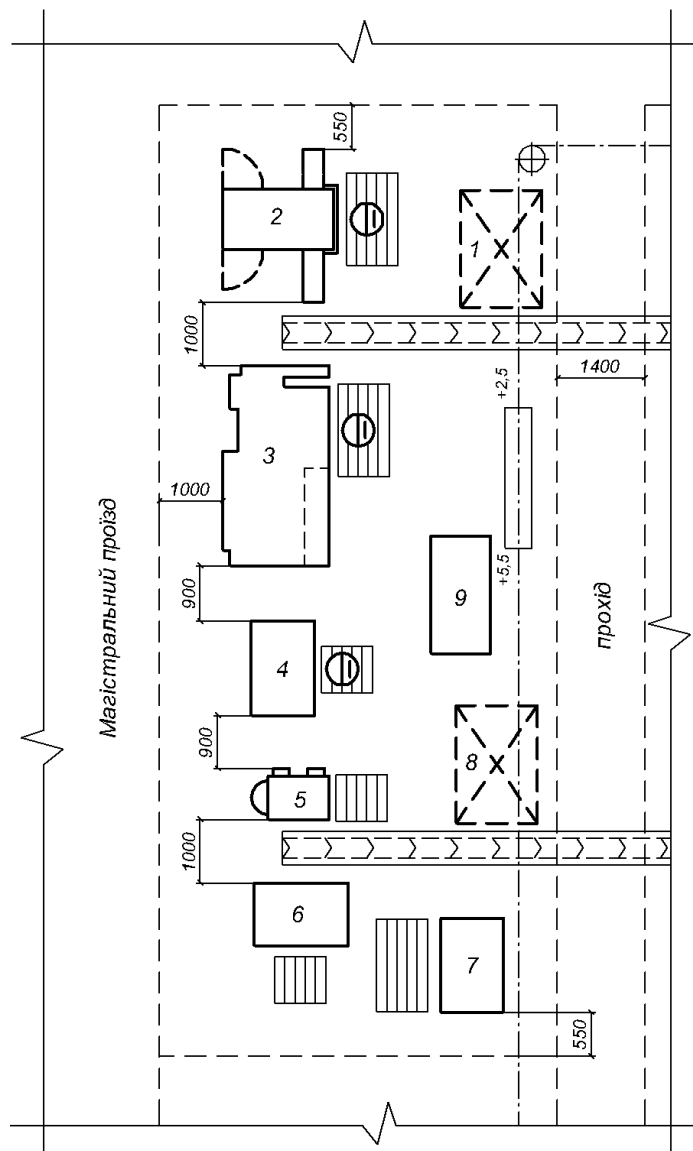


Рисунок 4.1 – Планування розташування обладнання на ділянці механічної обробки деталі «корпус ПС-10А.43.005»:

- 1 – місце зберігання заготовок; 2 – вертикально-фрезерний мод.6Н10;
- 3 – токарний багаторізцевий півавтомат мод.1А720; 4 – слюсарний верстак;
- 5 – вертикально свердлильний мод.2Н135; 6 – промивочна машина М2А;
- 7 – стіл для контролю ПР1460; 8 – місце зберігання виробів;
- 9 – стелаж для зберігання інструменту

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Оцінка проектованого цеху виходячи з пожежної безпеки**

При проектуванні і будівництві промислових підприємств необхідно передбачати заходи, які запобігають поширенню вогню шляхом [17]:

- поділу будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділ будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях, по горючих матеріалах (гребені, бортики, пояси);
- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- влаштування протипожежних розривів між будівлями.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін допускаються протипожежні зони, які виконуються у вигляді вставки по всій ширині і висоті будинку. Вставка – це частина об'єму будівлі, яка утворюється протипожежними стінами (мінімальна межа вогнестійкості 0,75 год.). Ширина зони – не менше 12 м. У межах зони не дозволяється зберігати горючі речовини. На межах зони з пожежними відсіками передбачаються вертикальні діафрагми і водяні завіси відповідно до СНиП 2.04.09-84 [17]. У межах зони ставлять пожежні сходи на дах, а в зовнішніх стінах зони – двері або ворота.

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (протипожежні двері, вогнезахисні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також знімати пристрої для їх самозакривання. У разі перетинання протипожежних перешкод (стін, перегородок, перекриттів, загороджувальних конструкцій) різними комунікаціями зазори (отвори), що

утворилися між цими конструкціями та комунікаціями, повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом, який забезпечує межу вогнестійкості та димо- газонепроникнення, що вимагається будівельними нормами для цих перешкод.

При складанні генеральних планів підприємств з точки зору пожежної безпеки важливо забезпечувати відповідні відстані від меж підприємств до інших підприємств і будівель. Протипожежні відстані між будівлями мають виключати загорання сусідньої будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію засобів пожежогасіння.

## **5.2 Розрахунок штучного освітлення на ділянці люмінесцентними лампами**

Для роботи в проєктованому цеху необхідно забезпечити достатню освітленість. Розрахуємо штучні освітлення для проєктованого цеху. Приміщення цеху має розміри 54×48×6 м. Згідно ДніП II-4-79 «Штучне і природнє освітлення» норма освітленості для механічного цеху складає  $E = 300$  Лк [17]. Найбільш задовільним джерелом світла є люмінесцентна лампа.

Для освітлення гальванічного цеху ми використовуємо люмінесцентне лампу типу ДРЛ-450, так як вона забезпечує високий рівень освітленості [17].

Для розрахунку використовуємо точковий метод розміщення світильників. Вирішення задачі залежить від світлорозподілу застосованих світильників і їх розміщення на плані приміщення, що визначається слідуючи ми розмірами [17]:

$$h_p = h - h_c - h_{pn}, \quad (5.1)$$

де  $h_p$  – розрахункова висота,  $h_p = 6$  м;

$h_c$  – висота звісу, для лампи типу ДРЛ-450,  $h_c = 2$  м.

$h_{pn}$  – висота робочої поверхні;  $h_{pn} = 0,8$  м

$$h_p = 6 - 2 - 0,8 = 3,2 \text{ м}$$

Розраховуємо освітленість в контрольній точці робочої поверхні.

$$a = \sqrt{b^2 + n^2} = \sqrt{2,5^2 + 5^2} = 5,5; \quad (5.2)$$

$$\alpha = \arctg \frac{a}{h_p} = \arctg \frac{5,5}{3,2} = 60,2^\circ \quad (5.3)$$

де  $\alpha$  – кут між віссю світильника і розрахунковою точкою.

Світловий потік для лампи типу ДРЛ-450 складає  $\Phi = 2300$  лм [17]. По кривих ізольюкс для лампи типу ДРЛ-450 при  $60^\circ$  крива сили світла КСС = 75. Сила світла будь-якого світильника, що визначається по кривих світлорозподілу

$$I_\alpha = 10 \cdot \Phi \cdot \text{КСС}$$

$$I_\alpha = 10 \cdot 2,3 \cdot 75 = 1725 \text{ Кд}$$

Сумарна умовна освітленість в розрахунковій точці:

$$\sum_{i=1}^{i=n} e_i = 10 \cdot \frac{I_{\alpha i} \cdot \cos^3 \alpha_1}{h_{p1}^2}, \quad (5.4)$$

де  $n$  – кількість світильників, в кожному з яких встановлена умовна лампа зі світловим потоком 1000 лм,  $n = 10$ ;

$$\sum_{i=1}^{i=n} e_i = 10 \cdot \frac{1725 \cdot \cos^3 60}{3,2^2} = 210,5 \text{ Лк.}$$

Коефіцієнт запасу  $K = 1,5$ . З відповідних табличних даних [17] вибираємо коефіцієнт додаткової освітленості  $\mu = 1,15$ .

Освітленість у контрольній точці

$$E = \frac{\Phi_n}{1000} \cdot \frac{M}{K} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} e_i, \quad (5.5)$$

$$E = \frac{2300}{1000} \cdot \frac{1,15}{1,5} \cdot 210,5 = 371 \text{ Лк.}$$

Отже, освітленість в контрольній точці складає 371 Лк, що задовольняє нашим потребам.

### 5.3 Захисні споруди і укриття

Для розрахунку потреб об'єкта в захисних спорудах і їх обладнання необхідні наступні вихідні дані: очікувана потужність вибуху; ймовірне максимальне відхилення центру вибуху від точки прицілу; середня швидкість вітру в районі розміщення об'єкту; азимут вітру; віддалення об'єкта від ймовірного центру вибуху. А також кліматичні умови району розміщення об'єкта (зовнішня температура повітря); загальна кількість робочих і службовців в найбільшій зміні; схема розміщення робочих ділянок на об'єкті і розподіл виробничого персоналу по них: можлива пожежна ситуація на об'єкті (очікувана степінь задимлення) [18].

Місця по окремим сховищам розподіляються з врахуванням розміщення робочих ділянок на території об'єкта і кількістю захищених в радіусі збору, як правило, не менше 150 місць для одного сховища. Будувати сховища місткістю менше 150 місць економічно недоцільно. Місткість протирадіаційних укриттів слід передбачити: для обладнаних в приміщеннях існуючих будинків або споруд на 5 чоловік і не більше, і в нових будинках, що будуються і спорудженнях – на 5 чол. і не більше.

Приміщення для укриттів будують із розрахунку, щоб на одного чоловіка припадало  $0,5 \text{ м}^2$  площі підлоги при двохярусному і  $0,4 \text{ м}^2$  при трьохярусному розміщенні на зовні. Внутрішній об'єм приміщення повинен бути не менше  $1,5 \text{ м}^3$  на чоловіка.

В приміщеннях для укриття повинна передбачатися установка двох або трьохярусних лавок для сидіння. Нижній ярус – для сидіння із розрахунку  $0,45 \times 0,45 \text{ м}$  на одну людину, а верхні для лежання із розрахунку  $0,55 \times 1,8 \text{ м}$  на людину. Висота сходів першого ярусу  $0,45 \text{ м}$ , лавок другого ярусу –  $1,4 \text{ м}$ , третього ярусу –  $2,15 \text{ м}$  від підлоги.

Число місць для лежання складає 20 % місткості сховища при двохярусному розміщенні лавок і 30 % при трьохярусному.

Норма площі на одного робочого складає 2 м<sup>2</sup>. Медичний пункт площею 9 м<sup>2</sup> передбачений в захисних спорудах при чисельності укриття 900-1200 чол. На кожні 100 чол. і більше 1200 чол. площа медпункту збільшується на 1 м<sup>2</sup>.

Санітарні пости передбачені в захисному спорудженні площею 2 м<sup>2</sup> на кожні 500 чол. не менше одного поста на захисне спорудження.

Тамбур-шлюз передбачений при одному з входів в сховище місткістю 300 чол. і більше. При цьому в сховищі 300-600 чол. робиться однокамерний а в сховищах більше 600 чол. – двокамерний тамбур шлюз. Площа кожної камери – 8-10 м<sup>2</sup>. Замість двохкамерного тамбуру шлюзу допускається встановлювати при двох входах однокамерні тамбури шлюзи.

Фільтровентиляційні приміщення встановлюються у зовнішніх стін сховища близько входів чи аварійних виходів. Їх розміри визначаються в залежності від габаритів обладнання і площі, необхідної для його обслуговування. В сховищах місткістю до 150 чоловік фільтровентиляційне обладнання виду ФВК-1 допускається розміщення безпосередньо в приміщенні для укриттів.

Тип захисних споруд для конкретного об'єкту повинен задовольняти вимоги забезпечення надійного захисту виробничого персоналу. Вибір виду захисних споруд для об'єкту зводиться до визначення зони можливих руйнувань, в яких може опинитись об'єкт.

## ВИСНОВКИ

Під час розв'язання задач кваліфікаційної роботи основним об'єктом дослідження стали технологічні процеси точіння торцевих канавок і технологічний процес виготовлення деталі класу «корпус». В результаті чого проаналізовано доцільність досліджень в плані актуальності теми роботи, встановлено ймовірні проблеми та напрямки їх вирішення. Проведено аналіз технологій та оснащення для обробки торцевих канавок, проведено теоретичне дослідження впливу конструктивних характеристик інструменту та оснастки на режими та якість обробки. Розроблено ефективний і економічно обґрунтований маршрут технологія виготовлення корпусної деталі ПС-10А.43.005. Відповідно було проаналізовано службове призначення, конструктивні особливості та характеристики деталі. Вибрано, з відповідним обґрунтуванням, спосіб отримання заготовки. Проведено вибір необхідного технологічного оснащення, обладнання, основного і допоміжного інструменту, а також розраховано та призначено режими оброблення та норми часу за операціями технологічного процесу.

Розроблено та розраховано пристрої для забезпечення механічної обробки деталі за операціями маршруту обробки. Для вирішення завдань кваліфікаційної роботи використано засоби САПР. Проведено розробку дільниці механічного цеху для проведення технологічного процесу виготовлення деталі класу «корпус».

В результаті проведеного обґрунтування запропонованих конструктивно-технологічних рішень по двох проектних варіантах технологічного процесу розрахунковий економічний ефект складе 610200 грн. на річну програму виробництва даного корпусу.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Торцеві канавки : веб-сайт. URL: <https://www.iscar.be> (дата звернення: 17.09.2020).
2. Отрезка и обработка канавок : веб-сайт. URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата звернення: 17.09.2020).
3. Обработка канавок : веб-сайт. URL: <http://www.taegutec.com.ua> (дата звернення: 17.09.2020).
4. Многонаправленная токарная обработка и обработка канавок : веб-сайт. URL: <http://www.secotools.com> (дата звернення: 17.09.2020).
5. Werkzeuge Stechen : веб-сайт. URL: <http://www.arno.de> (дата звернення: 18.09.2020).
6. New products in turning : веб-сайт. URL: <http://www.walter-tools.com> (дата звернення: 18.09.2020).
7. Півторак О. Дослідження технологій обробки торцевих канавок : Матеріали III Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль : ТНТУ, 2020. С.91.
8. Сверление. Система подачи СОЖ : веб-сайт. URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата звернення: 18.09.2020).
9. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : підручник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 368 с.
10. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985.
12. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.



13. Режимы резания металлов : Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 409 с.
14. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство. навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2013. 612 с.
15. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
16. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
17. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудуванні : навч. посіб. Суми : Университетская книга, 2011. 557 с.
18. Франчук В. С. Цивільна оборона : навч. посіб. Вид. 2-ге, доп. Львів : Афіша, 2001. 336 с.