

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 144 с., 37 табл., 45 рис., 3 дод., 19 джерел.

Об'єктом дипломного проекту є конічне свердло.

Мета роботи – розробити інструмент для обробки отворів різного діаметру в кузовних та силових елементах автомобіля.

В ході виконання дипломного проекту необхідно було вирішити такі завдання:

- проектування конічного (ступеневого) свердла для свердління листового металу;
- аналіз деталі на технологічність;
- проектування інструменту 2 - го порядку;
- створення маршруту обробки поверхонь;
- розрахунок припусків на обробку деталі;
- вибір обладнання та технологічне оснащення;
- розрахунок режимів різання і трудового нормування;
- проектування технологічного процесу на виготовлення конічного свердла;
- створення керуючої програми;

До складу магістерської роботи входять робочі креслення: проектного інструменту, ріжучі інструменти другого порядку.

Зроблено техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки.

ДЕТАЛЬ, КОНСТРУКЦІЯ ДЕТАЛІ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, ОБЛАДНАННЯ, ОСНАСТКА, РЕЖИМИ РЕЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, УПРАВЛЯЮЧА ПРОГРАМА.

## ABSTRACT

PP: 144 s., 37 tab., 45 pict., 3 anne., 19 sources.

The object of the diploma project is the tap broaching.

Purpose - develop a tool for processing holes of various diameters in the body and power elements of the car.

In the course of the graduation project, it was necessary to solve the following problems:

- designing a conical (stepped) drill for drilling sheet metal;
- the analysis of a detail on technological effectiveness;
- design tool 2 – nd order;
- sequence of processing of surfaces;
- the selection of industrial equipment;
- calculation of the cutting and labor rationing;
- to create the program of management;
- design of the technological process for the manufacture of a step drill;
- develop of the operating program;

The structure of the DP are working drawings, designed tools, cutting tools second order.

Made feasibility of the method of obtaining the workpiece.

DETAILS, DESIGN DETAILS, TECHNOLOGY, ROUTE PROCESSING, EQUIPMENT, CUTTING, NORMALIZATION, TECHNOLOGICAL PROCESS, THE OPERATING PROGRAM.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень та термінів.....	8
Вступ.....	10
1 Аналітичний огляд.....	12
1.1 Аналітичний огляд деталі, що обробляється.....	12
1.2 Вибір та обґрунтування методу обробки деталі.....	15
1.3 Висновок до аналітичного огляду.....	19
2 Конструкторська частина.....	20
2.1 Розробка конструкції та розрахунок свердла.....	20
2.1.1 Призначення та застосування інструменту.....	20
2.1.2 Вибір та обґрунтування інструментального матеріалу.....	22
2.1.3 Проектування та розрахунок інструменту "конічне свердло".....	25
2.1.4 Технічні вимоги до інструменту.....	33
2.2 Вибір та розрахунок інструменту другого порядку.....	34
2.2.1 Проектування мітчика.....	34
2.2.2 Технічні вимоги до мітчиків.....	37
2.2.3 Розрахунок та конструювання кінцевої фрези.....	38
2.2.4 Технічні вимоги до фрез.....	40
3 Технологічна частина.....	41
3.1 Вибір типу та форми організації виробництва.....	41
3.2 Вибір способу отримання заготовки. Економічне обґрунтування прийнятого методу.....	44
3.3 Проектування маршрутної технології.....	48
3.3.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	48
3.3.2 Проектування маршруту обробки основних поверхонь.....	53
3.3.3 Маршрут та виготовлення деталі конічне свердло.....	58
3.3.4 Обґрунтування вибору технологічних баз.....	63
3.4 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів.....	65

	7
3.4.1 Визначення припусків та міжопераційних розмірів.....	66
3.5 Розрахунок режимів різання.....	74
3.6 Нормування операцій технологічного процесу.....	79
3.7 Вибір обладнання.....	82
3.8 Пристосування та оснащення.....	92
3.9 Створення керуючої програми.....	102
Висновок.....	107
Перелік посилань.....	108
Додаток А - Альбом технологічних карт.....	110
Додаток Б – Код керуючої програми.....	141
Додаток В – Перелік графічних документів.....	144

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

Слово/словосполучення		Скорочення
Відсоток	В	%
Градус	Г	°
Градус Цельсія		°С
Державний стандарт	Д	ДСТУ
Змащувально-охолоджувальна рідина	З	ЗОР
І так далі	І	і т.д.
І тому подібне		і т.п.
Інші		ін.
Кафедра	К	Каф.
Кіловат		кВт
Кілоньютон		кН
Кілограм		кг
Кілограм-сила		кгс
Коефіцієнт корисної дії		к.п.д.
Мега Паскаль	М	МПа
Метр		м
Метрів за хвилину		м/хв
Метрів за секунду		м/с
Мікрометр		мкм
Міліметр		мм
Міліметрів за хвилину		мм/хв
Номер	Н	№
Ньютон		Н
Ньютон на метр		Н·м
Обертів хвилину	О	об/хв

Слово/словосполучення		Скорочення
Пояснювальна записка	П	ПЗ
Рік	Р	р.
Сантиметр	С	см
Сторінка		С.

## ВСТУП

Темою дипломного проекту є проектування технологічного процесу обробки конічного свердління листового металу. Що дозволить навчитися та закріпити на практиці отримані раніше знання з фундаментальних технічних дисциплін, як наслідок підтвердити вміння приймати правильні інженерні та технічні рішення для конкретного завдання. Також важливу роль відіграє обґрунтування вибору технологічного процесу, обладнання та номенклатури металорізального інструменту.

Проектування конічних або ступеневих свердел є критично важливим процесом у виробництві та обробці матеріалів. Ці інструменти використовуються у різних галузях, включаючи машинобудування, авіацію, автомобілебудування, нафтогазову промисловість та інші. Від їхньої ефективності залежить продуктивність та якість виготовленої продукції.

Сучасна індустрія постійно змінюється, і виникають нові вимоги до конструкції і властивостей свердел. Наприклад, зростає попит на більш тривалі і зносостійкі інструменти для обробки важкодоступних матеріалів. Тому, дослідження та розробка нових конструкцій конічних та ступеневих свердел, які відповідають цим вимогам, є актуальним завданням. Розвиток нових матеріалів і виробничих технологій може вплинути на ефективність та якість свердел. Розробка ефективних конічних свердел може призвести до підвищення продуктивності виробництва та зменшення витрат на інструменти та обробку. Це є актуальною проблемою для багатьох підприємств і підприємців. Загалом, проектування конічних (ступеневих) свердел є актуальною та важливою темою, яка має практичне і наукове значення.

Дана робота сприяє розвитку науки та інженерної діяльності в галузі конструювання і виробництва інструментів. Вона включає в себе аналіз нових теоретичних підходів до проектування та оптимізації свердел.

Випускна дипломна робота має конструктивно-технологічний характер і складається з текстової та графічної частин, які можуть бути виконані із застосуванням сучасних програмних продуктів, таких як: для текстової частини: MS Office; Для графічного ряду таких програм, як: FeatureCAM, PowerSHAPE 2016.

Тому передбачається конструювання, аналіз технологічності кінцевого свердла, удосконалення базового технологічного процесу його виготовлення, оптимізація методів та режимів її обробки, удосконалення використовуваного обладнання, пристроїв та інструменту, розробка керуючої програми та код керуючої програми; створення креслень готової деталі та оформлення презентації.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Аналітичний огляд деталі, що обробляється

Аналітичний огляд включає в себе розгляд розмірів, геометрії, матеріалу, властивостей, стану поверхонь та інших характеристик деталі.

Детальний аналіз геометрії деталі може виявити наявність складних поверхонь або виступів, які можуть вплинути на процес обробки. Також, дослідження властивостей матеріалу деталі, таких як міцність, твердість, термостійкість, дозволяє визначити необхідні інструменти та технології для ефективною обробки.

Деталь, яку потрібно обробити, є металевою частиною кузова автомобіля. Ця деталь має рифлену форму та вимагає створення декількох отворів різного діаметру на різних площинах.

Задача отримана від конструктора – встановити автономний обігрівач в автомобіль. Для його монтажу треба закласти в кузов автомобіля 7 отворів, п'ять отворів з яких позиціонуються з середини автомобіля, а отвори 6 та 7 з зовнішньої сторони авто.

На рисунку 1.1 зображено ескізи отворів, що обробляються з внутрішньої сторони автомобіля

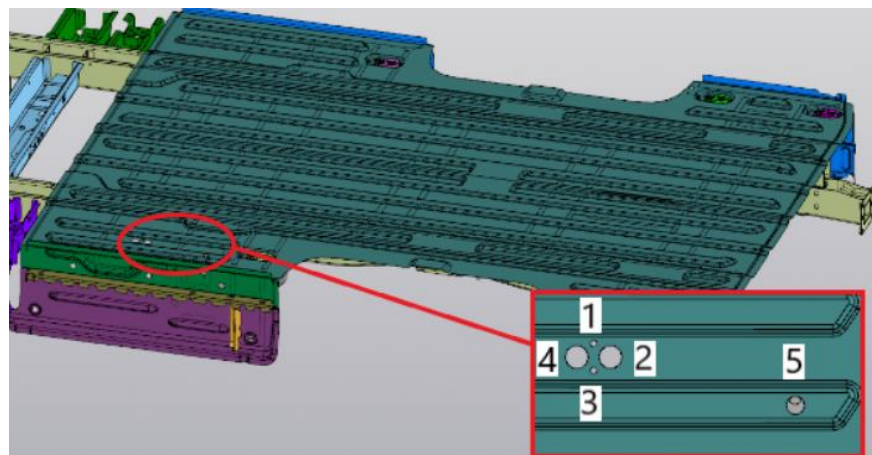


Рисунок 1.1 – Позиційні номери отворів

На рисунку 1.2 зображено ескізи отворів, що обробляються з зовнішньої сторони автомобіля.

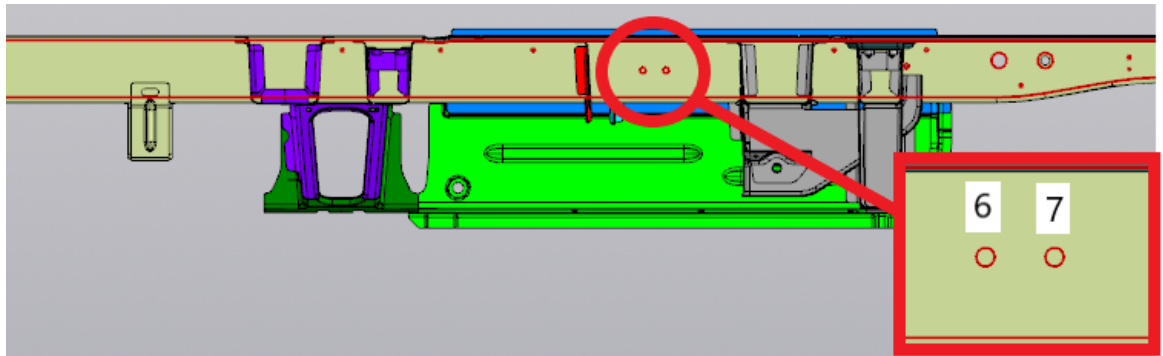


Рисунок 1.2 – Позиційні номери отворів

Окрім того товщина тіла листового металу, відносно отворів різна. Отвори, які обробляються з внутрішньої сторони автомобіля розташовані на товщині металу 1.2мм. Отвори, які розташовані під днищем автомобіля, тобто з зовнішньої сторони, розташовані на товщині металу 3 мм.

Таблиця 1.1 - Товщина тіла металу відносно діаметрів отворів 1.1

№ отвору	Номінальний розмір отвору, мм	Товщина металу, мм
1	Ø8	1.2
2	Ø28	1.2
3	Ø8	1.2
4	Ø28	1.2
5	Ø22	1.2
6	Ø12	3
7	Ø12	3

По документації отриманій від конструктора відомо, що:

Отвори 1 та 3 – використовуються для проведення патрубків повітрязабору та вихлопної труби

Отвори 2 та 4 – використовуються для розміщення паливних труб подачі

Отвір 5 – використовується для розміщення герметичного вводу кабелів

Отвори 6 та 7 – використовуються для закріплення комунікацій під автомобілем, та монтажу в них клепальних гайок.

На рисунку 1.3 – 1.5 зображені схематичні розміри отворів

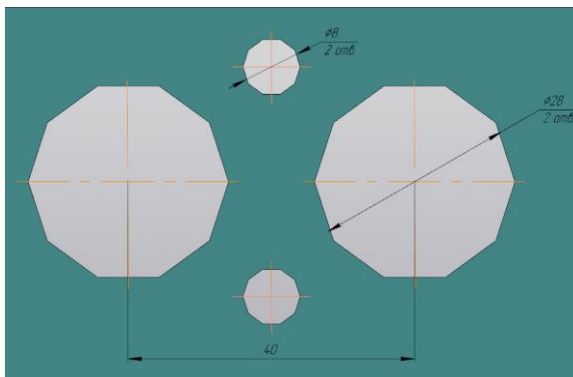


Рисунок 1.3 – Розміри отворів 1-4

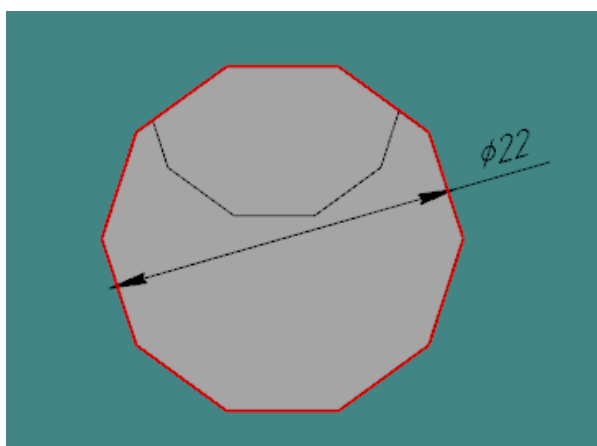


Рисунок 1.4 – Розмір отвору 5

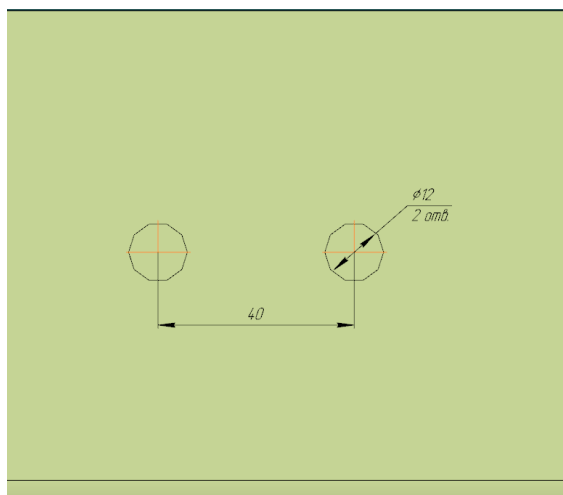


Рисунок 1.5 – Розміри отворів 6-7

## 1.2 Вибір та обґрунтування методу обробки деталі

При обробці отворів розрізняють три основні види операцій: свердління, зенкерування, розгортання та їх різновиди: розсвердлювання, зенкування, цекування.

Свердління - це операція з утворення наскрізних і глухих отворів в суцільному матеріалі, що виконується за допомогою різального інструменту - свердла. Розрізняють ручне свердління — ручними пневматичними та електричними свердлильними пристроями (дрилями) і свердління на свердлильних верстатах. Ручні свердлильні пристрої використовуються для отримання отворів діаметром до 12 мм у матеріалах невеликої та середньої твердості (пластмаси, кольорові метали, конструкційні сталі та ін.).

Однією з різновидів свердління є розсвердлювання - збільшення діаметра отвору, просвердленого раніше. Як інструменти для розсвердлювання отворів, також як і для свердління, використовують свердла. Не рекомендується розсвердлювати отвори, отримані в заготівлі методом лиття, кування або штампування. Такі отвори мають різну твердість по поверхні отвору через окалину, що утворюється при литті, а також через нерівномірну концентрацію внутрішньої напруги в металі на різних ділянках поверхні отворів, отриманих методом кування або штампування.

Види свердел в залежності від форми робочої поверхні

1. Гвинтове чи спіральне. Найбільш затребуване свердло, використовується для свердління різних матеріалів. Довжина спірального свердла може досягати 28 см, діаметр – 80 мм.



Рисунок 1.6 - Гвинтове або спіральне свердло

2. **Плоске або перове.** Використовується для свердління переважно глибоких, великих по діаметру отворів. Робоча частина має форму лопатки, в центрі якої розташоване вістря для центрування, що виступає. Лопатка може бути виконана разом із хвостовиком або бути змінною і кріпитися до стрижня за допомогою державки або борштанги.



Рисунок 1.7 - Плоске або перове свердло

3. Свердло для глибокого свердління. Призначено для виконання отворів, глибина яких щонайменше в 5 разів більша, ніж діаметр. Свердло глибокого свердління має два гвинтові канали, якими в зону різання подається охолоджувальна емульсія. Канали можуть розташовуватися всередині свердла або припаяних трубках.



Рисунок 1.8 - Свердло для глибокого свердління

4. **Свердло одностороннього різання.** Застосовується для свердління отворів, до яких висуваються підвищені вимоги щодо точності. Свердла одностороннього різання мають опорну площину та дві ріжучі кромки, розташовані з одного боку від центру.



Рисунок 1.9 - Свердло одностороннього різку

5. Коронка або кільцеве свердло. На вигляд це порожнистий циліндр. Різання здійснюється стінкою циліндра, де розташовується ріжуча кромка. Свердління виходить у вигляді кільця, всередині якого знаходиться недоторканий матеріал (кern). Після свердління він зазвичай залишається в коронці, потрібно тільки витрусити його.

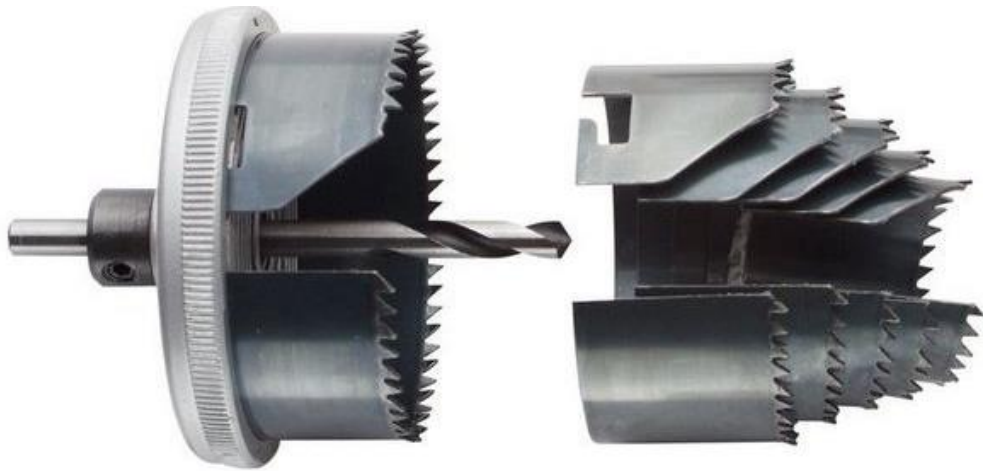


Рисунок 1.10 - Коронка або кільцеве свердло

6. Центрувальне свердло. З його допомогою виконується засвердлювання центру.



Рисунок 1.11 - Центрувальне свердло

7. Ступінчасте свердло. Це вид свердла з кількома різними діаметрами на одному інструменті. Воно зазвичай має кілька секцій з різними розмірами отворів, які дозволяють зробити отвір з потрібним діаметром без необхідності змінювати свердло.

Ступінчасті свердла зручні при обробці деталей, де потрібні отвори різних розмірів. Їх використання дозволяє зекономити час і зусилля, оскільки не потрібно змінювати свердло кожного разу, коли потрібно зробити отвір іншого діаметру.



Рисунок 1.12 - Ступінчасте свердло

#### Типи хвостовиків

Залежно від форми та способу кріплення у патроні або шпинделі хвостовики бувають:

- циліндричні – зовнішня поверхня має форму циліндра;
- конічні – поверхня виконана у вигляді конуса;
- грановані - на зовнішній поверхні є 3, 4 або 6 граней;
- типу SDS – хвостовик для кріплення в патроні з спеціальним фіксуєчим механізмом.

Кріплення найпоширеніших у побуті циліндричних свердлів проводиться у звичайному патроні. Інструменти з конічним хвостовиком призначені для використання на верстатах. Хвостовик типу SDS розрахований на закріплення у перфораторі [8].

## Види покриття

Свердла покривають із різною метою: запобігання корозії, зміцнення поверхневого шару, поліпшення тепловіддачі, зниження тертя. Найпоширеніша та недорога операція – оксидування. Свердло покривається оксидною плівкою чорного кольору, яка захищає його від іржі та перегріву.

Покриття нітридом титану (TiN) підвищує термін служби свердлу щонайменше втричі. Карбонітрид титану (TiCN), що використовується також для покриття, за своїми властивостями близький до TiN.

Титано-алюмінієвий нітрид (TiAlN) робить свердло ще міцнішим. При використанні інструмент може пропрацювати в 5 разів довше звичайного.

Найміцнішим покриттям вважається алмазне напилення. Алмаз займає перше місце за твердістю серед інших матеріалів. Свердла з алмазним напиленням можуть використовуватися для свердління практично будь-яких за твердістю матеріалів, у тому числі кам'яних.

### 1.3 Висновок до аналітичного огляду

Деталь, яку потрібно обробити, є металевою частиною кузова автомобіля. Ця деталь має рифлену форму та вимагає створення декількох отворів різного діаметру на різних площинах.

Отже, маємо вимогу до створення отворів різного діаметру і різної глибини.

Вибір ступінчастого свердла обґрунтовується кількома факторами:

По-перше, ступінчасте свердло ідеально підходить для створення отворів різного діаметру в одній деталі, що робить його ефективним і зручним для даного завдання.

По-друге, ступінчасте свердло зазвичай забезпечує високу точність та різноманітність розмірів отворів, що важливо у виробництві. Воно дозволяє створювати необхідні діаметри та глибини без необхідності змінювати інструмент.

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Розробка конструкції та розрахунок свердла

#### 2.1.1 Призначення та застосування інструменту

Для зручності обробки металів завтовшки до 6 мм використовуються спеціальні інструменти, що дозволяють отримувати точні отвори. Вони можуть замінити цілий набір для обробки матеріалу, у тому числі коронки. Саме тому вони вважаються універсальними і коштують набагато дорожче, ніж звичайний свердло по металу.

Конічне свердло є інструментом для загальної обробки листового металу з максимальною товщиною 6 мм. Застосовуються в електропромисловості, машинобудуванні та при монтажі розподільчих шаф. Конічні свердла використовують для свердління скла, а також при роботі з термопластичними та термореактивними пластмасами.

Одним з основних різновидів конусних інструментів є свердло ступінчасте.

Ступінчасте свердло - інструмент для обробки листового металу (підходить для всіх матеріалів: будь-яка листовая сталь завтовшки до 6 мм, спеціальна листовая сталь, кольорові метали, термопласти, термореактивна пластмаса). Ці свердла розробляються для висвердлювання бездоганно круглих формою, циліндричних і одночасно очищених від стружки отворів. Свердло отримало свою назву завдяки характерному зовнішньому вигляду: кожен наступний діаметр має плавний перехід у вигляді сходинки, що дозволяє постійно вимірювати діаметр отвору, не зупиняючи роботу. Порівняно з іншими інструментами, свердло конусне ступінчасте по металу має безліч переваг:

- висока точність. Часто використовується для «припасування» вже існуючого отвору з нерівним краєм;

- Універсальність. Можна замінити цілий набір за допомогою лише одного виробу, тому що його діаметр починається від 4 мм та закінчується 40-50 мм;

- комплексний підхід. Одночасно можна свердлити отвір і відразу ж знімати фаску.

Ще однією зручною сферою використання даного інструменту є шліфування готового отвору. Свердло кінчне має специфічну структуру як поступальних каналів, де кожен наступний відрізняється великим діаметром і переходом в 30-60 градусів. Це дозволяє підвищити ефективність роботи на 50% під час обробки тонкого металу [1].

На рисунку 2.1 зображено ескіз інструменту "конічне свердло".

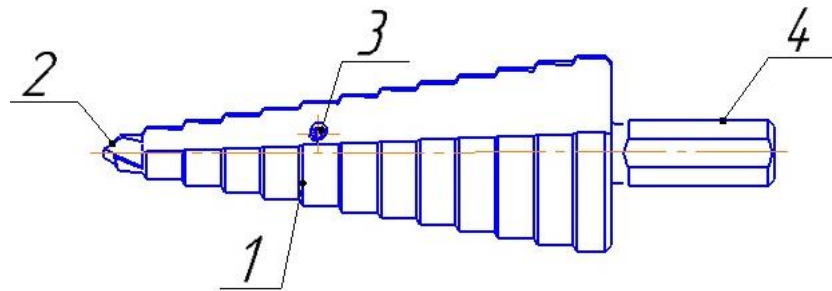


Рисунок 2.1 – Ескіз інструменту "Конічне свердло"

Інструмент "конічне свердло", складається з корпусу - 1, змінної ріжучої вставки - 2, застосування якої значно збільшує термін служби конусних свердел, так як наконечники сверделів ламаються в результаті сильного натискання на інструмент на початку свердління, гвинта для фіксування вставки - 3 і хвостовика – 4.

На рисунку 2.2 зображено 3D модель інструменту "конічне свердло".

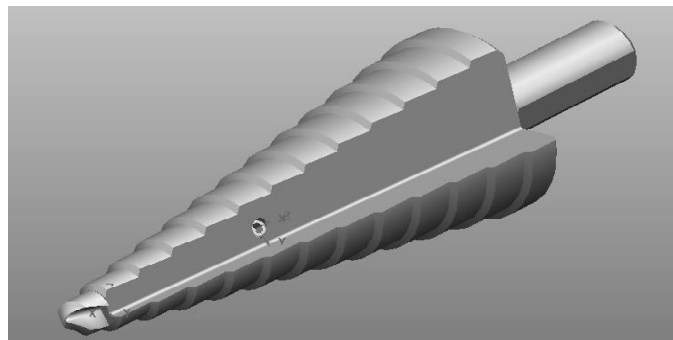


Рисунок 2.2 – 3D модель інструменту "Конічне свердло"

### 2.1.2 Вибір та обґрунтування інструментального матеріалу

Ефективність різального інструменту, що визначається його працездатністю при максимально можливій стійкості, залежить головним чином від матеріалу робочої частини.

Інструментальні матеріали грають вирішальну роль у підвищенні ріжучих властивостей інструменту та продуктивності праці, у формуванні точності параметрів та якісних характеристик оброблюваних деталей. Для отримання інструментів з високими ріжучими властивостями інструментальні матеріали повинні відповідати таким вимогам:

- 1 мати високу теплостійкість та зносостійкість.
- 2 бути високо твердими та міцними.
- 3 мати можливість оброблятися в холодному та нагрітому стані.
- 4 володіти достатньою теплопровідністю, малою чутливістю до циклічних коливань температури.

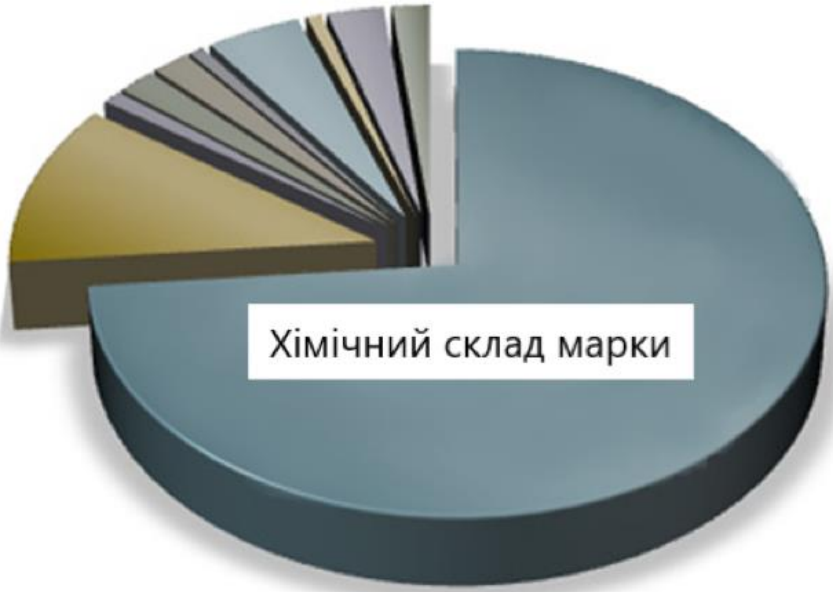
Застосування того чи іншого інструментального матеріалу в виробничих умовах обумовлюється службовим призначенням верстата та різального інструменту, необхідною ефективністю процесу обробки, необхідною якістю та точністю оброблюваних поверхонь, матеріалом та видом заготовок [2].

Як матеріал для виготовлення інструменту "Ступінчасте свердло" використовується інструментальна швидкорізальна Сталь Р6М5К5 ГОСТ 7417-75. Ця сталь застосовується у промисловості: для обробки високоміцних нержавіючих та жароміцних сталей та сплавів в умовах підвищеного розігріву ріжучої кромки.

Хімічний склад сталі Р6М5К5 наведено у таблиці 2.3.1, деякі механічні властивості у таблиці 2.3.2. Дана сталь відноситься до групи швидкорізальних сталей з підвищеною продуктивністю. Вона перевищує Р18 по теплостійкості (630 - 6400С), твердості ( $HRC \geq 64$ ) та зносостійкості, але поступається за міцністю та пластичністю [3].

Таблиця 2.1 Механічні властивості Сталі Р6М5К5 ГОСТ 7417-75.

<b>C</b>	0,84 – 0,92
<b>Si</b>	до 0,5
<b>Mn</b>	до 0,5
<b>Ni</b>	до 0,4
<b>S</b>	до 0,03
<b>P</b>	до 0,03
<b>Cr</b>	3,8 - 4,3
<b>Mo</b>	4,8 – 5,3
<b>W</b>	5,7 - 6,7
<b>V</b>	1,7 – 2,1
<b>Co</b>	4,7 - 5,2
<b>Fe</b>	~75



Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі Р6М5К5 ГОСТ 7417-75.

Термообробка	Стан постачання
Температура кування	°С: початки 1160, кінця 850. Охолодження в колодязях при 750-780 °С
Твердість матеріалу	НВ 10 -1 = 269 МПа
Температура критичних точок	$A_{c1} = 840$ , $A_{c3}$ ( $A_{cm}$ ) = 875, $A_{r3}$ ( $A_{rcm}$ ) = 805, $A_{r1} = 765$

Опір зносу – добрий.

Шліфування, також добре.

Червоностійкість 59HRC3 при відпустці протягом 4 год – 600°С Для Р6М5К5 також характерна підвищена схильність до знеуглерожування.

Тверді сплави - тверді та зносостійкі металеві матеріали, здатні зберігати ці властивості при 900-1150°С. В основному виготовляються на основі

карбідів вольфраму, титану, танталу, хрому при різному вмісті кобальту або нікелю.

Типи твердих сплавів:

Розрізняють спечені та литі тверді сплави. Головною особливістю спечених твердих сплавів є те, що вироби з них отримують методами порошкової металургії і вони піддаються лише обробці шліфуванням або фізико-хімічним методам обробки (лазер, ультразвук, травлення в кислотах та ін.), а литі тверді сплави призначені для наплавлення на інструмент, що оснащується і проходять не тільки механічну, часто і термічну обробку [4].

Також тверді сплави розрізняють по металах карбідів, у яких присутні:

-вольфрамові - ВК2, ВК3, ВК3М, ВК4В, ВК6М, ВК6, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25;

-титано-вольфрамові - Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12В;

-Титано-тантало-вольфрамові - ТТ7К12, ТТ10К8Б;

-без вольфрамові ТНМ20, ТНМ25, ТНМ30.

Тверді сплави застосовують в таких областях:

1. Обробка різанням конструкційних матеріалів: різці, фрези, свердла, протяжки та інший інструмент.
2. Оснащення вимірювального інструменту: оснащення точних поверхонь мікрометричного обладнання та опор ваг.
3. Клеймування: оснащення робочої частини тавр.
4. Волочіння: обладнання робочої частини волок.
5. Штампування: оснащення штампів та матриць (вирубних, видавлювання та ін.).
7. Гірничодобувне обладнання: напайка спечених та наплавлення литих твердих сплавів.
8. Виробництво зносостійких підшипників: кульки, ролики, обойми та напилення на сталь.
9. Рудообробне обладнання: оснащення робочих поверхонь.
10. Газотермічне напилення зносостійких покриттів [5].

### Вибір марки твердого сплаву

Для вибору марки твердого сплаву ріжучого інструменту, призначеного для обробки заготовлі на тій чи іншій операції, пропонується використання спеціальних карт, в яких наведено марки твердих сплавів усіх областей застосування відповідних методів, умов обробки та орієнтовних режимів різання.

Для змінної вставки використовується титано-вольфрамовий сплав Т5К10

Таблиця 2.3 – Хімічний склад та властивості матеріалу

Марка сплаву	WC %	TiC %	TaC %	Co %	Міцність на згинання ( $\sigma$ ), МПа	Твердість, HRA	Щільність ( $\rho$ ), г/см <sup>3</sup>	Теплопровідність ( $\lambda$ ), Вт/(м·°C)
Т5К10	85	6	-	9	1450	88,5	13,1	20,9

Таблиця 2.4 -Області застосування твердих сплавів для різання, точіння, фрезерування, свердління

Т5К10	<p>Області застосування:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•чорнове точіння при нерівномірному перерізі зрізу та переривчастому різанні;</li> <li>•фасонне точіння;</li> <li>•відрізка токарними різцями;</li> <li>•чистове стругання;</li> <li>•чорнове фрезерування переривчастих поверхонь; та інших видів обробки вуглецевих та легованих сталей, переважно у вигляді поковок, штампувань та виливків по кірці та окаліні.</li> </ul>
-------	--

### 2.1.3 Проектування та розрахунок інструменту "конічне свердло"

Проектування свердла включає вибір основних конструктивних елементів на основі відповідних стандартних свердлів з перевіркою їх

застосовності до конкретних умов обробки, а в необхідних випадках - розрахунок профілю стружкової канавки, елементів та серцевини свердла.

Діаметр свердла виконують на  $(0,02...0,15)$  мм менше номінального залежно від діаметра та класу точності свердла (з метою компенсації розбивки отвору) та зворотною конусністю в одну-дві кутові хвилини  $(0,03...0,1)$  мм на 100 мм довжини) [6].

Діаметр серцевини для свердлів зі швидкорізальної сталі приймають  $(0,20...0,25)D$  для свердлів з номінальним діаметром менше 10 мм та  $(0,13...0,15)D$  для свердлів більше 10 мм.

$$d = (0.2 \dots 0.25)D$$

Свердла, оснащені твердим сплавом і твердосплавні, роблять більш жорсткими – з діаметром серцевини близько  $0,3D$ . У напрямку до хвостовика діаметр серцевини збільшується на  $(1,4...1,5)$ мм на 100 мм довжини для свердлів зі швидкорізальної сталі і на  $(1,7..1,8)$  мм для твердосплавних свердл.

Ширина спинки зуба свердла при куті підйому гвинтової канавки  $30^\circ$  і найбільш поширеному профілі стружкової канавки з шириною  $V_k=0,493 D+0,191 D : V=(\pi D-2 V_k)/2=0,886 D$ .

Довжина робочої частини свердла вибирається в залежності від довжини отвору, що обробляється, і можливості доступу до нього.

Геометрію заточування вибирають виходячи з діаметра свердла та групи оброблюваного матеріалу.

Перевірка свердла на міцність включає перевірки за крутним моментом та осьовою силою.

Кут при вершині  $2\phi$  приймається в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу  $60^\circ \div 150^\circ$ . Для стандартних свердл  $2\phi = 118^\circ \div 120^\circ$ .

Вибираємо кут при вершині  $2\phi = 120^\circ$ .

Кут нахилу стружкових канавок  $\omega$  рекомендується в межах від  $8^\circ$  до  $45^\circ$ .

Кут нахилу стружкових канавок  $\omega = 0$

Кут нахилу поперечного леза  $\psi$  приймається в межах  $50^\circ \div 55^\circ$ .

Вибираємо кут нахилу поперечного леза (перемички)  $\psi = 50^\circ$ .



$$P_{max} = 0,25 * IT_A \quad (2.1)$$

$$P_{max} = 0,25 * 0,075 = 0,019$$

$$IT_{d_{CB}} = 0,3 * IT_A \quad (2.2)$$

$$IT_{d_{CB}} = 0,3 * 0,075 = 0,023$$

$$\delta = 0,5 * IT_A \quad (2.3)$$

$$\delta = 0,5 * 0,075 = 0,038$$

1-й ступінь: D=6мм, ES=0,075 (Ø6H11)

$$d_{CB,max} = D_{max} - P_{max} \quad (2.4)$$

$$d_{CB,max} = 6,075 - 0,019 = 6,056$$

Приймаємо  $d_{CB,max} = 6,05$

$$d_{CB,min} = d_{CB,max} - IT_{d_{CB}} \quad (2.5)$$

$$d_{CB,min} = 6,05 - 0,023 = 6,027$$

$$d_{CB,ИЗН} = D_{max} - (P_{max} + IT_{d_{CB}} + \delta) \quad (2.6)$$

$$d_{CB,ИЗН} = 6,075 - (0,019 + 0,023 + 0,038) = 5,995$$

Таблиця 2.5 - Параметри для розрахунку діаметрів свердла

Номіналь ний $\emptyset$ отвору $D_i, \text{мм}$	Допуск на виготовлення отвору по Н11 кв.	Мах розбивка отвору $P_{\text{max}}, \text{мм}$	Допуск на $\emptyset$ свердла $IT_{di}$	Допусти мий знос свердла, $\text{мм} \emptyset \delta$	Граничні розміри		Викон. розмір $d_{\text{исп}}$	$\emptyset$ мах зносу
					dimax	dimin		
6	0,075	0,019	0,023	0,038	6,05	6,027	$6,05_{-0,023}$	5,995
8	0,09	0,023	0,027	0,045	8,05	8,023	$8,05_{-0,027}$	7,995
10	0,09	0,023	0,027	0,045	10,05	10,023	$10,05_{-0,027}$	9,995
12	0,11	0,028	0,033	0,050	12,05	12,017	$12,05_{-0,033}$	11,999
14	0,11	0,028	0,033	0,050	14,05	14,017	$14,05_{-0,033}$	13,999
16	0,11	0,028	0,033	0,050	16,05	16,017	$16,05_{-0,033}$	15,999
18	0,11	0,028	0,033	0,050	18,05	18,017	$18,05_{-0,033}$	17,999
20	0,13	0,033	0,039	0,065	20,05	20,011	$20,05_{-0,039}$	19,993
22	0,13	0,033	0,039	0,065	22,05	22,011	$22,05_{-0,039}$	21,993
24	0,13	0,033	0,039	0,065	24,05	24,011	$24,05_{-0,039}$	23,993
26	0,13	0,033	0,039	0,065	26,05	26,011	$26,05_{-0,039}$	25,993
28	0,13	0,033	0,039	0,065	28,05	28,011	$28,05_{-0,039}$	27,993
30	0,13	0,033	0,039	0,065	30,05	30,011	$30,05_{-0,039}$	29,993

Довжина робочої частини свердла вибирається в залежності від довжини отвору, що обробляється, і можливості доступу до нього

Довжина робочої частини  $L_{роб}$ , мм

$$L_{св} = L_{роб} + L_{хвост} \quad (2.7)$$

$$L_{роб} = n \cdot l_{ступ} \quad (2.8)$$

$$L_{ступ} = n \cdot (l_{різ} + l_{кал}) = 0$$

$$L_{роб} = 13 \cdot (0,6 + 5,4) = 78 \text{ мм}$$

$$L_{хвост} = 25 \text{ мм}$$

$$d_{хвост} = 10 \text{ мм}$$

$$L_{св} = L_{роб} + L_{хвост} = 78 + 25 = 103 \text{ мм}$$

Форму стружкової канавки вибираємо прямою.

Перевірочний розрахунок

Перевірка свердла на міцність включає перевірки за крутним моментом та осьовою силою.

Розрахунок величини руйнівного крутного моменту:

$$M_{крит} = 0,003 D^3 10(1,4d/D + B/(D \cos \omega)), \text{ (Нм)}, \text{ де}$$

$D$  – номінальний діаметр свердла, (мм);

$d$  - діаметр серцевини у небезпечному перерізі, (мм);

$B$  – ширина спинки зуба, (мм);

$\omega$  - кут нахилу гвинтової канавки, (град).

Небезпечний переріз знаходиться наприкінці робочої частини свердла, внаслідок негативного впливу поздовжнього вигину.

За величиною  $M_{крит}$  визначають коефіцієнт запасу міцності -  $k$ , як відношення  $M_{крит}$  до  $M_{кр}$ .

Руйнівна осьова сила:

$P_{\text{крит}} \approx 10 [\sigma_i] D^4/L^2$ , (Н), де

$L$  – відстань від вершини свердла до небезпечного перерізу (мм).

$[\sigma_i]$  - межа міцності при згинанні матеріалу робочої частини свердла(Н/мм<sup>2</sup>)

Розмір  $P_0$  має перевищувати  $P_{\text{крит}}$ .

Для 6 мм:Ø

Таблиця 2.6 - Параметри для розрахунків

t, мм	S, мм	T, мм	Cv	q	y	m
3	0,11	25	7,8	0,40	0,70	0,20

$$v = \frac{Cv \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м/хв} \quad (2.9)$$

$$v = \frac{7,8 \cdot 6^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,11^{0,7}} \cdot 1 = 40,1 \text{ м/хв}$$

Таблиця 2.7 - Вихідні дані

Cm	q	y
0,0345	2,0	0,8

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \text{ (Н·м)} \quad (2.10)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6^2 \cdot 0,11^{0,8} = 2,11 \text{ (Н·м)}$$

Таблиця 2.8 - Вихідні дані

Cp	q	y
68	1,0	0,7

$$P_0 = 10 C_P \cdot D^q \cdot S^y, \text{ Н} \quad (2.11)$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6^1 \cdot 0,11^{0,7} = 856,8 \text{ Н}$$

Таблиця 2.9 - Вихідні дані

D, мм	d, мм	B, мм	$\omega$
6	2	6	0

$$M_{\text{крит}} = 0,003 \cdot D^3 \cdot 10^{(1,4d/D + B/(D \cos \omega))}, \text{ (Н}\cdot\text{м)} \quad (2.12)$$

$$M_{\text{крит}} = 0,003 \cdot 6^3 \cdot 10^{(1,4 \cdot 2/6 + 6/(6 \cos 0))} = 19,116 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

$$P_{\text{крит}} \approx 10 \text{ [си]} D^4 / L^2 \text{о} \quad (2.13)$$

$$P_{\text{крит}} = 10 \cdot 750 \cdot 1296 / 36 = 270000 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} < M_{\text{крит}}$$

$$P_{\text{о}} < P_{\text{крит}}$$

Умови виконуються

Для 30 $\emptyset$

Таблиця 2.10 - Параметри для розрахунків

t, мм	S, мм	T, мм	C <sub>p</sub>	q	x	y	m
0,5	0,35	25	16,2	0,6	0,2	0,5	0,25

$$v = \frac{C_p \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м/мин} \quad (2.14)$$

$$v = \frac{16,2 \cdot 30^{0,6}}{25^{0,25} \cdot 0,5^{0,2} \cdot 0,35^{0,5}} \cdot K_v = 91,05 \text{ м/мин}$$

Таблиця 2.11 - Вихідні дані

C <sub>m</sub>	q	x	y
0,09	1,0	0,9	0,8

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \quad (2.15)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 30^1 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,35^{0,8} = 6,27 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Таблиця 2.12 - Вихідні дані

Ср	x	y
67	1,2	0,65

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \text{ Н} \quad (2.16)$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,5^{1,2} \cdot 0,35^{0,65} = 150,35 \text{ Н}$$

Таблиця 2.13 - Вихідні дані

D, мм	d, мм	B, мм	$\omega$
30	15	37	0

$$M_{\text{крит}} = 0,003 \cdot D^3 \cdot 10^{(1,4d/D + B/(D \cos \omega))} (\text{Н} \cdot \text{м}) \quad (2.17)$$

$$M_{\text{крит}} = 0,003 \cdot 30^3 \cdot 10^{(1,4 \cdot 15/30 + 37/(30 \cos 0))} = 558406,71 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$P_{\text{крит}} \approx 10 [\sigma] D^4 / L^2 \text{ о, Н} \quad (2.18)$$

$$P_{\text{крит}} = 10 \cdot 750 \cdot 1296 / 36 = 6161507,6 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} < M_{\text{крит}}$$

$$P_0 < P_{\text{крит}}$$

Умови виконуються

#### 2.1.4 Технічні вимоги до інструменту

Діаметр різальної частини поблизу ріжучої кромки має поле допуску h8 або h9, довжина свердла - 2js16.

Свердла мають зворотну конусність 0,03-0,12 мм (для діаметрів 10-18 мм) на довжині 100 мм.

Допуск симетричності серцевини щодо осі свердла діаметром 1-50 мм становить трохи більше 0,02-0,30 мм; радіального биття по стрічках - не більше 0,04-0,16 мм; осьового биття головних ріжучих кромки - трохи більше 0,02-0,30.

Граничні відхилення кутів не повинні перевищувати для кута в плані та заднього  $\pm 2^\circ$ ; допуск конусів приєднувальної частини відповідає АТ7 чи АТ8. Шорсткість задніх поверхонь ріжучої частини  $R_z = 1,6$  ч- $6,3$  мкм, канавок -  $3.2$  + $10$  мкм, а хвостовика  $R_a - 0,63$  ч- $1,6$  мкм.

Твердість робочої частини сталевих свердлів має бути більше HRQ 62-66. циліндричного хвостовика HRQ > 27, лапки при конічному хвостовику HRC, 32-47 [8].

## **2.2 Вибір та розрахунок інструменту другого порядку**

### **2.2.1 Проектування мітчика**

Мітчик - різальний інструмент для нарізування різьблення в попередньо просвердленому отворі. Мітчик є циліндричним валиком, що має на одному кінці ріжучі кромки. Інший кінець мітчика (хвостовик) призначений для закріплення у патроні або утримання його у комірці під час роботи.

Основні типи мітчиків.

- ручні - призначені для нарізування різьблення вручну комплектом, що складається з двох або трьох штук;
- гайкові - для нарізування за один прохід повного різьблення у наскрізних отворах;
- машинні - для нарізування різьблення головним чином у глухих отворах на свердлильних верстатах, автоматах та спеціальних агрегатних верстатах (в основному випускаються штучні, але бувають і в комплектах з 2-х або 3-х штук);
- верстатні - для отримання різьблення у наскрізних отворах на гайконарізних верстатах;
- безканавкові (розкочувачі) - для нарізування за один прохід різьблення в наскрізних отворах;

- автоматні - для нарізування різьблення в гайках на гайконарізних автоматах;

Робоча частина мітчика складається із забірної та калібруючої частин. Калібруюча частина служить для зачистки та калібрування різьблення та забезпечення правильного спрямування.

Для зменшення тертя калібруюча частина має незначний зворотний конус.

Хвостова частина мітчика є стрижнем, кінець хвостовика у ручних, а іноді і машинних мітчиків має форму квадрата.

Профіль канавки мітчика впливає на процес нарізування різьблення і повинен сприяти відведенню стружки.

Передній кут мітчика  $\gamma = 5-10^\circ$  для обробки сталі,  $0-5^\circ$  для обробки чавуну та  $10-25^\circ$  для обробки кольорових металів та сплавів.

Задній кут  $\alpha = 4-12^\circ$  отримують затилуванням ріжучої (забірної) частини зовнішнього діаметру.

Зазвичай мітчики виготовляються з прямими канавками, але кращого відведення стружки канавки виготовляють з кутом нахилу  $\omega = 8-15^\circ$ .

Необхідно спроектувати мітчик для нарізування різьблення М3х3-6Н. Матеріал заготівлі: Р6М5К5

Матеріал мітчика.

Мітчики виготовляються зі сталі Р18,Р9, Р6М5 або ХГ, ХГС і призначені для різьб: метричних - до М52, задана різьба - М3 (стор. 421, [4])

Приймаємо для обробки даної заготовки з матеріалу Р6М5К5, швидкорізальну сталь Р18. Легована сталь має меншу зносостійкість порівняно з швидкорізальною сталлю, а серед даних швидкорізальних сталей найбільшу зносостійкість і міцність має сталь Р18, бо в ній найбільший вміст вольфраму, що є важливо в умовах роботи в серійному, велико серійному виробництві.

Визначаємо розміри різьби, що нарізується:

$D_1 = 2.459^{+0,040}$  мм - внутрішній діаметр різьби, що нарізається;

$D_2 = 2.675^{+0,024}$  мм- середній діаметр різьби, що нарізається;

$D=3$ мм - зовнішній діаметр різьби, що нарізається;

$P = 0,5$  - крок різьблення.

Діаметр мітчика по зовнішньому торцю розраховуємо за формулою:

$$d_m = d_1 - (0,1 \dots 0,35) = 2,459 - 0,25 = 2,209 \text{ мм} \quad (2.19)$$

Довжина ріжучої частини:

$$l_p = 6 \cdot p = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ мм} \quad (2.20)$$

де  $p = 0,5$  мм - крок нарізання різьби.

Кут  $\varphi$  ріжучої частини:

$$\text{tg } \varphi = (d_{\min} - d_m) / 2l_p = (3,032 - 2,209) / (2 \cdot 3) = 0,14; \quad \varphi = 6^\circ \quad (2.21)$$

де  $d_{\min}$  – мінімальний зовнішній діаметр різьби мітчика, який визначається по ГОСТ 16925-93, як

$$d_{\min} = d_{\text{н}} + J_s (0,4 t) = 3 + 0,032 = 3,032 \text{ мм}, \quad (2.22)$$

де  $t = 0,032$  мм – одиниця допуску, що дорівнює допуску на середній діаметр внутрішнього різьблення ступеня точності 6 по ГОСТ 16093-81.

Товщина шару, що зрізається:

$$\alpha = \frac{p \cdot \text{tg } \varphi}{n} = \frac{0,5 \cdot \text{tg } 6^\circ}{3} = 0,017 \text{ мм} \quad (2.23)$$

де  $n = 3$  - кількість пір'я мітчика

Величина переднього кута  $\gamma = 10^\circ$ ;

Задній кут  $\alpha=5^\circ$ ;

Величина затилування:

$$K = \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \pi \cdot d}{n} = \frac{\operatorname{tg}5^\circ \cdot 3,14 \cdot 3}{3} = 0,27 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Кут нахилу гвинтової канавки  $\omega=15^\circ$ .

Інші конструктивні розміри мітчика приймаємо за ГОСТ 3266-81, допуски на профіль різьбової частини за ГОСТ 16925-93.

Для зменшення крутного моменту, тертя між мітчиком і різьбою, що нарізається, а також величини розбивки різьбового отвору калібруючу частину мітчика виконуємо зі зворотною конусністю. Приймаємо зменшення діаметра калібруючої частини 0,10 мм на 100 мм довжини.

Для даного мітчика, згідно з [1, табл. 7], биття робочої частини не повинно перевищувати:

- по зовнішньому діаметру ріжучої (забірної) частини 0,03 мм;
- по зовнішньому та середньому діаметрам калібруючої частини 0,02мм.

### 2.2.2 Технічні вимоги до мітчиків

Основні технічні вимоги на машинно-ручні та гайкові мітчики передбачають для них ступеня точності H1, H2, H3, O, A1, A2 та B1. Граничні відхилення розмірів мітчиків: на загальну довжину та довжину робочої частини js16; на діаметр хвостовика h9; на діаметр кільцевих канавок S4.

Радіальне биття ріжучої частини при встановленні в центрах становить 0,03-0,04 мм, калібрувальної та хвостової частини 0,02-0,03; обернена конусність 0,05-0,15 мм на 100 мм довжини.

Твердість робочої частини мітчиків із швидкорізальної сталі НРХЭ 61—67, а хвостовиків HRQ 32-55.

Шорсткість профілю різьби, поверхні леза не більше  $Ra = 3,2$  мкм, а хвостовика не більше  $Ra = 1,25$  мкм. Поверхні канавок шліфуються або поліруються. Шліфовані мітчики затилуються на всій довжині робочої частини. Забірна частина затилюється по зовнішньому діаметру. Передній кут виконується із допуском  $\pm 2^\circ$ , а задній  $\pm 1^\circ$  [8].

### 2.2.3 Розрахунок та конструювання кінцевої фрези

Кінцева фреза (end mill) - це різальний інструмент, що використовується у промислових фрезерних верстатах. Вона відрізняється від свердла застосуванням, геометрією та виробництвом. У той час як свердло може працювати тільки в осьовому напрямку, кінцеві фрези можуть працювати в усіх напрямках, хоча деякі з них не можуть працювати в осьовому напрямку. Кінцеві фрези відрізняються кріпленням у шпинделі фрезерного верстата.

Кінцеві фрези поділяють на:

- Кінцеві звичайні з нерівномірним окружним кроком зубів, з циліндричним і конічним хвостовиками;

- Кінцеві, оснащені коронками і гвинтовими пластинками з твердого сплаву;

- Кінцеві шпонкові з циліндричним і конічним хвостовиками;

- шпонкові, оснащені твердим сплавом;

- Кінцеві для Т-подібних пазів;

- Кінцеві для сегментних шпонок.

Необхідно спроектувати кінцеву фрезу для обробки стружкових канавок.

Матеріалом фрези призначаємо швидкорізальну сталь Р6М5 (див. п. 1.1.2) (теплостійкість  $620^\circ\text{C}$ , твердість 62...65 HRC, у загартованому стані мають порівняно високу міцність, межа міцності на вигин  $3200\text{Мпа}$ ). Сталь Р6М5 близька за різальними властивостями до сталі Р18, але має підвищену схильність до знеуглерожування при нагріванні. Значно дешевшими стали Р18. Р6М5 – широко універсальна інструментальна сталь, що застосовується для

виготовлення фрез, довбаків, протяжок, мітчиків, шеверів та іншого інструменту [7].

Зовнішній діаметр кінцевої фрези при обробці уступів та площин розраховуємо за формулою [18]:

$$d = 0.6B^{0.25} \cdot t^{0.175} \cdot S_z^{0.14} \cdot l^{0.62} \cdot y^{-0.2} \quad (2.25)$$

де  $B$  – ширина фрезерування, мм;

$t$  – глибина фрезерування, мм;

$S$  – подача на зуб, мм/зуб;

$l$  – виліт фрези щодо шпинделя, мм;

$y$  – допустимий прогин оправки (0,2 мм при чистовому та 0,4 мм при чорновому фрезеруванні).

$$d = 0.6 \cdot 15^{0.25} \cdot 8^{0.175} \cdot 0.1^{0.14} \cdot 65^{0.62} \cdot 0.4^{-0.2} = 19,67 \quad \text{мм}$$

Зовнішній діаметр фрези призначаємо  $d=20$  мм. Конструктивні розміри вибираємо за ГОСТ 17026 – 71 для фрез із циліндричним хвостовиком.

Довжина ріжучої частини  $L_p = 55$  мм.

Число зубів розраховуємо за формулою:

$$Z = \frac{\pi \cdot d}{4i \cdot x} \quad (2.26)$$

де  $i$  - прийнята кількість переточок фрези;

$x$  – товщина шару, що знімається за одну переточку, мм.

$$Z = \frac{3,14 \cdot 20}{4 \cdot 12 \cdot 0,25} = 3,93$$

Число зубів  $Z$  приймаємо за ГОСТ 17025 - 71:  $Z = 4$ . Кут підйому стружкової канавки  $\omega = 35^\circ$ . Загальна довжина фрези  $L = 140$  мм.

$$\text{Висота зуба:} \quad H = 1,1 = 1,1 \cdot 5,33 = 5,86 \text{ мм} \quad (2.27)$$

Геометричні параметри різальної частини призначаємо такі:

$$\alpha = 14^\circ; \gamma = 15^\circ; f_{\text{л}} = 0,05 \text{ мм.}$$

#### 2.2.4 Технічні вимоги до фрез

Основні технічні вимоги до фрез та їх конструктивних елементів передбачають: а) граничні відхилення розмірів зовнішнього діаметра фрези по ІЗ—І6, загальної довжини і довжини робочої частини  $\pm 1T16/2$ ; посадкового отвору Н7, кутів заточування  $\pm 2^\circ$ ; б) граничне відхилення форми: конусність циліндричної частини 004-008 мм на 100 мм довжини; в) граничні відхилення взаємного розташування поверхонь, тобто радіальне биття ріжучих кромek щодо осі базового елемента 0,03-0,15 мм, а їх торцеве биття 0,03-0,05 мм; г) шорсткість посадкового отвору та опорних торців  $R_a = 1,25$  мкм; для передньої та задніх поверхонь зубів  $R_a < 0,32$  мкм; для поверхонь хвостовика  $R_a = 0,8$  мкм; для кінчних поверхонь центрових отворів  $R_a = 1,25$  мкм; для стружкових канавок  $R_a = 2,5$  мкм; д) твердість сталеві ріжучої частини HRCa 62—67, хвостовика НРХЭ 30—55, корпусу HRQ, 30—45, клинів HRQ, 40—50. Карбідна неоднорідність швидкорізальної сталі не повинна перевищувати чотирьох балів.

Як припій твердосплавних фрез застосовують латунь Л63, МНМц 68-4-2, АНМц 0,6-4-2, П100 [8].

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір типу та форми організації виробництва

У дипломному проекті необхідно спроектувати технологічний процес виготовлення конічного свердла за умов серійного виробництва.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним та масовим виробництвом. При серійному виробництві інструменти виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних конструкцій і однакових за розмірами деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії цілком, як у обробці, і в зборці. Поняття партія відноситься до кількості деталей, а поняття серія - до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії можуть бути різними. У серійному виробництві, залежно від кількості виробів у серії, їх характеристики та трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють дрібносерійне, середньосерійне, велико серійне [9].

У серійному виробництві, залежно від кількості виробів у серії, їх характеристики та трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють: дрібносерійне, середньосерійне, велико серійне. Коефіцієнт закріплення операцій:  $K_{зо} = 1-10$  - велико серійне виробництво;  $K_{зо} = 10 - 20$  - середньосерійне виробництво;  $K_{зо} = 20 - 40$  - дрібносерійне виробництво.

Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої, що трохи відрізняється від першої в конструктивному відношенні. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані та спеціальні пристрої, ріжучий інструмент та вимірювальний інструмент – у

вигляді граничних, стандартних та спеціальних калібрів та шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготівля при серійному типі виробництва конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6 - 0,88.

Серійне виробництво значно економніше, ніж одиничне завдяки використанню обладнання, спеціальних робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найпоширенішим видом виробництва.

Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими, тимчасовими та матеріальними витратами, а це залежить від:

- грамотного вибору варіанта технологічного процесу;
- оснащення технологічного процесу;
- застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів та автоматів;
- вибір оснащення та пристроїв;
- рівня механізації та автоматизації виробництва;

У таблиці 3.1 подано попереднє визначення типу виробництва.

Таблиця 3.1 – Таблиця попереднього визначення типу виробництва

Кількість оброблюваних деталей на рік, штук			
Тип виробництва	Тяжкі, масою більше 100 кг	Середні, масою 10-100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньосерійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Великосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	Понад 1000	Більше 5000	Більше 50000

Річна програма випуску  $N = 5000$  шт. Деталь належить до легких, так як її маса менша 10 кг, отже за таблицею 3.1, матиме місце великосерійне виробництво.

Кількість деталей у партії можна визначити за формулою

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{\theta} \quad (3.1)$$

де  $\alpha$  - чисельність запасу днів на проміжному складі (приймаємо  $\alpha = 5 \dots 10$ );

$\theta$  - Число робочих днів у році (252 днів).

$$n = \frac{7 \cdot 5000}{252} = 138.8 \text{ шт}$$

Приймаємо партію деталей 139 шт. Для великосерійного виробництва характерно використовувати універсальний та спеціальний різальний та вимірювальний інструменти.

Такт випуску продукції, хв/шт:

$$\tau = \frac{60 \cdot \theta}{N} \quad (3.2)$$

Де  $\theta$  - річний фонд часу робіт для 2 - змінної роботи 4015 год

$N$  - Програма випуску.

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015}{5000} = 48,18 \text{ хв/шт};$$

Даний тип виробництва виходячи з коефіцієнта закріплення операцій – великосерійний.

### 3.2 Вибір способу отримання заготовки. Економічне обґрунтування прийнятого методу

Заготовка – предмет праці, з якого шляхом механічної обробки, зміною розмірів, форми та властивостей одержують деталь відповідну кресленню.

Отримання заготовки – багатоваріантне. Завжди є кілька конкуруючих методів. Вибраний метод отримання заготівлі повинен відповідати таким умовам:

- метод повинен забезпечувати такі властивості заготовки, при яких деталь після обробки виконуватиме всі свої службові функції відповідно до технічних вимог;

- метод має бути технічно реалізований;

- метод має бути економічно доцільний у конкретній виробничій ситуації.

Для оцінки економічної доцільності при порівнянні методів використовуються два критерії:

- технологічна собівартість отримання заготовки  $C$ ;

- Коефіцієнт використання матеріалу заготовки  $K_{им}$ .

Для одержання заготовки для виготовлення східчастого свердла застосовують заготовки із сортового матеріалу. Сортовий матеріал слід застосовувати у тих випадках, коли профіль матеріалу відповідає профілю деталі. Круглі прутки та труби застосовуються в основному для виготовлення деталей, що мають форму тіл обертання (осей, валиків, втулок тощо) [12].

Порівняння різних способів отримання заготовок необхідно визначення економічно найбільш вигідного методу отримання заготовок.

Тепер порівняємо два методи одержання заготовки:

- заготовка поковки із сталі 40Х;

- заготовка круглий пруток із сталі Р6М5К5.

Для визначення коефіцієнта використання матеріалу необхідно знати масу

деталі. Для цього з використанням САD-системи побудовано тривимірну модель свердла, що проектується (Рисунок 3.1) [14].

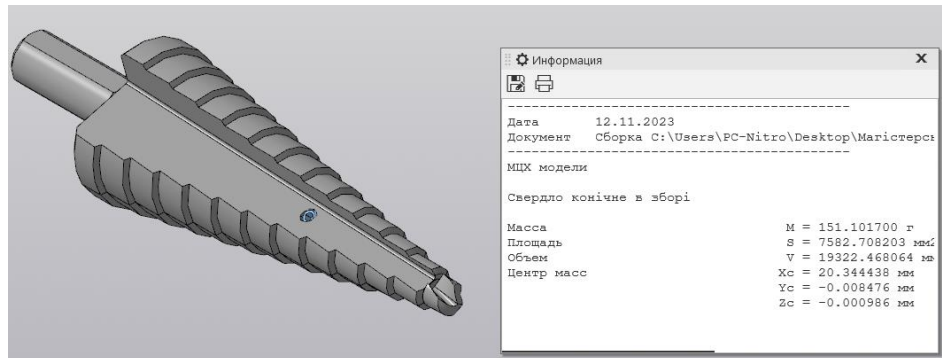


Рисунок 3.1 – Тривимірна модель конічного свердла

Маси робочої та хвостової частин інструменту визначаємо за допомогою системного калькулятора, що дозволяє автоматично розрахувати параметри об'єму та маси тривимірної моделі, надавши їй властивості відповідних матеріалів.

Маса свердла становить:

$$M = 0,151 \text{ кг} \quad (3.3)$$

Визначаємо масу заготовки пруток, що зображено рисунку 3.4

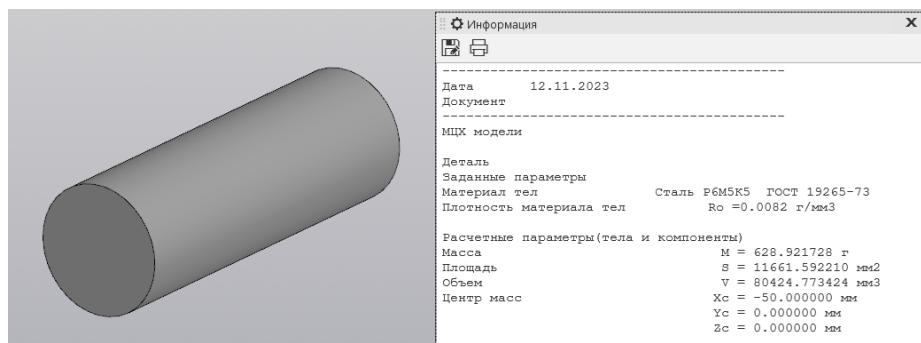


Рисунок 3.2 – Заготовка пруток

Маса заготовки пруток

$$M_{31} = 0,629 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta = \frac{q}{Q} = \frac{0,151}{0,629} = 0,24 \quad (3.4)$$

де  $q$  – маса деталі, кг

$Q$  – маса заготовки, кг.

Визначаємо масу заготівлі поковки, зображеної на рисунку 3.3

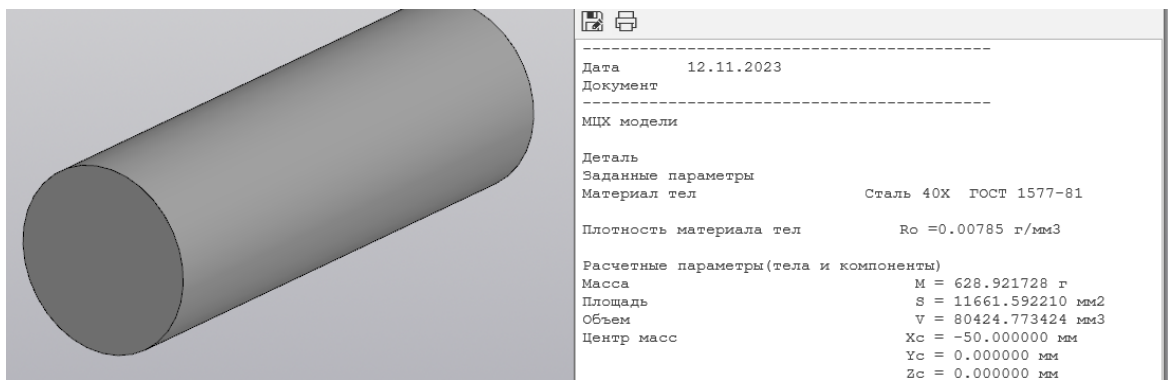


Рисунок 3.3 – Заготовка поковки

Маса заготовки поковки

$$MO32 = 0,654 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta = \frac{q}{Q} = \frac{0,151}{0,654} = 0,23 \quad (3.5)$$

Собівартість виготовлення заготовки пруток

$$C_3 = \frac{C_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (3.6)$$

Де  $C_6$  – базова вартість 1 тонни заготовок, грн.;

$Q$  – Маса заготівлі кг;

$q$ - Маса деталі кг;

$C_{отх}$ - Вартість 1 тонни стружки, грн.

$$C_{св} = \frac{111720}{1000} \cdot 0,629 - (0,629 - 0,151) \cdot \frac{2935}{1000} = 68,8 \text{грн}$$

Собівартість виготовлення кованої заготовки

$$C_{ц} = \frac{180000}{1000} \cdot 0,654 - (0,654 - 0,151) \cdot \frac{4000}{1000} = 115,7 \text{грн.}$$

Так як  $C_{св} < C_{ц} \eta_{св} > \eta_{ц}$  приймаємо раціональним виготовлення заготовки пруток.

Визначаємо річну економію за вартістю виготовлення заготовок, грн.

$$\mathcal{E}_C = (C_{ц} - C_{св}) \times N = (115,7 - 68,8) \times 5000 = 234500 \text{ грн} \quad (3.7)$$

$$\mathcal{E}_C = (115,7 - 68,8) \times 5000 = 234500 \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу:

$$M_{св} = \frac{q \cdot (\eta_{св} - \eta_{ц})}{\eta_{св} \cdot \eta_{ц}} \cdot N = \frac{0,151 \cdot (0,24 - 0,23)}{0,24 \cdot 0,23} \cdot 5000 = 1350 \text{ грн} \quad (3.8)$$

$$M_{св} = \frac{0,151 \cdot (0,24 - 0,23)}{0,24 \cdot 0,23} \cdot 5000 = 1350 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняльний аналіз заготовок

Показники	Позначення	Одиниці виміру	Поковка	Пруток
1	2	3	4	5
Припуск на бік		мм	1,5	1,5
Вага заготовки	$Q$	кг	0,629	0,654
Базова вартість 1т. заготовок	$V_B$	грн	111720	180000
Вартість 1 т. стружки	$V_{отх}$	грн	2935	4000
Вартість однієї заготівлі	$У$	грн	68,8	115,7
Коефіцієнт використання заготівлі	$\eta$	-	0,24	0,23

Розрахунки показали, що для виготовлення заготовки доцільно застосувати заготовку прутка. Так як собівартість виготовлення заготовки нижче, ніж при використанні кованої заготовки, а коефіцієнт використання матеріалу вищий.

### 3.3 Проектування маршрутної технології

#### 3.3.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції деталі розуміють сукупність конструктивних особливостей виробу, що забезпечує зручність експлуатації, ремонт і технічне обслуговування під час використання економічних і

продуктивних методів обробки. Існує два види оцінки технологічності деталі:

- якісна.
- кількісна.

Якісна оцінка включає обробку її конструкції з метою максимальної уніфікації елементів (діаметральних розмірів, різьблень, фасок, канавок, шліцевих з'єднань та інше); правильний вибір та проставлення розмірів, оптимальних допусків та шорсткості поверхонь; дотримання всіх вимог, що висуваються до заготовок [11].

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами

$$K_{\max} = \frac{K_{y.э} + K_m + K_{ш} + K_{из}}{4} > (0,6 \dots 1) \quad (3.9)$$

де  $K_{y.э}$  - коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_m$  - Коефіцієнт точності;

$K_{ш}$  - Коефіцієнт шорсткості;

$K_{из}$  - Коефіцієнт виготовлення заготовки;

Коефіцієнт уніфікації визначається за такою формулою:

$$K_{yэ} = \frac{Q_{yэ}}{Q_{общ}} \geq 0,6 \quad (3.10)$$

де  $K_{yэ}$  – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{yэ}$ ,  $Q_{общ}$  -відповідно кількість уніфікованих та загальна кількість елементів.

Коефіцієнт точності визначається за такою формулою:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (3.11)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт точності;

$A_{cp}$  – середній квалітет точності.

$$A_{cp} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\sum n}, \quad (3.12)$$

Де  $n_{1...n}$  – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

$\sum n$  - Кількість всіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за такою формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (3.13)$$

де  $K_{ш}$  – коефіцієнт шорсткості;

$B_{cp}$  – середній квалітет шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum n} \quad (3.14)$$

де  $K_{4...7}$  - Клас шорсткості.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{уз} = \frac{q}{Q} > 0,8, \quad (3.15)$$

де  $q$  - Маса деталі, кг;

$Q$  – маса заготовки, кг.

Деталь вважається технологічною, якщо загальний рівень технологічності становить  $k_{техн} > (0,6...1)$ .

Показники точності геометричних розмірів та якості поверхонь кінцевої фрези наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Параметри деталі

Поверхня	Квалітети точності	Шорсткість	Клас шорсткості	Уніфіковані елементи
$\emptyset 6,05_{-0,023}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 8,05_{-0,027}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 10,05_{-0,027}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 12,05_{-0,033}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 14,05_{-0,033}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 16,05_{-0,033}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 18,05_{-0,033}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 20,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 22,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 24,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 26,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 28,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 30,05_{-0,039}$	8	0,8	7	+
$\emptyset 10_{-0,015}$	7	0,8	7	+
$\emptyset 4^{+0,012}$	7	0,8	7	-
M3	6	1,6	6	-
$25^{+0,13}$	11	3,2	5	+
$97\pm 0,175$	11	3,2	5	+

Виконуємо якісну оцінку:

1. Деталь має геометричну форму середньої складності, відноситься до класу "валів".

2. Деталь має жорстку конструкцію.

3. Деталь нормальної точності.

4. Уніфіковані елементи.

5. Всі поверхні доступні для обробки.

Виконуємо кількісну оцінку технологічності деталі:

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.э} = \frac{16}{18} = 0,88 > 0,6$$

За цим коефіцієнтом деталь технологічна.

Коефіцієнт точності:

$$A_{cp} = \frac{8 \cdot 13 + 6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 11 \cdot 2}{18} = 8,11$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{8,11} = 0,88 > 0,6$$

За цим коефіцієнтом деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості:

$$B_{cp} = \frac{7 \cdot 15 + 6 \cdot 1 + 5 \cdot 2}{18} = 6,7$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,7} = 0,15 < 0,32$$

За цим коефіцієнтом деталь технологічна.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{из} = \frac{q}{Q} = \frac{0,151}{0,654} = 0,23 < 0,8$$

Оскільки  $0,23 < 0,8$ , то деталь за цим показником вважається технологічною.

Загальний рівень технологічності:

$$K_{\max} = \frac{0,88 + 0,88 + 0,15 + 0,23}{4} = 0,61 > 0,6$$

З вище викладених, якісної і кількісної оцінки технологічності конструкції можна дійти невтішного висновку, що деталь – технологічна. І наявність фасонних точних поверхонь із малою шорсткістю дещо ускладнює її виготовлення.

### **3.3.2 Проектування маршруту обробки основних поверхонь**

План обробки поверхонь містить у собі кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, методи обробки поверхонь. На зміст плану впливає ряд факторів:

1. Вимоги до точності розмірів і точності взаємного розташування осей і поверхонь. Чим вищі ці вимоги, тим більше потрібно переходів. Порівняно часто розміри, що пов'язують поверхні або осі мають широкі допуски, і їх можна забезпечити один прохід.

2. Вимоги до якості поверхні. Якщо засіб остаточної обробки забезпечує необхідну точність розміру, але не забезпечує якість поверхні, то план обробки додатково вводять 1 – 2 переходи, такі як: тонке шліфування, притирання, суперфініш, полірування та інше.

3. Наявність та характер термічної обробки. Відомо, що цементация, азотування, загартування, відпуск та інші методи призводять до втрати вже досягнутих показників точності. Для відтворення втраченої точності необхідно додатково ввести 1-2 переходи.

4. Вимоги до показників якості вихідної заготівлі.

Що вимоги до точності: розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менше потрібно переходів задля досягнення відповідних показників якості деталі.

Зазначені чинники впливають переважно встановлення кількості переходів. Для оцінки достатності цього числа можна скористатися поняттям необхідне уточнення, значення якого розраховується за формулою (3.16)

$$\varepsilon_i = \frac{T_{zi}}{T_{di}}, \quad (3.16)$$

де  $T_{zi}$  - допуски на  $i$ -й параметр вихідної заготовлі

$T_{di}$  - Допуск по кресленню для того ж  $i$ -го параметра готової деталі.

Визначення МОП на поверхні мм.  $\varnothing 30,05_{-0,039}$  мм.

Характеристика деталі згідно креслення

- Допуск на розмір складає  $T_{дет} = 0,039 \text{ мм} = 39 \text{ мкм}$ ;

- шорсткість  $Ra_{дет} = 0,8 \text{ мкм}$ ;

- Квалітет точності IT8;

Характеристика заготовлі

- Розмір  $\varnothing 32_{-0,7}^{+0,2}$  мм;

- Допуск розмір  $T_{дзаг} = 900 \text{ мкм}$ ;

- шорсткість  $Ra_{заг} = 40 \text{ мкм}$ ;

- Квалітет точності IT16;

Розрахунок необхідних уточнень, мкм:

$$\varepsilon_{Td} = \frac{T_z}{T_d}, \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_z}{Rz_d}, \quad (3.17)$$

$$\varepsilon_{Td} = \frac{900}{390} = 23,07, \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{40}{0,8} = 50.$$

Розрахунок кількості переходів.

Кількість переходів розраховується за максимальним з уточнень ( $\mathcal{E}_{Rz} = 50$ ) за такою формулою:

$$K = 2Lg\epsilon_{\zeta} = 2Lg50 = 3,3 \quad (3.18)$$

Приймаємо  $K=3$ .

Різниця кваліфікацій за точністю та шорсткістю:

$$\begin{aligned} IT &= IT16 - IT8 = 8, \\ 8 &= 2 + 3 + 3, \\ IT16 &\rightarrow IT14 \rightarrow IT11 \rightarrow IT8 \end{aligned}$$

Розбивку по переходах наведено у таблиці 3.4. значення допусків та шорсткості вибираємо з довідника 10, с.8, табл.4].

Визначення МОП на поверхні  $97 \pm 0,175$ мм.

Характеристика деталі, згідно з кресленням:

- Допуск на розмір складає  $T_{дет} = 0,350$ мм = 350мкм;
- шорсткість  $Ra_{дет} = 1,6$ мкм;
- Квалітет точності IT12;

Характеристика заготовки:

- розмір  $100 \pm 0,7$
- Допуск на розмір складає  $T_{заг} = 1,4$ мм = 1400мкм;
- шорсткість  $Ra_{заг} = 40$ мкм;
- Квалітет точності IT15;

Розрахунок необхідних уточнень за формулою (3.17), мкм:

$$\mathcal{E}_{Td} = \frac{T_3}{T_d}, \quad \mathcal{E}_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d},$$

$$\mathcal{E}_{Td} = \frac{1400}{350} = 4, \quad \mathcal{E}_{Rz} = \frac{40}{1,6} = 25.$$

Розрахунок кількості переходів.

Кількість переходів розраховується за максимальним з уточнень ( $\mathcal{E}_{Rz} = 25$ )

за формулою (2.16):

$$K = 2Lg\mathcal{E}_{Td} = 2 \cdot Lg25 = 2,8$$

Приймаємо  $K = 3$

Різниця кваліфікацій за точністю та шорсткістю:

$$IT = IT15 - IT12 = 3,$$

$$3 = 2 + 1,$$

$$IT15 \rightarrow IT13 \rightarrow IT12.$$


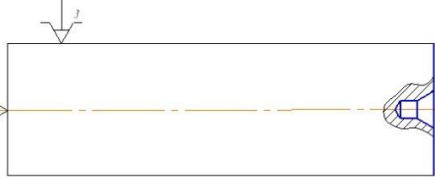

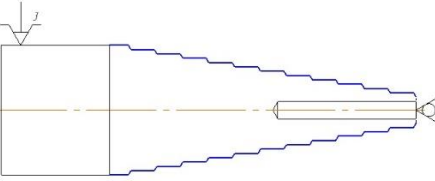
Розбивку по переходах наведено у таблиці 3.4. значення допусків та шорсткості вибираємо з довідника [10, с.11, табл.5].

Таблиця 3.4 - Розбивка по переходах

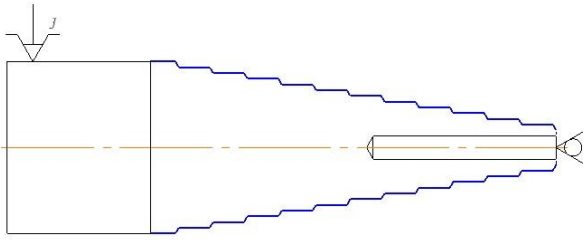
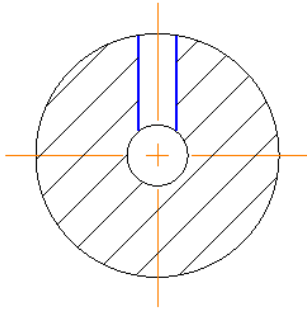
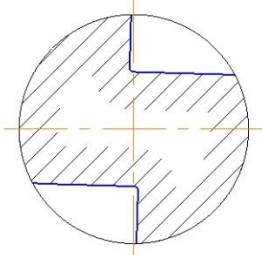
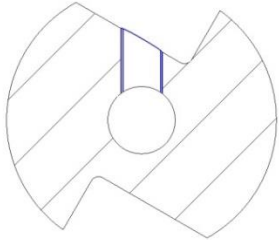
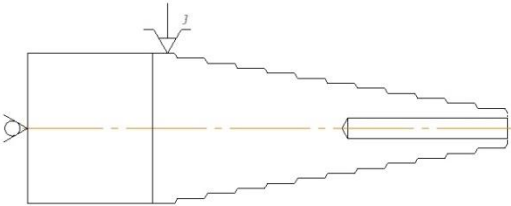
Показники точності та якості поверхонь	Показник	Кількість переходів	Різниця показників	МОП		Допуск		Уточнення	
					Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
Зовнішня циліндрична оброблювана поверхня Ø30	Td Ra	3 3	IT16	1	Заготовка	900	40	-	-
			IT14	2	Точіння чорнове	620	20	1,5	2
			IT11	3	Точіння чистове	160	10	3,87	2
				4	ТО	-	-	-	-
			IT8	5	Точіння тонке	39	0,8	4,1	0,8
			Загальне уточнення						
Поверхня, що обробляється 97±0,175	Td Ra	3 3	IT15	1	Заготовка	1400	40	-	-
			IT13	2	Точіння чорнове	700	20	1,6	2
			IT12	3	Точіння чистове	350	12	3,8	2
				4	ТО	-	-	-	-
			Загальне уточнення						

### 3.3.3 Маршрут та виготовлення деталі конічне свердло

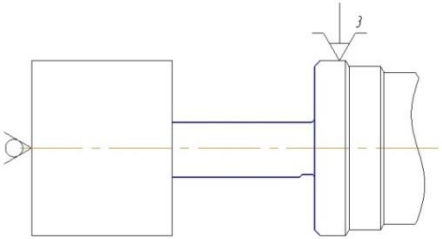
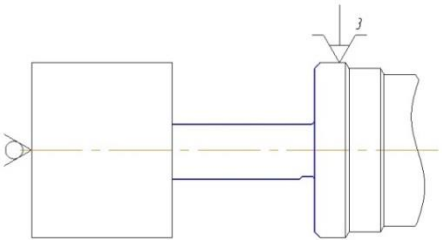
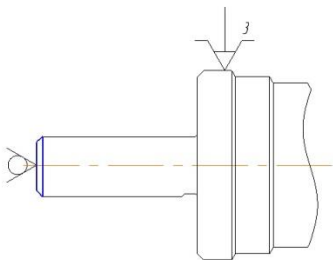
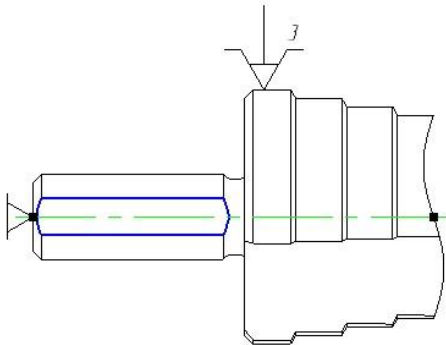
Таблиця 3.5 – Маршрут виробництва деталі.

№ оп	Зміст та найменування операції	Устаткування	Ескіз
1	2	3	4
005	<p>Токарна з ЧПУ:</p> <p>1.Встановити та закріпити деталь</p> <p>2.Підрізати торець</p>	HAAS DS-30Y	
	3.Центрувати отвір		
	4.Свердлити отвір Ø4		
	5.Чорнове точіння зов. поверхні		

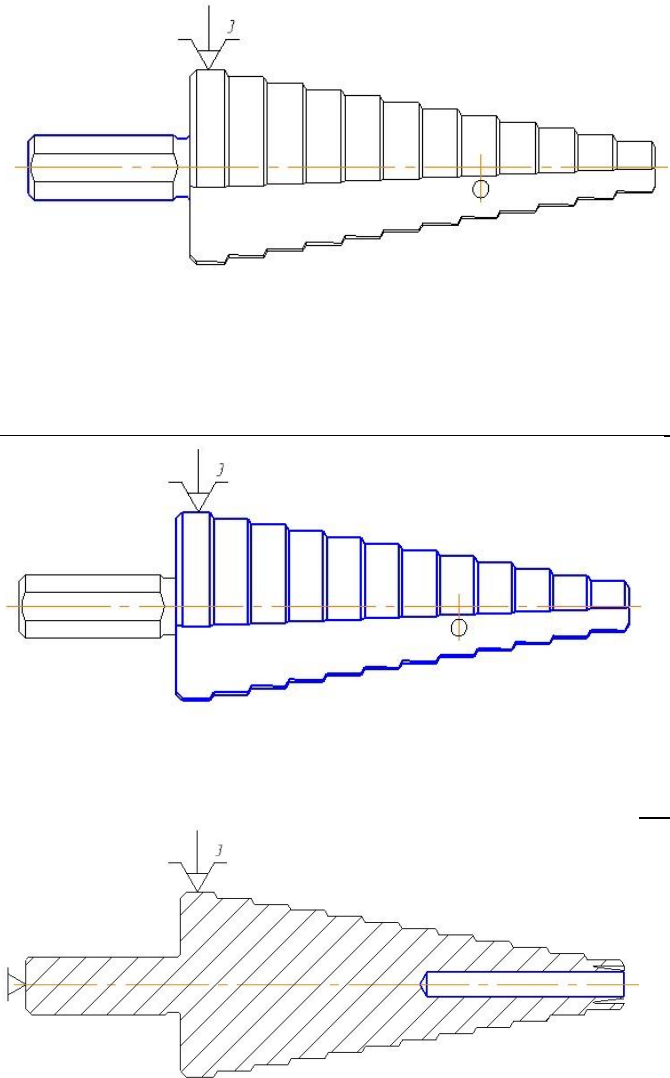
Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
	6. Чистове точіння зов. поверхні		
	7. Свердління Ø під різьбу М3		
	8. Фрезерування канавок		
	9. Нарізати різьбу М3		
	10. Переустановити деталь		

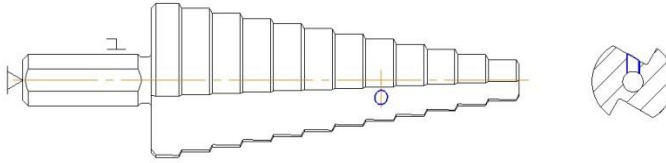
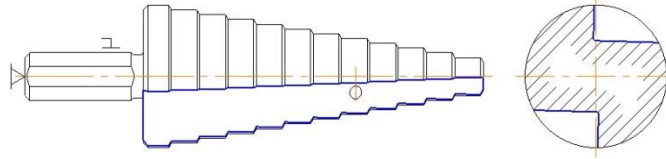
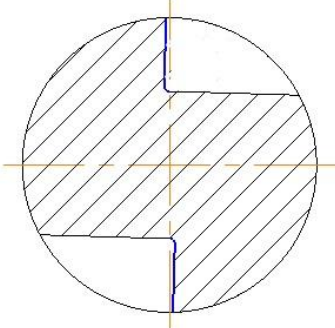
Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
	11.Чорнове точіння зовнішніх поверхонь		
	12.Чистове точіння зовнішніх поверхонь		
	13. Відрізка деталі		
	14.Фрезерування поверхні 15.Зняти деталь		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
010	Слюсарна: 1.Встановити та закріпити деталь 2.Зняти задирки 3.Зняти деталь		
015	Термічна	Пічка	
020	Токарна з ЧПУ 1.Встановити та закріпити деталь 2.Точити начисто $\emptyset$ хвостовика 3.Точити назовні зовнішні поверхні 4.Чистове розгортання внутрішнього $\emptyset$	НААС DS-30Y	

## Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
025	<p>Різьбошліф:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь</li> <li>2. Шліфувати різьбу М3</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>	<p>Різьбошліф. 5К821В</p>	
030	<p>Шліфувальна:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь</li> <li>2. Шліфувати стружкові канавки</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>	<p>Плоскошліфувальний 3Г71</p>	
035	<p>Заточна:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити деталь</li> <li>2. Затилувати зуби</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>	<p>Заточний 3Е642</p>	
040	Контрольна	Стіл контролер	
045	Маркування		

### 3.3.4 Обґрунтування вибору технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, стосовно яких орієнтуються інші деталі виробу або поверхня деталі, що обробляються. При проектуванні технологічного процесу забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз.

При виборі технологічних баз обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірювальною базою. При побудові маршруту обробки слід дотримуватися принципу сталості баз; на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні й самі поверхні.

Тобто, розробляючи технологічний процес механічної обробки деталі, для кожної операції необхідно вибирати бази, керуючись такими положеннями:

Бажано, щоб вимірювальна та технологічна бази збігалися, треба вибирати як технологічну базу поверхню, від якої заданий розмір. При цьому похибка базування дорівнюватиме нулю та відпаде необхідність у перерахунку операційних розмірів;

Кожна зміна настановної бази під час технологічного процесу вносить нові похибки, які залежить від неточності взаємного розташування баз; тому доцільно виконувати обробку від однієї постійної бази;

Якщо для виконання наступної операції колишня база не може бути використана, то новою настановною базою має бути оброблена поверхня;

У всіх випадках установча база повинна забезпечити жорсткість установки заготовки, яка досягається відповідними розмірами поверхонь базування та їх взаємним розташуванням;

Чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, оскільки повторне її використання може значною мірою порушити взаємне розташування поверхонь, що обробляються;

Прийняті бази та методи бази та методи базування повинні забезпечувати

простішу та надійнішу конструкцію пристосування.

Конструкторською базою у кінцевої фрези будуть зовнішній діаметр, торці, та центрувальний отвір.

Похибка встановлення заготовки у пристосуваннях у пристосуванні

$\Delta\varepsilon_y$  обчислюють з урахуванням похибок

-  $\Delta\varepsilon_\delta$  базування

-  $\Delta\varepsilon_3$  закріплення заготовок

-  $\Delta\varepsilon_{\text{пр}}$  виготовлення та зносу опорних елементів пристроїв.  $\varepsilon_{\text{пр}}$

Похибка установки визначають як граничне поле розсіювання положень вимірювальної поверхні щодо поверхні відліку в напрямку розміру, що витримується. Оскільки зазначені вище похибки є випадковими величинами, то

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{(\Delta\varepsilon_B)^2 + (\Delta\varepsilon_3)^2 + (\Delta\varepsilon_{\text{пр}})^2} \quad (3.19)$$

Похибка пристосування не пов'язана з процесом встановлення заготовок у пристосуваннях; тому часто її враховують під час розрахунків точності окремо.

Тоді

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{(\Delta\varepsilon_B)^2 + (\Delta\varepsilon_3)^2} \quad (3.20)$$

Похибки встановлення у трикулачковому патроні:

$\Delta\varepsilon_y = 80\text{мкм}$  – радіальна;  $\Delta\varepsilon_y = 50\text{мкм}$  – осьова;

$\Delta\varepsilon_y = 0,080\text{мм} < TL = 0,4\text{мм}$ ;  $\Delta\varepsilon_y = 0,05\text{мм} < Td = 0,39\text{мм}$ .

Даний пристрій забезпечує обробку із заданою точністю.

Протягом усього технологічного процесу виготовлення фрези принципи призначення технологічних та вимірювальних баз дотримуються.

### 3.4 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів

Будь-яка заготовка, яка надалі оброблятиметься, виготовляється з припуском на обробку. Припуск – це шар металу, який видаляється із заготовки у процесі обробки, необхідний для отримання остаточних розмірів і заданого класу шорсткості поверхонь деталей. Припуски поділяються на загальні та між операційні.

Припуск повинен мати розміри, які забезпечували б виконання необхідної для даної деталі механічної обробки при задоволенні необхідних вимог до шорсткості і якості поверхні металу і точності розмірів деталі при найменшій витраті матеріалу і собівартості деталі. Такий припуск є оптимальним.

Надмірні припуски спричинять зайві витрати на виготовлення деталі і тим самим збільшують її собівартість. З іншого боку, надто маленькі припуски не дають змоги виконати необхідну механічну обробку з бажаною точністю та чистотою, внаслідок чого виходить шлюб.

Величини припусків на обробку та допуски на розміри заготовок залежать від ряду факторів, ступінь впливу яких різний. До основних чинників відносять такі:

- а) матеріал заготовки;
- б) конфігурація та розміри заготовки;
- в) вид заготовки та спосіб її виготовлення;
- г) вимоги щодо механічної обробки;
- д) технічні умови до якості та класу шорсткості поверхонь та точності розмірів деталі.

У середньосерійному виробництві для розрахунку припусків використовують метод автоматичного отримання розмірів, тобто обробки на попередньо налагоджених верстатах.

### 3.4.1 Визначення припусків та між операційних розмірів

На поверхню  $\emptyset 30_{-0,039}$  методом розмірних кіл визначаємо припуски та міжопераційні розміри:

По [8, стор.187, табл. 24] знаходимо мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_2 = 300 \text{ мкм}$$

$$2Z_3 = 160 \text{ мкм}$$

$$2Z_4 = 40 \text{ мкм}$$

Спочатку розрахунковим шляхом визначають мінімальний, потім максимальний припуск.

Відповідно до маршруту обробки поверхні маємо допуски на між операційні розміри:

$$Td_{13ar} = 0,9 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,62 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,16 \text{ мм}$$

$$\text{Термічна обробка } Td_4 = 0,039 \text{ мм}$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховують максимальний розмір за такою формулою:

$$d_{imax} = d_{i+1max} + 2Z_{i+1} + Td_i \quad (3.21)$$

$$d_{3max} = d_4 + 2Z_4 + Td_3 = 30,05 + 0,4 + 0,16 = 30,61 \text{ мм}$$

$$d_{2max} = d_3 + 2Z_3 + Td_2 = 30,61 + 1,6 + 0,62 = 32,83 \text{ мм}$$

$$d_{1max} = d_2 + 2Z_2 + Td_1 = 32,83 + 3 + 0,9 = 36,73 \text{ мм}$$

Розрахуємо мінімальний розмір за формулою (3.22):

$$d_{imin} = d_{imax} - Td_i \quad (3.22)$$

$$d_{zar1}^{min} = 36,73 - 0,9 = 35,83 \text{ мм}$$

$$d_{2min} = 32,83 - 0,62 = 32,21 \text{ мм}$$

$$d_{3min} = 30,61 - 0,16 = 30,45 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальні значення припусків за формулою (3.23):

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{max} \quad (3.23)$$

Точіння чорнове:  $2Z_{imin}=35,83 - 32,83 = 3 \text{ мм}$

Точіння чистове:  $2Z_{imin}=32,21 - 30,61 = 1,6 \text{ мм}$

Точіння тонке:  $2Z_{imin}=30,45 - 30,05 = 0,4 \text{ мм}$

Визначаємо максимальні значення припусків за формулою:

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{min} \quad (3.24)$$

Точіння чорнове:  $2Z_{imax}=36,73 - 32,21 = 4,52 \text{ мм}$

Точіння чистове:  $2Z_{imax}=32,83 - 30,45 = 2,38 \text{ мм}$

Точіння тонке:  $2Z_{imax}=30,61 - 30,011 = 0,599 \text{ мм}$

Результати розрахунків зведено до таблиці 2.6

Визначення припусків та технологічних розмірів на поверхню  $\varnothing 10_{(-0,015)}$  аналітичним методом:

Маршрут обробки операційних допусків беремо з таблиці 2.4.

Вибираємо величини, що характеризують якість поверхонь для переходів.

$$R_{z_{10}}=32\text{мкм} \quad h_{10}=30\text{мкм}$$

$$R_{z_8}=10\text{мкм} \quad h_8=20\text{мкм}$$

$$R_{z_6}=3,2\text{мкм} \quad h_6=6\text{мкм}$$

Залишкові просторові відхилення за формулами [15].

$$\Delta_{y_i} = \Delta_{y_i} \cdot l; \quad (3.25)$$

$$\Delta_{y_i} = K_y \cdot \Delta_{y_i}, \quad (3.26)$$

$$\Delta_{y_{10}} = 0,04 \cdot 25 = 1\text{мкм}$$

$$\Delta_{y_8} = 0,03 \cdot 1 = 0,03\text{мкм}$$

$$\Delta_{y_6} = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006\text{мкм}$$

$$\Delta_{y_8} = 0,03 \cdot 1 = 0,03\text{мкм}$$

$$\Delta_{y_6} = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006\text{мкм}$$

Похибка встановлення  $\varepsilon$  вибирається із довідника

$$\varepsilon_{10} = 0,20 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_8 = 0,01 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_6 = 0,0003 \text{ мкм}$$

Визначаємо величину мінімального припуску за переходами за формулою

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{z_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (3.27)$$

$$2Z_{10_{\min}} = 2 \left( 32 + 30 + \sqrt{1^2 + 0,20^2} \right) = 1260 \text{ мкм}$$

$$2Z_{8_{\min}} = 2 \left( 6,3 + 12 + \sqrt{0,03^2 + 0,01^2} \right) = 370 \text{ мкм}$$

$$2Z_{6_{\min}} = 2 \left( 3,2 + 6 + \sqrt{0,0006^2 + 0,0003^2} \right) = 180 \text{ мкм}$$

Визначаємо граничні проміжні розміри за технологічними переходами та остаточні розміри заготовки.

Розрахунок максимальних розмірів за формулою (3.28)

$$d_{i\max} = d_{i+1\max} + Td_i + 2Z_{i+\min} \quad (3.28)$$

$$d_{6\max} = d_{ном} + es = 10 + (-0,015) = 9,985 \text{ мм}$$

$$d_{8\max} = 9,985 + 0,18 + 0,027 = 10,192 \text{ мм}$$

$$d_{10\max} = 10,192 + 0,37 + 0,070 = 10,632 \text{ мм}$$

$$d_{12\max} = 10,632 + 1,26 + 24,838 = 36,73 \text{ мм}$$

Розрахунок мінімальних розмірів за формулою (3.29)

$$d_{i\min} = d_{i\max} - Td_i \quad (3.29)$$

$$d_{8\min} = 10,192 - 0,027 = 10,165 \text{ мм}$$

$$d_{10\min} = 10,632 - 0,070 = 10,562 \text{ мм}$$

$$d_{12\min} = 36,73 - 24,838 = 11,892 \text{ мм}$$

Розрахунок максимальних припусків за формулою (3.30)

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\min} \quad (3.30)$$

$$2Z_{12\max} = 36,73 - 10,562 = 26,168 \text{ мм}$$

$$2Z_{8\max} = 10,632 - 10,165 = 0,467 \text{ мм}$$

$$2Z_{6\max} = 10,192 - 9,985 = 0,207 \text{ мм}$$

Розрахунок мінімальних припусків за формулою (3.31)

$$2Z_{i\min} = d_{i-1\min} - d_{i\max} \quad (3.31)$$

$$2Z_{12\min} = 11,892 - 10,632 = 1,26 \text{ мм}$$

$$2Z_{10\min} = 10,562 - 10,192 = 0,37 \text{ мм}$$

$$2Z_{8\min} = 10,165 - 9,985 = 0,18 \text{ мм}$$

Перевірка:

Розраховуємо  $T_z$  за формулою (3.32)

$$T_z = z_i^{\max} - z_i^{\min} = Td_i + Td_{i-1} \quad (3.32)$$

$$T_{z_6} = 0,926 - 0,296 = 0,270 + 0,180 = 0,45$$

$$T_{z_8} = 0,383 - 0,126 = 0,180 + 0,070 = 0,25$$

$$T_{z_{10}} = 0,134 - 0,037 = 0,070 + 0,027 = 0,097$$

$$T_{z_{12}} = 0,056 - 0,018 = 0,027 + 0,015 = 0,042$$

Розраховуємо  $z_{0\max}$  і  $z_{0\min}$  за формулою (3.33) – (3.34)

$$z_{0\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дем}}^{\min} \quad (3.33)$$

$$z_{0\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дем}}^{\max} \quad (3.34)$$

$$z_{0\max} = 36,73 - 9,985 = 26,745$$

$$z_{0\min} = 11,892 - 9,985 = 1,907$$

Розраховуємо  $Tz_o$  за формулою (3.35)

$$Tz_o = z_{o\max} - z_{o\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дем}} \quad (3.35)$$

$$Tz_o = 26,745 - 1,907 = 0,270 + 0,015 = 24,838 \text{ мм}$$

Розраховуємо номінальний розмір заготовки за формулою (3.36) – (3.37)

$$d_{заг}^{ном} = d_{1ном} = d_{заг}^{max} - es_d \quad (3.36)$$

$$d_{заг}^{ном} = d_{1ном} = d_{заг}^{min} + ei_d \quad (3.37)$$

$$d_{заг}^{ном} = 36,73 - 0,10 = 36,63 мм$$

$$d_{заг}^{ном} = 36,46 + 0,17 = 36,63 мм$$

$$es_d = +0,10 мм$$

$$ei_d = -0,17 мм$$

$$d_{заг} = 36,63 \begin{pmatrix} +0.1 \\ -0.17 \end{pmatrix}$$

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.6

Таблиця 3.6 - Визначення припусків на поверхню  $\varnothing 30_{-0,039}$ 

№	Назва. технолог. переходів МОП	Елементи припуску, мкм				Розрахункові		Допуск	Розмір, мм		Припуск, мм		Вик. р-р, мм
						Припуск	Розмір						
		Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$	2Zmin, мкм	d, мм		Td, мм	d <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	
1	Заг. прокат	125	100	224	-	-	35	0,9	36,73	35,83	-	-	36,73-0,9
2	Точ. чорн.	50	50	13	300	4520	32,83	0,620	32,83	32,21	4,52	3	32,83-0,62
3	Точ. чист.	3,2	30	0,5	160	2380	30,61	0,16	30,61	30,45	2,38	1,6	30,61-0,16
4	ТО	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точіння тонке	0,8	20	1,8	40	599	30,05	0,039	30,89	30,011	0,599	0,4	30,05 <sub>-0,039</sub>

Таблиця 3.7 - Визначення припусків на поверхню  $\varnothing 10_{-0,015}$ 

№	Назва. Технолог.. переходів МОП	Елементи припуску, мкм				Розрахункові		Допуск к	Розмір, мм		Припуск, мм		Вик. р-р, мм
						Припуск	Розмір						
		Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$	2Zmin, мкм	d, мм		Td, мм	d <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>	
1	Заг. прокат	125	100	224	-	-	36,73	24,838	36,73	11,892	-	-	36,73-0,9
2	Точ. чорн.	50	50	13	300	1260	10,632	0,070	10,632	10,562	26,168	1,26	10,632 -0,070
3	Точ. чист.	3,2	30	0,5	160	370	10,192	0,027	10,192	10,165	0,467	0,37	10,192 -0,027
4	ТО	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точіння тонке	0,8	20	1,8	40	180	10	0,015	9,985	9,985	0,207	0,18	10 <sub>-0,015</sub>

Інші для заданої деталі призначаємо припуски табличним методом.

[Додаток. 2, з 188; 202; 209; 211]

Призначаємо припуски на інші поверхні згідно з довідковим посібником

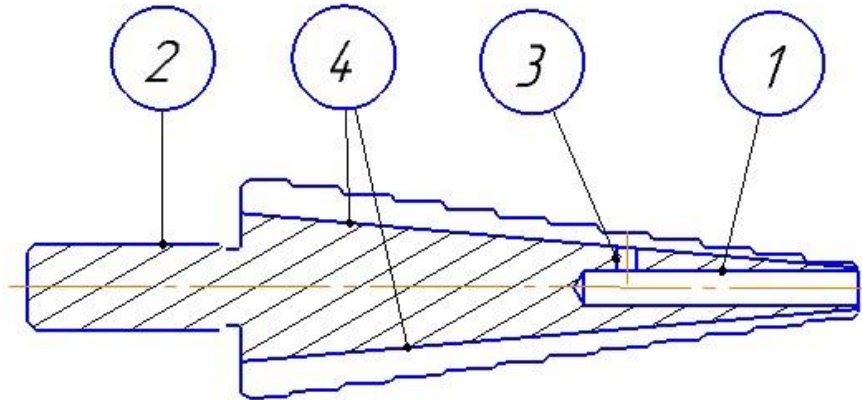


Рисунок 3.4 Розташування поверхонь

Таблиця 3.8 Розмір поверхонь з допусками та припусками

Номер поверхні	Операція	Отриманий квалітет, допуск Td, мм	Припуск на діаметр, мм
Поверхня 1	Свердління	12 кв. Td = 0.120	3,6
	Чорнове розточування	10 кв. Td = 0.048	0,5
	Тонке розточування	7 кв. Td = 0.012	0.1
Поверхня 2	Фрезерування поверхні	9 кв. Td = 0,043	0.5
Поверхня 3	Свердління отвору під різьбу	8 кв. Td = 0.033	0.25
	Нарізання різьби	8 кв. Td = 0.032	0.1
Поверхня 4	Фрезерування стружкових канавок	9 кв. Td = 0,043	0.1
	Шліфування	7 кв. Td = 0,018	0,3
	Заточування	6 кв. Td = 0,159	0,02

### 3.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання для операції 005 (Перехід 2) визначаємо аналітичним методом по [1]

Операція 005 - Токарна з ЧПУ

Устаткування - Багатоцільовий токарний центр HAAS DS-30Y

Перехід 2 Підрізати торець 1 витримуючи розміри згідно ескізу

Інструмент – Пластина CNMG 120416PR GC4225, Різець DCLNR 3225P12

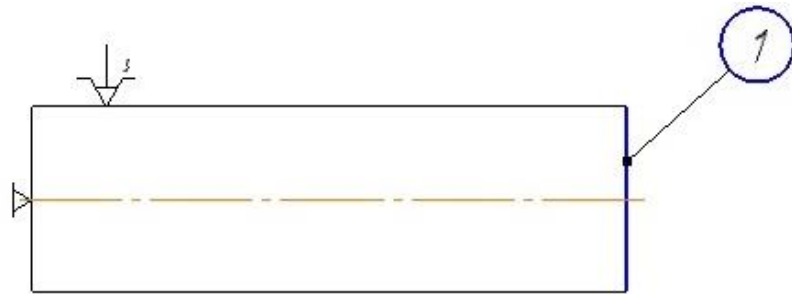


Рисунок 3.5 - Ескіз операції 005

Рекомендовані режими точіння (Перехід 2) визначаємо за каталогом.

Для пластини CNMG 120416PR GC4225:  $t = 4$  мм,  $S = 0,5$  мм/про,  $V = 275$  м/хв.

Корекція швидкості за твердістю

Матеріал заготівлі: сталь Р6М5К5

Порівняно з номінальною твердістю, даною в таблиці 2.9 дана заготівля більша приблизно на 40, тому коефіцієнт дорівнює 0,84

Таблиця 3.9 - Коефіцієнт залежності швидкості від твердості матеріалу

ISO/ ANSI	СМС <sup>1)</sup>	HB <sup>2)</sup>	Зменшення твердості				Збільшення твердості				
			-60 <sup>2)</sup>	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
<b>P</b>	02.1	HB <sup>2)</sup> 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
<b>M</b>	05.21	HB <sup>2)</sup> 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
<b>K</b>	08.2	HB <sup>2)</sup> 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB <sup>2)</sup> 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65
<b>N</b>	30.21	HB <sup>2)</sup> 75			1,05	1,0	0,95				
<b>S</b>	20.22	HB <sup>2)</sup> 350			1,12	1,0	0,89				
<b>H</b>	04.1	HRC <sup>3)</sup> 60			1,07	1,0	0,97				

$$V_d = V_p \cdot 0,84 = 275 \cdot 0,84 = 231 \text{ м/хв} \quad (3.38)$$

Де  $V_o$  - дійсна швидкість, м/хв

$V_p$  - рекомендована швидкість, м/хв

Таблиця 3.10 – значення сили різання залежно від глибини різання, подачі та швидкості.

$V$ , м/хв	Глибина різання та подача ( $t \times S$ )		
	4 × 0,3	4 × 0,5	6 × 0,5
200	12,3	18,9	27,1
231	14,2	21,8	31,3
250	15,4	23,6	33,8

Для наших значень робимо інтерполяцію та отримуємо потужність різання 21,8 кВт.

У разі зміни подачі (якщо обрано не рекомендовану) роблять корекцію швидкості подачі.

Режими різання для свердління Операція 005 (Перехід 4) визначаємо аналітичним методом [1]

Матеріал інструменту: P6M5

Матеріал заготовлі: P6M5K5

На рисунку зображено свердлильна операція 005 (перехід 4)

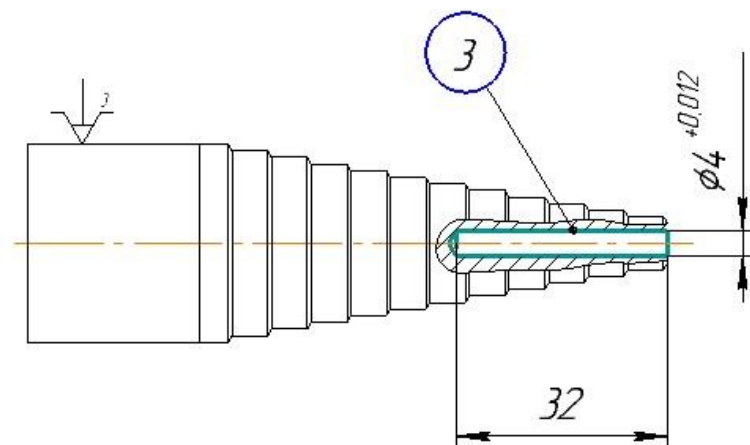


Рисунок 3.6 – Ескіз на свердлильну операцію

$$V = \frac{Cv \cdot D^q}{T^{m \cdot Sy}} \cdot K_v \text{ м/хв} \quad (3.39)$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,11^{0,7}} \cdot 1 = 33,2 \text{ м/хв}$$

Де V – швидкість різання, м/хв

D = 4 – діаметр свердління, мм

S = 0,11 – подача, мм/об

Cv=7 – коефіцієнт

q = 0,4 – показник ступеня для діаметра

y = 0,5 – показник ступеня для подачі

m = 0,2 – показник ступеня для періоду стійкості інструменту

T = 15 - період стійкості інструменту, хв

Визначаємо порівнювальний коефіцієнт [16].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \quad (3.40)$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Де  $K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$K_{mv} = 1$  - Коефіцієнт на інструментальний матеріал

$K_{iv} = 1$  - Коефіцієнт, що враховує глибину свердління

$K_{lv} = 1$  - Коефіцієнт характеризує групу сталі по оброблюваності

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3.41)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 33,2}{3,14 \cdot 3,6} = 2937 \text{ об/мин}$$

Де n – частота обертання заготовлі, об/хв

V – швидкість різання, м/хв

D – діаметр свердління, мм

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \text{ (Н·м)} \quad (3.42)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,11^{0,8} = 0,93 \text{ (Н·м)}$$

- Де  $M_{кр}$  - крутний момент при свердлінні,  $H \cdot m$   
 $D$  – діаметр свердління, мм  
 $S$  – подача, мм/об  
 $K_p$  - Коефіцієнт враховує фактичні умови обробки

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (3.43)$$

$$N_e = \frac{0,93 \cdot 2643}{9750} = 0,28 \text{ кВт}$$

- Де  $N_e$  - Потужність різання, кВт  
 $M_{кр}$  - крутний момент при свердлінні,  $H \cdot m$   
 $n$  – частота обертання інструменту, об/хв

Усі режими різання зведено до таблиці 2.11

Таблиця 3.11 - Зведена таблиця режимів різання за операціями

№	Назва операції	Назва та № переходу	t, мм	i	D, мм	L, мм	n, хв-1	S <sub>o</sub> , мм/об (мм/зуб)	V <sub>дет</sub> , м/хв	T <sub>0</sub> , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	Токарна з ЧПУ	2.Підрізка торця	4	1	35	37	2101	0,5	231	0,04
		3.Центрування	1	1	1	6	1261	0,06	3,96	0,21
		4.Свердління	1,8	1	3,6	38	2937	0,11	33,2	0,12
		5.Зовнішнє чорнове точіння	3	1	36,73	585	2514	0,3	290	0,77
		6.Зовнішнє чистове точіння	1,6	1	32,83	15 7	3463	0,15	357	0,3
		7.Свердління отвору під різьбу	1,2	1	2,4	15	2919	0,2	22	0,02
		8.Фрезерування	5	2	20	92	477	0,1	30	3,86
		9.Нарізування різьби	0,5	1	3	15	636	0,5	6	0,05
		11. Зовнішнє чорнове точіння	3	1	36,73	35 0	2514	0,3	290	0,46
		12. Зовнішнє чистове точіння	1,6	1	32,83	15 0	3463	0,15	357	0,28
		13. Відрізка деталі	0,5	1	30.63	38	1455	0,125	140	0,2
		14.Фрезерування поверхні	0,5	1	20	45	447	0,1	30	1
		020	Токарна з ЧПУ	1.Тонке точіння зовнішньої поверхні Ø хвостовика	0,4	1	10,16 5	35 0	12500	0.2
2.Тонке точіння зовнішньої поверхні корпусу	0,4			1	30,61	55 0	4151	0.2	399	0,66
3. Розточення внутрішнього отвору	0,2			1	4	38	1900	0,15	440	0,13

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025	Різьбо-шліфувальна	Шліфування різьби	0,2	1	3	15	2335	0,2	22	0,03
030	Шліфувальна	Шліфування стружкових канавок	0,19	76	-	120	2000	0,005	35м/с	9,12
035	Заточна	Заточення кромок	0,02	20	-	120	2000	0,005	13м/с	2,4

### 3.6 Нормування операцій технологічного процесу

Норма часу - час, встановлений виготовлення одиниці виробленої продукції чи виконання певного обсягу роботи однією чи групою робочих відповідної кваліфікації у певних організаційно-технічних умовах. Н. ч. Обчислюються в людино-годинах або людино-хвилинах. Якщо робота виконується одним робітником, Н. в. Встановлюється в годинах та хвилинах, і її величина відповідає тривалості виконання роботи або часу виготовлення одного виробу. Технічно обґрунтовану Н. ст. Визначає час, необхідний виконання роботи у даних організаційно-технічних умовах за найповнішому використанні робочого дня й устаткування. [17].

Н. ст. Застосовуються як норма праці в усіх типах виробництва.

Н.в. Складається з норми штучного часу (витрат часу на одиницю роботи) та норми підготовче-заключного часу (витрат часу на підготовку та роботи, пов'язані з її завершенням) [13].

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва визначаються розрахунково-аналітичним методом:

$$T_{um} = (T_o + T_s) \cdot \left( 1 + \frac{a_{обс} + a_{омд}}{100} \right), \text{XB} \quad (3.44)$$

де:  $T_o$  – основний машинний час;

$T_B$  – допоміжний час;

$T_{п.з}$  – час на налагодження та налаштування верстата;

$a_{обс}$  – час обслуговування робочого місця, %;

$a_{отд}$  – час на відпочинок та особисті потреби.

Допоміжний час визначається за формулою

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}, \quad (3.45)$$

де:  $T_{уст}$  – час на встановлення, закріплення деталі;

$T_{пер}$  – час, пов'язаний з переходами;

$T_{изм}$  – час, пов'язаний із вимірами.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (3.46)$$

де:  $n$  – партія деталей;

$T_{п.з}$  – підготовчо-заключний час.

Нормування операції №005 – токарна з ЧПУ.

Основний час обробки на цій операції складається із суми часу виконання кожного переходу і дорівнює:

$$T_{осн} = 0,04 + 0,21 + 0,12 + 0,77 + 0,3 + 0,02 + 3,86 + 0,05 + 0,46 + 0,28 + 0,2 + 1 = 7,31 \text{ мин}$$

Визначаємо за (2.42) допоміжний час – це час на: встановлення та зняття заготовки, керування верстатом, контроль оброблених поверхонь, прискорені переходи:

$$T_{вст} = 0,41 \text{ хв} – \text{ час на встановлення та зняття заготовки [9];}$$

$$T_{кер} = 0,19 \text{ хв} – \text{ час управління верстатом [9];}$$

$$T_{змн} = 0,06 \text{ хв} – \text{ час на контроль оброблених поверхонь [9];}$$

$T_{пер} = 0,18$  хв – час прискорених переходів [9].

$$T_{\epsilon} = 0,41 + 0,19 + 0,18 + 0,06 = 0,84 \text{ мин}$$

Розраховуємо штучний час на операцію за формулою (3.47):

$$T_{шт} = (7,31 + 0,84) \cdot \left(1 + \frac{4+8}{100}\right) = 9,13 \text{ мин} \quad (3.47)$$

$T_{п-з} = 30$  мин - Підготовчо-заклучний час [9].

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою (3.48) [17].

$$T_{шт.к.} = 9,13 + \frac{30}{139} = 9,35 \text{ мин} \quad (3.48)$$

Усі норми часу за операціями зводимо до таблиці (3.13)

Таблиця 3.12 - Норми часу за операціями

№	Назва операції	Модель верстата	$T_{вст}$ , хв	$T_{в}$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{п.з.}$ , хв
005	Токарна з ЧПУ	HAAS DS-30Y	7,31	0,84	9,13	9,35
020	Токарна з ЧПУ	HAAS DS-30Y	0,93	0,54	1,65	1,87
025	Різьбо-шліфувальне	HAAS DS-30Y	0,03	0,35	0,43	0,65
030	Плоско-шліфувальна	ЗГ71	9,12	0,84	11,22	11,44
035	Заточна	ЗЕ642	2,4	0,72	3,49	3,70

### 3.7 Вибір обладнання

Для обробки деталі «конічне свердло» використовується верстат - HAAS DS-30Y. Токарний центр з ЧПК з основним шпинделем та протишпинделем з віссю Y. На даному верстаті виконуємо чорнові, чистові операції точіння, розточування та підрізання торців, а також свердління, нарізання різьби та фрезерування канавок. Даний вибір обладнання є економічно вигідним, дозволяє скоротити час обробки, а також є продуктивним.

Високопродуктивні токарні центри HAAS серії DS-30 були створені для забезпечення різання металу великої товщини, крайньої жорсткості і високої температурної стабільності. Доступні як стандартні, так і надшвидкісні моделі цих універсальних верстатів із патроном 10 дюймів.

HAAS DS-30Y токарно-револьверний центр з ЧПК - універсальний токарний верстат підвищеної точності призначений для виконання найрізноманітніших токарних, різьбонарізних та свердлильних робіт підвищеної точності.

Токарний центр з ЧПК з основним шпинделем та протишпинделем з віссю Y; макс. місткість 18" x 23" (457 x 584 мм), діаметр виробу, що обробляється 31,75" (806 мм), переміщення по осі Y  $\pm 2,00$ " ( $\pm 50,8$  мм). Основний шпиндель: векторний привід 30 л.с (22,4 кВт), 4000 об/хв, шпиндель A2-6, патрон 8,3" (210 мм). Протишпиндель: векторний привід 20 к.с. -5, патрон 8,3" (210 мм). 12-позиційна гібридна головка (6 VDI/6 BOT), приводний інструмент з високим крутним моментом з віссю C, 15-дюймовий кольоровий рідкокристалічний дисплей, кнопковий вимикач для блокування пам'яті, орієнтування шпинделя, USB-вхід та система жорсткого нарізування різьблення. В комплекті є стандартний комплект інструментальних оправок. Загальний вигляд верстата зображено на рисунку 3.7 [18].



Рисунок 3.7– Загальний вигляд Токарного центру з ЧПК HAAS DS-30Y

Особливості конструкції:

- повністю лита чавунна станина;
- повністю закрита герметична захисна огорожа;
- Серводвигуни переміщень по осях із прямою передачею моменту;
- сталеві загартовані підшипникові блоки напрямних;
- ШВП з подвійним кріпленням та попередньо натягнутою гайкою;
- Система автоматичного змащення напрямних та ШВП;
- система компенсації теплових розширень ШВП;
- Відкотна конструкція бака для ЗОР.

Стандартні опції:

- Гідравлічний 3-х кулачковий патрон на головному шпинделі та контршпинделі
- Контршпиндель повністю синхронізований з головним шпинделем
- Автоматичний револьвер
- Система термоконтролю ШВП осі X
- Система автоматичного змащення
- Пневмопістолет

-Можливість подачі ЗОР через інструмент

-Пряме різьблення

-Орієнтація шпинделя

-Сигнальна лампа стану верстата

-USB-порт

-Пам'ять для програм 1 Мб

-Програмування в ISO G-кодах

-Внутрішній автотрансформатор

Додаткові опції:

-Автоматичний щуп RENISHAW для вимірювання вильоту інструменту

-Стрічковий транспортер для видалення стружки

-Система приводного інструменту та С-осі

-Опція DS3B - збільшення діаметра тягової труби головного шпинделя

-Система обдування патрона стисненим повітрям

-Автоматичний уловлювач деталей

-Автоматична подача прутків

-Мережева карта Ethernet

-Макропрограмування

-Автоматичні двері

-Інструментальне оснащення та пристосування

Таблиця 3.13 HAAS DS-30Y Технічні характеристики

Параметри	Значення
1	2
Зона обробки	
Діаметр, що встановлюється (макс.), мм	527
Діаметр обробки (макс.), мм	457
Довжина обробки (макс.), мм	584
Діаметр прутка, що обробляється (макс.), мм	51

Продовження таблиці 3.13

З опцією DS-3B	76
Шпиндель	
Діаметр 3-х кулачкового патрона, мм	210
Швидкість обертання (макс.), об/хв	4000
Потужність шпинделя (макс.), кВт	22,4
Момент (макс.), Нм	373
Посадка шпинделя під патрон	A2-6
Внутрішній діаметр гільзи шпинделя, мм	89
Внутрішній діаметр тягової труби, мм	52
Контршпиндель	
Діаметр 3-х кулачкового патрона, мм	210
Швидкість обертання (макс.), об/хв	4000
Потужність контршпинделя (макс.), кВт	14,9
Посадка шпинделя під патрон	A2-5
Внутрішній діаметр тягової труби, мм	52
Переміщення та подачі	
Переміщення по осі X, мм	318
Переміщення по осі Z, мм	584
Переміщення по осі Y, мм	±50,8
Осьове зусилля (макс.), кН	27,6
Швидкість холостих подач (макс.), м/хв.	24
Інструментальний револьвер	
Виконання посадкового гнізда	VDI40/BOT
Кількість інструментальних гнізд, прим.	12
Час зміни інструменту, з	1
Потужність приводу інструменту (макс.), кВт	5,7
Кількість приводних інструментів (макс.)	6
Швидкість обертання	3000

Продовження таблиці 3.13

1	2
Точність	
Точність позиціонування, мм	$\pm 0,0050$
Повторюваність, мм	$\pm 0,0025$
Додаткові показники	
Об'єм бака для ЗОР л	208
Маса верстата, кг	7221

### ЗЕ642 верстат заточувальний універсальний

Універсальний заточувальний верстат ЗЕ642 призначений для заточування основних видів різального інструменту: різців, фрез, зенкерів тощо з інструментальної сталі, твердого сплаву, металокераміки абразивними, алмазними та ельборовими колами.

Заточні верстати ЗЕ642 мають литу чавунну станину, це підвищує точність обробки і зменшує коливання, викликані при обробці деталі. Додатково на верстати можна поставити синусну плиту для закріплення заготовок, пристрій для заточування по радіусу різців і кінцевого багатолезового інструменту, пристрій для зовнішнього круглого шліфування, для внутрішнього шліфування, для заточування право- і ліворізальних зенкерів і т.д.

Верстат універсально-заточний ЗЕ642 є модифікацією верстата ЗЕ642. На відміну від попередника, поздовжні переміщення стола біля верстата ЗЕ642Е здійснюються за рахунок гідравлічного приводу, це дає плавність ходу столу та збільшення продуктивності за зміну. Поздовжні переміщення стола біля верстата ЗЕ642 здійснюються вручну.

Загальний вигляд верстата зображено на рисунку 3.8 [18].

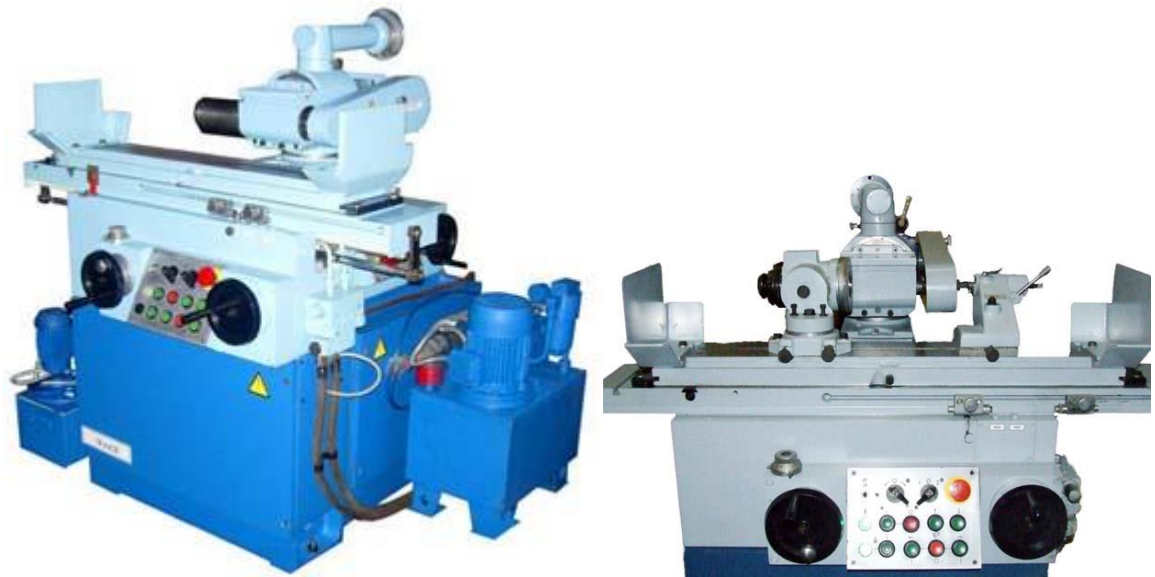


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд верстата 3E642

Таблиця 3.14 Технічні характеристики

Найменування параметру	3E642
1	2
Основні параметри	
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	
Найбільші розміри оброблюваних виробів у центрах (довжина x діаметр), мм	630 x 250
Висота центрів над робочим столом, мм	125
Робочий стіл верстата	
Розміри робочої поверхні столу за ГОСТ 6569-75 (довжина x ширина), мм	900 x 140
Найбільше поздовжнє переміщення столу, мм	450
Кут повороту столу в горизонтальній площині, град	0...45
Швидкість поздовжнього переміщення столу, м/хв.	0,2. 12
Бабка шліфувальна	
Найбільше вертикальне переміщення бабки, мм	235
Ціна поділу лімба подачі вертикального переміщення столу, мм	0,005

Продовження таблиці 3.14

1	2
Найбільше поперечне переміщення бабки, мм	230
Ціна поділу лімба подачі поперечного переміщення столу, мм	0,001
Кут повороту бабки у горизонтальній площині, град	360
Шліфувальна головка	
Число оборотів заточувального кола при безступінчастому регулюванні, об/хв	2200...6400
Число оборотів заточувального кола при ступінчастому регулюванні, об/хв	2200,3200, 4400,6400
Кінець шліфувального шпинделя за ГОСТ 2324-77 виконання 2	Морзе 4
Найбільший діаметр шліфувального кола, що встановлюється, за ГОСТ 2424-83 типу ПП	200
Найбільший діаметр шліфувального кола, що встановлюється, за ГОСТ 2424-83 інших типів	150
Електроустаткування та привід верстата	
Кількість електродвигунів на верстаті	4
Електродвигун приводу шпинделя, кВт/об/хв.	2,2/3000
Електродвигун вертикального переміщення шліфувальної бабки, кВт/об/хв.	0,18/1500
Електродвигун вертикального переміщення шліфувальної головки, кВт/об/хв.	0,18/1500
Електродвигун приводу виробу, кВт/об/хв	0,25/1500
Електродвигун гідроприводу, кВт/об/хв	1,1/1000
Продуктивність насоса гідроприводу, л/хв.	10
Електродвигун насоса охолодження, кВт/об/хв.	0,12/ 2800

Продовження таблиці 3.14

1	2
Продуктивність насоса охолодження, л/хв.	22
Загальна встановлена потужність усіх електродвигунів, кВт	3,73
Рід струму мережі живлення	50Гц, 380/220 В
Габарити та маса верстата	1830 1940 1550
Габарит верстата, мм	1200
Маса верстата, кг	1830 1940 1550

#### Плоскошліфувальний верстат 3Г71, 3Г71М

Плоскошліфувальний верстат 3Г71, 3Г71М - призначений для шліфування поверхонь периферією кола. У певних межах можливе оброблення поверхонь, розташованих під кутом  $90^\circ$  до дзеркала столу. За спеціальним замовленням за окрему плату разом зі верстатом може бути поставлена низка пристроїв, що розширюють технологічні можливості верстата. Із застосуванням різних пристроїв можливе профільне шліфування різних деталей. Точність профілю при цьому залежить від методу заправки профілю кола і від пристосування, що застосовується для кріплення деталей. Верстат комплектується стандартною електромагнітною плитою. Клас точності верстата В. Шорсткість обробленої поверхні V 10.

На станині в поперечному напрямку по двох V-подібних напрямних кочення переміщається хрестовий супорт. По напрямних хрестового супорта — плоскою та V-подібною у поздовжньому напрямку переміщається стіл. Стіл отримує переміщення від гідроциліндра, закріпленого між напрямними хрестового супорта. У середині хрестового супорта у його нижній частині закріплені вузли: механізм поперечної подачі, механізм поздовжнього переміщення столу, механізм поздовжнього реверсу столу, механізм

поперечного реверсу столу, розподільна панель, гідропанель ВШПГ-35. З задньої сторони на станині встановлюється колона, вертикальним напрямним кочення якої переміщається шліфувальна головка. Усередині станини встановлений гідроагрегат, обслуговування якого здійснюється через ліві дверцята станини [18].

Загальний вигляд верстата зображено на рисунку 3.9.

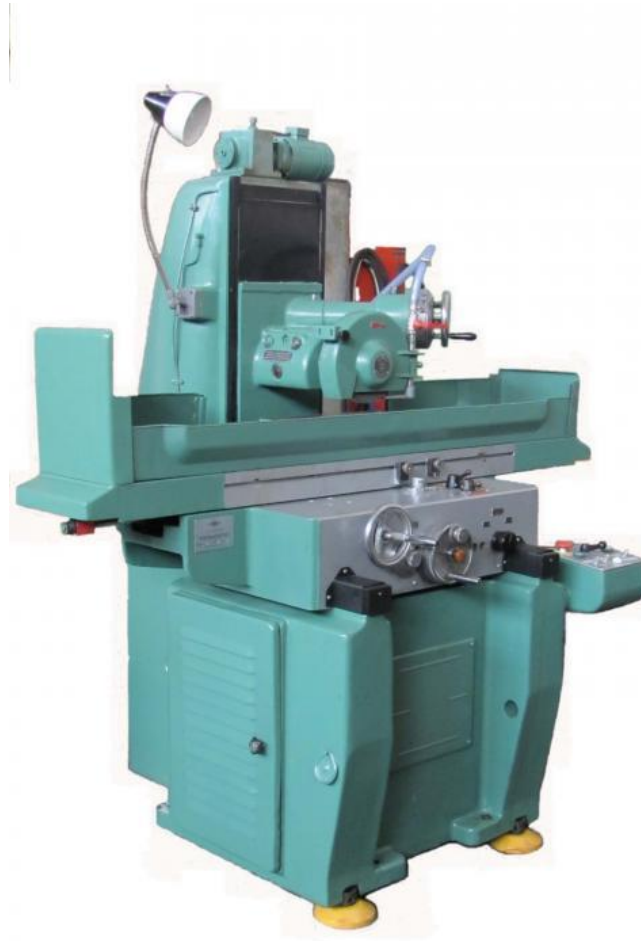


Рисунок 3.9 - Загальний вигляд плоскошліфувального верстата мод.3Г71

Таблиця 3.15 Технічні характеристики

Технічні характеристики	Параметри
1	2
Найбільші розміри виробів, що обробляються (Ш x Д x В), мм	200 x 630 x 320
Розміри робочої поверхні столу (ширина x довжина), мм	200 x 630

Продовження таблиці 3.15

1	2
Найбільше поздовжнє переміщення столу, мм	710
Найбільше поперечне переміщення столу, мм	235
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	У
Швидкість поздовжнього переміщення столу (макс./хв.), м/хв.	5 / 20
Ціна одного поділу лімба маховичка поперечного переміщення столу, мм	0,05
Поперечна автоматична подача столу на кожен хід (макс./хв.), мм	0,2/4,0
Ціна одного поділу лімба маховичка вертикальної подачі, мм	0,001
Величина автоматичної вертикальної подачі (ступінчасто через 0,005), мм	0,05 – 0,005
Найбільше вертикальне переміщення шліфувальної бабки, мм	365
Прискорене переміщення шліфувальної бабки, м/хв	0,27
Розмір шліфувального круга, мм	250 x 32 x 76
Число оборотів шпинделя шліфувального кола, мін-1	2740
Тип підшипників шпинделя шліфувального круга	Ковзання
Привід шпинделя	Плоскорім'яний
Плоский ремінь (довжина x ширина), мм	1250 x 40
Загальна встановлена потужність усіх електродвигунів, кВт	3685
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	1870 x 1550 x 1980
Вага верстата, кг	2000

### 3.8 Пристосування та оснащення

Багатоцільовий токарний центр HAAS DS-30Y оснащений гідравлічним наскрізним патроном. Наскрізний отвір має бути більшим за діаметр нашої заготовки, тому вибираємо модель N-210A6 [18].



Рисунок 3.10 – Гідравлічний патрон

Таблиця 3.16 - Технічні характеристики патрона

Модель	N-210A6
Отвір, мм	ø75
Хід тяги, мм	19
Хід кулачків, мм	8,8
Макс. зусилля тяги (кгс)	4300
Граничне зусилля затиску (кгс)	11000
Макс. робочий тиск (МГс / см <sup>2</sup> )	27,5
Макс. швидкість (про/хв)	4200
Маса, кг)	40,9
Тип циліндра	M1875
Тип загартованих кулачків	HJ10

Оскільки в цьому патроні відбуватиметься груба (чорнова) обробка, ми застосуємо тверді (загартовані) кулачки.

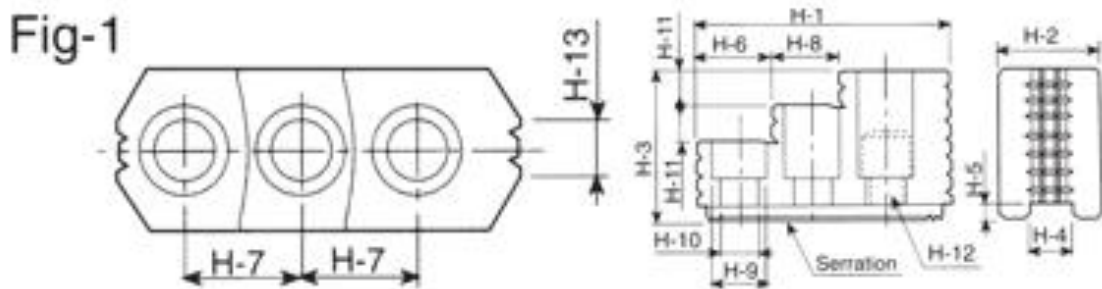


Рисунок 3.11 – Конструкція кулачка

Таблиця 3.17 - Розміри кулачка

Розмір / Модель	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	H-11	H-12	H-13	Крок зуба рейки	Маса комплекту (кг)
<b>HJ10</b>	99.5	40	54	16	5	43	30	17	19	13	13	M12	15	1.5x60°	2.65

При чистовій та тонкій обробці використовуємо повідковий 3-х кулачковий патрон GSA 200 компанії AUTOBLOK.

Технічні характеристики:

- кулачки, що втягуються.
- компенсуючий затискач
- торцевий повідець регулюється юстирувальними клинами
- нерухомий або пружний центри
- притиск деталі до осі базування гарантує високу точність установки



Рисунок 3.12 – Патрон з кулачками, що втягуються.

Таблиця 3.18 – Технічні дані патрона

Параметр	Величина
кутовий хід кулачка, град.	5°
радий. хід кулачка на відстані h, мм	9
компенсація з відривом h, мм	±0.8
хід клина (загальний), мм	57.5
макс. зусилля штовхання, кН	40
макс. зусилля затиску на відстані h, кН	40
допустима частота обертання, об/хв	4500
маса (без накладних кулачків), кг	30
момент інерції, кгм <sup>2</sup>	0,15
приводний циліндр з осьовим базуванням по центру	

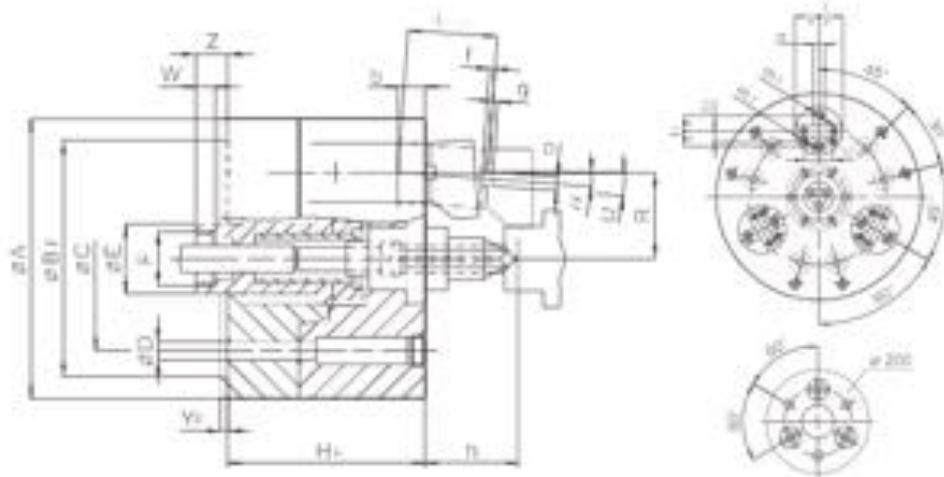


Рисунок 3.13 – Схема конструкції патрона

Таблиця 3.19 - Розміри патрона

Розмір	Величина
1	2
A, мм	200
BF, мм	170

Продовження таблиці 3.19

З, мм	146
1	2
D, мм	17
E, мм	50
F, мм	M38 x 1.5
Hf, мм	160
Lmin, мм	24
Lmax, мм	74
R, мм	60
U, град	5°
W, мм	18
Yf, мм	6
Zmin, мм	25
Zmax, мм	82,5
b, мм	24
f, мм	4
g, мм	3
h, мм	80
j, мм	48
l1, мм	32
l2, мм	27
l3, мм	12
m1, мм	M10
m2, мм	M8
nH7, мм	12,68
oh7, мм	12,68
α, град	5°

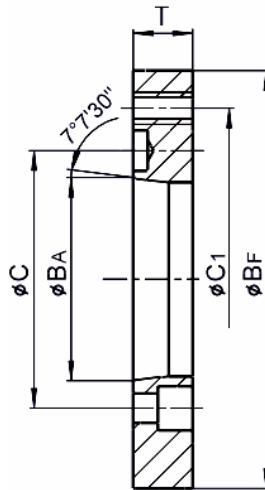


Рисунок 3.14 – Перехідний фланець ISO-A для GSA патрона

Таблиця 3.20 – Розміри перехідного фланця FF2 для GSA патрона

Шпиндель	Vf, мм	Ba, мм	C, мм	C1, мм	T, мм
A5	170	82,563	104,8	146	24

Двопоршневий циліндр DCN 125-30 SMW-AUTOBLOK. Характеристики та конструкція у додатку

Токарний центр Vertex серії VLC, що обертається, для затискання заготовки 1 шт.

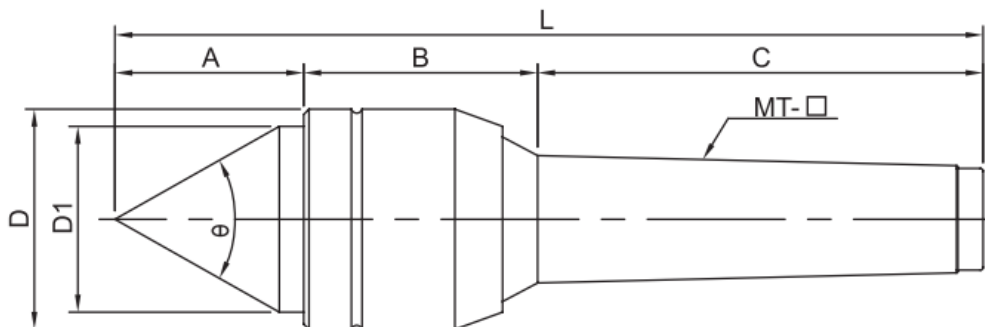


Рисунок 3.15 – обертальний центр

Таблиця 3.21 - Характеристики центру VLC-212

Тип центру	Тип конуса	A	У	З	D	D1	L	Точн.	Макс. частота про/хв	$\theta$	Вага
VLC-212	MT2A	28	35	69	32	23	132	0.005	4000	$60^\circ$	0.3

Для закріплення різців використовуємо різцетримач SH32 8.4032

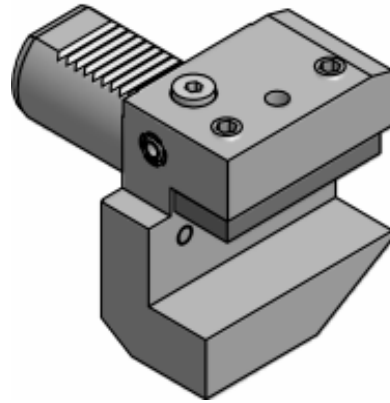


Рисунок 3.16 – Різцетримач

Для закріплення свердла центру застосовується осьова свердлильно-фрезерна головка 40.4025 HAASS L40, DIN 1810.

Для діаметра хвостовика 20 мм

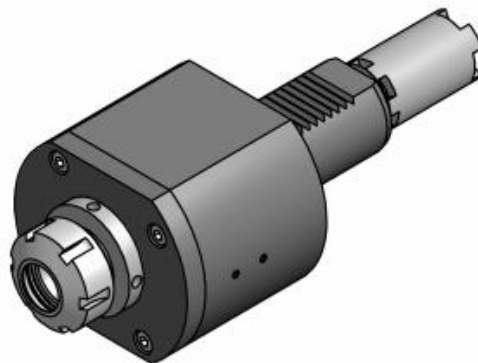


Рисунок 3.17 – Осьова, свердлильно-фрезерна головка

Цанговий патрон 31.V425L28 для свердлильно-фрезерної головки.

Для діаметра хвостовика 20 мм

2-х кулачкові токарні патрони застосовуються для кріплення складних несиметричних та фасонних заготовок (нециліндричних), тобто. у таких випадках, коли установка у трикулачковому вимагає набагато більше часу або взагалі не можлива. Самоцентровані 2-х кулачкові пристрої здатні закріплювати в змінних губках необроблені поверхні.



Рисунок 3.18 - 2-х кулачковий патрон, що самоцентруються.

Фрезерна головка 60.4032HAASSL40L для закріплення фрез діаметром 18, 20 мм

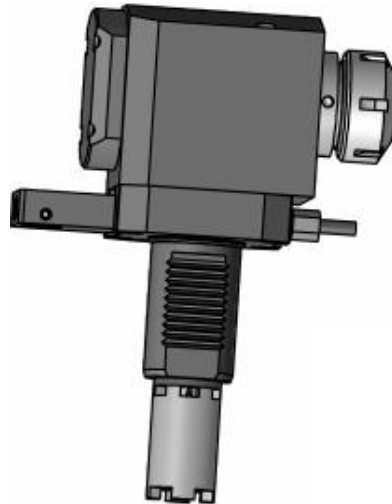


Рисунок 3.19 – Фрезерна головка

Цанговий патрон 31.VX432L30 для фрезерної головки та закріплення фрез діаметром 18, 20 мм

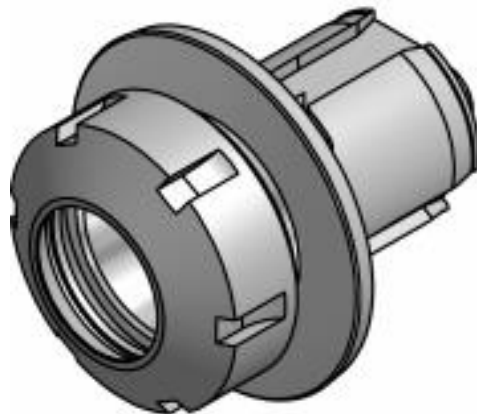


Рисунок 3.20 – Цанговий патрон для фрезерної головки

Для закріплення осьового інструменту в патрон цангового використовуємо набір цанг типу RD/ER різних діаметрів.



Рисунок 3.21 – Набір цанг

Револьверна головка дозволяє закріпити різці/оправлення з прямокутним перетином без застосування різцетримача/оправлення для цього.



Рисунок 3.22 - 12 позиційна гібридна револьверна головка VB12

Як вимірювальні та контрольні пристрої використовуємо:

Штангенциркуль ШЦ-III-125 0,1 ГОСТ 166-89

Шаблон спеціальний 60°

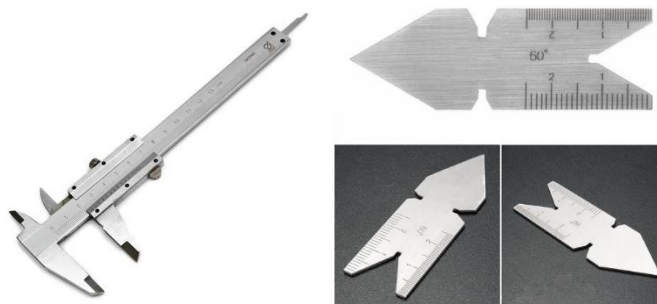
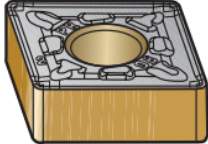
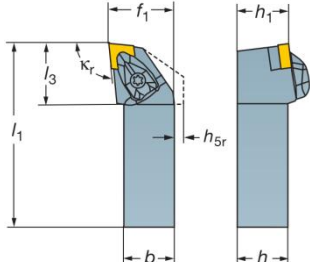


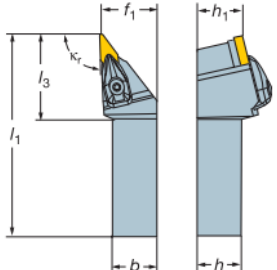
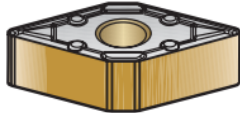
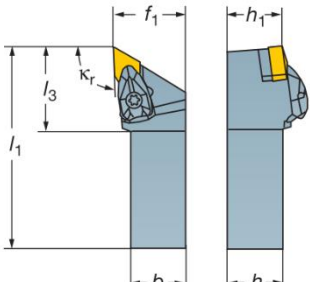


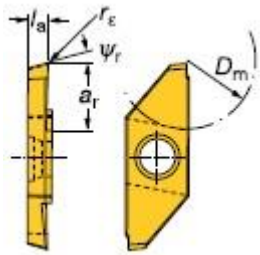
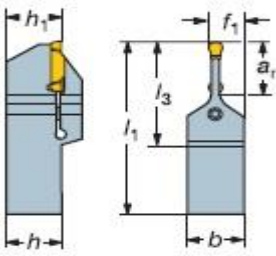
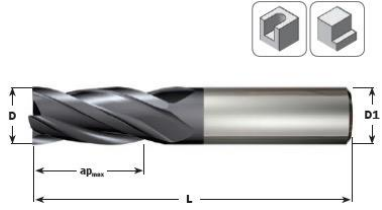
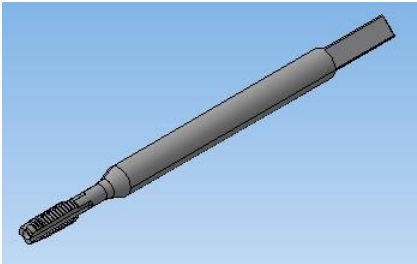

Рисунок 3.24 - Штангенциркуль ШЦ-III-125 0,1 ГОСТ 166-89

Шаблон спеціальний 60°

Таблиця 3.22 - Перелік ріжучого інструменту

№ операції, перехід	Вид обробки	Інструмент	Зображення
1	2	3	4
Операція 005: Переходи 2,5 Операція 020: Переходи 2,4,11	Зовнішнє чорнове точіння, підрізання торця	Пластина CNMG 12 04 16-PR GC4225	
		Різець DCLNR 3225P12	
Операція 005: Переходи 3	Свердління центрального отвору	Свердло центрове 2317-0111 P6M5 ГОСТ 14952-75, Ø8	
Операція 005: Переходи 8,12	Чистове точіння зовнішньої поверхні	Пластина VNMG 160404PF GC4225	
		Різець DVJNR 3225P16	
Операція 020: Переходи 3,4	Точне точіння зовнішньої поверхні	Пластина DNMX 110408WF	
		Різець DDJNR 3225P11	

Продовження таблиці 3.22

1	2	3	4
<p>Операція 005 Перехід 13</p>	<p>Відрізка деталі</p>	<p>Пластина: MACR/L 3070-R</p>	
		<p>Різець: NF123J25- 2525BM</p>	
<p>Операція 005 Перехід 8, 12</p>	<p>Фрезерування поверхонь</p>	<p>Фреза кінцева P6M5 ДЕРЖСТАНДАРТ 19265-73</p>	
<p>Операція 005 Перехід 9</p>	<p>Нарізання різьби</p>	<p>Мітчик М3-6Н</p>	
<p>Операція 005 Перехід 4</p>	<p>Свердління отвору 4Ø</p>	<p>Свердло</p>	

### 3.9 Створення керуючої програми

Для створення керуючої програми обробки деталі на токарних операціях використовуємо САПР FeatureCAM 2014. Цей програмний продукт призначений для автоматизації процесу підготовки керуючої програми, мінімізує час програмування та підвищує продуктивність роботи інженера-технолога-програміста. У середовищі FeatureCAM програміст генерує траєкторії на основі конструктивних елементів тривимірної моделі оброблюваної деталі та самостійно підбирає інструмент для чорнових та чистових проходів, розраховує подачі та швидкості, інші необхідні параметри обробки. Крім автоматично підібраних режимів різання та інструментів, є можливість зміни режимів та створення моделей ріжучого інструменту, що не увійшов до бази системи. Вона дозволяє в 2D та 3D імітувати процес токарної, фрезерної та інших видів обробки.

Щоб створити керуючу програму в середовищі FeatureCAM 2014, при створенні нового проекту вибираю тип обробки – токарно-фрезерна, оскільки на верстаті HAAS ST10 можливе не тільки токарне оброблення, а й виконання різних фрезерних операцій з використанням приводного інструменту [19].

Токарно-фрезерна обробка дозволяє об'єднати токарні та фрезерні операції в одному установі. Даний тип обробки FeatureCAM 2014 дозволяє швидко програмувати всі види токарних та фрезерних, чорнових та чистових переходів: будь-яких токарних елементів, відрізання, обробки торців, канавок, нарізування різьблення на зовнішніх та внутрішніх поверхнях, виконувати отвори всіх типів, фрезерувати пази як у поздовжньому, так і у поперечному напрямках. . Крім того, FeatureCAM 2014 дозволяє проектувати обробку на верстаті з протишпинделем та пристроєм для подачі прутка.

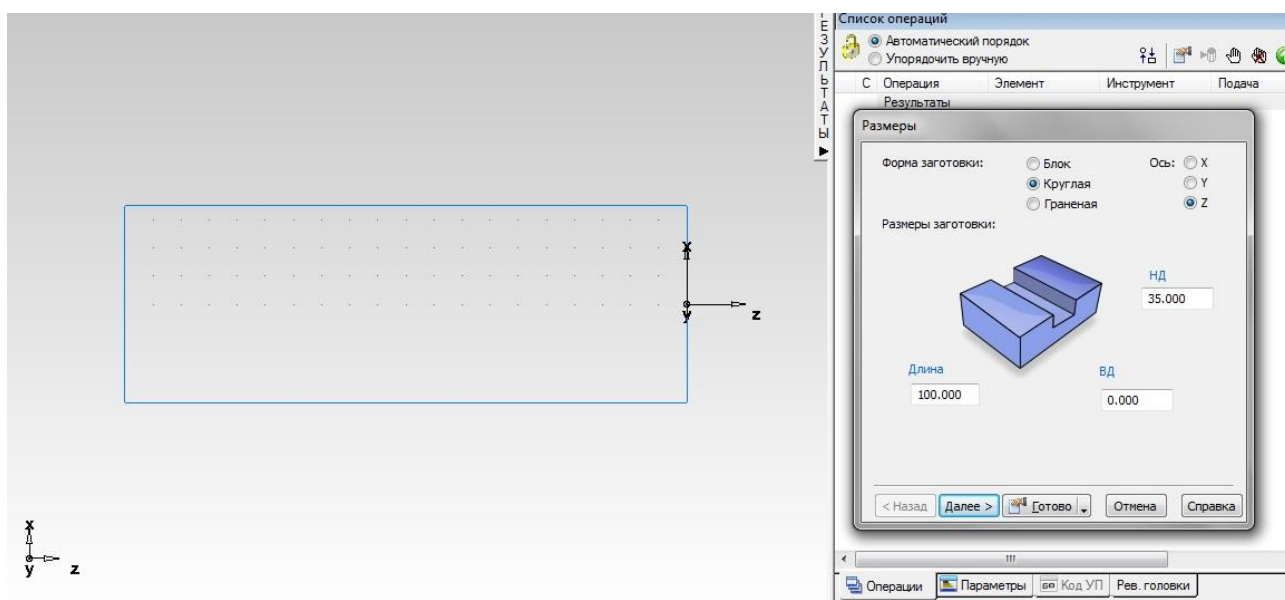


Рисунок 3.25 – Створення заготовки

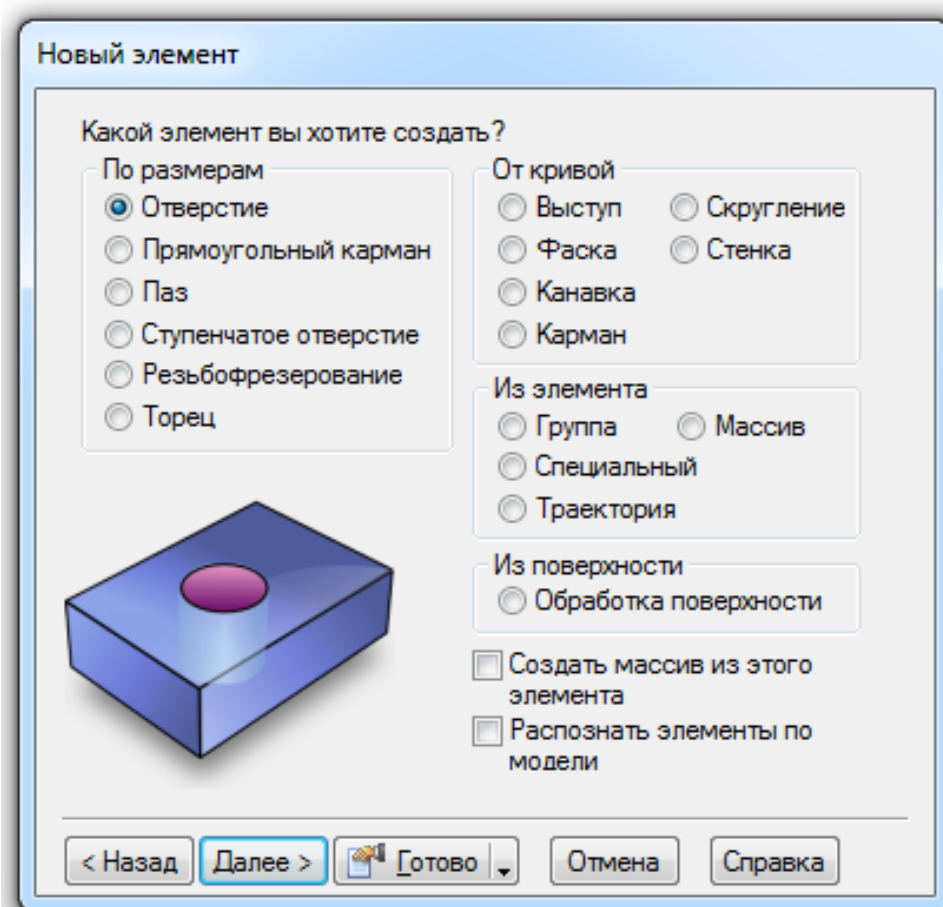


Рисунок 3.26 - Элементы фрезерования.

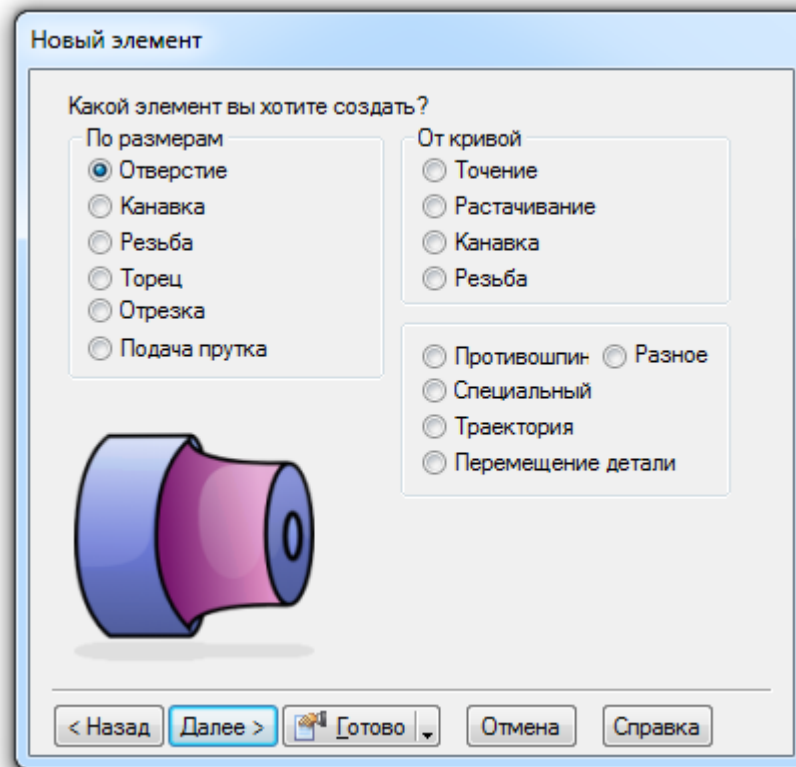


Рисунок 3.27 – Элементы точіння.

Створивши контур за допомогою кривих, для установка 1, вибираю в елементах точіння - точіння по кривій, де і вказую зображений контур для точіння. У запропонованій програмою стратегії обробки вибираю як чорновий так і чистовий прохід. Замість запропонованого інструменту створюю свій, з характеристиками вказаними в налагодженнях до чорнової та чистової обробки елементів точіння, вказую режими різання та припуск, що знімається, за прохід згідно з розрахунками режимів різання, припусків (табл. 2.6). Аналогічні маніпуляції виконую з іншими поверхнями, вибираючи для них інші типи токарної обробки – торець, отвір, обробка паза та інші.

Після створення всіх необхідних поверхонь і траєкторій, які потрібно виконувати на першому установі, моделюємо маршрут робочих органів верстата за допомогою інструменту - Траєкторії.

FeatureCAM - може проводити повну імітацію обладнання верстата для перевірки наявності зіткнень між робочими органами верстата, шпинделя, патрона, інструменту та заготовки [19].

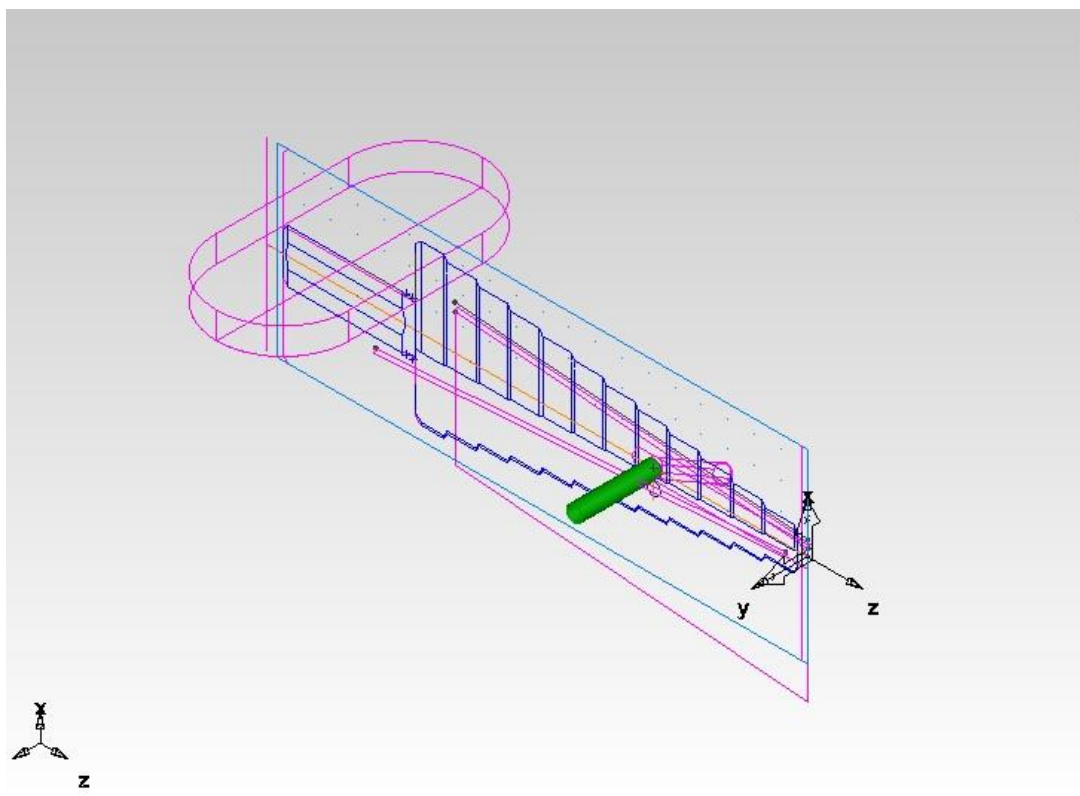


Рисунок 3.28 – Траекторії руху інструментів.

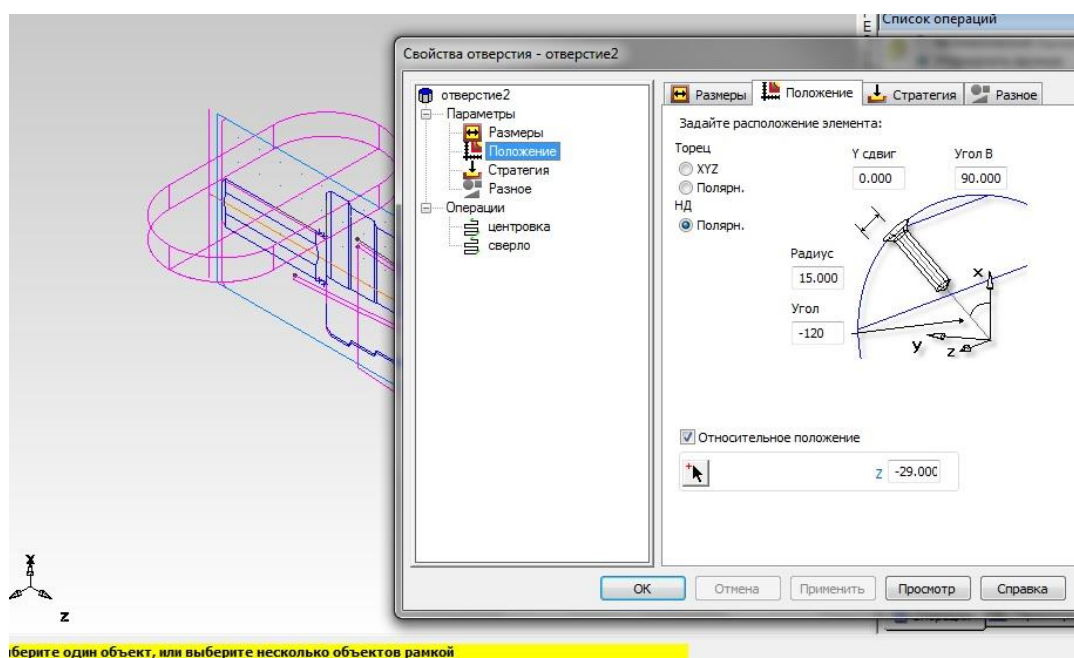


Рисунок 3.29 – Вікно введення необхідних параметрів для обробки

Список операций

Автоматический порядок  
 Упорядочить вручную

С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача
	подача прутка	подача_прутка1	SW_Feedm	1250.000 мм/.
	чист.	торец1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об
	центровка	отверстие1	центр_M0800-...	0.060 мм/об
	сверло	отверстие1	TD_M0400:J	0.057 мм/об
	фаска	отверстие1	кон.зенкер90:...	0.030 мм/об
	черн. проход 1	точение1	SW_Tum_80m...	0.381 мм/об
	чист.	точение1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об
	центровка	отверстие2	центр_M0630-...	74.3 мм/мин
	сверло	отверстие2	TD_M0300:J-п...	74.3 мм/мин
	чист.	стенка3	конц.фрезаM2...	51.6 мм/мин
	чист.	стенка2	конц.фрезаM2...	51.6 мм/мин
	черн. проход 1	точение2	SE_BackTum_...	0.381 мм/об
	чист.	точение2	SE_BackTum_...	0.152 мм/об
	чист.	прямо_карман1	конц.фрезаM2...	103.2 мм/мин
	черн. проход 1	отрезка1	SW_Cut_3m_RH	0.381 мм/об
	отрезка	отрезка1	SW_Cut_3m_RH	0.152 мм/об
	Результаты			

Рисунок 3.30– Список переходів, що виконуються

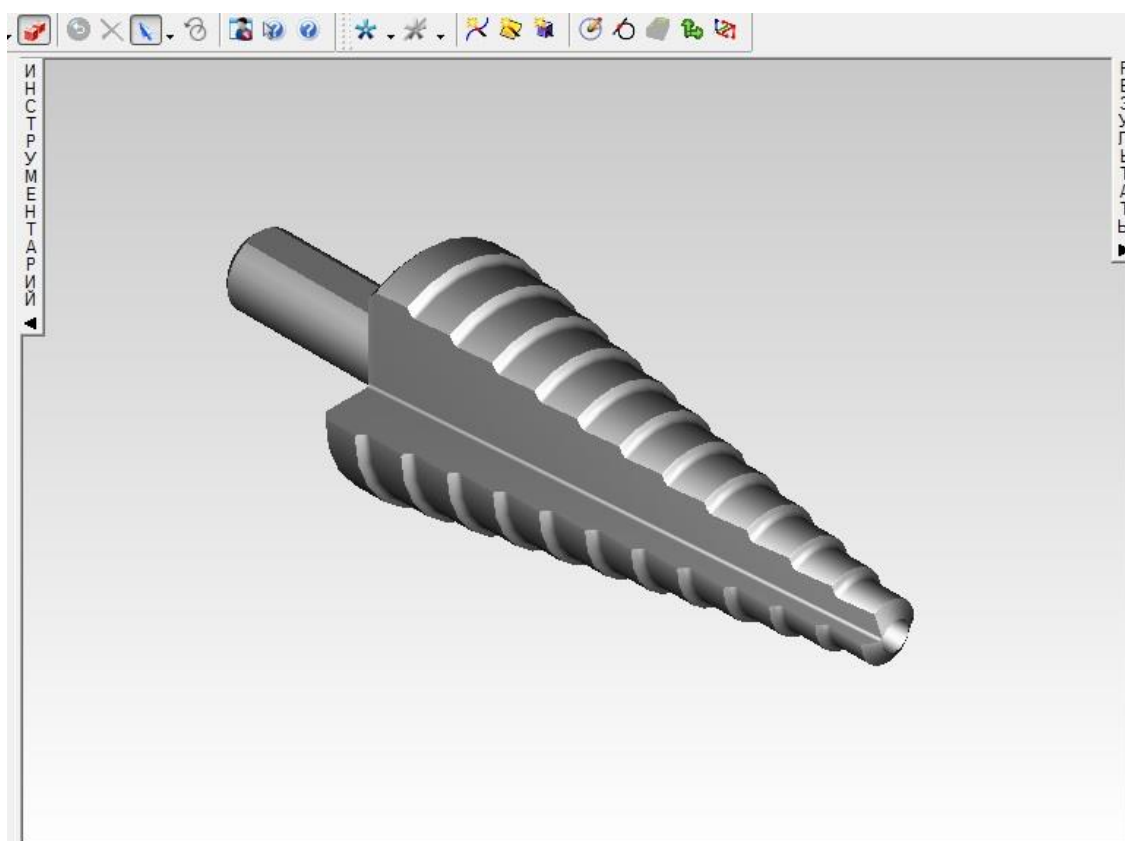


Рисунок 3.31 – Вигляд деталі після обробки

## ВИСНОВОК

У розробленому дипломному проекті було проведено такі розрахунки: вибір матеріалу інструменту, визначення маси заготовки, вибір типу виробництва, вибір методу отримання заготовки, розробка маршруту обробки заготовки, обґрунтування технологічних баз, розрахунок припусків на механічну обробку, розрахунок режимів різання, розрахунки норм часу, розрахунок різального інструменту, вибір обладнання та оснащення, створення керуючої програми.

Важливим моментом є застосування проектування при конструюванні та розрахунках, що говорить про високий рівень та якість конструювання. Зменшуються витрати виробництва деталей поруч із економією металу, підвищується продуктивність, збільшується міцність заготовки. В якості прикладу оптимізації було обрано заготовку типу пруток з подальшим економічним розрахунком, який показує суттєву економію коштів.

В результаті роботи була розроблена конструкція ступінчастого свердла з врахуванням всіх вимог та параметрів, визначених в ході дослідження. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що розроблений проект ступінчастого свердла відповідає вимогам, є ефективним і може бути використаний в промисловому виробництві для свердління отворів різного діаметру.

Таким чином, можна стверджувати, що магістерська робота проектування ступінчастого свердла була успішно виконана, а отримані результати можуть бути використані для подальшого покращення процесу свердління.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенченко І.І. Проектування металорізального інструменту [Текст]/І.І. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.М. Сахаров.-М.: Машгіз, 1952.-952 с.
2. Сахаров Г.М. Металорізальні інструменти [Текст]/Г.М. Сахаров та ін - М.: Машинобудування, 1989. - 328 с.
3. Конструкційні матеріали: Довідник [Текст]: / під. ред. Б. Н. Арзамасова - М.: Машинобудування, 1990. - 688с.
4. Короткий довідник з машинобудівних матеріалів [Текст]: / під. ред. інж. В. М. Раскатова - М.: Машинобудування, 1963. - 440с.
5. Геллер, Ю.А. Інструментальні сталі [Текст]: / Ю.А. Геллер. - Вид. 4-те, перероб. та дод. - М.: Металургія, 1975. - 584с.
6. Щеголев А.В. Конструювання протяжок [Текст]/А.В. Щеголев та ін - М.: Машинобудування, 1960
7. Нефьод Н. А. Збірник завдань і прикладів з різання металів [Текст]: навч. посібник для технікумів на уроках «Основи вчення про різання металів і ріжучий інструмент» / Н. А. Нефьодов, К. А. Осипов. - Вид. 5-те, перероб. та дод. - М.: "Машинобудування", 1990. - 448 с.
8. Довідник інструментальника [Текст] / За заг. ред. І.А. Ординарцева. - Л.: Машинобудування. Ленінград. отд-ня, 1987.-846 с.
9. Довідник технолога - машинобудівника [Текст]: / за ред. А. Г. Косилової, Р. К. Мещерякова. - Вид. 4-те, перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1986. - 1 т.: іл.
10. Методичні вказівки до практичних зайняття з технології машинобудування [Текст]/ Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Олексієнко. - Запоріжжя.: ЗДТУ, 1999р. -76 с.
11. Додатки до практичних робіт з ТМБ
12. Довідник технолога - машинобудівника [Текст]: / за ред. А. Г. Косилової, Р. К. Мещерякова. - Вид. 4-те, перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1986. - 2 т.: іл.

13. Довідник нормувальника-машинобудівника [Текст]: у 4-х т./під. ред. Є.І. Стружестрах. - М., Т.2. 1961. - 890 с.

14. Горбацевич А.Ф., Курсове проектування з технології машинобудування [Текст]: Навчальний посібник спец. вузів/А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. - 4-те вид., Перероб. та дод. - Мінськ: Вища школа, 1983.-256.

15. Мягков В.Д. Допуски та посадки. Довідник [Текст]: о 2-й год. / В.Д. Мягков, М.А.Палей, А.Б. Романов, - Л.: Машинобудування, 1983. Ч.1. - 543 с.

16. Додатки до методичних вказівок "розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічної обробки", для виконання курсових та дипломних проектів з технології машинобудування, авіаційних двигунів та енергетичних установок [Текст]. - Запоріжжя: ЗДТУ, 1996 р. - 58 с.

17. Загальномашинобудівні нормативи часу [Текст]. - М.:Машинобудування, 1974.

18. Довідник. Верстатні пристрої [Текст]: в 2 т. / за ред. Б. Н. Вардашкіна, А. А. Шатілова. - М.: Машинобудування 1984. - Т 1, 325 с.

19. Посібник з курсового проектування металорізальних інструментів[Текст]:навч. посібник для вузів за спеціальністю «Технологія машинобудування, металорізальні верстати та інструменти» / За заг. ред. Г. Н. Кірсанова - М.: Машинобудування, 1986. - 288 с.

## Додаток А

## Додаток Б

### КОД КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

%	N295 M9
( BAR FEEDER ПОДАЧА_ПРУТКА1 )	N300 G28 U0.
( T1 = SW_Feedm )	N305 G28 W0.
N25 T101	( TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ1 )
N30 G1	( T2 = SW_Turn_80m_RH )
N35 G01 Z-3.937 F49.21	N320 T202
N40 M11	N325 G50 S4000
N45 Z0. F49.21	N330 G97 S1504 M03
N50 M10	N335 M8
N55 G00 1 Z0.	N340 X1.189 Z0.0769
N60 X1.7323	N345 G96 S468
N65 G01 G98 X0.689 F150.	N350 G01 Z-2.9134 F0.015
N70 G28 U0.	N355 X1.378
N75 G28 W0.	N360 X1.4058 Z-2.8995
( FACE FINISH ТОРЕЦ1 )	N365 G00 Z0.0769
( T2 = SW_Turn_80m_RH )	N370 G01 X1.1102
N90 T202	N375 Z-2.6915
N95 G50 S4000	N380 X1.1457 Z-2.7018
N100 G97 S1571 M03	N385 G03 X1.189 Z-2.7393 R0.0433
N105 M8	N390 G01 X1.2168 Z-2.7253
N110 X1.6142 Z-0.0394	N395 G00 Z0.0769
N115 G96 S664	N400 G01 X1.0315
N120 G01 X-0.0787 F0.006	N405 Z-2.4553
N125 X0.144 Z0.072	N410 X1.0669 Z-2.4655
N130 M9	N415 G03 X1.1102 Z-2.503 R0.0433
N135 G28 U0.	N420 G01 X1.1381 Z-2.4891
N140 G28 W0.	N425 G00 Z0.0769
( SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ1 )	N430 G01 X0.9528
( T3 = центр_M0800-0315 )	N435 Z-2.2191
N155 T303	N440 X0.9882 Z-2.2293
N160 G97 S1246 M03	N445 G03 X1.0315 Z-2.2668 R0.0433
N165 M8	N450 G01 X1.0593 Z-2.2529
N170 G00 X0. Z0.1181	N455 G00 Z0.0769
N175 G01 Z-0.1598 F0.0023	N460 G01 X0.874
N180 X1.7323 F150.	N465 Z-1.9829
N185 M9	N470 X0.9094 Z-1.9931
N190 G28 U0.	N475 G03 X0.9528 Z-2.0306 R0.0433
N195 G28 W0.	N480 G01 X0.9806 Z-2.0167
( DRILL ОТВЕРСТИЕ1 )	N485 G00 Z0.0769
( T4 = TD_M0400:J )	N490 G01 X0.7953
N210 T404	N495 Z-1.7467
N215 G97 S1308 M03	N500 X0.8307 Z-1.7569
N220 M8	N505 G03 X0.874 Z-1.7944 R0.0433
N225 G00	N510 G01 X0.9019 Z-1.7805
N230 G83 Z-1.3072 R0.1181 I0.1575 J0.1575	N515 G00 Z0.0769
K0.1575 F0.0022	N520 G01 X0.7165
N235 G80	N525 Z-1.5104
N240 M9	N530 X0.752 Z-1.5207
N245 G28 U0.	N535 G03 X0.7953 Z-1.5582 R0.0433
N250 G28 W0.	N540 G01 X0.8231 Z-1.5442
( CHAMFER ОТВЕРСТИЕ1 )	N545 G00 Z0.0769
( T5 = кон.зенкер90:M0500 )	N550 G01 X0.6378
N265 T505	N555 Z-1.2742
N270 G97 S934 M03	N560 X0.6732 Z-1.2844
N275 M8	N565 G03 X0.7165 Z-1.3219 R0.0433
N280 G00	N570 G01 X0.7444 Z-1.308
N285 G01 Z-0.0827 F0.0012	N575 G00 Z0.0769
N290 G00 Z0.1181	N580 G01 X0.5591

N585 Z-1.038  
N590 X0.5945 Z-1.0482  
N595 G03 X0.6378 Z-1.0857 R0.0433  
N600 G01 X0.6656 Z-1.0718  
N605 G00 Z0.0769  
N610 G01 X0.4803  
N615 Z-0.8018  
N620 X0.5157 Z-0.812  
N625 G03 X0.5591 Z-0.8495 R0.0433  
N630 G01 X0.5869 Z-0.8356  
N635 G00 Z0.0769  
N640 G01 X0.4016  
N645 Z-0.5655  
N650 X0.437 Z-0.5758  
N655 G03 X0.4803 Z-0.6133 R0.0433  
N660 G01 X0.5082 Z-0.5994  
N665 G00 Z0.0769  
N670 G01 X0.3228  
N675 Z-0.3293  
N680 X0.3583 Z-0.3396  
N685 G03 X0.4016 Z-0.3771 R0.0433  
N690 G01 X0.4294 Z-0.3631  
N695 G00 Z0.0769  
N700 G01 X0.2008  
N705 Z-0.0806  
N710 X0.2795 Z-0.1033  
N715 G03 X0.3228 Z-0.1408 R0.0433  
N720 G01 X0.3507 Z-0.1269  
N725 G00 Z0.0394  
( TURN FINISH ТОЧЕНИЕ1 )  
N735 G50 S4000  
N740 G96 S664  
N745 X-0.0759 Z-0.0053  
N750 G01 X0.1969 Z-0.084 F0.006  
N755 X0.2756 Z-0.1067 F0.0018  
N760 G03 X0.315 Z-0.1408 R0.0394  
N765 G01 Z-0.3316 F0.006  
N770 X0.3543 Z-0.343 F0.0018  
N775 G03 X0.3937 Z-0.3771 R0.0394  
N780 G01 Z-0.5678 F0.006  
N785 X0.4331 Z-0.5792 F0.0018  
N790 G03 X0.4724 Z-0.6133 R0.0394  
N795 G01 Z-0.804 F0.006  
N800 X0.5118 Z-0.8154 F0.0018  
N805 G03 X0.5512 Z-0.8495 R0.0394  
N810 G01 Z-1.0403 F0.006  
N815 X0.5906 Z-1.0516 F0.0018  
N820 G03 X0.6299 Z-1.0857 R0.0394  
N825 G01 Z-1.2765 F0.006  
N830 X0.6693 Z-1.2878 F0.0018  
N835 G03 X0.7087 Z-1.3219 R0.0394  
N840 G01 Z-1.5127 F0.006  
N845 X0.748 Z-1.5241 F0.0018  
N850 G03 X0.7874 Z-1.5582 R0.0394  
N855 G01 Z-1.7489 F0.006  
N860 X0.8268 Z-1.7603 F0.0018  
N865 G03 X0.8661 Z-1.7944 R0.0394  
N870 G01 Z-1.9851 F0.006  
N875 X0.9055 Z-1.9965 F0.0018  
N880 G03 X0.9449 Z-2.0306 R0.0394  
N885 G01 Z-2.2214 F0.006  
N890 X0.9843 Z-2.2327 F0.0018  
N895 G03 X1.0236 Z-2.2668 R0.0394  
N900 G01 Z-2.4576 F0.006  
N905 X1.д063 Z-2.4689 F0.0018  
N910 G03 X1.1024 Z-2.503 R0.0394  
N915 G01 Z-2.6938 F0.006  
N920 X1.1417 Z-2.7052 F0.0018  
N925 G03 X1.1811 Z-2.7393 R0.0394  
N930 G01 Z-2.9134 F0.006  
N935 X1.4038 Z-2.802  
N940 G00 X1.6142  
N945 M9  
N950 G28 U0.  
N955 G28 W0.  
( SPOT & CHAMFER ОТВЕРСТИЕ2 )  
( T6 = центр\_M0630-0250-повор. X )  
N970 T606  
N975 G97 S1680 M03  
N980 M8  
N985 X3.3465 Z-1.1417  
N990 X1.4173  
N995 G80  
N1000 X3.3465  
N1005 M9  
N1010 G28 U0.  
N1015 G28 W0.  
( DRILL ОТВЕРСТИЕ2 )  
( T7 = TD\_M0300:J-повор. X )  
N1030 T707  
N1035 G97 S1745 M03  
N1040 M8  
N1045 X1.4173  
N1050 G83 Z-1.1417 R-1.1417 I0.1181 J0.0591  
K0.0004 F2.93  
N1055 G80  
N1060 X3.3465  
N1065 M9  
N1070 G28 U0.  
N1075 G28 W0.  
( SIDE FINISH СТЕНКА3 )  
( T8 = конц.фрезаM2000:reg-повор. X )  
N1090 T808  
N1095 G97 S439 M03  
N1100 M8  
N1105 Z0.341  
N1110 X2.2658  
N1115 G01 X0.0217 F1.02  
N1120 Z-0.0492 F2.03  
N1125 Z-2.8839  
N1130 Z-3.2417  
N1135 G00 X3.3465 Z0.341  
N1140 X0.2973  
N1145 G01 X0.0217 F1.02  
N1150 Z-0.0492 F2.03  
N1155 Z-2.8839  
N1160 Z-3.2417  
N1165 G00 X3.3465  
N1170 M9  
N1175 G28 U0.  
N1180 G28 W0.  
( TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ2 )  
( T9 = SE\_BackTurn\_80m\_RH )  
N1195 T909  
N1200 G50 S4000  
N1205 G97 S1107 M04  
N1210 M8  
N1215 X1.6142 Z-3.7671

N1220 G96 S468  
 N1225 X1.4786  
 N1230 G01 X0.4016 F0.015  
 N1235 Z-3.8189  
 N1240 G03 X0.3762 Z-3.8495 R0.0433  
 N1245 G01 X0.2975 Z-3.8889  
 N1250 Z-3.937  
 N1255 X0.3253 Z-3.9509  
 N1260 G00 X1.4786  
 N1265 G01 Z-3.5971  
 N1270 X0.4016  
 N1275 Z-3.7671  
 N1280 X0.4294 Z-3.781  
 N1285 G00 X1.4786  
 N1290 G01 Z-3.4272  
 N1295 X0.4016  
 N1300 Z-3.5971  
 N1305 X0.4294 Z-3.611  
 N1310 G00 X1.4786  
 N1315 G01 Z-3.2572  
 N1320 X0.4016  
 N1325 Z-3.4272  
 N1330 X0.4294 Z-3.4411  
 N1335 G00 X1.4786  
 N1340 G01 Z-3.0873  
 N1345 X0.4016  
 N1350 Z-3.2572  
 N1355 X0.4294 Z-3.2711  
 N1360 G00 X1.4786  
 N1365 G01 Z-2.9173  
 N1370 X0.3923  
 N1375 X0.4012 Z-2.9687  
 N1380 G03 X0.4016 Z-2.9724 R0.0433  
 N1385 G01 Z-3.0873  
 N1390 X0.4294 Z-3.1012  
 N1395 G00 X1.4786  
 N1400 G01 Z-2.8653  
 N1405 X1.1636  
 N1410 X1.0849 Z-2.9046  
 N1415 G03 X1.0236 Z-2.9173 R0.0433  
 N1420 G01 X1.0515 Z-2.9312  
 N1425 G00 X1.6142  
 ( TURN FINISH ТОЧЕНИЕ2 )  
 N1435 G50 S4000  
 N1440 G96 S664  
 N1445 Z-2.7511  
 N1450 X1.3808  
 N1455 G01 X1.0793 Z-2.9019 F0.006  
 N1460 G03 X1.0236 Z-2.9134 R0.0394 F0.0018  
 N1465 G01 X0.3837 F0.006  
 N1470 X0.3934 Z-2.969  
 N1475 G03 X0.3937 Z-2.9724 R0.0394 F0.0018  
 N1480 G01 Z-3.8189 F0.006  
 N1485 G03 X0.3706 Z-3.8467 R0.0394 F0.0018  
 N1490 G01 X0.2919 Z-3.8861 F0.006  
 N1495 X0.5146 Z-3.9975  
 N1500 G00 X1.6142  
 N1505 M9  
 N1510 G28 U0.  
 N1515 G28 W0.  
 ( RECTANGULAR POCKET FINISH  
 ПРЦМ\_КАРМАН1 )  
 ( T10 = конц.фрезаM2400:4рег-повор. X )  
 N1530 T1010  
 N1535 G97 S365 M03  
 N1540 M8  
 N1545 X3.3465 Z-3.4006  
 N1550 X0.9843  
 N1555 G01 X0.7504 F2.03  
 N1560 X0.6712  
 N1565 X0.592  
 N1570 X0.5128  
 N1575 X0.4335  
 N1580 X0.3543  
 N1585 F4.05  
 N1590 Z-3.3903  
 N1595 G03 Z-3.3858 R0.0123 F2.03  
 N1600 G01 F4.05  
 N1605 G03 Z-3.4252 R-0.0197 F2.03  
 N1610 G01 F4.05  
 N1615 G03 Z-3.3858 R-0.0197 F2.03  
 N1620 G01 F4.05  
 N1625 G03 Z-3.3903 R0.0123 F2.03  
 N1630 G01 Z-3.4006 F4.05  
 N1635 G00 X3.3465  
 N1640 M9  
 N1645 G28 U0.  
 N1650 G28 W0.  
 ( CHAMFER ОТРЕЗКА1 )  
 ( T11 = SW\_Cut\_3m\_RH )  
 N1665 T1111  
 N1670 G50 S4000  
 N1675 G97 S1102 M03  
 N1680 M8  
 N1685 X1.622 Z-4.0157  
 N1690 G96 S468  
 N1695 G01 X1.2992 F0.015  
 N1700 G00 X1.622  
 N1705 Z-3.9701  
 N1710 G01 X1.3812  
 N1715 X1.2992 Z-4.0111  
 N1720 G00 X1.622  
 N1725 Z-4.0157  
 N1730 G01 X1.2992  
 N1735 Z-4.0111  
 N1740 G00 X1.622  
 ( CUTOFF ОТРЕЗКА1 )  
 N1750 G50 S4000  
 N1755 G96 S664  
 N1760 X1.6142 Z-4.0157  
 N1765 G01 X1.2835 F0.006  
 N1770 G00 X1.6142  
 N1775 X1.6151 Z-3.9713  
 N1780 G01 X1.3789  
 N1785 X1.2946 Z-4.0134  
 N1790 G03 X1.2835 Z-4.0157 R0.0079  
 N1795 G01 X0.6339  
 N1800 G00 X0.7323  
 N1805 G01 X-0.0157 F0.003  
 N1810 G00 X1.6142  
 N1815 M9  
 N1820 G28 U0.  
 N1825 G28 W0.  
 M5  
 N1835 M30  
 %

**Додаток В**

## Перелік графічних документів

Назва документу	Формат	Кількість листків
Корпус свердла	A1	1
Свердло конічне в зборі	A1	1
Вставка	A3	1
Фреза конічна	A3	1
Мітчик МЗ-6Н	A2	1
Плакат маршрут обробки деталей	A1	1
Всього:	-	6