

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи
інженерного дизайну»**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Протяжка шліцева»

Виконав (-ла):
студент (-ка) VI курсу, групи МІ-91мп
Мельниченко Анастасія Володимирівна _____

Науковий керівник:
К.т.н., доц. Бесарабець Юрій Йосипович
Прізвище, ім'я, по батькові _____

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.
Студентка _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці

Мельниченко Анастасії Володимирівні

1. Тема дисертації «Протяжка шліцева», науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бесарабець Юрій Йосипович, затверджені наказом по університету від 3 листопада 2020 р. №3205-С

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження

Протяжка для протягування шліцевого отвору.

4. Вихідні дані

Ескіз шліцевого отвору.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

5.1 Аналіз методів обробки шліцевих отворів;

5.2 Проектування та розрахунок протяжки шліцевої;

5.3 Технологічне забезпечення виготовлення інструменту;

5.4 Start-up проект протяжка для обробки шліцевого отвору.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Робоче креслення протяжка, Схеми 4-ьох технологічних операцій.

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Аналіз методів обробки шліцьових отворів	14.09.2020	
	Проектування та розрахунок протяжки шліцьової	15.10.2020	
	Технологічне забезпечення виготовлення інструменту	16.11.2020	
	Start-up проект протяжка для обробки шліцьового отвору	5.12.2020	

Студент

Анастасія МЕЛЬНИЧЕНКО

Науковий керівник

Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: Протяжка шліцева _____

АНОТАЦІЯ

Об'єктом проектування при виконанні дисертації є протяжка для обробки шліцьового отвору. Тут спроектована конструкція інструменту, яка б забезпечила протягування заданого отвору, розроблений технологічний процес та виконані розрахунки всіх потрібних значень для виготовлення протяжки шліцьової. До дисертації входить аналіз методів обробки шліцьових отворів, проектування та розрахунок шліцьової протяжки, технологічне забезпечення виготовлення інструменту, start-up проект протяжки для обробки шліцьового отвору.

Ключові слова – протяжка, протягування, шліцьовий отвір, шліцьова протяжка, start-up проект, виготовлення протяжки.

Мова – uk

Автор: ст. гр. МІ-91мп Мельниченко А.В., під керівництвом к.т.н, доц. Бесарабця Ю.Й.

ANNOTATION

The object of design during the dissertation is a broach for processing the slotted hole. Here the design of the tool which would provide drawing of the set opening is designed, technological process is developed and calculations of all necessary values for production of a broach of a slot are made. The dissertation includes the analysis of methods of processing of slotted apertures, designing and calculation of a slotted broach, technological maintenance of manufacturing of the tool, the start-up project of a broach for processing of a slotted aperture.

Key words - broaching, broaching, slotted hole, slotted broaching, start-up project, broaching.

Language - en

Author: st. gr. MI-91mp Melnichenko A.V, Ph.D., docent Besarabec J.J.

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВИХ ОТВОРІВ.....	8
1.1 Огляд та аналіз шліцевих з'єднань.....	8
1.2 Аналіз технічного завдання	9
1.3 Методи утворення шліцевих отворів	11
1.4 Шліцева протяжка та її складові елементи	13
1.5 Програмне забезпечення при виконанні дисертації	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОТЯЖКИ ШЛІЦЬОВОЇ.....	22
2.1 Проектування конструкції протяжки	22
2.2 Виконання 3D моделі інструменту протяжки шліцевої.....	30
2.3 Симуляція навантаження протяжки	37
3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ	42
3.1 Вибір заготовки	42
3.2 Маршрут обробки всіх поверхонь деталі	43
3.3 Розрахунок припусків на обробку	44
3.4 Технологічно-операційний процес виготовлення протяжки.....	49
3.5 Розрахунки режимів різання на виготовлення протяжки	54
3.5.1 Розрахунки режимів різання для операції 040 Токарна.....	55
3.5.2 Розрахунки режимів різання для операції 075 Токарна з ЧПК.....	59
3.5.3 Розрахунки режимів різання для операції 080 Фрезерна з ЧПК.....	62
3.5.4 Розрахунки режимів різання для операції 130 Шліфувальна	65
4 START-UP ПРОЕКТ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ОТВОРУ	68
ЛІТЕРАТУРА	76
ДОДАТОК 1 – КРЕСЛЕННЯ ПРОТЯЖКИ	79
ДОДАТОК 2 – ЗВІТ З СИМУЛЯЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ПРОТЯЖКИ	80
ДОДАТОК 3 – КАРТИ НАЛАДКИ.....	86
3.1 Карта наладки операції 040 Токарна.....	86
3.2 Карта наладки 075 Токарна з ЧПК	87
3.3 Карта наладки 080 Фрезерна з ЧПК.....	88

3.4 Карта наладки 130 Шліфувальна.....	89
ДОДАТОК 4 – СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ	90
4.1 Схема операції 040 Токарна.....	90
4.2 Схема операції 075 Токарна з ЧПК.....	91
4.3 Схема операції 080 Фрезерна з ЧПК.....	92
4.4 Схема операції 130 Шліфувальна.....	93

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВИХ ОТВОРІВ

1.1 Огляд та аналіз шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання широко застосовуються в машинобудуванні (верстатобудуванні, авто- і тракторобудуванні і інших галузях) для нерухомих і рухомих посадок [1].

Шліцьові з'єднання призначені для жорсткої кутової фіксації маточин деталей на валах. Шліцьове з'єднання умовно можна розглядати як багатошпонкове, в якому шпонки виконані як одне ціле з валом. Шліцьові з'єднання бувають рухомими та нерухомими, без навантаження (у коробках передач) і під навантаженням (карданні вали автомобілів). Залежно від форми зубців розрізняють прямобічні, евольвентні та трикутні шліци [2] (рис. 1.1).

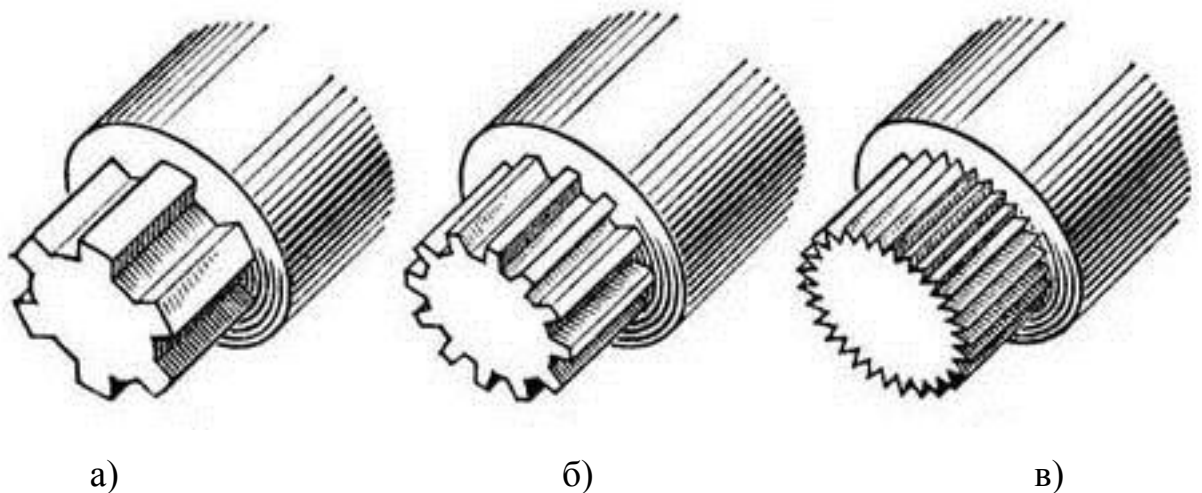


Рисунок 1.1 – Види шліцьових з'єднань [3]:

а) Прямобічні; б) Евольвентні; в) Трикутні

Переваги шліцьових з'єднань в порівнянні зі шпонковими:

- шліцьові з'єднання передають великі моменти;
- забезпечують краще центрування деталей на валу;
- мають більш високу міцність валу внаслідок меншої концентрації напружень;
- деталі мають повну взаємозамінність [4].

Недоліком шліцьових з'єднань являється більш висока вартість виготовлення [4].

При конструюванні шліцевих з'єднань розміри їх призначають по ГОСТ в залежності від діаметра валу. Довжину шліців в з'єднанні приймають не більше $1,5D$ так як в іншому випадку зростають нерівномірність розподілу навантаження по довжині шліців і трудомісткість їх виготовлення [4].

1.2 Аналіз технічного завдання

Згідно технічного завдання, необхідно виконати обробку отвору з утворенням внутрішніх шліців. Деталь виготовляється в серійному виробництві. Ескіз з розмірами та параметрами отвору зображені на рис. 1.2. На рис. 1.3 зображена 3D-модель отвору, який необхідно отримати металообробкою.

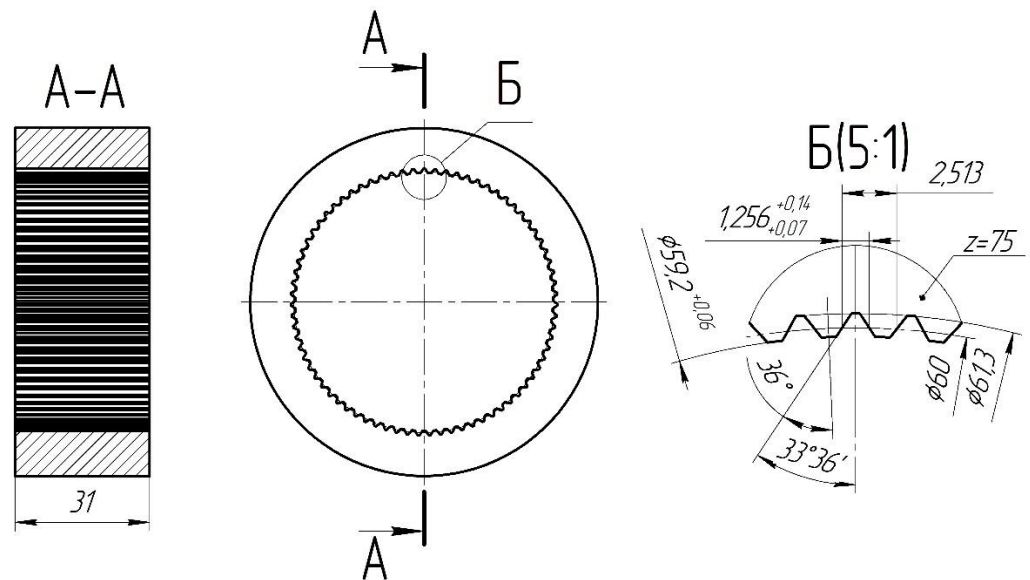


Рисунок 1.2 – Ескіз отвору, який необхідно отримати обробкою

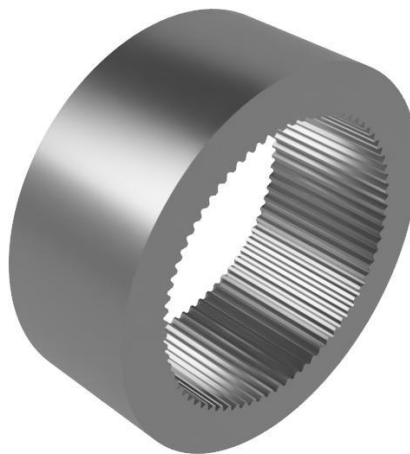


Рисунок 1.3 – 3D-модель отвору, який необхідно отримати обробкою

Матеріал деталі, в якій необхідно виконати металорізальною обробкою даний отвір являється конструкційна легована сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71. Хімічний склад сталі зображений на рис. 1.4 та в табл. 1.1.

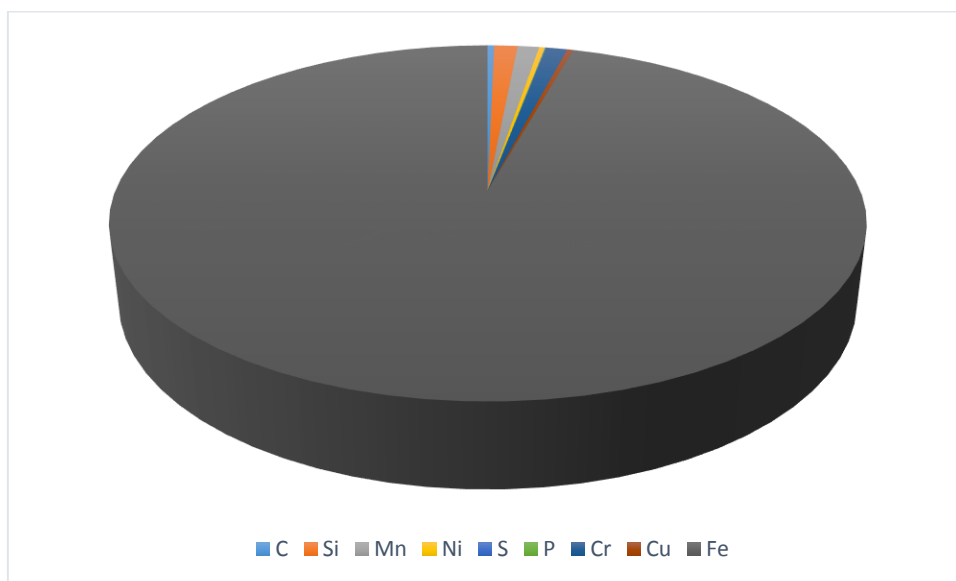


Рисунок 1.4 – Хімічний склад сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,34%	1,2%	1,1%	0,3%	0,025%	0,025%	1,1%	0,3%	~96%

Сталь 30ХГСА була створена для потреб авіації, але завдяки чудовим властивостям швидко перейшла в розряд популярних матеріалів в машинобудуванні. Дана сталь піддається процедурі гартування при температурі від 500 до 600 °С. Це дозволяє створювати не лише високоміцні авіаційні, але і необхідні в машинобудуванні деталі. Наприклад, вісі, вали, фланці, лопатки компресорних машин, різноманітні зварні конструкції, кріпильні деталі, важелі та інші [5].

При високій міцності (після гартування границя міцності може сягати 2800 МПа), зносостійкість і чудові показники ударної в'язкості сталь має достатньо невисоку вартість, що пояснюється використанням недефіцитних легуючих елементів. Міцність сталі 30ХГСА після гартування обумовлена виділенням вуглецю із аустеніту при деформації, завдяки чому полегшується рухомість дислокацій в кристалах мартенситу. В результаті сталь 30ХГСА стає більш пластичною [5].

1.3 Методи утворення шліцьових отворів

Найбільш застосовувані методи утворення шліців в попередньо сформованих отворах це довбання спеціальним інструментом довбачами та протягування шліців шліцьовою протяжкою. Розглянемо кожний з цих способів.

Довбання внутрішніх шліців

Довбання шліців в отворах (рис. 1.5) виконується методом обкочування на спеціальних довбальних верстатах. При довбанні заготовка обертається синхронно з обертанням довбача. Довбач здійснює зворотно-поступальні рухи відносно шліців. За один рух довбача заготовка підводиться (довбач опускається) і відводиться від нього з метою зменшення зношення інструменту об задню грань [6].



Рисунок 1.5 – Обробка внутрішніх шліців довбачем [7]

Обробка виконується в два етапи. На першому відбувається врізання довбача в заготовку на висоту шліця. На другому етапі виконується обкатка шліця. Даний метод забезпечує меншу точність обробки. Крім того, можлива поява радіальних помилок, що зв'язані зі зміною відстані між віссю заготовки та віссю довбача [6].

Протягування шліцьового отвору

Протягування шліцьовими протяжками (рис. 1.6) – широко застосовуваний метод отримання пазів різної конфігурації. Цей спосіб являється високоточним та високопродуктивним при виготовленні шліцьових отворів до Ø420 мм, забезпечує отримання точності до 6 квалітету та шорсткості 0,16...2,5 мкм [8].



Рисунок 1.6 – Протягування шліцьового отвору [9]

Протягування відбувається в наступній послідовності: заготовка з попередньо просвердленим отвором насаджується на передню напрямну частину протяжки, котра своїм хвостовиком приєднується до тягового патрону верстата. В процесі робочого ходу протяжка протягується кареткою верстату скрізь отвір в заготовці, котра при цьому опирається в опорну площину верстату або пристосування і утримується на ній завдяки силі терті. Коли протяжка пройде скрізь отвір в заготовці, деталь, що обробляється, падає в корито верстату або робочий знімає її зі столу. Далі подається зворотній хід, від'єднується протяжка від тягового патрону, очищається від стружки, після чого весь цикл роботи повторюється [10].

Протяжками обробляють всі види металів і пластичних мас, які допускають до оброблення різанням. Продуктивність протягування в 3...12 разів вища за продуктивність інших способів механічної обробки металу. При протягуванні шліцьових отворів в деталях середніх розмірів і маси один робочий обробляє 50...120 шт./год. На протягувальних верстатах з

неперервним робочим рухом і автоматичним завантаженням заготовок продуктивність досягає 600...1000 шт./год. Навіть при протягуванні відносно важких деталей з великими поверхнями, таких як блок автомобільного або тракторного двигуна, продуктивність досягає 40 шт./год, а зубчатих коліс з внутрішнім або зовнішнім зубом – 40...2000 шт./год [11].

Процес протягування має свої особливості:

1. потребує застосування точного багатолезового, важкого у виготовленні інструменту;
2. має один прямолінійний (іноді обертальний) робочий рух;
3. виріб оброблюється одночасно по всьому профілю;
4. відсутні між інструментом і виробом проміжної ланки у вигляді механізмів подачі та ділення;
5. простота налаштування верстату, встановлення виробку та інструменту;
6. висока точність і чистота поверхні, що була оброблена;
7. висока продуктивність та економічність процесу обробки [16].

Порівнявши два вище розглянуті способи утворення внутрішньої шліцьової поверхні за їх перевагами та недоліками, найбільш доцільно використовувати для обробки заданої деталі в умовах серійного виробництва тип операції протягування.

1.4 Шліцьова протяжка та її складові елементи

Інструмент, який використовується при протягуванні являється протяжкою (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Протяжка для обробки шліцьового отвору [12]

Протяжка являє собою різальний інструмент з великою кількістю зубів, котрі виступають один над одним в перпендикулярному до основного руху різання напрямку. По суті, протяжка має в своєму складі багато різальних кромок, розташування котрих дає їм можливість видаляти весь необхідний об'єм стружки із заготовки, починаючи від попередньої її обробки і закінчуючи калібруванням [13].

Класифікується протяжка за наступними параметрами:

- матеріал, з якого виконана різальна частина: зі швидкорізальної сталі, з інструментальної сталі, з твердого сплаву;
- виконання: збірні або цільні;
- кількість протяжок в одному комплекті: багатопрохідні або однопрохідні;
- метод видалення припуску: ступінчатий зріз, профільний зріз, прогресивний зріз;
- напрямок леза: з похиленими зубами, з прямими зубами, з гвинтовими зубами, з кільцевими зубами [13].

У загальному випадку протяжка (рис. 1.8) складається з передньої частини 1, робочої частини 2, яку іноді називають різальною частиною протяжки та заднього хвостовика 3. Різальна частина є головною частиною будь-якої протяжки. Інші ж частини, яку іноді називають гладкими частинами протяжки, слід розглядати як допоміжні [14].

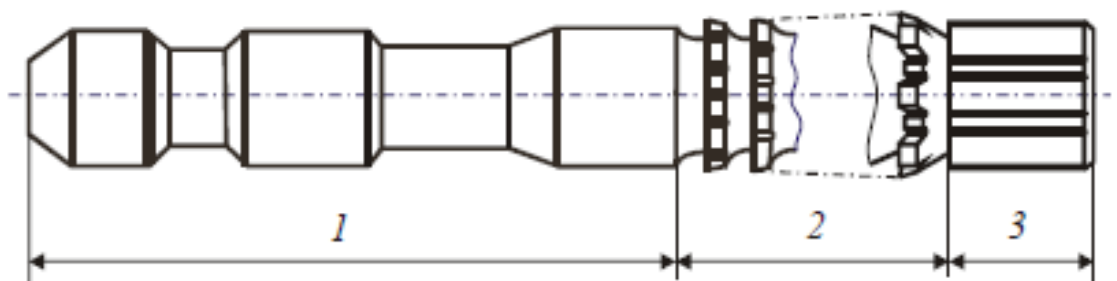


Рисунок 1.8 – Основні елементи протяжки [14]

Передня частина 1, або її називають хвостовиком, служить для закріплення протяжки в патроні протягувального верстату. Шийка і перехідний конус складають з'єднувальну ланку між хвостовою і прямою

частинами. На шийку зазвичай наноситься маркування протяжки. Передня напрямна призначена для встановлення деталі, що оброблюється на протяжці перед протягуванням. Вона забезпечує плавний, без перекосів, перехід деталі на різальну частину протяжки [15].

Існують три типи передніх напрямних (рис. 1.9).

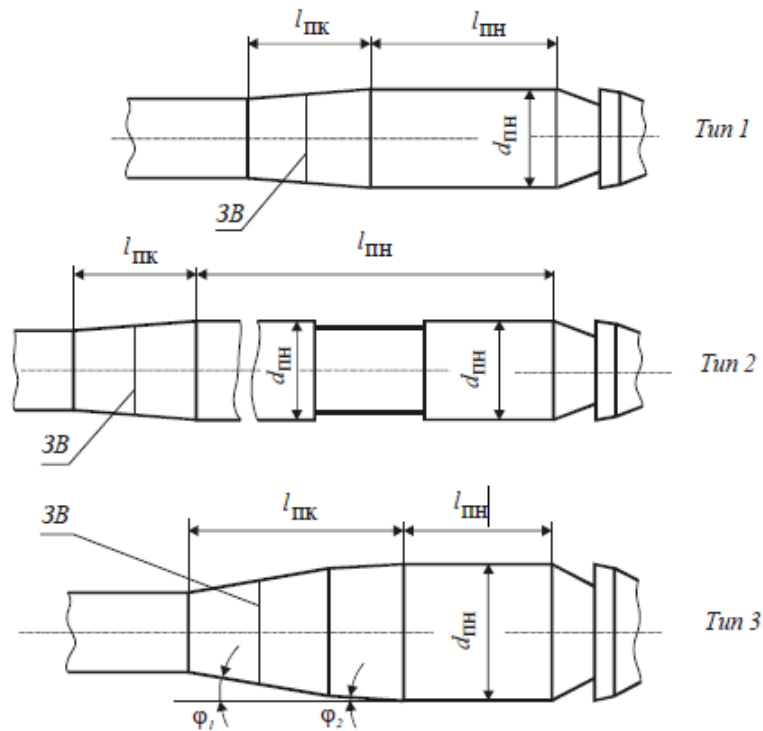


Рисунок 1.9 – Конструктивні елементи передньої напрямної [14]

$l_{пк}$ – довжина перехідного конусу; $l_{пн}$ – довжина передньої напрямної;
 $d_{пн}$ – діаметр передньої напрямної; $ЗВ$ – місце з'єднання; φ_1 та φ_2 –
 центруючі кути

Тип 1 приймають у випадку, коли довжина отвору у деталі не перевищує двох її діаметрів, в протилежному випадку застосовують тип 2. У цьому випадку між двома сторонами передньої напрямної виконують проточку діаметром на 0,5...1 мм менше ніж діаметр самої напрямної. Призначення проточки – запобігти заклинюванню деталі на інструменті у випадку, коли отвір заготовки має пошкодження. Тип 3 застосовують у випадку, коли діаметр отвору заготовки значно перевищує діаметр хвостовика, що закріплюється у патроні. Це може трапитись, коли діаметр патрону верстату значно менший за діаметр протяжки [14].

Часто використовувані при проектуванні протяжки три виконання хвостової частини (рис. 1.10).

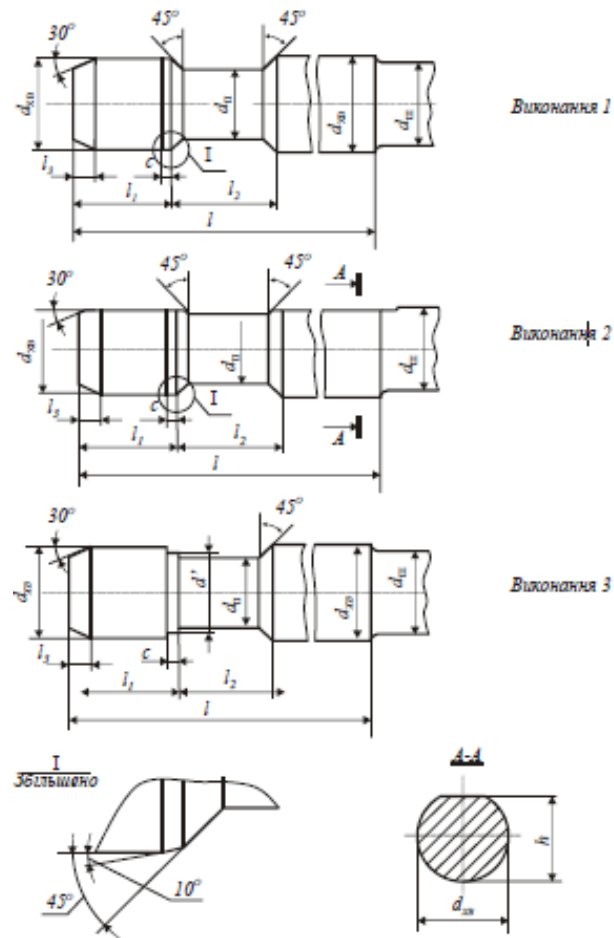


Рисунок 1.10 – Види хвостовиків [14]

Хвостовики виконання 1 та 3 застосовують при використанні стандартного швидкозмінного патрону у загальному випадку, коли орієнтація шліців відносно деталі не має значення. Хвостовики виконання 2 застосовують у тому випадку, коли орієнтація шліців відносно деталі має значення і вказана в умовах на її виготовлення. У такому випадку деталь певним чином орієнтують у пристрої, а протяжка орієнтується у патроні за допомогою лиски на хвостовику [14].

Роз'ємні хвостовики застосовуються для різноманітних видів та розмірів протяжок. В протяжках для глибоких отворів використовуються тільки роз'ємні хвостовики. Їх можна виготовляти не до кожної протяжки окремо, а для всіх протяжок даного розміру або групи розмірів як допоміжний інструмент до верстату. Роз'ємний хвостовик з'єднують з протяжкою

внутрішньою або зовнішньою, метричною (рис. 1.11,а) або прямокутною різьбою, а також з кільцевими виступами типу байонетного замка (рис. 1.11,б) [16].

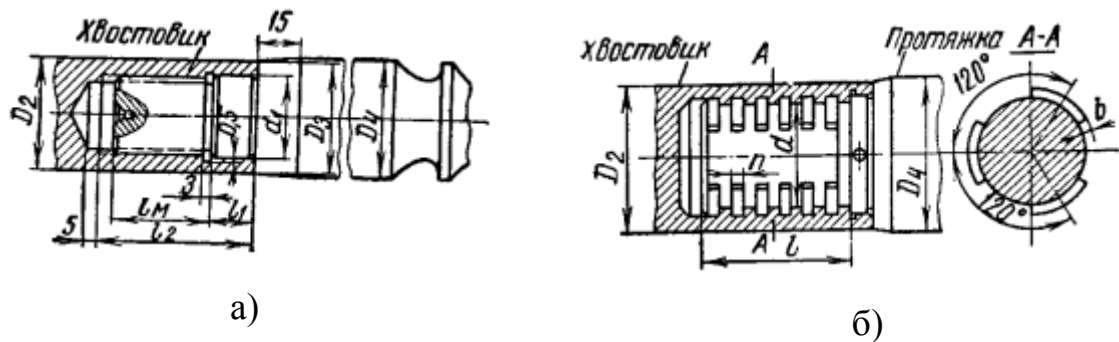


Рисунок 1.11 – Роз’ємні хвостовики протяжки [16]

а) з внутрішньою метричною різьбою; б) з кільцевими виступами типу байонетного замка

Різальна частина 2 має в своєму складі велику кількість поперечних зубців і здійснює всю роботу по зрізу металу. Профілі різальних кромek і поперечні розміри зубців різальної частини поступово змінюються. Перший зуб відповідає силуету і розмірам попереднього отвору, а останній – формі і розмірам готового отвору. Всі проміжні різальні зубці послідовно збільшуються в своїх розмірах, завдяки чому і здійснюється зріз ними стружки. Калібрована частина також має в своєму складі зубці, але в меншій кількості. На відміну від різальних зубів, поперечні розміри і форма всіх каліброваних зубів однакові і відповідають формі і розмірам готового отвору. Тому калібрована частина служить головним чином для згладжування поверхні, що утворена різальними зубами, і гарантує отримання розмірів готового отвору. Другої основною функцією каліброваної частини є поповнення різальних зубів, котрі поступово виходять з роботи внаслідок втрати ними своїх розмірів при переточуванні протяжки. Так, наприклад, після декількох переточувань перший калібрований зуб буде виконувати роботу останнього різального зуба. В подальшому в роботу входить другий калібрований зуб, а так далі, поки не буде використана більша частина каліброваних зубів [15].

Задній хвостовик 3 перешкоджає перекошуванню деталі в момент виходу з неї останніх зубів протяжки, усуваючи тим самим небезпеку пошкодження обробленої поверхні та пошкодження зубів інструменту, тому його називають задньою напрямною. Поперечний переріз задньої напрямної для шліцьових отворів може бути ідентичний з поперечним перерізом протягнутого шліцьового отвору, але це значно ускладнює виготовлення протяжки. Тому, з метою спрощення виготовлення протяжки, поперечний переріз задньої напрямної виконують круглими, вписаними у протягнутий отвір (рис. 1.12,а). Для протяжки великого діаметру та довжини і відповідно великої ваги, якщо вони працюють на горизонтально-протягувальних верстатах, за задньої напрямною утворюють опорну цапфу (рис. 1.12,б), яка у рухомому люнеті підтримує протяжку від провисання [14].

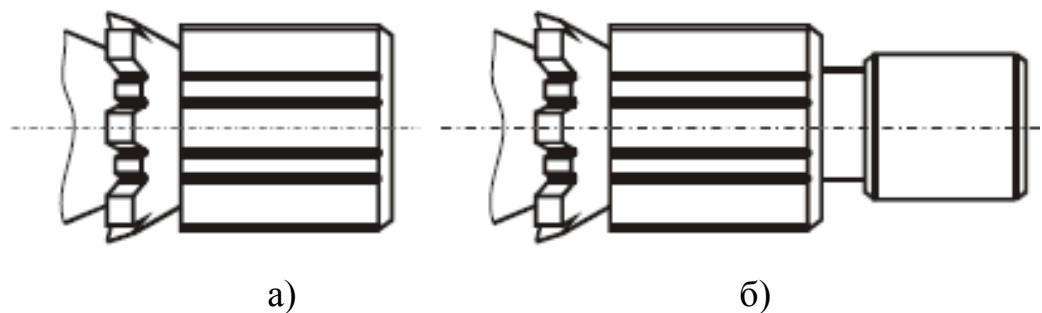


Рисунок 1.11 – Типи задніх напрямних протяжки [14]

Схемою різання при протягуванні називають порядок розподілення роботи зрізу припуску між зубами протяжки. Вибір схеми різання при проектуванні різальної частини протяжки залежить від форми, розмірів і способу отримання заготовки, від форми і розмірів протягнутих виробів. Від прийнятої схеми різання, в свою чергу, залежить вибір протяжки (довжина, стійкість, і т. д.) і технологія виготовлення, тобто схема різання впливає на продуктивність та економічність процесу протягування. При проектуванні внутрішніх протяжок застосовують профільну (рис. 1.12,а), групову (прогресивну) (рис. 1.12,б) та генераторну (рис. 1.12,в) схеми різання [16].

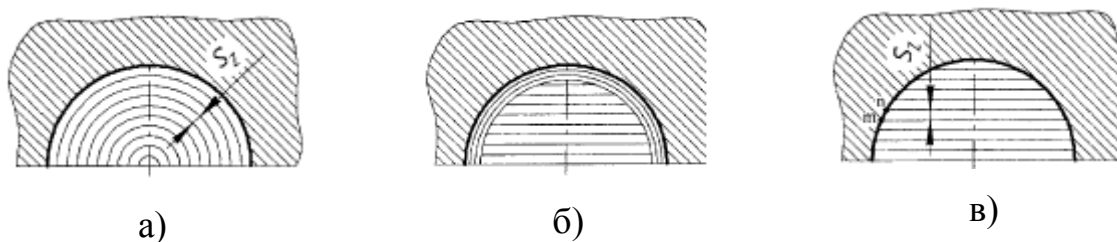


Рисунок 1.12 – Схеми зрізання стружки при протягуванні [14]

Профільна, або звичайна схема (рис. 1.12,а) характеризується зрізанням кожним різальним зубом протяжки відносно тонких і широких шарів металу, паралельних поверхні, що оброблюється. Різальні кромки такої протяжки також паралельні цій поверхні і не приймають участь в її побудові, окрім останнього різального зубця, котрий видаляє шар металу і утворює оброблену поверхню і надає їй остаточну форму та необхідні розміри [15]. Дана протяжка важка у виготовленні, але забезпечує точну форму та розміри виробу.

Генераторна схема різання (рис. 1.12,в) заключається в тому, що зрізання шару припуску виконується зубцями, що мають змінний профіль, що поступово переходить від прямолінійної або круглої форми до заданого профілю на виробі. Генераторні протяжки простіше виготовити, чим профільні. Вихідна кругла форма дозволяє отримати на дугових ділянках різальних зубців позитивні передні кути, отримати найбільш можливу поперечну площу стержня протяжки, зменшити кількість різальних зубів і довжину протяжки. Головним недоліком такої схеми є менша точність профілю виробу в порівнянні з профільною схемою [16].

Групова (прогресивна) схема різання (рис. 1.12,б) являється комбінацією двох попередніх схем зрізання припуску. Її перевага в тому, що остаточно поверхня деталі утворюється одним зубом (різальною кромкою), який має повний профіль деталі і тому не залишає на ньому ризок у місці послідовного переходу від зубу до зубу [14].

Профільна та генераторна вищерозглянуті схеми зрізання припуску являються одинарними, тобто на всю протяжку застосовують лише одну схему зрізу.

При цьому, застосування групова схема різання має ряд переваг перед одинарними.

При однаковій силі різання зубцями можна зрізати припуск більшої площі. Це дозволяє зменшити кількість різальних зубців та застосовувати протяжки меншої довжини. При роботі протяжок з груповою схемою різання утворюється хоч і більш товста, але рівномірна без ребра жорсткості стружка. Така стружка краще формується у виток і більш щільно укладається у впадині між зубами. Внаслідок цього можна зменшити крок між різальними зубами та довжину різальної частини протяжки приблизно на 30% у порівнянні із протяжками з одинарною схемою різання.

Виконавши аналіз складових елементів інструменту, різни способів його використання при обробці, виконаємо проектування шліцьової протяжки для обробки отвору з шліцами трикутного профілю, розміри та параметри якого зображена в п. 1.2.

1.5 Програмне забезпечення при виконанні дисертації

Для здійснення проектування шліцьової протяжки для обробки отвору з шліцами необхідно виконати розрахунки й моделювання складових елементів інструменту.

Для цього було використано систему автоматизованого проектування КОМПАС-3D так як дане програмне забезпечення дозволяє виконати всі необхідні для дисертації задачі: створення 3D моделей інструменту та допоміжного обладнання й пристосувань, їх креслення та специфікації.

Також, для забезпечення можливості здійснення симуляції навантаження на інструмент та пристосування використовувалась також система автоматизованого проектування КОМПАС-3D. Дане забезпечення має в своєму складі модуль, що дозволяє визначити найбільш характерні міцнісні характеристики протяжки при її роботі.

Для здійснення процесу рендер інструменту та пристосування для презентації дисертації використовувалось програмне забезпечення КОМПАС-3D.

Дані програмні продукти дають студентську ліцензію для можливості виконання дисертації та оволодіння навичками роботи в них, оскільки ці продукти достатньо широко використовуються на сучасних підприємствах.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОТЯЖКИ ШЛІЦЬОВОЇ

2.1 Проектування конструкції протяжки

Виконаєм проектування шліцьової протяжки з трикутним профілем для обробки отвору, що зображений на рис. 1.2. за методикою [15].

Основні параметри отвору, що будуть використовуватись при проектуванні інструменту та безпосередньо самого інструменту, зображені на рис. 2.1.

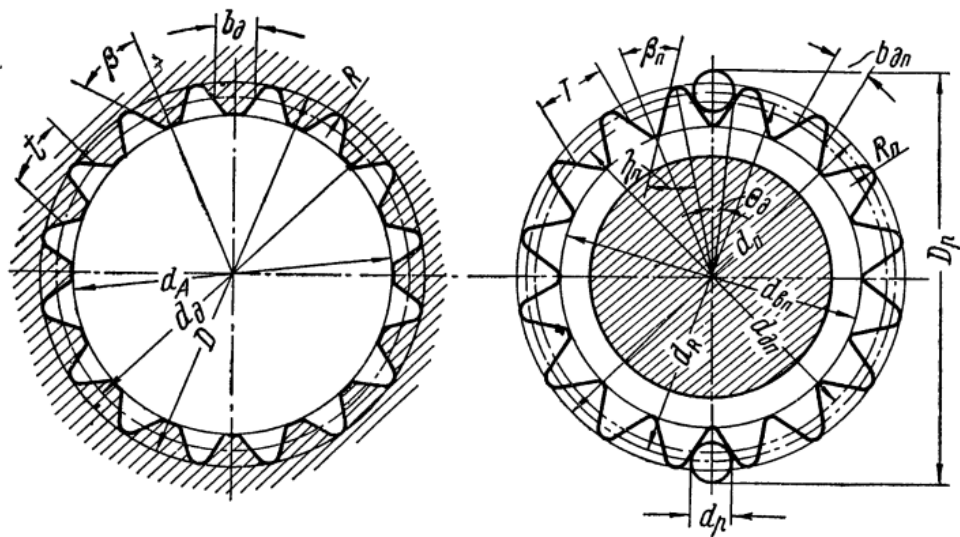


Рисунок 2.1 – Параметри отвору та зубця протяжки з трикутними шліцями

Даний отвір має наступні параметри:

- зовнішній діаметр $D = 61,3$ мм;
- внутрішній діаметр $d_A = 59,2^{+0,06}$ мм;
- діаметр ділильної окружності $d_d = 60$ мм;
- число шліців $n = 75$ шт.;
- крок по дугі ділильної окружності $t = 2,513$ мм;
- товщина виступу зуба $b_d = 1,256^{+0,14}_{+0,07}$ мм;
- половина кута профілю виступу на отворі $\beta = 33^\circ 36' = 33,6^\circ$;
- радіус на дні впадини отвору $R = 0,36$ мм;
- довжина отвору, що буде протягуватись $l = 31$ мм;

- твердість по Брінелю сталі 30ХГСА *HV* 323.

Даний інструмент буде використовуватись на вертикально-протягувальному верстаті моделі 7Б56 (рис. 2.2).

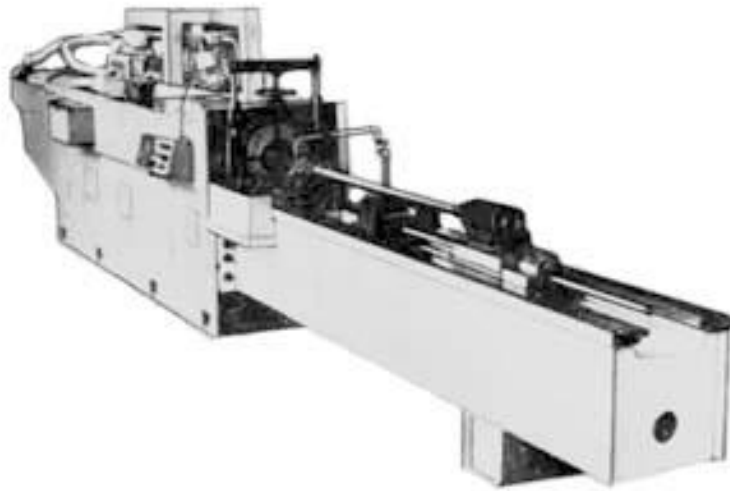


Рисунок 2.2 - Горизонтально-протягувальний верстаті моделі 7Б56 [17]

Даний верстат має тягову силу 20 кН, довжина ходу штока верстата $L_{max} = 1600$ мм, діапазон швидкостей $v = 1,5 \dots 11,5$ м/хв. В якості пристосування, в якому кріпиться заготовка виступає трьох кулачковий самоцентруючий патрон. Приймаємо технічний стан верстату як задовільний.

Протяжка буде виготовлятись у дрібносерійному виробництві.

Заготовкою для операції протягування шліців буде слугувати попередньо протягнутий круглий отвір з $D_0 = 59,2^{+0,06}$ мм. Заготовка зображена на рис. 2.3.

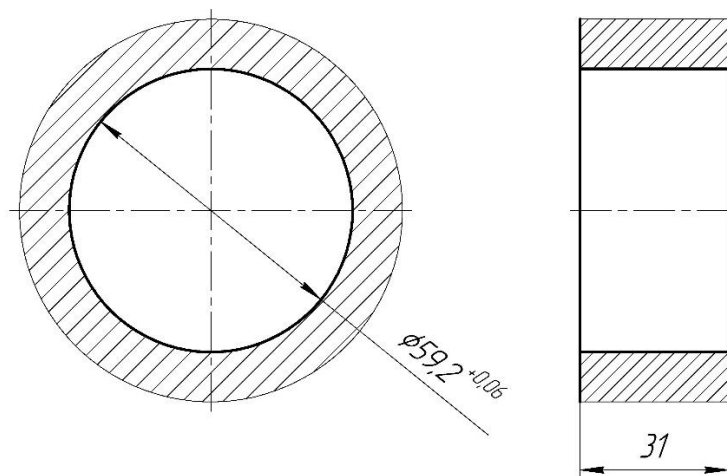


Рисунок 2.3 - Заготовка

Матеріал різальної частини за табл. 20 [14] при обробці сталі 30ХГСА приймаємо Р6М5 ГОСТ 19265-73. Для економії виготовлення інструменту, приймаємо зварну конструкцію, тобто хвостовик протяжки буде виготовлено з більш дешевого матеріалу, а саме сталі 40Х ГОСТ 4543-71.

Визначимо швидкість, з якою буде працювати протяжка. За табл. П1 [18] при обробці матеріалу сталі 30ХГСА, даний матеріал відноситься до групи IV. За табл. 1 [14] при якості отвору IT7 та групі матеріалу IV, таблична швидкість різання рівна $V_p = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$. Оскільки за табл. 3 [14] коефіцієнт корегування швидкості в залежності від різального матеріалу рівний $K = 1,0$, тому швидкість різання буде рівна $V = V_p = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$.

За рекомендаціями [16] використовуємо мастило-охолоджувальну рідину емульсію.

Коли протягування здійснюється некомбінованою протяжкою, величина першого трикутного зубця рівна $d_1 = D_0 = 59,2$ мм. Таким чином, перший зуб не здійснює різання.

Діаметр останнього різального і каліброваного зубців приймаємо рівний зовнішньому діаметру шліцьового отвору (оскільки допуск на нього не вказаний), тобто $d_n = D_6 = D = 61,3$ мм.

Сумарний підйом протяжки рівний:

$$\sum \Delta d = D_6 - D_0 = 61,3 - 59,2 = 2,1 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Діаметр середньої окружності $d_{dn} = d_d = 60$ мм.

Діаметр окружності впадин $d_{bn} = d_b = d_{b \text{ ном}} = 59,2$ мм (не більше).

Величина кроку $T = t = 2,513$ мм.

Половина кута профілю шліцьової впадини $\beta_n = \beta = 33,6^\circ$.

Половина кута профілю шліцьових виступів рівна:

$$\eta_n = \beta - \frac{180^\circ}{n} = 33,6^\circ - \frac{180^\circ}{75} = 31,2^\circ \quad (2.2)$$

Радіус R_n заокруглення вершин на шліцьових виступах протяжки приймається тієї ж величини, що і радіус R на дні впадини отвору, тобто $R_n = R = 0,36$ мм.

Діаметр окружності, що проходить через центр заокруглення вершин рівний:

$$d_R = D_6 - 2R_n = 61,3 - 2 \times 0,36 = 60,58 \text{ мм} \approx 60,6 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Величина d_R являється постійною для всіх зубців протяжки, котрі мають повне або часткове заокруглення.

Оскільки на кресленні отвору зазвичай вказується товщина виступу зубця b_d по ділильній окружності, розрахунок найбільшої товщини шліцьового виступу $b_{дн \text{ макс}}$ на протяжці виконується за наступною формулою:

$$\begin{aligned} b_{дн \text{ макс}} &= (T - b_{д \text{ мин}}) - \frac{IT_{b_d}}{3} = (2,513 - 1,326) - \frac{0,14 - 0,07}{3} = \\ &= 1,634 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Де, IT_{b_d} – допуск на товщину виступу зуба.

Діаметр ролика $d_{рі}$ для контролю протяжки по середній окружності з визначається відповідно наступним шляхом.

Половина центрального кута впадини θ_d на протяжці по середній окружності визначається за наступною формулою:

$$\begin{aligned} \theta_d &= 57,296 \frac{T - b_{дн \text{ макс}}}{d_{дн}} = 57,296 \frac{2,513 - 1,634}{60} = 0,8394^\circ \\ &= 0^\circ 50' 22'' \end{aligned} \quad (2.5)$$

Тоді, діаметр ролика рівний:

$$d_p = \frac{d_{дн} \sin \theta_d}{\cos \beta_n} = \frac{60 \times \sin 0^\circ 50' 22''}{\cos 33^\circ 36'} = 1,055 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Приймаємо за [19] найближчий стандартній розмір діаметру ролика $d_p = 1,039$ мм.

Відстань між зовнішніми утворювальними роликів при дотику роликів по середній окружності та при непарній кількості шліців визначається:

$$\begin{aligned}
D_p &= \frac{d_{дп} \sin(\beta_n - \theta_d) + d_p \cos \frac{90^\circ}{n}}{\sin \beta_n} + d_p = \\
&= \frac{60 \times \sin(33^\circ 36' - 0^\circ 50' 22') + 1,039}{\sin 33^\circ 36'} \times \cos \frac{90^\circ}{75} + \\
&+ 1,039 = 61,574 \text{ мм} \approx 61,58_{-0,06} \text{ мм}
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Подачу на зуб при обробці сталі 30ХГСА для трикутних шліців малих розмірів за табл. 6 [15] приймаємо $s_z = 0,03$ мм/зуб.

При дрібносерійному виготовленні протяжки, довжині отвору, що буде оброблятися $l = 31$ мм, за табл. 8 [15] крок різальних зубів $t = 8$ мм, а також максимальна кількість одночасно працюючих зубів $z_i = 4$ шт.

За табл. 7 [14] при кроку різальних зубів $t = 8$ мм, розміри стружкової канавки $g = 3$ мм, $R = 5$ мм, $h_0 = 3$ мм, $r = 1,5$ мм, $F_a = 7,07$ мм². За табл. 10 [15] передній кут різальних зубів протяжки при обробці сталі 30ХГСА рівний $\gamma = 20^\circ$. За табл. 11 [15] для шліцевих трикутних протяжок задній кут різальних зубців $\alpha = 3^\circ$. За рекомендаціями с. 93 [15] величину заднього кута каліброваних зубів приймаємо рівний $\alpha_k = 1,5^\circ$. Зобразимо стружкові канавки різальних та каліброваних зубів на рис 2.4.

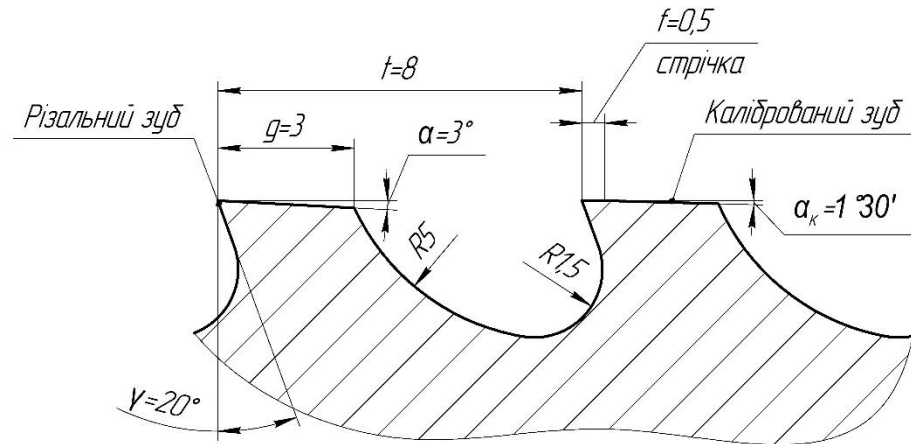


Рисунок 2.4 – Стружкова канавка різального та каліброваного зубів протяжки

Коефіцієнт заповнення стружкових канавок рівний:

$$K = \frac{F_a}{s_z L} = \frac{7,07}{0,03 \times 31} = 7,6 > K_{\min} = 3 \tag{2.8}$$

Отже, об'єм стружкової канавки достатній для утвореної під час обробки стружки.

Визначимо силу протягування по першим зубцям.

Кут ϑ_1 між стороною шліцьової впадини і радіусом, що проведений в точку перетину цієї сторони з окружністю d_1 рівний:

$$\sin \vartheta_1 = \frac{d_{dn}}{d_1} \sin(\beta_n - \theta_d) = \frac{60}{59,2} \times \sin(33^\circ 36' - 0^\circ 50' 22'') = 0,5484; \quad (2.9)$$

$$\vartheta_1 = \sin^{-1} 0,5484 = 33,2602^\circ \approx 33,26^\circ \approx 32^\circ 16'$$

Половина центрального кута впадини θ_1 по окружності d_1 рівна:

$$\theta_1 = \beta_n - \vartheta_1 = 33^\circ 36' - 32^\circ 16' = 1^\circ 20' = 1,33^\circ \quad (2.10)$$

Ширина стружки на першому зубці визначається як:

$$b_1 = \frac{\pi d_1}{180^\circ} \left(\frac{180^\circ}{n} - \theta_1 \right) = \frac{\pi \times 59,2}{180^\circ} \left(\frac{180^\circ}{75} - 1^\circ 20' \right) = 1,11 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Отже, сила протягування на першому зубці рівна:

$$P = C_p b_1 s_z^x n z_i K_\gamma K_c K_a =$$

$$= 315 \times 1,11 \times 0,03^{0,85} \times 75 \times 4 \times 0,85 \times 1,0 \times 1,0 = \quad (2.12)$$

$$= 4526,13 \text{ кГс} \approx 44,39 \text{ кН}$$

Де, C_p , x – постійна величина та коефіцієнт до подачі на зуб, що враховує матеріал, що обробляється та форму протяжки. При обробці сталі 30ХГСА шліцьовою протяжкою за табл. 25 [15] $C_p = 315$, $x = 0,85$.

K_γ , K_c , K_a – поправочні коефіцієнти, що характеризують вплив переднього кута, складу мастило-охолоджувальної рідини і ступені зношування зубців протяжки. За табл. 26 [15] при обробці Сталі 30ХГСА, при передньому кута зубця $\gamma = 20^\circ$ - $K_\gamma = 0,85$; при ступені затуплення протяжки гостра - $K_c = 1,0$; при використанні емульсії - $K_a = 1,0$.

Визначимо напруження в матеріалі протяжки по першій стружковій канавці. Для цього знайдемо площу поперечного перерізу протяжки в першій стружковій канавці за наступною формулою:

$$F_1 = \frac{\pi(d_1 - 2h_0)^2}{4} = \frac{\pi(59,2 - 2 \times 3)^2}{4} = 2222,87 \text{ мм}^2 \quad (2.13)$$

Тоді, напруження в першій стружковій канавці буде рівне:

$$\sigma = \frac{P}{F_1} = \frac{44,39 \times 10^3}{2222,87} = 19,97 \text{ МПа} < [\sigma] = 343 \text{ МПа} \quad (2.14)$$

Де, $[\sigma]$ – максимальне допустиме напруження матеріалу швидкорізальна сталь Р6М5.

Отже, протяжка витримує розраховане навантаження, що сприймає перша стружкова канавка.

Приймаємо конструкцію хвостовика протяжки для швидко-знімних патронів за [20]. Хвостовик зображений на рис. 2.5.

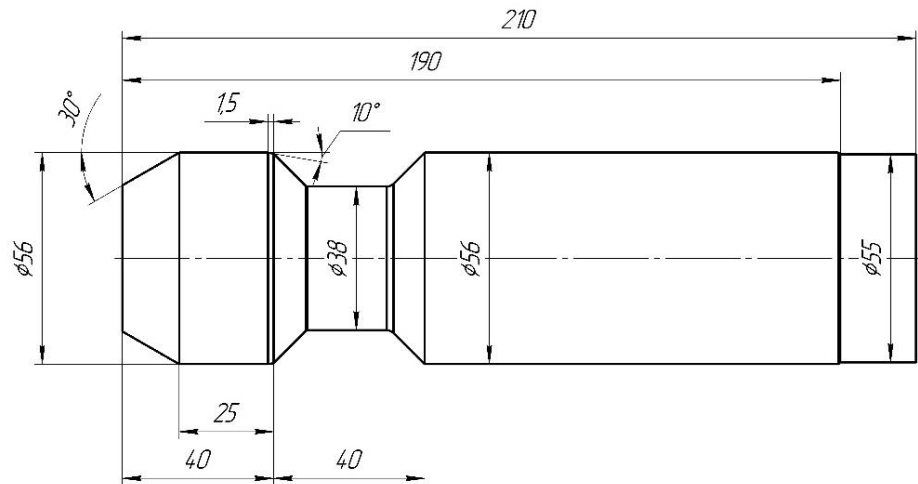


Рисунок 2.5 – Хвостовик протяжки

Площа поперечного перерізу найтоншої частини хвостовика за [20] рівна $F_{\text{хв}} = 1385,4 \text{ мм}^2$.

Приймаємо матеріал хвостовика протяжки конструкційну леговану сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Визначимо напруження, що виникатиме в найтоншій частині хвостовика за наступною формулою:

$$\sigma = \frac{P}{F_{\text{хв}}} = \frac{44,39 \times 10^3}{1385,4} = 32,04 \text{ МПа} < [\sigma] = 245 \text{ МПа} \quad (2.15)$$

Де, $[\sigma]$ – максимальне допустиме напруження матеріалу швидкорізальна сталь 40Х.

Отже, згідно розрахунків, можна зробити висновок, що протяжка витримує задане навантаження в хвостовику.

За рекомендаціями с.106 [15] приймаємо довжину перехідного конусу від шийки хвостовика до передньої напрямної рівною $l_k = 15$ мм.

Довжину передньої напрямної приймаємо рівною довжині отвору, який необхідно протягнути $l_{np} = 31$ мм за рекомендаціями с.108 [15]. Діаметр передньої напрямної приймається рівним діаметру попередньо підготовленого до обробки отвору, а саме $d_{np} = 59,2$ мм.

Задню напрямну приймаємо круглої конструкції для спрощення виготовлення з діаметром, що рівний діаметру круглої частини отвору, що протягується, котрий рівний $d_{nz} = 59,2$ мм. Довжину задньої напрямної за табл. 20 [15] при довжині отвору, що протягується $l = 31$ мм: $l_{nz} = 25$ мм.

Кількість різальних зубів визначається як:

$$z_p = \frac{\sum \Delta d}{2s_z} + 1 = \frac{2,1}{2 \times 0,03} + 1 = 36 \text{ зубів} \quad (2.16)$$

За табл. 15 [15] приймаємо кількість каліброваних зубів $z_k = 6$.

Зобразимо в табл. 2.1 номери та діаметри зубців протяжки.

Таблиця 2.1 – Таблиця розмірів зубів

Різальні зубці									
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	59,2	59,26	59,32	59,38	59,44	59,5	59,56	59,62	59,68
№	10	11	12	13	14	15	16	17	18
d, мм	59,74	59,8	59,86	59,92	59,98	60,04	60,1	60,16	60,22
№	19	20	21	22	23	24	25	26	27
d, мм	60,28	60,34	60,4	60,46	60,52	60,58	60,64	60,7	60,76
№	28	29	30	31	32	33	34	35	36
d, мм	60,82	60,88	60,94	61	61,06	61,12	61,18	61,24	61,3

Продовження таблиці 2.1

Калібровані зубці						
№	37	38	39	40	41	42
d, мм	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3

Визначимо довжину різальної та каліброваної частини:

$$l_5 + l_6 = (z_p + z_k + 1)t = (36 + 6 + 1) \times 8 = 344 \text{ мм} \quad (2.17)$$

Визначимо загальну довжину протяжки за наступною формулою:

$$\begin{aligned} L &= l_{\text{хв}} + l_{\text{к}} + l_{\text{нп}} + 25 + l_5 + l_6 + l_{\text{нз}} = \\ &= 210 + 15 + 25 + 31 + 344 + 25 = 650 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Отже, виконаємо 3D модель протяжки шліцьової згідно вище розрахованим даним.

2.2 Виконання 3D моделі інструменту протяжки шліцьової

Виконаємо проектування шліцьової протяжки для обробки отвору з трикутними шліцьовими пазами. Для цього використаємо систему автоматизованого проектування КОМПАС-3D.

1. Будуємо профіль різальної та каліброваної частини протяжки за допомогою операції «Обертання» (рис. 2.6).

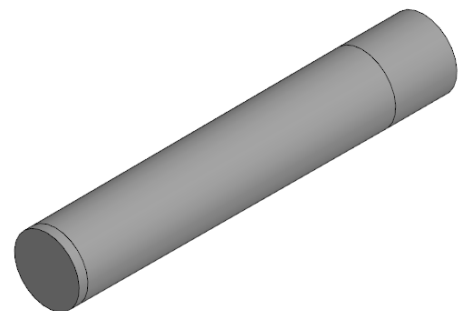
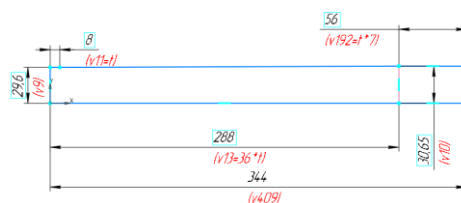


Рисунок 2.6 – Профіль різальної та каліброваної частини

2. Будуємо профіль канавки різального зуба за допомогою операції «Вирізати обертанням» (рис. 2.7).

5. За допомогою операції «Масив по сітці» виконуємо профіль канавки каліброваних зубів на всю довжину протяжки, а саме на 6 зубів (рис. 2.10).

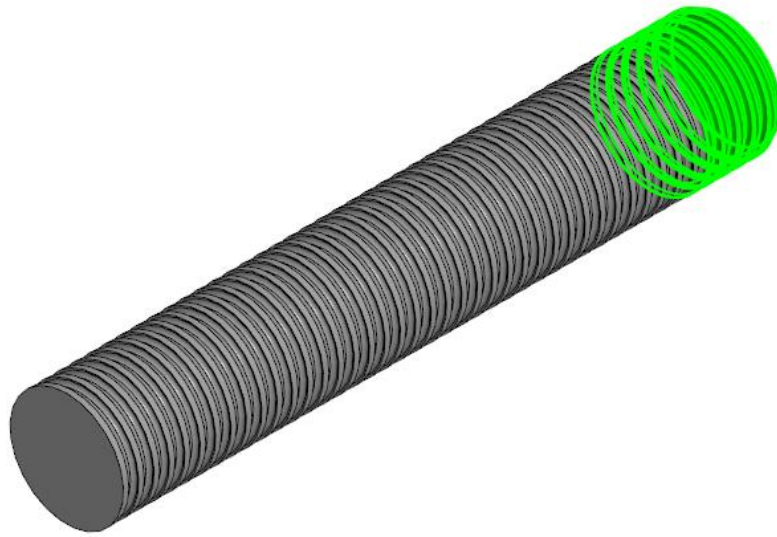


Рисунок 2.10 – Профілі канавки каліброваних зубів

6. Побудуємо задню напрямну протяжки за допомогою операції «Обертання» (рис. 2.11).

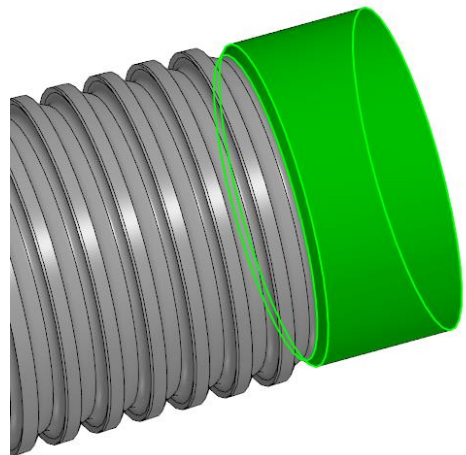
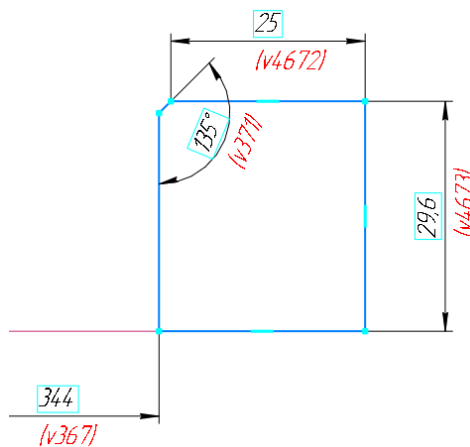


Рисунок 2.11 – Задня напрямна протяжки

7. Будуємо канавку шліцевого пазу. Для цього побудуємо його ескіз, траєкторію, та за допомогою операції «Вирізати по траєкторії» будуємо канавку шліцевого пазу (рис. 2.12).

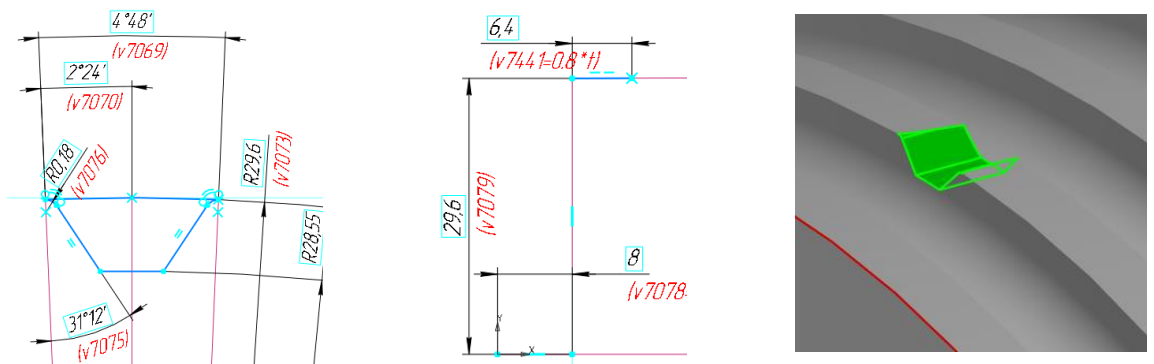


Рисунок 2.12 – Канавка шліцьового пазу різального зуба протяжки

8. Побудуємо шліцьові впадини для одного зуба за допомогою операції «Масив по сітці» використовуючи таблицю змінних даних (рис. 2.13).

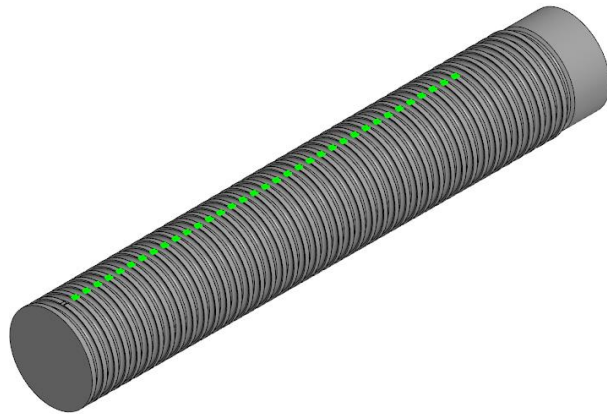


Рисунок 2.13 – Шліцьові впадини першого різального зуба протяжки

9. Побудуємо шліцьові впадини для всіх 75-ти зубів за допомогою операції «Масив по концентричній сітці» (рис. 2.14).

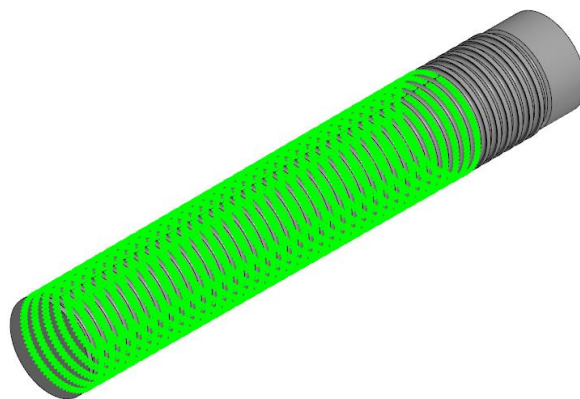


Рисунок 2.14 – Шліцьові впадини різальних зубів протяжки

10. Побудуємо профіль впадини для каліброваних зубів та за допомогою операції «Вирізати видавлюванням» видалимо профіль однієї впадини для одного каліброваного зуба (рис. 2.15).

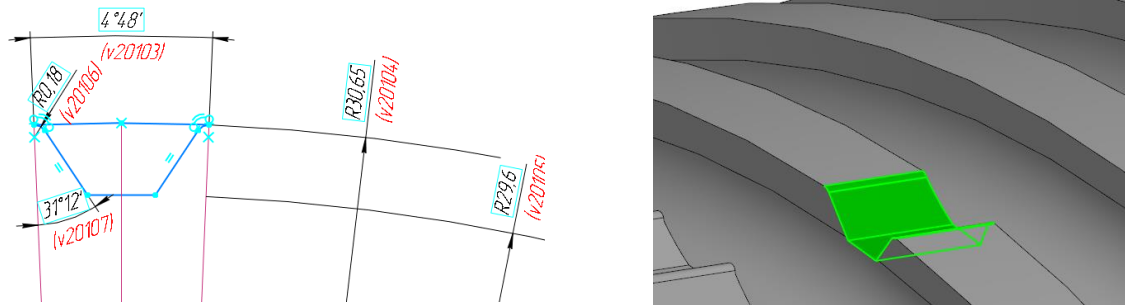


Рисунок 2.15 – Канавка шліцьового пазу каліброваного зуба
протяжки

11. Побудуємо шліцьові впадини для одного каліброваного зуба за допомогою операції «Масив по сітці» використовуючи таблицю змінних даних (рис. 2.16).

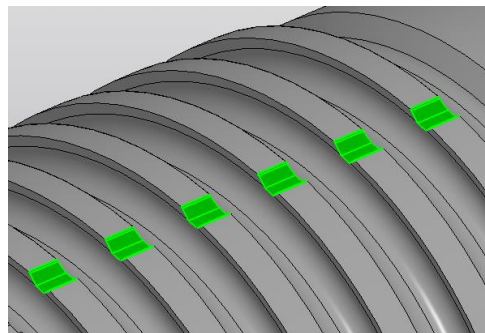


Рисунок 2.16 – Шліцьові впадини першого каліброваного
зуба

12. Побудуємо шліцьові впадини для всіх каліброваних 75-ти зубів за допомогою операції «Масив по концентричній сітці» (рис. 2.17).

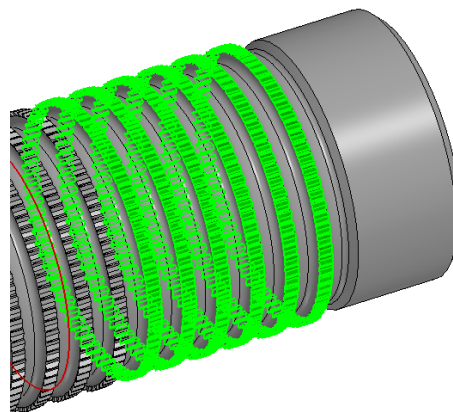


Рисунок 2.17 - Шліцьові впадини каліброваних зубів протяжки

13. Побудуємо за допомогою операції «Елемент обертання» передню напрямну інструменту (рис. 2.18).

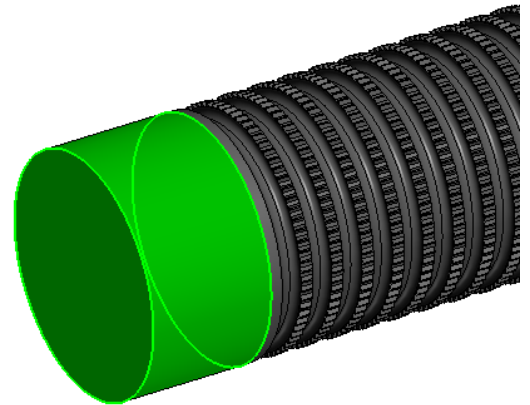
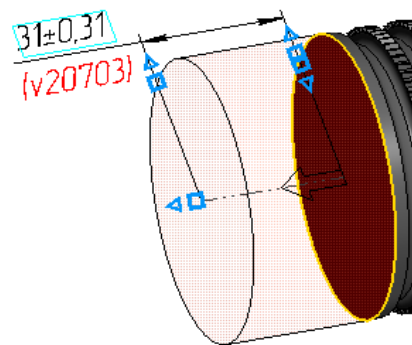


Рисунок 2.18 – Передня напрямна протяжки

14. Побудуємо за допомогою операції «Елемент обертання» напрямний конус інструменту (рис. 2.19).

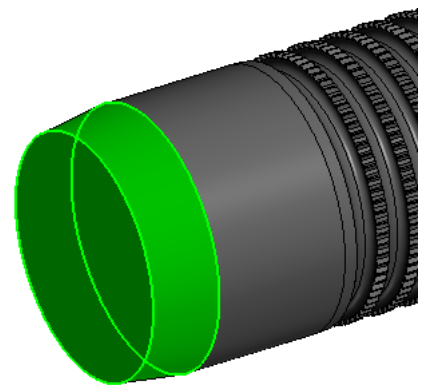
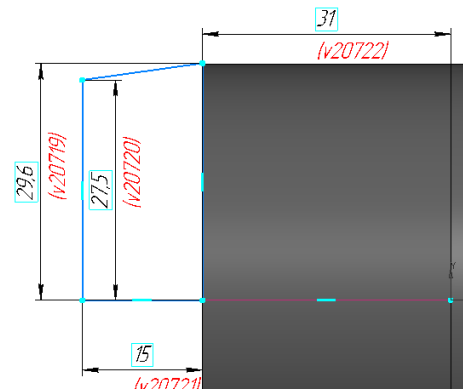


Рисунок 2.19 – Направний конус протяжки

15. Побудуємо частину шийки протяжки до місця зварювання з хвостовиком за допомогою операції «Елемент обертання» (рис. 2.20).

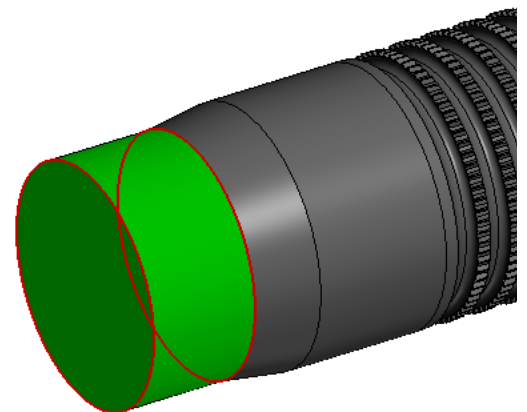
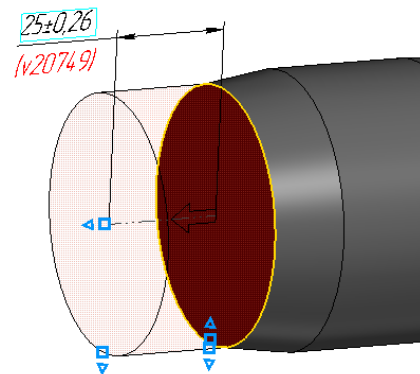


Рисунок 2.20 – Шийка різальної частини протяжки

16. Побудуємо хвостовик за допомогою операції «Елемент обертання» хвостовик протяжки, розміри якого вказані на рис. 2.5 (рис. 2.21).

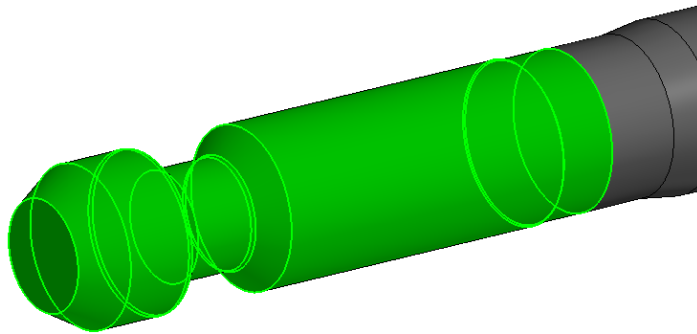


Рисунок 2.21 – Хвостовик протяжки

17. Побудуємо за допомогою бібліотеки стандартних виробів центрові отвори протяжки (рис. 2.22). Приймаємо конструкцію центрального отвору В6,3 ГОСТ 14034-74. Розташуємо їх по торцях інструменту.

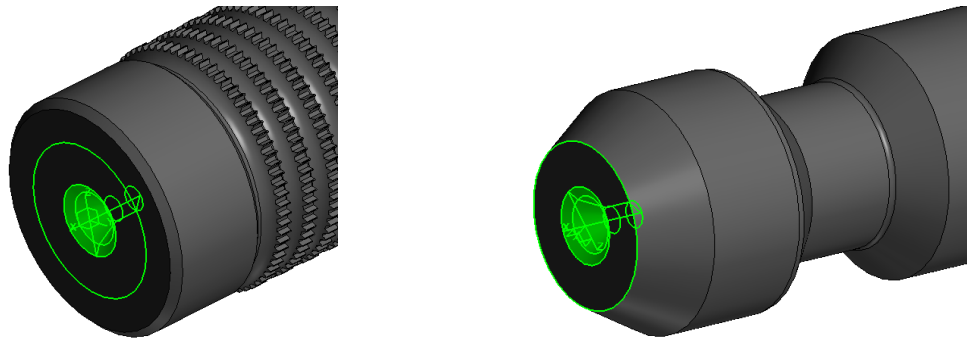


Рисунок 2.22 – Центрові отвори протяжки

Отже, була виконана 3D-модель протяжки шліцьової згідно розрахунків в п. 2.1 (рис. 2.23).



Рисунок 2.23 – Протяжка для обробки отвору зі шліцьовими пазами

Після того як було спроектовано 3D модель протяжки, виконаємо його робоче креслення, де будуть вказані всі технічні вимоги, розміри, допуски та шорсткості, що висуваються до інструменту.

Креслення протяжки шліцьової зображено в Додатку 1.

2.3 Симуляція навантаження протяжки

Виконаємо симуляцію навантаження протяжки шліцьової згідно вищезазначених розрахунків.

Для цього використаємо модуль системи автоматизованого проектування КОМПАС-3D “APR FEM”.

Як видно з креслення протяжки та її 3D-моделі найбільш можливе пошкодження інструменту буде виникати в місці закріплення протяжки в верстаті, оскільки площа поперечного перерізу в даному місці найменша (рис. 2.24).

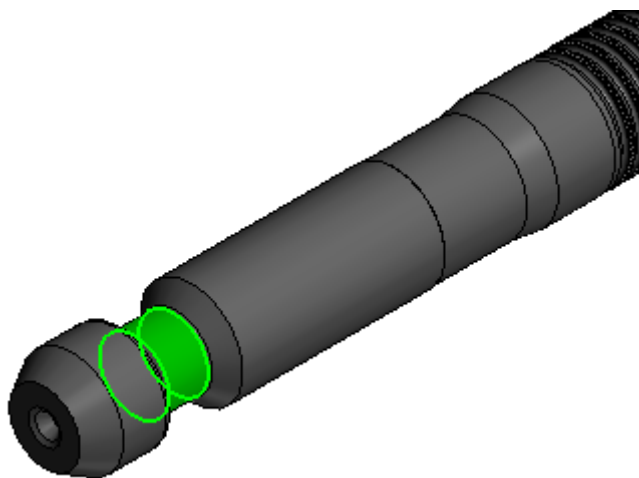


Рисунок 2.24 – Найбільш критичне місце в протяжці

Через обмежені можливості персонального комп'ютера виконаємо модель протяжки без дрібних елементів (рис. 2.25), оскільки їх наявність призводить до збільшення задіяної в процесі системного обчислення оперативної пам'яті та безпосередньо часу виконання операції. До таких дрібних елементів можна віднести різні фаски, округлення поверхонь, канавки, різальні та калібровані зубці. Вони суттєво не будуть впливати на фінальний результат.



Рисунок 2.25 – Спрощена модель протяжки шліцьової

Виконаємо фіксацію елемента інструменту, а саме місця, яким вона кріпиться в верстаті (рис. 2.26).

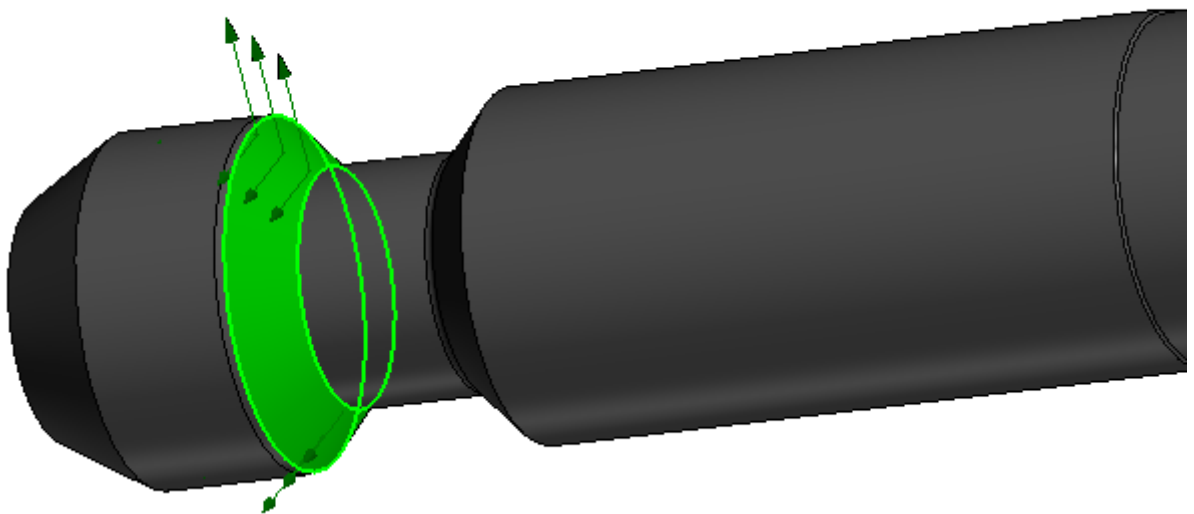


Рисунок 2.26 – Фіксація інструменту

Здійсним навантаження інструменту. Так як інструмент кріпиться в верстаті і здійснює протягування за рахунок руху протяжки відносно інструменту, отже на місце кріплення протяжки та верстату діє розтягувальне зусилля, що було визначено в п. 2.1 $P = 44290 \text{ Н}$. Зобразимо зусилля на рис. 2.27.

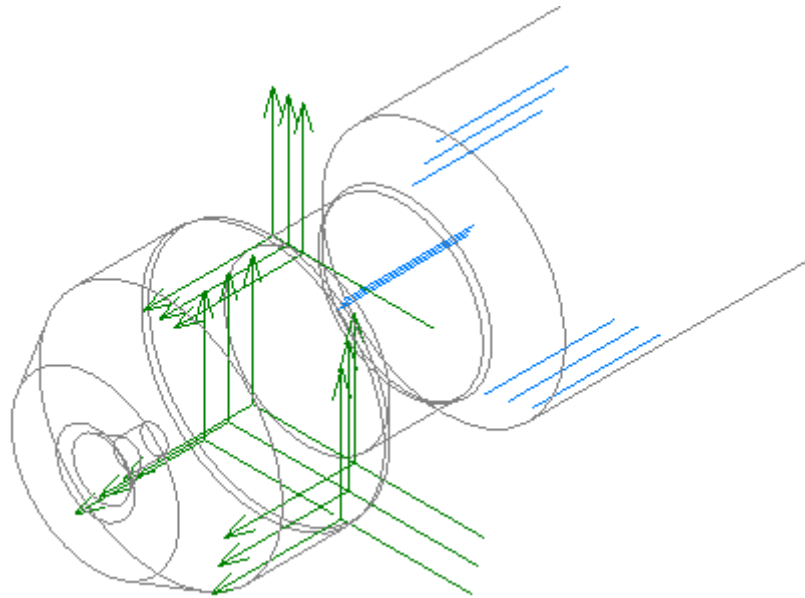


Рисунок 2.27 – Зусилля, що діє на протяжку

Згенеруємо сітку кінцевих елементів (рис. 2.28). Кінцевий елемент матиме наступні параметри: 10-ти вузловий тетраедр з максимальною довжиною сторони елемента – 3 мм, максимальним коефіцієнтом зміщення - 1, коефіцієнтом розрідження -1,5.

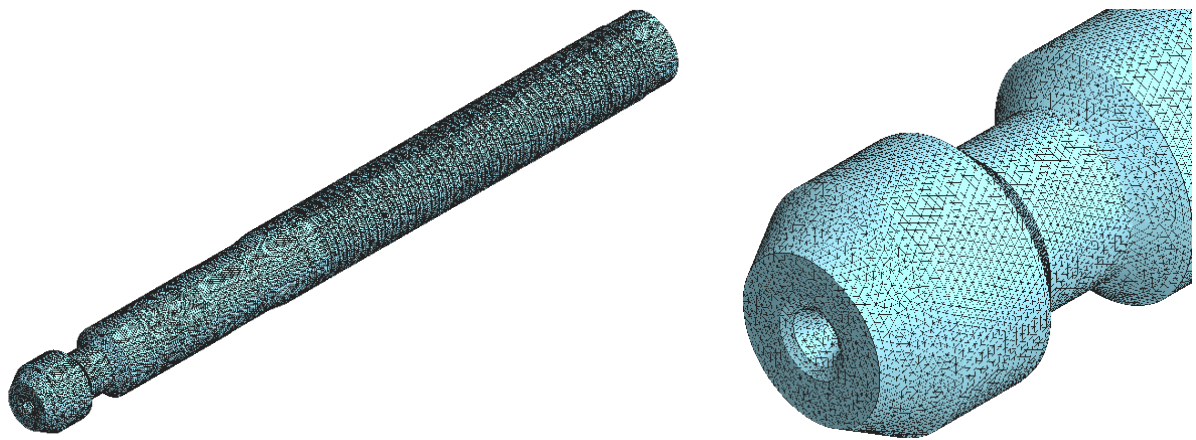


Рисунок 2.28 – Сітка кінцевих елементів

Результатом генерації кінцевих елементів отримано 95479 кінцевих елементів та 166101 вузлів.

Отже, виконаємо безпосередньо навантаження на отриману сітку кінцевих елементів з попередньо зазначеними параметрами кріплення та навантаження.

Симуляція розрахувала навантаження на інструмент. Зобразимо деякі характеристики:

- Максимальне напруження по Мізесу в інструменті виникає в місці шийки і сягає $\sigma_{max} = 130,9$ Мпа (рис. 2.29)

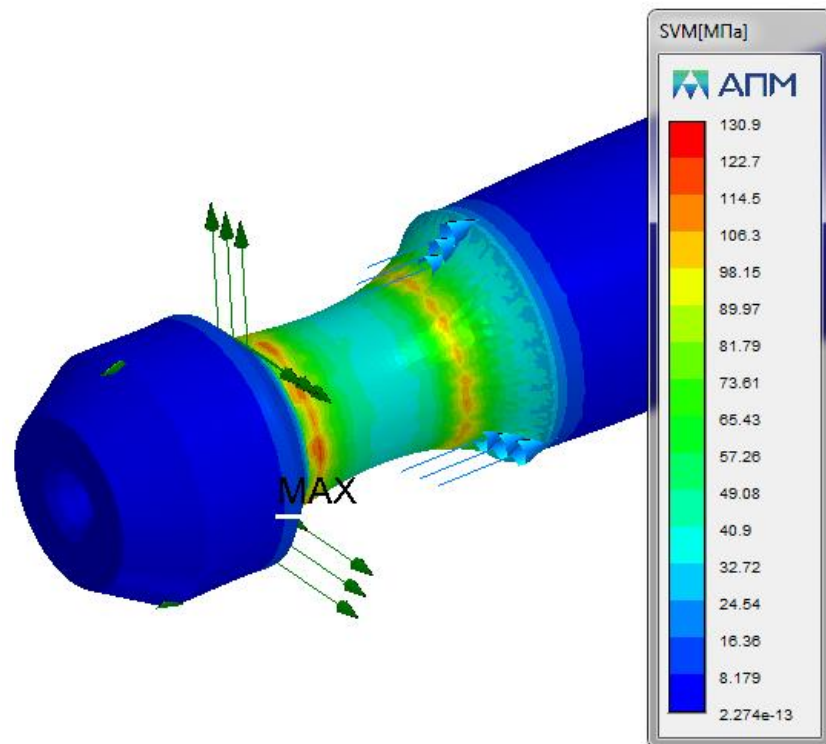


Рисунок 2.29 – Напруження по Мізесу

- Максимальне зміщення кінцевих елементів протяжки сягає 0,00819 мм й розташовується на перетині шийки та хвостовика (рис. 2.30).

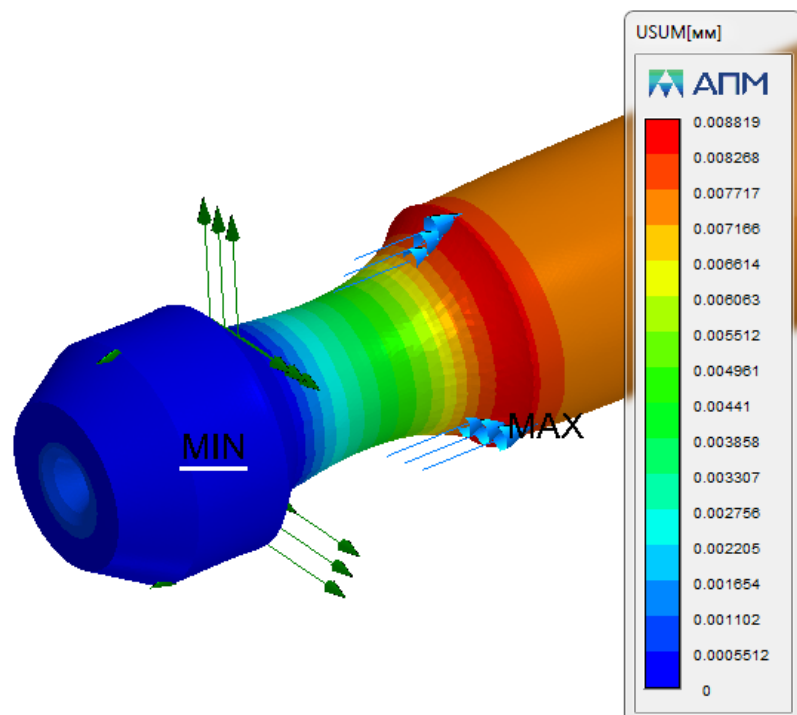


Рисунок 2.30 – Зміщення кінцевих елементів

- Мінімальний коефіцієнт запасу міцності інструменту сягає 1,796, що набагато більше допустимого (рис. 2.31).

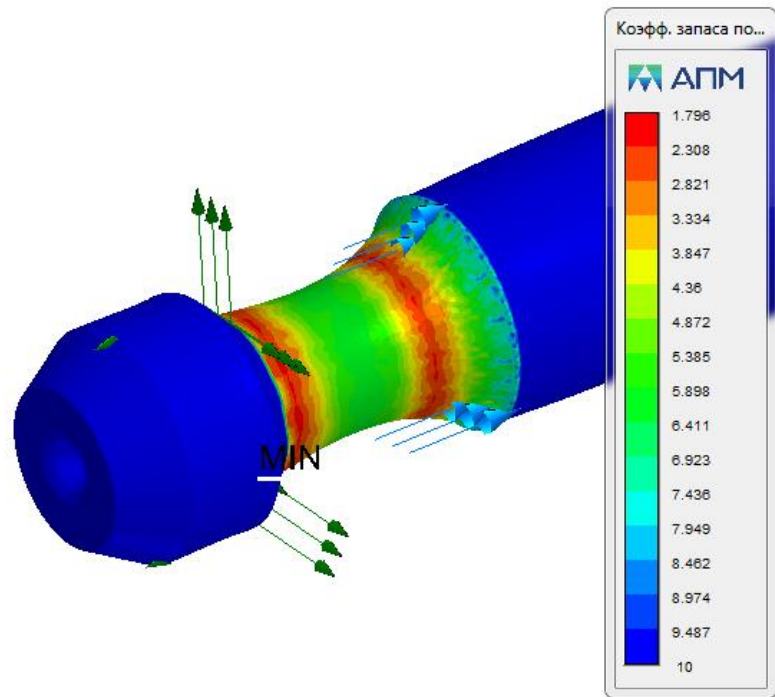


Рисунок 2.31 – Коефіцієнт запасу міцності

Можна зробити висновок, що протяжка шліцьова витримає задане на неї навантаження. Напруження буде виникати в зоні пружної деформації. Зміщення матеріалу протяжки мале. Коефіцієнт запасу міцності достатній для використання в машинобудуванні для обробки матеріалів.

Звіт з симуляції навантаження зображений в Додатку 2.

3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ

3.1 Вибір заготовки

При виборі заготовки для заданої деталі призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови на виготовлення. По мірі ускладнення конфігурації заготовки, зменшення напусків і припусків, підвищення точності розмірів і параметрів розташування поверхонь ускладнюються і дорожчає технологічне оснащення заготівельного цеху і збільшується собівартість заготовки, збільшується коефіцієнт використання матеріалу. Заготовки простої конфігурації дешевші, так як не потребують при виготовленні складного та дорогого технологічного оснащення, однак заготовки потребують подальшої трудомікої обробки і збільшеної витрати матеріалу. [11]

Розробка процесу виготовлення деталі може проходити по двом принципово різним напрямкам:

- Отримання заготовки, що наближається за формою і розмірами до готової деталі, коли на заготівельні цеха приходить значна доля трудомікості виготовлення деталі і відносно мала доля приходить на механічні цехи.
- Отримання грубої заготовки з великими припусками, коли на механічні цехи приходить основна доля трудомікості і собівартості виготовлення деталі. [21]

Для виготовлення інструменту протяжки для обробки шліцьового отвору при дрібносерійному виробництві, що зазначено в п. 1.2, доцільно використовувати принцип використання заготовки, що виконана за 2-им способом, а саме використання грубої заготовки при підвищеній трудомікості механічних цехів.

Так як протяжка – стержневий інструмент, отже, за рекомендаціями найбільш доцільно використовувати в якості заготовки для хвостової та різальної частини сортовий прокат необхідного та розрахованого розміру.

Як зазначено в п. 2.1 матеріал різальної частини інструменту прийнятий швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, а хвостової частини – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

3.2 Маршрут обробки всіх поверхонь деталі

Визначимо маршрут обробки кожної поверхні протяжки шліцьової. Даний процес необхідний для подальшого правильного визначення припусків на обробку та складання маршрутно-операційного технологічного процесу.

Зобразимо маршрути в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Маршрут обробки всіх поверхонь деталі

№	Поверхня	Маршрут обробки
1	2	3
1	Хвостовик $\varnothing 56e8 Ra = 1,25$ мкм	1. Попереднє точіння; 2. Остаточне точіння; 3. Попереднє шліфування; 4. Остаточне шліфування.
2	Проточка хвостовика $\varnothing 38c11 Ra = 2,5$ мкм	1. Попереднє точіння; 2. Остаточне точіння.
3	Шийка хвостовика $\varnothing 55h11 Ra = 6,3$ мкм	1. Попереднє точіння.
4	Перехідний конус хвостовика	1. Попереднє точіння.
5	Передня напрямна $\varnothing 59,2f7 Ra = 0,63$ мкм	1. Попереднє точіння; 2. Остаточне точіння; 3. Попереднє шліфування; 4. Остаточне шліфування.

Продовження Таблиці 3.1

1	2	3
6	Задня напрямна $\varnothing 59,2 f7 Ra = 0,63$ мкм	1. Попереднє точіння; 2. Остаточне точіння; 3. Попереднє шліфування; 4. Остаточне шліфування.
7	2 центрові отвори B6,3 ГОСТ 14034-74	1. Свердління отворів; 2. Шліфування отворів.
8	Різальна та калібровані зуби протяжки	1. Попереднє точіння профіля різального та каліброваного інструменту; 2. Нарізання зубів різцем; 3. Фрезерування впадин шліців; 4. Шліфування попереднє передньої поверхні зубців і спинки каліброваних зубців; 5. Шліфування попереднє профілю шліцевих зубів; 6. Шліфування остаточне профілю шліцевих зубів.

3.3 Розрахунок припусків на обробку

Для визначення розмірів заготовки, а саме діаметру прутка, що буде використовуватись для виготовлення інструменту, необхідно визначити припуски на обробку.

Припуском називають шар матеріалу, котрий в процесі механічної обробки будь якої заготовки, необхідно видалити з неї. Цей параметр назначається для того, щоб забезпечити точність необхідних розмірів. Крім того, це незмінно впливає на якість майбутнього виробу, а конкретніше – на поверхневий шар деталі. [23]

Припуск на обробку поверхні деталі може бути призначений за відповідними табличними даними, ГОСТами або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припуску. [11]

Визначимо припуск на обробку найбільш точної поверхні інструменту розрахунково-аналітичними методом.

Найбільш точною поверхнею шліцьової протяжки, аналізуючи креслення інструменту, що зображене в Додатку 1, являється передня напрямна інструменту $\varnothing 59,2f7$ з шорсткістю $Ra = 0,63$ мкм. Ця поверхня відноситься до заготовки, що виготовлена з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73.

Для визначення припуску скористаємось наступними нерівностями:

- Мінімальний проміжний припуск $2Z_{i_min}$:

$$2Z_{i_min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_1^2}) \quad (3.1)$$

Де, Rz_{i-1} – висота мікронерівностей;

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

Δ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні на попередньому переході;

ε_1 – похибка установки заготовки при виконуваному переході.

- Максимальний припуск на обробку $2Z_{max}$:

$$2Z_{max} = 2Z_{i_min} + T_{D_{i-1}} - T_{D_i} \quad (3.2)$$

Де, $T_{D_{i-1}}$ – допуск розміру на попередньому переході;

T_{D_i} – допуск розміру на виконуваному переході.

- Похибка установки заготовки визначається ε :

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (3.3)$$

Де, ε_δ – виникає внаслідок розбіжності установочної та вимірювальної баз заготовки;

ε_3 – похибка закріплення.

При установці в центрах з використанням хомутика прутка каліброваного з номінальним діаметром бази $d = 59,2$ мм - $\varepsilon_3 = 0$.

Похибка внаслідок розбіжності установочної та вимірювальної баз заготовки при установці в центрах з використанням хомутика рівна $\varepsilon_\delta = 0$.

Отже, похибка установки заготовки - $\varepsilon = 0$.

- Просторове відхилення Δ :

$$\Delta_{\text{заг}} = \Delta_K \cdot L \quad (3.4)$$

Де, Δ_K – загальна кривизна заготовки;

L – довжина заготовки.

За [11] с. 180 табл. 4 при звичайні точності прокату та довжині прокату від 600 до 700 мм – загальна кривизна заготовки $\Delta_K = 2,5$.

При довжині заготовки $L = 410$ мм - $\Delta_{\text{заг}} = 1025$ мкм.

Величина остаточного просторового відхилення:

$$\Delta_{\text{ост}} = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}} \quad (3.6)$$

Де, K_y – коефіцієнт уточнення.

За [11] с. 190 для різних операцій в табл. 3.2 зобразимо значення коефіцієнту уточнення.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта уточнення та просторового відхилення на операціях

Технологічний перехід	Коефіцієнт уточнення K_y	Просторове відхилення на операції Δ_i , мкм
Попереднє точіння	0.06	61,5
Остаточне точіння	0.04	41
Попереднє шліфування	0.03	30,75
Остаточне шліфування	0.02	20,5

- Висоту нерівностей профілю R_a та глибину поверхневого дефектного шару h за [11] с. 7-15 зобразимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення нерівностей профілю та глибини поверхневого дефектного шару на кожному етапі обробки

Суть етапу обробки	Квалітет	R_a	h
		мкм	мкм
Точність прокату (звичайна)	14	125	150
Попереднє точіння	12	63	60
Остаточне точіння	10	32	30
Попереднє шліфування	9	10	20
Остаточне шліфування	7	5	15

Отже, мінімальний проміжний припуск $2Z_{i_min}$ за (3.1) для операцій (переходів) буде рівний:

- Точіння попереднє:

$$2Z_{max} = 2 \cdot (125 + 150 + \sqrt{1025^2 + 0^2}) = 2 \cdot 1300 \text{ мкм};$$

- Точіння остаточне:

$$2Z_{max} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{61,5^2 + 0^2}) = 2 \cdot 184,5 \text{ мкм};$$

- Шліфування попереднє:

$$2Z_{max} = 2 \cdot (32 + 30 + \sqrt{41^2 + 0^2}) = 2 \cdot 103 \text{ мкм};$$

- Шліфування остаточне:

$$2Z_{max} = 2 \cdot (5 + 15 + \sqrt{20,5^2 + 0^2}) = 2 \cdot 40,5 \text{ мкм}.$$

Розрахункові розміри за операціям (переходами) механічної обробки складають:

- Шліфування остаточне - $\varnothing 59,14$ мм;
- Шліфування попереднє - $\varnothing 59,221$ мм;
- Точіння остаточне - $\varnothing 59,427$ мм;
- Точіння попереднє - $\varnothing 59,796$ мм;
- Заготовка - $\varnothing 62,396$ мм.

Отже, результати розрахунків зведемо до табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахункові значення припусків обробки

Етап обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск Z_{min} , мкм	Розрахунковий \min розмір, мм	Допуск δ , мкм	Граничні (округлені) розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_a	h	Δ	ε				min	max	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Зовнішній діаметр $\varnothing 59,2_{-0,06}^{-0,03}$											
Заготовка	125	150	1025	-	-	62,4	740	62	63	-	-
Точіння попереднє	63	60	61,5	-	2600	59,8	300	59,8	60,1	2,2	2,9
Точіння остаточне	32	30	41	-	369	59,47	120	59,5	59,6	0,3	0,5
Шліфу- вання попереднє	10	20	30,75	-	206	59,26	74	59,26	59,33	0,24	0,27
Шліфу- вання остаточне	5	15	20,5	-	121,5	59,14	30	59,14	59,17	0,12	0,16
										2,86	3,83

Визначимо номінальний припуск:

$$Z_{0 \text{ ном}} = Z_{0 \text{ min}} + H_z - H_d \quad (3.7)$$

Де, H_z і H_d – нижнє відхилення по розмірам відповідно заготовки і деталі.

За [25] для прокату $\varnothing 63$ мм звичайної точності допуски становлять $+0,5/-1,1$ мм. Тоді, $H_z = 1,1$ мм

Тоді, $Z_{0 \text{ ном}} = 2,86 + 1,1 - 0,06 = 3,36$ мм.

Номінальний розмір заготовки рівний:

$$d_{z \text{ ном}} = d_{d \text{ ном}} + Z_{0 \text{ ном}} = 59,2 + 3,36 = 62,56 \text{ мм} \quad (3.8)$$

Тому необхідно прийняти заготовку $\varnothing 62,56$ мм. Але за [25] такого діаметру прокату в стандарті немає. Тоді приймаємо заготовку $\varnothing 63$ мм

враховуючи різницю 0,44 мм. Ця різниця буде врахована при попередньому точінні для того, щоб зберегти припуски на подальші операції (переходи) як розраховано вище.

Отже, можна зробити висновок, що прийнятий раніше діаметр заготовки Ø63 мм був вірний.

3.4 Технологічно-операційний процес виготовлення протяжки

Виконаємо проектування технологічно-операційного процесу виготовлення протяжки шліцьової. При створенні нижче вказаного технологічного процесу, алгоритм та послідовність операцій була вказана подібно до процесу за [26].

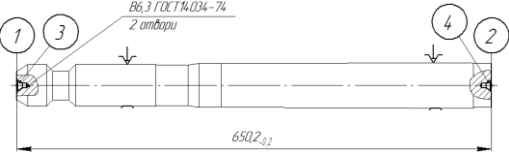
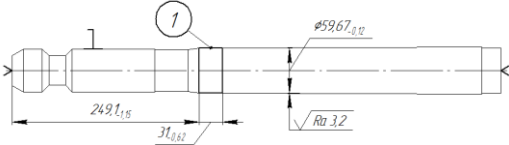
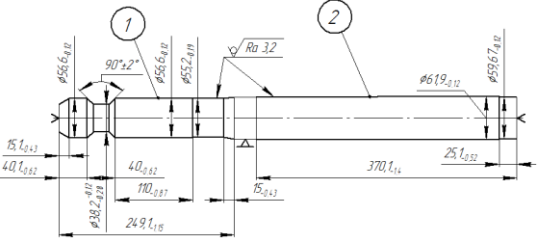
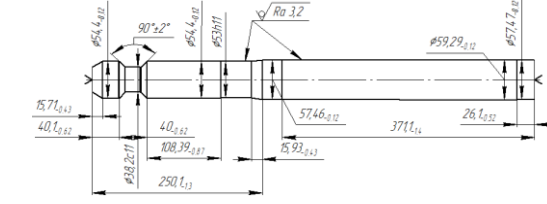
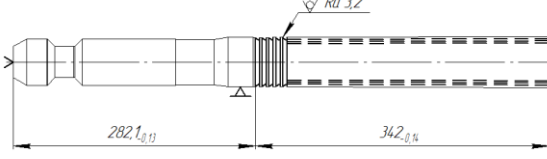
Таблиця 3.5 – Маршрутно-операційний технологічний процес

№№	Назва операції, порядок та зміст операції/переходів	Ескіз операції/переходу	Верстатне обладнання, різальний та вимірювальний інструмент
1	2	3	4
005	<u>Відрізна</u> Відрізати заготовку для хвостової частини (1)		Приводна ножівка, лінійка
010	<u>Відрізна</u> Відрізати заготовку для робочої частини (1)		Приводна ножівка, лінійка
015	<u>Очисна</u> Очистити заготовки для робочої та хвостової частини піском	-	Піскоструминний апарат

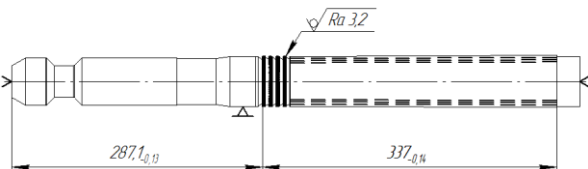
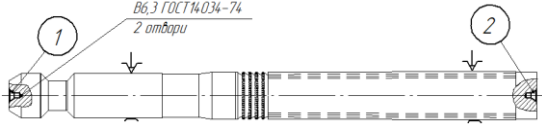
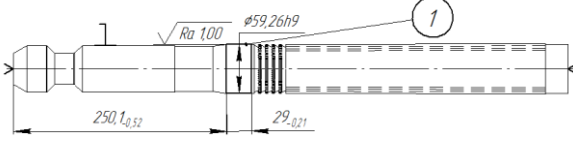
Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
020	<u>Зварна</u> Електроконтактне стикове зварювання оплавлюванням робочої та хвостової частин (1)		Зварювальний інверторний напіваавтомат
025	<u>Термічна</u> Низький відпал	-	Піч безперервного відпалу
030	<u>Центрувальна</u> Фрезерувати торці (1) та (2), центрувати заготовку (3) та (4).		Фрезерно- центрувальний верстат 2Г942, торцева фреза, центрувальне свердло
035	<u>Правка</u>	-	Ручний прес, призми
040	<u>Токарна</u> Точити поверхню (1) під люнет попередньо		Токарно- гвинторізний верстат 16К20, різець контурний, штангенцикуль
045	<u>Токарна з ЧПК</u> Попереднє точіння хвостової (2) та робочої (1) частини		Токарно- гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різець контурний, штангенцикуль
050	<u>Термічна</u> Відпал заготовки	-	Піч безперервного відпалу

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
055	<u>Центрувальна</u> Фрезерувати торці (1) та (2), та відновити центра заготовки (3) та (4).		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942, торцева фреза, центрувальне свердло
060	<u>Токарна</u> Точити поверхню (1) під люнет остаточно		Токарно-гвинторізний верстат 16К20, різець прохідний, штангенциркуль
065	<u>Токарна з ЧПК</u> Остаточне точіння хвостової (2) та робочої (1) частини		Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різець контурний, штангенциркуль
070	<u>Токарна з ЧПК</u> Контурне точіння протяжки		Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різець контурний, штангенциркуль
075	<u>Токарна з ЧПК</u> Точити різальні та калібровані зуби		Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різець фасонний, калібр

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
080	<u>Фрезерна з ЧПК</u> Фрезерувати канавки різальних та калібруючих зубців		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13Ф3, кінцева модульна фасонна фреза, калібр
085	<u>Термічна</u> Гартування й високий відпуск заготовки	-	Електропіч, соляна ванна
090	<u>Очисна</u> Очистити заготовки для робочої та хвостової частини після термічної операції	-	Очисне обладнання
095	<u>Правка</u>	-	Ручний прес, призми
100	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати центрові отвори (1) та (2)		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942, центрувальне свердло
105	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати місце під люнет (1) попередньо		Кругло-шліфувальний верстат 3131, абразивний круг

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
110	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати хвостовик (1) та задню напрямну (2) попередню, робочу частину (3) та калібровану частину (4) однократно		Кругло- шліфувальний верстат з ЧПК 3131Ф3, абразивний круг
115	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати хвостовик (1) та задню напрямну (2) остаточно		Кругло- шліфувальний верстат 3131, абразивний круг
120	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати канавки різальних (1) та каліброваних (2) зубів попередню		Кругло- шліфувальний верстат з ЧПК 3А151Ц, абразивний круг фасонний
125	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати канавки різальних (1) та каліброваних (2) зубів остаточно		Кругло- шліфувальний верстат з ЧПК 3А151Ц, абразивний круг фасонний
130	<u>Шліфувальна</u> Шліфувати передню напрямну (1) остаточно		Кругло- шліфувальний верстат 3131, абразивний круг

1	2	3	4
135	<u>Заточувальна</u> Заточити задню поверхню різальних (1) та каліброваних (2) зубів		Верстат заточувальний універсальний 3644, абразивний круг
140	<u>Маркувальна</u> Маркувати інструмент	-	Електрохімічне маркування
145	<u>Контрольна</u> Контролювати основні розміри інструменту	-	Набір вимірювальних інструментів для технічного контролю готового виробу
150	<u>Пакувальна</u> Пакувати готовий виріб	-	Набір інструментів для пакування готових виробів

3.5 Розрахунки режимів різання на виготовлення протяжки

Виконаємо розрахунки режимів різання для металорізальних операцій, що входять в маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення протяжки для обробки шліцьового отвору.

Аналітичним способом виконаємо розрахунки режимів різання для наступних операцій:

- Операція 040 Токарна – точити зовнішню циліндричну поверхню попередньо під лунет;
- Операція 075 Токарна з ЧПК – точити різальні та калібровані зуби;
- Операція 130 Шліфувальна – шліфувати передню напрямну остаточно;

- Операція 135 Заточувальна – заточити задню поверхню різальних та каліброваних зубів.

3.5.1 Розрахунки режимів різання для операції 040 Токарна

Під час даної операції проводиться точіння зовнішньої циліндричної поверхні з $\varnothing 63$ мм до $\varnothing 59,8$ мм на довжину 31 мм попередньо під встановлення її в люнет. Ескіз операції зображений на рис. 3.1.

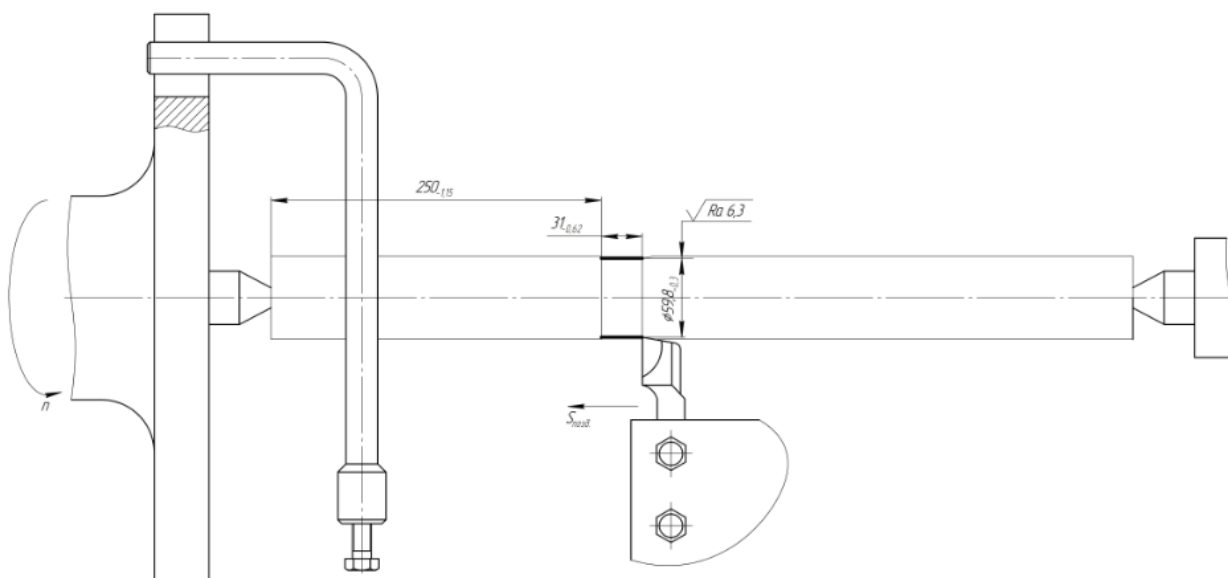


Рисунок 3.1 – Ескіз операції 040 Токарна

Для здійснення операції 040 Токарна використовується наступне обладнання:

- Металорізальний верстат – токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20;
- Пристосування для закріплення заготовки – обертові центра, повідковий патрон, хомут;
- Пристосування для закріплення різального інструменту – чотирьох позиційний різцетримач;
- Інструмент для різання – різець прохідний токарний упорний відігнутий з напаяними твердосплавними пластинками Т5К10 25 × 20 мм ГОСТ 18879-73;

- Інструмент для вимірювання – штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Визначимо глибину різання за наступною формулою:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{63 - 59,8}{2} = 1,6 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Де, D – діаметр поверхні заготовки на попередній операції, $D = 63$ мм;

d – діаметр поверхні заготовки на виконуваний операції, $d = 59,8$ мм.

Визначимо величину подачі. За [27] табл.11 с.266 при діаметру оброблюваної деталі 63 мм, при розміру державки різця 25×20 мм, при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, при глибині різання $t = 1,6$ мм та при обробці на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20 подача рівна $S_{\text{табл.}} = 0,6 \dots 1,2$ мм/об. За приміткою 1 під вищезазначеною таблицею приймаємо значення величини подачі $S_o = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання при точінні зовнішніх циліндричних поверхонь визначається як:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S_o^y} K_V = \frac{350}{45^{0,2} \times 1,6^{0,15} \times 0,6^{0,35}} \times 1,11 = 202,2 \text{ м/хв} \quad (3.2)$$

Де, T – стійкість інструменту;

C_V, m, x, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

K_V – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

За рекомендаціями [27] с.268 при обробці одним інструментом зовнішніх діаметрів різцями $T = 45$ хв.

Коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання при обробці різцями за [27] табл.17 с.269 при поздовжньому точінні прохідними різцями швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та раніше вказаною подачею $S_o = 0,6$ мм/об - $C_V = 350, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,35$.

Поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання визначається як:

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} K_{\phi} = 0,19 \times 0,9 \times 0,65 \times 1 = 0,11 \quad (3.3)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_{PV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{φ} - коефіцієнт, що враховує кут в плані різця;

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, а саме швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, визначаємо за [27] табл.1 с.261 як:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,7 \times \left(\frac{750}{2120} \right)^{1,25} = 0,19 \quad (3.4)$$

Де, K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по можливості оброблювати;

n_V – показник степені;

σ_B – границя міцності при розтязі.

За [28] границя міцності при розтязі для швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 - $\sigma_B = 2120$ МПа.

При обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 різцем із різальної частини, що виконана із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 18879-73 за [27] табл.2 с.262 - $K_r = 0,7$, $n_V = 1,25$.

При стані поверхні заготовки прокат за [27] табл.5 с.263 - $K_{PV} = 0,9$.

При обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та марки інструментального матеріалу твердий сплав Т5К10 ГОСТ 18879-73 за [27] табл.5 с.263 - $K_{IV} = 0,65$.

При головному куті в плані за $\varphi = 90^\circ$ за [7] табл.18 с.271 - $K_{\varphi} = 1$.

Визначимо частоту обертання шпинделя як:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 202,2}{\pi \times 63} = 1021,6 \text{ об/хв} \quad (3.5)$$

За [29] приймаємо дійсну частоту обертання шпинделя $n = 1000$ об/хв.

Визначимо дійсну швидкість різання як:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 63 \times 1000}{1000} = 197,92 \text{ м/хв} \quad (3.6)$$

Визначимо основну складову силу різання – тангенціальну силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p t^x S_o^y V^n K_p = 10 \times 300 \times 1,6^1 \times 0,6^{0,75} \times 197,92^{-0,15} \times 0,17 = 251,67 \text{ Н} \quad (3.7)$$

Де, C_p, x, y, n – коефіцієнт та показники степенів при визначенні тангенціальної сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт при визначенні сили різання.

За [27] табл.22 с.273 при зовнішньому поздовжньому точінні швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 різцем із різальної частини з твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 18879-73 – $C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$.

Поправочний коефіцієнт для визначенні сили різання визначається як:

$$K_p = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} = 0,19 \times 0,89 \times 1 \times 1 = 0,17 \quad (3.8)$$

Де, $K_{MP} = K_{MV} = 0,19$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi P}$ - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані інструменту;

$K_{\gamma P}$ - коефіцієнт, що враховує передній кут інструменту;

$K_{\lambda P}$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза інструменту.

При головному куті в плані інструмента $\varphi = 90^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 18879-73 за [27] табл.23 с.275 - $K_{\varphi P} = 0,89$.

При передньому куті інструмента $\gamma = 10^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 18879-73 за [27] табл.23 с.275 - $K_{\gamma P} = 1$.

При куту нахилу головного леза різального інструменту $\lambda = 0^\circ$ за [27] табл.23 с.275 - $K_{\lambda P} = 1$.

Визначимо основний час обробки вищезазначеної поверхні як:

$$T_o = \frac{Li}{nS_o} = \frac{36 \times 1}{1000 \times 0,6} = 0,06 \text{ хв} \quad (3.9)$$

Де, L – загальна довжина робочого ходу різця;

i – кількість робочих ходів.

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 31 + 1 + 2 + 0 = 36 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 31$ мм;

l_1 – довжина шляху врізання;

l_2 – величина перебігу різця;

l_3 – величина шляху для зняття пробних стружок або для замірів деталі.

Довжина шляху врізання визначається як:

$$l_1 = t \cot \varphi + 1 = 1,6 \times \cot 90^\circ + 1 = 1 \text{ мм} \quad (3.11)$$

За [30] с.17 величина перебігу різця $l_2 = 2$ мм.

За [30] с.17 величина шляху для зняття пробних стружок або для замірів деталі при налаштованих верстатах - $l_3 = 0$.

Кількість робочих ходів приймаємо рівною $i = 1$, оскільки даний припуск є можливість зняти за один прохід.

3.5.2 Розрахунки режимів різання для операції 075 Токарна з ЧПК

Під час даної операції проводиться точіння різальних та каліброваних зубів протяжки. Ескіз операції зображений на рис. 3.2.

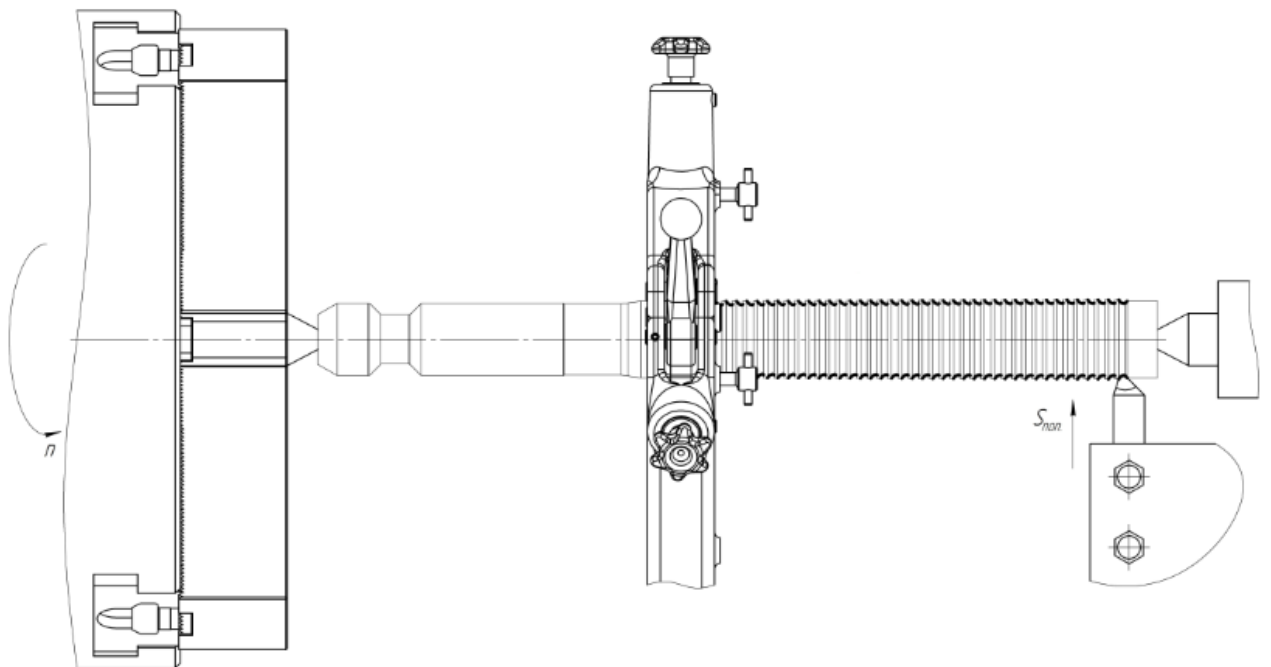


Рисунок 3.2 – Ескіз операції 075 Токарна з ЧПК

Для здійснення операції 075 Токарна з ЧПК використовується наступне обладнання:

- Металорізальний верстат – токарно-гвинторізний верстат моделі з ЧПК 16K20Ф3;
- Пристосування для закріплення заготовки – обертові центра, люнет, 3-кулачковий патрон;
- Пристосування для закріплення різального інструменту – чотирьох позиційний різцетримач;
- Інструмент для різання – різець фасонний канавочний з напаяними твердосплавними пластинками Т5К10 25 × 20 мм;
- Інструмент для вимірювання – калібр спеціальний.

Визначимо величину подачі. При ширині різця до 10 мм, при діаметру обробки понад 60 мм, подача при фасонному точінні (оскільки нарізання різальних та каліброваних зубів подібно фасонному точінні) подача становить $S_{\text{табл.}} = 0,04 \dots 0,085$ мм/об. За приміткою 1 під вищезазначеною таблицею приймаємо значення величини подачі $S_{\text{поп}} = 0,04$ мм/об.

Швидкість різання при фасонному точінні визначається як:

$$V = \frac{C_V}{T^m S_{\text{поп}}^y} K_V = \frac{22,7}{45^{0,3} \times 0,04^{0,5}} \times 0,11 = 40,21 \text{ м/хв} \quad (3.12)$$

Коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання при обробці різцями за [27] табл.17 с.269 при фасонному точінні швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 – $C_V = 22,7$, $m = 0,3$, $y = 0,5$.

За рекомендаціями [27] с.268 при обробці одним інструментом зовнішніх діаметрів різцями $T = 45$ хв.

Поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання визначається за формулою (3.3) і буде рівний:

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} K_{\varphi} = 0,19 \times 0,9 \times 0,65 \times 1 = 0,11$$

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, а саме швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, визначений при розрахунку режимів різання для операції 040 Токарна і становить $K_{MV} = 0,19$.

Коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки визначений при розрахунку режимів різання для операції 040 Токарна і становить - $K_{PV} = 0,9$.

Коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал визначений при розрахунку режимів різання для операції 040 Токарна і становить - $K_{IV} = 0,65$.

При головному куті в плані за $\varphi = 90^\circ$ за [7] табл.18 с.271 - $K_\varphi = 1$.

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою (3.5):

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 40,21}{\pi \times 61,3} = 208,8 \text{ об/хв}$$

За [29] приймаємо дійсну частоту обертання шпинделя $n = 200$ об/хв.

Визначимо дійсну швидкість різання за формулою (3.6):

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 61,3 \times 200}{1000} = 38,52 \text{ м/хв}$$

Визначимо основну складову силу різання – тангенціальну силу різання за формулою (3.7):

$$P_z = 10C_p t^x S_{\text{поп}}^y V^n K_P = 10 \times 212 \times 10^1 \times 0,04^{0,75} \times 38,52^0 \times 0,17 = 322,35 \text{ Н}$$

Де, t – довжина леза різця

Коефіцієнт та показники степенів для визначення головної складової сили різання при обробці різцями за [27] табл.22 с.273 при фасонному точінні швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 – $C_V = 212, x = 1, y = 0,75, n = 0$.

Поправочний коефіцієнт для визначенні сили різання визначається за формулою (3.8) та його величина буде рівна як і для операції 040 Токарна, а саме $K_P = 0,17$.

Визначимо основний час обробки різальних та каліброваних зубів за формулою (3.9):

$$T_o = \frac{Li}{nS_{\text{поп}}} = \frac{4,03 \times 42}{200 \times 0,04} = 21,16 \text{ хв}$$

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + l_1 = 3,03 + 1 = 4,03 \text{ мм} \quad (3.13)$$

Де, l – глибина канавки різального та каліброваного зубів - $l = 3,03$ мм;

l_1 – довжина шляху врізання.

Довжина шляху врізання визначається як:

$$l_1 = l \cot \varphi + 1 = 3,03 \times \cot 90^\circ + 1 = 1 \text{ мм} \quad (3.14)$$

Кількість робочих ходів приймаємо рівною кількості різальних та каліброваних зубів, а саме $i = 42$.

3.5.3 Розрахунки режимів різання для операції 080 Фрезерна з ЧПК

Під час даної операції проводиться фрезерування канавок різальних та калібруючих зубів. Ескіз операції зображений на рис. 3.3.

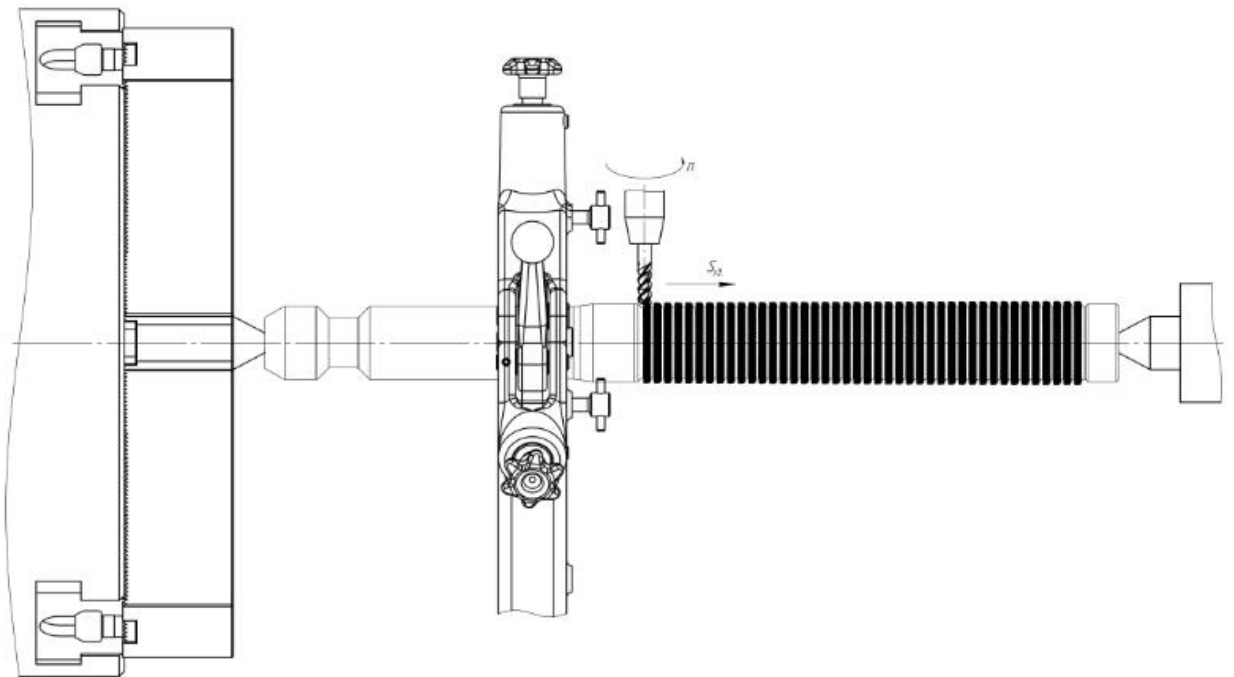


Рисунок 3.3 – Ескіз операції 080 Фрезерна з ЧПК

Для здійснення операції 080 Фрезерна з ЧПК використовується наступне обладнання:

- Металорізальний верстат – вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13Ф3;
- Пристосування для закріплення заготовки – спеціальний пристрій з ділильним механізмом, люнет, обертові центра;
- Пристосування для закріплення різального інструменту – конічний отвір шпинделю верстату;
- Інструмент для різання – фреза кінцева модульна фасонна;
- Інструмент для контролю – калібр канавочний.

Визначимо глибину та ширину фрезерування. Глибина фрезерування вимірюється в напрямку, котрий перпендикулярний до вісі фрези та становить $t = 2,57$ мм. Ширина фрезерування вимірюється в напрямку, котрий паралельний до вісі фрези та становить $B = 1,05$ мм.

Подача на зуб фрези S_z при фрезерування кінцевими фрезами з різальною частиною із твердого сплаву при діаметру фрези до $D = 10$ мм, при глибині фрезерування $t = 2,57$ мм приймаємо рівною за [27] табл.36 с.285 – $S_{z\text{табл}} = 0,01 \dots 0,03$ мм/зуб. За рекомендаціями [27] с.285 приймаємо значення величини подачу на зуб фрези $S_z = 0,01$ мм/зуб.

Подача на оберт буде визначатись за формулою:

$$S_o = S_z \times z = 0,01 \times 2 = 0,02 \text{ мм/об} \quad (3.15)$$

Де, $z = 2$ – кількість зубів фрези.

Швидкість різання при фрезеруванні пазу визначається за формулою:

$$V_p = \frac{C_V D^q}{T^m t^x S_z^y z^p} K_V = \frac{234 \times 10^{0,44}}{80^{0,37} \times 2,57^{0,24} \times 0,01^{0,26} \times 2^{0,13}} \times 0,11 = \quad (3.16)$$

$$= 33,8 \text{ м/хв}$$

Де, T – стійкість інструменту;

D – зовнішній діаметр інструменту;

C_V, m, x, y, p – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

K_V – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

Згідно з технологічних міркувань, кінцева фасонна модульна фреза має зовнішній діаметр $D = 10$ мм.

Стійкість кінцевої фрези при її діаметру $D < 20$ мм за [27] табл.40 с.290 становить $T = 80$ хв.

Поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання був визначений при розрахунку режимів різання на операції 040 Токарна та становить $K_V = 0,11$.

Коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання при обробці кінцевими фрезами з різальною частиною із твердого сплаву [27] табл.39 с.287 – $C_V = 234, q = 0,44, x = 0,24, y = 0,26, p = 0,13, m = 0,37$.

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою (3.5):

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 33,8}{\pi \times 10} = 1076,89 \text{ об/хв}$$

За [33] приймаємо дійсну частоту обертання шпинделя $n = 1150 \text{ об/хв}$.

Визначимо дійсну швидкість різання за формулою (3.6):

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 10 \times 1150}{1000} = 36,13 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_o \times n = 0,02 \times 1150 = 23 \text{ мм/хв} \quad (3.17)$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – тангенціальна сила різання визначається за наступною формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u}{D^q n^w} K_{MP} = \frac{10 \times 12,5 \times 2,57^{0,85} \times 0,01^{0,75} \times 1,05^1 \times 2}{10^{0,73} \times 1150^{-0,13}} \times \quad (3.18)$$

$$\times 0,19 = 163,76 \text{ Н}$$

Де, C_p, x, y, u, q, w – коефіцієнт та показники степенів при визначенні тангенціальної сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт при визначенні сили різання.

За [27] табл.41 с.291 при обробці кінцевими фрезами, різальна частина котрих виконана із твердого сплаву – $C_p = 12,5, x = 0,85, y = 0,75, u = 1, q = 0,73, w = -0,13$.

Поправочний коефіцієнт для визначенні сили різання рівний тому ж коефіцієнт для визначення швидкості різання та становить $K_{MV} = K_{MP} = 0,19$.

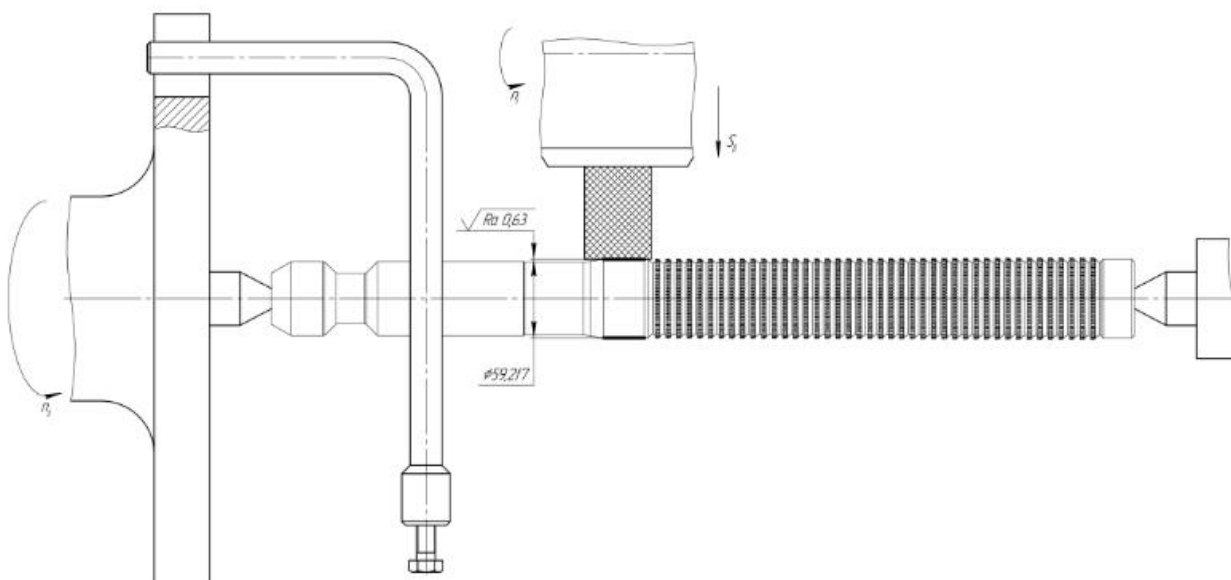
Визначимо основний технологічний час обробки за формулою (3.9):

Визначимо основний час обробки вищезазначеної поверхні за формулою (3.9) як:

$$T_o = \frac{Li}{n S_o} = \frac{8 \times 42}{1000 \times 0,02} = 16,8 \text{ хв}$$

i – кількість різальних та каліброваних зубів.

Під час даної операції проводиться шліфування передньої напрямної з $\varnothing 59,26$ мм до $\varnothing 59,2$ мм остаточно. Ескіз операції зображений на рис. 3.4.



Для здійснення операції 130 Шліфувальна використовується наступне обладнання:

- Металорізальний верстат – круглошліфувальний верстат моделі 3131;
- Пристосування для закріплення заготовки – обертові центра, повідковий патрон, хомут;
- Пристосування для закріплення різального інструменту – закріплення шліфувального круга на обладнанні верстату;
- Інструмент для різання – шліфувальний круг ПП 300x32x50 25А 50 С1 6 К 35 А 3;
- Інструмент для контролю – калібр-скоба.

Визначимо глибину різання за формулою (3.1):

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{59,26 - 59,2}{2} = 0,03 \text{ мм}$$

Визначимо ефективну потужність при врізному шліфуванні периферією круга:

$$N = C_N V_3^r S_p^x d^q b^z = 0,14 \times 30^{0,8} \times 0,003^{0,8} \times 59,2^{0,2} \times 31^1 = 1,43 \text{ кВт} \quad (3.19)$$

Де, C_N, r, x, q, z – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності різання;

V_3 – швидкість обертального руху заготовки;

S_p – радіальна подача;

d – діаметр шліфування;

b – ширина шліфування.

При круглому зовнішньому врізному остаточному шліфуванні – швидкість круга $V_K = 35 \text{ м/с}$, швидкість заготовки $V_3 = 30 \text{ м/хв}$, за [27] табл.55 с.302 подача $S_{p\text{табл}} = 0,001 \dots 0,005 \text{ мм/об.}$ Приймаємо радіальну подачу рівною $S_p = 0,003 \text{ мм/об.}$

При круглому зовнішньому врізному остаточному шліфуванні, зернистості шліфувального круга 50 та його твердості С1 за [27] табл.56 с.303 – $C_N = 0,14, r = 0,8, x = 0,8, q = 0,2, z = 1$.

Діаметр шліфування згідно операції становить $d = 59,2 \text{ мм}$.

Ширина шліфування рівна довжині зовнішньої циліндричної поверхні, над якою здійснюється обробка і становить $b = 31 \text{ мм}$.

За [31] потужність електродвигуна верстату становить $N_{\text{дв}} = 4 \text{ кВт}$. Тоді, максимальна потужність в процесі шліфування повинна бути менше $N_e = 0,75 \times N_{\text{дв}} = 3 \text{ кВт}$.

Оскільки в процесі виконання операції 130 Шліфувальна при остаточному шліфування виникає потужність, менша за допустиму для даного верстату: $N_e < N_{\text{дв}} \rightarrow 1,43 \text{ кВт} < 3 \text{ кВт}$.

Основний технологічний час на обробку визначається як:

$$T_o = \frac{t + l}{2 \times S_p \times n_3} = \frac{0,03 + 0,2}{2 \times 0,003 \times 160} = 0,03 \text{ хв} \quad (3.20)$$

Де, t – глибина різання;

l – величина врізання шліфувального круга;

n_3 – частота обертання заготовки.

Величина врізання шліфувального круга при обробці за [32] становить $l_{\text{табл.}} = 0,1 \dots 0,3$ мм. Приймаємо значення врізання інструменту $l = 0,2$ мм.

Частоту обертання заготовки визначимо за формулою (3.5):

$$n_3^* = \frac{1000V_3}{\pi D} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 59,2} = 161,31 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за [31] частоту обертання заготовки $n_3 = 160$ об/хв.

4 START-UP ПРОЕКТ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ОТВОРУ

Виконаємо розробку start-up проекту протяжки для обробки шліцьового отвору. Для цього необхідно відповісти на ряд запитань, сформувавши при цьому стратегію поведінки підприємства, основні переваги проекту, конкуренто спроможності і так далі. Для цього зведемо всі ці дані для наочності до таблиць.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Розробка протяжки для обробки шліцьового отвору	Обробка шліцьових отворів в серійному/масовому типі виробництва	Підвищена точність, якість отриманого отвору, вартість продукту

Таблиця 4.2 – Визначення характеристики ідеї проекту та конкурентів

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні концепції					
		Мій проект			Інструмент, що використовувався на підприємстві		
		S	N	W	S	N	W
1	Вартість	+	-	-	+	-	-
2	Продуктивність	+	-	-	-	+	-
3	Точність	+	-	-	-	-	+

Таблиця 4.3 – Технологічний аудит ідеї проекту

№	Технологічна вимога	Технологія реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Виготовлення інструменту	Закупівля заготовок для робочої та хвостової частин	+	+
2	Наявність верстату	Придбання протягувального верстату	+	+
3	Наявність кінцевих профільних фрез для фрезерування канавок	Замовлення або виготовлення кінцевих профільних фрез	+	+
4	Використання ЗОТС	Закупівля ЗОТС у постачальника	+	+
5	Пристосування для заточування	Закупівля пристосування для заточування протяжки	+	+
6	Пристосування для контролю точних поверхонь	Закупівля калібр-скоб для контролю	+	+

Таблиця 4.4 – Попередній аналіз потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Аналіз показників
1	Кількість підприємств-постачальників	1
2	Обсяг продаж	Невідомий
3	Динаміка ринку	Постійна необхідність
4	Обмеження для входу в ринок	Важкість через сталі зв'язки між постачальником та споживачем
5	Спеціальні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність міжнародним стандартам, технічним вимогам підприємства
6	Середня норма рентабельності впровадження ідеї	80%

Таблиця 4.5 – Аналіз клієнтів для start-up проекту

№	Формуюча потреба ринку	Аудиторія	Відмінності у поведінці клієнтів	Вимоги споживачів
1	Висока якість обробки шліцьового отвору та стійкість інструменту	Крупносерійне або масове виробництво на машинобудівних підприємствах	Ціна, фізичні та геометричні характеристики інструменту, експлуатаційні та функціональні можливості	Точність та якість продукції, висока експлуатаційна стійкість, можливість отримання консультації від постачальника
2	Забезпечення точності та якості шліцьового отвору			

Таблиця 4.6 – Фактори загроз впровадження start-up проекту

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Інфляція	Підвищення цін на затрати на виробництво продукції	Збільшення вартості продукції
2	Конкурентоспроможність	Зменшення темпів розвитку компанії	Маркетингова компанія для підвищення популярності бренду
3	Економічний стан країни	Можливий додатковий податок на прибуток	Збільшення вартості продукції

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей впровадження start-up проекту

Фактор	Можливість	Можлива реакція компанії
Вхід до ринку інструментального виробництва	Продаж продукції різноманітним компаніям	Активне розширення виробництва

Таблиця 4.8 – Аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	Визначення характеристики	Вплив на компанію
1	Тип конкуренції – монополістичний	Ринок постачальників шліцьових протяжок не широкий	Можливість при достатніх зусиллях зайняти нішу ринку
2	Рівень конкурентної боротьби – міжнародний	На сьогодні кожен виробник може забезпечити собі міжнародну співпрацю	Розвиток та підвищення впізнаваності бренду
3	Галузева ознака – внутрішньогалузева	Шліцьові протяжки використовуються тільки для обробки шліцьових отворів	Зосередження на одній галузі машинобудування
4	Характер конкурентних переваг – технічна	Збільшення точності обробки отвору, удосконалення експлуатаційних характеристик інструменту,	Розвиток компанії з технічної сторони з закріпленням на ринку під ознакою «професіоналізм»
5	Інтенсивність - технічна	Завоювання споживачів за рахунок точного, якісного продукту	Збільшення попиту на замовлення за рахунок впевненості в продукції компанії

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентної спроможності

№	Фактор конкурентної спроможності	Обґрунтування даного фактору
1	Експлуатаційна можливість	Простота у використанні
2	Вартість	Забезпечення вимоги якість = ціна
3	Якість продукції	Відповідність продукції технічним вимогам

Таблиця 4.10 – Аналіз сильних та слабких якостей продукції

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали (1-20)	Рейтинг спроектованого товару						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Експлуатаційна можливість	10				+			
2	Вартість	12			+				
3	Якість продукції	18							+

Таблиця 4.11 – Цільові групи потенційних споживачів

№	Цільова група	Інтенсивність сприйняття продукту	Орієнтований попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу
1	Машинобудування	90%	110 шт/рік	90%	30%
2	Верстатобудування	55%	150 шт/рік	85%	60%
3	Автомобілебудування	75%	200 шт/рік	95%	65%

Таблиця 4.12 – Визначення стратегії розвитку продукту

Унікальність ідеї-проекту	Пошук нових клієнтів або залучення клієнтів конкурентів	Запозичення характеристик конкурентів	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Так	Ні	Пристосування

Таблиця 4.13 – Визначення стратегії позиціонування продукту

№	Вимоги до продукту аудиторії	Стратегія розвитку	Ключові позиції власного продукту	Асоціації комплексності позиції
1	Експлуатаційна можливість	Комбінована	+/-	+/-
2	Вартість		+/-	-
3	Якість продукції		+	+

Таблиця 4.14 – Визначення переваг концепції товару

№	Вимога	Перевага впровадження концепції	Переваги перед конкурентами
1	Експлуатаційна можливість	Високий період стійкості	Більший час роботи інструменту між переточуваннями
2	Вартість	Концепція якість = ціна	Краща якість за таку ж вартість
3	Якість продукції	Забезпечення точності отвору та технічних вимог	Покращена точність та якість отриманого отвору

Таблиця 4.15 – Визначення меж встановлення вартості продукції

Ціни на замінники	Ціни на аналоги	Доходи цільової групи	Межі встановлення ціни на товар
40000	25000	-	25000-40000

Таблиця 4.16 – Формування системи збуту продукту

Специфіка закупівельної поведінки споживачів	Функція збуту компанії	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Покрокова	Консультації, представлення пробного продукту, демонстрація можливостей, надання скидок першим покупцям	Початкова	Корпоративна вертикальна

Таблиця 4.17 – Концепція маркетингової комунікації

Специфіка поведінки споживачів	Канали комунікацій споживачів	Ключові позиції	Завдання маркетингу	Стратегія маркетингу
Забезпечення точності, низька вартість	Телефон, інтернет, зустрічі, виставки	Вартість, точність, надійність	Інформативно донести до аудиторії переваги використання продукту	Надійність та якість

В результаті проведеного аналізу, можна зробити висновок, що даний start-up проект є перспективним для завоювання ринку в вказаному напрямку.

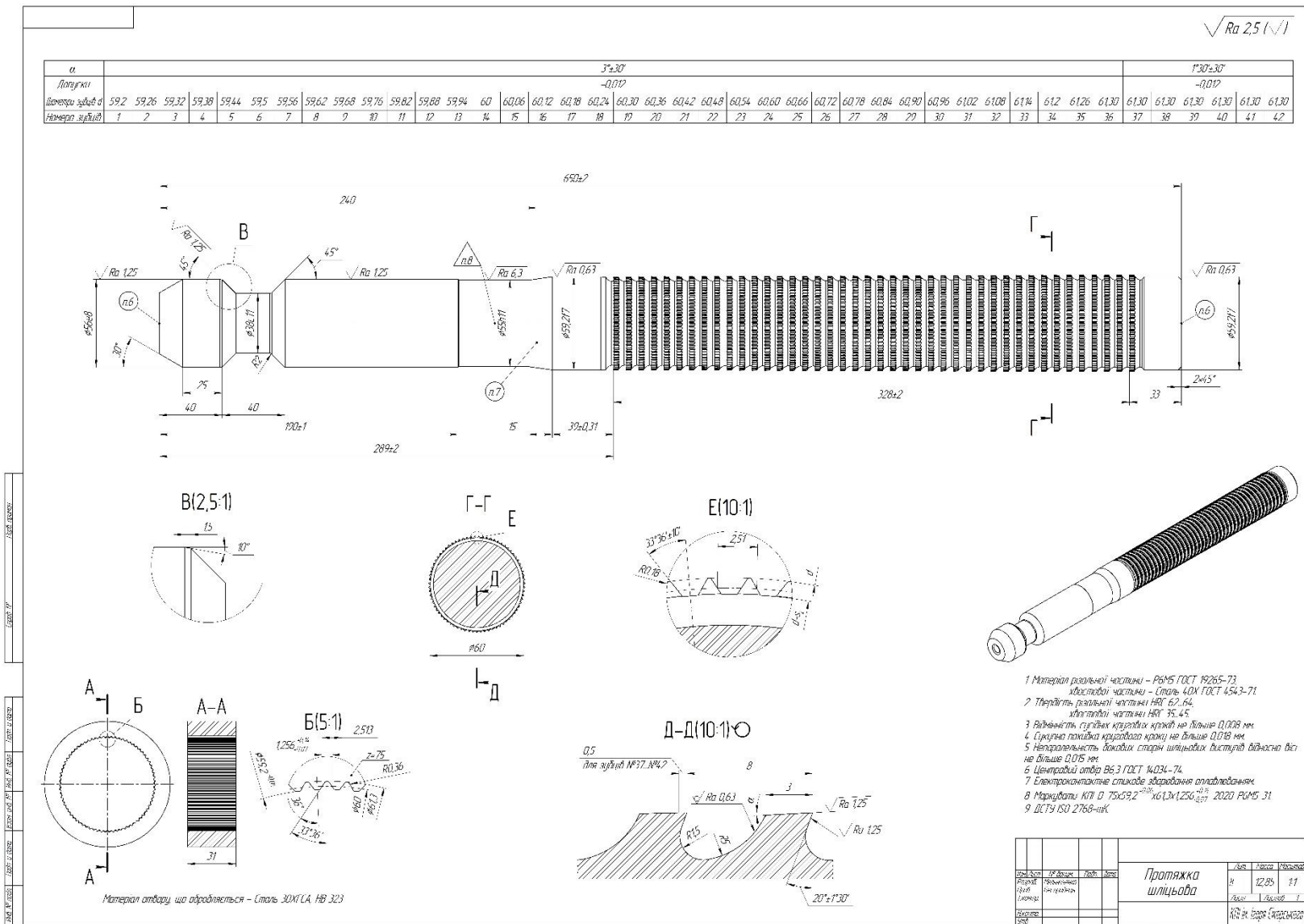
ЛІТЕРАТУРА

1. Шліцьові з'єднання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5398879/page:7/>.
2. Шліцьові з'єднання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.com.ua/1_288657_shlitsovi-ziednannya.html.
3. НАРЕЗАНИЕ ШЛИЦОВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://kvadromash.ru/narezanie-shlitsov/>.
4. Шліцьові з'єднання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/72540/tehnika/shlitsovi_zyednannya.
5. Сталь 30хгса - характеристика, свойства [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.thermet.com/articles/all/stal-30hgsa/>.
6. Долбление шлицевых отверстий [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/6337941/page:18/#60>.
7. По долблению колёс и шлицов внутреннего зацепления [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipmaker.ru/topic/151284/>.
8. Технология шлицевого протягивания отверстий [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wikimetall.ru/oborudovanie/protyazhka.html>.
9. Что такое ПРОТЯЖКА? Качество поверхности после протягивания. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=OLWwF7qWZ3k>.
10. Протяжки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.info.instrumentmr.ru/protiagki2.shtml>.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
12. Протяжка шлицевая Д10х50х55 (1290/920) 2402 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nikolaevinstrument.com.ua/p771005430-protyazhka-shlitsevaya-d10h50h55.html>.

13. Протяжки шлицевые – эффективный способ обработки металлических деталей [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tutmet.ru/protjzhki-shlicevye-gost-instrument-vidy-braka.html>.
14. Протяжки шліцеві. Методичні вказівки до навчальної дисципліни «Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва». /Уклад.: В. І. Солодкий. – 2011. – 84 с.
15. Щеголов А. В. Конструирование протяжек / А. В. Щеголов. – Москва: Машгиз, 1960. – 353 с.
16. Протяжные работы. Учеб. пособие для индивидуального и бригадного обучения рабочих на производстве. Изд. 2-е, переработ, и доп. М., «Высш. школа», 1968. 247с.
17. 7Б56 Станок горизонтально-протяжной [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://stanki-katalog.ru/sprav_7b56.htm.
18. Демидов В. В. Расчет и проектирование протяжек. В 2 ч. Ч. 1. Внутренние круглые протяжки: учебное пособие / В. В. Демидов, Г. И. Киреев, М. Ю. Смирнов. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 54 с.
19. ГОСТ 2475-88 Проволочки и ролики. Технические условия.
20. ГОСТ 4044-48 Протяжки круглые. Хвостовики под быстросменные патроны. Основные размеры.
21. Виды и способы изготовления заготовок [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tehnar.net.ua/vidyi-i-sposobyi-izgotovleniya-zagotovo/>.
22. Протяжки для обработки отверстий / Д. К. Маргулис, М. М. Тверской, В. Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение, 1986.
23. Припуск [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.optprommetiz.ru/catalog/stati-kataloga/priпуск.php>.
24. Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» / сост. Т.А. Желобова; Владим. Гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. – 52 с.

25. ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.
26. Барсов А. И. ТЕХНОЛОГИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА / А. И. Барсов. – Москва: МАШГИЗ, 1952. – 309 с.
27. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
28. Марки быстрорежущей стали и таблица физических свойств [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://arxipedia.ru/materialy-i-svojstva/instrumentalnye-materialy/marki-bystrorezhushhej-stali-i-tablica-fizicheskix-svojstv.html>.
29. Паспортні дані верстату моделі 16K20.
30. Байкалова В. Н. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ / В. Н. Байкалова, А. М. Колокатов, И. Д. Малинина. – Москва, 2000. – 19 с. – (Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина).
31. Паспортні дані верстату моделі 3131.
32. Определение машинного времени при шлифовании Количество проходов определяется на основе разности диаметров заготовки до и после шлифования [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://lab2u.ru/opredelenie-mashinnogo-vremeni-pri-shlifovanii-kolichestvo-prokhodov-opredeliaetsia-na-osnove-raznosti-diametrov-zagotovki-do-i-posle-shlifovaniia-spravochnik-hoffmann-group-2012-obrabotka-materialov-rezaniem-str-1028-1052-lab2u.html>.
33. Паспортні дані верстату моделі 6P13Ф3.

ДОДАТОК 1 – КРЕСЛЕННЯ ПРОТЯЖКИ



ДОДАТОК 2 – ЗВІТ З СИМУЛЯЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ
ПРОТЯЖКИ

Протяжка_спрощена

Інформація о проекте

Организация	
Автор	
Дата создания отчета	03.06.2020; 0:42:54
Используемая программа	APM FEM для КОМПАС-3D v18.1 (ООО НТЦ "АПМ")

Содержание

1. [Введение](#)
2. [Модель](#)
3. [Информация о материалах](#)
4. [Информация о нагрузках](#)
5. [Информация о закреплениях](#)
6. [Конечно-элементная сетка](#)
7. [Результаты](#)
8. [Заключение](#)

1) Введение

Симуляция нагрузки на протяжку во время процесса тяги инструмента. Модель выполнена упрощено из-за технических ограничений.

2) Модель



3) Информация о материалах

N	Имя детали	Материал	Толщина пластины [мм]
1	Протяжка_спрощена.m3d	Включить в спецификацию	

Название материала: **включить в спецификацию**

Предел текучести [МПа]	235	По умолчанию
Модуль упругости нормальный [МПа]	200000	По умолчанию
Коэффициент Пуассона	0.3	По умолчанию
Плотность [кг/м³]	7800	По умолчанию
Температурный коэффициент линейного расширения [1/С]	0.000012	По умолчанию
Теплопроводность [Вт/(м*С)]	1	По умолчанию
Предел прочности при сжатии [МПа]	410	По умолчанию
Предел выносливости при растяжении [МПа]	209	По умолчанию
Предел выносливости при кручении [МПа]	139	По умолчанию

4) Информация о нагрузках

Наименование	Выбранные объекты	Параметры нагрузки	Загружение
Распределенная сила:	Грани: 1	Вектор силы: X = -44290; Y = 0; Z = 0 Величина: 44290 Н	Загружение0

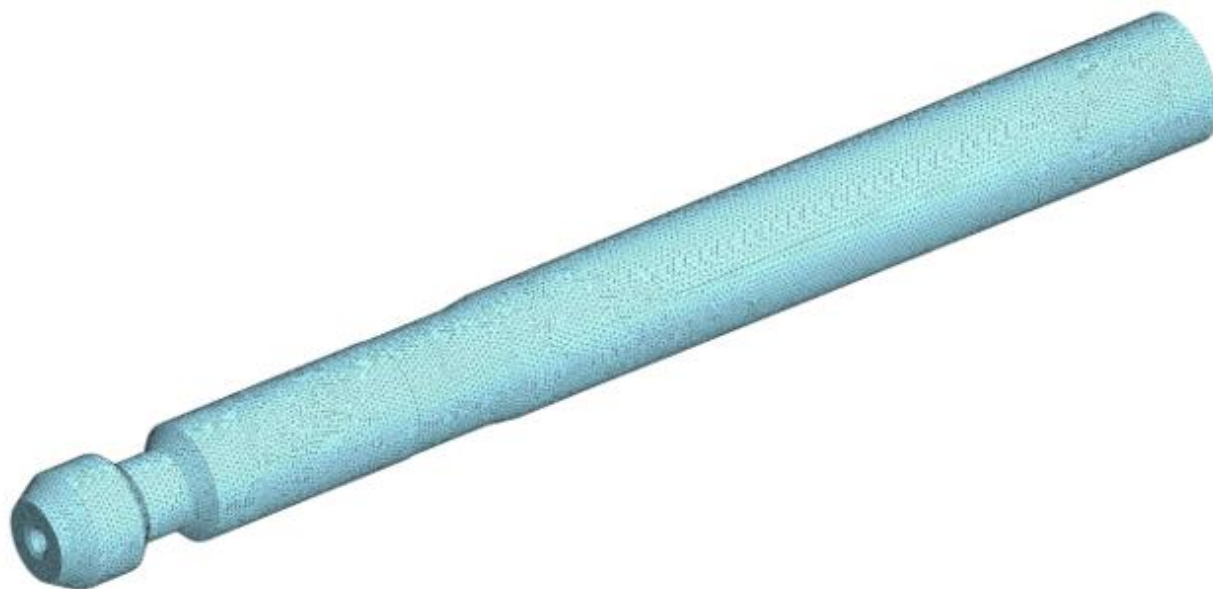
5) Информация о закреплениях

Наименование	Выбранные объекты	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]	Rot. X [град]	Rot. Y [град]	Rot. Z [град]
Закрепление:	Грани: 1	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.	-	-	-

6) Конечно-элементная сетка

Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Тип элементов	10-узловые тетраэдры
Максимальная длина стороны элемента [мм]	3
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	95479
Количество узлов	166101



7) Результаты

Расчетным ядром системы APM FEM для КОМПАС-3D является программное средство «Конечно-элементная программная система APM Structure3D», имеющее Аттестационный паспорт №330 от 18.04.2013 г., выданный Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), ФБУ "НТЦ ЯРБ".

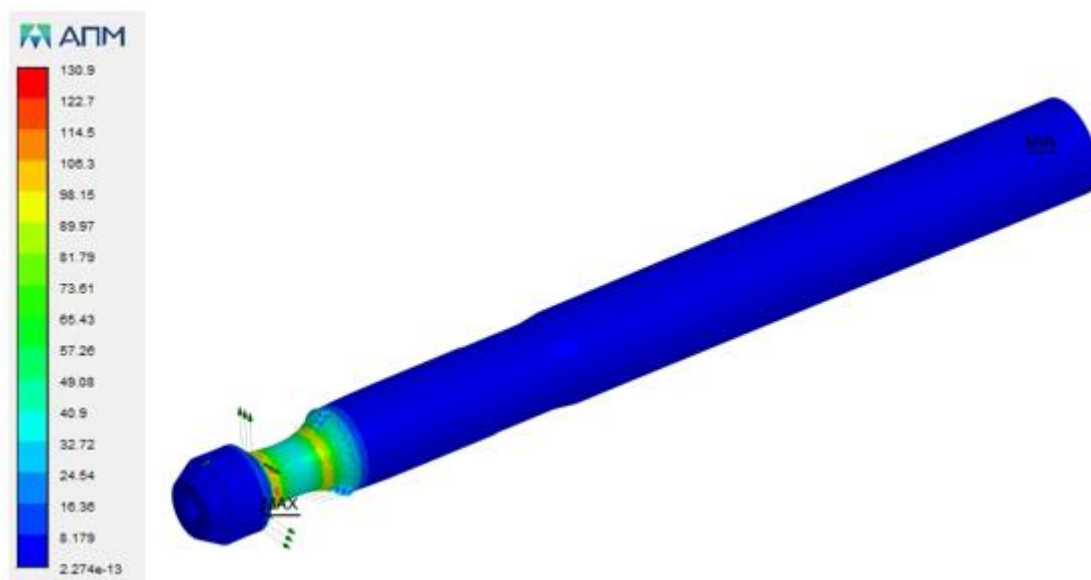
Результаты статического расчета

Для нагружения	Загружение0
----------------	-------------

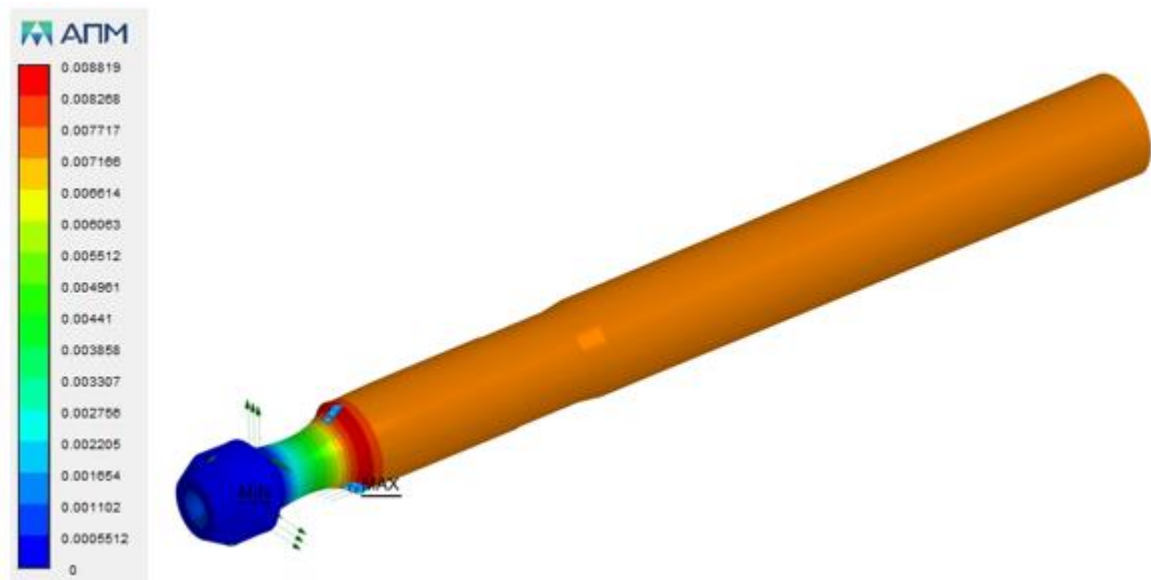
Инерционные характеристики модели

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	12.720205
Центр тяжести модели [м]	(-0.053384; -0; -0)
Моменты инерции модели относительно центра масс [кг*м ²]	(0.005344; 0.394693; 0.394693)
Реактивный момент относительно центра масс [Н*м]	(-0.014824; -0.005267; 0.034305)
Суммарная реакция опор [Н]	(44333.40252; 0.137654; 0.028817)
Абсолютное значение реакции [Н]	44333.402521
Абсолютное значение момента [Н*м]	0.03774

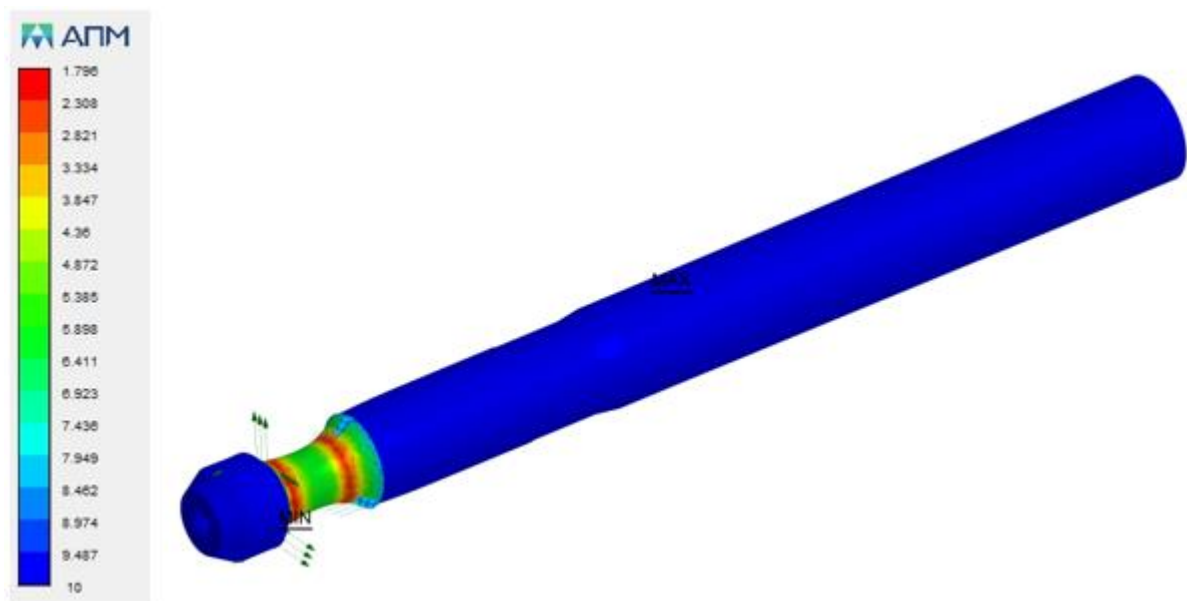
Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0	130.869468



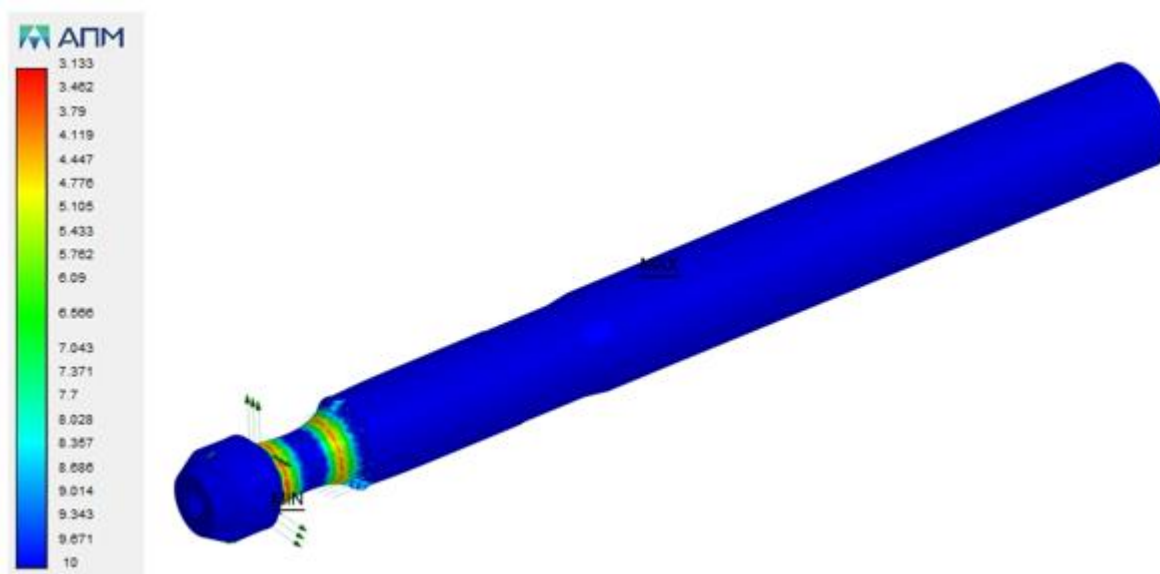
Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0	0.008819



Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по текучести		1.79569	10



Коэффициент запаса по прочности		3.132906	10
---------------------------------	--	----------	----



ДОДАТОК 3 – КАРТИ НАЛАДКИ

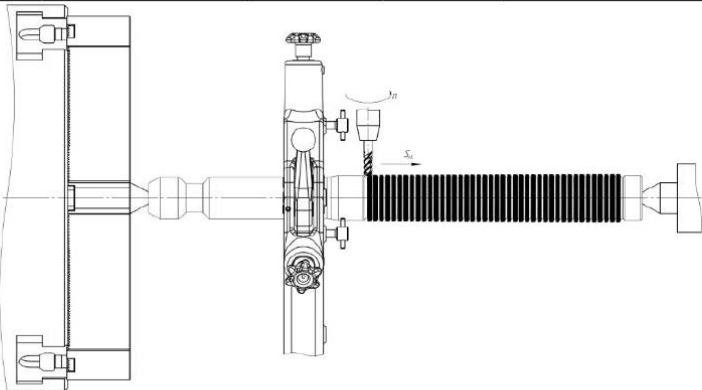
3.1 Карта наладки операції 040 Токарна

Розроб.	Мельниченко																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
---------	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3.2 Карта наладки 075 Токарна з ЧПК

[illegible]

3.3 Карта наладки 080 Фрезерна з ЧПК

Розроб.	Мельниченко									
Нормув.	Бесарабець									
				Протяжка для обробки шліцевого отвору						
				Найменування операції				Матеріал		
				080 Фрезерна з ЧПК				Сталь швидкорізальна Р6М5 ГОСТ 19265-73		
				Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
				Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		
				Вертикально-фрезерний з ЧПК верстат моделі 3131						
				To	Tв	Tп.з.	Tшт.	MOP		
	0,03									
P		III	B,мм	L,мм	t,мм	i	S _{хв} ,мм/хв	n,об/хв	v,м/хв	
O01	1. Встановити, закріпити									
T02	Обертів центра, спеціальний пристрій з ділильним механізмом, хомут.									
O03	2. Фрезерувати канавки різальних та каліброваних зубів									
T04	Фреза кінцева модульна фасонна									
P05			1,05	8	2,57	42	23	1150	36,13	
T06	Калір канавочний спеціальний									
O07										
T08										
P09										
T10										
OK										

3.4 Карта наладки 130 Шліфувальна

[illegible]

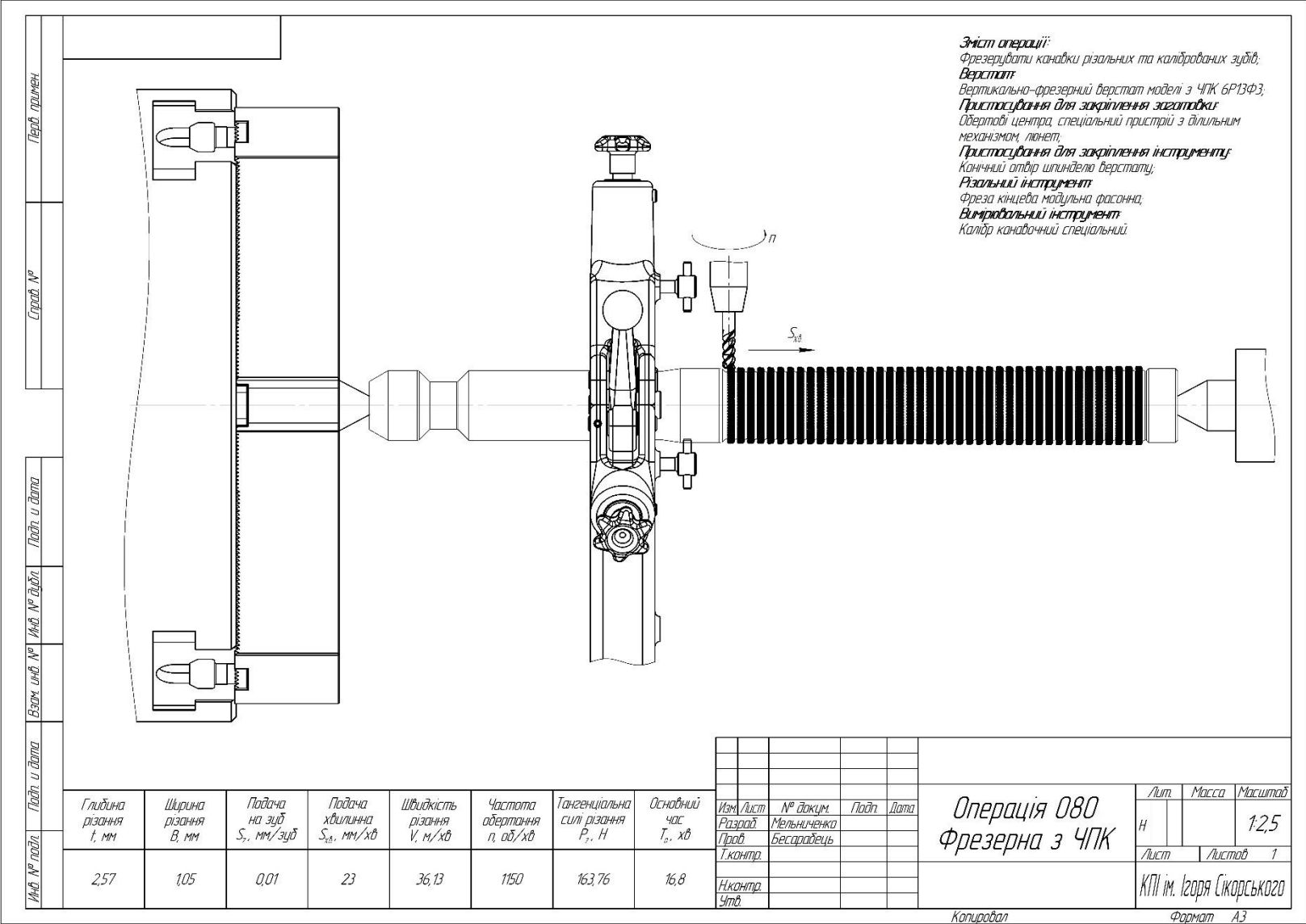
4.1 Схеми операції 040 Токарна



4.2 Схеми операції 075 Токарна з ЧПК

Перед. промен						<p>Зміст операції: Точити різальні та калібровані зуби (4,2 шт.); Верстат: Токарно-гвинтарізний верстат моделі з ЧПК 16К20Ф3; Пристосування для закріплення заготовки: Обдертів центра, 3-кулачковий патрон, люнет; Пристосування для закріплення інструменту: Різцетримач чотирьох-позиційний; Різальний інструмент: Різець фасонний канавочний з напаяними твердосплавними пластинками Т5К10 25×20 мм; Вимірвальний інструмент: Калібр спеціальний.</p>							
Сторін №													
Підп. і дата	Інв. № докл.	Взам. инв. №	Підп. і дата	Інв. № докл.	Взам. инв. №	<p>Операція 075 Токарна з ЧПК</p>				Лист	Масса	Масштаб	
Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.					Н	Лист	Листов	1
Довжина леза l , мм	Подача на оберт S_0 , мм/об	Швидкість різання V , м/хв	Частота обертання n , об/хв	Сила різання P_z , Н	Основний час T_0 , хв	Изм/Лист	№ док-м	Підп.	Дата	<p>Копіював</p> <p>Формат А3</p>			
10	0,04	38,52	200	322,35	21,16	Розроб.	Мельниченко	Лист	Дата				
						Проб.	Бесарабєць						
						І.контр.							
						Н.контр.							
						Чтв.							

4.3 Схема операції 080 Фрезерна з ЧПК



4.4 Схема операції 130 Шліфувальна

Перед. промен.

Стор. №

Підп. і дата

Інв. № оділ.

Взам. инв. №

Підп. і дата

Інв. № год.

Ра 0,63

300

59,26

n

S_p

n_2

Зміст операції:
Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню з $\phi 59,26$ мм по $\phi 59,2$ мм на довжину 31 мм.
Верстат:
Кругло-шліфувальний верстат моделі 3131.
Пристосування для закріплення заготовки:
Обертіві центри, повідковий патрону, хомут.
Пристосування для закріплення інструменту:
В абдаданні верстату.
Різальний інструмент:
Круг шліфувальний ПП 300х32х50 25А 50 С1 6 К 35 А 3;
Інструмент для контролю:
Калібр-скоба.

Глибина різання t , мм	Радіальна подача S_p , мм/од	Швидкість обертання заготовки V_s , м/хв	Швидкість обертання круга V_k , м/с	Ефективна потужність N_e , кВт	Основний час T_o , хв	Ізм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Операція 130 Шліфувальна			Лит.	Маса	Масштаб
0,03	0,003	30	35	14,3	0,03	Разраб.	Мельниченко			Н					1:2,5
						Проб.	Бесарабєць			Лист	Листов	1	КПІ ім. Ігоря Сікорського		
						Н.контр.									
						Утв.				Копірабдл					
										Формат А3					

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ” ім І.Сікорського
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

Протяжка для обробки
шліцьових отворів

Виконав: ст. гр. МІ-91мп Мельниченко А.В.
Науковий керівник: доц., к.т.н. Бесарабець Ю.Й.

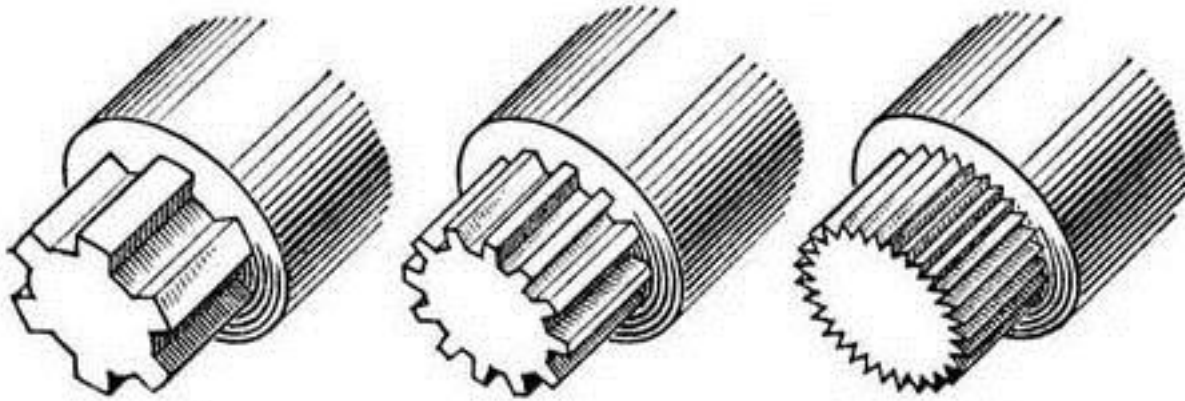
Київ – 2020

Метою магістерської дисертації є проектування протяжки для обробки шліцьового отвору



Аналіз шліцьового з'єднання

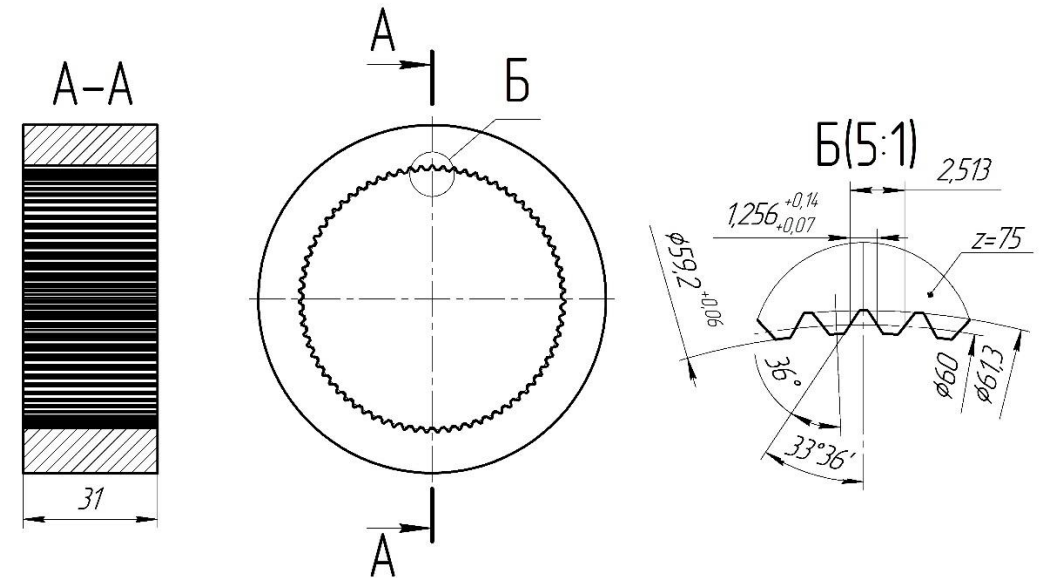
Види шліцьових з'єднань



Переваги шліцьових з'єднань в порівнянні зі шпонковими:

- шліцьові з'єднання передають великі моменти;
- забезпечують краще центрування деталей на валу;
- мають більш високу міцність валу внаслідок меншої концентрації напружень;
- деталі мають повну взаємозамінність.

Ескіз отвору, котрий необхідно отримати



Способи отримання шліцьових отворів

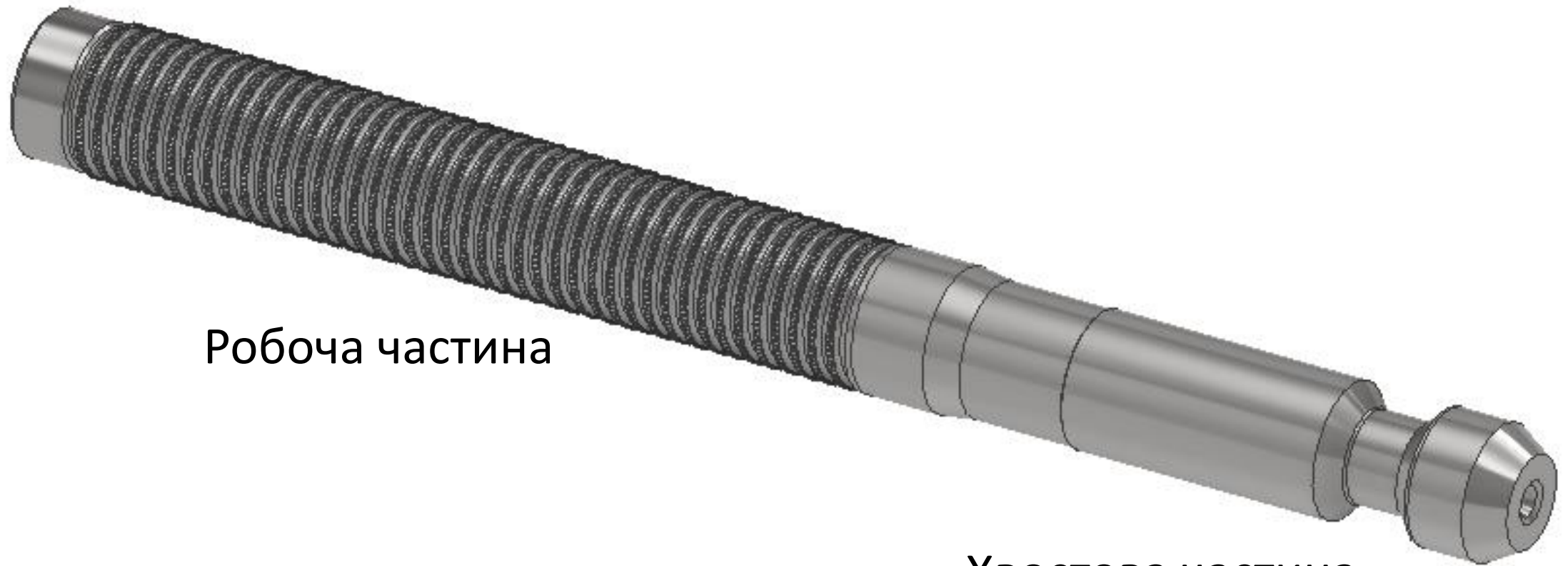
Довбання внутрішніх шліців



Протягування шліцьового отвору



Протяжка для обробки шліцьового отвору

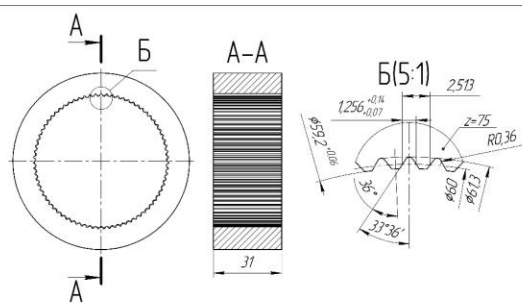
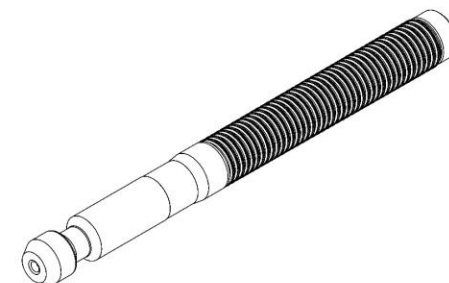
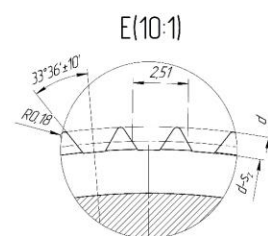
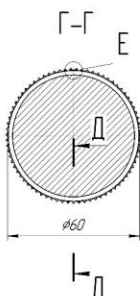
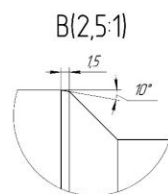
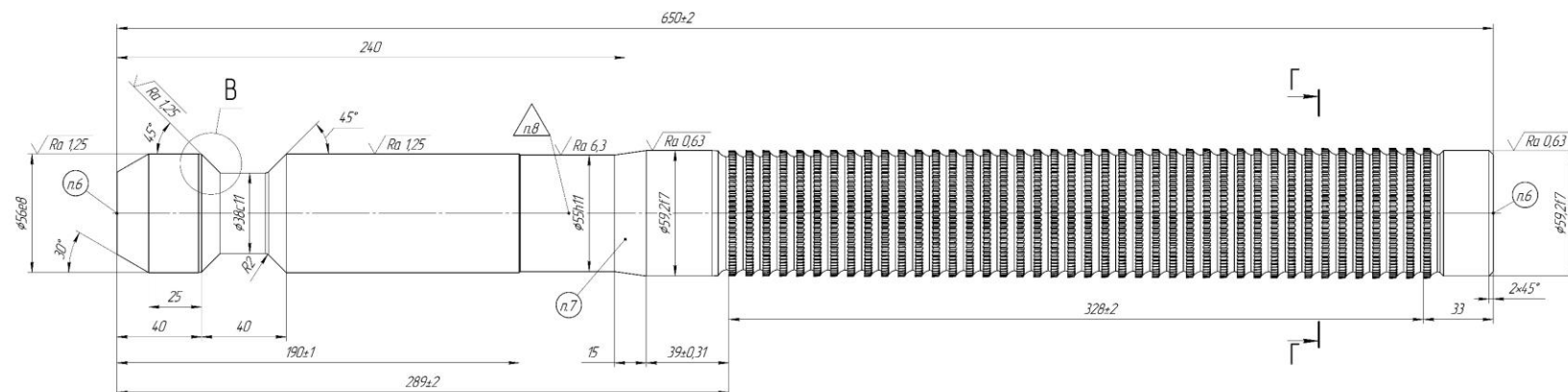


Робоча частина

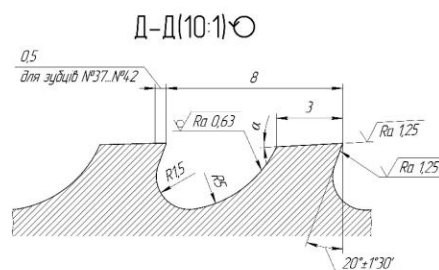
Хвостова частина

Робоче креслення шліцьового отвору

α	$3^{\circ} \pm 30'$																																$1^{\circ} 30' \pm 30'$									
Долгота	-0.012																																-0.012									
Получены из наблюдений	59.2	59.26	59.32	59.38	59.44	59.5	59.56	59.62	59.68	59.76	59.82	59.88	59.94	60	60.06	60.12	60.18	60.24	60.30	60.36	60.42	60.48	60.54	60.60	60.66	60.72	60.78	60.84	60.90	60.96	61.02	61.08	61.14	61.2	61.26	61.30	61.30	61.30	61.30	61.30		
Номера наблюдений	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42



Матеріал отбору, що обробляється – Сталь 30ХГСА, НВ 323



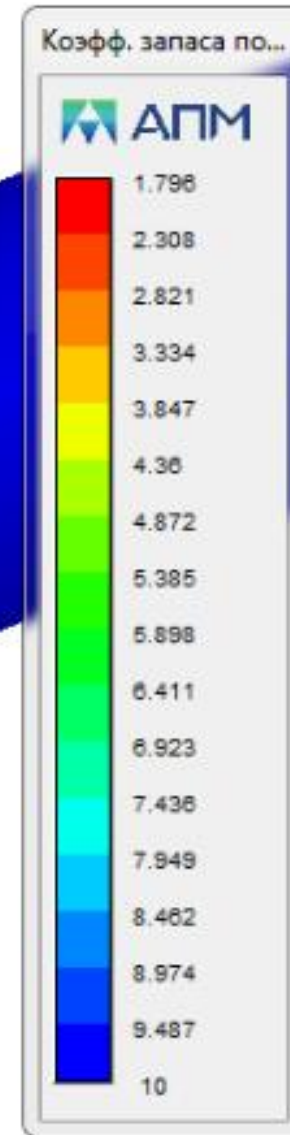
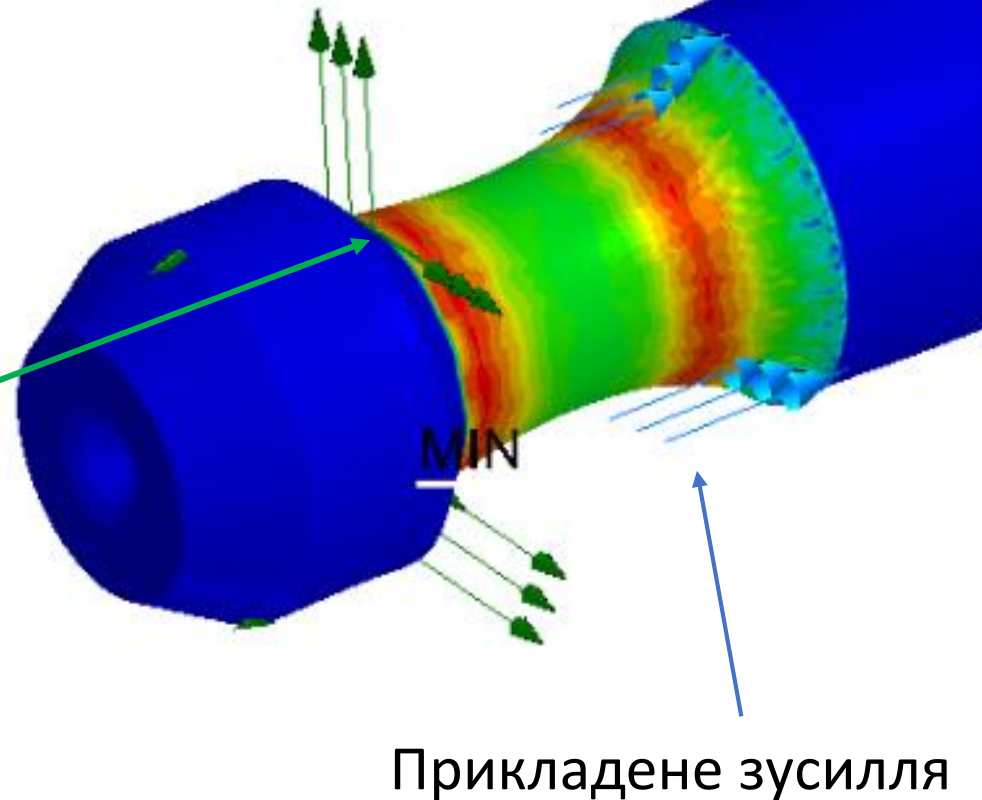
- 1 Матеріал різьбленої частини – Р6М5 ГОСТ 19265-73, хідності частини – ступінь 40Х ГОСТ 4343-71
- 2 Твердість різьбленої частини – HRC 56-58, хідності частини – HRC 35-45
- 3 Вдійнятість сусідніх кулачкових кромок не більше 0,008 мм
- 4 Суккупна похибка кругового кроку не більше 0,018 мм
- 5 Неперпендикулярність бокових сторін шлицевих виступів відносно вісі не більше 0,075 мм
- 6 Центровий отвір В6,3 ГОСТ 14034-74
- 7 Електроконтактна стійкість зображення опалюванням
- 8 Маркування: КПЛ-0-75х59,2^{0,018}_{0,017}х1256^{0,017}_{0,017}–2020–Р6М5–31
- 9 ДСТУ ISO 2768-mS

[illegible]

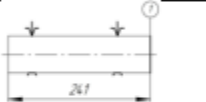

Симуляція навантаження на інструмент

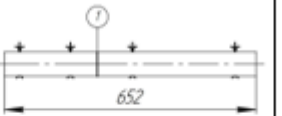

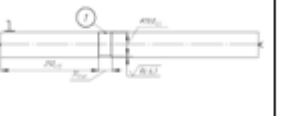
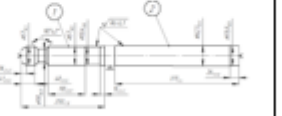
Критичне значення
коефіцієнту запасу – 1,796


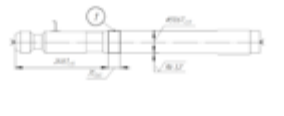



Опорна поверхня



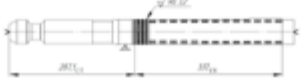


Розробка технологічного процесу виготовлення

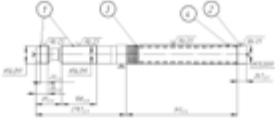
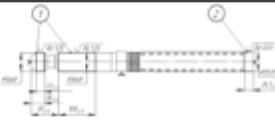

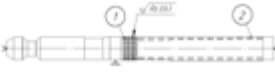

№№	Назва операції, порядок та зміст операції/переходів	Ескіз операції/переходу	Верстатне обладнання, різальний та вимірний інструмент
1	2	3	4
005	<u>Відрізка</u> Відрізати заготовку для хвостової частини (1)		Природна можливість, лінійка
010	<u>Відрізка</u> Відрізати заготовку для робочої частини (1)		Природна можливість, лінійка
015	<u>Очистка</u> Очистити заготовки для робочої та хвостової частини піском	-	Піскоструминний апарат


1	2	3	4
020	<u>Зварка</u> Електроконтактне стикове зварювання оплавленою робочою та хвостовою частини (1)		Зварювальний інверторний напіваапарат
025	<u>Торічча</u> Низький відпил	-	Піла безперервного відпилу
030	<u>Центрування</u> Фрезерувати торці (1) та (2), центрувати заготовку (3) та (4).		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942, торцева фреза, центрувальне свердло
035	<u>Правка</u>	-	Ручний прес, прилипи
040	<u>Точарна</u> Точити поверхню (1) під лонгет		Точарно-гвинторізний верстат 16К20, різальний контурний, штангенциркуль
045	<u>Точарна з ЧПК</u> Попереднє точіння хвостової (2) та робочої (1) частини		Точарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різальний контурний, штангенциркуль
050	<u>Торічча</u> Відпил заготовки	-	Піла безперервного відпилу

1	2	3	4
055	<u>Центрування</u> Фрезерувати торці (1) та (2), та відновити центра заготовки (3) та (4).		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942, торцева фреза, центрувальне свердло
060	<u>Точарна</u> Точити поверхню (1) під лонгет остаточно		Точарно-гвинторізний верстат 16К20, різальний, штангенциркуль
065	<u>Точарна з ЧПК</u> Остаточне точіння хвостової (2) та робочої (1) частини		Точарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різальний, контурний, штангенциркуль
070	<u>Точарна з ЧПК</u> Контурне точіння протязки		Точарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різальний, контурний, штангенциркуль
075	<u>Точарна з ЧПК</u> Точити різальні та калібровані зуби		Точарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3, різальний, фасонний, калібр

Розробка технологічного процесу виготовлення

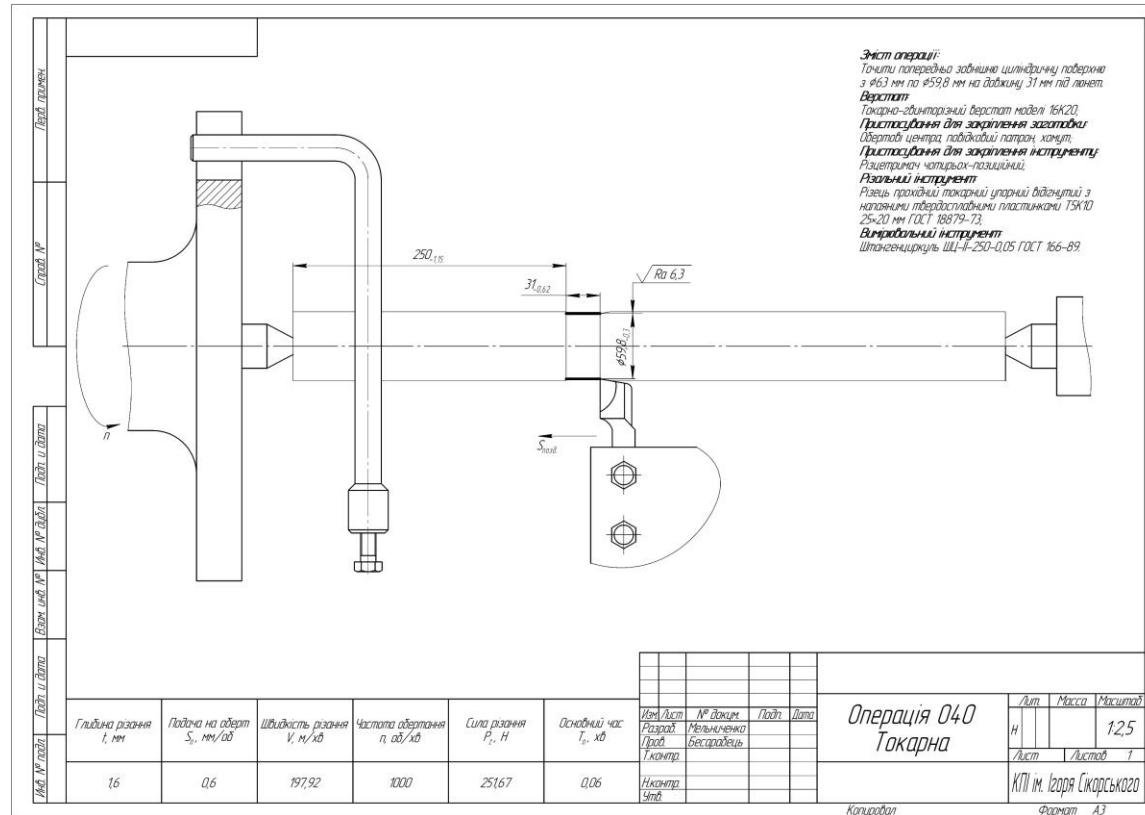
1	2	3	4
080	<u>Фрезерування</u> Фрезерувати канавки різальних та калібруючих зубів		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13Ф3, кінцева модульна фасонна фреза, калібр
085	<u>Гартування</u> Гартувати в високій відпущ		Електропеч, соляна ванна
090	<u>Очистка</u> Очистити заготовки для робочої та хвостової частини після термічної операції		Очистне обладнання
095	<u>Прокатка</u>		Ручний прес, призма
100	<u>Шліфування</u> Шліфувати центрові отвори (1) та (2)		Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942, центрувальне свердло
105	<u>Шліфування</u> Шліфувати місце під лопат (1) попередньо		Крутно-шліфувальний верстат 3131, абразивний круг

1	2	3	4
110	<u>Шліфування</u> Шліфувати хвостовик (1) та задню напівпалу (2) попередньо, робочу частину (3) та калібровану частину (4) однократно		Крутно-шліфувальний верстат з ЧПК 3131Ф3, абразивний круг
115	<u>Шліфування</u> Шліфувати хвостовик (1) та задню напівпалу (2) остаточно		Крутно-шліфувальний верстат 3131, абразивний круг
120	<u>Шліфування</u> Шліфувати канавки різальних (1) та каліброваних (2) зубів попередньо		Крутно-шліфувальний верстат з ЧПК 3A151Ц, абразивний круг фасонний
125	<u>Шліфування</u> Шліфувати канавки різальних (1) та каліброваних (2) зубів остаточно		Крутно-шліфувальний верстат з ЧПК 3A151Ц, абразивний круг фасонний
130	<u>Шліфування</u> Шліфувати передню напівпалу (1) остаточно		Крутно-шліфувальний верстат 3131, абразивний круг

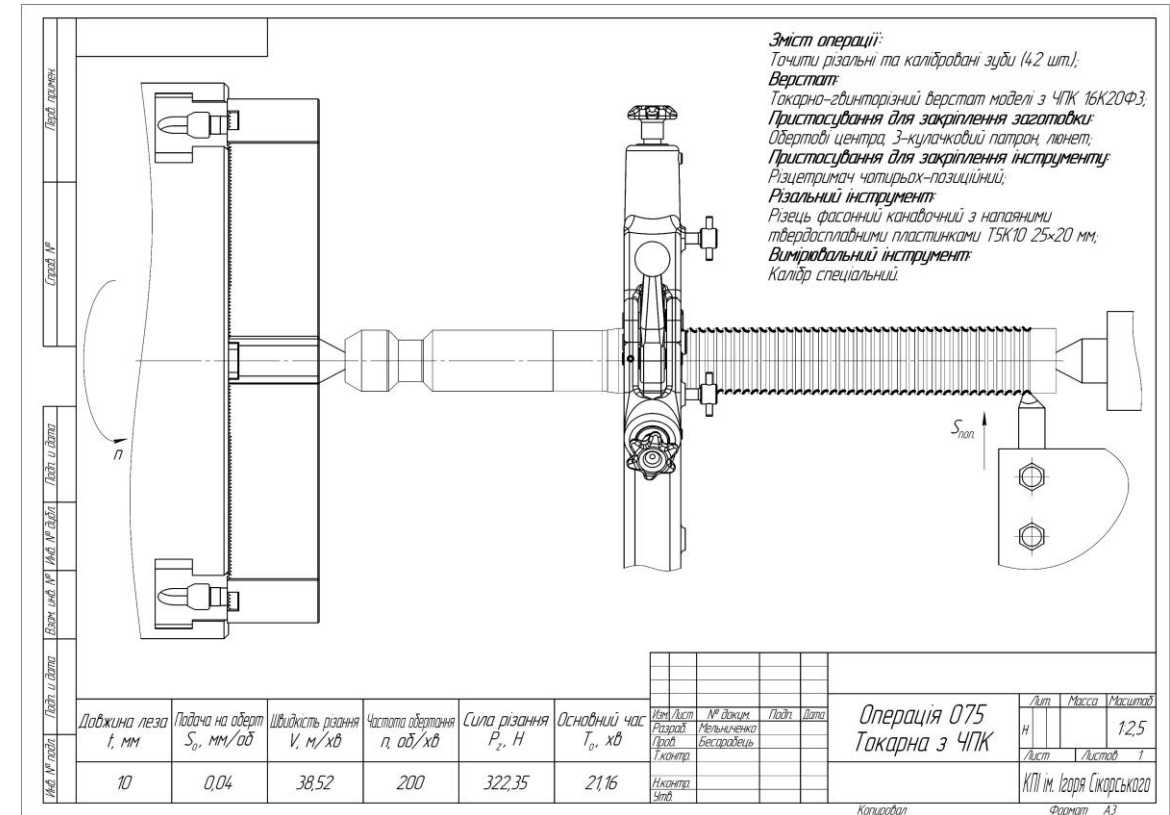
1	2	3	4
135	<u>Заточування</u> Заточити задню поверхню різальних (1) та каліброваних (2) зубів		Верстат заточувальний універсальний 3644, абразивний круг
140	<u>Маркування</u> Маркувати інструмент		Електрохімічне маркування
145	<u>Контроль</u> Контролювати основні розміри інструменту		Набір вимірних інструментів для технічного контролю готового виробу
150	<u>Пакування</u> Пакувати готовий виріб		Набір інструментів для пакування готових виробів

Розрахунки режимів різання

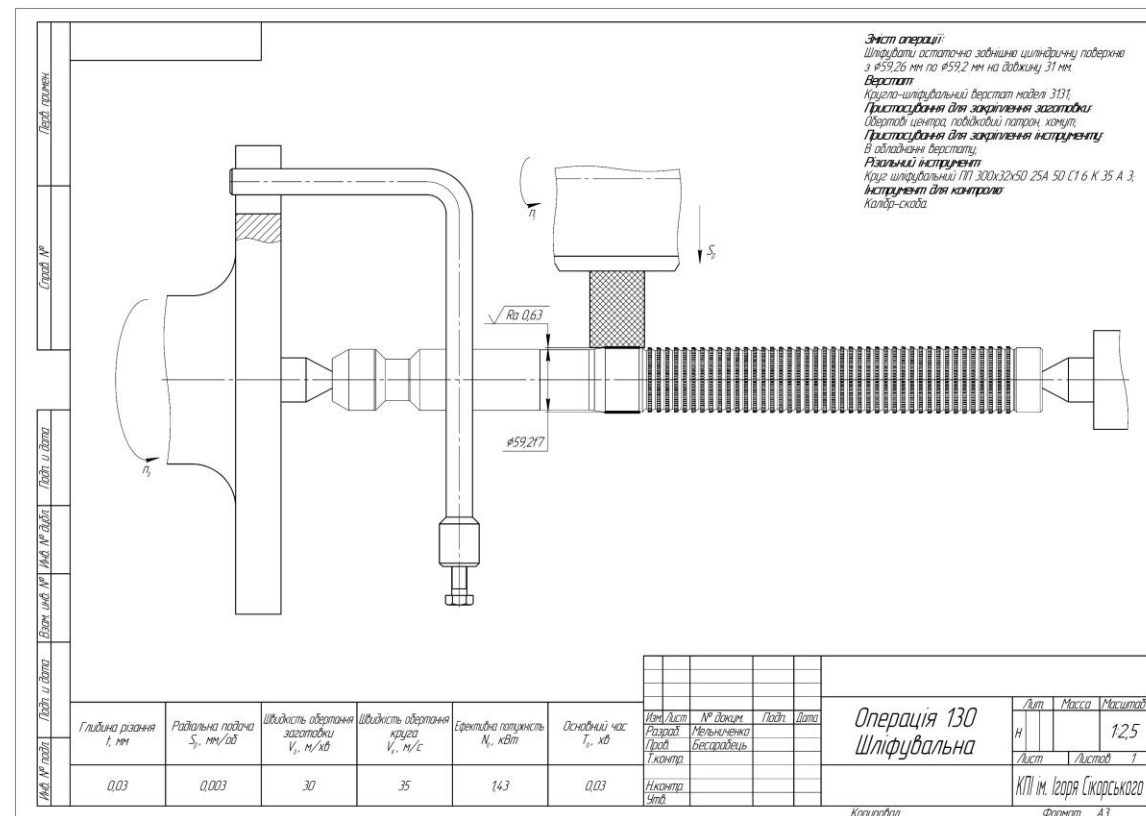
Операція 040 Токарна



Операція 075 Токарна з ЧПК



Операція 080 Фрезерна з ЧПК



Висновки

При виконанні магістерської дисертації було виконано:

- Аналіз шліцьових з'єднань та способів отримання шліцьових отворів;
- Розрахована та спроектована протяжка для обробки шліцьового отвору;
- Виконане робоче креслення інструменту;
- Виконано симуляція навантаження на інструмент;
- Розроблено технологічний процес виготовлення інструменту;
- Розраховані режими різання на операції технологічного процесу.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !