

**Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу**

Інститут інженерної механіки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Сова Антон Ігорович

УДК 621.9

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Втулка 2607.401637.203»

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

_____ А. І. Сова

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Копей Володимир Богданович, д-р. техн. наук, доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор _____ Панчук В. Г.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ-2022 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« ____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Сові Антону Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі «Втулка 2607.401637.203»

затверджена наказом закладу вищої освіти від “18” 05 2022 року № 130/7
керівник роботи Копей Володимир Богданович, д.т.н., доцент

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

2. Строк подання студентом роботи 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес механічної обробки деталі «Втулка 2607.401637.203» Івано-Франківського заводу «ІФАЗ» для умов середньосерійного виробництва. Тип проектного ТП - великосерійний

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

1. Технологічна частина - проектування ТП.

2. Конструкторська частина - проектування верстатного пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі та заготовок (формат А1)

2. Технологічні ескізи (формат А1)

3. Інструменти (формат А1)

4. Верстатний пристрій (формат А1)

5. Дослідження похибки закріплення МСЕ (формат А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-2	Копей В.Б., проф. каф. КМВ	10.03.22	10.03.22

7. Дата видачі завдання 10.03.22

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частина	30.04.22	
2.	Конструкторська частина	31.05.22	
3.	Оформлення креслень та ПЗ	17.06.22	

Студент _____
(підпис)Сова А. І.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)Копей В. Б.
(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз предмета виробництва	9
1.2. Аналіз базового технологічного процесу	10
1.3. Розроблення маршрутної технології	16
1.4. Розрахунок припусків для виливка	18
1.5. Розрахунок припусків для поковки	20
1.6. Розрахунок припусків на переходи (міжопераційних припусків)	23
1.7. Вибір інструментів та розрахунок режимів різання.....	25
1.8. Розроблення програм для токарного верстата з ЧПК	30
1.9. Розроблення переходів та технічне нормування операції	40
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	44
2.1. Проектування верстатного пристрою	44
2.2. Дослідження похибки закріплення пристрою	47
Висновки	52
Література	53
Додаток А. Код програми для операції 020 (установ 1).....	55
Додаток Б. Код програми для операції 020 (установ 2)	58
Додаток В. Комплект технологічної документації.....	61

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної бакалаврської роботи

"Технологія виготовлення деталі «Втулка 2607.401637.203»"

Розрахунково-пояснювальна записка: 66 с., 34 рис., 9 табл., 3 додатки, 14 джерел.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Виконано аналіз технологічності конструкції деталі та базового технологічного процесу, які показали доцільність застосування верстата з ЧПК на токарній операції, концентрації операцій та спеціального пристрою для фрезерування паза. Розроблено проектний варіант техпроцесу для умов великосерійного виробництва - розраховано припуски для виливка та поковки, розраховано міжопераційні припуски, режими різання та розроблена програма для токарного верстата з ЧПК з використанням SputCAM, розроблено операції технологічного процесу з використанням СпрутТП. Для проектування застосовано методи автоматизації технологічних розрахунків та CAD/CAM-системи. Запропоновані рішення щодо підвищення продуктивності, зменшення витрат та підвищення якості виробництва. Спроектовано спеціалізований пристрій для фрезерної обробки з використанням SOLIDWORKS. Параметрична модель пристрою дозволяє мінімізувати витрати часу на модифікацію його конструкції. Виконано аналіз похибки закріплення пристрою з використанням методу скінченних елементів та SOLIDWORKS Simulation. Отримано залежності, які можуть бути використані для обчислення похибки дна шпонкового паза, яка спричинена силою закріплення. Окремі запропоновані рішення можуть бути впроваджені в виробництво.

Студент Сова А. І.

ABSTRACT

of the bachelor's work

"Manufacturing technology of the part «Sleeve 2607.401637.203»"

Paper: 66 pages, 34 figures, 9 tables, 3 attachments, 14 references.

The graphical part: 5 sheets of A1 format.

An analysis of the manufacturability of the design of the part and the basic technological process was carried out, which showed the feasibility of using a CNC machine for turning operations, concentration of operations and a special device for milling a groove. A design version of the process for the conditions of large-scale production has been developed - allowances for casting and forging have been calculated, interoperational allowances, cutting conditions have been calculated, and a program for a CNC lathe using SputCAM has been developed, technological process operations have been developed using SprutTP. For the design, methods of automation of technological calculations and CAD/CAM systems were applied. Solutions are proposed to increase productivity, reduce costs and improve the quality of production. Designed a specialized device for milling using SOLIDWORKS. The parametric model of the device allows minimizing the time spent on modifying its design. An analysis of the device fastening error was carried out using the finite element method and SOLIDWORKS Simulation. Dependencies are obtained that can be used to calculate the error of the keyway bottom caused by the fastening force. Some of the proposed solutions can be implemented in production.

Student Sova A.I.

Вступ

Актуальність роботи. Наука технологія машинобудування призначена для вирішення трьох основних проблем машинобудування: якості виробу, продуктивності праці та собівартості виробництва [1, 2]. Наскільки ефективно будуть вирішені ці три проблеми залежить прибуток виробника. Для ефективного вирішення цих проблем потрібна система знань про закономірності виробничих процесів, такі як закономірності формування точності і якості деталей, закономірності формування собівартості виробу, закономірності формування витрат часу на виробництво і його підготовку [3-5]. Найбільш розвинуті в галузі машинобудування країни ефективно вирішують ці три проблеми. Так японська система ощадливого виробництва навіть використовує цілу філософію «кайдзен», яка направлена на вирішення цих проблем. Досвід машинобудівних підприємств Японії, для прикладу Toyota, показує, що ці проблеми можна вирішувати на найвищому рівні. Проте, це залежить від того наскільки ефективно застосовується система знань про закономірності машинобудівного виробництва.

В даній роботі необхідно розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Втулка» з урахуванням трьох основних проблем машинобудування.

Мета і задачі роботи. Метою є розроблення технологічного процесу механічної обробки деталі «Втулка» для умов сучасного автоматизованого великосерійного виробництва.

Для досягнення мети потрібно розв'язати задачі:

1. Виконати аналіз технологічності конструкції деталі.
2. Проаналізувати базовий технологічний процес.

3. Розробити проектний варіант ТП для умов великосерійного виробництва - розрахувати припуски для вилива та поковки, розрахувати міжопераційні припуски, режими різання та розробити програму для токарного верстата з ЧПК, розробити операції технологічного процесу.

4. Спроекувати пристрій для фрезерної обробки.

5. Виконати аналіз похибки закріплення пристрою з використанням методу скінченних елементів та SOLIDWORKS Simulation.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз предмета виробництва

Проведемо аналіз технологічності конструкції деталі. Деталь виготовляється з високолегованої низьковуглецевої сталі 20Х13, яка не дуже добре обробляється різанням. Геометрична конфігурація деталі досить проста. Більшість операцій виконується на токарних верстатах. Для такої деталі без проблем можна знайти типовий технологічний процес для умов великосерійного виробництва [6]. Єдина операція, яка потребує фрезерної обробки - це фрезерування шпонкового паза. Якщо центральний отвір неможливо виготовити на заготівельні операції, то його потрібно свердлити, бажано на токарні операції.

Якщо така деталь виготовляється з круглого прокату, то доцільно застосувати токарно-гвинторізний верстат з числовим програмним керуванням. У іншому випадку підійдуть токарні багаторізцеві напівавтомати. Це важливо для умов великогосерійного виробництва.

Для виготовлення деталі достатньо два установи або дві токарні операції, щоб можна було обробити її з двох сторін. Для закріплення такої деталі найкраще застосувати трикулачковий самоцентруючий патрон. Наявна внутрішня та зовнішня різьба без особливих проблеми може бути нарізана на токарному верстаті різьбовими різцями. Окрему проблему являє собою допуск співвісності. Якщо співвісності на двох установках досягти важко, то слід подумати про застосування оправки і обробити співвісні поверхні на одному установі. Також вказано, що неспіввісність середнього діаметра внутрішньої різьби відносно поверхні В не повинна перевищувати 0,3 мм. Це заставляє уважніше ставитись до вибору баз.

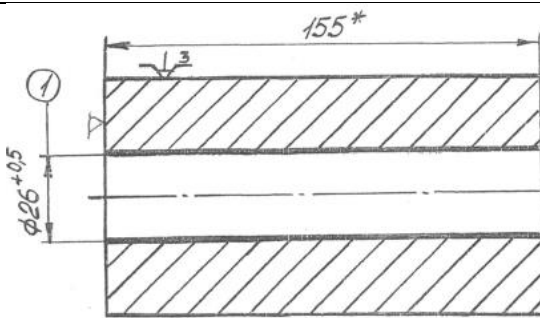
Деякі поверхні деталі мають досить високу точність 11-8 квалітет і низьку шорсткість (до $Ra\ 1,6\ \mu m$), що вимагає застосування круглошліфувальних верстатів. Звичайно, шліфувати ці поверхні потрібно після термообробки. Також шліфувати потрібно торці фланця до $Ra\ 3,2\ \mu m$.

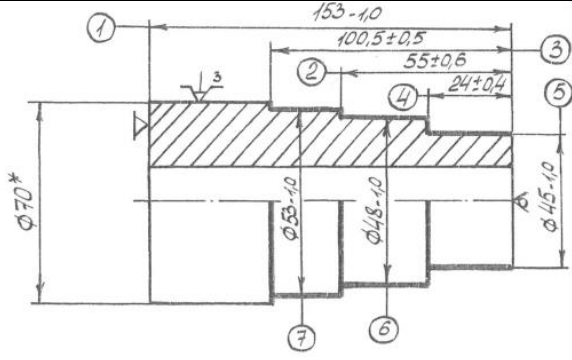
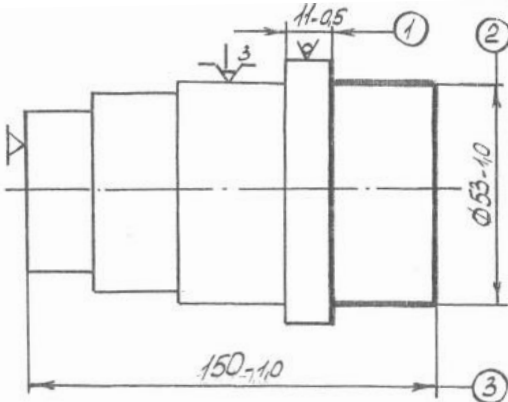
Для полегшення закріплення та базування такої деталі на шпонко-фрезерній операції в умовах великосерійного виробництва слід розробити спеціалізований пристрій на основі призм.

1.2. Аналіз базового технологічного процесу

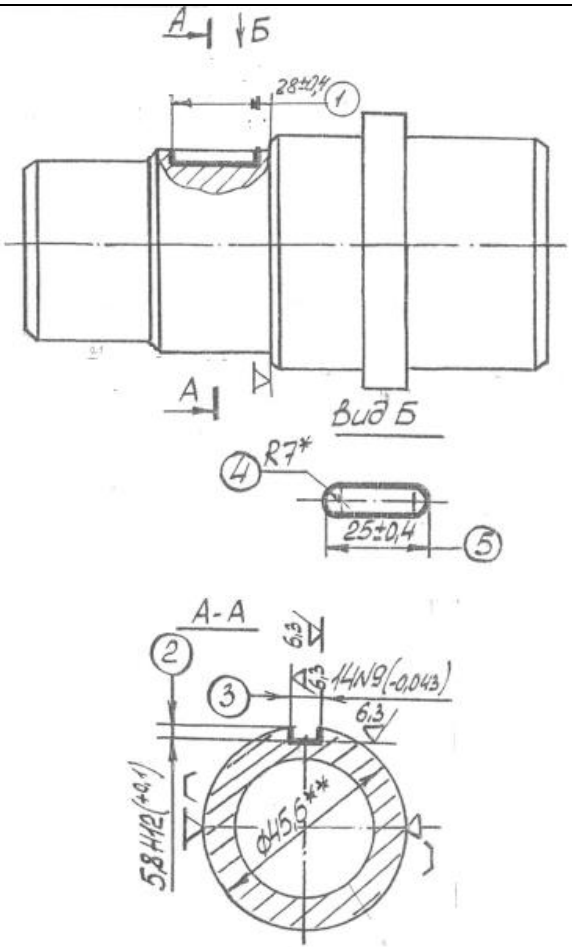
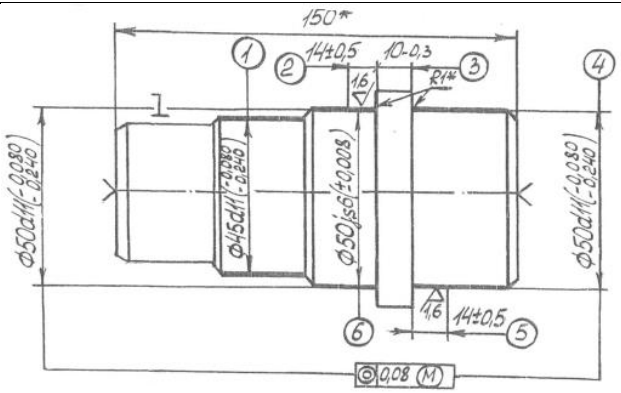
Базовий технологічний процес механічної обробки деталі «Втулка 2607.401637.203» розроблено на Івано-Франківському заводі «ІФАЗ» для умов серійного виробництва (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Базовий ТП

Операція, переходи	Ескіз
005 Контрольна Перевірити матеріал	-
010 Заготівельна Фрезерно-відрізний 8B66	-
015 Термічна	-
020 Токарно-гвинторізна Токарно-гвинторізний 16K20 1. Установити заготовку у патрон і закріпити 2. Свердлити отвір в розмір 1 на прохід 3. Укласти деталь у тару 4. Контроль ВТК	

Операція, переходи	Ескіз
025 Токарно-гвинторізна Токарно-гвинторізний 16K20 1. Установити деталь у патрон, підтиснути центром, закріпити 2. Підрізати торець, витримуючи розмір 1 3. Точити деталь, витримуючи розміри 4, 5 4. Точити деталь, витримуючи 2, 6 5. Точити деталь, витримуючи розміри 3, 7 6. Притупити гострі кромки 7. Укласти деталь у тару 8. Контроль ВТК	 Technical sketch of a stepped shaft (025) showing dimensions and callouts. The shaft has a total length of 153 ± 1.0. The first step has a diameter of 70* and a length of 100.5 ± 0.5. The second step has a diameter of 55 ± 0.6 and a length of 24 ± 0.4. The third step has a diameter of 48 ± 1.0 and a length of 45 ± 1.0. The fourth step has a diameter of 45 ± 1.0. The shaft is shown with a centerline and a keyway. Callouts 1 through 7 indicate specific features and dimensions.
030 Токарно-гвинторізна Токарно-гвинторізний 16K20 1. Установити деталь в патрон до упору, закріпити 2. Підрізати торець, витримуючи розмір 3 3. Точити деталь, витримуючи розміри 1, 2 з підрізкою торця 4. Притупити гострі кромки 5. Укласти деталь у тару 6. Контроль ВТК	 Technical sketch of a stepped shaft (030) showing dimensions and callouts. The shaft has a total length of 150 ± 1.0. The first step has a diameter of 53 ± 1.0 and a length of 11.05. The second step has a diameter of 53 ± 1.0. The shaft is shown with a centerline and a keyway. Callouts 1 through 3 indicate specific features and dimensions.

Операція, переходи	Ескіз
035 Токарно-гвинторізна Токарно-гвинторізний 16K20 1. Установити деталь в центрах, закріпити 2. Точити деталь, витримуючи розміри 4, 5 з підрізкою торця 3. Точити фаску, витримуючи розміри 4 4. Переустановити деталь 5. Точити деталь, витримуючи розміри 4, 7 з підрізкою торця 6. Точити деталь, витримуючи розміри 2, 8 7. Точити деталь, витримують розміри 1, 10 8. Притупити гострі кромки, витримуючи розміри 6, 9 9. Укласти деталь у тару 10. Контроль ВТК	

Операція, переходи	Ескіз
040 Вертикальна-фрезерна Вертикально-фрезерний 6P12 1. Установити деталь до упору у лещата, закріпити 2. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5 3. Зняти задири 4. Укласти деталь у тару 5. Контроль ВТК	
045 Кругло-шліфувальна Кругло-шліфувальний 3A164 1. Установити деталь в центрах, закріпити 2. Шліфувати дві шийки, витримуючи розміри 2, 3, 5 з шліфуванням обох торців 3. Шліфувати дві шийки, витримуючи розмір 4 4. Переустановити деталь 5. Шліфувати шийку, витримуючи	

Операція, переходи	Ескіз
5. Нарізати різьбу, витримуючи розмір 1 до упору 6 Укласти деталь у тару 7. Контроль ВТК	

Виконаємо аналіз базового технологічного процесу та запропонуємо зміни в ньому з врахуванням вимог великосерійного виробництва, в якому застосовується верстати з числовим програмним керуванням.

Операції 5, 10, 15 залишаємо без змін, якщо заготовка виготовляється з прокату. У випадку виготовлення заготовки іншим методом, що може бути доцільно в великосерійному виробництві, на термічній операції слід проводити штучне старіння для зняття залишкових напружень.

Поява 20-ї операції для свердління центрального отвору на токарному верстаті пояснюється особливостями великосерійного виробництва з переважанням принципу диференціації операції [2, 7]. У випадку застосування токарних верстатів із числовим програмним керуванням, цей принцип не є доцільним. Тому цю операцію слід об'єднати з іншими токарними операціями. Для збільшення режимів різання можна запропонувати свердлити цей отвір свердлом меншого діаметру, а після цього розсвердлити або розточити.

Особливістю цієї деталі є вимога допуску співвісності циліндричних поверхонь, які важко обробити на одному установі, а також вказано, що неспіввісність середнього діаметра внутрішньої різьби відносно поверхні В не повинна перевищувати 0,3 мм. Така вимога призводить до ускладнення технологічного процесу. У базовому варіанті на окремих операціях виконується обробка зовнішніх циліндричних поверхонь з однієї сторони і з іншої сторони і обробка різьб. По-перше це дозволяє забезпечити ці вимоги. А по-друге ми дотримуємось принципу диференціації операції, важливого для

великосерійного виробництва. Тому, що кожний верстат налагоджений на розмір. Мова йде про токарні операції 025, 030, 035, 050, 055, які виконуються на універсальному токарно-гвинторізному верстаті 16K20. Для умов великосерійного виробництва краще застосувати токарні багаторізцеві напівавтомати [2]. Застосування токарних верстатів з числовим програмним керуванням дозволило б вирішити цю проблему, так як верстати не потрібно розмірно налагоджувати і можна було б обробити ці поверхні тільки на двох операціях, або на двох установах однієї операції. Крім того, як правило, токарні верстати з числовим програмним керуванням володіють вищою точністю. Що дозволить досягти заданих вимог співвідносі, під час базування в трикулачковому патроні.

Операція вертикально-фрезерна, на який фрезерується шпонковий паз, майже не зміниться при зміні типу виробництва. Проте в умовах великосерійного виробництва слід запровадити спеціальний пристрій з призми для швидкого базування та закріплення цієї деталі на верстаті, і висотні установи, можливо.

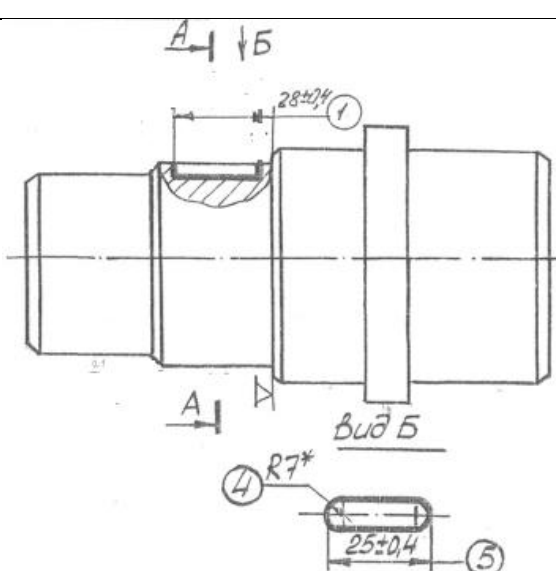
Операція кругло-шліфувальна потрібна обов'язково, так як такої шорсткості ($Ra_{1,6}$) токарними методами досягти неможливо [4]. Тому цю операцію залишаємо без змін. Проте вона має бути останньою (тобто передувати контрольній) в новому варіанті технологічного процесу.

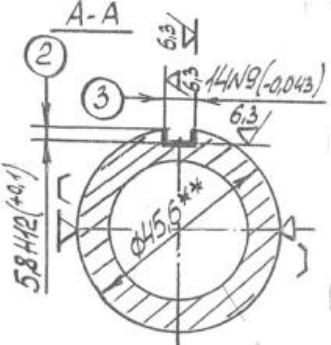
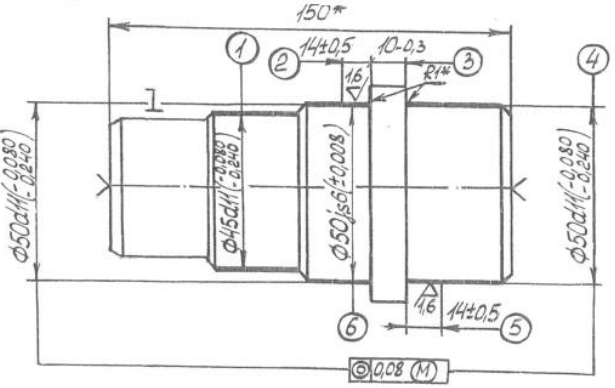
1.3. Розроблення маршрутної технології

Таким чином, в новому варіанті технологічного процесу для токарної обробки вибираємо токарний верстат з числовим програмним керуванням 16K20Ф3. Буде тільки одна така операція з двома установами. Що дозволить зекономити витрати часу. Після цього буде вертикально-фрезерна операція і кругло-шліфувальна, які залишаться майже без змін.

Запропонований варіант технологічного процесу показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Проектний технологічний процес

Операція, переходи	Ескіз
005 Контрольна Перевірити матеріал	-
010 Заготівельна Фрезерно-відрізний 8В66	-
020 Токарно-гвинторізна з ЧПК Токарно-гвинторізний 16К20Ф3 1. Установити заготовку у патрон і закріпити 2. Обробити за програмою 3. Переустановити 4. Обробити за програмою з другої сторони	див. рис. та рис
030 Вертикальна-фрезерна Вертикально-фрезерний 6Р12 1. Установити деталь до упору у спецпристрій, закріпити 2. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5 3. Зняти задири	

	
040 Кругло-шліфувальна Кругло-шліфувальний 3A164 1. Установити деталь в центрах, закріпити 2. Шліфувати дві шийки, витримуючи розміри 2, 3, 5 з шліфуванням обох торців 3. Шліфувати дві шийки, витримуючи розмір 4 4. Переустановити деталь 5. Шліфувати шийку, витримуючи розмір 1	
050 Контрольна Контролювати розміри.	

1.4. Розрахунок припусків для виливка

Розрахунок допусків на розміри відливок та припусків на механічну обробку виконуємо за ГОСТ 26645-85.

Проектуємо заготовку-виливок для умов великогосерійного виробництва. Використовували матеріали [8, с.70; 9]. Для автоматизації обчислень був

застосований документ MS Excel Vidlyvka.xls (табл. 1.3, 1.4), розроблений викладачами кафедри КМВ ІФНТУНГ.

У серійному виробництві найдоцільніше таку заготовку виготовляти шляхом лиття в кокіль. Вісь виливка буде розташовано горизонтально. Визначаємо групу складності (2), клас точності (9т) та ряд припусків (3) [8].

Таблиця 1.3 - Перша частина документа Vidlyvka.xls для автоматизованого обчислення припусків виливка

Матеріал:	20X13
Метод лиття:	в кокіль
Тип виробництва:	великосерійний
Маса деталі:	1,5
Маса заготовки:	2
Коефіцієнт використання матеріалу:	0,75
Довжина, ширина, висота заготовки (м):	0,15x0,07x0,07
Приведений габарит заготовки N (м):	0,14667
Мінімальна товщина стінки S:	5
Діаметр отвору деталі do:	26
Мінімальний діаметр отвору dmin:	26,5
Група складності:	2
Клас точності (Лист 2):	9т
Ряд припусків (Лист 2):	3

Визначаємо, що центральний отвір увесь утворити шляхом лиття неможливо [8], тому назначаємо напуск на менший отвір.

Визначаємо допуски на розміри в залежності від класу точності [8]. Вибираємо ряд припусків та з урахуванням цього ряду і отриманих допусків вибираємо припуски [8]. Також потрібно вибрати невеликі формувальні ухили і радіуси скруглення [8].

Таблиця 1.4 - Друга частина документа Vidlyvka.xls для автоматизованого обчислення припусків виливка

Позначення	Розмір деталі	Вал(2) Отвір(-2) Інше(1, -1)	Допуск (Лист 4)	Основний припуск (Лист 5)	Розмір заготовки	Відхилення	Відхилення
L (загальна довжина)	150	2	2	2,8	155,6	"±"	1
D (отвір)	26	-2	-	напуск	-	"-"	-
d (циліндр)	50	2	1,6	2,4	54,8	"-"	1,6
l (довжина правої проточки)	39	-1	1,4	2,4	36,6	"±"	0,7
D1 (діаметр правого отвору)	33	-2	1,4	2,4	28,2	"+"	1,4
d1	45	2	1,6	2,4	49,8	"-"	1,6
d3	42	2	1,6	2,4	46,8	"-"	1,6

Створюємо креслення заготовки (див. креслення).

Ливарний метод не дуже добре підходить в даному випадку, так як сталь має погані ливарні властивості, потрібно підбирати ливарний аналог сталі 20X13 і неможливо отримати литтям усі поверхні заготовки. Крім того кокіль буде мати обмежену довговічність.

1.5. Розрахунок припусків для поковки

Більш доцільний метод - штампування. Штампування полягає в тому, що заготовку нагрівають до температури, яка вища температури рекристалізації матеріалу, матеріал стає пластичним, заготовку піддають обробці тиском, після цього заготовка охолоджується.

У даному випадку варто вибрати штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), що пов'язано з конструкцією деталі - довге тіло обертання [8]. Заготовки, які виготовляються на горизонтально кувальних машинах звичайно мають вигляд довгого тіла обертання. В результаті штампування можна утворити сприятливе розташування волокон матеріалу заготовки. Це призведе до покращення експлуатаційних характеристик деталі.

Даний матеріал (сталі 20Х13) краще підходить для обробки тиском, ніж для лиття. Крім того, штампування на горизонтально кувальних машинах достатньо високопродуктивне, що важливо для умов великосерійного виробництва. Але, як і в результаті лиття, так і в результаті штампування в заготовці можуть утворитися залишкові напруження, які потрібно знімати на термічних операціях - проводити штучне старіння.

У зв'язку з тим, що штампування відбувається на горизонтально кувальній машині, вибираємо дві площини роз'єму штампа - вздовж поздовжньої осі деталі і по площині найбільшого діаметра фланця.

Для проектування заготовки використовували дані з [8, с.109-147]. Для автоматизації обчислень був застосований документ MS Excel Prypusk2.xls, розроблений викладачами кафедри КМВ ІФНТУНГ.

Відповідно стандарту визначаємо клас точності, групу сталі і ступінь складності (табл. 1.5). В залежності від них на поверхні деталі будуть назначатись припуски. Також вибираємо штампувальні ухили для того, щоб заготовка не застряла в штампах. Також потрібно вибрати радіуси округлення. Якщо радіус дуже малий, то можливі штампувальні дефекти.

Таблиця 1.5 - Частина документа Prypusk2.xls для автоматизованого обчислення припусків штамповки

Студент	Сова				Варіант	-	
Група	ПМ-18-1				Дата	14.05.22	
Розрахунок основних допусків і припусків на поковки сталі штамповані (за ГОСТ 7505-89)							
Маса деталі, кг	1,5		Маса поковки, кг	1,95			
Коефіцієнт для визначення орієнтовної розрахункової маси поковки	1,3		Маса описаної фігури, кг	3			
Основне обладнання, технологічні процеси	Горизонтально-кувальні машини						
Група сталі	М 3		Ступінь складності	С 1			
Клас точності	Т 5		Індекс поковки	14			
№ п/п	Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість Ra, мкм	Тип розміру	Припуск на сторону, мм	Номинальний розмір поковки, мм	Допуск, мм	
1.	150,0	12,5	вал	1,9	153,8	+2,1	-1,1
2.	50,0	1,6	вал	2,0	54,0	+1,8	-1,0
3.	33,0	6,3	отвір	1,8	29,4	+0,9	-1,6
4.	10,0	3,2	вал	1,8	13,6	+1,6	-0,9
5.	42,0	12,5	вал	1,7	45,4	+1,8	-1,0
6.	45,0	3,2	вал	2,0	49,0	+1,8	-1,0
7.	26,0	0,0	отвір	напуск	напуск	+0,9	-1,6

Центральний отвір дуже маленький, щоб його можна було отримати штампуванням. Тому робимо глуху намітку цього отвору з однієї сторони і з другої. Створюємо креслення заготовки (див. креслення).

Виготовлення заготовки з прокату не доцільне для умов великосерійного виробництва, так як призводить до значного об'єму механічної обробки різанням. Проте, якщо застосовуються верстати з числовим програмним

керуванням, це не є проблемою. Тому третім способом виготовлення заготовки слід запропонувати різання круглого прокату. Остаточний метод вибору заготовки залежить від технологічних можливостей підприємства, на якому буде реалізовано ТП.

1.6. Розрахунок припусків на переходи (міжопераційних припусків)

Розрахунок проміжних припусків розрахунково-аналітичним методом виконуємо з використанням методики [1, 3, 4, 5]. Для автоматизації розрахунку припусків використано таблицю Excel [3] (табл. 1.6-1.7). Послідовність розрахунку:

1. Визначають Rz , h , T , Ky .

2. Розраховують сумарні просторові відхилення на кожному переході:

$$\Delta_{\Sigma i} = \Delta_{\Sigma i-1} \cdot Ky_i$$

Розраховують похибку установки на кожному переході:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{i-1} \cdot Ky_i$$

3. Розраховують мінімальний припуск на кожному переході.

Для несиметричних припусків:

$$Zmin_i = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$$

Для симетричних припусків:

$$2Zmin_i = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + (\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2)^{1/2})$$

4. Розраховують граничний розмір на кожному попередньому переході.

Для несиметричних припусків:

$$Lmin_{i-1} = Lmin_i + Zmin_i$$

Для симетричних припусків для вала:

$$Lmin_{i-1} = Lmin_i + 2Zmin_i$$

Для симетричних припусків для отвору:

$$L_{max\ i-1} = L_{max\ i} - 2Z_{min\ i}$$

5. Розраховують граничний розмір на кожному переході.

Для несиметричних припусків:

$$L_{max\ i} = L_{min\ i} + T_i$$

Для симетричних припусків для вала:

$$L_{max\ i} = L_{min\ i} + T_i$$

Для симетричних припусків для отвору:

$$L_{min\ i} = L_{max\ i} - T_i$$

6. Розраховують максимальний припуск на кожному переході.

Для несиметричних припусків:

$$Z_{max\ i} = L_{max\ i-1} - L_{max\ i}$$

Для симетричних припусків для вала:

$$2Z_{max\ i} = L_{max\ i-1} - L_{max\ i}$$

Для симетричних припусків для отвору:

$$2Z_{max\ i} = L_{min\ i} - L_{min\ i-1}$$

7. Розраховують номінальний розмір на кожному переході.

Для несиметричних припусків:

$$L_i = (L_{max\ i} - L_{max\ i})/2 \text{ (для симетричного розташування поля допуску)}$$

Для симетричних припусків для вала:

$$L_i = L_{max\ i} \text{ (для розташування поля допуску "в тіло")}$$

Для симетричних припусків для отвору:

$$L_i = L_{min\ i} \text{ (для розташування поля допуску "в тіло")}$$

8. Розраховують нижнє EI та верхнє ES відхилення на кожному переході.

$$EI_i = L_{min\ i} - L_i$$

$$ES_i = L_{max\ i} - L_i$$

Таблиця 1.6 - Результати розрахунку припусків на переходи за допомогою Excel для оброблення вала $\varnothing 45d11$

Порядок розрах.:	1	1	1	2	2	3	6	1	4	5	7	8	8
Перехід	Шорст-кість, мм	Глиб. деф. шару, мм	Коеф. уточн.	Сум. простора відхил., мм	Похибка устан., мм	Мін. при-пуск, мм	Макс. при-пуск, мм	Допуск	Мін. розмір, мм	Макс. розмір, мм	Номін. розмір, мм	Нижнє відхил., мм	Верхнє відхил., мм
	<i>Rz</i>	<i>h</i>	<i>Ky</i>	$\Delta\Sigma$	ϵ	<i>2Zmin</i>	<i>2Zmax</i>	<i>T</i>	<i>Lmin</i>	<i>Lmax</i>	<i>L</i>	<i>EI</i>	<i>ES</i>
0.Заготовка	0,1	0,3	-	0,2	-	-	-	1	45,587	46,587	46,587	-1	0
1.Чорнове точіння	0,04	0,05	0,06	0,012	0,25	0,7202	1,4702	0,25	44,867	45,117	45,117	-0,25	0
2. Чистове точіння (датель)	0,0032	0,01	0,05	0,0006	0,0125	0,1073	0,1973	0,16	44,76	44,92	45	-0,24	-0,08

Таблиця 1.7 - Результати розрахунку припусків на переходи за допомогою Excel для оброблення вала $\varnothing 50 +0,006/-0,008$

Порядок розрах.:	1	1	1	2	2	3	6	1	4	5	7	8	8
Перехід	Шорст-кість, мм	Глиб. деф. шару, мм	Коеф. уточн.	Сум. простора відхил., мм	Похибка устан., мм	Мін. при-пуск, мм	Макс. при-пуск, мм	Допуск	Мін. розмір, мм	Макс. розмір, мм	Номін. розмір, мм	Нижнє відхил., мм	Верхнє відхил., мм
	<i>Rz</i>	<i>h</i>	<i>Ky</i>	$\Delta\Sigma$	ϵ	<i>2Zmin</i>	<i>2Zmax</i>	<i>T</i>	<i>Lmin</i>	<i>Lmax</i>	<i>L</i>	<i>EI</i>	<i>ES</i>
0.Заготовка	0,1	0,3	-	0,2	-	-	-	1	50,837	51,837	51,836	-1	0
1.Чорнове точіння	0,04	0,05	0,06	0,012	0,25	0,7202	1,5602	0,16	50,117	50,277	50,276	-0,16	0
2. Чистове точіння	0,0064	0,01	0,05	0,0006	0,0125	0,1073	0,2053	0,062	50,009	50,071	50,071	-0,062	0
3.Шліфування (датель)	0,0016	0,01	0,05	0,00003	0,00063	0,0173	0,0653	0,014	49,992	50,006	50	-0,008	0,006

1.7. Вибір інструментів та розрахунок режимів різання

Послідовність розрахунку режимів різання [4, 5, 10, 11]:

- 1.Глибина різання t , мм
- 2.Подача s , мм/об
- 3.Швидкість різання v , м/хв

$$v = \frac{C_v}{T_m t^x s^y} K_v,$$

де T - стійкість інструмента, хв;

t - глибина різання, мм;

C_v, m, x, y, K_v - коефіцієнти, що залежать від умов обробки.

4. Сила різання P_z , Н (для чорнової обробки).

5. Потужність різання N , кВт (для чорнової обробки).

6. Основний час T_o , хв

$$T_o = \frac{L}{n s},$$

де L - довжина робочого ходу, мм;

n - частота обертання шпинделя, хв.

У зв'язку з тим, що обробляється сталь 20Х13 вибираємо різальний матеріал Т15К6 для більшості токарних різців. Для чорнової обробки з ударами можна також застосувати матеріал ТТК.

Токарний інструмент, який слід застосовувати для виготовлення цієї деталі, такий:

1. Прохідний упорний різець.
2. Підрізний різець.
3. Канавковий різець.
4. Розточний різець.
5. Різьбовий різець для метричної різьби.
6. Різьбовий різець для внутрішньої метричної різьби.
7. Внутрішній канавковий різець.
8. Свердла різних діаметрів.

Для інтенсифікації режимів різання чорнового точіння сталі 20Х13 слід вибрати твердий сплав ТТК. Титанотанталовольфрамкобальтові сплави (група

ТТК) - трикарбідні. Сплави груп ТК та ТТК характерні високою теплостійкістю (близько 900-1000 ° С). Сплав ТТ32К8 за стійкістю перевищує Т15К6 в 1,8-2 рази. Для чорнового точіння застосовуємо токарний прохідний різець з пластиною ТТ32К8 (див. креслення). Форма передньої поверхні - з фаскою. Основні параметри різальної частини: передній кут 10°, задній кут 12°. Кути у плані 45°. Радіус при вершині 1 мм. Висота державки - 24 мм, ширина - 14 мм. Матеріал державки - сталь 50.

Для розточування отвору вибираємо розточувальний різець з пластиною Т5К10 (див. креслення). Форма передньої поверхні - радіусна (R2,5) з фаскою. Основні параметри різальної частини: передній кут 10°, задній кут 8°. Кути у плані -головний 105°, допомірний 15°. Висота державки - 32 мм, ширина - 25 мм. Матеріал державки - сталь 45.

На фрезерній операції застосовується шпонкова фреза діаметром 14 мм (див. креслення). Матеріал різальної частини - Р6М5, хвостовика - сталь 45. Твердість різальної частини HRC 62-65. Хвостовик з конусом Морзе. Основні параметри різальної частини (торець): передній кут 15°, задній кут 14°. Основні параметри різальної частини (периферія): передній кут 6°, задній кут 8°.

Для розрахунку режимів різання (табл. 1.8) була використана програма "cuttingConditions.py" мовою Python, яка розроблена викладачами кафедри КМВ ІФНТУНГ [3]. Програма має базові можливості для розрахунку подачі та швидкості різання на основі формули Тейлора. Проте ці можливості можна легко розширити додавши необхідні дані з довідника технолога [4, 5]. Код програми зі змінами автора:

```
# -*- coding: UTF-8 -*-
from __future__ import division, unicode_literals

def v(T,Cv,x,y,m,t,s,Kv=1):
```

```

""""Повертає швидкість різання, м/хв""""
return Cv*Kv/(T**m * t**x * s**y)

#чистові подачі, мм/об
s0={"Ra":{0.63:{0.4:0.07, 0.8:0.1, 1.2:0.12},
            1.25:{0.4:0.1, 0.8:0.13, 1.2:0.165},
            2.5:{0.4:0.144, 0.8:0.2, 1.2:0.246}}}}

CvXYm={"Конструкційна вуглецева сталь":
        {"Зовнішнє поздовжнє
точіння":{"T15K6":{"s<=0.3":(350,0.15,0.2,0.2),
                                                                "0.3<s and
s<=0.7":(290,0.15,0.35,0.2),

"s>0.7":(280,0.15,0.45,0.2)}}}},
        "Сірий чавун":
        {"Зовнішнє поздовжнє точіння":{"BK6":{"s<=0.4":(292,0.15,0.2,0.2),

"s>0.4":(243,0.15,0.4,0.2)}}}}

T=60 # стійкість, хв
d=50 # діаметр деталі, мм
L=45 # довжина обробки
t=0.1 # глибина різання, мм
Ra=2.5 # шорсткість, мкм
r=0.8 # радіус при вершині різця, мм
s=s0["Ra"][Ra][r] # подача, мм/об
print s, "мм/об"
mat=CvXYm["Конструкційна вуглецева сталь"]["Зовнішнє поздовжнє
точіння"]["T15K6"]
for k in mat.keys():
    if eval(k):

```

```

Cv,x,y,m=mat[k] # коефіцієнти
Kmv=1
Kpv=1
Kiv=1
Kv=Kmv*Kpv*Kiv
vel=v(T,Cv,x,y,m,t,s,Kv) # швидкість різання
print vel, "м/хв"
n=1000*vel/(3.14*d) # частота обертання шпинделя
print n, "об/хв"
T0=L/(n*s) # основний час
print T0, "хв"

```

Результати виконання програми:

```

>>> (executing file "cuttingConditions.py")
0.2 мм/об
300.768115807 м/хв
1915.72048285 об/хв
0.117449284494 хв

```

Таблиця 1.8 - Режими різання для токарної чистової обробки

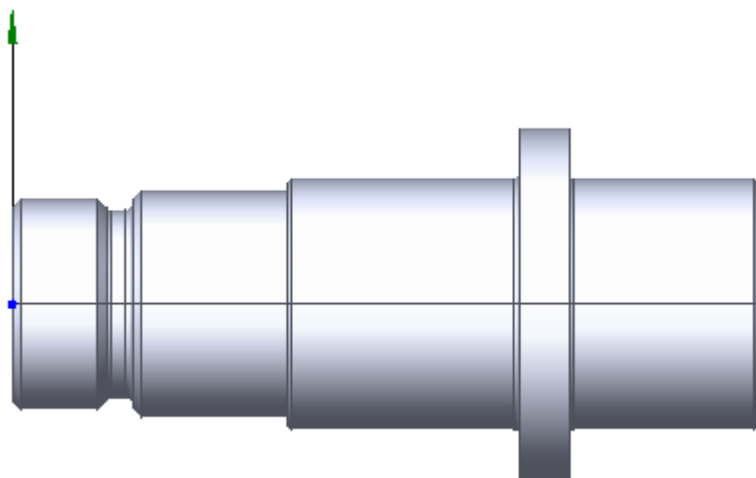
Перехід	d, мм	Ra, мкм	L, мм	So, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	To, хв
Підрізати торець М42	42	12,5	8	0.2	301	2281	0.017
Підрізати торець Ø50	50	12,5	9	0.2	301	1916	0.02
Точити циліндр 1 Ø50d11	50	3,2	39	0.2	301	1915	0.1
Точити циліндр 2 Ø50d11	50	3,2	45	0.2	301	1915	0.12

Перехід	d, мм	Ra, мкм	L, мм	So, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	To, хв
Точити циліндр Ø45d11	45	3,2	30	0.2	301	2129	0.07
Точити циліндр M42	42	12,5	24	0.2	301	2280	0.05
Розточити отвір M36	33	6,3	48	0.2	301	2903	0.08
Розточити отвір Ø26	26	12,5	102	0.2	301	3684	0.14

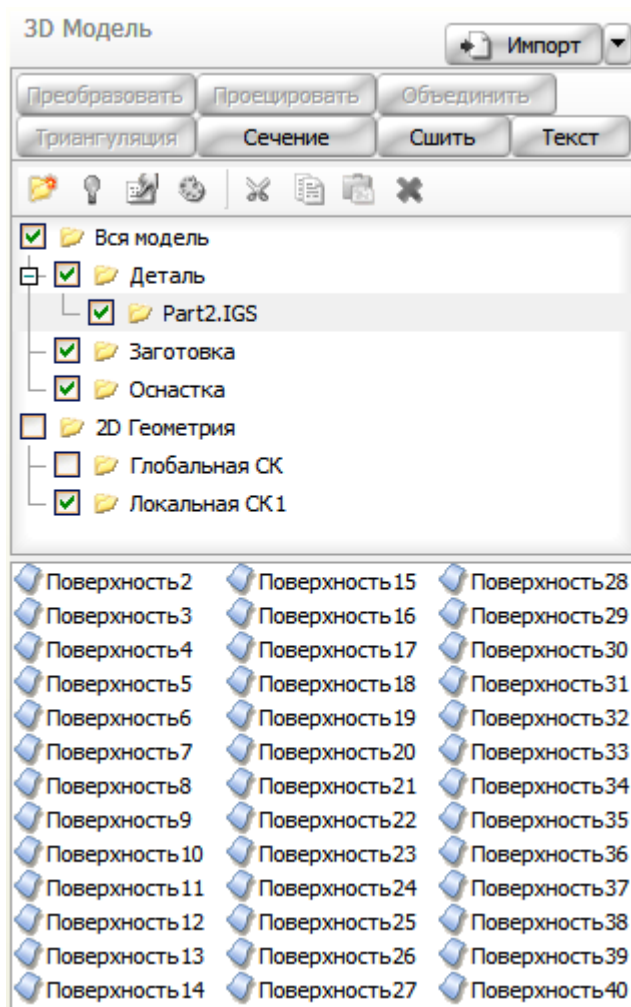
1.8. Розроблення програм для токарного верстата з ЧПК

Для розроблення програм для верстатів з ЧПК була використана САМ-програма SprutCam 2007. За допомогою цієї програми розроблено окремо програми для першого установа токарної операції і другого установа. Верстат - 16K20Ф3. Стійка ЧПК - H22-1M [12]. Застосування SprutCam дозволило значно скоротити витрати на проектування технологічного процесу, підвищити точність розрахунків, уникнути помилок. Це пов'язано зі значною кількістю переходів. Код програм наведено в додатках.

Передусім було розроблено 3D модель деталі у SOLIDWORKS 2018 і виконано її імпорт (рис. 1.1). Проектуємо установи з переходами токарної операції 020 у SprutCam 2007 - перший і другий (з поворотом деталі) (рис. 1.2). Після симуляції цих переходів отримуємо основний і допоміжний час (рис. 1.3) та генеруємо програму для верстата 16K20Ф3 (додаток А, Б). Візуалізація обробки в SprutCAM для усіх переходів показана на рис 1.4-1.19.



а



б

Рисунок 1.1 - 3D-модель деталі (а) та імпорт поверхонь у SprutCam (б)

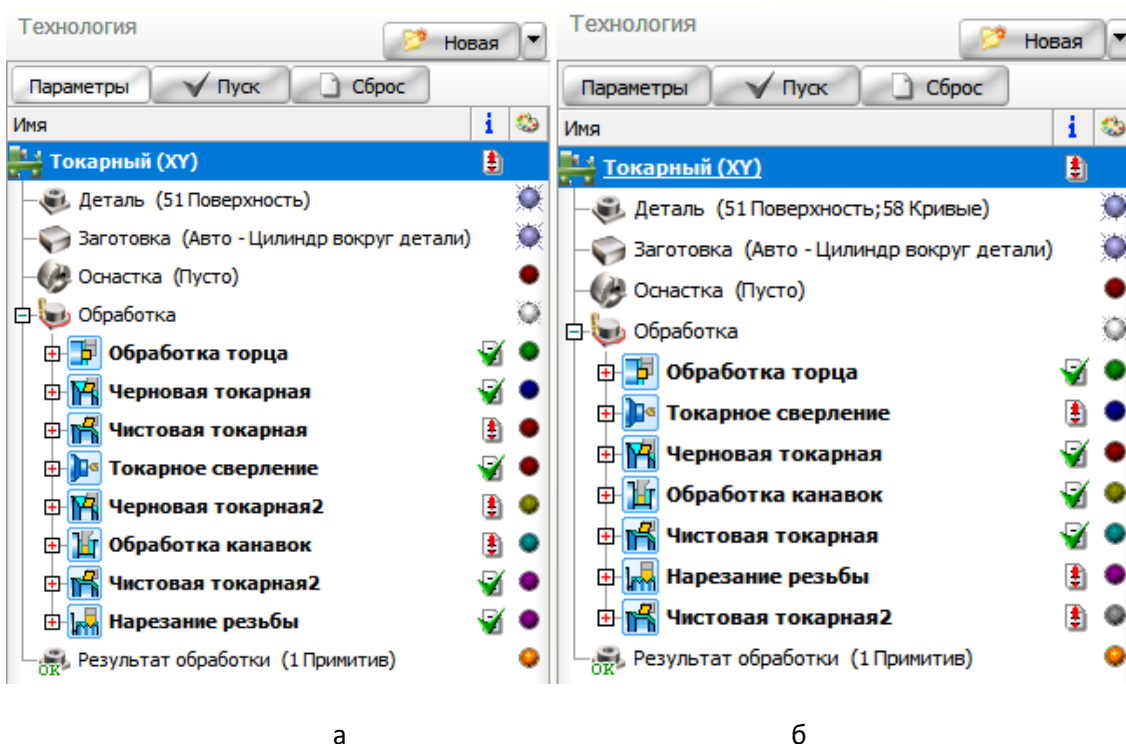


Рисунок 1.2 - Проектування установів у SprutCam: а - перший А; б - другий Б

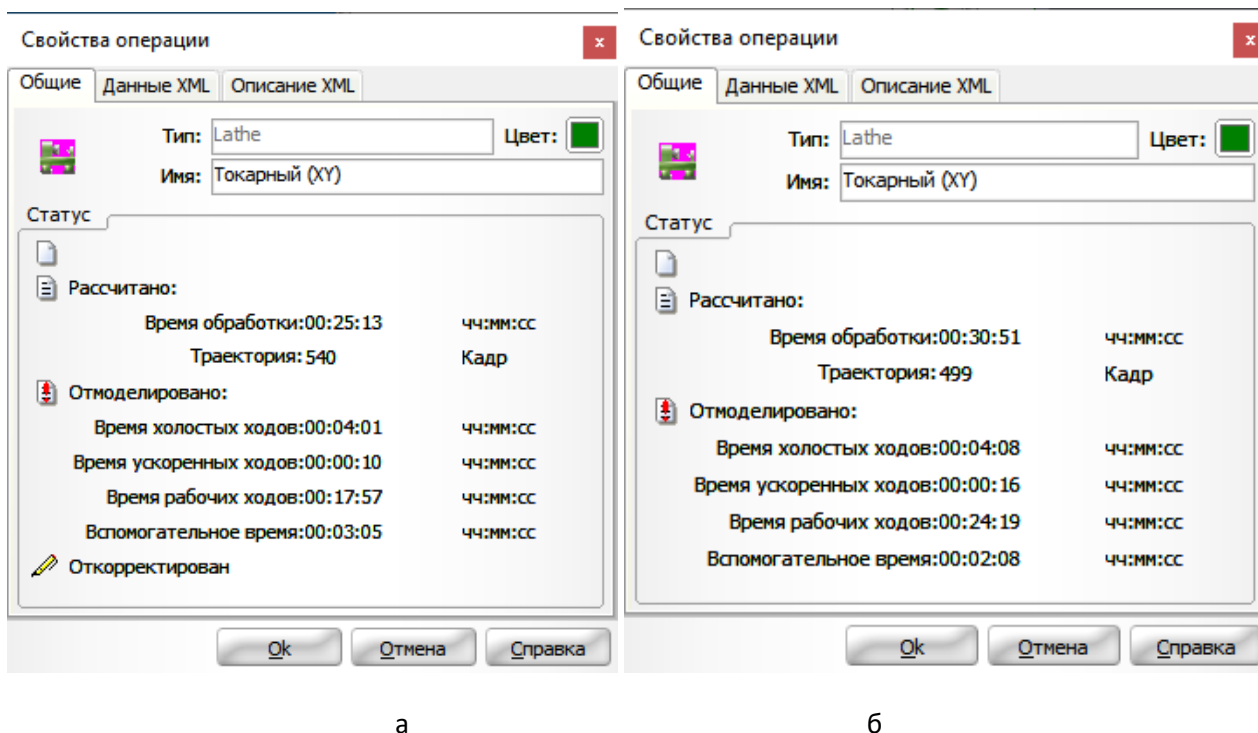


Рисунок 1.3 - Основний і допоміжний час на основні переходи установка А (а) та Б (б), розрахований SprutCam 2007

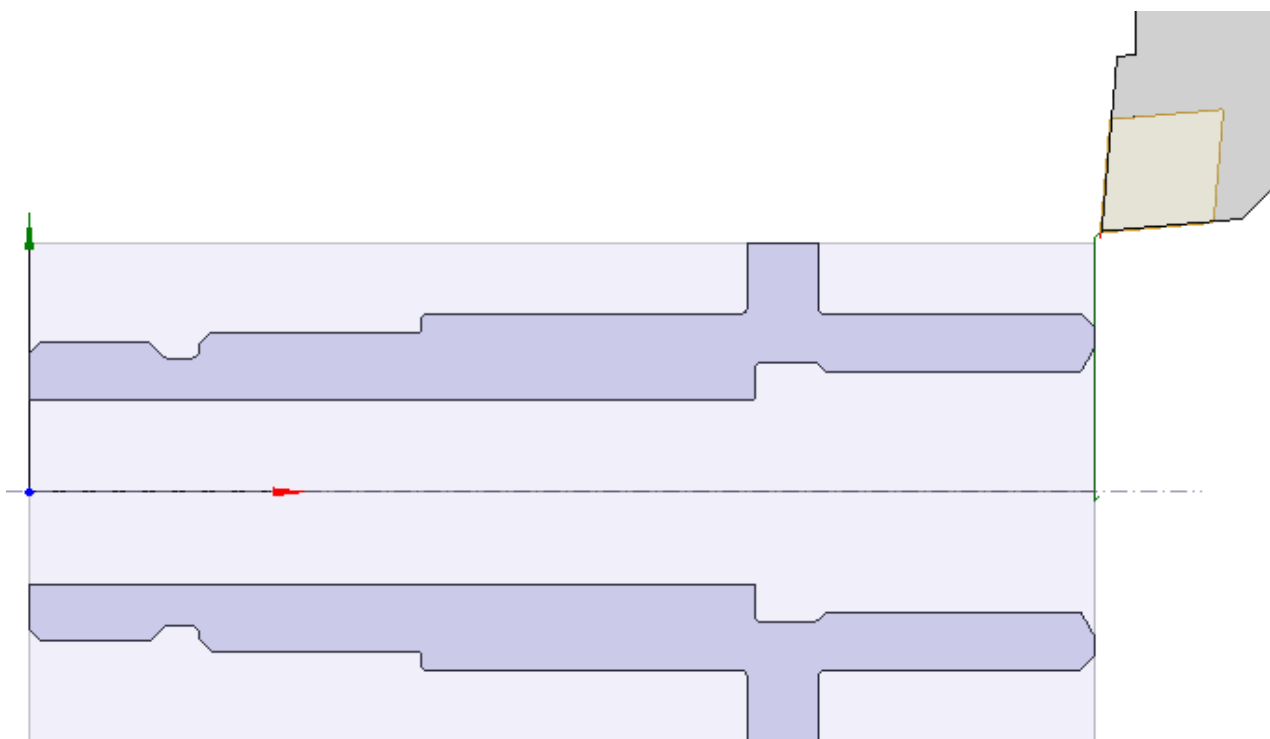


Рисунок 1.4 - Візуалізація обробки в SprutCAM: точіння торця

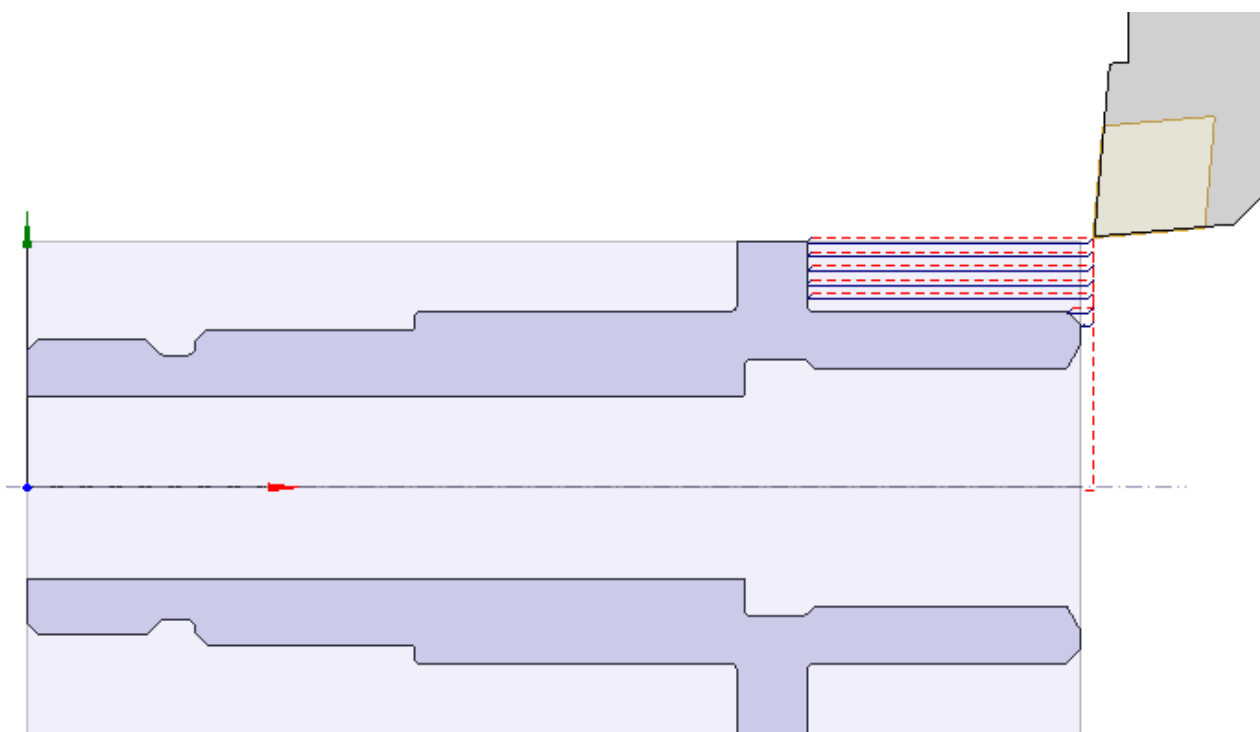


Рисунок 1.5 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чорнове точіння

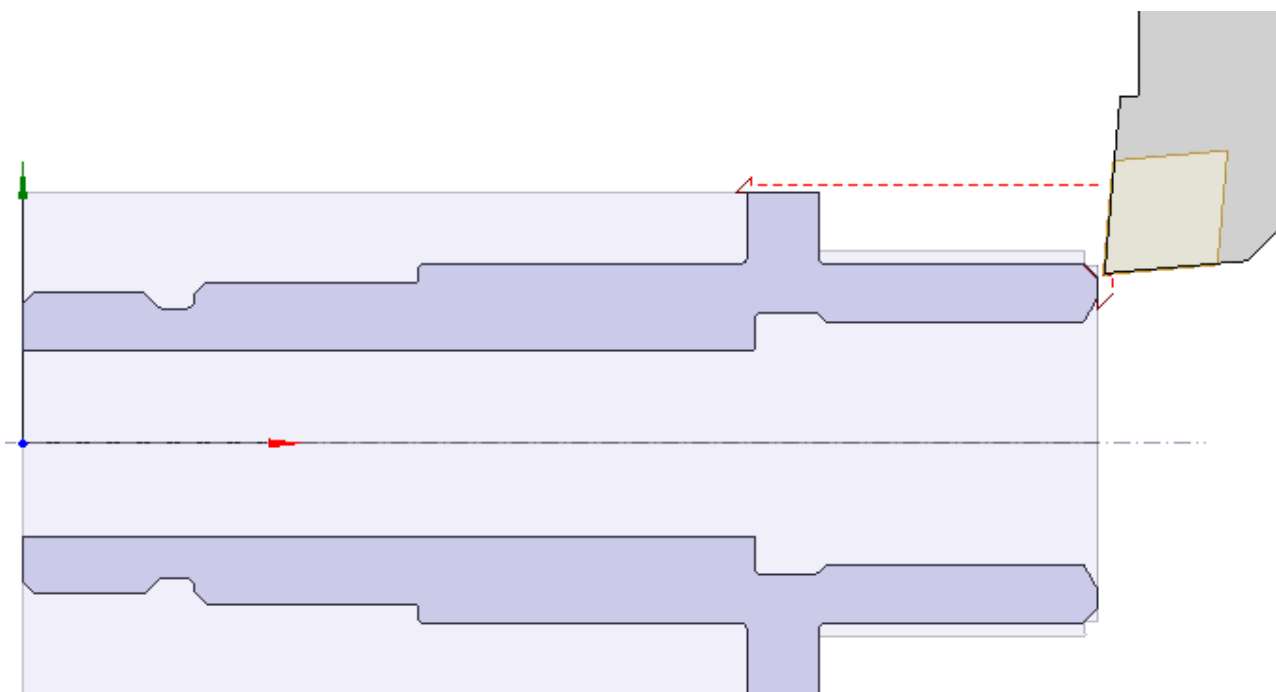


Рисунок 1.6 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чистове точіння

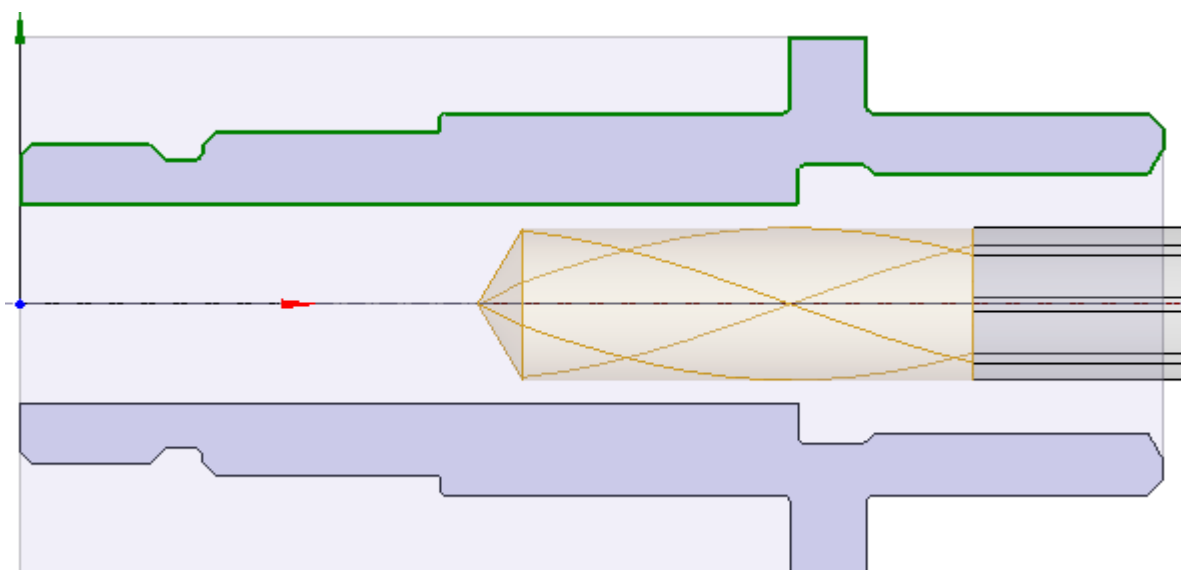


Рисунок 1.8 - Візуалізація обробки в SprutCAM: свердління

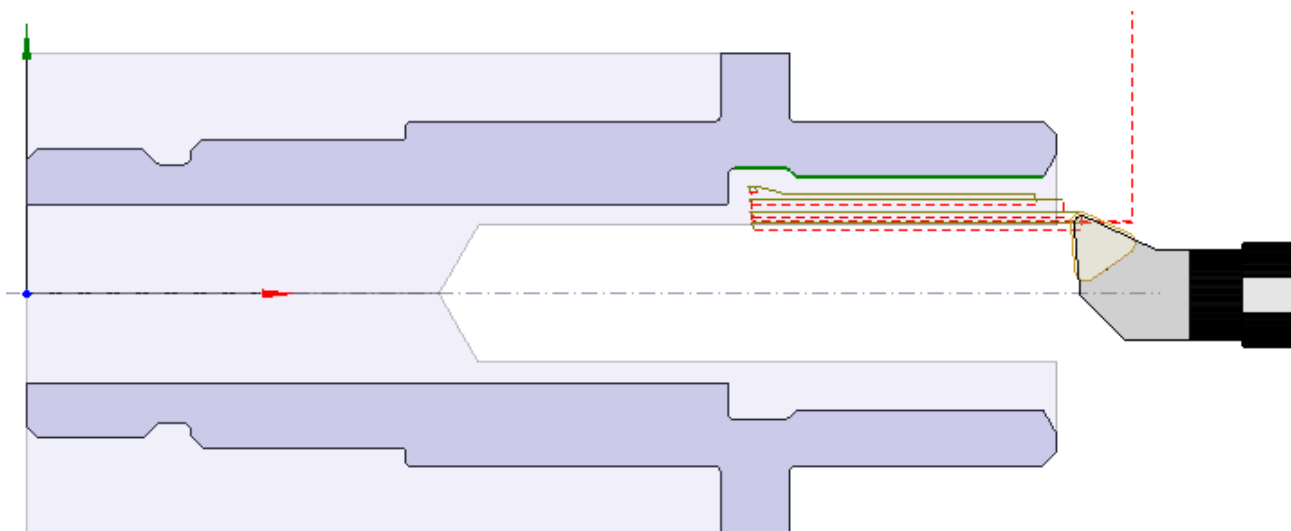


Рисунок 1.9 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чорнове розточування

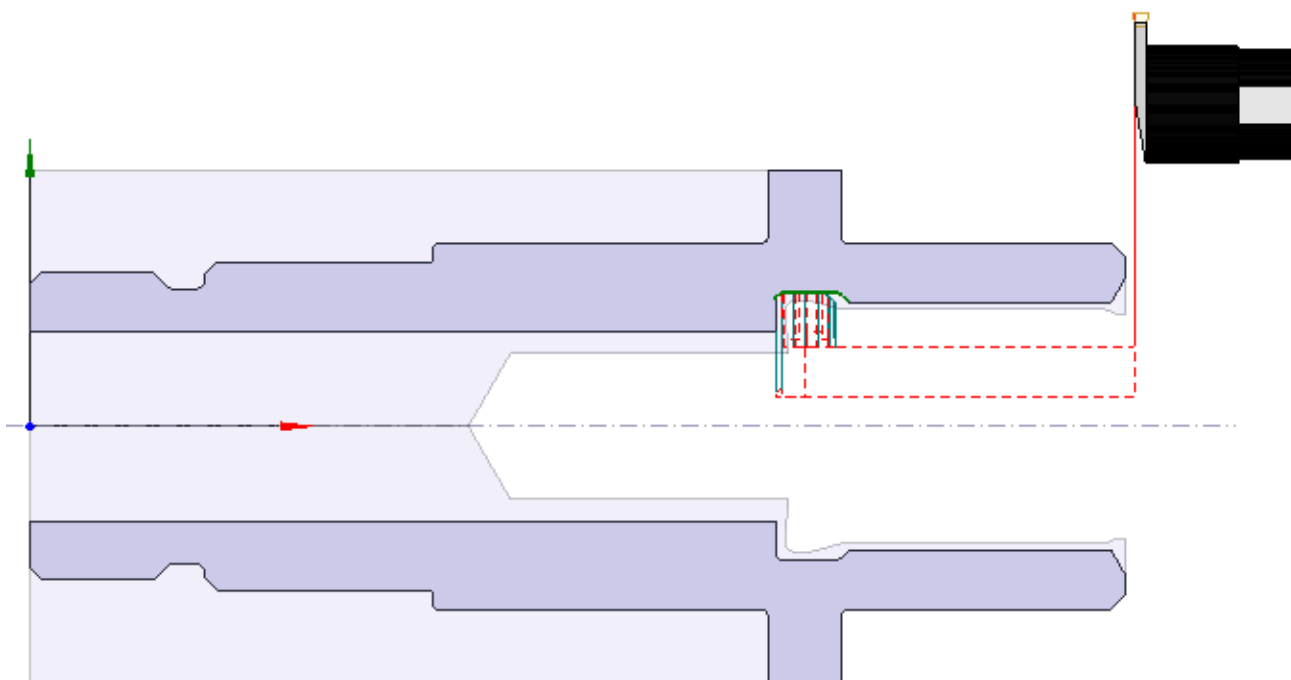


Рисунок 1.10 - Візуалізація обробки в SprutCAM: розточування канавки

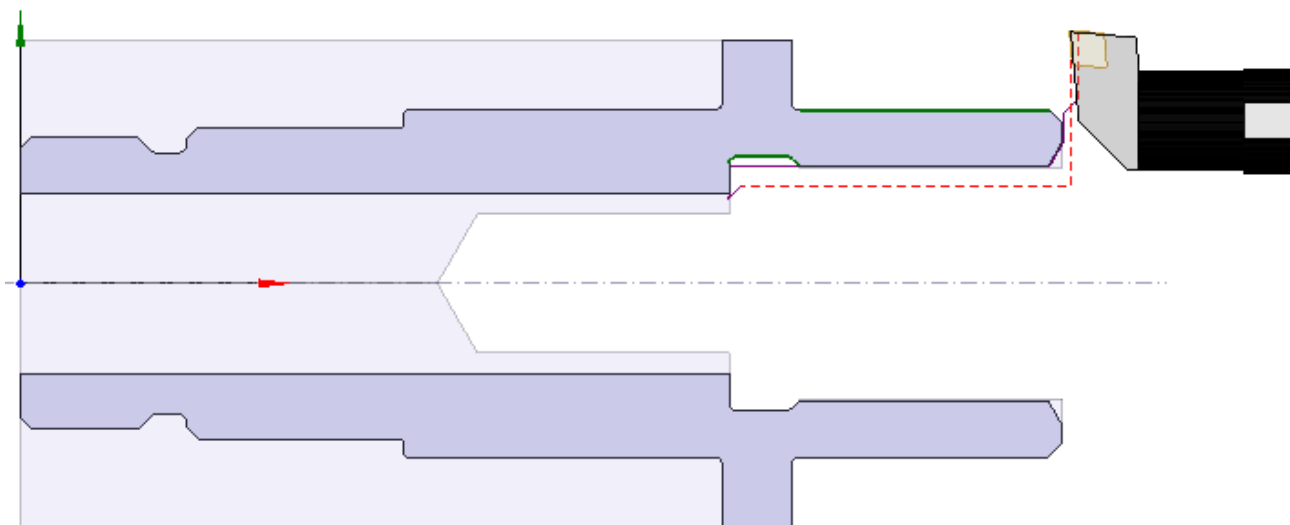


Рисунок 1.11 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чистове розточування

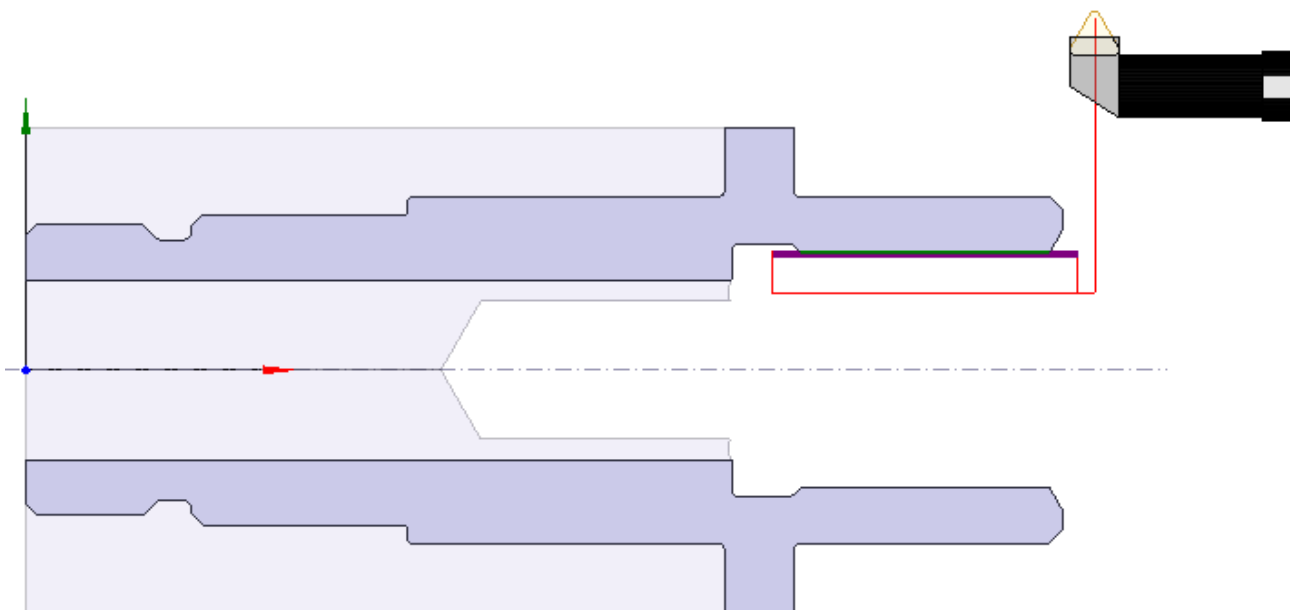


Рисунок 1.12 - Візуалізація обробки в SprutCAM: нарізання внутрішньої різьби

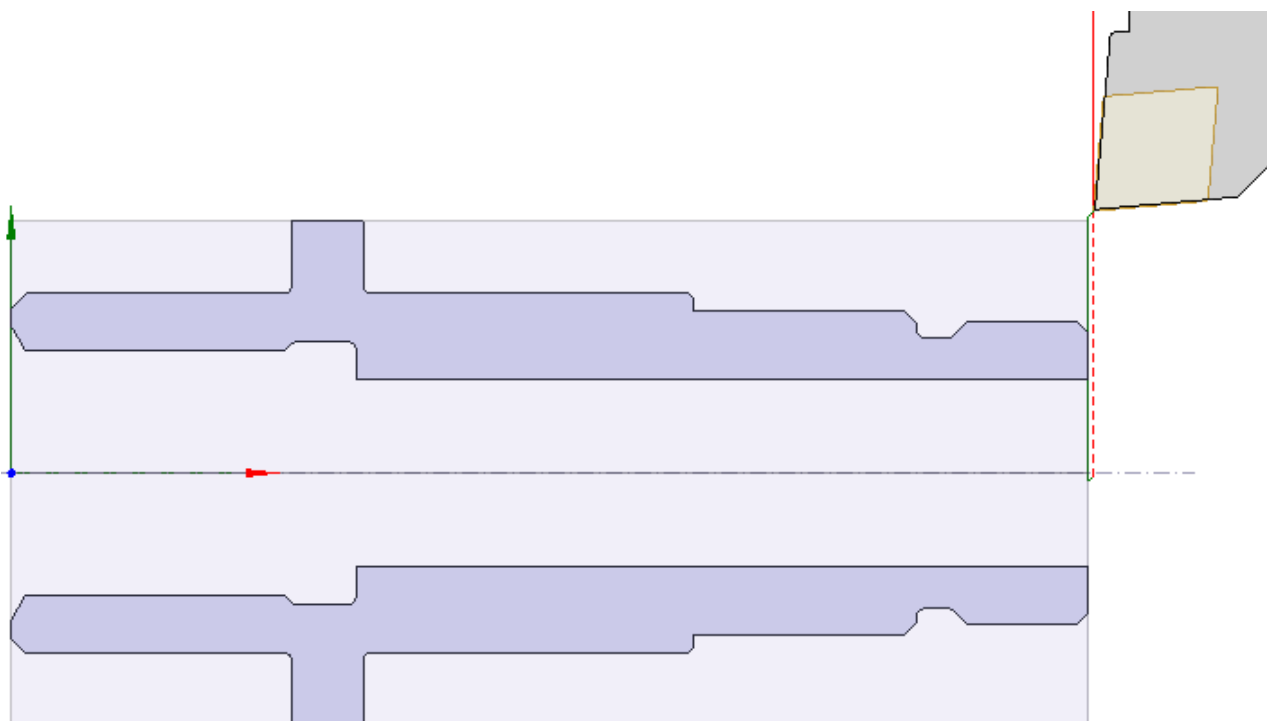


Рисунок 1.13 - Візуалізація обробки в SprutCAM: точіння торця

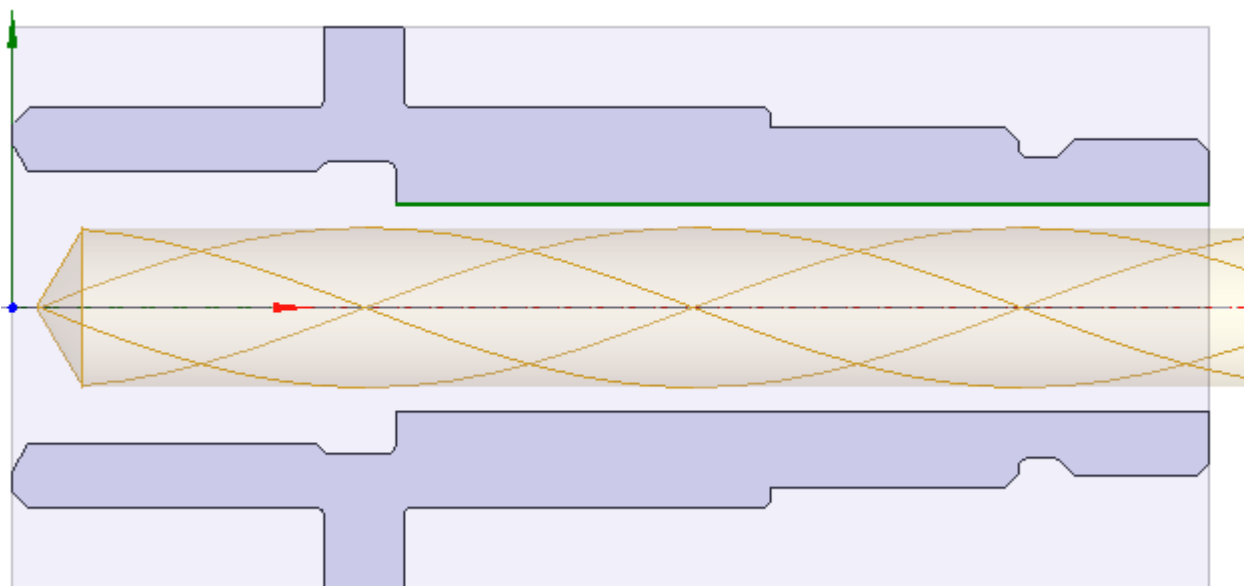


Рисунок 1.14 - Візуалізація обробки в SprutCAM: свердління

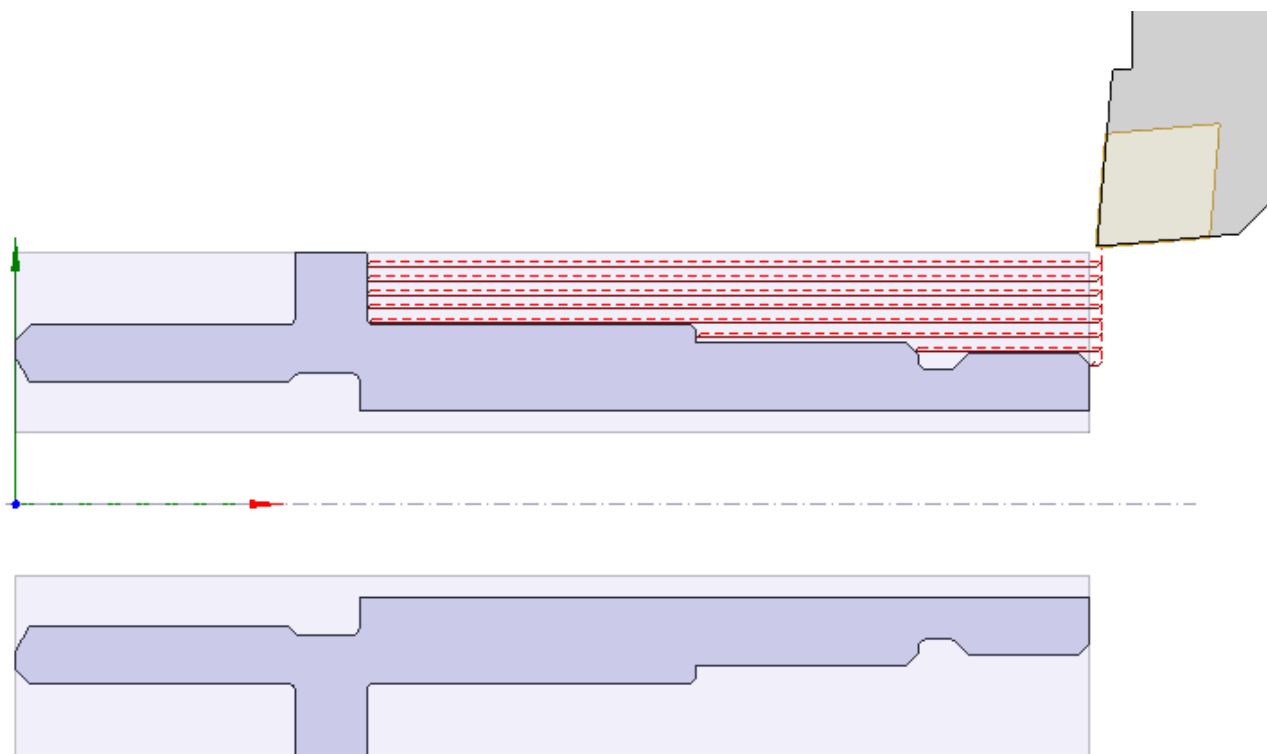


Рисунок 1.15 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чорнове точіння

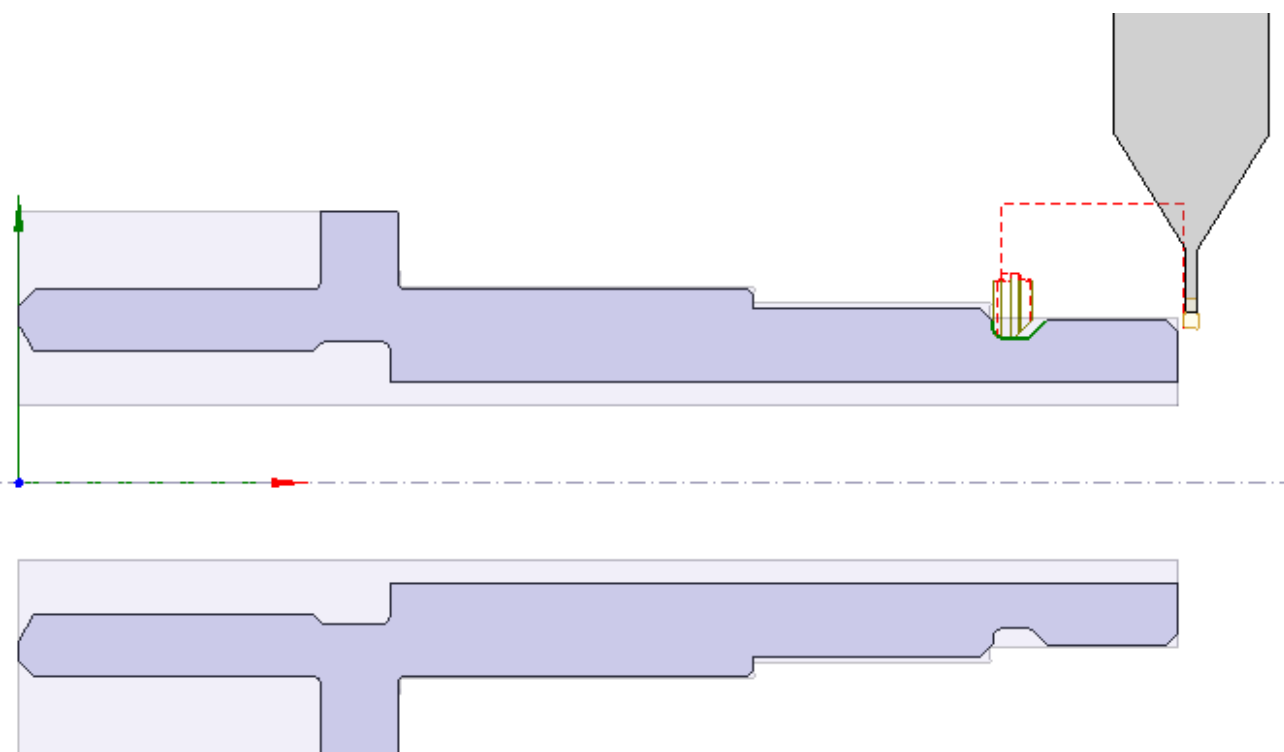


Рисунок 1.16 - Візуалізація обробки в SprutCAM: обробка канавки

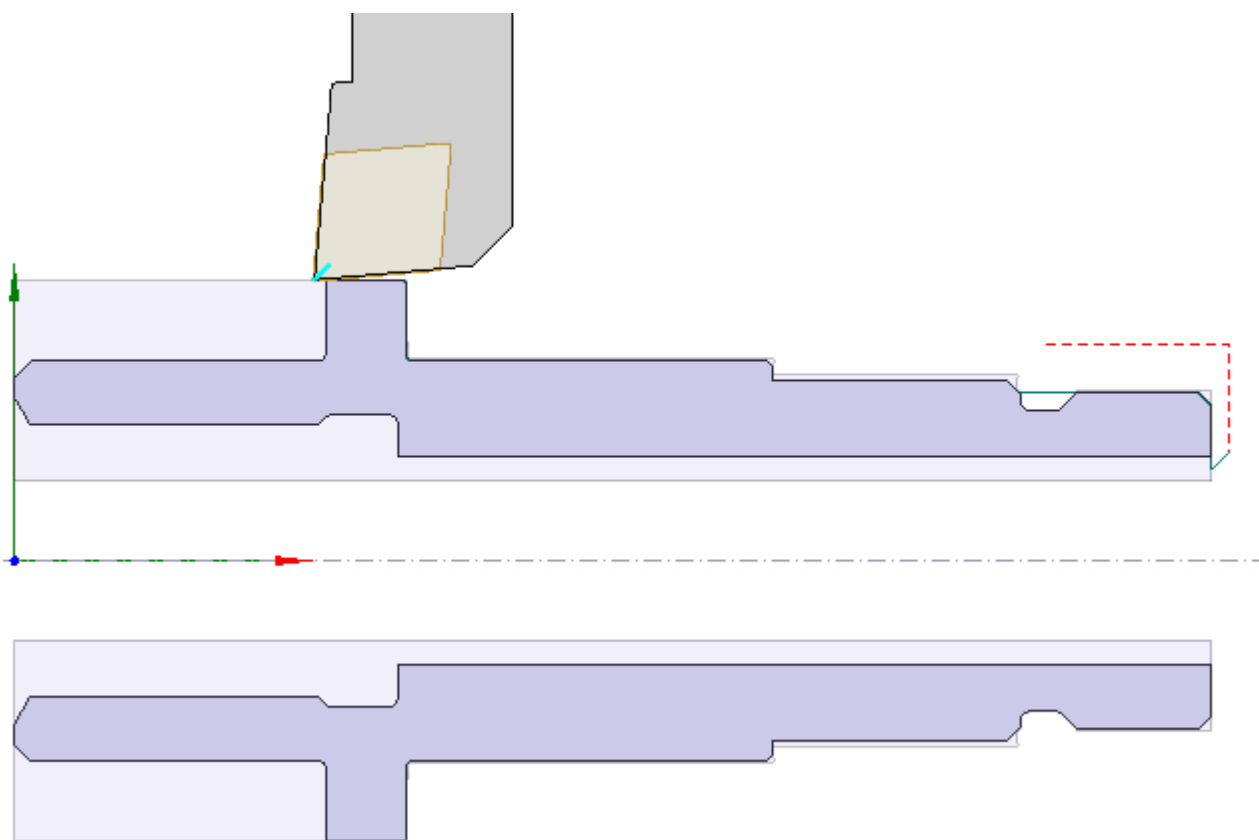


Рисунок 1.17 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чистове точіння

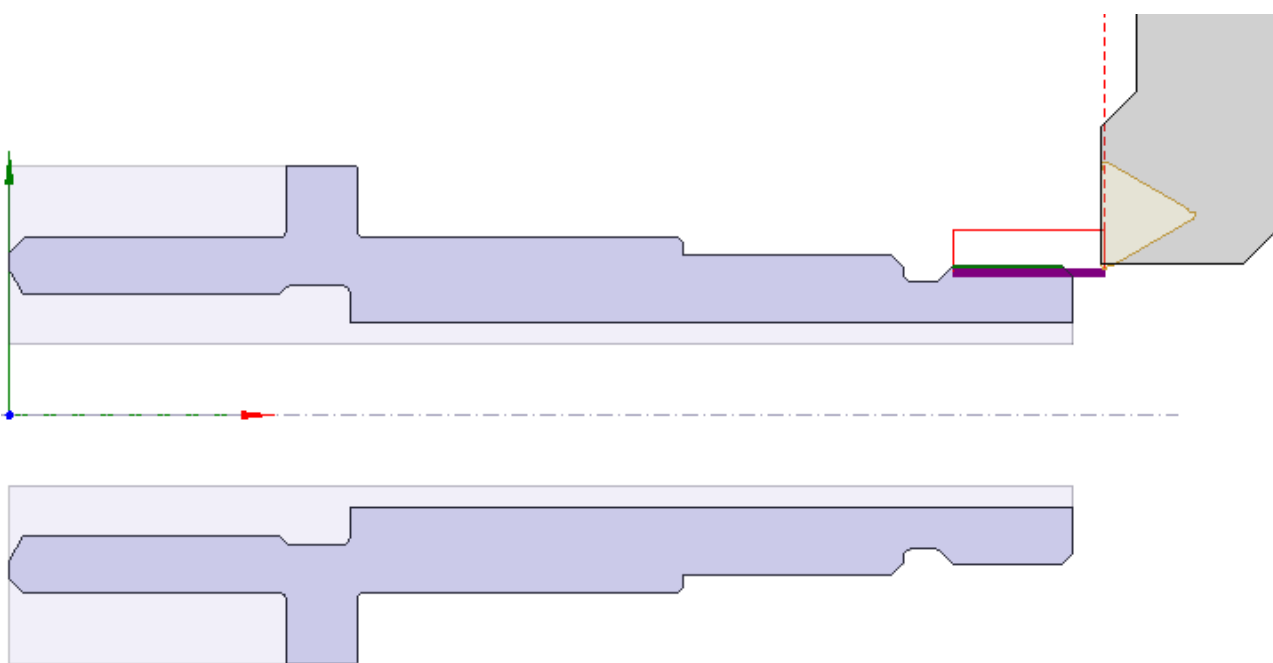


Рисунок 1.18 - Візуалізація обробки в SprutCAM: нарізання різьби

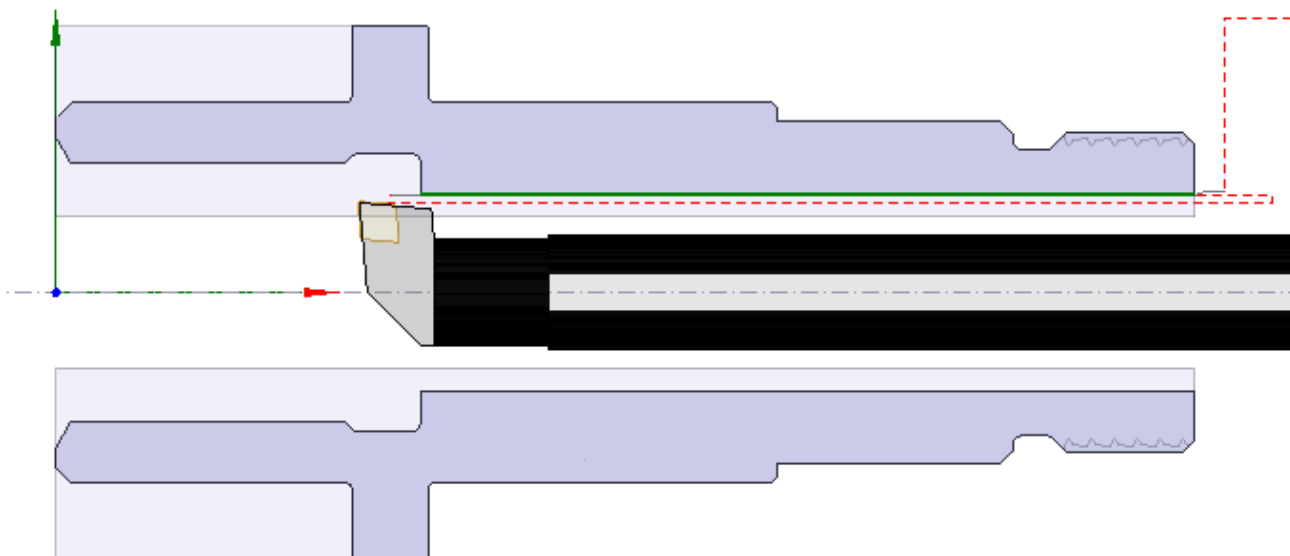


Рисунок 1.19 - Візуалізація обробки в SprutCAM: чистове розточування

1.9. Розроблення переходів та технічне нормування операції

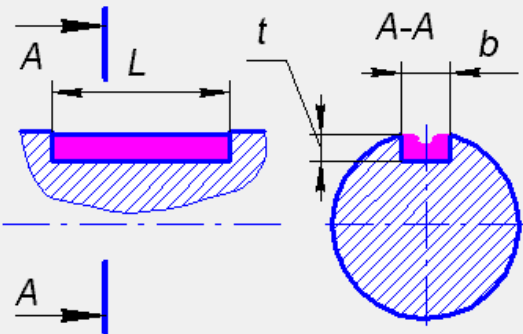
Проектування технологічного процесу для верстата з ЧПК виконано за допомогою програми SprutCAM 2007, а проектування інших операцій - за допомогою програми Спрут ТП. Застосування цієї програми дозволить автоматизувати проектування переходів, розрахунок режимів різання, норм часу [13], вибір різальних інструментів та підготовку технологічної документації. Цю технологічну документацію (маршрутна і операційні карти) наведено в додатках.

Автоматизоване проектування технологічного фрезерного переходу в Спрут ТП виконуємо шляхом введення параметрів шпонкового пазу (рис. 1.20). Програма пропонує інструмент, розраховує режими різання і норми часу (рис. 1.21).

Проектування шліфувальної операції полягає у виборі верстату з бази даних Спрут ТП (рис. 1.22), проектування допоміжного переходу для установки заготовки та проектування основного шліфувального переходу (рис. 1.23, 1.24). Програма пропонує інструмент, розраховує режими різання і норми часу (рис. 1.25).

Ввод значений

Паз шпоночный призматический



Ширина b	14
Квалитет	9
Длина L	25
Глубина t	5.5
Характер обработки	в упор
Основное отклонение	N

OK Отмена

Рисунок 1.20 - Автоматизоване проектування фрезерного переходу в Спрут ТП

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "паз шпоночный призматический":

Параметр	Значение
Обрабатываемая поверхность	паз шпоночный призматический
Переход	Фрезеровать шпоночный паз $b = 14$ (0.000; -0.043) $t = 5.5$ $L = 25$
Инструмент	Фреза 2234-0373 ГОСТ 9140-78
Расчетные размеры	
Ширина (диаметр) обработки, мм	14
Длина рабочего хода расчетная L, мм	17.5
Глубина резания t, мм	5.5
Число проходов i	1
Режим обработки на станке	
Подача минутная Sm, мм/мин	8.3
Частота вращения n, об/мин	315
Скорость резания V, м/мин	13.85
Результаты нормирования	
Время неполное штучное (на переход), мин	1.62
Время основное To, мин	1.22
Время вспомогательное Tв, мин	0.4

OK Отмена

Рисунок 1.21 - Результаты проектування фрезерного переходу в Спрут ТП

Список станков, у которых все необходимые для расчетов параметры заполнены

Для фильтрации строковых значений по маске используются символы:
% - любой набор символов, любой длины; _ - любой один символ.

Обозначение оборудования	Модель	Наименование оборудования	Шифр	Тип травлени шпинд...	тра по
3131, Круглошлифовальный станок	3131	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3132, Круглошлифовальный станок	3132	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3151, Круглошлифовальный станок	3151	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3153М, Круглошлифовальный станок	3153М	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3161, Круглошлифовальный станок	3161	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3164, Круглошлифовальный станок	3164	Круглошлифовальный станок	0832	ступенч...	сту
316М, Круглошлифовальный станок	316М	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3415Е, Круглошлифовальный станок	3415Е	Круглошлифовальный станок	0841	ступенч...	сту
3А110В, Круглошлифовальный станок	3А110В	Круглошлифовальный станок		ступенч...	сту
3А130, Круглошлифовальный станок	3А130	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3А164, Круглошлифовальный станок	3А164	Круглошлифовальный станок	0832	ступенч...	сту
3А164А, Круглошлифовальный станок	3А164А	Круглошлифовальный станок	0832	ступенч...	сту
3А172, Круглошлифовальный станок	3А172	Круглошлифовальный станок	0833	ступенч...	сту
3А172Б, Круглошлифовальный станок	3А172Б	Круглошлифовальный станок	0833	ступенч...	сту
3А174, Круглошлифовальный станок	3А174	Круглошлифовальный станок	0834	ступенч...	сту
3Б12, Круглошлифовальный станок	3Б12	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту
3Б151, Круглошлифовальный станок	3Б151	Круглошлифовальный станок	0831	ступенч...	сту

Поиск ОК << К группам Полный список >>

Рисунок 1.22 - Вибір верстату з бази даних Спрут ТП

СПРУТ-ТП

Результаты установка:

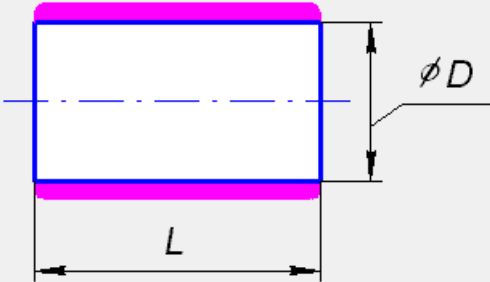
Параметр	Значение
Переход	Установить и закрепить деталь
Оборудование	
наименование	Круглошлифовальный станок
обозначение	3А164, Круглошлифовальный станок
шифр	0832
Результаты нормирования	
время Тпз, мин	8
время Тв, мин	0.6

ОК Отмена

Рисунок 1.23 - Результаты проектирования допоміжного переходу в Спрут ТП

Ввод значений

Цилиндр открытый



Диаметр D мм	50
Основное отклонение	js
Квалитет D	6
Верхнее отклонение D мм	0
Нижнее отклонение D мм	0
Длина L мм	14

OK Отмена

Рисунок 1.24 - Автоматизоване проектування шліфувального переходу

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<u>Обрабатываемая поверхность</u>	цилиндр
Переход	Шлифовать цилиндр D = 50 (±0.008) L = 14 окончательно
Инструмент	круг шлифовальный D = 300 B = 50
Расчетные размеры	
Ширина B, мм	50
Длина рабочего хода расчетная L, мм	0.1
Глубина резания t, мм	0
Число проходов i	1
Режим обработки на станке	
Подача S	0.002
Частота вращения круга n, об/мин	1592
Скорость резания станка V, м/мин	25
Результаты нормирования	
Время неполное штучное (на переход), мин	5.13
Время основное T _о , мин	3.93
Время вспомогательное T _в , мин	1.2

OK Отмена

Рисунок 1.25 - Результаты проектування шліфувального переходу в Спрут ТП

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування верстатного пристрою

Для полегшення базування та закріплення заготовки на вертикальному фрезерному верстаті під час фрезерування шпонкового паза розроблено спеціалізований фрезерний пристрій. Застосування цього пристрою дозволить швидко базувати деталь за допомогою призм і швидко закріплювати. Пристрій є спеціалізованим, оскільки дозволяє певне переналагодження. Проектування пристрою виконували за допомогою SOLIDWORKS 2018 [14] (рис. 2.1).

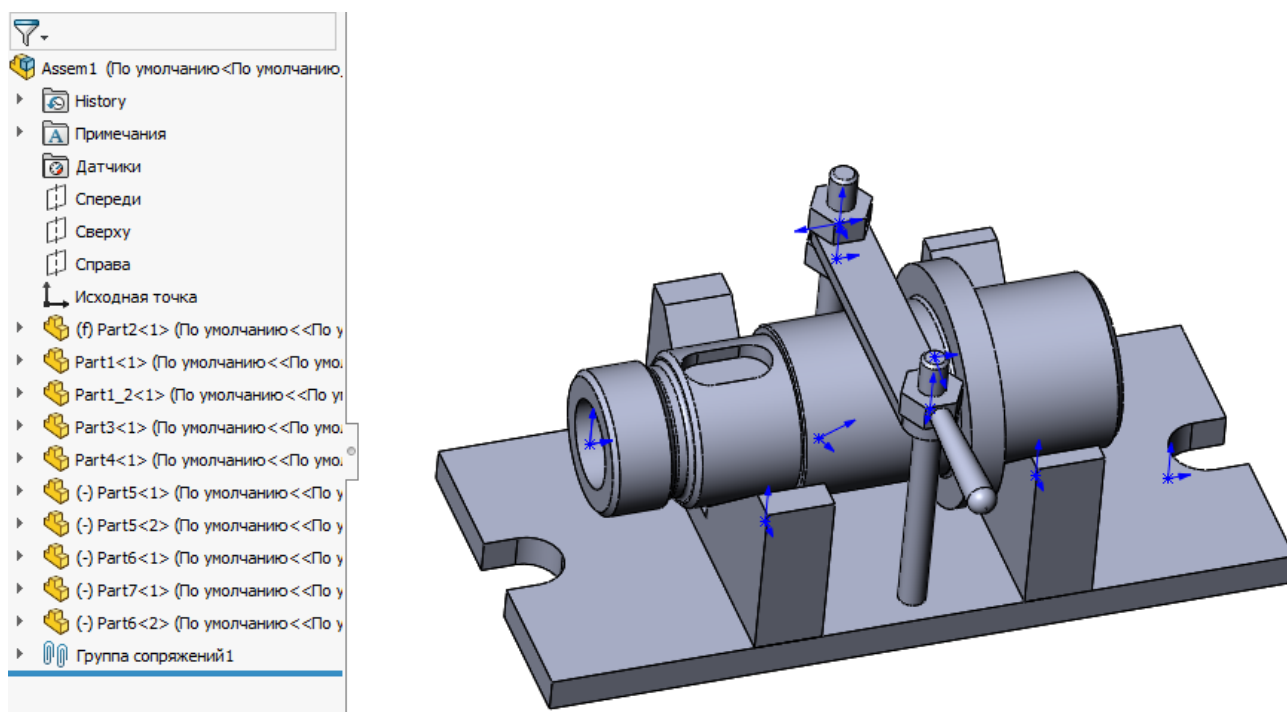


Рисунок 2.1 - Модель пристрою у SOLIDWORKS

Пристрій складається з плити з пазами для кріплення пристрої на столі верстату. До плити пригвинчуються призми різної висоти. Деталь базується шляхом установки в призмах і шляхом упору до торця призми. У випадку застосування налагодженого на розмір верстата це дозволить швидко досягати

точності базування. Закріплення деталі відбувається за допомогою гвинтового затискача, проте його можна легко замінити на пневмопривід.

Виконаємо розрахунок сили закріплення (рис. 2.2), а також розрахунок пристрою на точність.

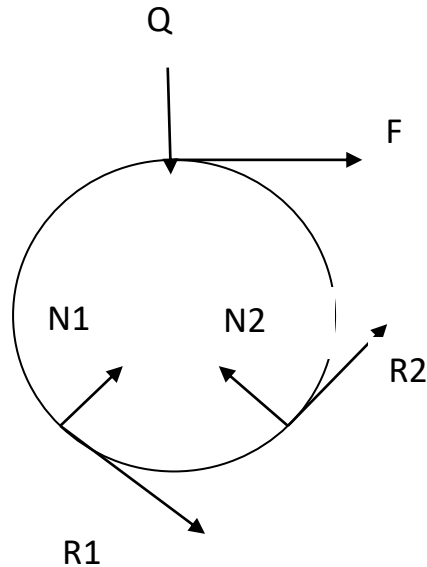


Рисунок 2.2 - Схема для визначення сили затиску Q :

F - сила різання, $R1, R2$ - сили тертя, $N1, N2$ - сили нормальної реакції

Рівняння моментів відносно центру кола:

$$F \cdot r - R1 \cdot r - R2 \cdot r = 0;$$

$$R1 = R2.$$

Тоді

$$F \cdot r - 2R \cdot r = 0,$$

$$R = F/2.$$

Сили тертя залежать від коефіцієнта тертя сталь-сталь $k=0,15$:

$$R1 = k \cdot N1 = 0,15 \cdot N1;$$

$$R2 = k \cdot N2 = 0,15 \cdot N2.$$

Звідки

$$N1 = N2 = R/0,15 = F/0,3.$$

Рівняння сил по осі 0у (вагу заготовки не враховуємо):

$$Q = N1_y + N2_y$$

де

$$N1_y = N1 * \sin(45) = N1 * 0,71;$$

$$N2_y = N2 * \sin(45) = N2 * 0,71.$$

Тоді

$$Q = 0,71 * F / 0,3 + 0,71 * F / 0,3 = 4,71F.$$

Якщо прийняти $F = 70$ Н, то

$$Q = 4,71 * 70 = 329 \text{ Н.}$$

На рис. 2.3 показана схема для визначення похибки базування.

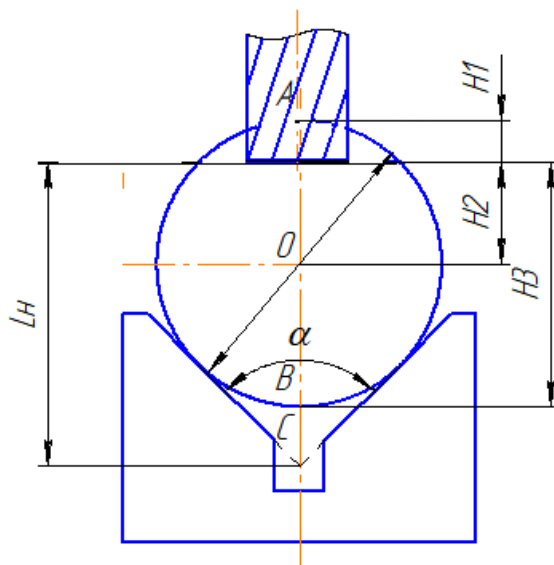


Рисунок 2.3 – Похибка базування під час базування заготовки в призмі: L_h - розмір налагодження, D - діаметр заготовки з допуском T_d , H_i - конструкторський розмір

Для розміру $H1$ вимірна база це точка А. Технологічна базою - точка С. Похибка базування рівна полю розсіювання розміру АС:

$$\Delta \delta_{\text{н}} = \Delta AC = \frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{T_D}{2} = 0,16 / 1,41 + 0,16 / 2 = 0,193 \text{ мм.}$$

Так як допуск $H1=5,5$ за квалітетом 12 становить 0,12 мм, то точність не може бути досягнута. Цю проблему можна вирішити шляхом зміни бази на більш точну ($\varnothing 50js6$), або вибору в якості конструкторського розміру $H2$, для якого похибка базування буде менша:

$$\Delta b_{H2} = \Delta OC = \frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0,11 \text{ мм.}$$

2.2. Дослідження похибки закріплення пристрою

Метою наступного дослідження є виявлення похибки закріплення пристрою [3]. Для цього використано тривимірну модель пристрою та метод скінченних елементів, якій реалізовано в SOLIDWORKS Simulation. Скінченна елементна модель показана на рисунку 2.4.

Введено параметри матеріалу - сталь вуглецева. Модуль пружності $2,1 \cdot 10^{11}$ Па, коефіцієнт Пуассона 0,28, границя плинності 620 МПа.

Задано контакт компонентів (рис. 2.4). В основному тип контакту - «зв'язані», але для таких пар компонентів як гайка-гвинт, планка-гвинт, деталь-планка тип контакту - «без проникнення». Нижня площина пристрою позбавлена переміщень і поворотів.

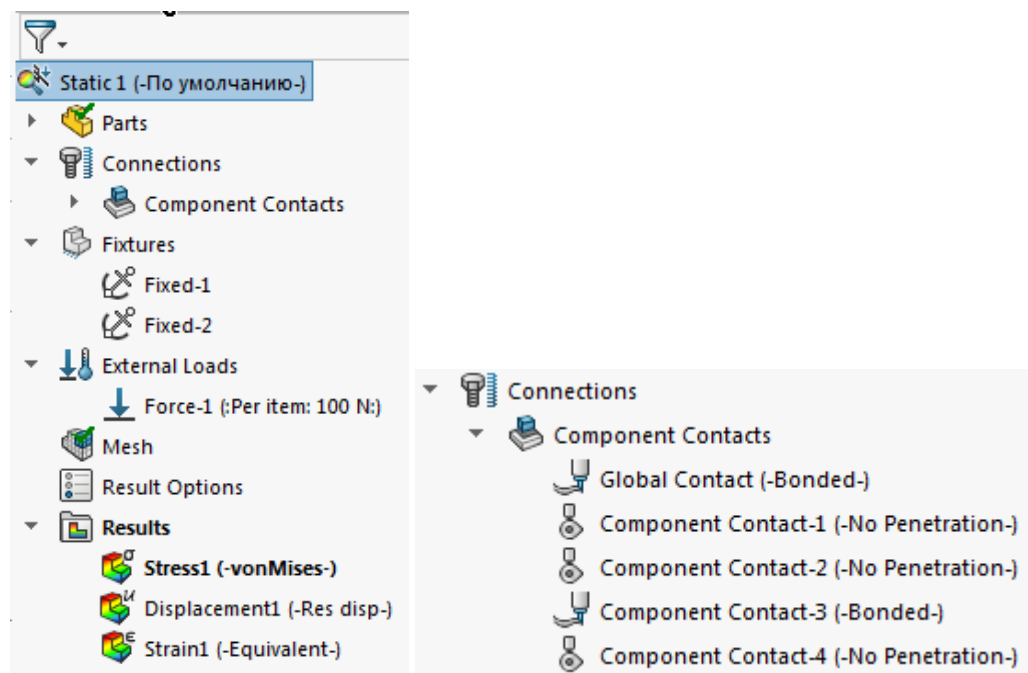


Рисунок 2.4 - Скінченно-елементна модель та контакт компонентів

На поверхню гайки діє сила F (фактично гайка тисне на пластину). Скінченно-елементна сітка показана на рисунку 2.5. В даній моделі не враховується пластичні деформації матеріалу, тобто ця модель в основному лінійна і теоретично достатньо двох точок для побудови залежності.

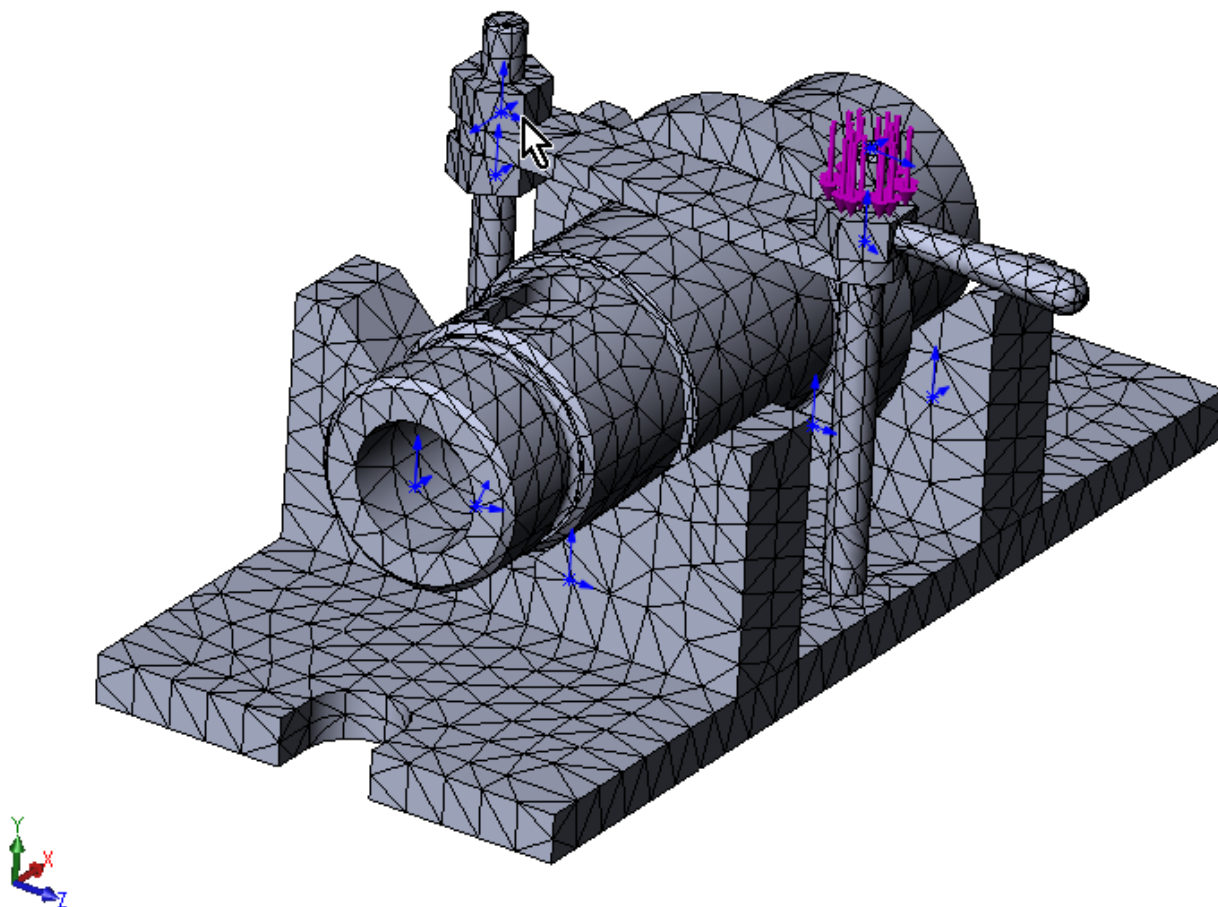


Рисунок 2.5 - Скінченно-елементна сітка

Результати показують (рис. 2.6-7), що найбільші напруження виникають в зоні контакту циліндра з призмою. Для зменшення цих напружень можна запропонувати застосовувати ширшу призму. Найбільші деформації виникають в зоні затискача, що пов'язано з його малою жорсткістю. Проте на точність обробки вони не впливають.

Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 136.186

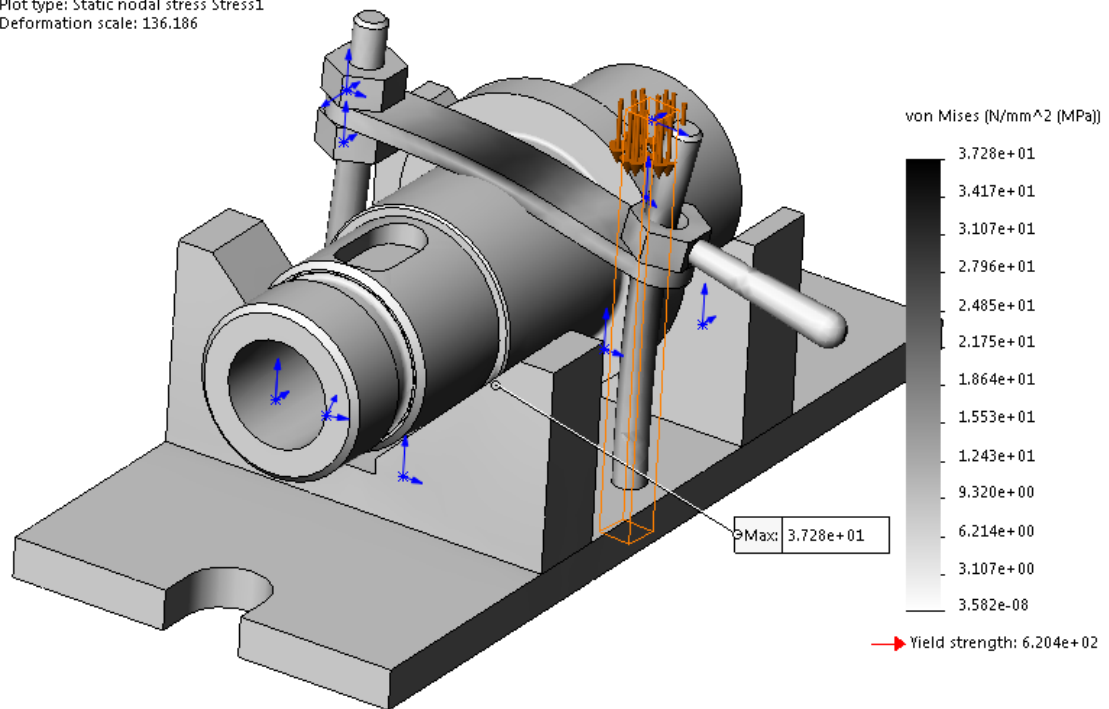


Рисунок 2.6 - Еквівалентні напруження

Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 136.186

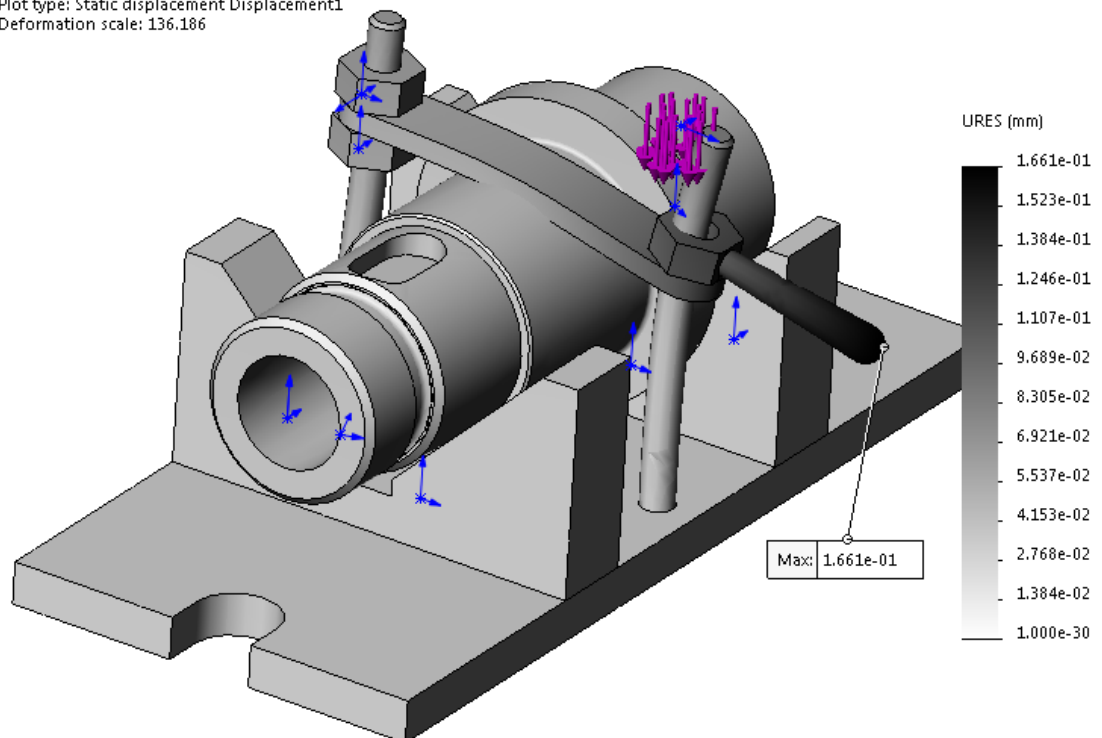


Рисунок 2.7 - Переміщення

Найбільш важливі для точності переміщення нижньої площини шпонкового паза. Були обчислені мінімальні Min , максимальні Max , середнє Avg переміщення нижньої площини та значення RMS . Результати наведено в таблиці 2.1 та на рисунках 2.8, 2.9.

Таблиця 2.1 - Максимальні еквівалентні напруження S_{max} і переміщення поверхні шпонкового паза (Avg , Max , Min , RMS) в залежності від сили закріплення F

F, Н	100	200	300	400	500
S_{max}, МПа	37	78	118	157	197
Avg, мм	5,57E-03	1,16E-02	1,77E-02	2,35E-02	2,95E-02
Max, мм	6,43E-03	1,34E-02	2,04E-02	2,71E-02	3,41E-02
Min, мм	5,07E-03	1,06E-02	1,61E-02	2,14E-02	2,69E-02
RMS, мм	5,58E-03	1,17E-02	1,77E-02	2,35E-02	2,96E-02

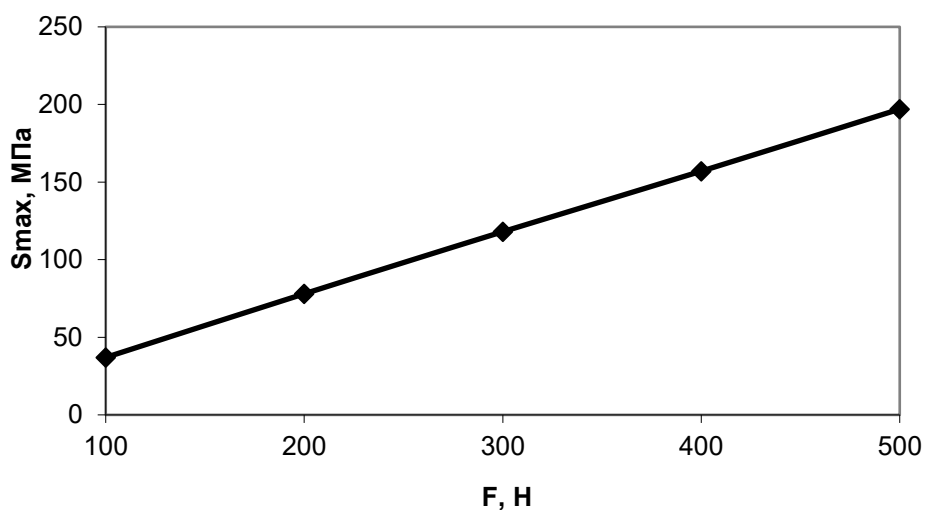


Рисунок 2.8 - Залежність максимальних еквівалентних напружень від сили застосування

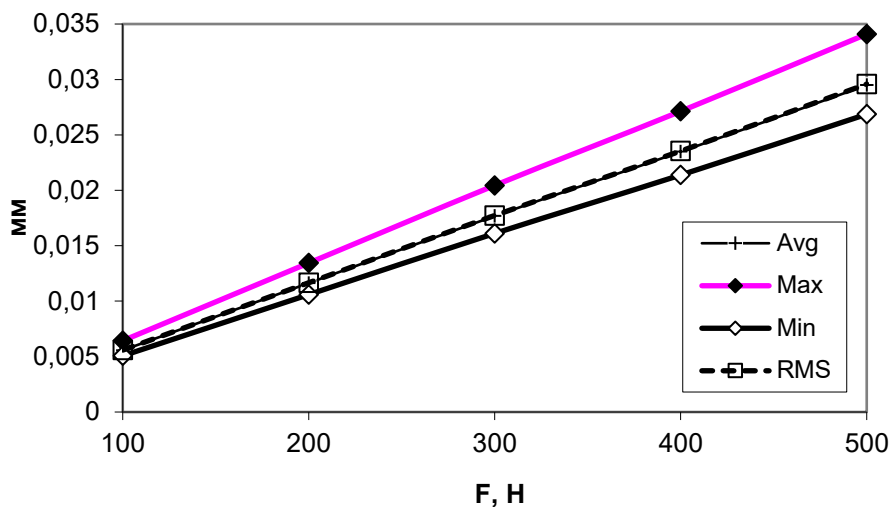


Рисунок 2.9 - Залежність переміщень дна шпонкового паза від сили затиску

Помітно, що навіть зі збільшенням сили F до 500 Н є запас міцності до границі плинності. Зі збільшенням сили F збільшується різниця між максимальним і мінімальним переміщенням площини паза. Тобто збільшується похибка форми. Отриманий графік може бути використаний для обґрунтування сили закріплення. Наприклад при силі закріплення 300 Н може виникати похибка форми дна паза, спричинена похибкою закріплення, до 4 мкм, а сама величина переміщень буде до 20 мкм. У разі не постійності сили закріплення буде виникати розсіювання розмірів партії деталей, яке можна прогнозувати за цими залежностями.

Висновки

1. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі та проаналізовано базовий технологічний процес. Аналіз показав доцільність застосування верстата з ЧПК на токарній операції, концентрації операцій та спеціального пристрою для фрезерування паза.

2. Розроблено проектний варіант ТП для умов великосерійного виробництва - розраховано припуски для виливки та поковки, розраховано міжопераційні припуски, режими різання та розроблена програма для токарного верстата з ЧПК з використанням SputCAM, розроблено операції технологічного процесу з використанням СпрутТП. Широко застосовано методи автоматизації технологічних розрахунків, CAD/CAM-системи. Розроблений технологічний процес включає операції із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням. Запропоновані рішення щодо підвищення продуктивності, зменшення витрат та підвищення якості виробництва. Окремі запропоновані рішення можуть бути впроваджені у виробництво.

3. Спроектовано спеціалізований пристрій для фрезерної обробки з використанням SOLIDWORKS. Параметрична модель пристрою дозволяє мінімізувати витрати часу на модифікацію його конструкції.

4. Виконано аналіз похибки закріплення пристрою з використанням методу скінченних елементів та SOLIDWORKS Simulation. Отримано залежності, які можуть бути використані для обчислення похибки дна паза, яка спричинена силою закріплення.

Література

1. Медвідь М. В., Шабайкович В. А. Теоретичні основи технології машинобудування. Львів : Вища школа, 1976. 293 с.
2. Сторож Б. Д. Теоретичні основи технології виготовлення деталей і складання машин : конспект лекцій. Івано-Франківськ: Факел, 2003. 83 с.
3. Копей В. Б., Одосій З. М., Онисько О. Р. Технологія машинобудування : навчальний посібник. Частина 1. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 217 с.
4. Справочник технолога машиностроителя. Том 1. Под. ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. 656 с.
5. Справочник технолога машиностроителя. Том 2. Под. ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. 568 с.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под общей ред. А.А. Панова. Москва : Машиностроение, 1988. 706 с.
7. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник. Москва : Вища шк., 1993. 414 с.
8. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении : Учеб. пособие. Київ : Вища школа, 1991. 247 с.
9. Сторож Б. Д. та ін. Технологічні основи машинобудування: розрахунково-графічний практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. 56 с.
10. Худобин Л.В. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов. Москва : Машиностроение, 1989. 288 с.
11. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск : Высшая школа, 1983. 256 с.

- 12.Звонцов И.Ф. и др. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ. СПб. : Лань. 585с.
- 13.Общестроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места и работы, выполняемые на метало­ре­жу­щих станках. Москва : Машино­стро­е­ние, 1974, 416 с.
- 14.Автоматизоване проектування різальних інструментів : навчальний посібник / Копей В. Б., Онисько О. Р., Борушак Л. О., Роп'як Л. Я. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 208 с.

Додаток А. Код програми для операції 020 (установ 1)

%	N038Z+15171F70000
N001G27M004	N039X-05107
N002G58F70000	N040X-04966Z+15100F0
N003G27M004	N041Z+14805
N004G01X-07160Z+15080S600	N042X-05107Z+14876
N005Z+15071	N043Z+15171F70000
N006X-07301	N044X-04708
N007F0M008	N045X-04566Z+15100F0
N008X-07160Z+15000	N046Z+15000
N009X+00240	N047X-04708Z+15071
N010X+00099Z+15071	N048F70000
N011F70000	N049Z+15212
N012Z+15170	N050X-04175
N013X-07107	N051F0
N014F0	N052X-03751Z+15000
N015X-06966Z+15100	N053X-04560
N016Z+11100	N054G03X-04588Z+14994K+00020
N017X-07107Z+11170	N055G01X-04988Z+14794
N018Z+15171F70000	N056G03X-05000Z+14780I+00028K+00014
N019X-06707	N057G01Z+11180
N020X-06566Z+15100F0	N058G02X-05160Z+11100I-00160
N021Z+11100	N059G01X-06960
N022X-06707Z+11171	N060G03X-07000Z+11080K+00020
N023Z+15171F70000	N061G01Z+09942
N024X-06307	N062X-07424Z+10154
N025X-06166Z+15100F0	N063F70000M009
N026Z+11100	N064X-07204
N027X-06307Z+11171	N065G27T001S000M004
N028Z+15171F70000	N066X-09200Z+22000S300
N029X-05907	N067Z+16000
N030X-05766Z+15100F0	N068X+00000
N031Z+11100	N069F0M008
N032X-05907Z+11171	N070Z+06000
N033Z+15171F70000	N071Z+16000F10000
N034X-05507	N072F70000M009
N035X-05366Z+15100F0	N073Z+22000
N036Z+11100	N074G27T000S000M004
N037X-05507Z+11171	N075X-09200Z+16100S3729

N076X-02043	N121X-02902
N077Z+15360	N122X-02874Z+10285
N078F0M008	N123X-00996F70000
N079Z+15260	N124Z+10210
N080Z+10539	N125X-01996F0
N081X-01879Z+10596	N126X-03455
N082Z+15360F70000	N127X-01996
N083X-02405	N128X-00996F70000
N084Z+15260F0	N129X-01996F0
N085Z+10523	N130X-03455
N086X-02241Z+10580	N131G02X-03630Z+10299I+00005K-00090
N087Z+15092F70000	N132G01X-00796F70000
N088X-02768	N133Z+10619
N089Z+14992F0	N134X-02180
N090Z+10507	N135X-03180F0
N091X-02604Z+10565	N136X-03630
N092Z+14691F70000	N137X-03180
N093X-02681	N138X-02180F70000
N094X-02880Z+14682F0	N139Z+10459
N095Z+11121	N140X-03180F0
N096G02X-02894Z+11066I-00420	N141X-03630
N097G01X-03130Z+10627	N142X-03602Z+10473
N098Z+10491	N143X-02180F70000
N099X-02966Z+10549	N144Z+10299
N100Z+10527F70000	N145X-03180F0
N101X-03130	N146X-03630
N102Z+10627F0	N147X-03602Z+10313
N103Z+10627	N148X-02180F70000
N104Z+10591	N149Z+10779
N105X-02966Z+10649	N150X-03180F0
N106F70000M009	N151X-03630
N107Z+10561	N152X-03602Z+10765
N108X-02139	N153X-02180F70000
N109Z+16100	N154Z+10939
N110G27T027S000M004	N155X-03180F0
N111X-11300Z+15110S600	N156X-03534
N112X-00780	N157X-03506Z+10925
N113Z+10210	N158X-02180F70000
N114X-00980	N159Z+11032
N115X-01980F0M008	N160X-03180F0
N116X-02902	N161X-03380
N117X-01980	N162X-03352Z+11018
N118X-00980F70000	N163X-02380F70000
N119Z+10299	N164X-03380F0
N120X-01980F0	N165G02X-03386Z+11013I-00020K-00002

N166G01X-03577Z+10917	N211X-02224
N167G03X-03630Z+10854I+00127K+00064	N212Z+15200
N168G01Z+10527	N213X-03319
N169X-02380F70000	N214Z+10800
N170Z+10297	N215X-02224
N171X-03380F0	N216Z+15200
N172X-03630	N217X-03341
N173G02Z+10300I+00180K-00003	N218Z+10800
N174G01Z+10627	N219X-02224
N175X-02180F70000	N220Z+15200
N176X-02579	N221X-03359
N177Z+10916	N222Z+10800
N178X-03579F0	N223X-02224
N179G03X-03630Z+10855I+00129K+00063	N224Z+15200
N180G01X-02379F70000	N225X-03375
N181X-02388	N226Z+10800
N182Z+11012	N227X-02224
N183X-03388F0	N228Z+15200
N184X-03575Z+10918	N229X-03390
N185X-02188F70000	N230Z+10800
N186M009	N231X-02224
N187Z+15110	N232Z+15200
N188G27T000S000M004	N233X-03403
N189X-07244Z+15122S600	N234Z+10800
N190X-02825	N235X-02224
N191Z+10390	N236Z+15200
N192F0M008	N237X-03415
N193X-02401Z+10178	N238Z+10800
N194X-02584Z+10218	N239X-02224
N195G03X-02600Z+10220I-00016K+00018	N240Z+15200
N196G01X-03360	N241X-03427
N197Z+14800	N242Z+10800
N198G03X-03380Z+14817I-00040	N243X-02224
N199G01X-04073Z+15017	N244Z+15200
N200G03X-04093Z+15020I-00020K+00017	N245X-03438
N201G01X-04881	N246Z+10800
N202X-05306Z+15232	N247X-02224
N203F70000M009	N248Z+15200
N204X-07244	N249X-03440
N205G27T023S000M004	N250Z+10800
N206X-10200Z+15450S600	N251X-02224
N207X-02224	N252Z+15200
N208Z+15200	N253X-03440
N209X-03291	N254Z+10800
N210Z+10800	N255X-02224

N256M009
N257Z+15450
N258S000G25X+999999

N259G25Z+999999
N260M002

Додаток Б. Код програми для операції 020 (установ 2)

%

N001G27M004
N002G58F70000
N003G01Z+18500
N004X-15000
N005G27M004
N006S600
N007Z+15071
N008X-07301
N009F0M008
N010X-07160Z+15000
N011X+00240
N012X+00099Z+15071
N013F70000M009
N014X-15000
N015Z+16000S000
N016X-09200
N017G27T001M004
N018S300
N019X+00000
N020Z+00300
N021F0M008
N022Z-00577
N023Z+00300F10000
N024F70000M009
N025Z+16000
N026X-40000
N027Z+15080S000
N028X-07160
N029G27T000M004
N030S600
N031Z+15171
N032X-06787
N033F0M008
N034X-06646Z+15100
N035Z+04900
N036X-06787Z+04971
N037Z+15171F70000

N038X-06387
N039X-06246Z+15100F0
N040Z+04900
N041X-06387Z+04971
N042Z+15171F70000
N043X-05987
N044X-05846Z+15100F0
N045Z+04900
N046X-05987Z+04971
N047Z+15171F70000
N048X-05587
N049X-05446Z+15100F0
N050Z+04900
N051X-05587Z+04971
N052Z+15171F70000
N053X-05187
N054X-05046Z+15100F0
N055Z+04924
N056X-05187Z+04995
N057Z+15171F70000
N058X-04787
N059X-04646Z+15100F0
N060Z+09500
N061X-04787Z+09571
N062Z+15171F70000
N063X-04387
N064X-04246Z+15100F0
N065Z+12555
N066X-04387Z+12626
N067Z+15171F70000
N068X-03988
N069X-03846Z+15100F0
N070Z+15000
N071X-03988Z+15071
N072F70000
N073X-07200
N074Z+12700
N075X-05446

N076X-05246	N121X-04246F0
N077X-04246F0	N122X-03826
N078X-03750	N123X-04246
N079X-04246	N124X-05446F70000
N080X-05246F70000	N125X-05211
N081Z+12600	N126X-04211F0
N082X-04246F0	N127X-03826
N083X-03958	N128X-03825
N084X-03986Z+12614	N129G02X-03750Z+12834I-00177K+00090
N085X-05211F70000	N130G01X-05211F70000
N086Z+12700	N131Z+12833
N087X-04211F0	N132X-04211F0
N088X-03750	N133X-03750
N089Z+12661	N134G03Z+12834I-00252K-00001
N090X-05211F70000	N135G01X-05411F70000
N091Z+12600	N136Z+12946
N092X-04211F0	N137X-05446
N093X-03969	N138X-05246
N094G03X-03750Z+12661I-00001K-00130	N139X-04246F0
N095G01Z+12700	N140X-03868
N096X-05411F70000	N141X-04246
N097Z+12833	N142X-05246F70000
N098X-05446	N143Z+13106
N099X-05246	N144X-04246F0
N100X-04246F0	N145X-04188
N101X-03750	N146X-04216Z+13092
N102X-04246	N147X-05246F70000
N103X-05246F70000	N148Z+12925
N104Z+12700	N149X-04246F0
N105X-04246F0	N150X-03826
N106X-03750	N151X-04246
N107X-03778Z+12714	N152X-05446F70000
N108X-05211F70000	N153X-05222
N109Z+12833	N154Z+13106
N110X-04211F0	N155X-04222F0
N111X-03750	N156X-04188
N112X-05211F70000	N157X-03826Z+12925
N113Z+12699	N158X-05422F70000
N114X-04211F0	N159Z+15212
N115X-03750	N160X-02708
N116Z+12833	N161F0
N117X-05411F70000	N162X-02284Z+15000
N118Z+12925	N163X-03840
N119X-05446	N164G03X-03868Z+14994K+00020
N120X-05246	N165G01X-04188Z+14834

N166G03X-04200Z+14820I+00028K+00014	N207Z+15440
N167G01Z+12578	N208X-03970
N168X-04488Z+12434	N209Z+13300
N169G03X-04500Z+12420I+00028K+00014	N210X-05240
N170G01Z+09500	N211Z+15440
N171X-04840	N212X-03951
N172G03X-04868Z+09494K+00020	N213Z+13300
N173G01X-04988Z+09434	N214X-05240
N174G03X-05000Z+09420I+00028K+00014	N215Z+15440
N175G01Z+04980	N216X-03934
N176G02X-05160Z+04900I-00160	N217Z+13300
N177G01X-06960	N218X-05240
N178G03X-07000Z+04880K+00020	N219Z+15440
N179G01Z+03742	N220X-03917
N180X-07424Z+03954	N221Z+13300
N181X-20000Z+20000F70000	N222X-05240
N182Z+15440	N223Z+15440
N183X-05240	N224X-03915
N184X-04138	N225Z+13300
N185Z+13300	N226X-05240
N186X-05240	N227Z+15440
N187Z+15440	N228X-03915
N188X-04096	N229Z+13300
N189Z+13300	N230X-05240
N190X-05240	N231X+00000Z+20000
N191Z+15440	N232X-07244S5457
N192X-04063	N233Z+15400
N193Z+13300	N234X-02645
N194X-05240	N235F0
N195Z+15440	N236Z+15100
N196X-04036	N237X-02563Z+15008
N197Z+13300	N238G02X-02560Z+15000I-00037K+00008
N198X-05240	N239G01Z+04718
N199Z+15440	N240Z+04418
N200X-04012	N241F70000M009
N201Z+13300	N242Z+16022
N202X-05240	N243X-02360
N203Z+15440	N244S000G25X+999999
N204X-03990	N245G25Z+999999
N205Z+13300	N246M002
N206X-05240	

Додаток В. Комплект технологічної документації

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

1

СОГЛАСОВАНО

/

Копей В.Б.

17.06.2022

УТВЕРЖДАЮ

зав. каф. КМБ

/

Панчук В.Г.

17.06.2022

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес
механічної обробки деталі
Втулка 2607.401637.203

ВТК

/

Копей В.Б.

17.06.2022

Виконавець

/

Сова А.І.

01.06.2022

Внедрен в производство

Акт №

ТЛ

1

[illegible]

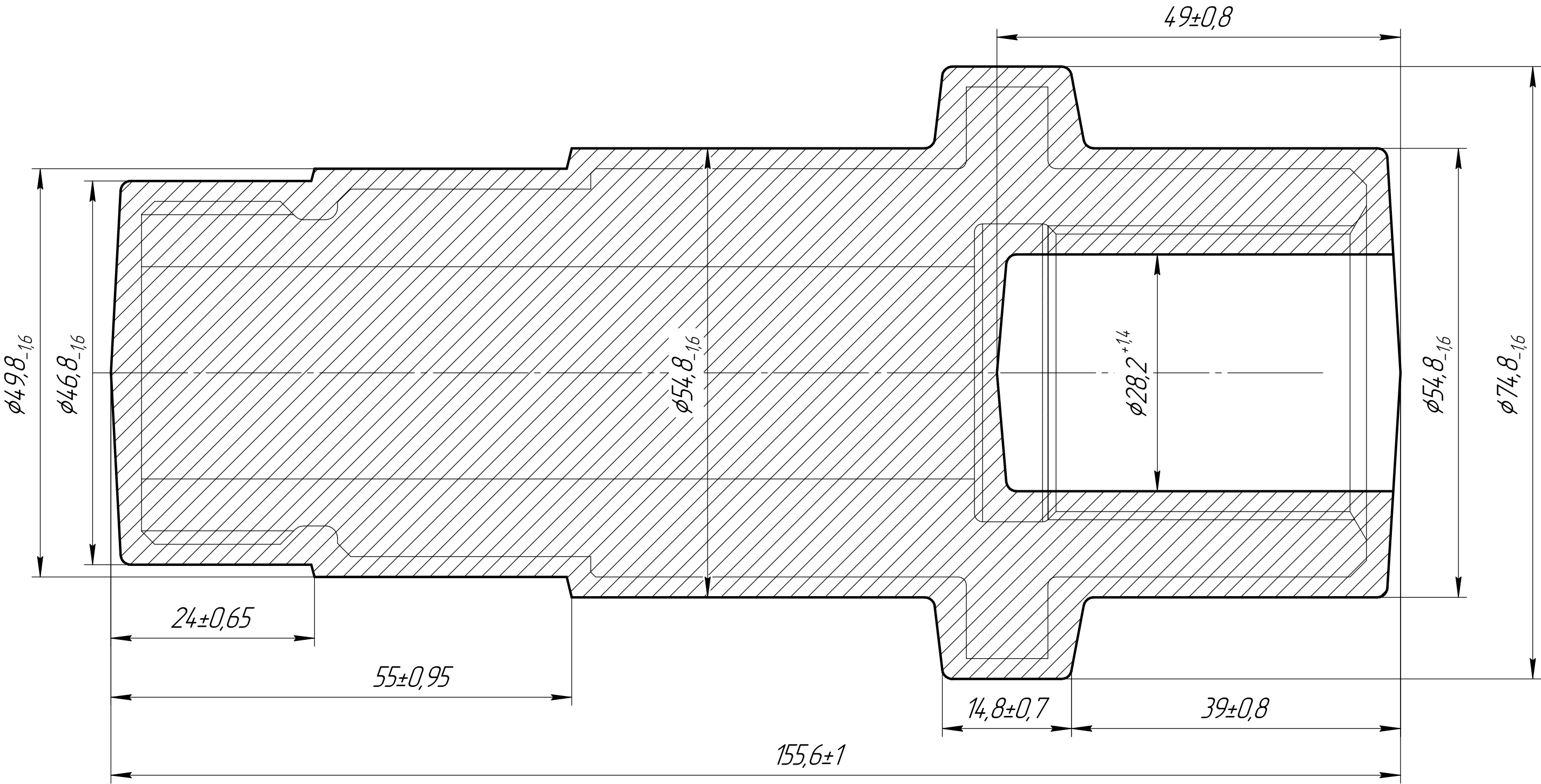
ООО "Центр СПРУТ-Т", Москва, (495) 181-00-13, www.sprut.ru

[illegible]

Перб. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дудл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

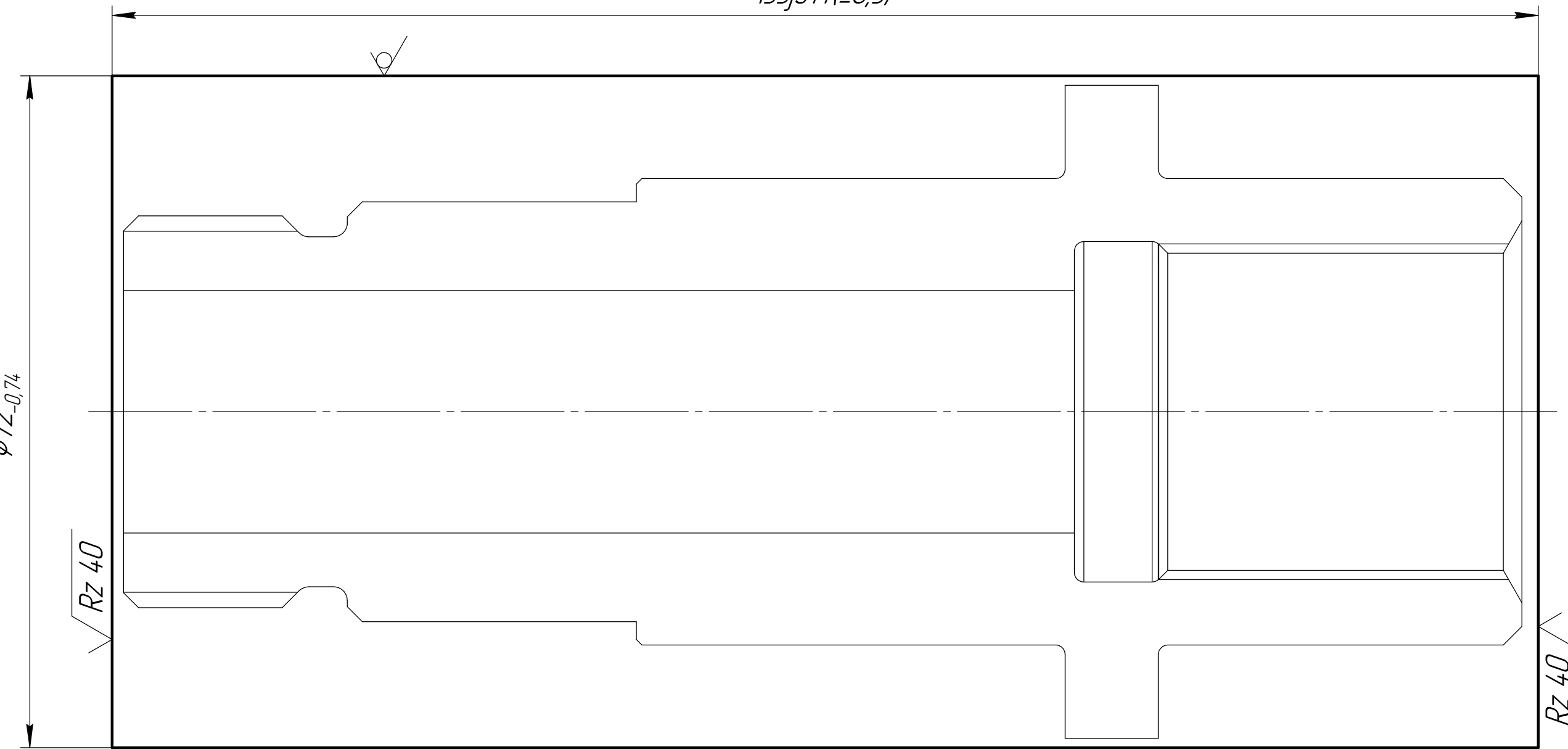
БР - 020.00.02

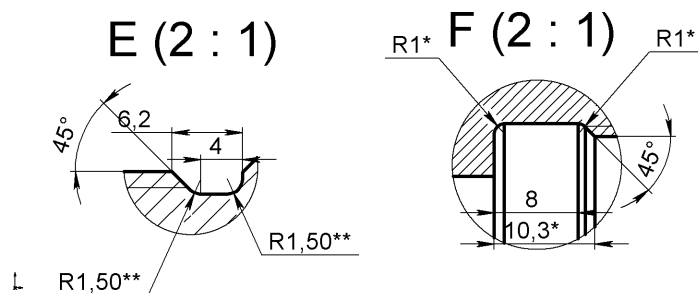
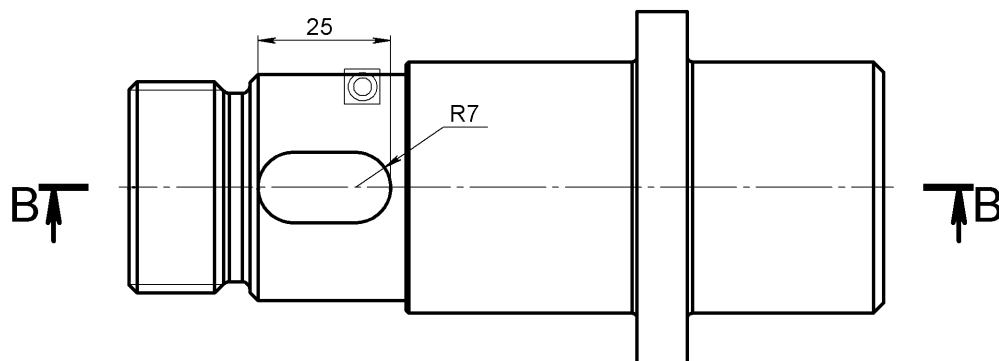
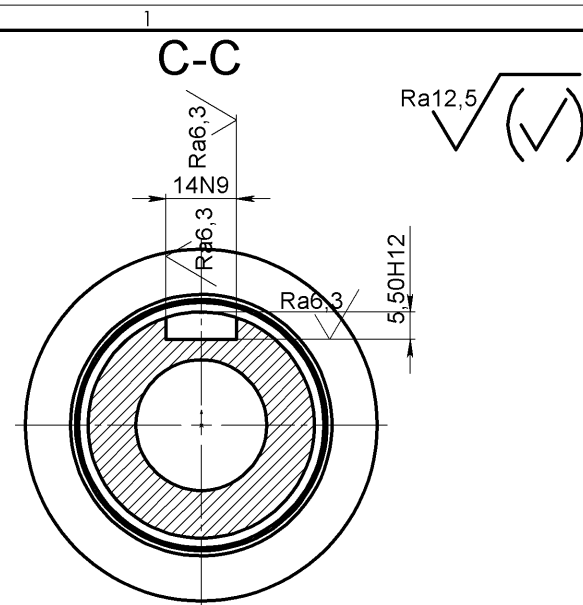
√ Rz40 (√)



1. Метод лиття – кокіль.
2. Клас точності – 9т, ряд припусків – 3.
3. Невказані радіуси скруглень – R5.
4. Навказані кути ухилів – 1°

					БР - 020.00.02				
					Виливок	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				3	2:1
Разраб.	Сова								
Пров.	Копей								
Т.контр.	Копей					Лист		Листов	1
					Сталь 20X13	ІФНТУНГ			
Н.контр.	Копей								
Утв.	Панчик								

Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дудл.		Подп. и дата		Справ. №		Перв. примен.			
БР - 020.00.04												153js14(±0,5)			
															
БР - 020.00.04												Лит.		Масса	Масштаб
Круг Ø72x153 ГОСТ 2590-81														4,857	2:1
Ст 20X13 ГОСТ 5632-82												Лист		Листов 1	
ПМ-18-1 ИФНТУНГ															
Копировал														Формат А3	

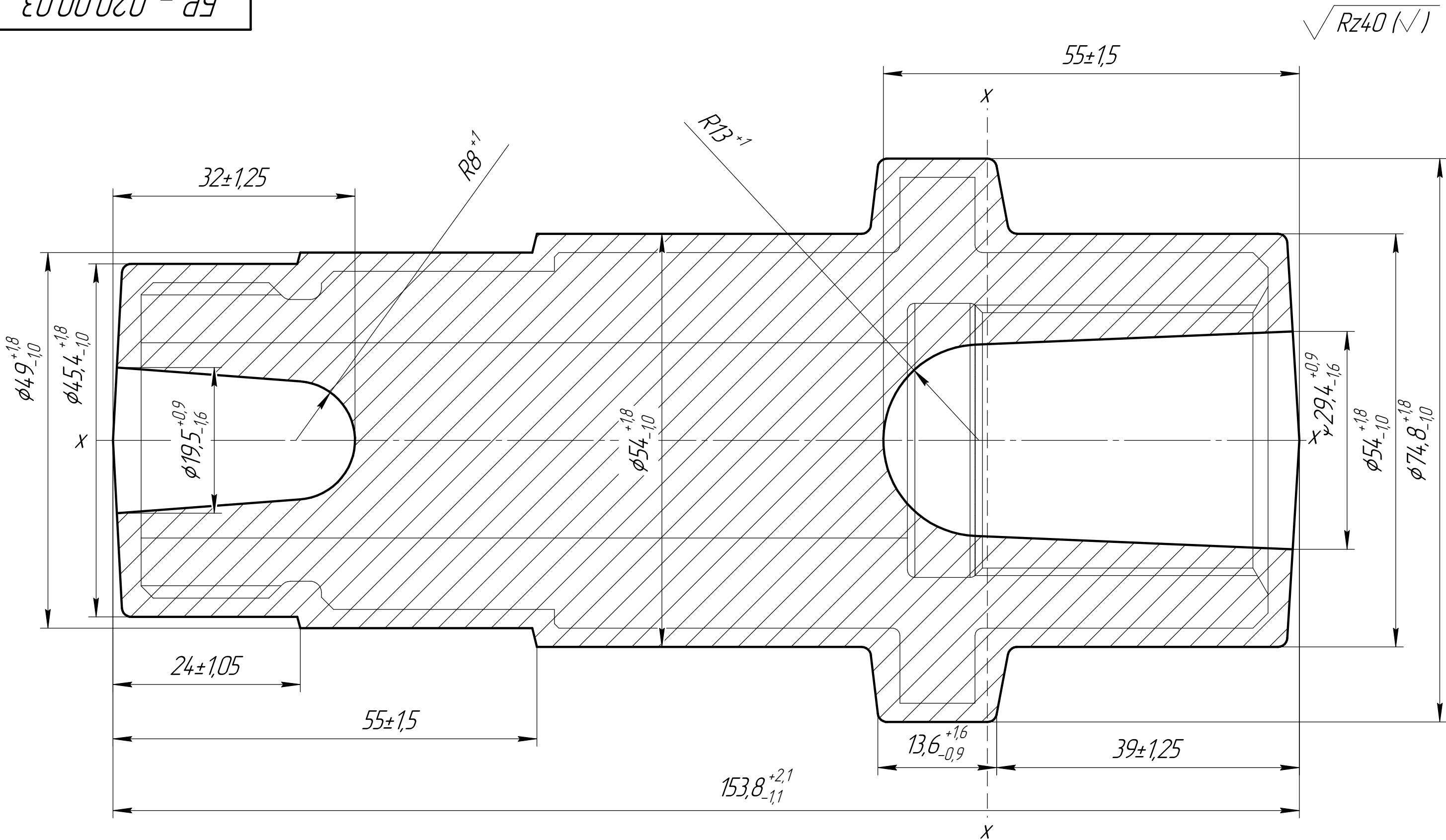


1. Гр. III ОСТ 26-07-1419-76
2. Термообробка за ОСТ 26-07-1237-75, НВ 220...260.
3. Неспіввісність середнього діаметра різьби Г відносно поверхні В не більше 0,3 (допуск залежний).
4. Не вказані граничні відхилення розмірів: отворів - за Н14, валів - за h14, інших - $\pm IT15/2$.
5. *Розміри для довідок.
6. **Розмір забезпечити інструментом.

						БР - 020.00.01				
						Втулка	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1,4	1:1
Разраб.		Сова А.И.								
Пров.		Копей В.Б.								
Т. контр.		Копей В.Б.					Лист		Листов	
Н. контр.		Копей В.Б.				Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72				
Утв.		Панчук В.Г.								

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

БР - 020.00.03

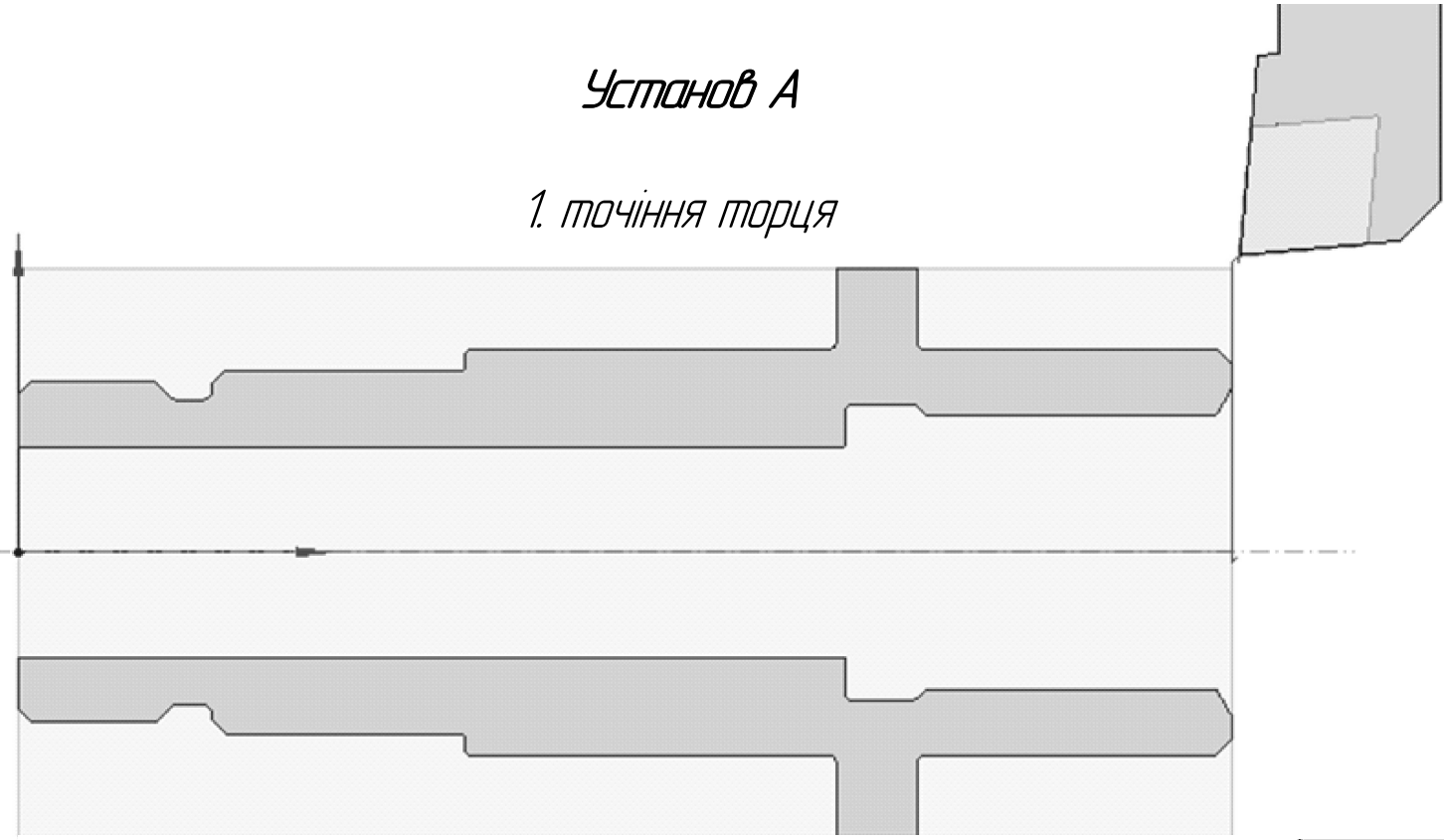


- Допустимі задири – до 7,5.
- Клас точності – Т5, група сталі – М3, ступінь складності – С1.
- Невказані радіуси – R5.
- Невказані штампувальні ухили – 30'.
- Допустиме зміщення в площині роз'єму штампa 1,2.

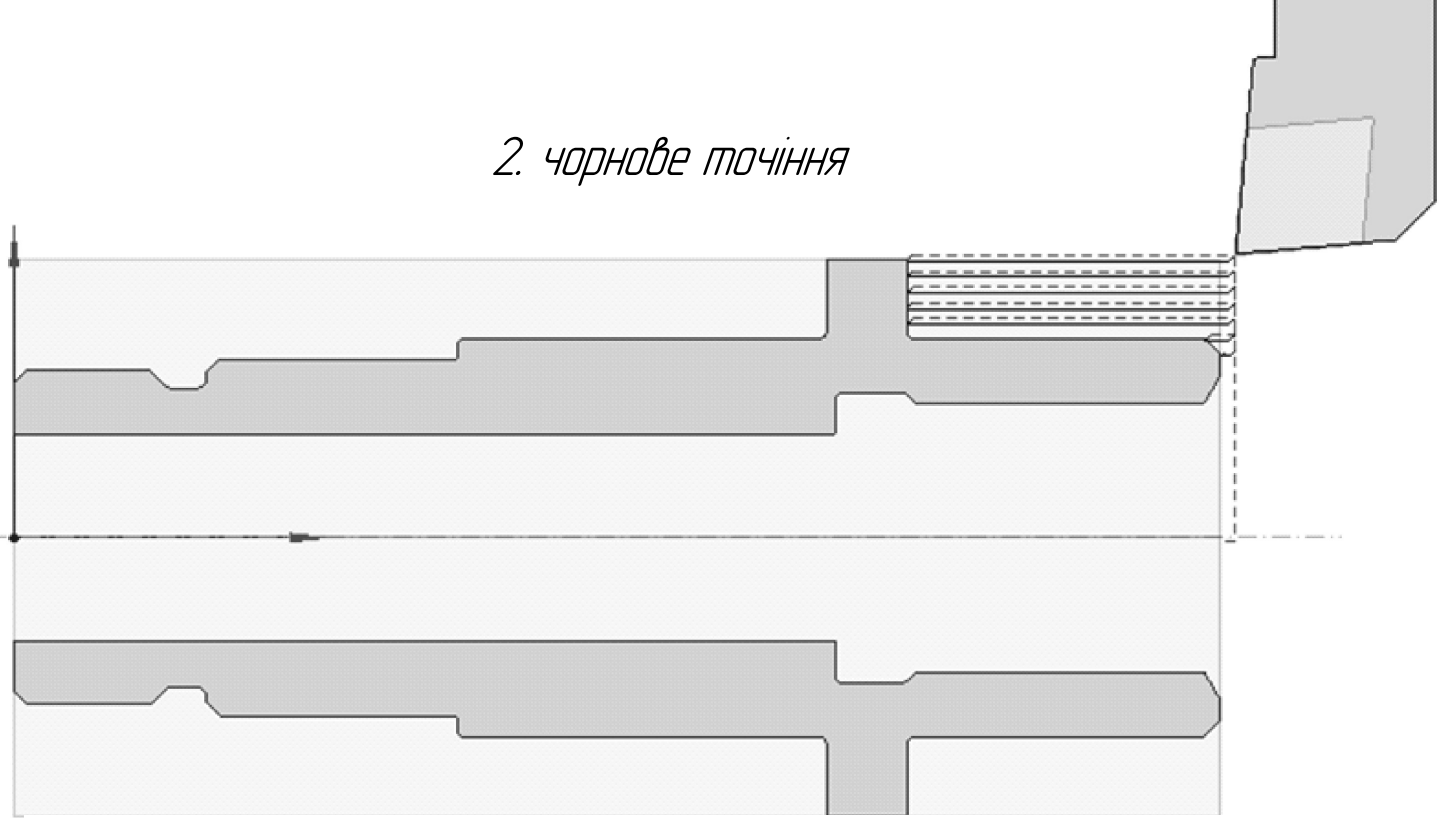
					БР - 020.00.03					
					Штамповка			Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.	Сова									
Пров.	Копей									
Т.контр.	Копей									
								Лист	Листов	1
Н.контр.	Копей				Сталь 20Х13			ІФНТУНГ		
Утв.	Панчук									

Установ А

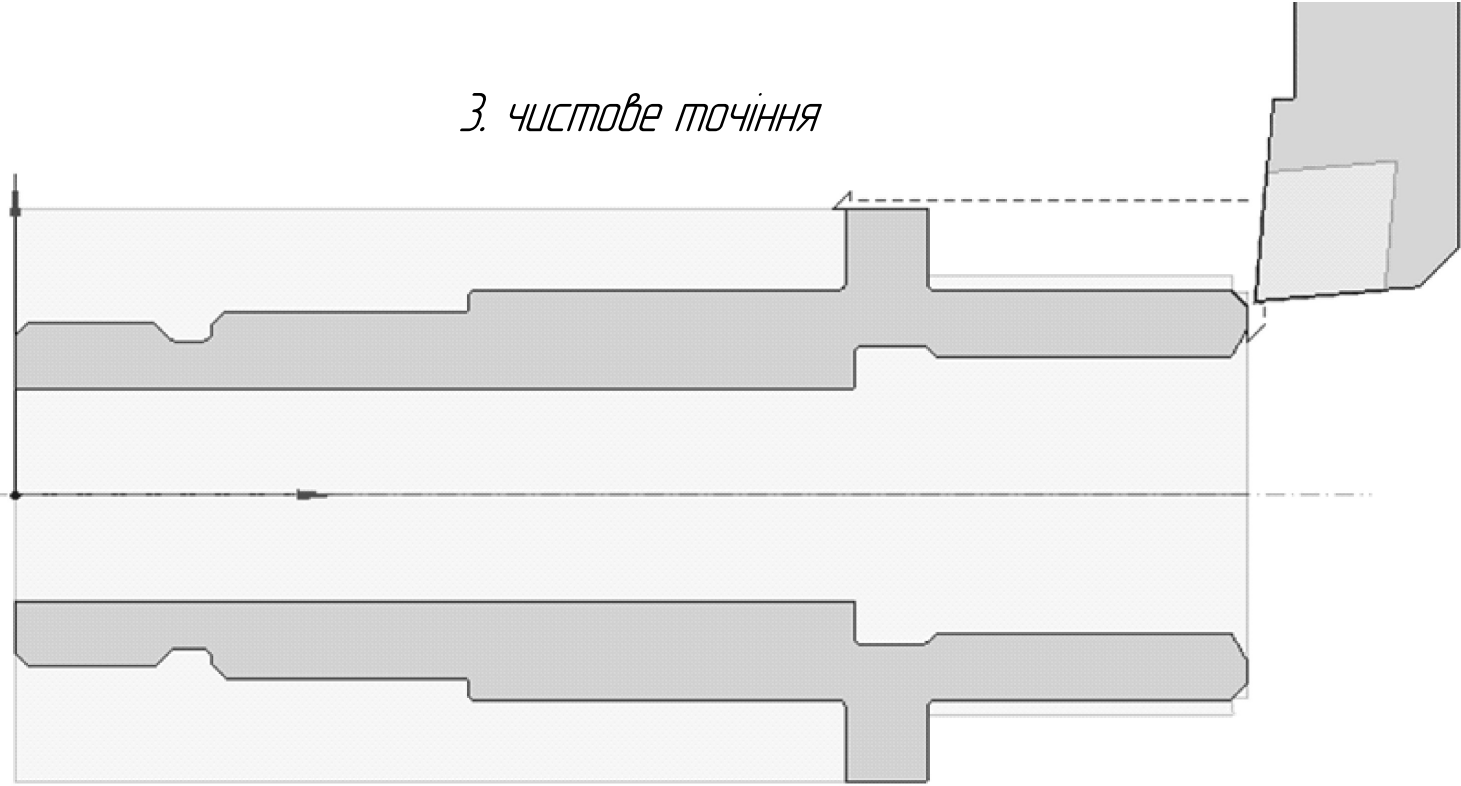
1. точіння торця



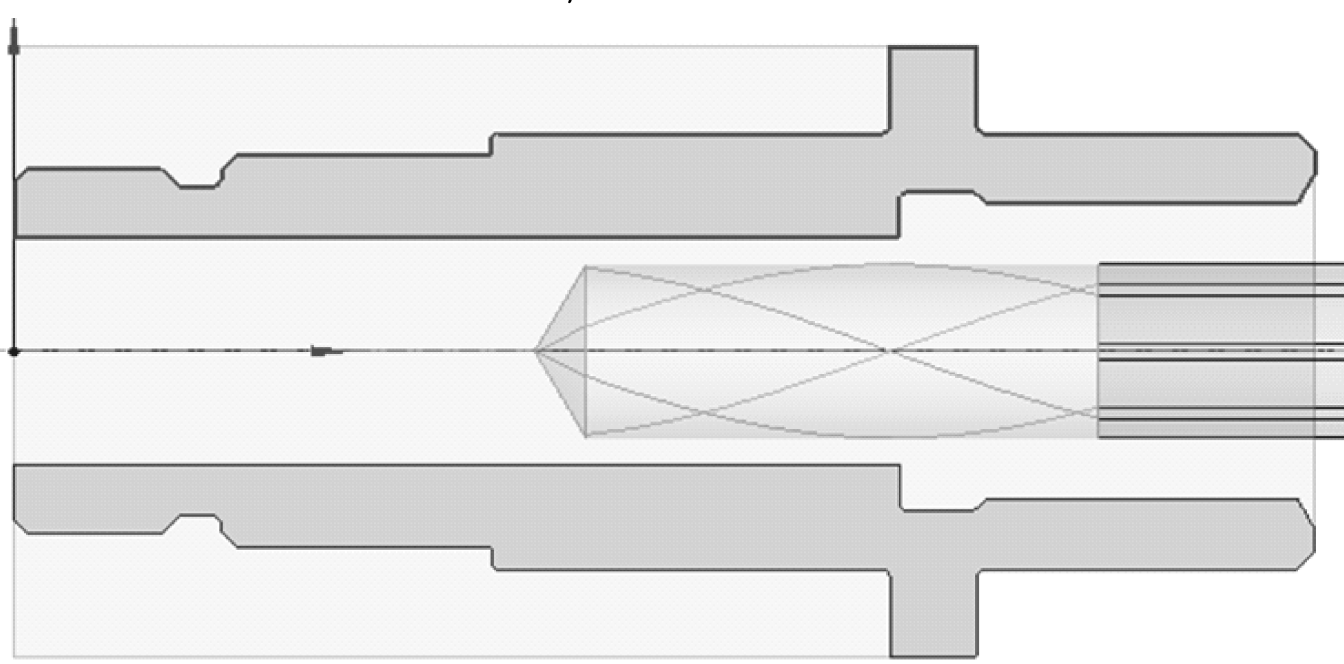
2. чорнове точіння



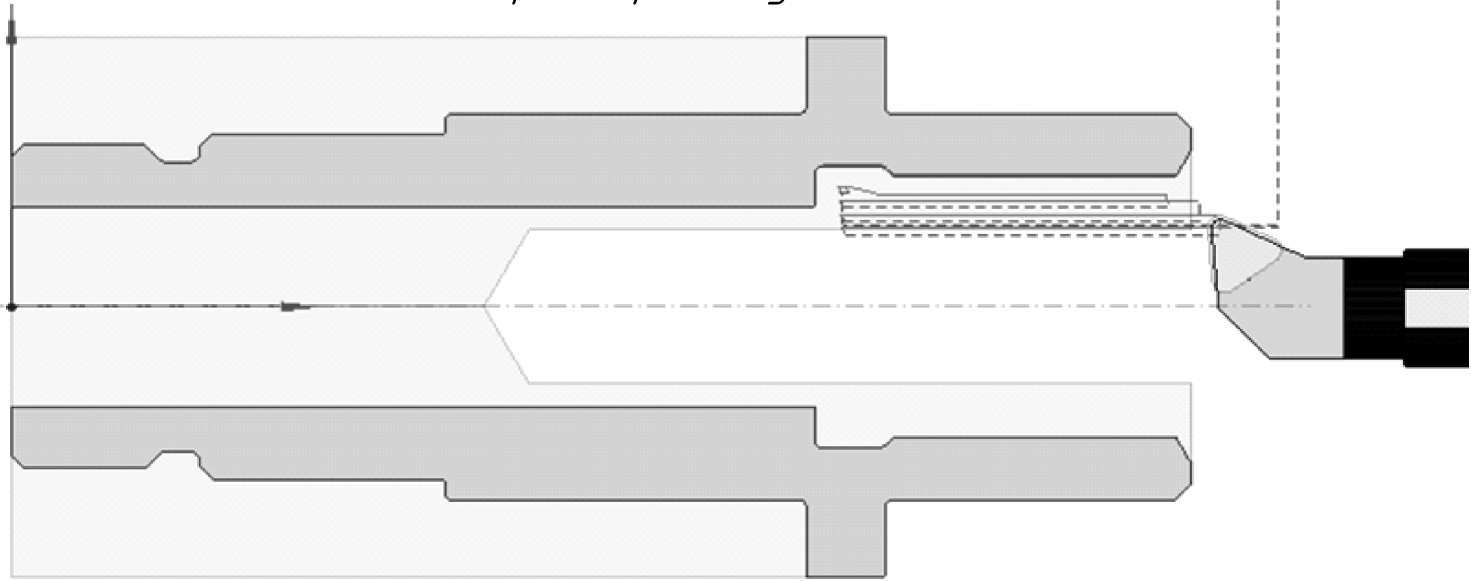
3. чистове точіння



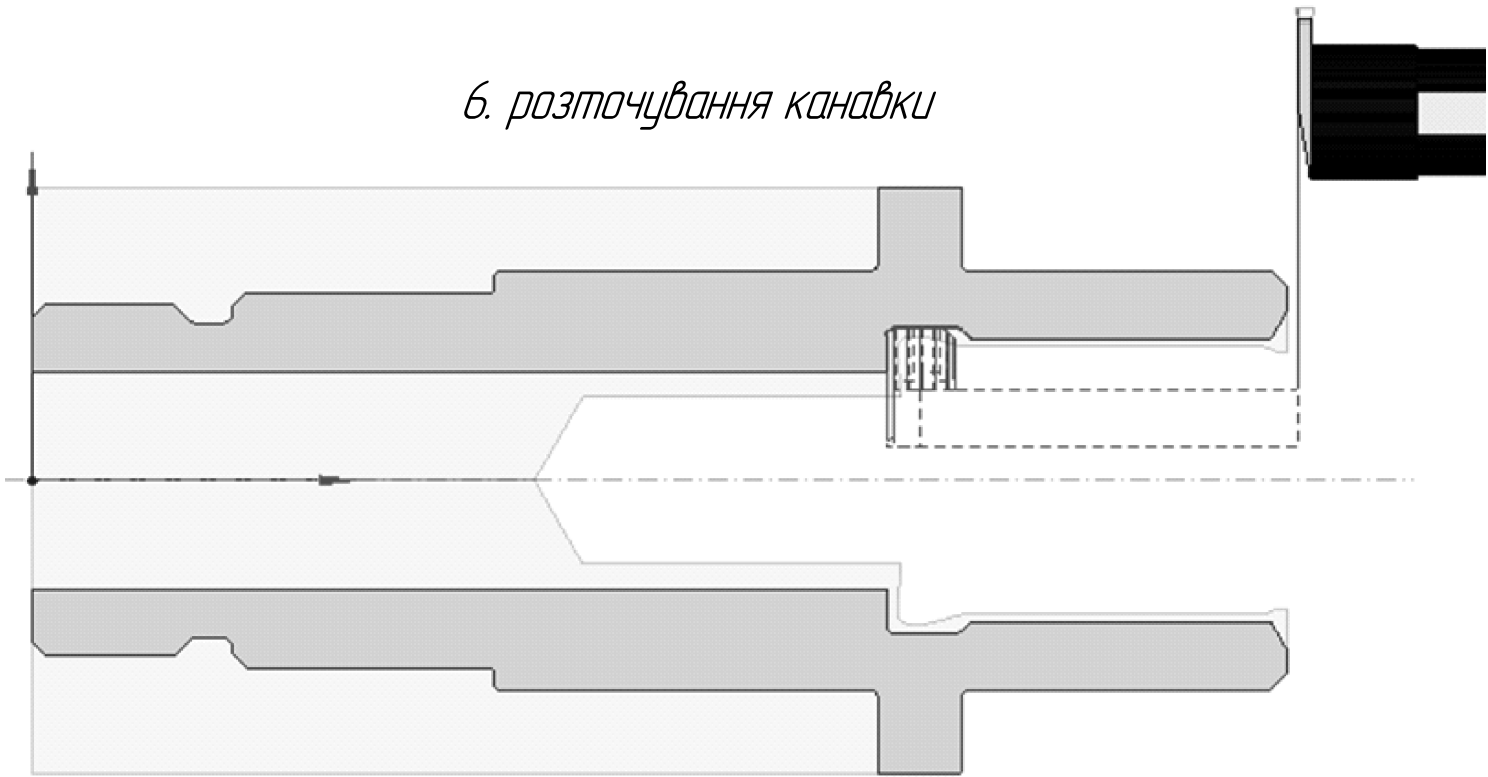
4. свердління



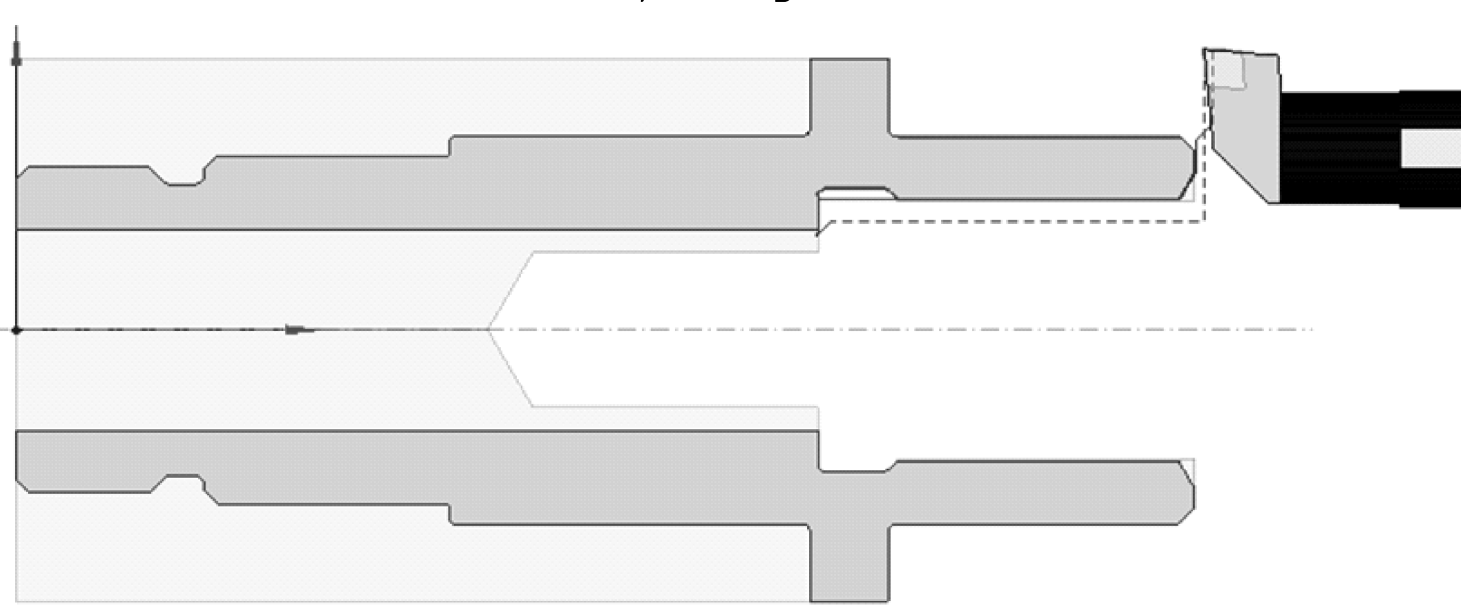
5. чорнове розточування



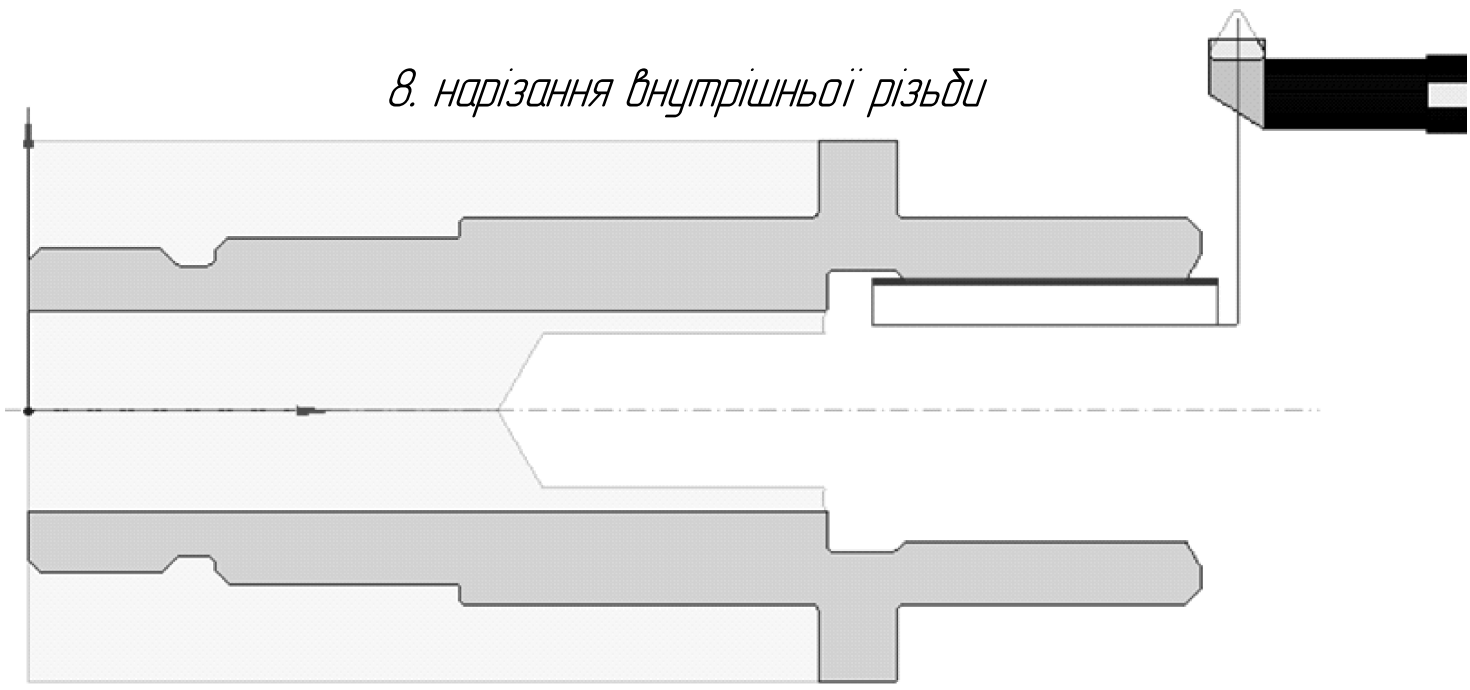
6. розточування канавки



7. чистове розточування

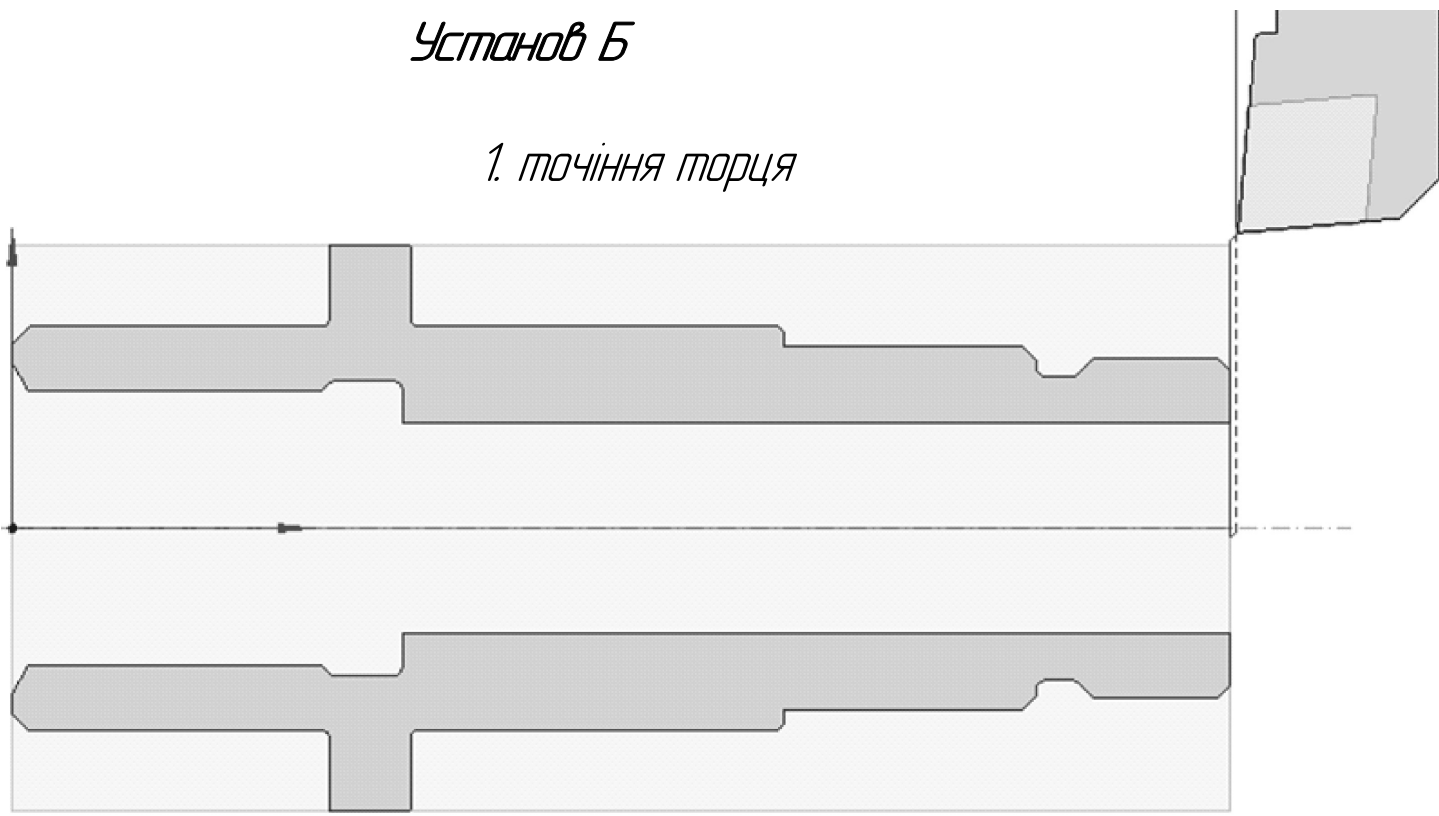


8. нарізання внутрішньої різьби

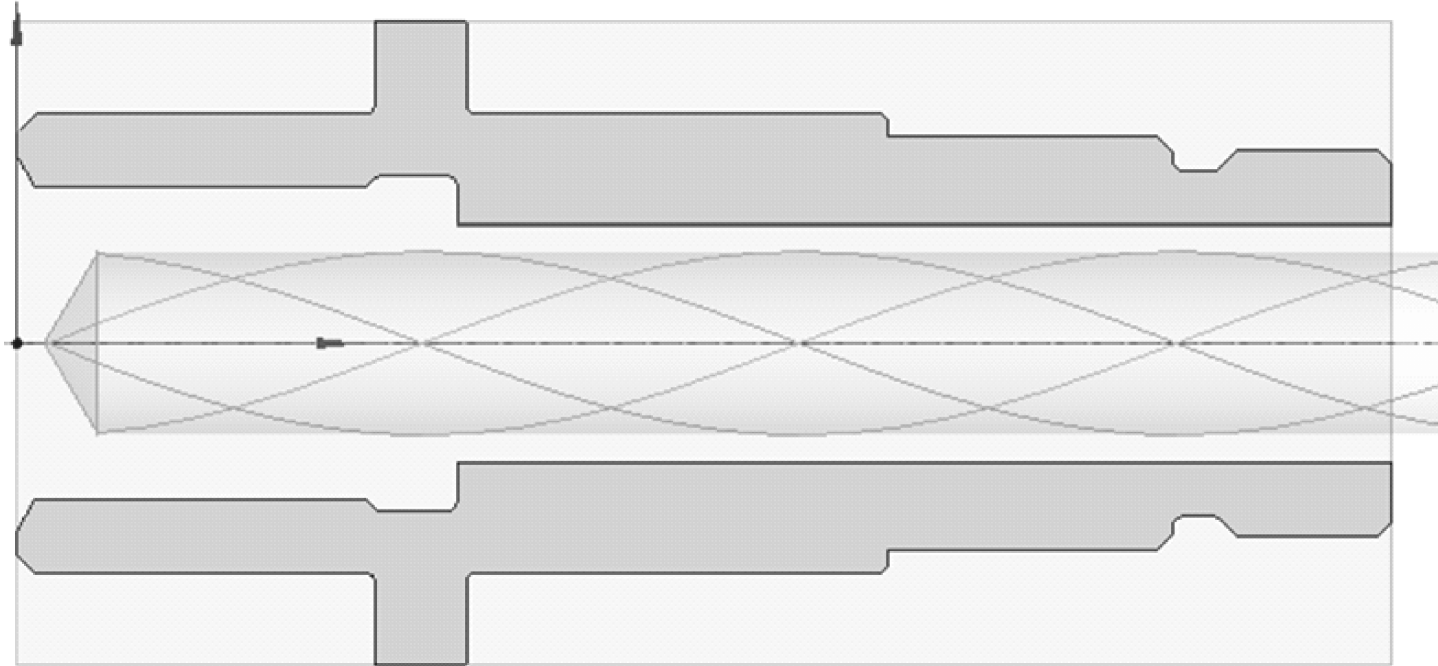


Установ Б

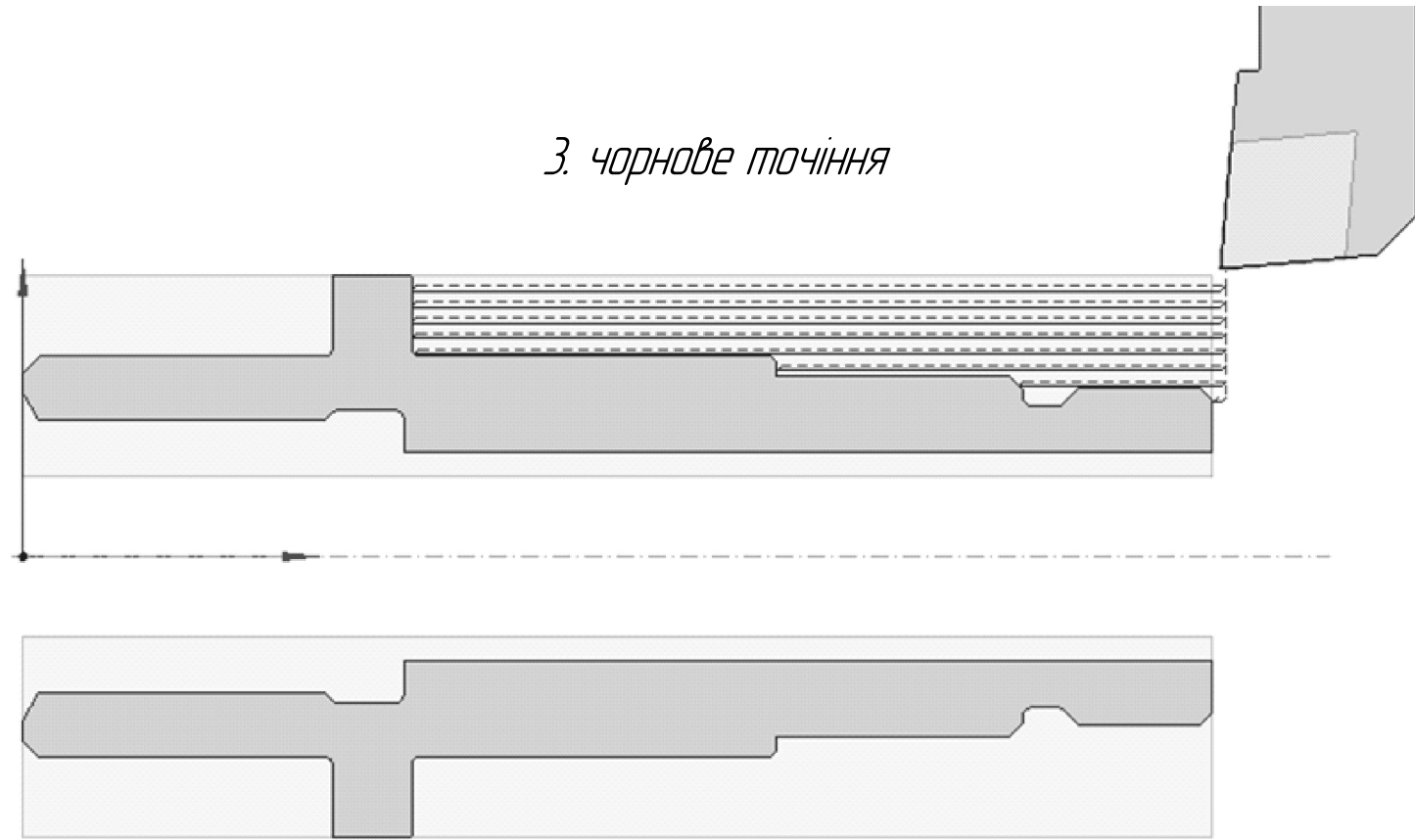
1. точіння торця



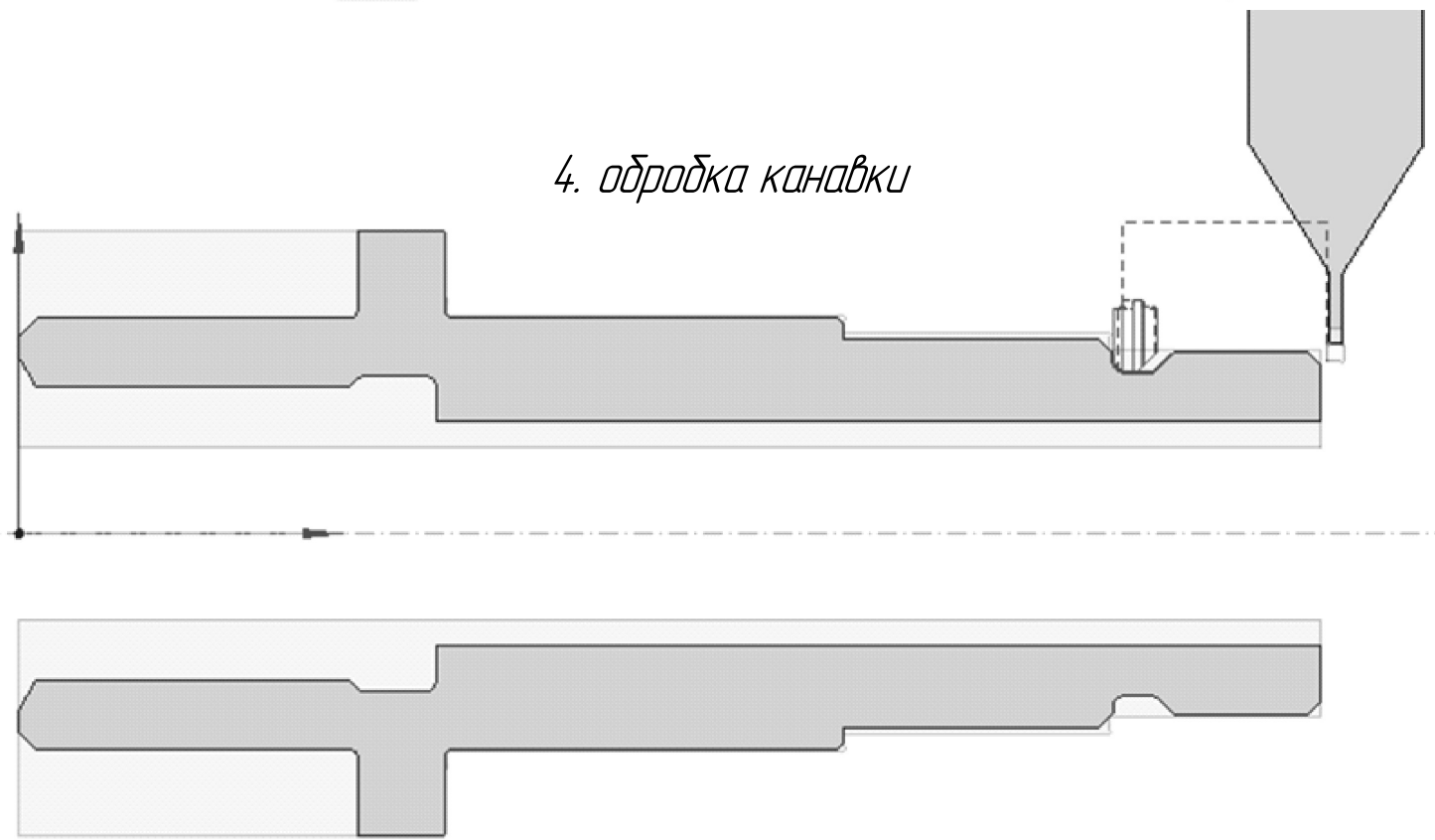
2. свердління



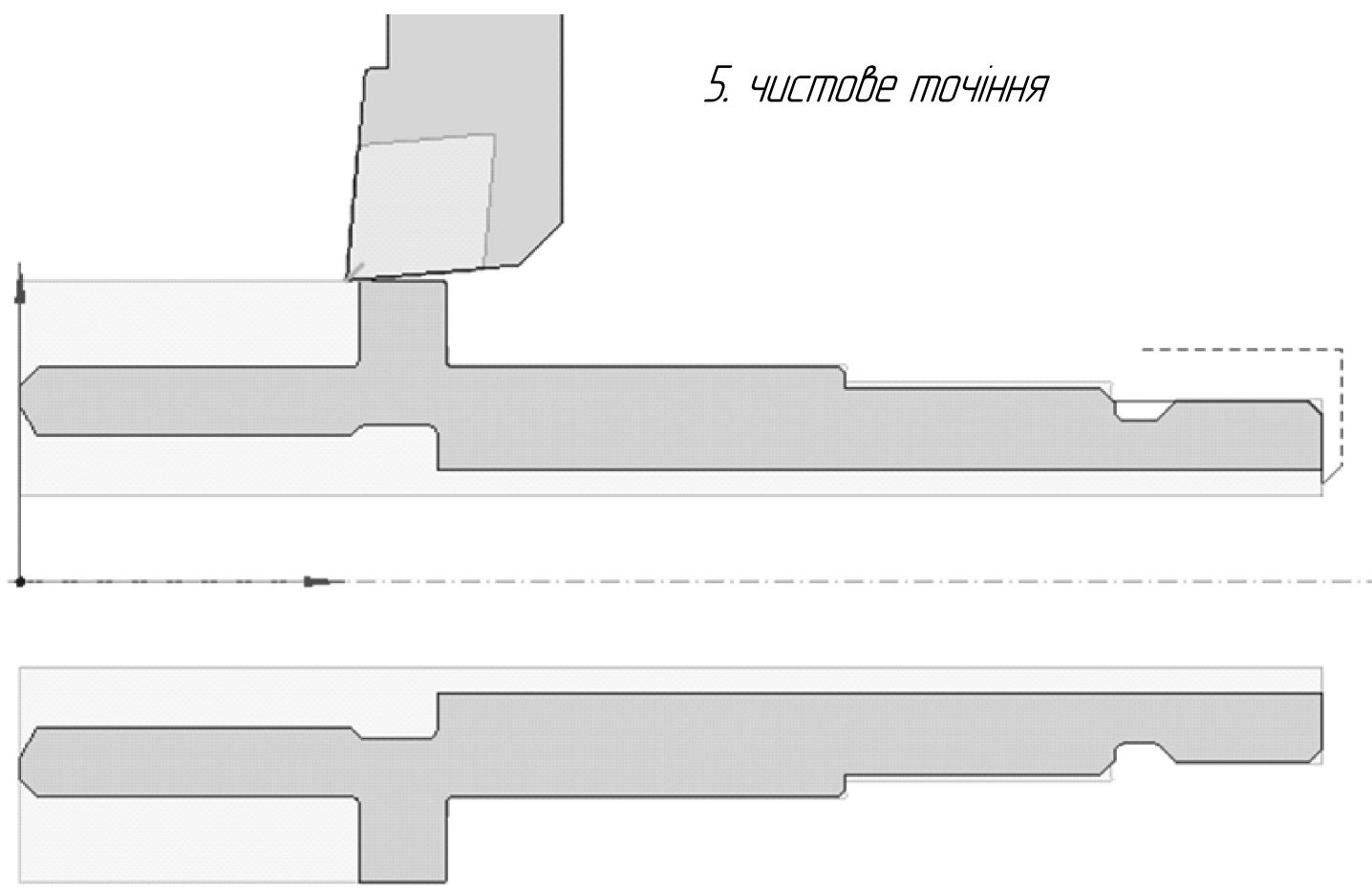
3. чорнове точіння



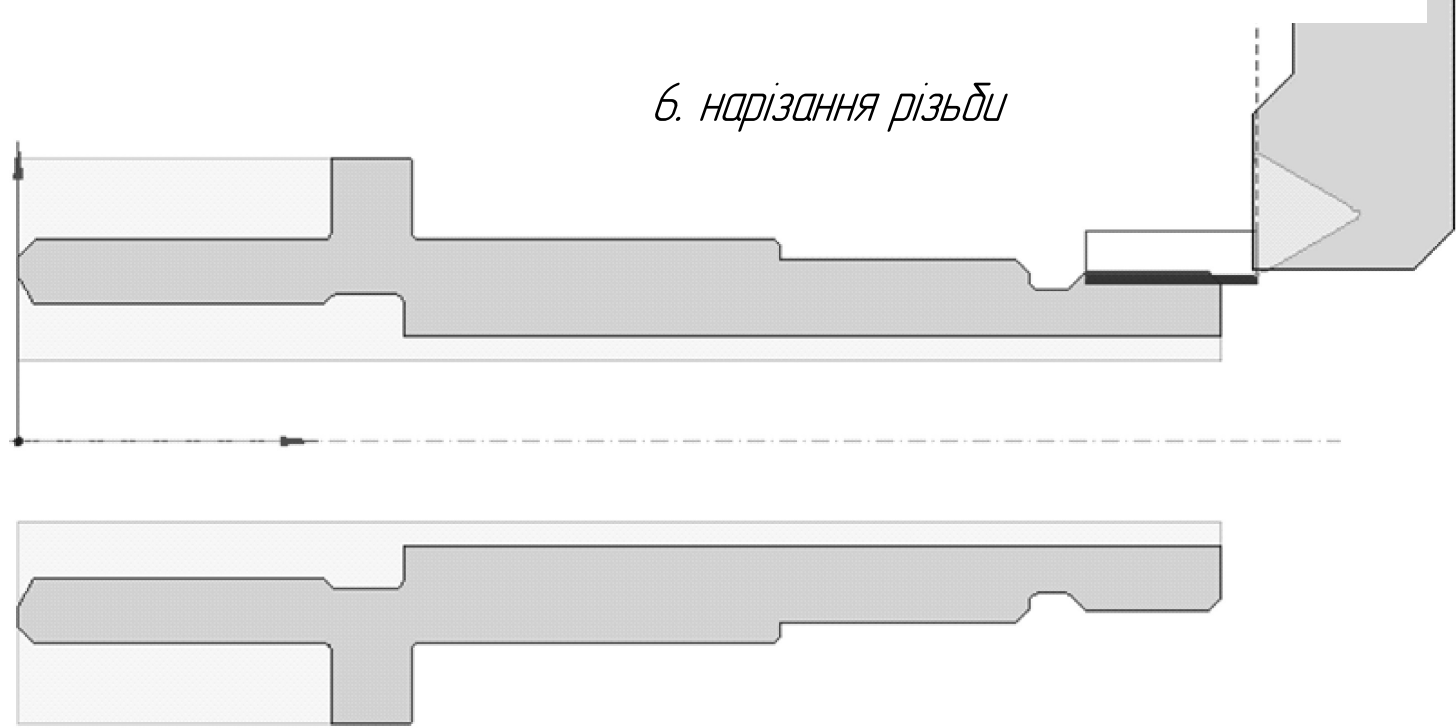
4. обробка канавки



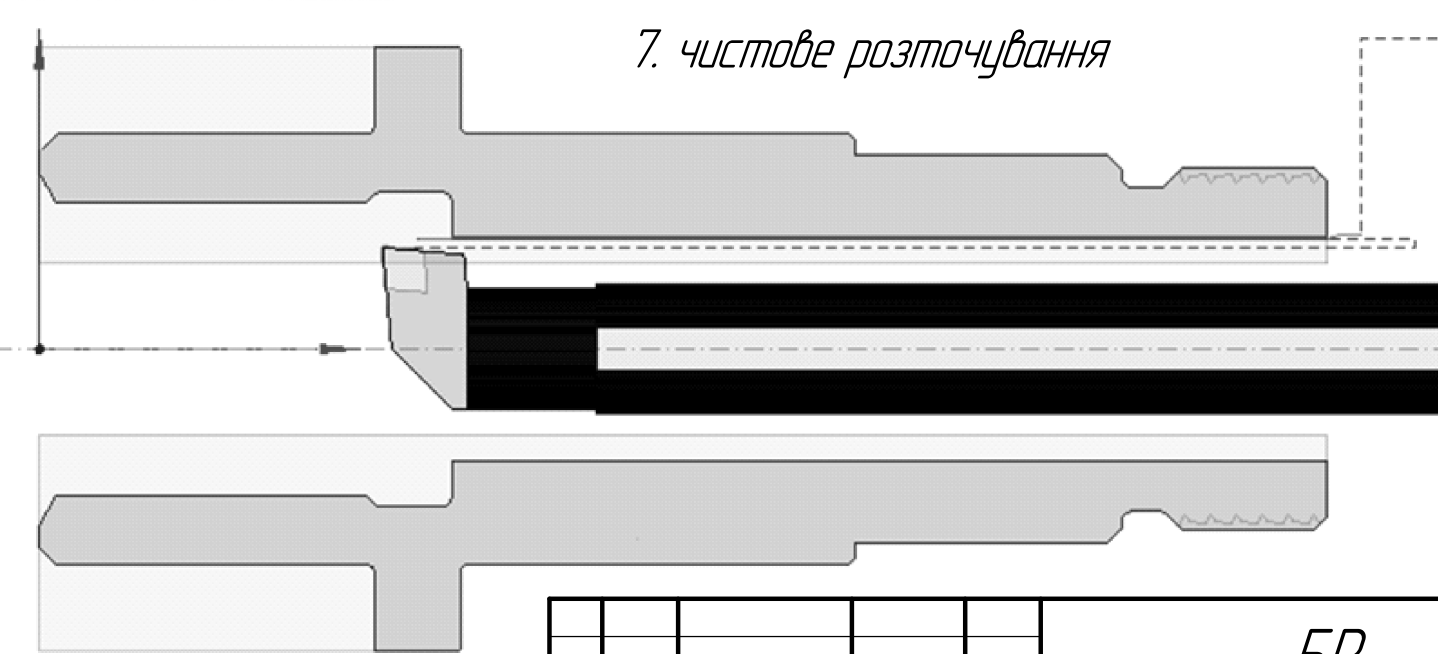
5. чистове точіння



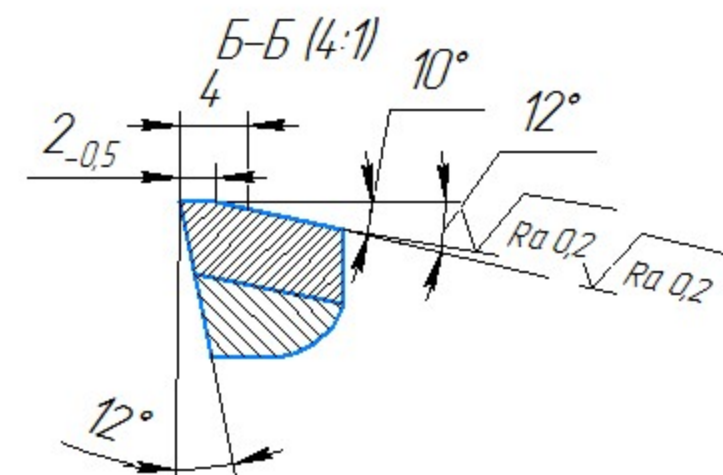
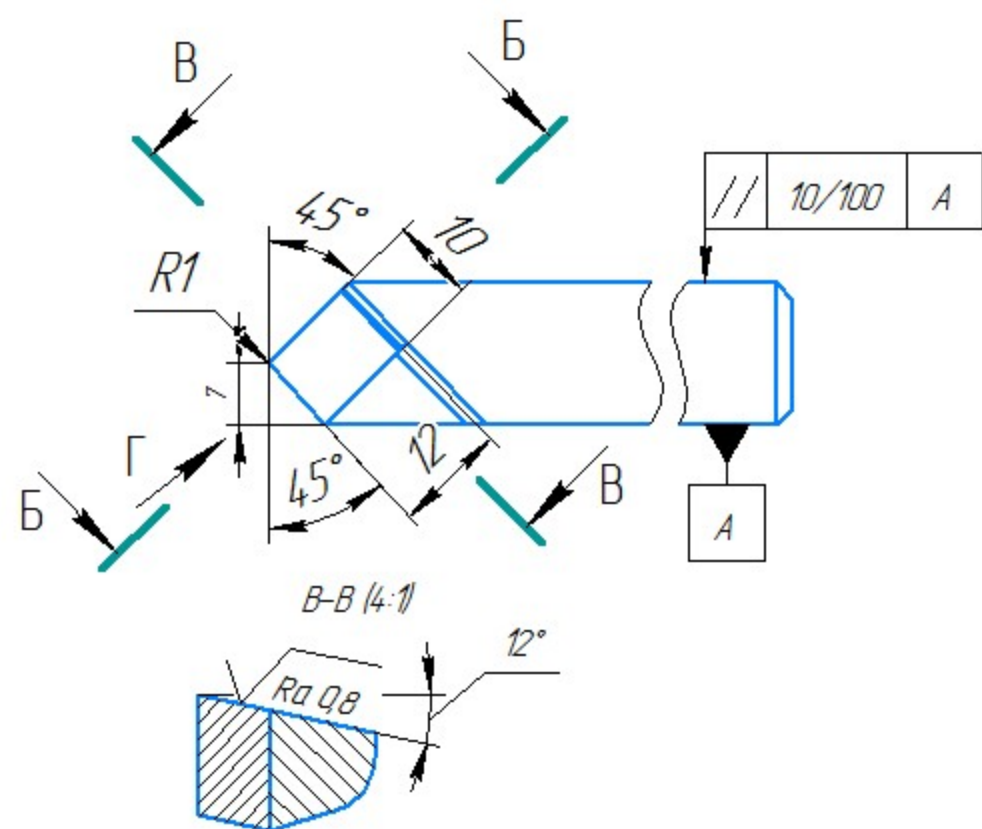
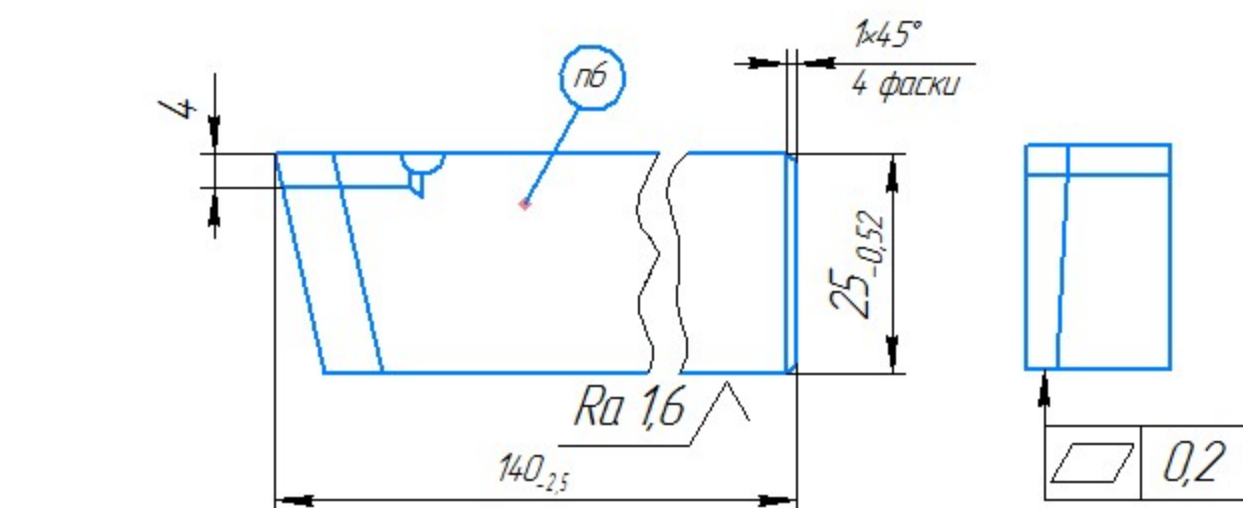
6. нарізання різьби



7. чистове розточування

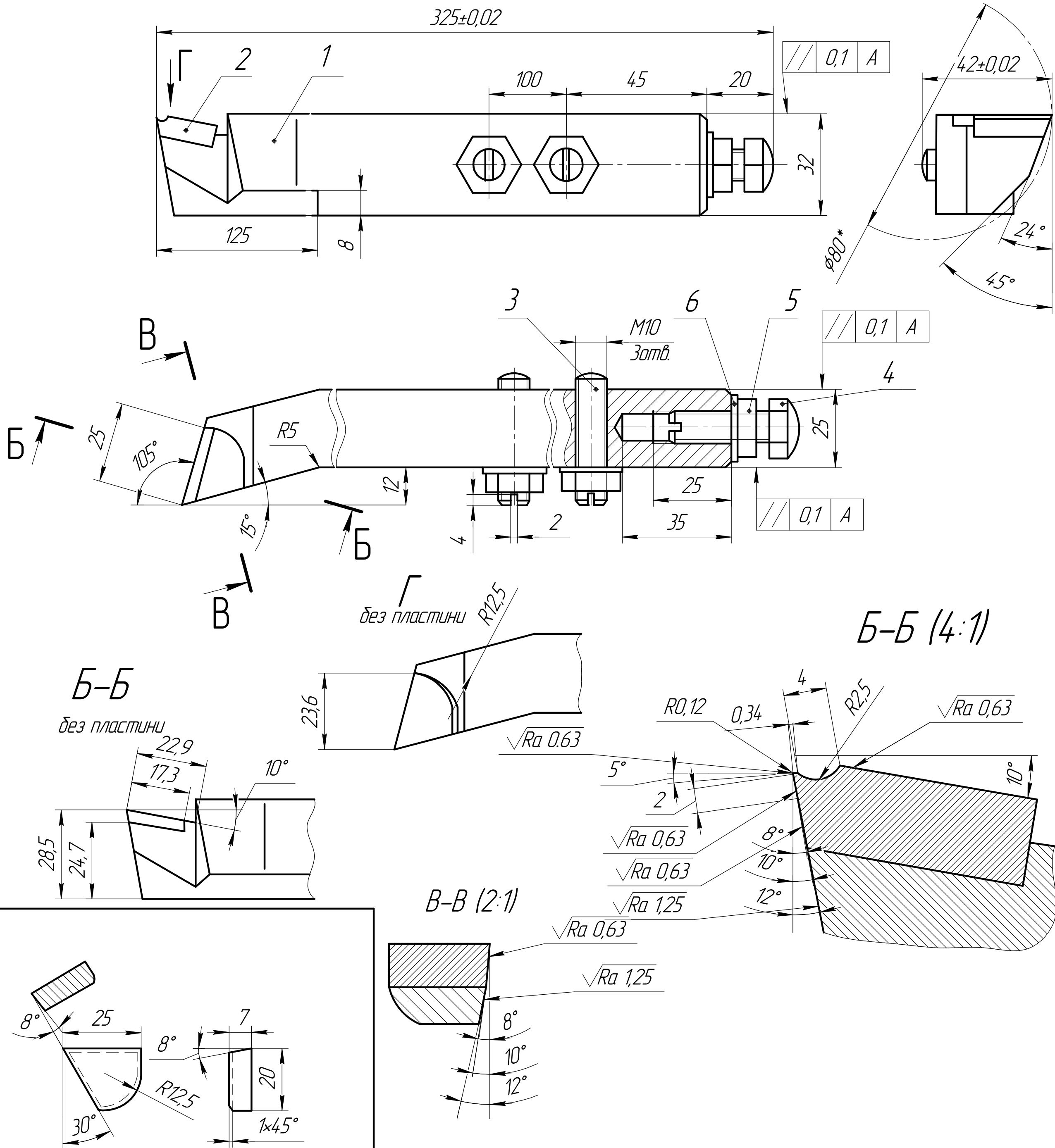


БР - 020.00.05									
Технологічні ескізи для токарної операції з ЧПК									
Взам.	Лист	№ докум.	Підп.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Соба								
Проб.	Копей								
Т.контр.	Копей								
Н.контр.	Копей								
Утв.	Панчук								



1. Матеріал державки різця – сталь 50 по ГОСТ 1080-55.
2. Пластина ріжуча із твердого сплаву ТТ32К8.
3. Матеріал припою – латунь Л 58 або іншої марки по ГОСТ 15527-70. Товщина шару припою 0,1мм. Розрив гару припою не повинен перевищувати 20% його загальної довжини.
4. Основні розміри різця повинні відповідати стандартам ГОСТ 18878-73 і СТ С38 190-75.
5. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, ІТ14/2.
6. Маркувати марку твердого сплаву, розмір різця, товарний знак заводу-виробника 18К3-16x25L.

					БР – 020.00.06			
					Різець токарний прохідний правий	Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				1:1
Разраб.		Сова А. І.						
Проб.		Копей В. Б.						
Т.контр.		Копей В. Б.				Лист	Листов	1
Н.контр.		Копей В. Б.				ПМ-18-1		
Утв.		Панчик В. Г.						



1. Матеріал корпусу сталь 45 ГОСТ 4345-71, матеріал пластини Т5К10 ГОСТ 25397-90.
2. Паяти припоєм ТМС 47М ЦМТУ 0728-68.
3. Сколи і тріщини при паянні не допускаються.
4. На поверхні з'єднання корпусу різця з пластиною не допускається увігнутість більше 0,05мм.
5. Маркувати Т5К10, дату виготовлення.
6. *На деталі поз. 3 виконати шліц за вказаним розміром.
7. В якості конструкторсько-технологічної бази приймається база різця.
8. Невказані граничні відхилення h14, H14, IT14/2
9. Загальні допуски по ГОСТ 30893.2-тк.
10. Радіус скруглення ріжучої кромки 0,06мм.
11. Інші технічні вимоги по ГОСТ 19086-80.

Формат	Знач.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
			1	Сталь 45 ГОСТ 4543-71 Корпус	1	42...48HRC
				Стандартні вироби		
			2	Т5К10 ГОСТ25397-82 Пластина ріжуча	1	
			3	Гвинт установчий ГОСТ Р 4766-М10х42-А1-12Н	2	
			4	Опора 7035-0412 ГОСТ 4080-68	1	
			5	Гайка М10-6Н ГОСТ 5916-70 ГОСТ 5916-70	3	
			6	Шайба А 10.01.08кпн.016 ГОСТ 11371-78	3	

БР - 020.00.07					
Різець розточний					
Копіював					
Формат А3х2					
ПМ-18-1					
1:1					
Лист Листов 1					
Изм. Лист					
Разраб. Сова А. И.					
Пров. Колей В. Б.					
Т.контр. Колей В. Б.					
Н.контр. Колей В. Б.					
Утв. Панчук В. Г.					
№ докум.					
Подп.					
Дата					

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дудл.

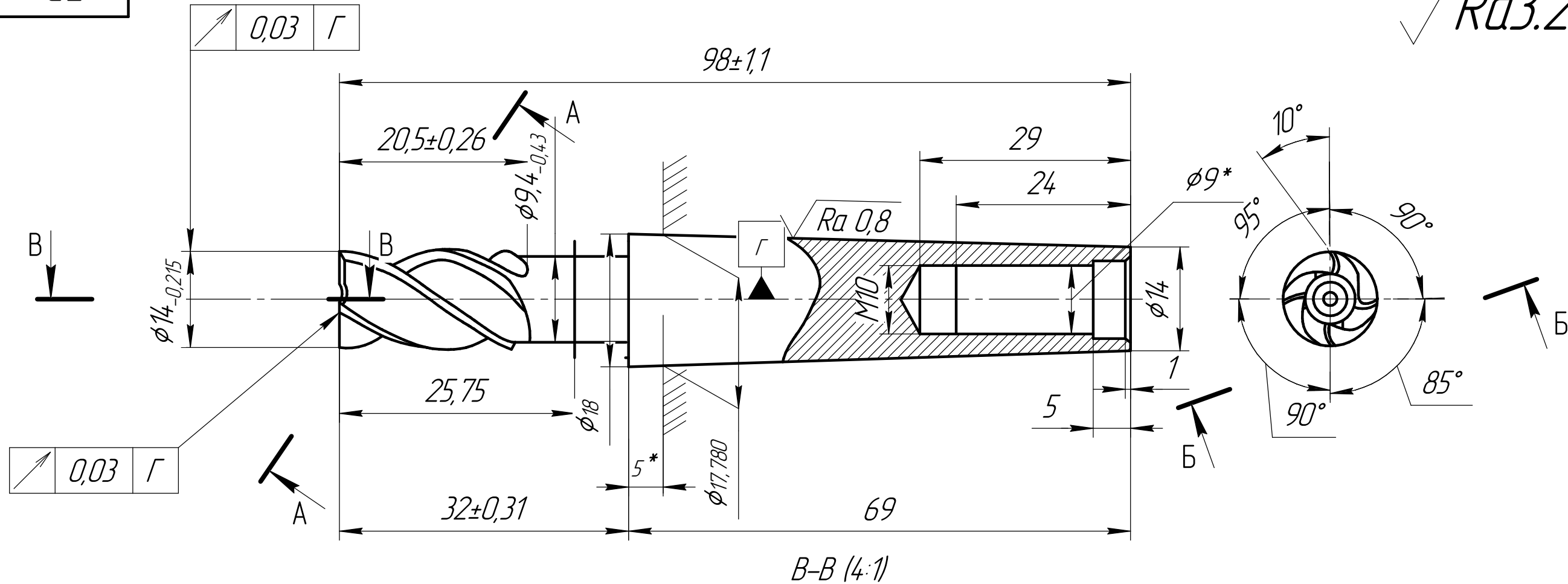
Взам. инв. №

Подп. и дата

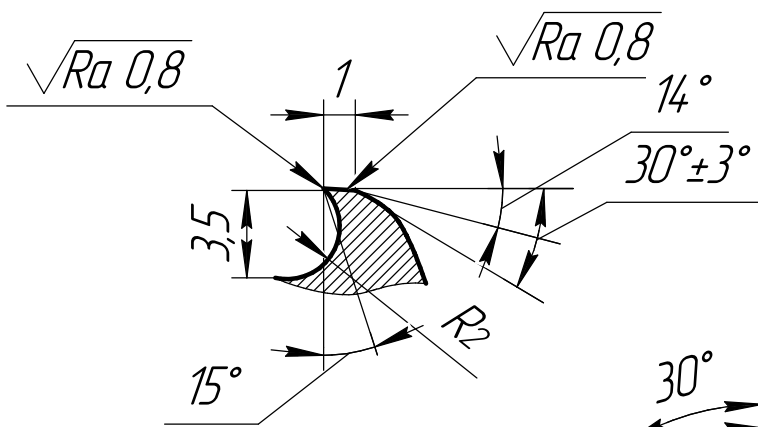
Изм. № подл.

БР - 020.00.08

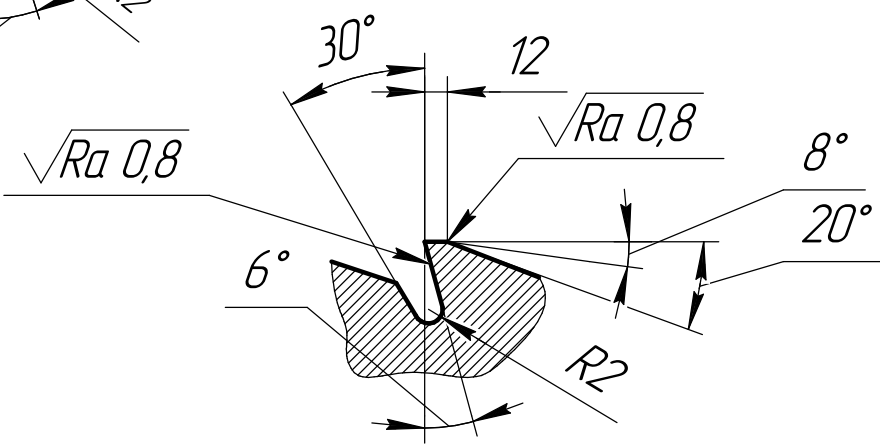
✓ Ra3.2



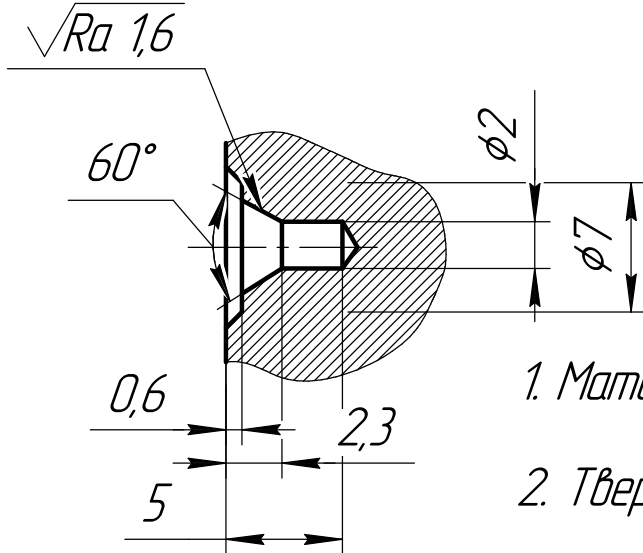
Б-Б (4:1) ○



А-А ○ (4:1)



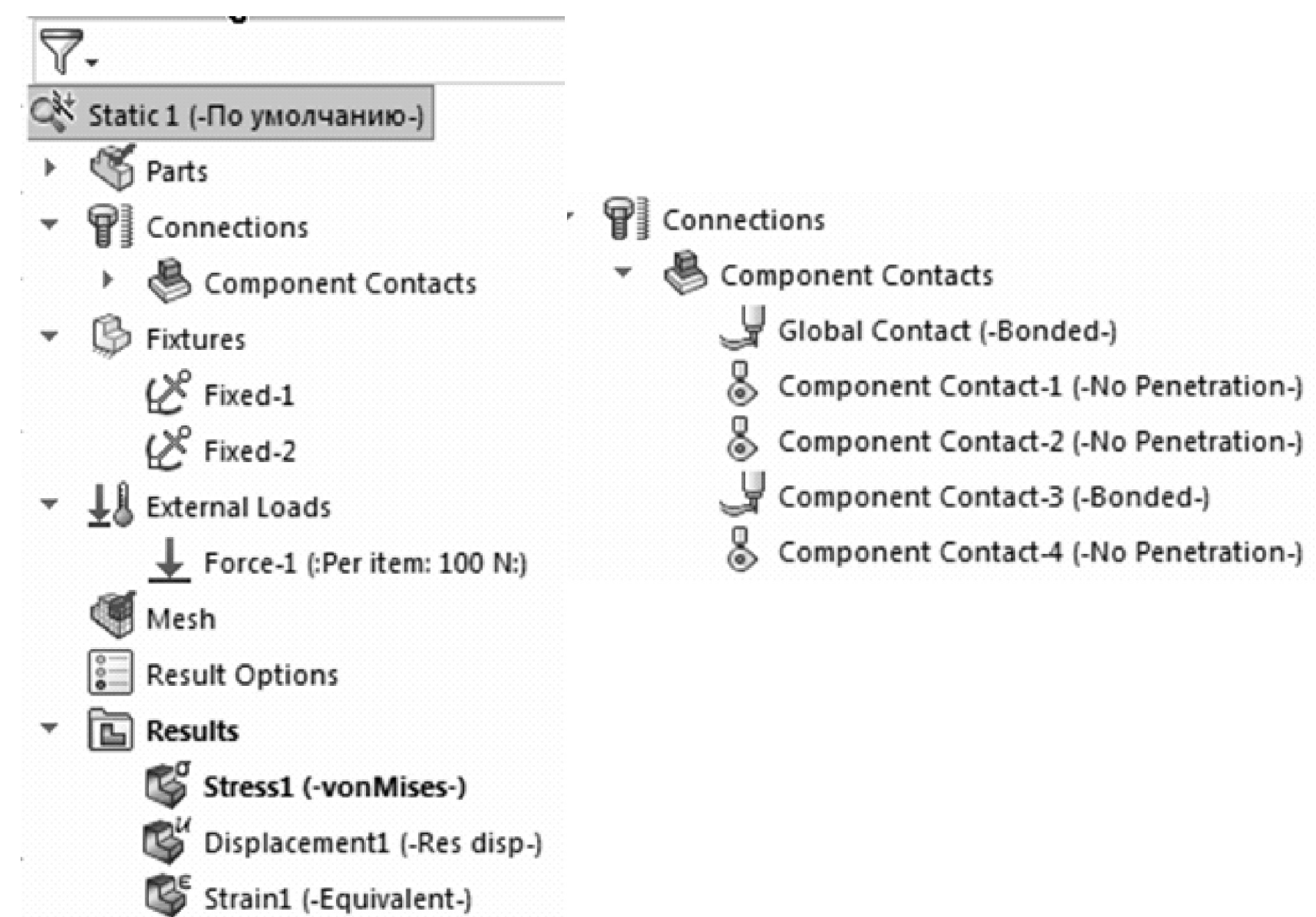
Б-Б (4:1)



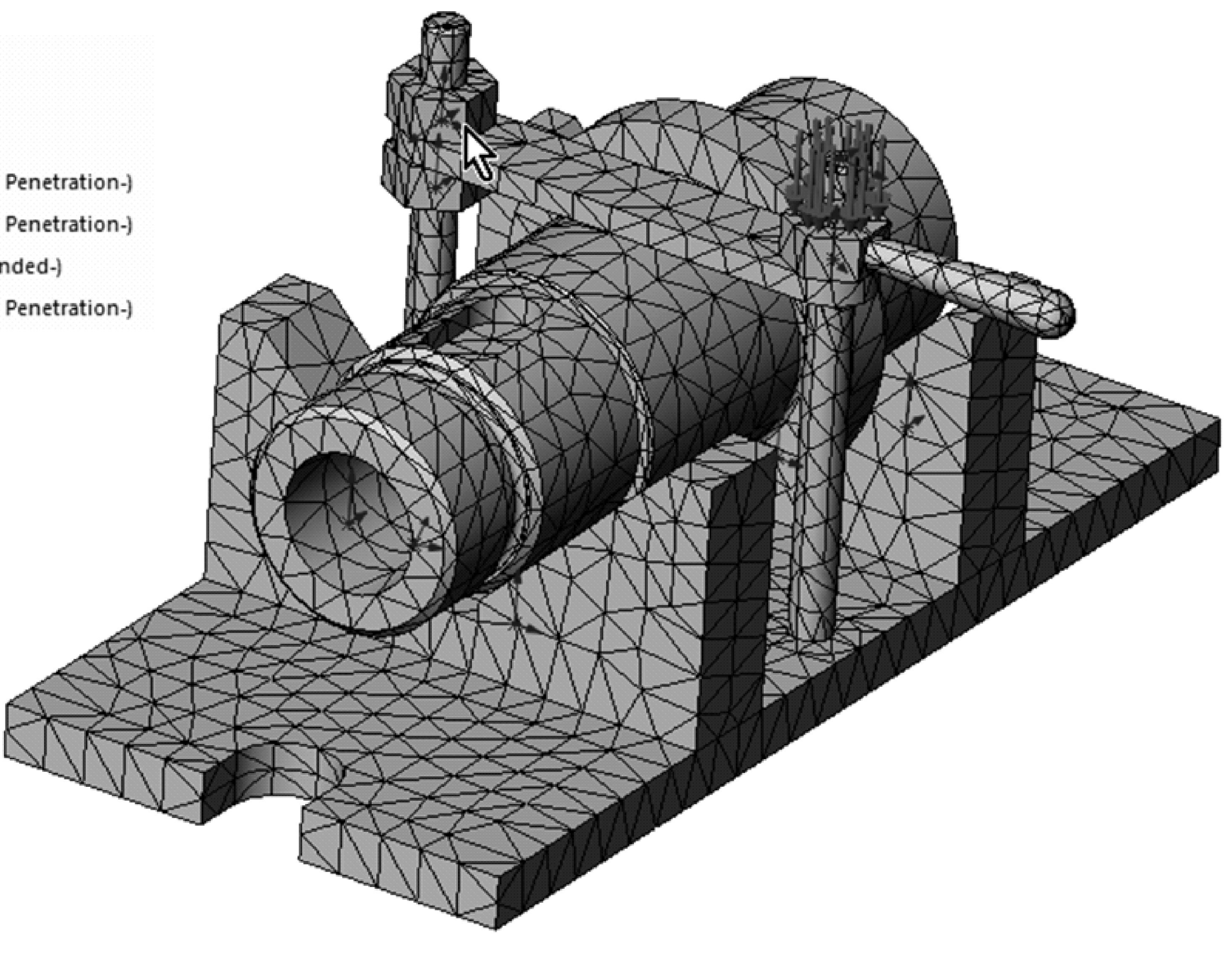
1. Матеріал ріжучої частини - сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.
хвостовика - 45 ГОСТ 1050-74.
2. Твердість ріжучої частини - HRC 62...65.
хвостовика - HRC 40...45.
3. Невказані граничні відхилення розмірів по IT14.

БР - 020.00.08					Фреза		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сова А. И.						2:1
Пров.	Копей В. Б.				Лист	Листов	1
Т.контр.	Копей В. Б.				ПМ-18-1		
Н.контр.	Копей В. Б.				Формат А3		
Утв.	Панчик В. Г.				Копировал		

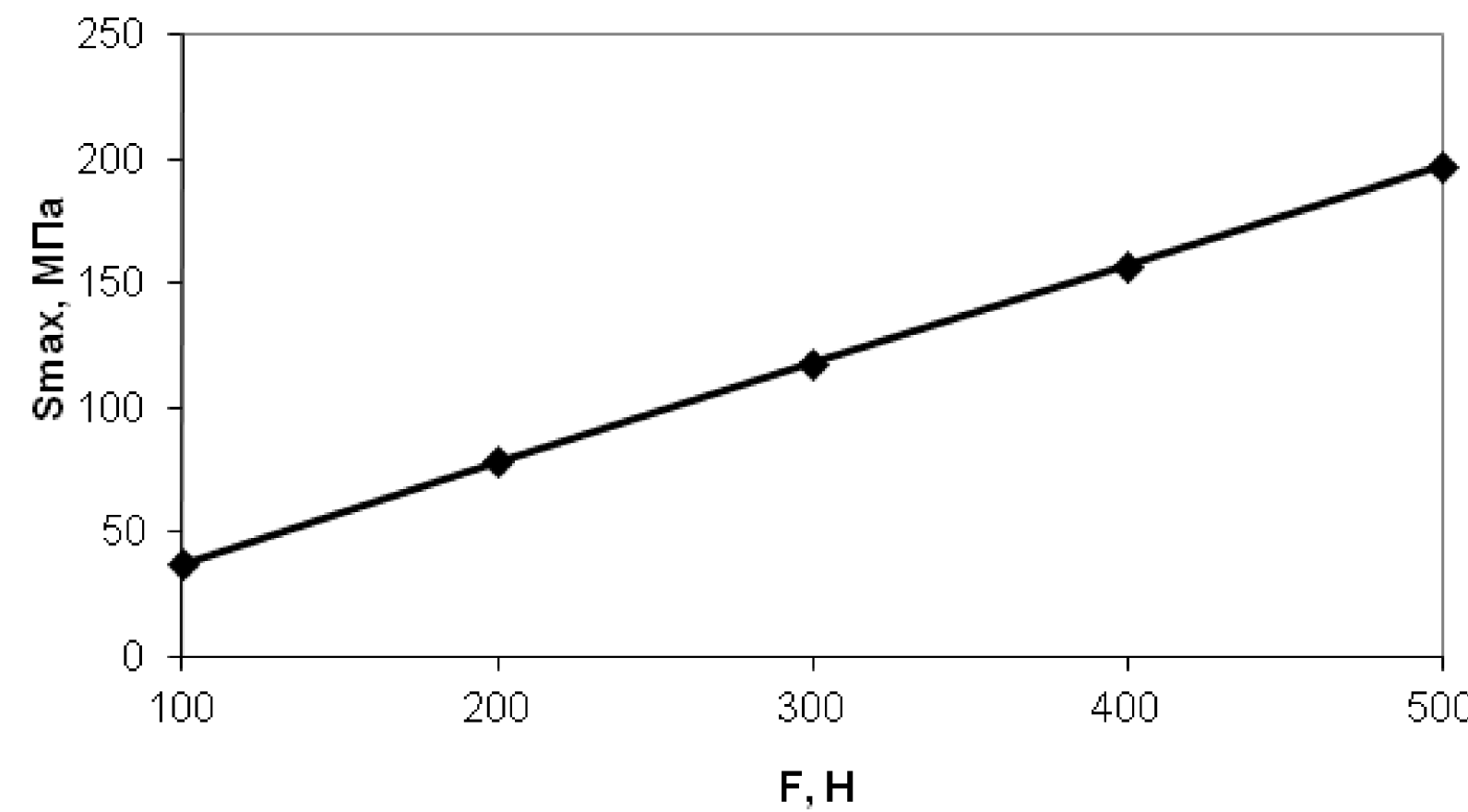
Скінченно-елементна модель та контакт компонентів



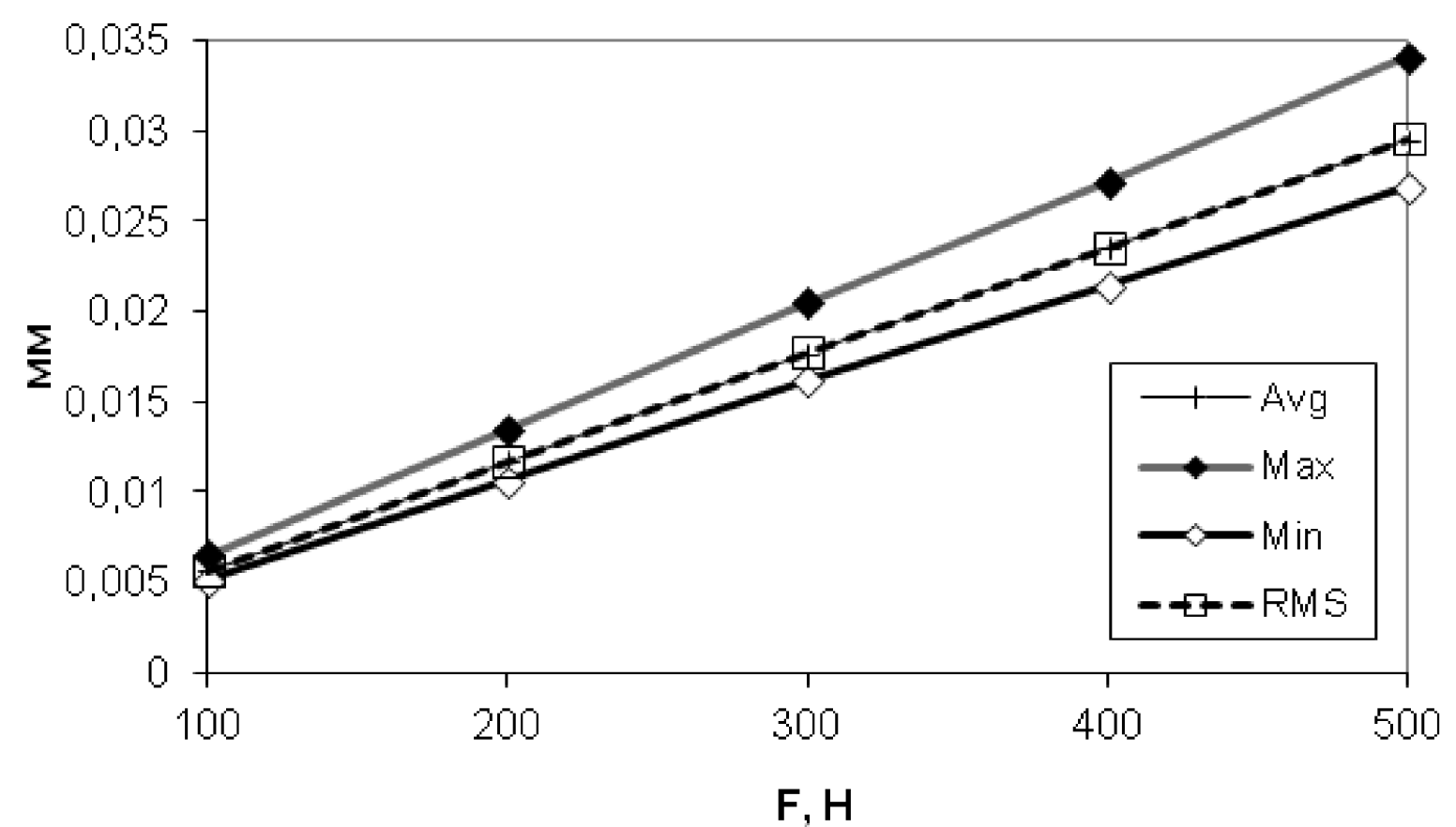
Скінченно-елементна сітка



Залежність максимальних еквівалентних напружень від сили затиску

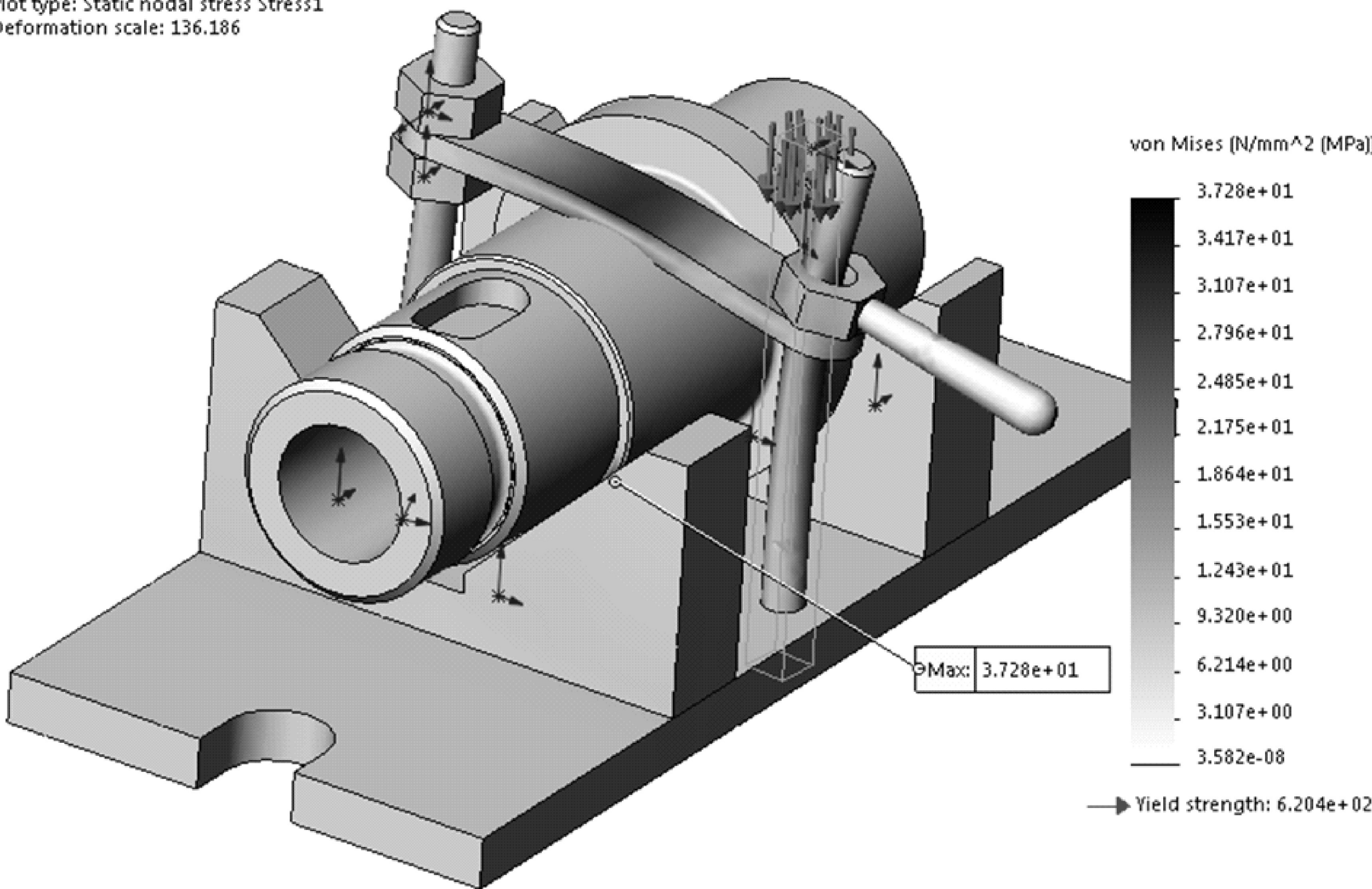


Залежність переміщень дна шпонкового паза від сили затиску



Еквівалентні напруження

Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 136.186



Переміщення

Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 136.186

