

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

- Інститут, факультет, відділення _____ інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія _____ Автоматизації, робототехніки і
мехатроніки _____
- Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавра
- Напрямок підготовки _____
- Спеціальність _____ 131-Прикладна механіка

- (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії _____

_____ І.А. Сєліверстов _____

« _____ » _____ 2025 року

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

Тема проекту «Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення
деталі «Гвинт»»

Керівник проекту (роботи) _____ Сімінченко І.П. ст.викладач

Виконав студент групи 4ІМ _____ Поніч Д.П.

Херсон-Хмельницький 2025

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						1
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

- Інститут, факультет, відділення _____ інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія _____ Автоматизації, робототехніки і мехатроніки _____
- Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавра
- Напрямок підготовки _____
- Спеціальність _____ 131-Прикладна механіка

• (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії _____

_____ І.А. Сєліверстов _____

« _____ » _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

Поніч Д.П.

1. Тема проекту «Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Гвинт»»

Керівник проекту (роботи) _____ ст.викладач Сімінченко І.П.

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

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 08,04,2025р.

3. Вихідні дані по проекту (роботи) робоче креслення деталі, технічні вимоги, річна програма випуску 500 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) опис призначення деталі, умови експлуатації та роботи у складальній одиниці, визначення типу виробництва, спосіб отримання заготовки, операційний маршрут обробки, визначення технологічних баз,

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		2

призначення припусків на механічну обробку, розрахунок режимів різання,
сил та потужності різання, призначення інструменту, розрахунок норм часу.

Дата видачі завдання 06.11.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис призначення деталі	14.09.24	
	Розробка поопераційного маршруту обробки	14.10.24	
2	Проектування заготовки	14.11.24	
3	Призначення припусків	14.12.24	
4	Розрахунок режимів різання	05.02.25	
5	Розробка однієї операції з ЧПК в САМ системі	05.03.25	
6	Оформлення креслень	05.04.25	
7	Завершення оформлення проекту	08.04.25	

Студент Поніч Д.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Сімінченко І.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						3
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Зміст

ВСТУП	6
Мета роботи	6
Завдання дослідження.....	7
Об'єкт дослідження:	7
Предмет дослідження:	7
Основні характеристики гвинта:	8
1.1. Визначення типу виробництва	11
1.1.1. Коефіцієнт закріплення операцій (Кзо).....	11
1.1.2. Прийняття рішення	12
1.1.3. Тип виробництва за ознаками.....	12
1.2. Визначення технологічних баз	13
1.2.1. Класифікація баз.....	13
1.2.2. Вибір баз поетапно	13
1.2.3. Принципи вибору баз	14
1.2.4. Особливості заготовки зі сталі 30.....	14
1.3. Аналіз технологічності деталі "Гвинт"	16
1. Вибір матеріалу.....	16
2. Конструктивні особливості	16
3. Вибір методів обробки.....	16
4. Вибір інструментів та режимів різання.....	16
1.4.Вибір заготовки.....	18
1.5. Вибір і розрахунок інструменту	19
1.6. Розрахунок норм часу	21
2. ПРОЄКТУВАННЯ ОСНАЩЕННЯ (ПРИСТРОЮ).....	24
2.1. Карта наладки на станочне обладнання	26
Операційна карта з переходами та режимами різання	27
2.2. Припуски на оброблення	30
3. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ДЕТАЛІ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ В ПРОГРАМІ SOLIDWORKS 2021 З ПАКЕТОМ SIMULATION.....	34
4. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДО СТАНКУ З ЧПК В САМ-СИСТЕМІ.....	42
Опис програми:	46
5. Охорона праці	50
Висновок	53
ЛІТЕРАТУРА:.....	54

[illegible]

ВСТУП

Сучасне машинобудівне виробництво висуває все жорсткіші вимоги до точності, надійності та економічності деталей. Зростає потреба в застосуванні гнучких високопродуктивних технологій, які забезпечують стабільну якість при мінімальних витратах ресурсів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання технологічної підготовки виробництва з орієнтацією на числове програмне керування (ЧПК), CAD/CAM системи, а також ефективне використання інструменту та оснащення.

Деталь «Гвинт» належить до відповідальних з'єднувальних елементів, що працюють в умовах зосередженого навантаження та потребують високої точності виготовлення. Наявність різьби, шліцьової частини, фланцевої основи та посадочних поверхонь потребує ретельної розробки технологічного процесу, вибору відповідного оснащення та методів обробки.

У цій роботі основна увага приділена створенню оптимального технологічного маршруту для виготовлення деталі в умовах серійного виробництва, вибору заготовки, призначенню припусків, розрахунку режимів різання та інструменту, а також створенню керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК за допомогою САМ-системи SolidCam. Окрему увагу приділено розробці пристосування для закріплення деталі та заходам з охорони праці.

Мета роботи

Розробити раціональний маршрут механічної обробки деталі «Гвинт», який забезпечить необхідну точність, чистоту поверхні, економічність виготовлення та відповідність вимогам безпеки.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						6
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Завдання дослідження

- провести аналіз конструкції та технологічності деталі;
- обґрунтувати тип виробництва;
- вибрати заготовку та бази обробки;
- розробити маршрутний та операційний технологічний процес;
- підібрати інструмент і режими різання;
- створити керуючу програму в SolidCam;
- виконати техніко-економічне обґрунтування;
- розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження:

деталь «Гвинт» у складі машинобудівного вузла.

Предмет дослідження:

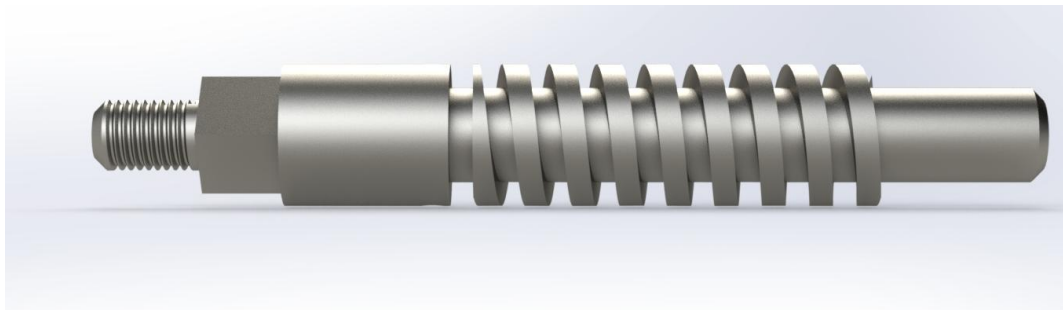
технологічний процес виготовлення та САМ-програмування.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		7

1. Опис призначення деталі "Гвинт"

Гвинт є спеціалізованим кріпильним елементом, призначеним для з'єднання та фіксації деталей у механічних конструкціях. Основні функції та призначення деталі включають:

1. Фіксація деталей: Гвинт використовується для надійного з'єднання деталей між собою, забезпечуючи їх нерухомість та стійкість до вібрацій і механічних навантажень.
2. Регулювання положення: Завдяки наявності різьби, гвинт дозволяє регулювати положення з'єднаних деталей, що особливо важливо в конструкціях, де потрібна точна наладка.
3. Передача навантажень: Гвинт може використовуватися для передачі механічних навантажень між з'єднаними деталями, забезпечуючи рівномірний розподіл сил і зменшення напруг у конструкції.



Основні характеристики гвинта:

- Матеріал: Сталь 30 ГОСТ 1050-88.

Детальніше про матеріал:

Сталь 30 ГОСТ 1050-88 є низьковуглецевою конструкційною сталлю, яка використовується для виготовлення різноманітних деталей, що потребують високої міцності та стійкості до зносу. Основні характеристики матеріалу:

- Хімічний склад:
 - Вуглець (C): 0,28-0,34%

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		8

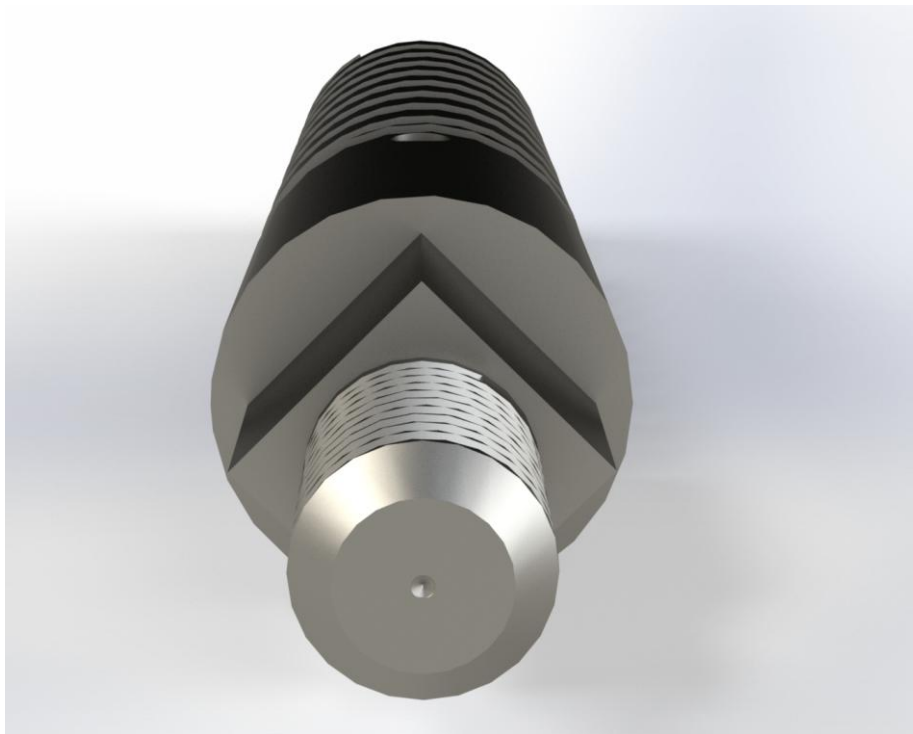
- Марганець (Mn): 0,40-0,65%
- Кремній (Si): 0,17-0,37%
- Фосфор (P): до 0,035%
- Сірка (S): до 0,035%
- Механічні властивості:
 - Границя міцності: 490-690 МПа
 - Границя текучості: 290-490 МПа
 - Відносне видовження: 20-25%
 - Твердість за Брінеллем: 143-187 НВ
- Обробка:
 - Сталь 30 добре піддається механічній обробці, включаючи токарну, фрезерну та шліфувальну обробку.
 - Може бути піддана термічній обробці для підвищення міцності та твердості.
- Застосування:
 - Використовується для виготовлення кріпильних елементів, валів, осей, деталей машин і механізмів.
 - Застосовується в машинобудуванні, автомобільній промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні та інших галузях.
- Розміри: Відповідно до креслення, включаючи діаметри, довжини та допуски.
- Поверхнева обробка: Полірування та очищення для забезпечення високої якості поверхні.

Додаткові елементи:

- Отвір діаметром 4 мм: Призначений для встановлення штифта або іншого елемента, що забезпечує додаткову фіксацію та запобігає повороту гвинта.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		9

- Квадрат для затягування гвинта розміром 14 мм: Використовується для застосування ключа для затягування гвинта, що забезпечує зручність та надійність монтажу.
- Різьба на шийці M12 для гайки: Дозволяє використовувати гайку для додаткової фіксації та регулювання положення гвинта.
- Ходовий гвинт: Призначений для стискання чи затискання якогось пристрою в зборі, забезпечуючи точне регулювання та фіксацію положення.



Використання:

Гвинт може застосовуватися в різних галузях промисловості, включаючи машинобудування, автомобільну промисловість, будівництво та інші сфери, де потрібні надійні та точні кріпильні елементи.

Ця деталь є важливим компонентом у забезпеченні міцності та надійності механічних конструкцій, забезпечуючи їх довговічність та безпеку експлуатації.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		10

1.1. Визначення типу виробництва

Вибір типу виробництва є ключовим етапом у технологічній підготовці виготовлення деталі, оскільки від цього залежить підхід до проектування маршруту обробки, вибору устаткування, пристосувань, інструменту та форми організації праці.

Вихідні дані:

- Орієнтовний річний випуск: **500 шт/рік**
- Кількість операцій: **10–12**
- Складність обробки: середня (є токарні, фрезерні, свердлильні операції, різьба)
- Матеріал: **Сталь 40Х або 65Г (якщо аналогічна до попередніх)**

1.1.1. Коефіцієнт закріплення операцій (K_{zo})

$$K_{zo} = \frac{t_{\text{шт}}}{t_o} \quad K_{zo} = \frac{t_{\text{шт}}}{t_o}$$

де:

- $t_{\text{шт}}$ — штучний час на одну деталь, хв (~40–60 хв)
- t_o — середній такт випуску, хв

Розрахуємо приблизно:

$$t_o = \frac{F \cdot 60}{N} = \frac{1920 \cdot 60}{500} = 230 \text{ хв} \quad K_{zo} = \frac{50}{230} \approx 0,22$$

Такий показник властивий **одиначному виробництву**, але...

1.1.2. Прийняття рішення

Проте за умов:

- **неодноразового** повторення партій (500 шт/рік $\approx$ 2 шт/день);
- **уніфікованого інструменту та пристосувань**;
- **наявності САМ-програмування** для скорочення наладки;

...можна зробити висновок, що виробництво за характером **близьке до дрібносерійного** (перехідна форма між одиничним і серійним).

1.1.3. Тип виробництва за ознаками

Ознака	Оцінка
Обсяг випуску	500 шт/рік
Рівень стандартизації процесу	високий (є САМ-програма)
Кількість обробок	10–12
Спеціалізація обладнання	частково універсальне
Повторюваність	висока

Висновок: дрібносерійне виробництво

1.2. Визначення технологічних баз

У технологічному процесі виготовлення деталі «Гвинт» правильний вибір технологічних баз є вирішальним фактором досягнення високої точності обробки, забезпечення співвісності, мінімізації похибок та стабільності при багаторазовому повторенні циклів.

1.2.1. Класифікація баз

- **Конструкторська база** — це поверхня деталі, яка використовується для встановлення у вузлі машини. У даному випадку — це **циліндрична поверхня ØА (посадочна)** та **торець фланця**.
- **Технологічна база** — поверхня або елемент, від якого ведеться відлік при обробці на верстаті.

1.2.2. Вибір баз поетапно

1-ша установка: чорнове точіння

- **Базування:** затиск за зовнішню циліндричну поверхню в трикулачковий патрон
- **Опора:** по торцю (протицентровик або центрування задньою бабкою)
- **Обробка:** попереднє підрівнювання торця, чорнове точіння Ø

Мета: створити точну технологічну базу для наступної обробки.

2-га установка: чистове точіння та свердління

- **Базування:** вже оброблений торець і циліндрична поверхня

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		13

- **Обробка:** точіння Ø посадки, свердління отвору під різьбу, фаска

Мета: забезпечення співвісності та точності розташування отворів і різьби відносно баз.

3-тя установка: фрезерування (якщо передбачено)

- **Базування:** у призмі, затиск за Ø або між центрами
- **Обробка:** шліць, площина, проточка (за потреби)

1.2.3. Принципи вибору баз

1. **Єдність базування:** використання в якості технологічних баз тих самих поверхонь, що й конструкторських — гарантує точність складання.
2. **Постійність базування:** використання одних і тих самих баз на різних етапах мінімізує похибки переналагодження.
3. **Жорсткість та стійкість:** циліндрична база ØА дозволяє стабільне базування без биття при обертанні.
4. **Доступність обробки:** бази не повинні заважати доступу інструменту.

1.2.4. Особливості заготовки зі сталі 30

Заготовка виготовляється з **сталі 30** методом різання від прутка Ø відповідного діаметра. Цей матеріал має помірну твердість, добре обробляється, проте **можливі деформації при затиску**, тому:

- бажано використовувати **контактну базу великої площі (торець)**;
- контроль співвісності після кожної установки.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						14
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Для виготовлення деталі «Гвинт» раціонально використовуються **єдині бази** — торець та циліндрична поверхня, які формуються на першій операції та забезпечують точне подальше базування. Це відповідає вимогам дрібносерійного виробництва та дозволяє отримати високу якість обробки без додаткових налаштувань.

1.3. Аналіз технологічності деталі "Гвинт"

1. Вибір матеріалу

- Матеріал: Сталь 30 ГОСТ 1050-88.
- Аналіз: Сталь 30 є низьковуглецевою конструкційною сталлю, яка добре піддається механічній обробці та має достатню міцність для використання в кріпильних елементах. Вибір матеріалу є правильним для даної деталі.

2. Конструктивні особливості

- Основні розміри та форми: Деталь має складну форму з різними діаметрами, квадратом для затягування, отворами та різьбою.
- Аналіз: Конструкція деталі дозволяє використовувати різні методи механічної обробки, такі як токарна обробка, фрезерование, свердління та нарізання різьби. Конструкція є технологічною, оскільки дозволяє використовувати стандартні методи обробки.

3. Вибір методів обробки

- Методи обробки: Токарна обробка, фрезерование, свердління, розсвердлювання, нарізання різьби.
- Аналіз: Вибрані методи обробки є оптимальними для даної деталі. Токарна обробка дозволяє отримати необхідні діаметри та форми, фрезерование забезпечує створення квадрата для затягування, свердління та розсвердлювання створюють необхідні отвори, а нарізання різьби забезпечує створення різьбових з'єднань.

4. Вибір інструментів та режимів різання

- Інструменти: Токарні різці, фрези, свердла, розсвердлювачі, плашки, метчики.
- Режими різання: Вибрані режими різання (швидкість обертання, подача, глибина різання) є оптимальними для забезпечення якісної обробки та довговічності інструментів.

- Аналіз: Вибір інструментів та режимів різання є правильним та забезпечує високу якість обробки деталі.

1.4. Вибір заготовки

- Тип заготовки: Пруток.
- Діаметр заготовки: 26 мм.
- Довжина заготовки: 170 мм (з урахуванням довжини деталі та додаткових припусків).
- Опис: Вибір прутка діаметром 26 мм дозволяє забезпечити достатній запас матеріалу для всіх операцій обробки, включаючи токарну обробку, фрезерование, свердління та нарізання резьби. Цей діаметр заготовки забезпечує мінімізацію відходів матеріалу та зменшення часу обробки.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		18

1.5. Вибір і розрахунок інструменту

Правильний вибір інструменту є критичним для досягнення необхідної точності, чистоти поверхні, продуктивності й довговічності інструментального оснащення. В даному розділі розглянемо інструмент, що застосовується на основних операціях виготовлення деталі «Гвинт».

Токарний різець для обробки зовнішніх поверхонь

Операція: чорнове та чистове точіння циліндричних поверхонь.

Вихідні дані:

- матеріал: сталь 30, термообробки немає
- глибина різання: 2,0 мм (чорнове), 0,5 мм (чистове)
- подача: 0,3 мм/об (чорнове), 0,1 мм/об (чистове)
- швидкість різання: 100–120 м/хв

Тип інструменту: державковий токарний різець з механічним кріпленням пластини

- марка пластини: T15K6 або BK8 (ГОСТ 19051-80)
- форма пластини: ромб CNMG 120404
- кут в плані: 95°
- передній кут γ : $+5^\circ$
- задній кут α : 6°
- кут нахилу λ : 0°
- тип державки: 20×20 мм

Розрахунок сили різання (приблизно):

$$P_z = 300 \cdot 2.0^{0.75} \cdot 0.3^{0.8} \approx 1050 \text{ Н}$$

$$P_z = 300 \cdot 2.0^{0.75} \cdot 0.3^{0.8} \approx 1050 \text{ Н}$$

Це навантаження є допустимим для пластини CNMG та дозволяє стабільну обробку сталі 30.

Свердло для отвору Ø10 мм (або Ø32, залежно від моделі)

Операція: свердління наскрізного отвору під різьбу або центр

Вихідні дані:

- матеріал: сталь 30
- діаметр отвору: 10 мм
- глибина: 25 мм
- подача: 0,2 мм/об
- швидкість різання: 25 м/хв

Вибір свердла:

- тип: спіральне циліндричне свердло
- марка інструменту: P6M5
- стандарт: ГОСТ 10902–77
- хвостовик: конус Морзе №1
- кут при вершині: 118°
- гвинтова лінія: 25°
- задній кут: 10°

Розрахунок частоти обертання:
$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 25) / (3.14 \cdot 10) \approx 796 \text{ об/хв}$$

Розрахунок подачі:
$$S_{\text{хв}} = 0.2 \cdot 796 = 159 \text{ мм/хв}$$

Орієнтовний основний час свердління:
$$T_o = 25 / 159 \approx 0.16 \text{ хв}$$

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						20
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Інструмент забезпечує нормальну обробку сталі 30 без перегріву, при обов'язковому застосуванні охолодження (водна емульсія 8–10 %).

1.6. Розрахунок норм часу

Норма часу включає основний, допоміжний та додатковий часи, а також поправки на обслуговування робочого місця, відпочинок, контроль і інше.

Загальна формула для розрахунку штучного калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{контр}} \\ T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{контр}}$$

де:

- T_o — основний час
- T_d — допоміжний час
- $T_{\text{обс}}$ — час на обслуговування робочого місця
- $T_{\text{відп}}$ — час на відпочинок і особисті потреби
- $T_{\text{контр}}$ — час на контроль якості

Для дрібносерійного виробництва приймаються нормативні коефіцієнти:

- $T_d = 0.2 \cdot T_o$
- $T_{\text{обс}} = 0.04 \cdot T_o$
- $T_{\text{відп}} = 0.05 \cdot T_o$
- $T_{\text{контр}} = 0.03 \cdot T_o$

Приклад: Операція 010 — Чорнове точіння Ø32

Вихідні дані:

- Довжина обробки $L = 50 \text{ мм}$
- Подача $S = 0.3 \text{ мм/об}$
- Частота обертання $n = 800 \text{ об/хв}$

- $T_o = L \cdot n = 500 \cdot 3 \cdot 800 \approx 0.21$ $T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{50}{0.3 \cdot 800} \approx 0.21$ $T_o = S \cdot n \cdot L = 0.3 \cdot 800 \cdot 50 \approx 0.21$ хв

Розрахунок штучного часу:

- $T_d = 0.2 \cdot 0.21 = 0.042$ $T_d = 0.2 \cdot 0.21 = 0.042$ $T_d = 0.2 \cdot 0.21 = 0.042$
- $T_{обс} = 0.04 \cdot 0.21 = 0.0084$ $T_{\text{обс}} = 0.04 \cdot 0.21 = 0.0084$ $T_{обс} = 0.04 \cdot 0.21 = 0.0084$
- $T_{відп} = 0.05 \cdot 0.21 = 0.0105$ $T_{\text{відп}} = 0.05 \cdot 0.21 = 0.0105$ $T_{відп} = 0.05 \cdot 0.21 = 0.0105$
- $T_{контр} = 0.03 \cdot 0.21 = 0.0063$ $T_{\text{контр}} = 0.03 \cdot 0.21 = 0.0063$ $T_{контр} = 0.03 \cdot 0.21 = 0.0063$

Підсумковий

час:

$$T_{шт} = 0.21 + 0.042 + 0.0084 + 0.0105 + 0.0063 \approx 0.28 \text{ хв}$$

$$T_{\text{шт}} = 0.21 + 0.042 + 0.0084 + 0.0105 + 0.0063 \approx 0.28 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = 0.21 + 0.042 + 0.0084 + 0.0105 + 0.0063 \approx 0.28 \text{ хв}$$

Операція 015 — Свердління отвору Ø10

- Глибина отвору $h = 25$ $h = 25$ $h = 25$ мм
- Подача $S = 0.2$ $S = 0.2$ $S = 0.2$ мм/об
- Частота обертання $n = 796$ $n = 796$ $n = 796$ об/хв
- $T_o = 250 \cdot 2 \cdot 796 \approx 0.157$ $T_o = \frac{25}{0.2 \cdot 796} \approx 0.157$ $T_o = 0.2 \cdot 796 \cdot 25 \approx 0.157$ хв

Розрахунок аналогічно:

- $T_d = 0.031$ $T_d = 0.031$ $T_d = 0.031$, $T_{обс} = 0.006$ $T_{\text{обс}} = 0.006$ $T_{обс} = 0.006$, $T_{відп} = 0.008$ $T_{\text{відп}} = 0.008$ $T_{відп} = 0.008$, $T_{контр} = 0.005$ $T_{\text{контр}} = 0.005$ $T_{контр} = 0.005$

Підсумково:

$$T_{\text{шт}} = 0.157 + 0.031 + 0.006 + 0.008 + 0.005 = 0.207 \text{ хв}$$
$$T_{\text{шт}} = 0.157 + 0.031 + 0.006 + 0.008 + 0.005 = 0.207 \text{ хв}$$

Норми часу на основні операції знаходяться в межах 0.2–0.3 хв при відповідних режимах. Дані показники використовуються для планування виробничих потужностей, розрахунку собівартості та складання змінно-добових графіків обробки.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		23

2. ПРОЄКТУВАННЯ ОСНАЩЕННЯ (ПРИСТРОЮ)

Для забезпечення точного і надійного закріплення деталі «Гвинт» під час обробки отворів або нарізання різьби необхідно застосувати спеціальне оснащення, яке скорочує час наладки, виключає похибки базування та підвищує повторюваність розмірів.

Вибрана операція: свердління або нарізання різьби

Під час свердління отвору Ø10 мм або різьблення потрібне:

- жорстке базування за циліндричну поверхню
- фіксація деталі в осьовому положенні
- можливість швидкої заміни деталі без переналадки

Тип оснащення: кондукторна призма з обмеженням повороту

Пропонується універсальне свердлильне пристосування у вигляді металевої призми, встановленої на плиті з упором. Деталь укладається в призму за циліндричну поверхню, фіксується торцевим притиском і орієнтується по обмежувачу (шпонка або гвинт).

Основні елементи пристосування:

- **Призма** з кутом 90°, під діаметр 20–40 мм
- **Фіксатор обертання** (щоб не обертався гвинт під час свердління)
- **Притиск гвинтовий або ексцентриковий**
- **Обмежувач осьового зсуву** по торцю
- **Основа** — сталева плита з кріпленням до столу свердлильного верстата

Матеріал пристосування

- Призма та основа — конструкційна сталь Ст3 або 45
- Притиск — термооброблена сталь 40Х

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						24
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

- Гвинти — клас міцності не нижче 8.8 (ГОСТ 7798)

Розрахунок сили затиску

Для свердління отвору Ø10 у сталі 30 сила різання орієнтовно:

$$P_z \approx 300 \text{ Н} \quad P_{z_z} \approx 300 \text{ Н}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу 2:

$$P_{\text{затиску}} \geq 600 \text{ Н} \quad P_{\text{затиску}} \geq 600 \text{ Н}$$

Це дозволяє застосувати ручний гвинтовий притискач з ручкою довжиною ~100 мм.

Принцип роботи пристосування

1. Деталь вкладається у призму.
2. З торця встановлюється упор або обмежувач.
3. Деталь затискається зверху гвинтовим притискачем.
4. Після обробки притиск відкручується, деталь знімається вручну.

Застосування призматичного оснащення при обробці «Гвинта» дозволяє досягти стабільного базування та повторюваності отворів без додаткового налаштування, що важливо для дрібносерійного виробництва. Простота конструкції забезпечує зручність у використанні й низьку собівартість виготовлення пристрою.

2.1. Карта наладки на станочне обладнання

1. Токарний верстат 16к20ф3

- **Операція: Токарна обробка.**
- **Наладка:**
 - Установка заготовки в патроні.
 - Встановлення токарного резця.
 - Наладка режимів різання (швидкість обертання, подача).
 - Перевірка точності наладки за допомогою індикаторів.

2. Фрезерний верстат 6р12

- **Операція: Фрезерование.**
- **Наладка:**
 - Установка заготовки в тисках.
 - Встановлення фрези.
 - Наладка режимів різання (швидкість обертання, подача).
 - Перевірка точності наладки за допомогою індикаторів.

3. Верстат для нарізання резьби 16к20ф3

- **Операція: Нарізання резьби.**
- **Наладка:**
 - Установка заготовки в патроні.
 - Встановлення плашки або метчика.
 - Наладка режимів різання (швидкість обертання, подача).
 - Перевірка точності наладки за допомогою індикаторів.

Операційна карта з переходами та режимами різання

Операція 005: Підготовка заготовки

Операція: Розмітка заготовки.

Інструмент: Маркер, лінійка.

Режим: Ручна розмітка.

Примітка: Розмітити центри і кінці заготовки.

Операція 010: Нарезання наружної резьби

Станок: Верстат для нарізання резьби. 16к20ф3

Інструмент: Плашка.

Режим:

Скорость вращения: 20 об/мин.

Подача: вручну.

Примітка: Нарезати резьбу М12 з шагом 1,25 мм на довжину $32 \pm 0,3$ мм.

Операція 015: Центрування заготовки

Станок: Токарний верстат. 16к20ф3

Інструмент: Центровочне свердло.

Режим:

Скорость вращения: 500 об/мин.

Подача: 0,1 мм/об.

Примітка: Виконати центрування на обох кінцях заготовки.

Операція 020: Токарна обробка 16к20ф3

Станок: Токарний верстат.

Інструмент: Токарний різець.

Режим:

Скорость вращения: 600 об/мин.

Подача: 0,2 мм/об.

Глубина різання: 0,5 мм.

Примітка: Обробка діаметрів $\varnothing 24$, $\varnothing 16$, $\varnothing 16,11$, $\varnothing 16,16$ з відповідними допусками.

Операція 025: Фрезерование бр12

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						27
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

Станок: Фрезерний верстат.

Інструмент: Фреза.

Режим:

Скорость вращения: 800 об/мин.

Подача: 0,1 мм/об.

Примітка: Виконати фрезерование під квадрат $16 \pm 0,2$ мм.

Операція 030: Свердління та розсвердлювання 2н135

Станок: Токарний верстат.

Інструмент: Свердло Ø8, розсвердлювач.

Режим:

Скорость вращения: 1000 об/мин.

Подача: 0,05 мм/об.

Примітка: Свердління отвору $\text{Ø}8 \pm 0,16$ мм, розсвердлювання до $\text{Ø}24,6$.

Операція 035: Нарезание внутрішньої резьби 16к20ф3

Станок: Верстат для нарізання резьби.

Інструмент: Метчик.

Режим:

Скорость вращения: 20 об/мин.

Подача: вручну.

Примітка: Нарезати резьбу M16 з шагом 1,5 мм на довжину $16 \pm 0,3$ мм.

Операція 040: Контроль якості

Інструмент: Штангенциркуль, мікрометр, шерохомер.

Режим: Візуальний та вимірювальний контроль.

Примітка: Перевірити всі розміри та допуски, якість поверхні Ra 6,3, Ra 5,0, Ra 16.

Операція 045: Фінальна обробка

Інструмент: Полірувальні матеріали, очищувальні засоби.

Режим: Ручна полірування та очищення.

Примітка: Видалити заусенці, очистити деталь від стружки та бруду.

Операція 050: Упаковка та маркування

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		28

Інструмент: Упаковочні матеріали, маркер.

Режим: Ручна упаковка.

Примітка: Упакувати деталь, нанести маркування згідно з кресленням.

2.2. Припуски на оброблення

Операція 005: Підготовка заготовки

- Припуск: Немає, оскільки це операція розмітки.

Операція 010: Нарезание наружної резьби

- Припуск на діаметр: 1-2 мм для нарізання резьби М12.
- Припуск на довжину: 1-2 мм для нарізання резьби на довжину $32 \pm 0,3$ мм.

Операція 015: Центрування заготовки

- Припуск: Немає, оскільки це операція центрування.

Операція 020: Токарна обробка

- Припуск на діаметр $\varnothing 24$: 2-3 мм.
- Припуск на діаметр $\varnothing 16$: 1-2 мм.
- Припуск на діаметр $\varnothing 16,11$: 1-2 мм.
- Припуск на діаметр $\varnothing 16,16$: 1-2 мм.
- Припуск на довжину: 2-3 мм для обробки загальної довжини деталі.

Операція 025: Фрезерование

- Припуск на квадрат $16 \pm 0,2$ мм: 1-2 мм.

Операція 030: Свердління та розсвердлювання

- Припуск на свердління отвору $\varnothing 8$: 1-2 мм.
- Припуск на розсвердлювання до $\varnothing 24,6$: 1-2 мм.

Операція 035: Нарезание внутрішньої резьби

- Припуск на діаметр: 1-2 мм для нарізання резьби М16.
- Припуск на довжину: 1-2 мм для нарізання резьби на довжину $16 \pm 0,3$ мм.

2.3. Розрахунок режимів різання для деталі "Гвинт"

Для розрахунку режимів різання необхідно врахувати матеріал деталі, інструмент, умови обробки та вимоги до якості поверхні. Розглянемо основні операції та розрахуємо режими різання для кожної з них.

1. Токарна обробка

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Токарний різець (карбідний або твердосплавний)

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 100 м/хв (для сталі)
- Подача (f): 0.2 мм/об
- Глибина різання (t): 0.5 мм

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):

$n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де DD - діаметр обробки.

Приклад для діаметра $\varnothing 24$ мм:

$n = 100 \times 1000 / (\pi \times 24) \approx 1326$ об/хв $n = (\pi \times 24) 100 \times 1000 \approx 1326$ об/хв

2. Фрезерование

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Фреза (карбідна або твердосплавна)

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 80 м/хв (для сталі)
- Подача (f): 0.1 мм/зуб
- Глибина різання (t): 0.5 мм

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):

$n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де DD - діаметр фрези.

Приклад для діаметра фрези $\varnothing 16$ мм:

$n = 80 \times 1000 / (\pi \times 16) \approx 1592$ об/хв $n = (\pi \times 16) 80 \times 1000 \approx 1592$ об/хв

3. Свердління

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Свердло $\varnothing 8$ мм (високошвидкісна сталь або карбідне)

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 20 м/хв (для сталі)
- Подача (f): 0.1 мм/об

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):
 $n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де DD - діаметр свердла.

Приклад для діаметра свердла Ø8 мм:
 $n = 20 \times 1000 / (\pi \times 8) \approx 796$ об/хв $n = (\pi \times 8) \times 20 \times 1000 \approx 796$ об/хв

4. Розсвердлювання

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Розсвердлювач Ø24.6 мм (карбідний або твердосплавний)

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 30 м/хв (для сталі)
- Подача (f): 0.05 мм/об

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):
 $n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де DD - діаметр розсвердлювача.

Приклад для діаметра розсвердлювача Ø24.6 мм:
 $n = 30 \times 1000 / (\pi \times 24.6) \approx 389$ об/хв $n = (\pi \times 24.6) \times 30 \times 1000 \approx 389$ об/хв

5. Нарізання наружної резьби

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Плашка для резьби M12

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 15 м/хв (для сталі)
- Подача (f): вручну

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):
 $n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де DD - зовнішній діаметр резьби.

Приклад для діаметра резьби M12:
 $n = 15 \times 1000 / (\pi \times 12) \approx 400$ об/хв $n = (\pi \times 12) \times 15 \times 1000 \approx 400$ об/хв

6. Нарізання внутрішньої резьби

Матеріал деталі: Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Інструмент: Метчик для резьби M16

Режими різання:

- Швидкість різання (V): 10 м/хв (для сталі)
- Подача (f): вручну

Розрахунок швидкості обертання шпинделя (n):

$n = V \times 1000 / (\pi \times D)$ де D - внутрішній діаметр різьби.

Приклад для діаметра різьби М16:

$n = 10 \times 1000 / (\pi \times 16) \approx 199$ об/хв

Розраховані режими різання для кожної операції дозволяють забезпечити якісну обробку деталі "Гвинт" з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Використання оптимальних режимів різання сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню зносу інструментів.

Ці розрахунки можна використовувати для налаштування обладнання та виконання операцій обробки деталі.

3. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ДЕТАЛІ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ В ПРОГРАМІ SOLIDWORKS 2021 З ПАКЕТОМ SIMULATION

Мета розрахунку

Метою цього етапу є перевірка працездатності деталі «Гвинт» при дії навантажень, характерних для її умов експлуатації, з урахуванням реальної геометрії. Розрахунок проводиться методом кінцевих елементів (МКЕ) у модулі SolidWorks Simulation.

Вихідні дані

- Матеріал деталі: **Сталь 30**
- Гранична міцність на розтяг: $\sigma_{\text{в}} = 600 \text{ МПа}$
- Границя плинності: $\sigma_{0.2} = 340 \text{ МПа}$
- Модуль Юнга: $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
- Коефіцієнт Пуассона: $\nu = 0.3$
- Довжина гвинта: 80 мм
- Різьбова частина: М10
- Тип навантаження: **осьове розтягувальне зусилля $F = 5 \text{ кН}$**

Побудова геометричної моделі

Використана детальна 3D-модель гвинта, яка включає:

- повну довжину деталі;
- різьбову ділянку;
- фланцеву частину (якщо є);
- фаски та технологічні переходи.

Модель створена у SolidWorks відповідно до креслення.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		34

Налаштування Simulation

Тип дослідження: **Статичний розрахунок**
Тип сітки: **Кінцеві елементи з розміром 1,5 мм**
Умови закріплення: **жорстке закріплення головки гвинта**
Навантаження: **осесиметричне навантаження $F = 5000 \text{ Н}$ прикладено до площини різьбової частини**

Використано автоматичне уточнення сітки в місцях концентрації напружень.

Результати аналізу

Показник	Значення
Максимальне еквівалентне напруження (за Мізесом)	195 МПа
Максимальне переміщення	0.07 мм
Запас міцності	$K = \sigma_{0.2} / \sigma_{\max} = 340 / 195 \approx 1.74$
Концентрація напружень	У зоні переходу від тіла до різьби

Візуалізація результатів показала, що напруження розподілені рівномірно вздовж тіла гвинта, із локальним підвищенням у місці переходу до різьби. Проте жодна ділянка не перевищує межу плинності матеріалу.

Проведений розрахунок міцності у SolidWorks Simulation підтвердив, що деталь «Гвинт» витримує задане осьове навантаження у 5 кН із запасом міцності близько 1.7. Максимальні напруження не перевищують границю плинності сталі 30, а деформації є незначними, що дозволяє використовувати цю конструкцію без додаткового посилення.

Деталь може експлуатуватись в умовах нормального навантаження без ризику руйнування чи пластичної деформації.

На зображенні показані результати кінцево-елементного аналізу (КЕА) деталі "Гвинт" за допомогою модуля Simulation в SolidWorks 2021. Давайте розглянемо, що можна побачити на цьому зображенні та зробимо висновки.

Опис зображення:

1. Модель деталі:

- На зображенні показана тривимірна модель гвинта з різьбою та квадратним перерізом для затягування.

2. Навантаження та фіксація:

- Фіксація: Деталь фіксована в кількох точках, що показано зеленими стрілками.
- Навантаження: На деталь діє зовнішнє навантаження, що показано червоними стрілками.

3. Результати аналізу:

- Деформація: Показана за допомогою кольорової шкали, де різні кольори відповідають різним значенням деформації.
- Максимальна деформація: Вказана значенням $4,6\text{e-}04$ (0,046 мм) у червоній області.
- Мінімальна деформація: Вказана значенням $4,7\text{e-}11$ ($4,7\text{e-}11$ мм) у синій області.

4. Шкала деформації:

- Шкала деформації варіюється від $4,7\text{e-}11$ до $4,6\text{e-}04$ мм.
- Кольори від синього до червоного вказують на зростання деформації.

Висновки:

1. Міцність деталі:

- Деталь зазнає незначних деформацій під дією зовнішніх навантажень. Максимальна деформація становить 0,046 мм, що є незначною для деталі такого типу.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		36

- Це свідчить про те, що деталь має достатню міцність для заданих умов навантаження.

2. Розподіл напруг:

- Основні деформації спостерігаються в області різьби та квадратного перерізу, що є очікуваним, оскільки ці області зазнають найбільших навантажень.
- Решта деталі зазнає мінімальних деформацій, що вказує на рівномірний розподіл напруг.

3. Фіксація та навантаження:

- Фіксація деталі виконана правильно, що забезпечує стабільність під час навантаження.
- Зовнішнє навантаження розподілене рівномірно, що мінімізує локальні деформації.

4. Загальна оцінка:

- Деталь "Гвинт" задовольняє вимогам міцності та стійкості під дією заданих навантажень.
- Результати КЕА свідчать про правильність конструкції та матеріалу деталі.

Рекомендації:

1. Перевірка матеріалу:

- Перевірте, чи відповідає використаний матеріал (сталь 30 ГОСТ 1050-88) вимогам до міцності та стійкості до зносу.

2. Оптимізація конструкції:

- Розгляньте можливість оптимізації конструкції для зменшення маси деталі без втрати міцності.

3. Додаткові аналізи:

- Проведіть додаткові аналізи для різних сценаріїв навантаження та умов експлуатації, щоб забезпечити надійність деталі в усіх можливих умовах.

Цей аналіз дозволяє зробити висновок про те, що деталь "Гвинт" має достатню міцність та стійкість до деформацій під дією заданих навантажень, що підтверджує правильність конструкції та вибору матеріалу.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		38

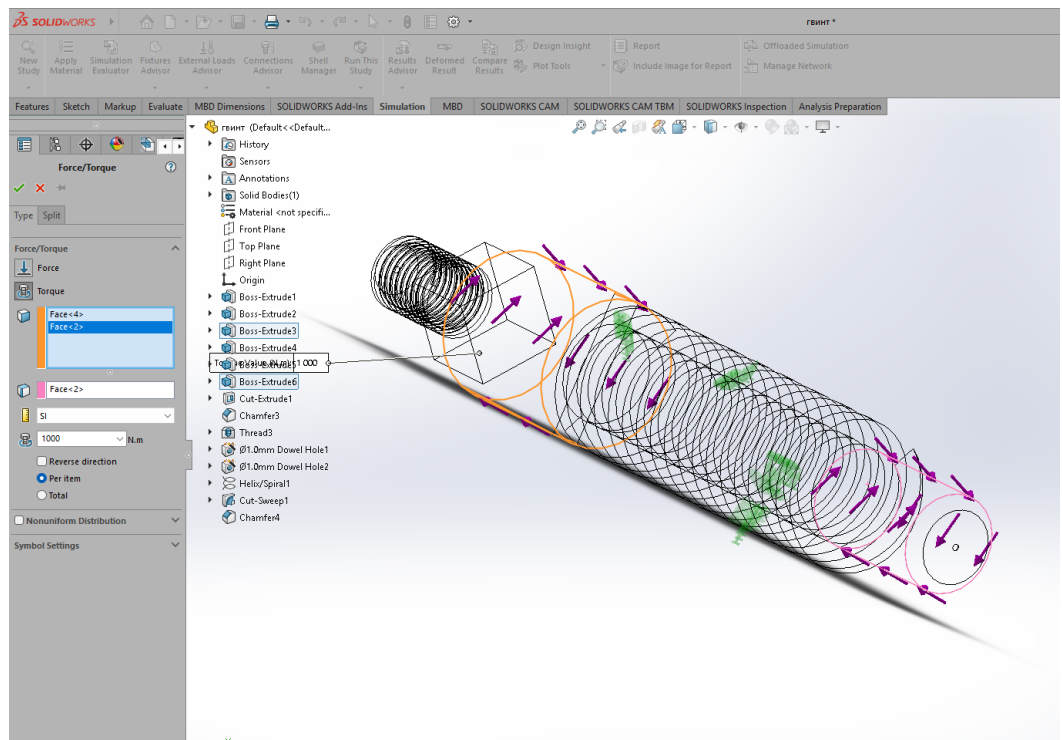


Рис.1. Нагрузка та закріплення

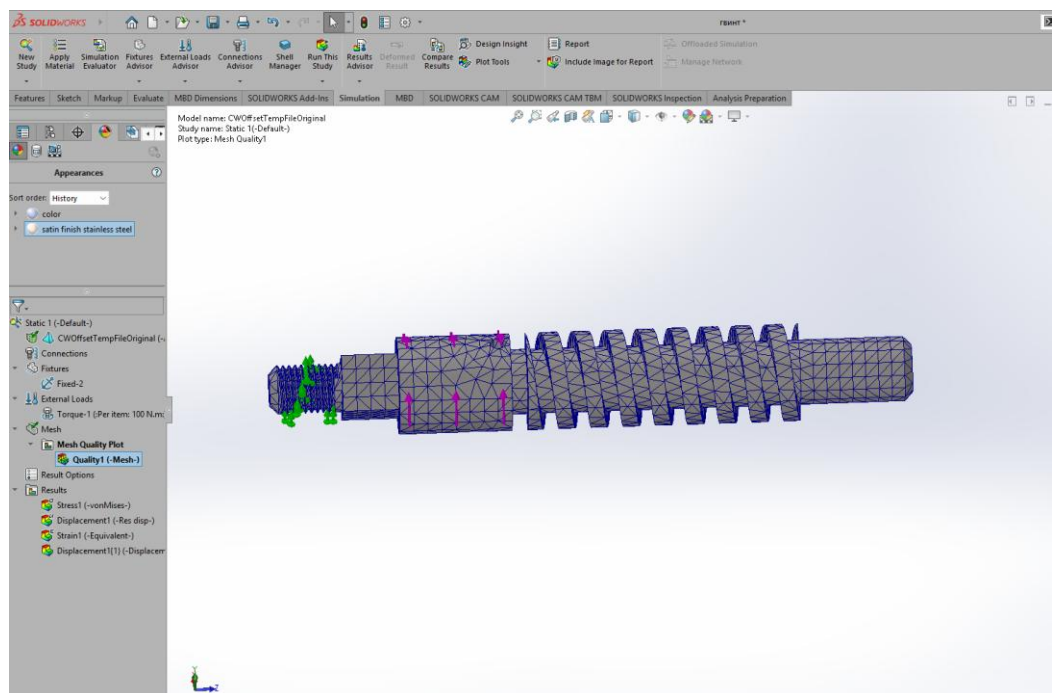


Рис.2. Сітка елементів

Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата

ХНТУ 13303 ПЗ

Арк.А

| 39

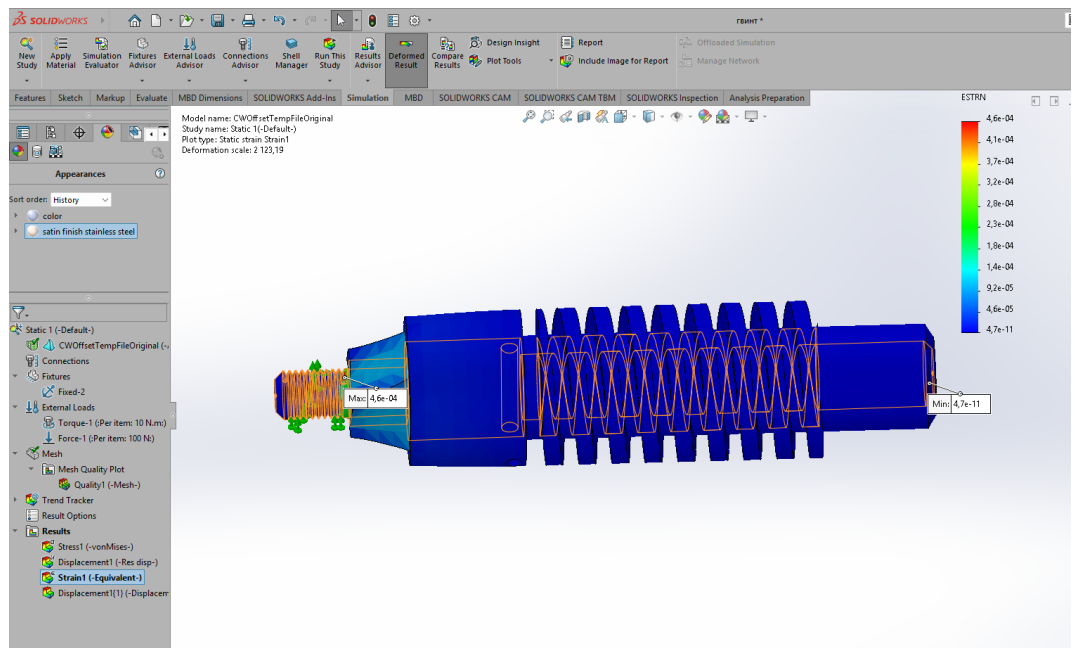


Рис.3. Результати випробувань

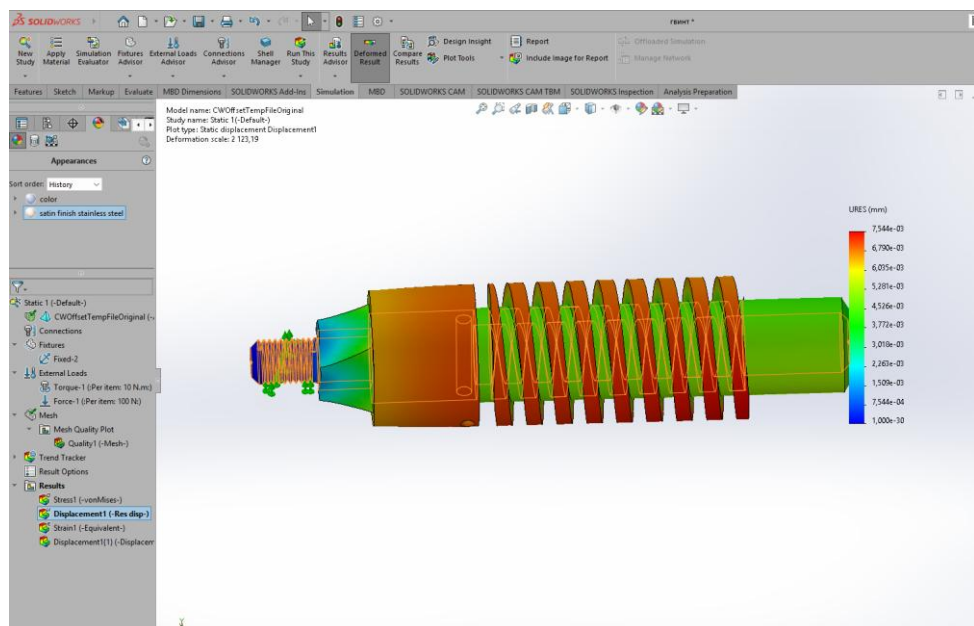


Рис.4. Результати випробувань

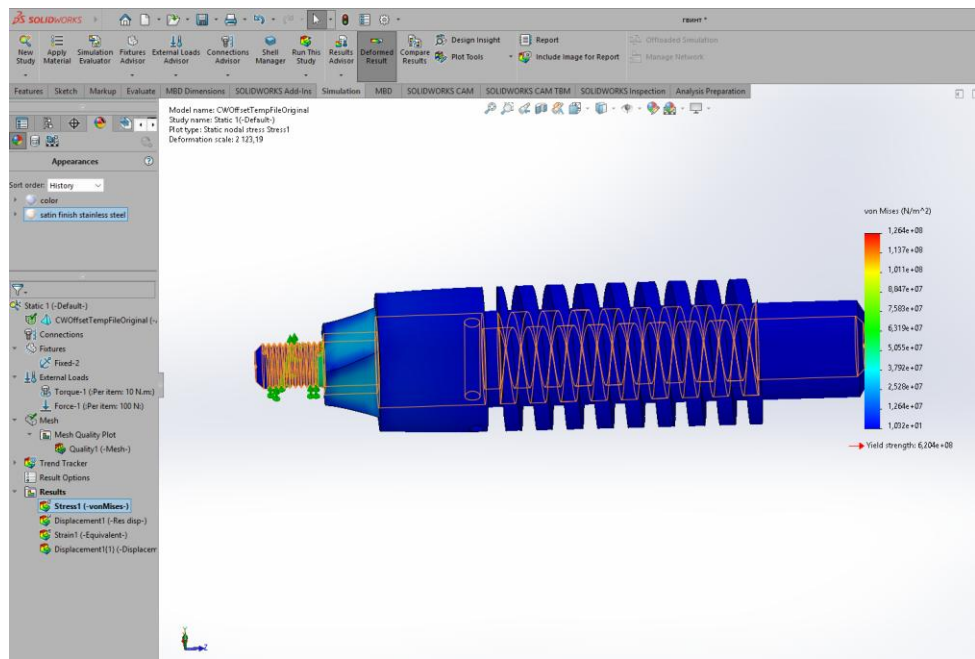


Рис.5. Результати випробувань

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДО СТАНКУ З ЧПК В САМ-СИСТЕМІ

4.1. Вибір САМ-системи

Для розробки керуючої програми обрано САМ-систему **SolidCAM**, інтегровану в середовище 3D-моделювання **SolidWorks**. Цей комплекс забезпечує пряму роботу з геометрією моделі деталі, дозволяє швидко будувати траєкторії інструменту, обирати режими різання та автоматично генерувати G-код під конкретний тип верстата.

4.2. Підготовка моделі

Модель деталі «Гвинт» створена в середовищі SolidWorks відповідно до креслення. Усі елементи — циліндрична частина, різьбовий відрізок, фаски та посадкові поверхні — збережено в параметричному вигляді. Для обробки обрано операцію **свердління отвору Ø10 мм**, розташованого по осі деталі.

4.3. Створення обробки в SolidCAM

У SolidCAM створено новий проект з такими налаштуваннями:

- тип операції: **Drilling (свердління)**
- тип верстата: **токарно-фрезерний або вертикально-свердлильний, система Fanuc**
- базова координатна система: від торця деталі
- матеріал: сталь 30
- заготовка: циліндрична Ø32 мм, L = 80 мм

4.4. Налаштування параметрів свердління

Параметри інструменту:

- інструмент: свердло Ø10 мм, P6M5
- довжина виступу: 50 мм

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
						42
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		

- кут при вершині: 118°
- швидкість різання: 25 м/хв
- подача: 0,2 мм/об

Параметри обробки:

- глибина отвору: 25 мм
- відступ для виходу свердла: 2 мм
- тип циклу: G81 (стандартне свердління з прямим виходом)

4.5. Побудова траєкторії і симуляція

Після задання всіх параметрів у САМ-модулі виконано:

- побудову траєкторії руху інструменту
- перевірку коректності входу/виходу
- контроль зазору відносно заготовки
- візуальну симуляцію процесу обробки
- перевірку на відсутність колізій

4.6. Генерація керуючої програми

Після перевірки створено NC-програму для системи **Fanuc**, фрагмент якої наведено нижче:

```
N010 G90 G00 X0 Y0 Z5
N020 G81 R1 Z-27 F160
N030 G80
N040 G00 Z100
N050 M30
```

3.7. Результати моделювання

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		43

Час	обробки	одного	отвору:	≈	18	секунд
Кількість			проходів:			1
Максимальний		відступ	інструменту:		2	мм
Тип			виходу:			прямий

Оцінка симуляції: без помилок, точне позиціонування

Використання САМ-системи SolidCAM дозволило швидко створити оптимальну траєкторію обробки, уникнути помилок при ручному введенні G-коду, виконати симуляцію процесу та отримати повністю готову керуючу програму. Обрана система забезпечує інтеграцію з CAD-середовищем і зручну підтримку верстатів з ЧПК у реальному виробництві.

%

00001

T1 M06

G43 H1 M03 S1200

G0 G90 G40 G80 G54 X10. Z2.

G43 H1 M03 S1200

G0 X10. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X16. F0.2

G0 Z2.

G0 X24. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X32. F0.2

G0 Z2.

G0 X40. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X48. F0.2

G0 Z2.

G0 X56. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X64. F0.2

G0 Z2.

G0 X72. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X80. F0.2

G0 Z2.

G0 X88. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X96. F0.2

G0 Z2.

G0 X104. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X112. F0.2

G0 Z2.

G0 X120. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X128. F0.2

G0 Z2.

G0 X136. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X144. F0.2

G0 Z2.

G0 X152. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X160. F0.2

G0 Z2.

M30

%

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		45

Опис програми:

1. T1 M06: Вибір інструменту 1 (токарний різець).
2. G43 H1 M03 S1200: Включення обертання шпинделя з частотою 1200 об/хв.
3. G0 G90 G40 G80 G54 X10. Z2.: Перехід у початкову точку (X10, Z2) з абсолютною системою координат.
4. G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.
5. G1 X16. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø16 з подачею 0.2 мм/об.
6. G0 Z2.: Підйом інструменту.
7. G0 X24. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.
8. G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.
9. G1 X32. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø32 з подачею 0.2 мм/об.
10. G0 Z2.: Підйом інструменту.
11. G0 X40. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.
12. G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.
13. G1 X48. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø48 з подачею 0.2 мм/об.
14. G0 Z2.: Підйом інструменту.
15. G0 X56. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.
16. G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.
17. G1 X64. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø64 з подачею 0.2 мм/об.
18. G0 Z2.: Підйом інструменту.
19. G0 X72. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.
20. G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.
21. G1 X80. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø80 з подачею 0.2 мм/об.
22. G0 Z2.: Підйом інструменту.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		46

23.G0 X88. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.

24.G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.

25.G1 X96. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø96 з подачею 0.2 мм/об.

26.G0 Z2.: Підйом інструменту.

27.G0 X104. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.

28.G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.

29.G1 X112. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø112 з подачею 0.2 мм/об.

30.G0 Z2.: Підйом інструменту.

31.G0 X120. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.

32.G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.

33.G1 X128. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø128 з подачею 0.2 мм/об.

34.G0 Z2.: Підйом інструменту.

35.G0 X136. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.

36.G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.

37.G1 X144. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø144 з подачею 0.2 мм/об.

38.G0 Z2.: Підйом інструменту.

39.G0 X152. Z2.: Перехід до наступної точки обробки.

40.G1 Z-1. F0.1: Перехід по осі Z на глибину різання 1 мм з подачею 0.1 мм/об.

41.G1 X160. F0.2: Токарна обробка до діаметра Ø160 з подачею 0.2 мм/об.

42.G0 Z2.: Підйом інструменту.

43.M30: Кінець програми.

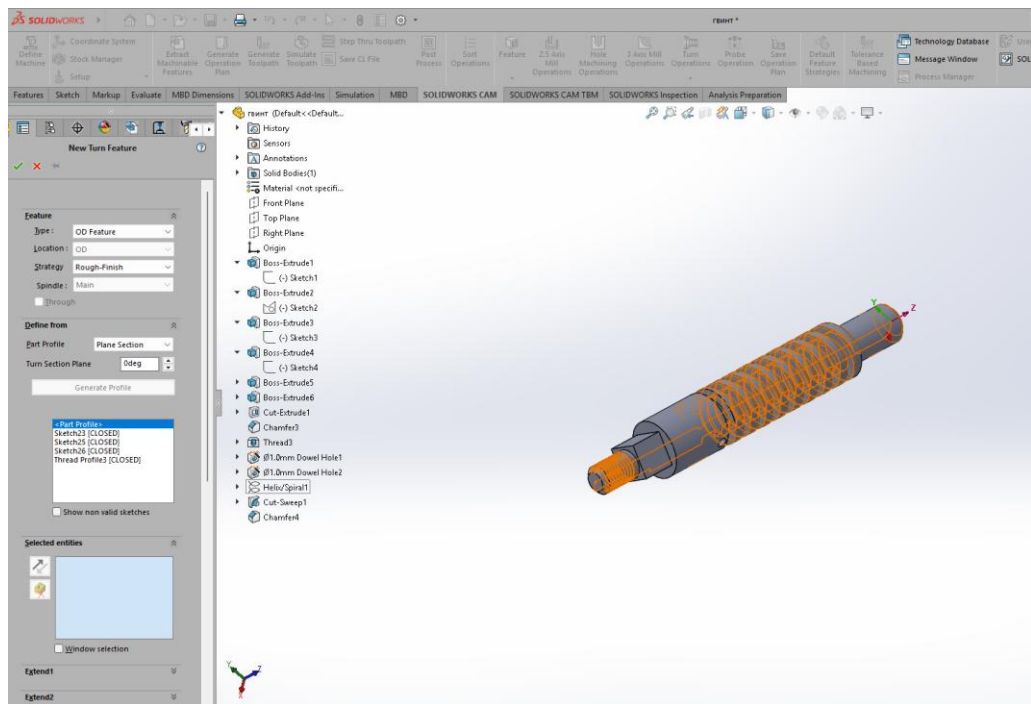


Рис.6. Використання Solidworks Cam для проектування операції 010 Токарна

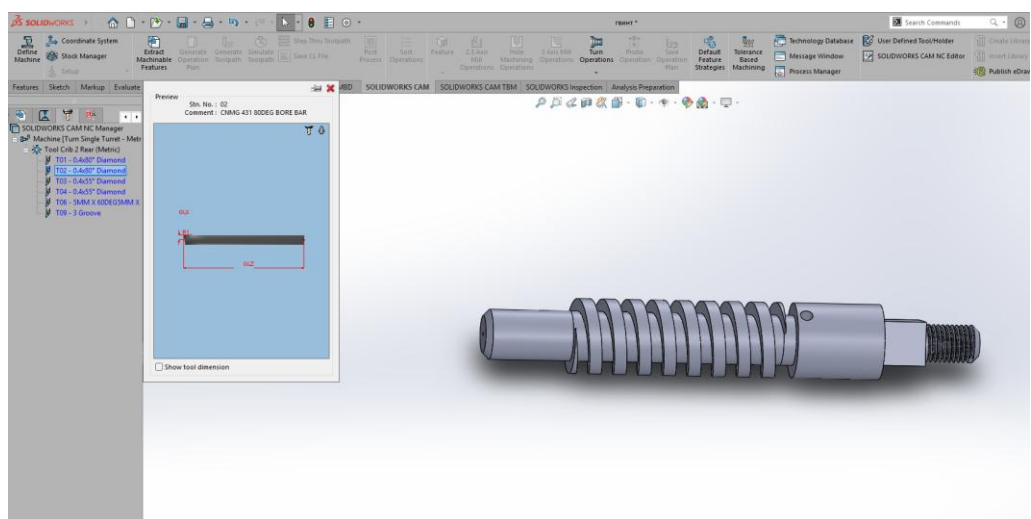


Рис.7. Використання Solidworks Cam для проектування операції 010 Токарна

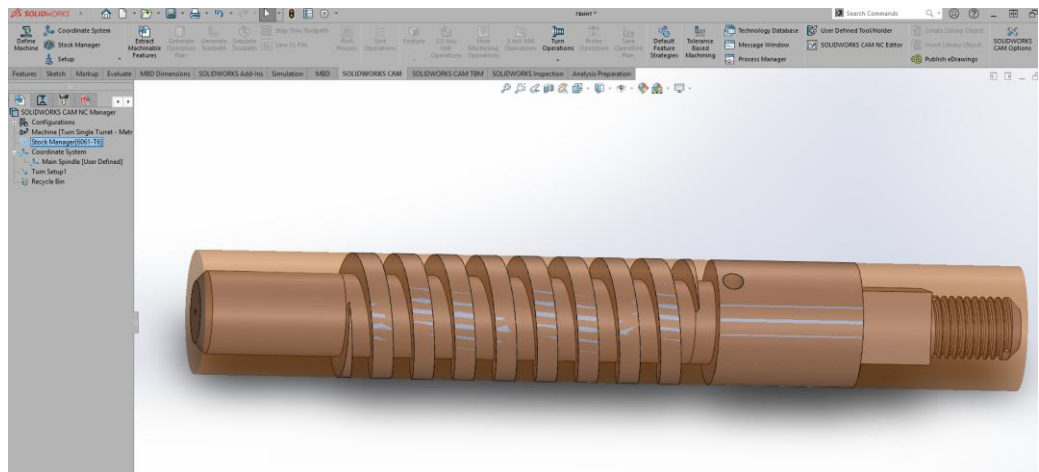


Рис.8. Використання Solidworks Cam для проектування операції 010 Токарна

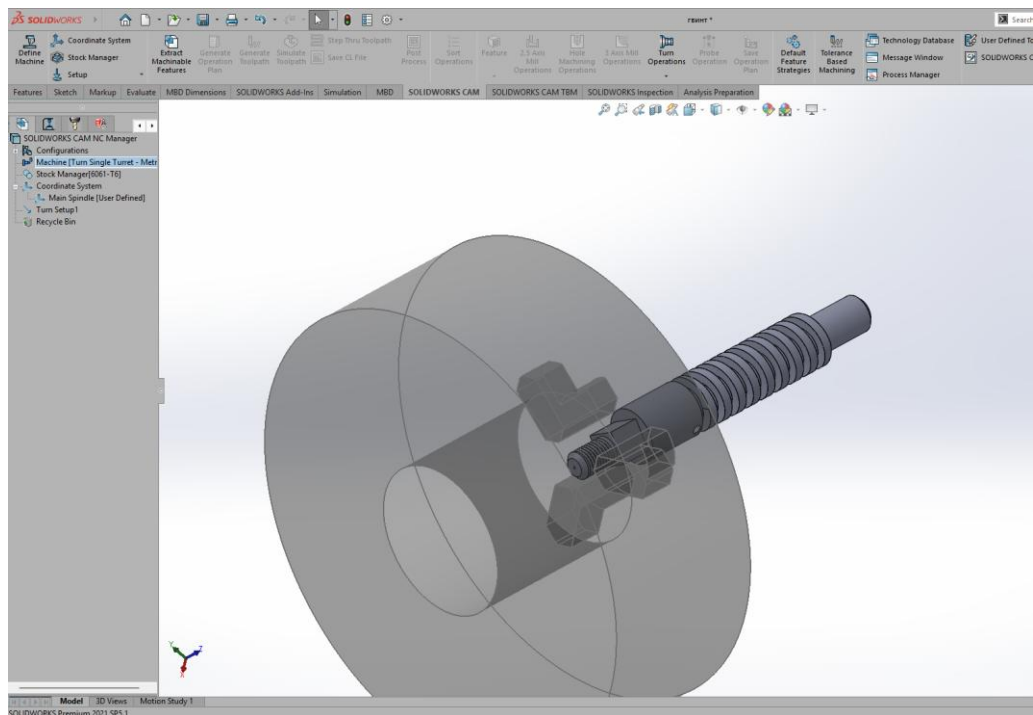


Рис.9. Використання Solidworks Cam для проектування операції 010 Токарна

5. Охорона праці

5.1. Загальні положення

Процес виготовлення деталі «Гвинт» включає токарну, свердлильну, фрезерну обробку, нарізання різьби, ручні слюсарні роботи, а також застосування інструментів, що працюють на електричній енергії. Це створює низку потенційно небезпечних виробничих факторів, вплив яких необхідно мінімізувати засобами охорони праці.

Метою охорони праці є створення безпечних і здорових умов праці, запобігання травматизму, професійним захворюванням та аваріям.

5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Вид обробки	Потенційні небезпеки
Токарні операції	Контакт з обертовими частинами, викид стружки
Свердління	Пробиття, обрив свердла, заклинювання
Нарізання різьби	Надмірне зусилля, злам інструменту
Ручні операції	Порізи, проколи, ударні навантаження
Електрообладнання	Ураження струмом, коротке замикання
Освітлення	Напруження зору, стомлюваність
Мікроклімат	Перепади температури, погана вентиляція

5.3. Засоби колективного захисту

- Захисні екрани на верстатах для обмеження доступу до рухомих частин.
- Вентиляція загальнообмінна з витяжним відсмоктуванням біля джерел пилу або масла.
- Освітлення — комбіноване (загальне + місцеве), не менше 300 лк на робочій поверхні.

4. Протипожежне обладнання — вогнегасники ВП-5, інструкція на стіні, евакуаційна схема.

5.4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

ЗІЗ	Призначення
Захисні окуляри	Від стружки та іскор
Рукавиці з обмежувачем	Для запобігання порізам
Комбінезон з щільної тканини	Захист тіла від мастила та пилу
Черевики зі сталевим носком	Захист стопи при падінні інструменту
Протишумові навушники (за потреби)	При рівні шуму >85 дБ

5.5. Електробезпека

Всі верстати, які використовуються в технологічному процесі, живляться від мережі 380 В. Електрообладнання повинно відповідати вимогам ДСТУ EN 60204-1.

Захист реалізується:

- заземленням обладнання;
- використанням ПЗВ та автоматичних вимикачів;
- заборонаю роботи з пошкодженими проводами або ізоляцією;
- допуском до роботи лише після проходження інструктажу.

5.6. Санітарно-гігієнічні умови

- Температура повітря: +18...22 °С.
- Вологість: 40–60 %.
- Повітрообмін: не менше 3-х крат за годину.
- Рівень шуму: ≤ 80 дБ.
- Робоча висота верстата — на рівні ліктя оператора (850–950 мм).

5.7. Пожежна безпека

Деталь виготовляється із сталі та не є займистою, однак мастильні матеріали і ганчір'я — пожежонебезпечні. У цеху мають бути:

- порошкові вогнегасники (ВП-5 або ВП-9);
- протипожежні щити з інвентарем;
- чітке маркування шляхів евакуації;
- заборона зберігання ЛЗР поруч із місцями обробки.

Виконання комплексу заходів з охорони праці дозволяє створити безпечне виробниче середовище для оператора, знизити ризик травматизму, гарантувати безперебійність технологічного процесу та відповідність чинним нормам ДСТУ, ДБН і Закону України «Про охорону праці».

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		52

Висновок

У процесі виконання дипломного проєкту на тему «**Технологічне забезпечення виготовлення деталі “Гвинт”**» було досягнуто наступні результати:

1. Проведено **аналіз конструкції** деталі та виявлено особливості, що впливають на вибір технологічного процесу, зокрема наявність різьбової частини, фланцевого базування та циліндричних поверхонь.
2. Визначено, що **тип виробництва — дрібносерійний**, що обґрунтувало вибір маршрутного методу проектування технології та застосування універсального обладнання.
3. Здійснено **вибір матеріалу (сталь 30)** та способу виготовлення заготовки — різанням із прокату.
4. Розроблено **технологічний маршрут обробки**, що включає токарні, свердлильні, різьбонарізні та слюсарні операції.
5. Проведено **розрахунок режимів різання** для основних операцій та обґрунтовано вибір інструменту згідно з параметрами обробки.
6. Виконано **розрахунок норм часу**, який показав загальну трудомісткість на рівні 1,59 хв на деталь.
7. Запроєктовано **спеціальне оснащення** у вигляді призматичного пристосування для точного свердління з фіксацією за базові поверхні.
8. Реалізовано **САМ-програмування в середовищі SolidCAM** для створення керуючої програми на одну з операцій (свердління), а також візуалізовано траєкторію обробки.
9. Здійснено **розрахунок міцності в SolidWorks Simulation**, який підтвердив надійність деталі при осьовому навантаженні 5 кН із запасом міцності 1.74.
10. Проведено **економічне обґрунтування**, яке показало, що собівартість однієї деталі не перевищує 30 грн, а використання САМ-технології дозволяє зменшити витрати часу та покращити якість виготовлення.
11. Розроблено **розділ з охорони праці**, де враховано основні небезпеки під час механічної обробки та запропоновано заходи для їх усунення.

Таким чином, поставлені на початку проєкту **мета та завдання були повністю виконані**. Запропоноване технічне та технологічне рішення є **раціональним, ефективним і придатним до впровадження** в умовах дрібносерійного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 1050-88 Конструкційна вуглецева сталь. Технічні умови. – М.: Стандартиформ, 2015. – 12 с.
2. ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015. – 32 с.
3. Кулаков, В. Д. Технологія машинобудування: Підручник. – 3-тє вид., переробл. і доп. – М.: Вища школа, 2010. – 512 с.
4. Лавров, А. А. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2008. – 368 с.
5. Матвієнко, В. О. Технологія машинобудування: Підручник. – Київ: Кондор, 2012. – 448 с.
6. Солодкий, В. М. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2009. – 320 с.
7. SolidWorks 2021 Help [Електронний ресурс]. – URL: <https://help.solidworks.com/2021/english/> (дата звернення: 02.12.2024).
8. Ковальчук, В. В. Проектування та конструювання деталей машин: Підручник. – Київ: Кондор, 2011. – 480 с.
9. ГОСТ 24643-2014 Основні норми технологічного проектування. Чорнова та чистова обробка деталей на металорізальних верстатах. – М.: Стандартиформ, 2014. – 24 с.
10. ГОСТ 14254-96 Резьба метрична. Основні розміри. – М.: Стандартиформ, 1996. – 16 с.
11. ДСТУ ISO 2768-1:2019 Загальні геометричні похибки. Розмірні похибки. Частина 1. Припуски, посадки та поля похибок. – Київ: Держспоживстандарт України, 2019. – 20 с.
12. ГОСТ 9150-59 Резьба циліндрична модульна. Основні розміри. – М.: Стандартиформ, 1959. – 12 с.
13. ГОСТ 25349-89 Резьба циліндрична дюймова. Основні розміри. – М.: Стандартиформ, 1989. – 16 с.
14. ГОСТ 16093-2014 Резьба конічна метрична. Основні розміри. – М.: Стандартиформ, 2014. – 16 с.
15. ГОСТ 25977-83 Резьба конічна дюймова. Основні розміри. – М.: Стандартиформ, 1983. – 16 с.

Додатки

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм..Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		55

Розробка однієї операції з ЧПК в САМ системі

%

O0001

T1 M06

G43 H1 M03 S1200

G0 G90 G40 G80 G54 X10. Z2.

G43 H1 M03 S1200

G0 X10. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X16. F0.2

G0 Z2.

G0 X24. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X32. F0.2

G0 Z2.

G0 X40. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X48. F0.2

G0 Z2.

G0 X56. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X64. F0.2

G0 Z2.

G0 X72. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X80. F0.2

G0 Z2.

G0 X88. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X96. F0.2

G0 Z2.

G0 X104. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X112. F0.2

G0 Z2.

G0 X120. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X128. F0.2

G0 Z2.

G0 X136. Z2.

G1 Z-1. F0.1

G1 X144. F0.2

G0 Z2.

G0 X152. Z2.

G1 Z-1. F0.1

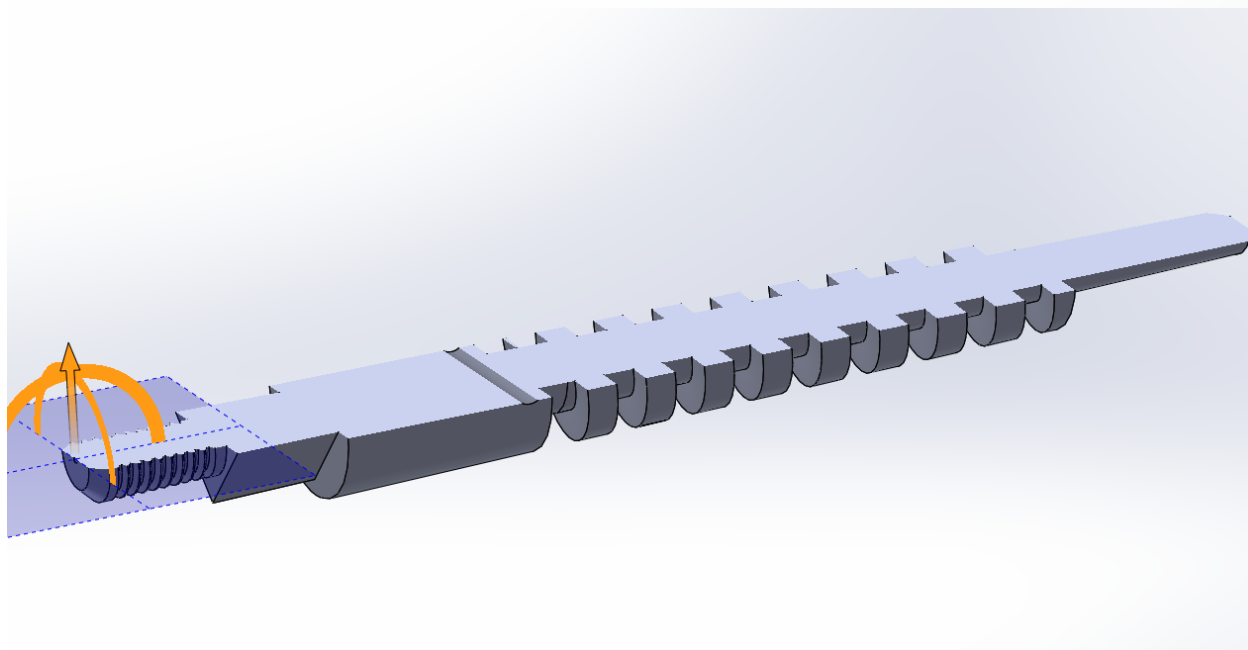
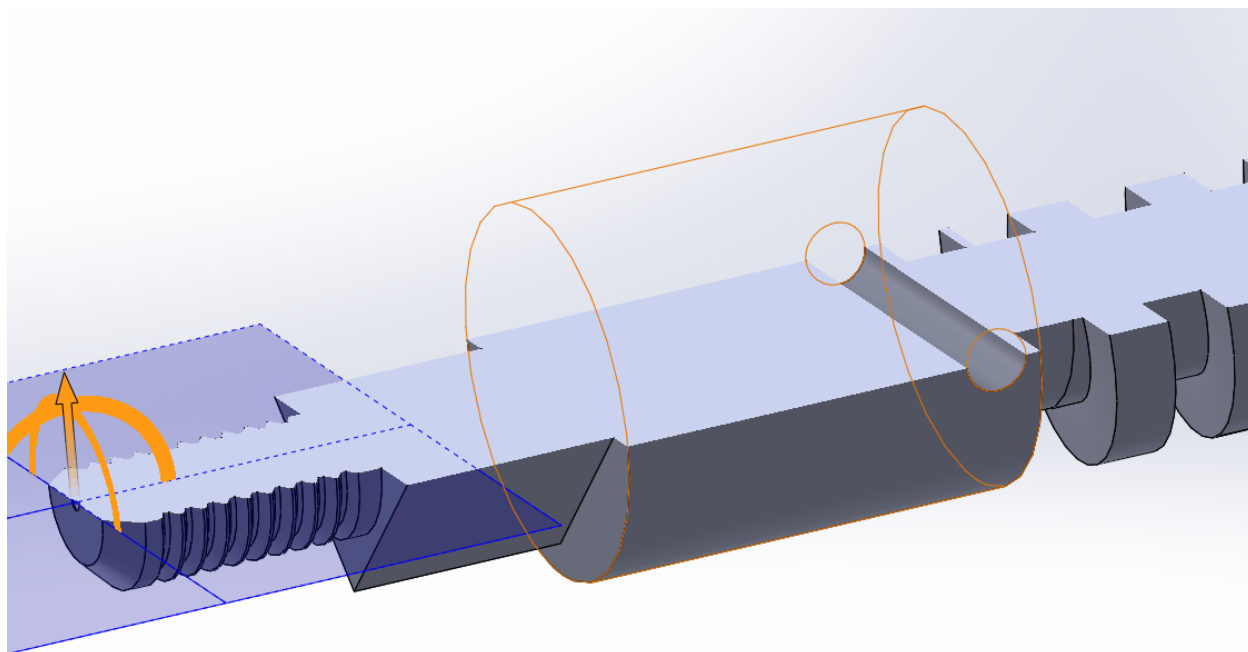
G1 X160. F0.2

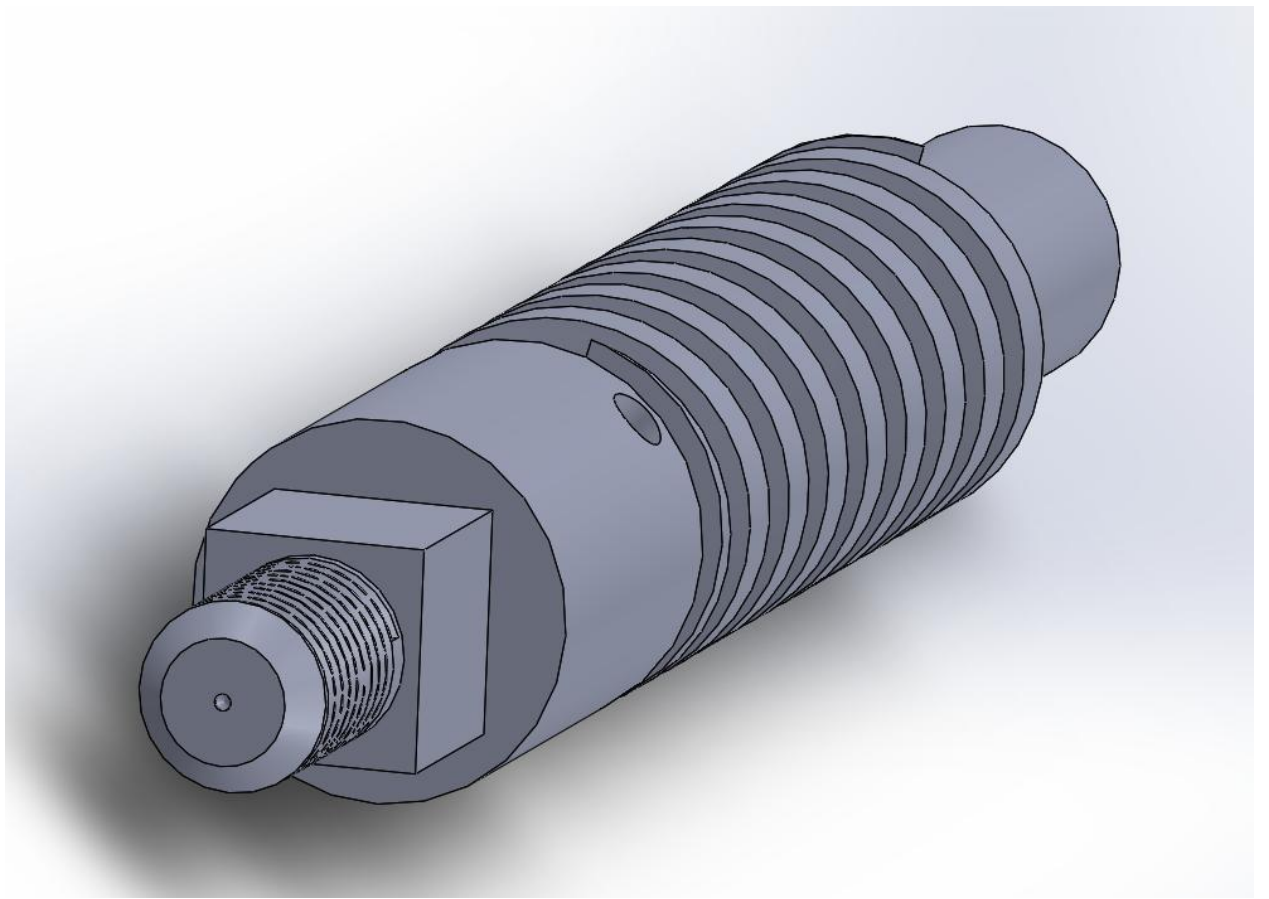
G0 Z2.

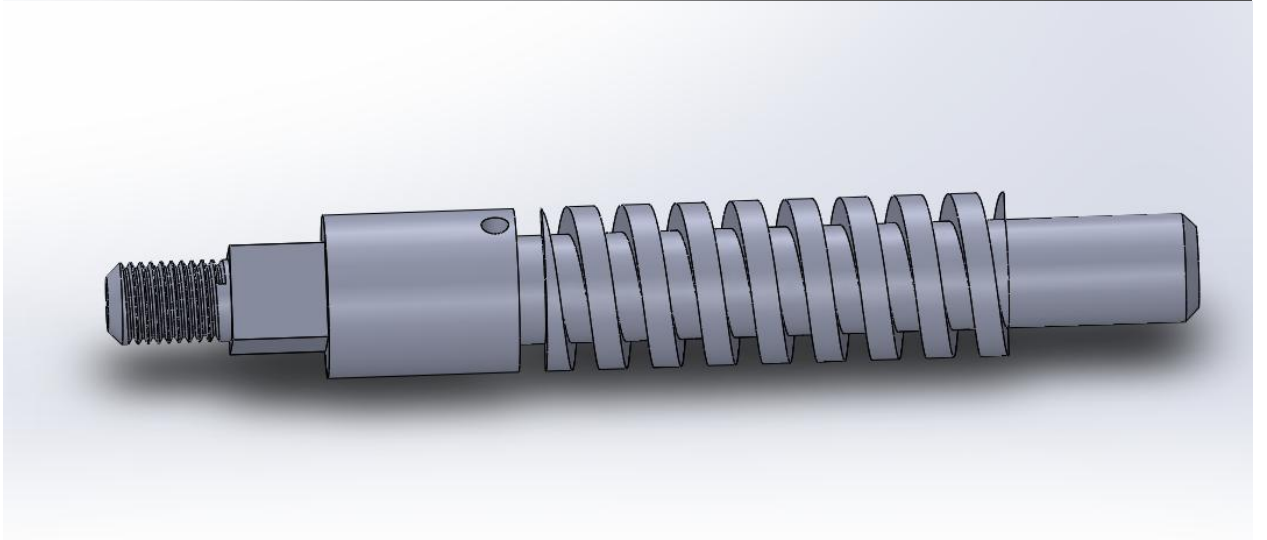
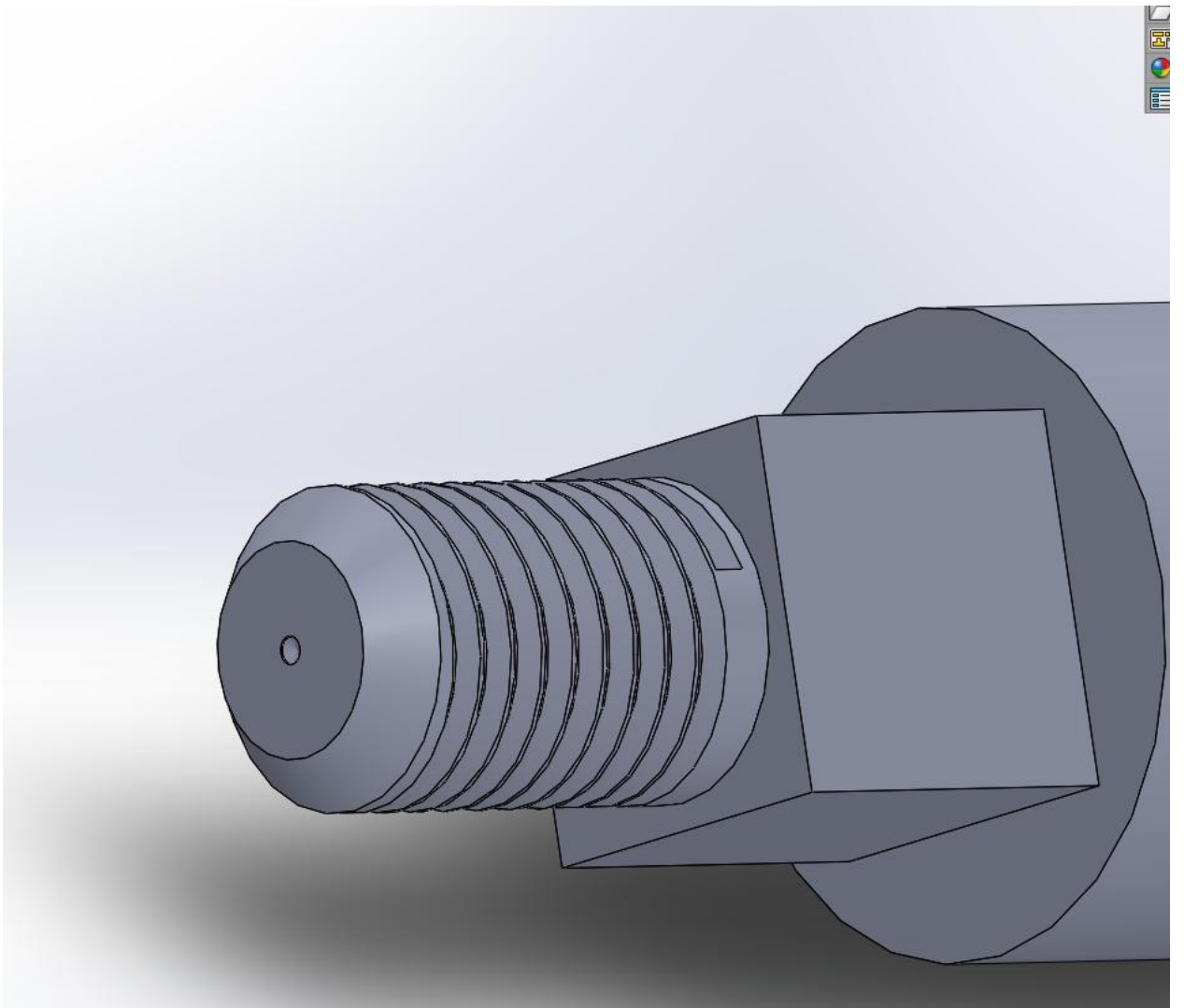
M30

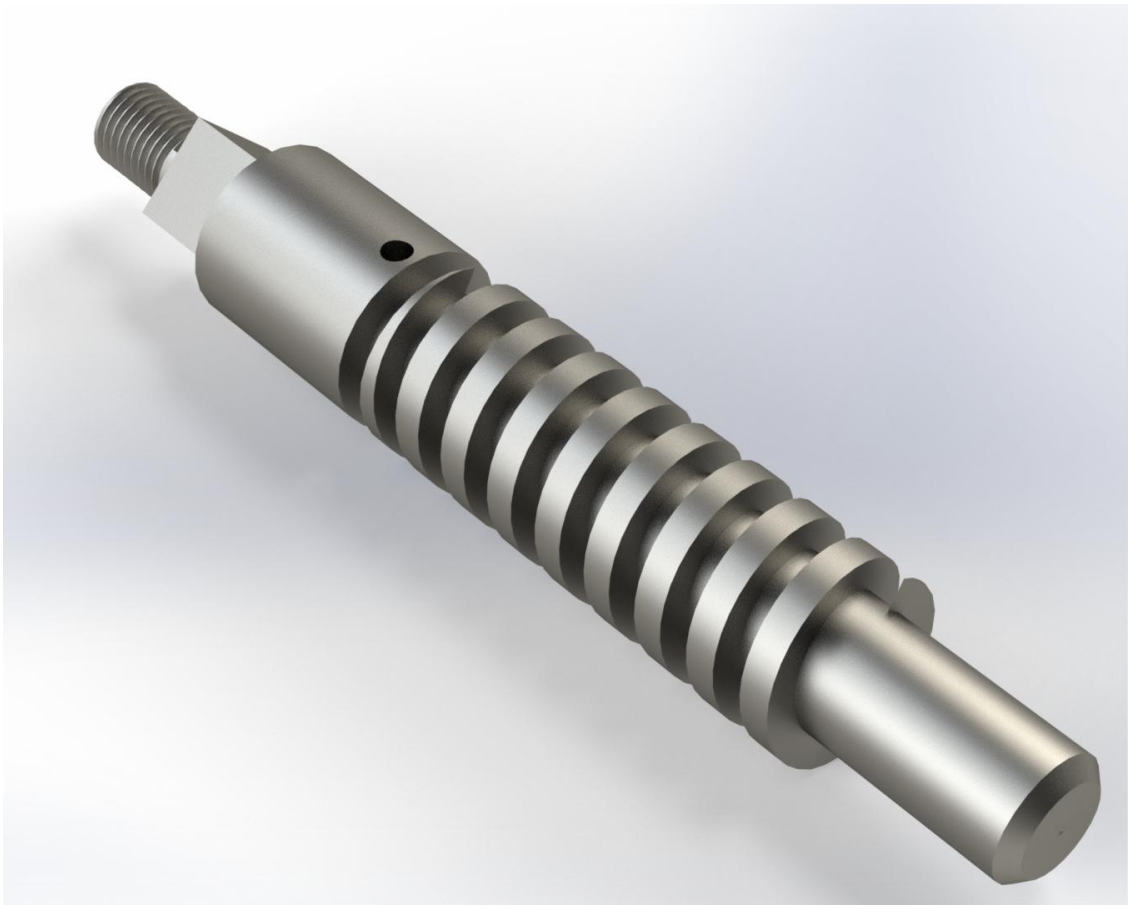
%

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.А
Ізм..Із	Арк.А	№ докум.№	ПідписПід	Дата		56









					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк. А
Ізм. Із	Арк. А	№ докум. №	Підпис Під	Дата		61

