

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Траверса» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав: здобувач групи ПМ-22ск
Пасько В.О.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь
деталі «Траверса» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Владислав ПАСЬКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-21 Пасько Владислава Олександровича

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Траверса» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал зубчастий». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Траверса. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Свердло-зенківка. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2025
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2025
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.2025
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	19.04.2025
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	25.04.2025
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	01.05.2025
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2025
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2025
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2025
18.	Висновки	01.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2025
20.	Попередній захист	15.06.2025

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Пасько В.О./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 56 стор., 34 рисунків, 14 таблиць, 5 листів графічної частини.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «траверса» та проведення його інженерного аналізу із застосуванням САЕ-систем.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі «траверса» у рамках технологічного процесу її виготовлення.

Предметом дослідження є спеціальний різальний інструмент, призначений для обробки вказаної деталі, та інженерний аналіз його конструкції, що виконується за допомогою САЕ-систем.

У сучасному машинобудуванні значну увагу приділяють забезпеченню високої якості та точності обробки деталей, що входять до складу складних механізмів. Однією з таких важливих деталей є траверса, яка виконує ключову функцію в конструкціях транспортного та вантажопідіймального обладнання. Для досягнення високої точності та продуктивності при її виготовленні необхідно використовувати спеціальний різальний інструмент, який відповідає вимогам технологічного процесу.

У даній роботі розглядається проєктування спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «траверса», а також інженерний аналіз його геометрії, навантажень та ефективності роботи з використанням сучасних САЕ-систем.

Підвищення продуктивності та якості металообробки є одним із основних напрямів розвитку машинобудування. Використання стандартного інструменту не завжди дозволяє досягти бажаного рівня точності, чистоти обробки чи зменшення часу виготовлення складних поверхонь деталей. Тому проєктування спеціального різального інструменту, адаптованого під конкретні технологічні умови та геометрію оброблюваної деталі, стає все більш актуальним.

Крім того, впровадження САЕ-аналізу у процес проєктування дозволяє значно покращити якість інженерних рішень ще на етапі моделювання, зменшити кількість дослідних зразків, скоротити терміни розробки та знизити виробничі витрати. Це робить тему дослідження актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору.

ТРАВЕРСА, КРЮКОВА ПІДВІСКА КРАНА, СВЕРДЛО-ЗЕНКІВКА, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, МЕТАЛОРІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.P			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пасько				Реферат Кат. ТМ, гр. ПМ-22ск			
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 56 pages, 34 figures, 14 tables, 5 sheets of the graphic part.

The objective of this bachelor's qualification project is the development of a special cutting tool for machining the surfaces of the "traverse" component and the execution of its engineering analysis using CAE systems.

The object of the research is the process of mechanical machining of the surfaces of the "traverse" component within the framework of its manufacturing process.

The subject of the research is a special cutting tool designed for machining the specified component and the engineering analysis of its design, carried out using CAE (Computer-Aided Engineering) systems.

In modern mechanical engineering, considerable attention is paid to ensuring high quality and precision in the machining of parts that are integral to complex mechanisms. One such critical component is the traverse, which performs a key function in the structure of transport and lifting equipment. Achieving high accuracy and productivity in its manufacturing requires the use of special cutting tools that meet the demands of the technological process.

This project focuses on the design of a special cutting tool for machining the surfaces of the "traverse" component, as well as on the engineering analysis of its geometry, loading conditions, and operational efficiency using modern CAE systems.

Improving productivity and machining quality is one of the primary areas of advancement in mechanical engineering. The use of standard tools does not always allow for achieving the required level of precision, surface finish, or reduced manufacturing time for complex part surfaces. Therefore, the design of special cutting tools adapted to specific technological conditions and the geometry of the machined part is becoming increasingly relevant.

Moreover, the integration of CAE analysis into the design process significantly enhances the quality of engineering decisions already at the modelling stage, reduces the number of prototypes required, shortens development times, and lowers production costs. This makes the subject of the research relevant both from a scientific and practical perspective.

TRAVERSE, CRANE HOOK SUSPENSION, COMBINED DRILL-COUNTERSINK, ENGINEERING ANALYSIS, METAL-CUTTING TOOL.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	22
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	29
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	30
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	33
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	33
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	38
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	43
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	43
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	44
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	48
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	48
6.2 Екологія виробництва та охорона праці на машинобудівному підприємстві м. Кривий Ріг	53
Висновки	55
Список використаних джерел	56

					КНУ.КБР.131.25.2-06.3		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Пасько				Зміст	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Аркцшів
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск	
Зав. каф.	Рязанцев						

ВСТУП

Машинобудування є провідною галуззю промисловості. Рівень його розвитку визначає рівень розвитку держави на світовому рівні. Суспільство потребує постійного змiну асортименту товарів та послуг або зменшення витрат на виробництво вже існуючих. Ці потреби можуть бути задоволені шляхом нових технологічних процесів та створення нових машин.

Науково-технічний прогрес, що відбувається в нашій країні, приводить до інтенсифікації всього виробництва. Один з головних напрямків інтенсифікації виробництва є створення систем високопродуктивних машин і приладів, підвищення їхнього технічного рівня. Серед них потужні трактори та турбіни, автоматичні лінії та верстати для електрофізичних та електрохімічних методів обробки металів, обчислювальні машини, автоматизовані системи керування тощо.

В умовах сучасного виробництва росте продуктивність, економічність і надійність машин, знижується їх маса на одиницю потужності, підвищується точність виробів. Сучасне машинобудування випускає вироби з високими експлуатаційними даними при мінімальних витратах суспільної праці.

У числі основних факторів підвищення технічного рівня машинобудування велику роль грає впровадження високоефективних технологічних процесів, комплексної механізації та послідовне проведення автоматизації виробництва. Особливо важливе здійснення цих заходів у тих виробничих процесах, у яких в цей час ще використовується ручна праця, недостатні механізація й автоматизація.

На сучасному розвитку машинобудування головними засобами підвищення ефективності виробництва є автоматизація виробничого процесу.

Застосування сучасного програмного забезпечення (Solid Works, Autodesk FeatureCAM) дає змогу автоматизувати майже всі етапи проектування та скоротити час конструкторсько-технологічного проектування.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.В		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.	Пасько						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архів
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Креслення деталі «Траверса» та вузла, до якого вона входить, стали вихідною базою для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи. На рисунку 1.1 зображено її 3D модель.

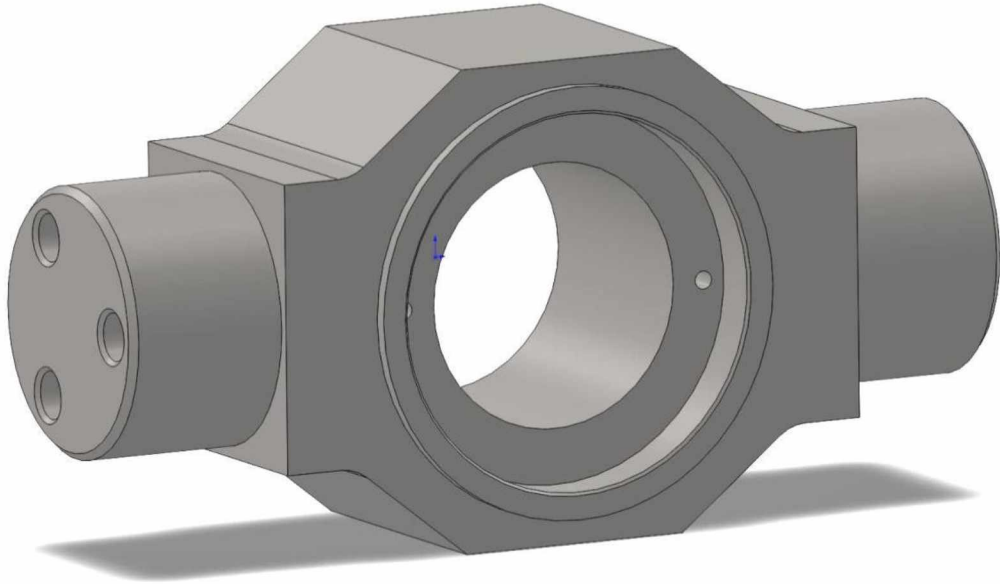


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Траверса»

У межах роботи було визначено технічне завдання на створення оптимального технологічного процесу для виготовлення траверси крюка крана підвіски і здійснено вибір найбільш придатного ріжучого інструменту. Це все реалізується на основі вирішення наступних задач дослідження:

- аналіз конструктивних особливостей деталі «Траверса»;
- обґрунтування вибору типу та геометрії спеціального різального інструменту;
- розробка конструкції інструменту з урахуванням технологічних вимог;
- побудова 3D-моделі інструменту;
- проведення інженерного аналізу навантажень, деформацій та термальних впливів за допомогою CAE-систем.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі «Траверса» у рамках технологічного процесу її виготовлення.

Предметом дослідження є спеціальний різальний інструмент, призначений для обробки вказаної деталі, та інженерний аналіз його конструкції, що виконується за допомогою CAE-систем.

					<i>КНУ.КБР.131.25.2-06.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ докм.	Підпис	Дата			
Розроб.	Пасько				<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архивів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск</i>		

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Траверса крюка крана підвіски (рис. 1.2) використовується в конверторному цеху. За допомогою гака канат має здатність з'єднуватися з вантажем, який необхідно підняти на певну висоту. Траверса є базовою деталлю підвіски. На двох співвісно розташованих цапфах траверса утримується в щоках підвіски, має можливість повертатися навколо осі цапф. В отворі траверси встановлений підшипник гака, вісь якого повинна бути перпендикулярна осі цапф і лежати в одній вертикальній площині з нею.



Рисунок 1.2 – Крюкова підвіска крана (3.2 т)

Крюкова підвіска – це механізм для захоплення, підйому та переміщення вантажу. Підйом і переміщення вантажу крюковою підвіскою здійснюється за допомогою натягу сталевого троса, який одягнений на канатні блоки підвіски, натяг відбувається внаслідок його намотування на барабан вантажної лебідки крана. Даний механізм в обов'язковому порядку використовується у складі поліспастної системи автомобільних, гусеничних, баштових, мостових кранів, електроталі та тельферів.

Гак 20 хвостовиком входить у траверсу 19 і утримується гайкою 18, шайбою 17, що стопориться, і гвинтами 16 (рис. 1.3). Вільне обертання гака забезпечується упорним підшипником 12, укладеним у кільце. Траверса закріплена в щоках 7,8 підвіски одержувачами. Щоки з'єднані між собою втулками. Осі блоків утримуються від випадання та провертання в щоках спеціальними гайками. У верхній частині щік підвіски закріплена вісь, на втулці якої міститься коуш із вантажним канатом.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Деталь «Траверса» має отвори з метричною різьбою. В зв'язку з цим проведемо розрахунок параметрів точності заданого різьбового отвору.

7Н – поле допуску для зовнішнього діаметру.

Внутрішній $D_1 = D - 3 + 0.835 = 16 - 3 + 0.835 = 13.835$ мм

					КНУ.КБР.131.25.2-06.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Граничні відхилення визначаються залежно від кроку, номінального діаметра різьби та обраного поля допуску.

для $D_2 = 14,701$ з полем допуску 7Н

верхнє: $+265$ мкм, нижнє: 0

для $D_1 = 13,835$ мм з полем допуску 7Н

верхнє: $+475$ мкм, нижнє: 0

для D граничні відхилення не нормуються.

1.3.3 Визначаємо граничні розміри та величини допусків

$$D_{2\max} = D_2 + ES_2 = 14,701 + 0,265 = 14,966;$$

$$D_{2\min} = D_2 + EI_2 = 14,701 + 0 = 14,701;$$

$$D_{1\max} = D + ES = 13,835 + 0,475 = 14,310;$$

$$D_{1\min} = D + EI = 13,835 + 0 = 13,835.$$

$$TD_2 = D_{2\max} - D_{2\min} = 14,966 - 14,701 = 0,265;$$

$$TD_2 = ES_2 - EI_2 = 265 - 0 = 265 \text{ мкм};$$

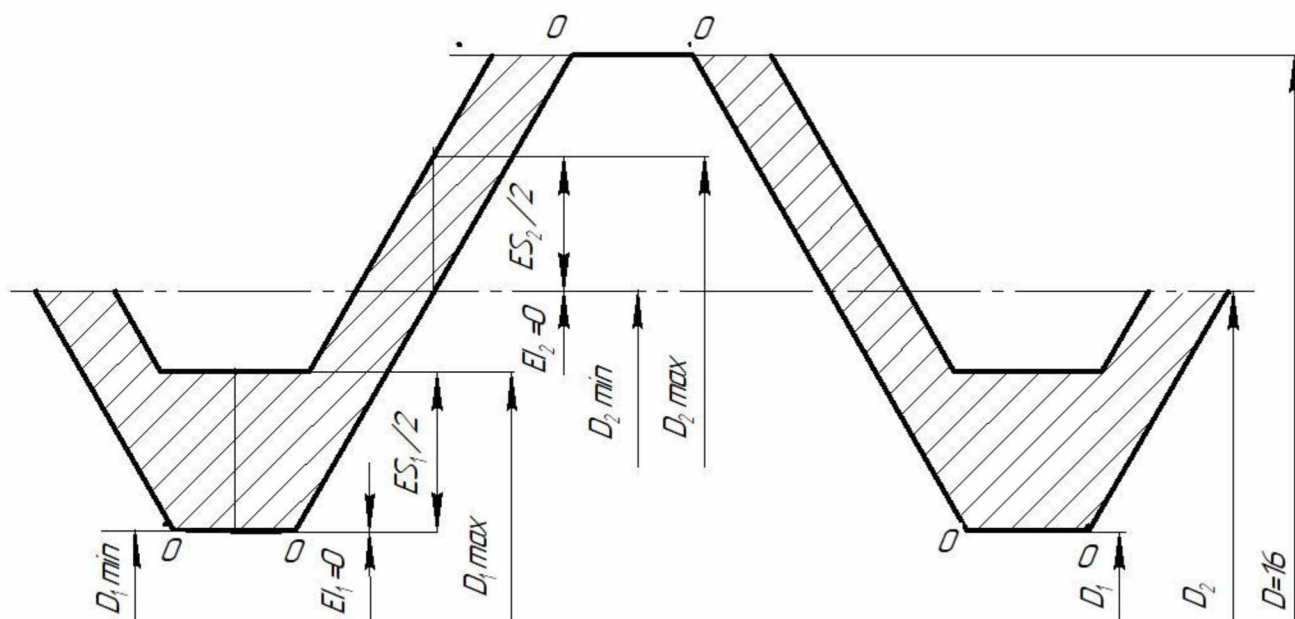
$$TD_1 = D_{1\max} - D_{1\min} = 14,310 - 13,835 = 0,475;$$

$$TD_1 = ES_1 - EI_1 = 475 - 0 = 475 \text{ мкм}.$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
М16 х 2–7Н	D_1	13,835	14,310	13,835	0,475
	D_2	14,701	14,966	14,701	0,265
	D	не нормується			

Схема полів допусків різьбової поверхні шпинделя наведена на рисунку 1.4.



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків різьбових отворів траверси

					КНУ.КБР.131.25.2-06.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Траверса крюка крана підвіски використовується в конверторному цеху. Траверси виготовляються методом кування зі сталі 45; їх піддають нормалізації до твердості HB 163 -212. Механічні властивості матеріалу слід перевіряти, що обґрунтовується відповідальним призначенням траверс. Заготівлею для даної деталі є поковка IV групи. Заготовки траверс виконуються методом гарячого штампування. Конструктивні форми траверси мають елементи вала (співвісно розташовані циліндричні цапфи). Це обумовлює включення в технологічний процес операції підрізування торців, зацентровок і токарної обробки цапф.

Сталь 45 відноситься до конструкційних вуглецевих якісних сталей. Завдяки високій витривалості і стійкості до значних перепадів температури, сталь 45 застосовується при виробництві редукторів. Сталь 45 є відносно дешевим металом, що дозволяє виробляти з неї вал-шестерні, колінчаті і розподільні вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки та інші нормалізовані, поліпшуються і піддаються поверхневої термообробці деталі, від яких потрібна підвищена міцність. Замінники: ст.40Х, ст.50, ст.50Г2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 (ДСТУ 7809:2015), %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,42 - 0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,5	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~97

Таблиця 2.2 – Температура критичних точок матеріалу 45, °C

Ac ₁ = 730	Ac ₃ (Ac _m) = 755	Ar ₃ (Arc _m) = 690	Ar ₁ = 690	Mn = 350
-----------------------	--	---	-----------------------	----------

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості матеріалу 45

Зварюваність:	важко зварюється
Флокеночутливість:	малочутлива
Схильність до відпускнуї крихкості	не схильна

Таблиця 2.4 – Механічні властивості при T=20° матеріалу 45

Сортамент	Розмір, мм	Sв, МПа	St, МПа	d ₅ , %	y, %	KCU, кДж/м ²	Термообробка
Пруток	15	640	780	16	50	98	Гартування та відпуск

					<i>КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Пасько				<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>		
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркциф
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск</i>		

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Відповідно до встановлених вимог щодо точності та якості оброблюваних поверхонь, визначається послідовність технологічних методів, які у сукупності забезпечують необхідний рівень якості, передбачений робочим кресленням. Вибрана технологічна послідовність наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

№ поверх.	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, $\pm IT$	Послідовність технологічних методів обробки
1	2	3	4	5
1,11	320	12,5	14/2	Точіння чорнове
2,10	$\varnothing 90h8$	12,5 6,3	h8	Точіння чорнове Точіння напівчистове
3,9	55	12,5	14/2	Точіння чорнове
4,8,12,16	96	12,5	h12	Фрезерування чорнове
5,7,13,15	40,5	12,5	h12	Фрезерування чорнове
6,14	79	12,5	h12	Фрезерування чорнове
17	R15	12,5	h12	Фрезерування чорнове
18	2 фаски 2,5×45	12,5	14/2	Точіння фаски
19	R1,5	12,5	h12	Фрезерування чорнове
20	2 отв $\varnothing 6$	12,5	6H	Свердління
21	4,5	12,5	h12	Фрезерування чорнове
22	100	12,5	h12	Фрезерування чорнове
23	Фаска 1×45	12,5	14/2	Точіння фаски чорнове
24	Фаска 1,6×45	12,5	14/2	Точіння фаски чорнове
25	33	12,5	6H	Свердління
26	M6-7H	6,3	6H	Нарізання різьби
27	96	12,5	h12	Фрезерування чорнове
28	$\varnothing 143$	12,5	14/2	Точіння чорнове
29	$\varnothing 125H7$	12,5	14/2	Розточування чорнове
30	$\varnothing 88H12$	12,5	H12	Розточування чорнове
31	2×45	12,5	14/2	Точіння фаски чорнове
32	96	12,5	h12	Фрезерування чорнове

					КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Траверса виконана на кресленні формату А3 в масштабі 1:2. На кресленні вона представлена видами: головним, зліва та зверху. Додатково креслення має зображення виду А та Б, на яких представлено в масштабі 1:1 різьбовий отвір та канавку. Має місце невказана шорсткість поверхонь та в технічних умовах граничні відхилення. На кресленні деталі проставлені всі необхідні розміри, шорсткості, додатково є позначення відхилень від форми та розташування поверхонь. В штампі внесено необхідну інформацію: масштаб креслення, вага та матеріал деталі.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Конструктивні форми траверси мають елементи вала (співвісно розташовані циліндричні цапфи). Це обумовлює включення в технологічний процес операції підрізування торців, зацентровок і токарної обробки цапф. Фрезерно-центрувальну операцію виконують на горизонтально - розточувальному верстаті 2622 при установці заготовки в призмах на поворотному столі зі зміною інструменту. На фрезерно-центрувальному верстаті середня масивна частина заготовки не розміщується. Можлива і незалежна обробка цих поверхонь, коли торці підрізають на горизонтально - фрезерному верстаті за допомогою торцевої фрези в поворотному пристосуванні з призматичними установочними елементами, а зацентровку виконують на радіально-свердлильному верстаті при установці заготовок до бічної поверхні столу з орієнтацією по попередньо розміченій осі траверси.

Токарна операція складається з обробки цапф, прорізки канавок за два установа в центрах. Отвір і виточку під підшипник гака обробляють також на токарному верстаті. Установка в пристосуванні забезпечує виконання вимог взаємного розташування осей отвору і цапф.

Заготовку обробленими цапфами встановлюють на дві призми, а площиною, зверненою до пристосування, вона спирається на торець фланцевої підпружиненої втулки і торці двох штирів, нерухомо з'єднаних з цієї втулкою.

Підпружинена втулка, переміщаючись в момент установки цапф на призми по двох пальцях паралельно осі пристосування, виконує роль підводиться опори, яка, не впливаючи на осьове положення деталі, забезпечує вивірку її в кутовому відношенні для досягнення необхідної перпендикулярності осі розточеного отвори до площини траверси. Закріплюють деталь в призмах одночасно по обом цапф прихватами, які приводилися в дію від пневмоциліндра рухом тяги, через коромисло і два пов'язаних з ним коромисла.

При обробці траверси на поздовжньо - строгальному верстаті заготовку закріплюють одночасно чотирма прихватами.

Для виготовлення даної деталі виконуються наступні операції:

1. Горизонтально-розточна для центровочних отворів
2. Токарно-гвинторізний (2 операції)

					КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3. Фрезерні
4. Свердління отворів (2 операції)
5. Слюсарна - нарізування різьби.

Враховуючи кількість і специфіку раніше визначених методів обробки поверхонь, здійснимо вибір типів металорізального устаткування та відповідного інструменту.

На токарні операції обираємо напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 16К25 (рис. 2.2, табл. 2.6). Інструменти – різці зі змінними механічними пластинами.



Рисунок 2.2 – Токарно-гвинторізний верстат 16К25

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики верстату 16К25

Параметр	Значення
1	2
Клас точності	H
Найбільший діаметр заготовки оброблюваної над станиною, мм	500
Найбільший діаметр заготовки оброблюваної над супортом, мм	290
Найбільша довжина встановлюваної деталі РМЦ, мм	710, 1000, 1400, 2000
Найбільша маса оброблюваного виробу в центрах, кг	650..1800
Найбільша маса оброблюваного виробу в патроні, кг	300
Найбільша довжина обточування, мм	645, 935, 1335, 1935
Висота центрів над плоскими напрямними станини, мм	250
Діаметр отвору в шпинделі, мм	52
Найбільший діаметр прутка, мм	50
Частота обертання шпинделя в прямому напрямку, об/хв	12,5..1600
Частота обертання шпинделя в зворотному напрямку, об/хв	19..1500
Кількість прямих швидкостей шпинделя	22
Кількість зворотних швидкостей шпинделя	11

					КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.6

1	2
Найбільша довжина поперечного переміщення, мм	300
Найбільша довжина поздовжнього переміщення, мм	645, 935, 1335, 1935
Найбільше зусилля, що допускається механізмом подач поздовжнє на різці/ на упорі, н	5884/ 7845
Найбільше зусилля, що допускається механізмом подач поперечне на різці/ на упорі, н	3530/ 4510
Найбільша довжина переміщення, мм	150
Діапазон поздовжніх подач, мм/об	0,05..2,8
Діапазон поперечних подач, мм/об	0,025..1,4
Кількість подач поздовжніх / поперечних	22/ 24
Швидкість швидких переміщень поздовжніх/ поперечних, м/хв	3,8/1,9
Кількість електродвигунів на верстаті	4
Електродвигун головного приводу М1, кВт	11
Електродвигун насоса охолодження М3, кВт	0,12
Електродвигун гідростанції М4, кВт	1,1
Габарити верстата (довжина ширина висота) РМЦ=1000, мм	2795 x 1240 x 1500
Маса верстата РМЦ=1000, кг	3095

Свердлильні та фрезерні операції, а також розточування отворів виконуються на свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V (рис. 2.3, табл. 2.7). Інструменти – торцева фрези зі змінними пластинами, свердло, мітчик та розточувальний різець зі змінними пластинами.



Рисунок 2.3 – Свердильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V

					КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстату 400V

Параметр	Значення
Клас точності	8-82 П
Модель пристрою ЧПУ	Sinumerik 802D sl
Кількість керованих координат	3
Кількість одночасно керованих координат при лінійній / круговій інтерполяції	3/3
Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	25
Найбільший діаметр розточування, мм	80
Межі діаметрів нарізаємої різьби, мм	M6..M16
Найбільший діаметр торцевої фрези, мм	125
Найбільша довжина інструменту, що встановлюється на верстаті, мм	250
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	110..560
Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	400 x 900
Граничні розміри оброблюваних поверхні (довжина x ширина x висота), мм	540 x 400 x 450
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	400
Число Т-образних пазів розміри Т-образних пазів	3
Найбільше поздовжнє переміщення столу (X), мм	550
Найбільше поперечне переміщення столу (Y), мм	400
Найбільше вертикальне переміщення повзуна (Z), мм	450
Швидкість швидкого переміщення по координатах X, Y, м/хв	25
Швидкість швидкого переміщення по координаті Z, м/хв	22
Допустиме зусилля подачі по координаті X, Y, Z, Н	5000
Частота обертання шпинделя, об/хв	0...8000
Кількість швидкостей шпинделя	б / с
Номінальний крутний момент на шпинделі, Нм	44,6
Конус шпинделя по DIN 69871 SK	40
Ступінь точності конуса шпинделя	AT5
Ємність інструментального магазину, шт.	20
Час зміни інструменту, з	12
Найбільший діаметр інструменту, що встановлюється в магазині, мм (без пропуску гнізд)	125 (80)
Найбільша довжина інструменту, що встановлюється в шпинделі верстата, мм	250
Сумарна потужність встановлених на верстаті електродвигунів, кВт	23
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	2300 x 2450 x 2620
Маса верстата, кг	5000

					КНУ.КБР.131.25.2-06.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

З ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, тип обробки та особливості застосовуваних металорізальних верстатів, для обраних інструментів визначаємо матеріал ріжучої частини, а також підбираємо геометричні параметри та характеристики з'єднувальної частини. Вся інформація відображена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату	Тип інструменту
1	2	3	4
1,11	Підрізання торцю	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
2,10	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
3,9	Точіння торцю	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
4,8, 12,16	Фрезерування площини	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Торцева чорнова фреза з внутрішньою подачою МОР
5,7, 13,15	Фрезерування площини	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V У	Кінцева чорнова фреза
6,14	Фрезерування площини	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Кінцева чорнова фреза
17	Фрезерування скруглення	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Торцева фреза для обробки площин з круглими пластинами
18	Точіння фаски	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пасько				Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск		
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
19	Фрезерування скруглення	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Торцева фреза для обробки площин з круглими пластинами
20	Свердління отвору		Сверло спіральне чорнове
21	Фрезерування площини		Торцева чорнова фреза з внутрішньою подачою МОР
22	Фрезерування площини	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Торцева чорнова фреза з внутрішньою подачою МОР
23	Точіння фаски	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
24	Свердління отвору	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Сверло спіральне чорнове Сверло спіральне напівчистове
25	Точіння фаски	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
26	Нарізання різі	6P13Ф4 верстат фрезерний вертикальний з ЧПУ	Сверло спіральне чорнове Мітчик напівчистовий
27	Фрезерування площини	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Торцева чорнова фреза з внутрішньою подачою МОР
28	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
29	Розточування отвору	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Розточний різець з механічним кріпленням
30	Точіння фаски	Напівавтомат універсальний токарно-гвинторізний 16K25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
31	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
32	Фрезерування площини	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ і АСІ 400V	Торцева чорнова фреза з внутрішньою подачою МОР

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Матеріал ріжучої частини інструментів обирається згідно шорсткості оброблюваної поверхні та квалітету точності. Матеріал державки (корпусу, хвостовика інструмента) виготовляють з конструкційних сталей 45 та 50. Геометричні параметри визначаємо за границею міцності матеріалу деталі, що оброблюється.

Матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т15К6.

Відношення $l/d=65/40 \approx 1,6$ (при обробці в самоцентруючому патроні).

Умови обробки жорсткі, тому що $l/d < 6$. Отже, значення кутів різця: $\varphi=45^\circ$ – головний кут в плані; $\alpha=5^\circ$ – головний задній кут; $\gamma=5^\circ$ – головний передній кут; $\varphi_1=5^\circ$ – допоміжний кут в плані. Окрім $\varnothing 96$ мм необхідно точити фаску під кутом 45° , тому вибираємо $\varphi=45^\circ$. Перетин державки – по висоті центрів верстата 16К25 приймаємо висоту державки 25 мм.

Вибираємо державний стандарт, який відповідає перерахованим умовам. У нашому випадку це ДСТУ ГОСТ 18877:2015 «Різці токарні прохідні відігнуті з пластинами із твердого сплаву». По ньому вибираємо різці з перетином державки 25×20 ($h \times b$) мм. Різець вибираємо правий.

Шифри різців: різець 2102-0079 Т15К6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015.

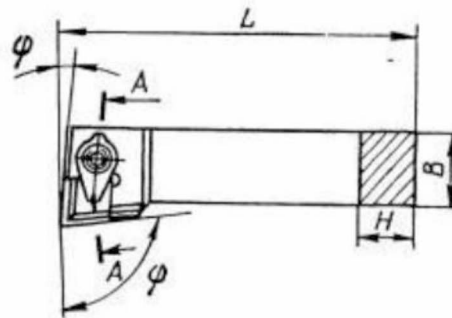


Рисунок 3.1 – Різець прохідний відігнутий з пластиною ромбічної форми з твердого сплаву

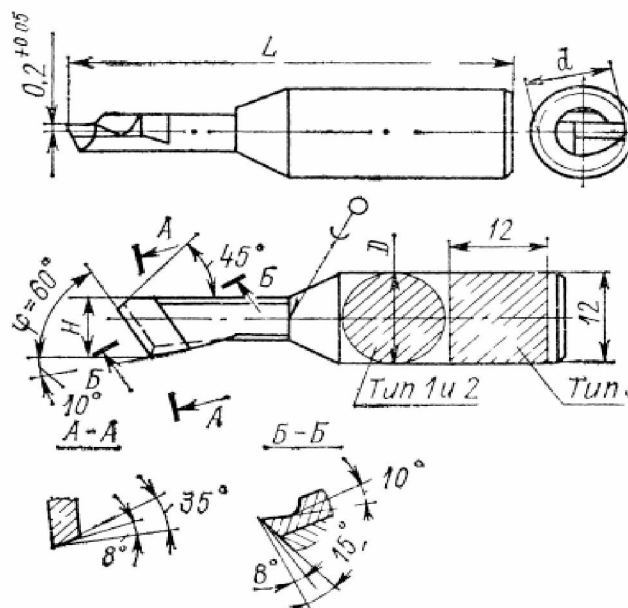


Рисунок 3.2 – Різець розточувальний цільний

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Різець з твердого сплаву зі сталевим хвостовиком для наскрізних отворів $H \times D \times L \times d$, мм: $2,8 \times 6 \times 40 \times 3 \div 7,5 \times 1,5 \times 100 \times 8$ (d – найменший діаметр розточувального отвору).

Записуємо шифри різця: 2140-0004 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18882:2015.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструмента	Матеріал різальної частини інструмента	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1,11	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
2,10	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	Для чорнової обробки – T15K6 Для напівчистої обробки – T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$ $\varphi=60^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
3,9	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
4,8,12,16	Фреза торцева	АСК300	Твердий сплав АСР300	$\gamma = -6^\circ$
5,7,13,15	Фреза кінцева	ACZ50M	ACZ50M	$\omega = 30^\circ$
6,14	Фреза кінцева	ACZ50M	ACZ50M	$\omega = 30^\circ$
17	Фреза кінцева	ACZ50M	ACZ50M	$\omega = 30^\circ$
18	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
19	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
20	Свердло спіральне чорнове	ACX70	ACX70	
21	Фреза торцева	ACK300	Твердий сплав ACP300	$\gamma = -6^\circ$
22	Фреза торцева	ACK300	Твердий сплав ACP300	$\gamma = -6^\circ$
23	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50 ГОСТ 1051-73	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
24	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
25	Свердло з цековкою			
26	Різьбонарізний інструмент	ACK300	ACZ150	
27	Фреза торцева	ACK300	Твердий сплав ACP300	$\gamma = -6^\circ$
28	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
29	Розточний різець з механічним кріпленням	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=60^\circ \alpha=10^\circ$ $\gamma=45^\circ \phi 1=40^\circ$
30	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
31	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	T15K6	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ \alpha=5^\circ$ $\gamma=5^\circ \phi 1=5^\circ$
32	Фреза торцева	ACK300	Твердий сплав ACP300	$\gamma = -6^\circ$

З урахуванням фізико-механічних характеристик матеріалу деталі, способу обробки та типу застосованого металорізального обладнання, для обраних видів інструментів визначено матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу або хвостовика) інструменту. Передбачено використання інструментів як вітчизняного, так і іноземного виробництва.

Хід вибору параметрів інструменту за каталогом фірми SUMITOMO [15]:

Фреза торцева DNF 4200R з твердого сплаву ACP300 параметрами:

$D_c = 200$ мм; $D_1 = 216$ мм; $D_b = 130$ мм; $L_f = 60$ мм; $d = 47,625$ мм;

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Різьбонарізний інструмент з державкою STH1 08 для обробки внутрішніх різьб з параметрами: $\varnothing D_s = 8$ мм; $h=7$ мм; $L_1=125$ мм; $f=4,7$ мм; $L_2=17$ мм; мінімальний діаметр обробки – 10 мм.

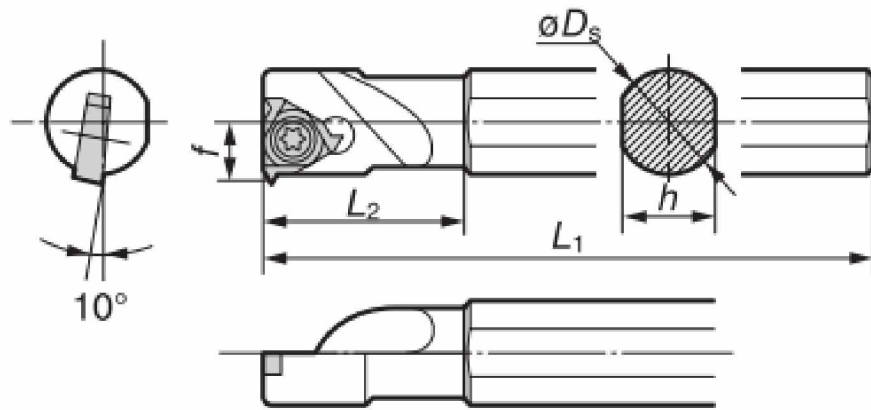


Рисунок 3.6 – Різьбонарізний інструмент STH1 типу

Підходяща пластинка TI R08I R041060-НІ з покриттям ACZ150 з параметрами: крок – 0,4...0,5...1,0 мм; $r_\epsilon = 0,03$ мм; $\varnothing d = 4,76$ мм; $s = 2,38$ мм; $e_2 = 0,7$ мм; $e_3 = 0,5$ мм

Використовується для обробки поверхонь: 26.

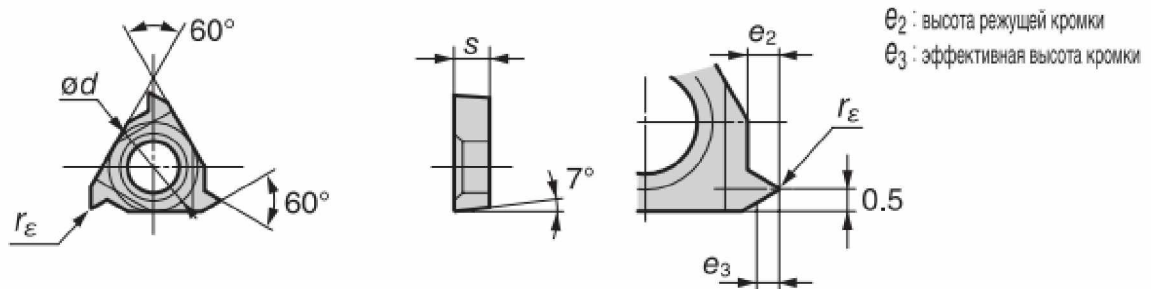


Рисунок 3.7 – Різьбонарізна пластинка STH1 типу

Свердло XHGS типу MDV 0600XHGS12 високопродуктивне для глибокого свердління: $\varnothing D_c = 6$ мм; $\varnothing D_s = 6$ мм; $L=154$ мм; $l=102$ мм; сплав ACX70.

Використовується для обробки поверхонь: 20.

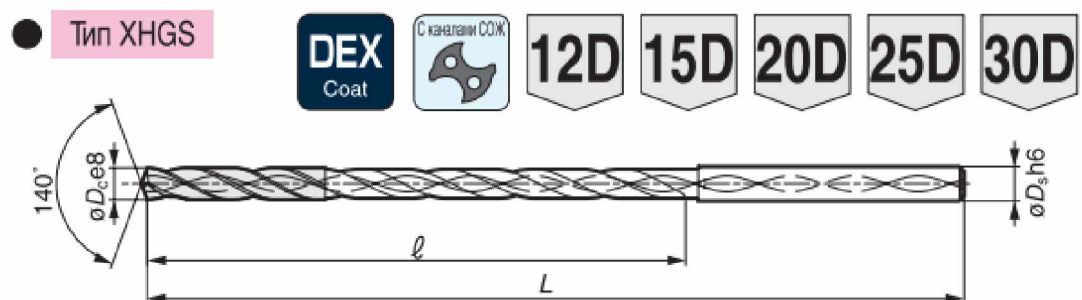


Рисунок 3.8 – Свердло XHGS типу

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

Залежно від виду обробки, типу інструмента, конструктивних параметрів різальної частини та габаритів, визначених з урахуванням умов міцності, обираються типорозміри стандартних металорізальних інструментів. Відповідні дані наведено в таблиці 3.3 згідно з інформацією виробників.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру інструментів

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента	Матеріал різальної частини	Шифр інструмента
1	2	3	4	5
1,11	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
2,10	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
3,9	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
4,8, 12, 16	Фреза торцева DNF 4200R	$D_c = 200$; $D_1 = 216$; $D_b = 130$; $L_f = 60$; $d = 47,625$; $a = 25,4$; $b = 13,5$; $l = 38$; $z = 16$	ACP300	DNF 4200R SNMN433
5,7,1 3,15	Фреза кінцева 4200ZX-R10	$\varnothing D_s = 8$; $h=7$; $L_1=125$; $f=4,7$; $L_2=17$	ACZ50M	SSUP 4200ZX-R10
6,14	Фреза кінцева 4200ZX-R10	$\varnothing D_s = 8$; $h=7$; $L_1=125$; $f=4,7$; $L_2=17$	ACZ50M	SSUP 4200ZX-R10
17	Фреза кінцева 4200ZX-R10	$\varnothing D_s = 8$; $h=7$; $L_1=125$; $f=4,7$; $L_2=17$	ACZ50M	SSUP 4200ZX-R10
18	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
19	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ГОСТ 18877-73

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
20	Свердло XHGS типу	$\varnothing D_c = 6; \varnothing D_s = 6;$ $L=154; l=102$	ACX70	MDV 0600XHGS12
21	Фреза торцева DNF 4200R	$D_c = 200; D1 = 216;$ $D_b = 130; L_f = 60;$ $d = 47,625 ;$ $a = 25,4; b = 13,5;$ $l = 38; z = 16$	ACP300	DNF 4200R SNMN433
22	Фреза торцева DNF 4200R	$D_c = 200; D1 = 216;$ $D_b = 130; L_f = 60;$ $d = 47,625 ;$ $a = 25,4; b = 13,5;$ $l = 38; z = 16$	ACP300	DNF 4200R SNMN433
23	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
24	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
25	Спеціальне свердло з цековкою			
26	Різьбонарізний інструмент з державкою STHI 08 та пластинкою TI R08 08I R041060-HI	$\varnothing D_s = 8; h=7; L_1=125;$ $f=4,7; L_2=17; r_\varepsilon = 0,03;$ $\varnothing d = 4,76; s = 2,38;$ $e_2 = 0.7; e_3 = 0.5$	ACZ150	TI R08 IR041060-H
27	Фреза торцева DNF 4200R	$D_c = 200; D1 = 216;$ $D_b = 130; L_f = 60;$ $d = 47,625 ;$ $a = 25,4; b = 13,5;$ $l = 38; z = 16$	ACP300	DNF 4200R SNMN433
28	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
29	Різець розточувальний цільний	H×D×L×d 7,5×1,5×100×8	T15K6	2140-0004 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18882:2015

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
30	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
31	Різець прохідний типу 19 відігнутий з пластиною ромбічної форми	25×25×100	T15K6	2102-0079 T15K6 ДСТУ ГОСТ 18877:2015
32	Фреза торцева DNF 4200R	$D_c = 200; D_1 = 216;$ $D_b = 130; L_f = 60;$ $d = 47,625 ;$ $a = 25,4; b = 13,5;$ $l = 38; z = 16$	ACP300	DNF 4200R SNMN433

3.4 Розрахунок конструктивних параметрів різального інструмента

Для одного з обраних типів інструментів визначаються найскладніші умови експлуатації, зокрема під час чорнової обробки. З урахуванням параметрів різання – таких як фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, характеристики верстата та режими обробки – орієнтовно розраховуються зусилля різання. Обраний інструмент перевіряється на відповідність вимогам міцності та твердості в умовах максимального навантаження.

Для різця проводиться розрахунок державки на міцність і жорсткість. Розміри поперечного перерізу корпусу різця підбираються з урахуванням сили різання, матеріалу корпусу, довжини вильоту та інших чинників. Корпус з квадратним поперечним перерізом краще протидіє дії складного вигину.

Розміри державки - 25×25

$$h \times b = 1$$

Матеріал деталі – сталь 40XH;

$$\sigma_B = 800 \text{ МПа } (\approx 80 \text{ кгс/мм}^2); D = 192 \text{ мм}; S_0 = 1,0 \text{ мм/об}; l = 60 \text{ мм};$$

1. Матеріал корпусу різця – вуглецева сталь 50 з $\sigma_B = 650 \text{ МПа } (\approx 65 \text{ кгс/мм})$ та допустимим напруженням на вигин $\sigma_{\text{д}} = 200 \text{ МПа } (\approx 20 \text{ кгс/мм}^2)$.

2. Головна складова сили різання розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \times C_{pz} \times t \times X_{pz} \times S_0 \times Y_{pz} \times V_{npz} \times K_{pz}; \quad (3.1)$$

Пластина T15K6, глибина різання $t = 3 \text{ мм}$, подача різця $S_0 = 1,0 \text{ мм/об}$; швидкість головного руху різання $V = 110 \text{ м/хв } (\approx 1,8 \text{ м/с})$. Геометричні елементи: $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $C_{pz} = 300$; $X_{pz} = 1$; $Y_{pz} = 0,75$; $n_{pz} = 1$ – загальний поправочний коефіцієнт.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$P_z = 10 \times 300 \times 3 \times 10,75 \times 110 - 0,15 \times 1 = 4500 \text{ Н } (\approx 450 \text{ кгс}).$$

3. Ширину b квадратного поперечного перерізу корпусу різця визначають за формулою:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot L}{\sigma}} \quad (3.2)$$

Підставивши значення, що маємо у формулу (3.2), отримаємо допустимий переріз корпусу різця для заданих параметрів:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 450 \cdot 60}{20}} = \sqrt[3]{8100} = 20,08 \text{ мм}$$

Отже, обрана форма і розмір державки витримують навантаження на міцність і твердість.

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження виконується для фрезерної операції. Роботи здійснюються на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті з числовим програмним управлінням моделі ACI 400V.

Комплекс інструментів формується відповідно до вимог технологічного процесу на основі даних із каталогу HAIMER [16]. Всі необхідні параметри занесено до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ пов.	Найменування операції	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (шифр інструменту)
1	2	3	4	5
4,8, 12,16	Фрезерна	свердлильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і ACI 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадних фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB
5,7, 13,15	Фрезерна	свердлильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і ACI 400V	Фреза кінцева SSUP 4200ZX-R10	Цанговий патрон Bestell-Nr 40.520.20
6, 14	Фрезерна	свердлильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і ACI 400V	Фреза кінцева SSUP 4200ZX-R10	Цанговий патрон Bestell-Nr 40.520.20

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
17	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза кінцева SSUP 4200ZX-R10	Цанговий патрон Bestell-Nr 40.520.20
19	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадных фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB
21	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадных фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB
27	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадных фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB
27	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадных фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB
32	Фрезерна	свердильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПУ і АСІ 400V	Фреза торцева DNF 4200R SNMN433	Оправка для насадных фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.KKB

Застосування цангового патрону Bestell-Nr 40.520.20:

Для затиску інструменту з циліндричним хвостовиком в цанговому патроні відповідно до стандарту DIN 6499. З конусом SK40 Форма ADB DIN 69871 (рис. 3.9). Форма ADB означає:

Центральний підведення MOP і можливість повторної заглушки каналів MOP на сполучному буртику.

- обсяг поставки в комплекті з затискною гайкою (збалансованою, з антифрикційним покриттям для підвищеного зусилля затиску)

- затискна гайка типу hs (під високошвидкісну обробку (підвищеної точності), з антифрикційним покриттям для підвищеного зусилля затиску)

- можливе збільшення розміру L за додаткову плату.

ER 20; Ø D [mm]- 34 ; Діапазон зажима [mm] -1,5; 13 L [mm]- 41,5;Размер A [mm]- 70...20.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

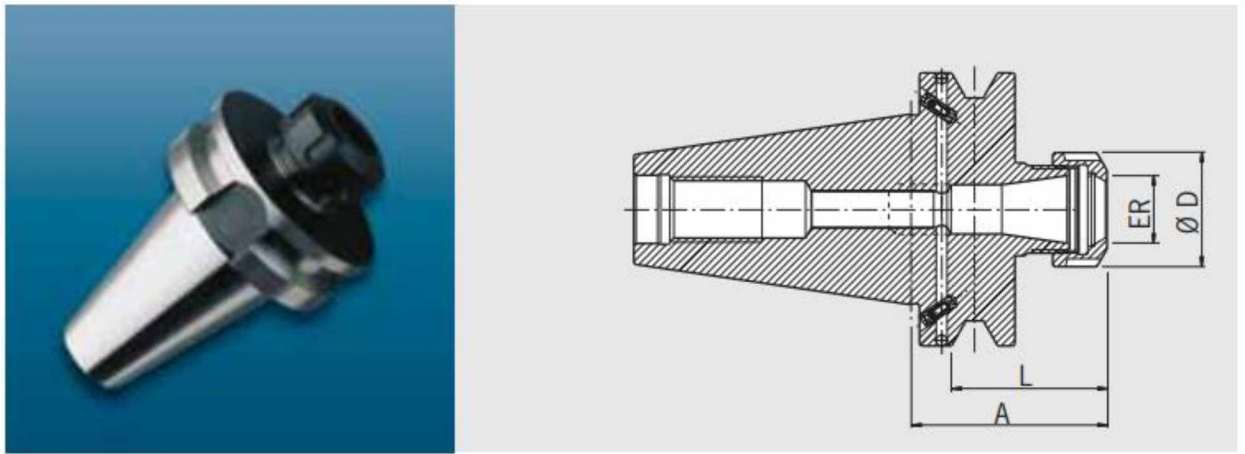


Рисунок 3.9 – Цанговий патрон Bestell-Nr 40.520.20

Застосування оправки для насадних фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.ККВ (рис. 3.10):

- для затиску насадного інструменту та інструменту під сухарі DIN 1880.
- з'єднання по унікальному багатокутному конусу і площині
- точне позиціонування по діаметру
- мінімальні биття, високий крутний момент, велика жорсткість
- інноваційна модульна система інструменту, що відрізняється високою точністю
- відмінно підходить для роботи на токарних і фрезерних центрах

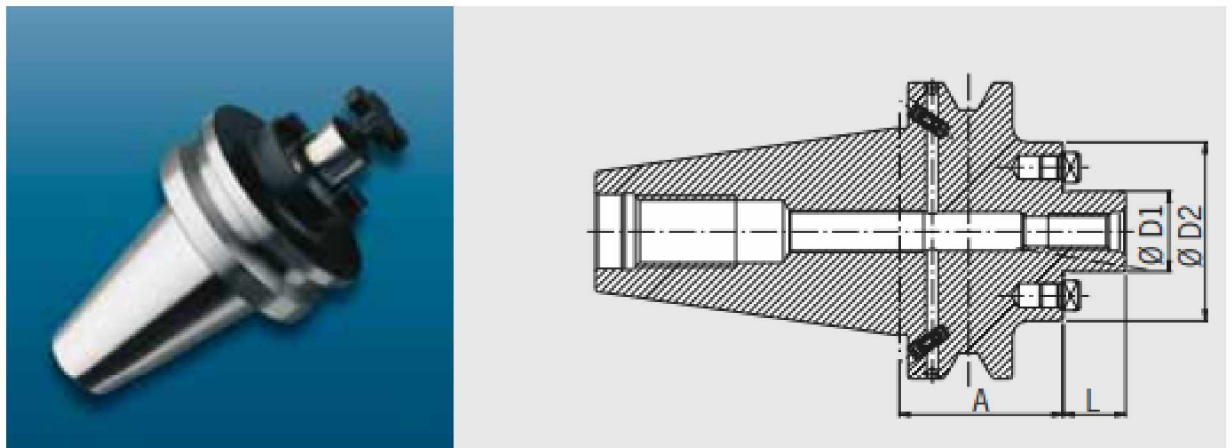


Рисунок 3.10 – Оправка для насадних фрез Bestell-Nr CC6.050. 40.ККВ

ØD1 [mm] – 40; Ø D2 [mm] – 89; L [mm] – 27; Размер A [mm] – 55.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Розрахувати та сконструювати свердло з зенківкою для обробки отвору зі сталі 45.

Для операції 25 свердлильної з ЧПУ, що виконується на верстаті моделі 400V, сконструйований спеціальний ріжучий інструмент – свердло-зенківка для свердління отвору діаметром $\varnothing 16$ H14 мм на довжину 33 мм з утворенням фаски розміром $1,6 \times 45^\circ$ у заготовлі зі сталі 45.

Свердло-зенковка-збірний ріжучий інструмент, що складається зі спірального свердла, зенківки, конусного хвостовика і штифта.

4.1.1 Розрахунок свердла на міцність і жорсткість.

В якості матеріалу для виготовлення свердла обирається титано-вольфрамовий сплав Т5К10. Розрахунок інструменту на міцність і жорсткість проводиться шляхом порівняння трьох параметрів:

- P_0 – осьова сила;
- $P_{0 \text{ доп}}$ – максимальне навантаження, що допускається міцністю інструменту;
- $P_{0 \text{ жорс}}$ – максимальне навантаження, що допускається жорсткістю інструменту.

Визначення осьової сили:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_v$$

де, $D = 16$ - діаметр свердла, мм;

$S = 0,76$ - подача, мм/об;

$C_p = 68$;

$y = 0,7$;

$q = 1,0$;

$K_v = 0,69$ - коефіцієнт на оброблюваний матеріал.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^1 \cdot 0,76^{0,7} \cdot 0,69 = 6\,195, \text{ Н}$$

Визначення максимального навантаження, що допускається міцністю інструменту $P_{0 \text{ доп}}$, Н:

$$P_{0 \text{ доп}} = \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma}{32 \cdot l} \approx \frac{d^2 \cdot \sigma}{10 \cdot l}$$

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІАРІ					
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Проектування та інженерний аналіз різального інструменту			Літ.	Арк.	Аркцшів
Розроб.		Пасько								
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск					

Де $\sigma = 155 \text{ кгс/мм}^2$ - межа міцності на вигин;
 $l = 30 \text{ мм}$ - відстань від вершини інструменту до розглянутого небезпечного перерізу;

$d = 16 \text{ мм}$ - діаметр хвостовика.

$$P_{o \text{ доп}} = \frac{(16 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 155 \cdot 10^6}{10 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 133 \, 266,66 \text{ Н}$$

Максимальне навантаження, що допускається жорсткістю інструменту:

$$P_{o \text{ жорс}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}$$

Де $f = 0,05 \text{ мм}$ - допустима стріла прогину;

$E = 5 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль пружності матеріалу інструменту;

$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 64 = 3,2$ - момент інерції перетину корпусу;

$l = 30 \text{ мм}$ - відстань від вершини інструменту до розглянутого небезпечного перерізу.

$$P_{o \text{ жорс}} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{11} \cdot 3,2 \cdot 10^{-12}}{(30 \cdot 10^{-3})^3} = 54166 \text{ Н}$$

Інструмент володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

4.1.2 Розрахунок зенківки на міцність і жорсткість

В якості матеріалу для виготовлення зенківки обирається швидкорізальна сталь Р6М5.

Розрахунок інструменту на міцність і жорсткість проводиться шляхом порівняння трьох параметрів:

- P_o - осьова сила;
- $P_{o \text{ доп}}$ - максимальне навантаження, що допускається міцністю інструменту;
- $P_{o \text{ жорс}}$ - максимальне навантаження, що допускається жорсткістю інструменту.

Визначення осьової сили :

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_v$$

де:

$D = 19,2 \text{ мм}$ - діаметр зенкування, мм;

$S = 0,76$ - подача, мм/об;

$C_p = 68$;

$y = 0,7$;

$q = 1,0$;

$K_v = 0,69$ - коефіцієнт на оброблюваний матеріал.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 19,2^1 \cdot 0,76^{0,7} \cdot 0,69 = 7 \, 434, \text{ Н}$$

Визначення максимального навантаження, що допускається міцністю інструменту:

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$P_{Z \text{ доп}} = \frac{(16 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 370 \cdot 10^6}{10 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 236800 \text{ Н}$$

де $\sigma = 370 \text{ кгс/см}^2$ - межа міцності на вигин;

$l = 40 \text{ мм}$ - відстань від вершини інструменту до розглянутого небезпечного перерізу;

$d = 16 \text{ мм}$ - діаметр хвостовика.

Максимальне навантаження, що допускається жорсткістю інструменту:

$$P_{Y \text{ жорс}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}$$

$f = 0,1 \text{ мм}$ - допустима стріла прогину;

$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль пружності матеріалу інструменту;

$d = 16 \text{ мм}$ - діаметр хвостовика;

$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 64 = 3,2$ - момент інерції перетину корпусу;

$l = 30 \text{ мм}$ - відстань від вершини інструменту до розглянутого небезпечного перерізу.

$$P_{Y \text{ жорс}} = \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{11} \cdot 3,2 \cdot 10^{-12}}{(30 \cdot 10^{-3})^3} = 1777 \text{ Н}$$

Інструмент володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

Визначення крутного моменту свердла $M_{кр}$, Н.м:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_v$$

де:

$D = 16 \text{ мм}$ - діаметр свердла,

$S = 0,76 \text{ мм / об-подача}$,

$C_m = 0,0345$

$y = 0,8$;

$q = 2,0$;

K_v - коефіцієнт на оброблюваний матеріал.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n$$

де $\sigma_b = 460 \text{ МПа}$ - межа точності при розтягуванні

$n = 0,75$

$$K_{mp} = \left(\frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення крутного моменту зенківки $M_{кр}$, Н · м:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^2 \cdot 0,76^{0,8} \cdot 0,69 = 48,93 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4.1.3 Визначення конуса Морзе хвостовика Свердла-зенківки.

Визначається по більшому крутному моменту і осьовій силі різання. Найбільша сила різання 7434Н і крутний момент 48,93Нм виникає при зенкуванні, тому що діаметр зенківки більше.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Осьову складову силу різання P_x можна розкласти на дві сили:

1) Q - діючу нормально до утворює конуса:

$$Q = \frac{P_x}{\sin \theta}$$

Q -сила діючу нормально до утворює конуса;

P_x - осьова складова сили різання, Н;

θ - кут конусності хвостовика, град.;

2) R -діючий в радіальному напрямку і врівноважує реакцію на протилежній точці поверхні конуса.

Момент тертя між хвостовиком і втулкою:

$$M_{тр} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (D_1 + d)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0.04 \Delta \theta),$$

де μ - коефіцієнта тертя поверхні конуса об стінки втулки;

P_x - осьова складова сили різання, Н;

D_1 - найбільший діаметр конуса Морзе, мм;

d - найменший діаметр конуса Морзе, мм;

θ - кут конусності хвостовика, град.;

Δ - відхилення кута конуса.

Прирівнюю момент тертя до максимального моменту сил опору різання, тобто до моменту, що виникає при роботі затупившимся свердлом, який збільшується до 3 разів порівняно з моментом, прийнятим для нормальної роботи свердла.

Отож:

$$3M_{с.р} = M_{тр} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (D_1 + d)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0.04 \Delta \theta),$$

Середній діаметр конуса хвостовика:

$$d_{ср} = \frac{D_1 + d}{\theta}$$

де D_1 - найбільший діаметр конуса Морзе, мм;

d - найменший діаметр конуса Морзе, мм.

Або

$$d_{ср} = \frac{6M \sin \theta}{\mu \cdot P_x (1 - 0.004 \theta)}$$

де: $M=4,78$ Н•м (478 кгс•мм) момент сил опору різанню;

$P_x = 1930$ Н (193 кгс) - осьова складова сили різання;

$\mu = 0,096$ - коефіцієнт тертя сталі по сталі;

$\theta = 1^\circ$, $\sin 1^\circ 30' = 0,02618$;

$\Delta = 5'$ - відхилення кута конуса;

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 478 \cdot 0.026}{0.096 \cdot 1930(1 - 0.02)} = 4.1 \text{ мм}$$

Приймається найближчий більший конус, тобто конус Морзе №1 з лапкою, з наступними основними конструктивними розмірами:

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

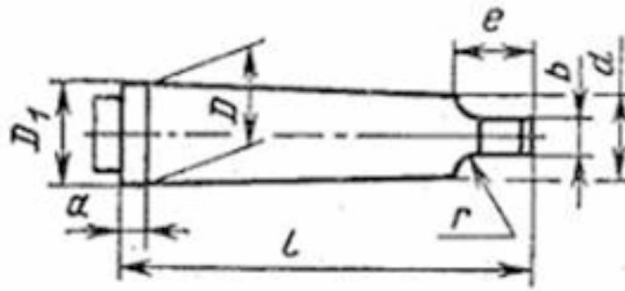


Рисунок 4.1 – Конус Морзе

$D_1=12,2\text{мм};$

$D=12,065\text{мм}$

$d=9,4\text{мм};$

$l=16\text{ мм};$

$a=3,5\text{ мм};$

$b=5,2\text{мм};$

$c=8,5\text{ мм};$

$r=5\text{ мм};$

$e=13,5\text{ мм};$

Конусність: $1:20,047=0,04988$

Позначення Морзе 1 АТ8 ДСТУ ГОСТ 25557:2015

4.1.4 Визначення геометричних і конструктивних параметрів інструменту.

Геометричні параметри свердла обираються за нормативами (для сталі 45 $\sigma_B = 630$):

форма заточування Н

$\omega = 30^\circ$ - кут нахилу гвинтової канавки;

$2\varphi=118^\circ$ - кут між ріжучими кромками;

в найбільш віддаленій від вісі точці свердла задній кут

$\alpha = 12^\circ$, а ближче до вісі $\alpha = 24^\circ$;

$\varepsilon=55$ - кут нахилу поперечної кромки.

Конструктивні розміри свердла визначаються виходячи з параметрів оброблюваного отвору, а саме:

- довжина робочої частини отвору-29 мм;
- довжина хвостовика свердла - 3 мм;
- діаметр хвостовика - 14 мм;
- загальна довжина свердла - 32мм.

Крок гвинтової канавки визначається за формулою:

$$H = \frac{3,14 \cdot 14}{\text{tg}30} = 76,14$$

Товщина серцевини Свердла d_s вибирається в залежності від діаметра свердла:

$$d_s = 0,16 D = 0,16 \cdot 14 = 2,24\text{ мм}$$

Потовщення серцевини по напрямку до хвостовика приймається рівним 1,5 мм на 100 мм довжини робочої частини свердла.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Зворотна конусність свердла (зменшення діаметра у напрямку до хвостовика) на 100 мм довжини робочої частини становить 0,08 мм.

Ширина стрічки відповідно до діаметром d свердла 0,6 мм;

Ширина пера розраховується за формулою:

$$B=0,58 D = 0,58 \cdot 16 = 9.28 \text{ мм};$$

де:

D - діаметр свердла.

Геометричні параметри зенківки вибираються по ДСТУ ГОСТ 14953:2015.

$$l=32 \text{ мм};$$

$$b=0,6 \text{ мм};$$

$z=8$ - число ріжучих зубів;

$D=16$ мм - діаметр зенківки;

$$d=14 \text{ мм};$$

$$h=1 \text{ мм};$$

задній кут – 14° ;

конус Морзе 1.

Зенківка 2353-0121 ДСТУ ГОСТ 14953:2015.

Довжина шийки зенківки конструктивно приймається 10мм.

Діаметр шийки приймається рівним 16мм.

Загальна довжина зенківки дорівнює 42мм.

Загальна довжина інструменту складається з довжини робочої частини свердла, довжини зенківки, довжини шийки зенківки і довжини конуса хвостовика зенковки:

$$L=32+42+16=90 \text{ мм}$$

Конічний хвостовик з конусом Морзе №1 припадає до торцевої поверхні зенківки.

Циліндричний хвостовик свердла кріпиться в попередньо просвердлений отвір в зенківці. Сполучення здійснюється по посадці $\frac{H8}{m7}$. Для запобігання повертання хвостовика свердла, на його поверхні шліфуванням виготовляється лиска, після чого закріплюється в отворі зенківки за допомогою затискного гвинта М3.

Для кріплення спеціального ріжучого інструменту в шпинделі верстата необхідно використовувати перехідний конус Морзе 0/1.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Здійснено інженерний аналіз розробленого фасонного призматичного різця із застосуванням модуля SOLIDWORKS Simulation. Аналіз проводився у режимі статичного навантаження. Об'єктом дослідження виступає свердло-зенківка.

Матеріал: сталь 1.2312 (40CrMnMoS8-6 – аналог Т5К10), $E = 205$ ГПа, $\nu = 0,28$, $\sigma_t = 820$ МПа.

Навантаження: рівномірна нормальна сила 2700 Н, прикладена до трьох торцевих граней (рис. 4.2).

Кріплення: підшипникова опора на одній опорній поверхні.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

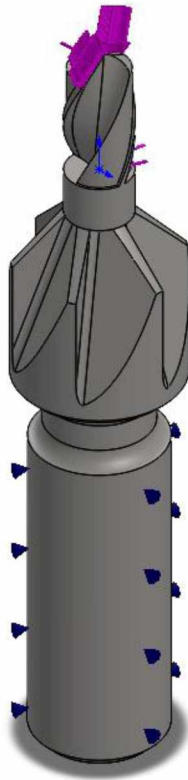


Рисунок 4.2 – Прикладення сил та фіксація інструменту для розрахунку

Сітка: 15 706 вузлів, 7 852 елементи; максимальний розмір елемента – 1,73 мм (рис. 4.3).

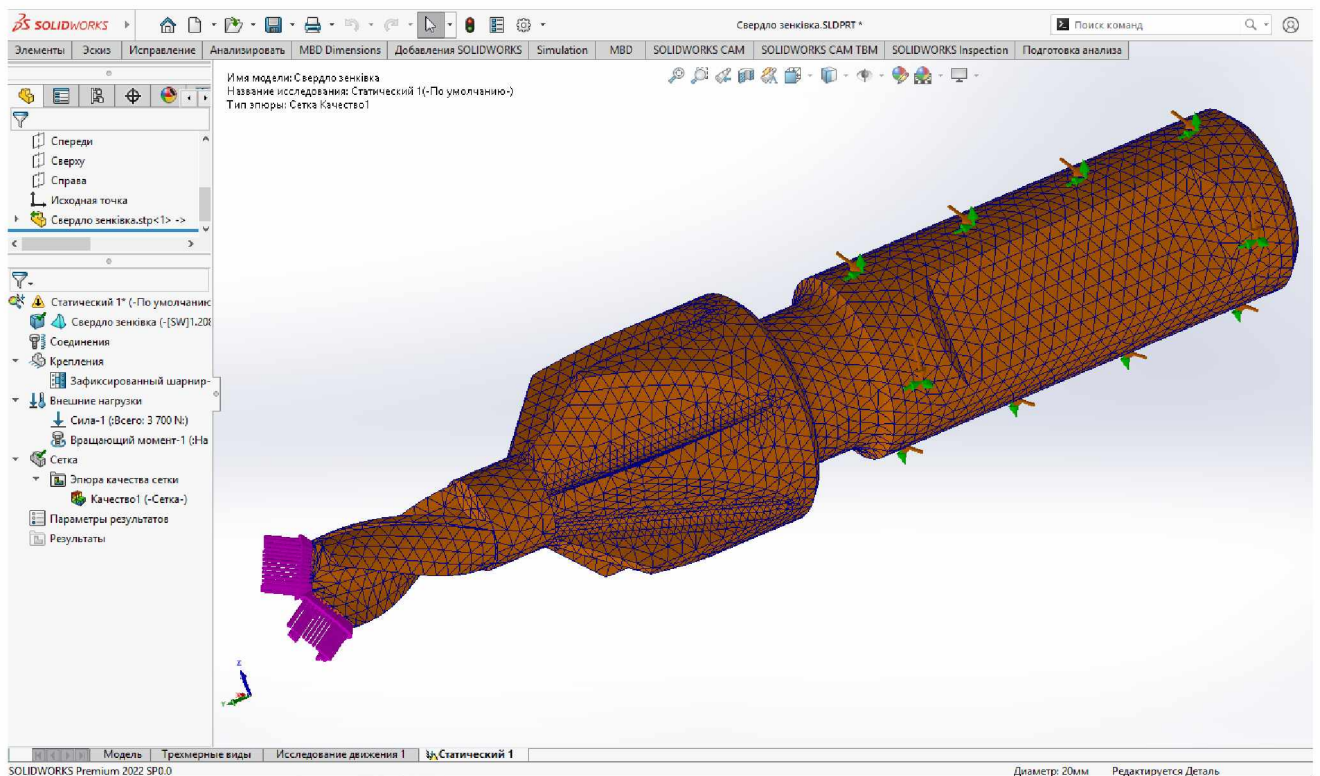


Рисунок 4.3 – Сітка кінцевих елементів інструменту

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4.2.2 Аналіз епюр

4.2.2.1 Переміщення (URES)

Діапазон переміщень: 50,8 мм – 20 340 000 мм. Максимальне значення у ~20 км явно перебільшує реальні можливості інструмента, що свідчить про некоректне масштабування або неправильне задання граничних умов.

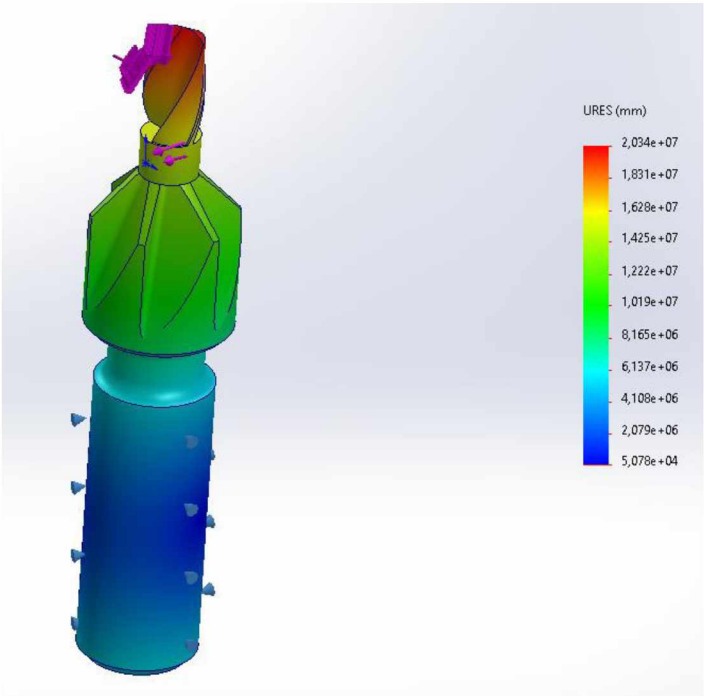


Рисунок 4.4 – Епюра «Переміщення»

4.2.2.2 Еквівалентні напруження (von Mises)

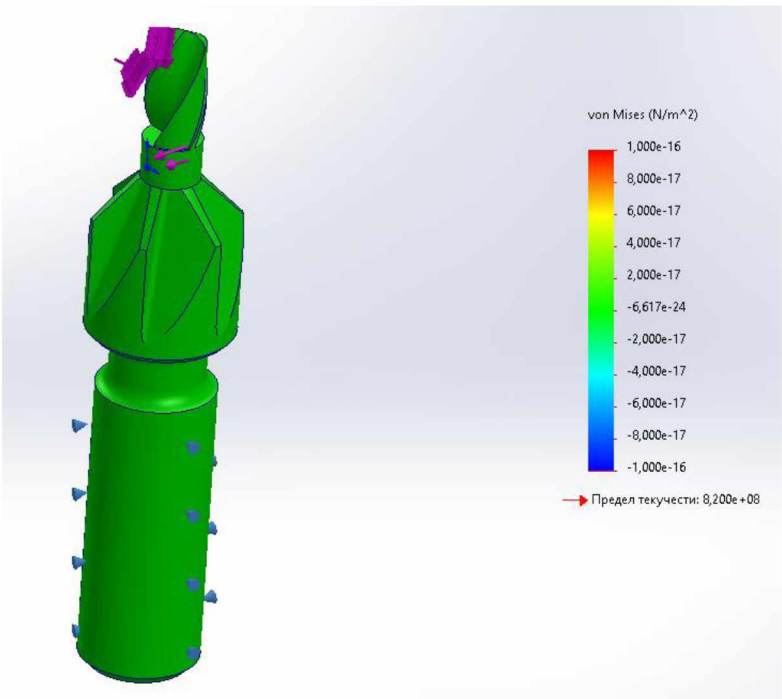


Рисунок 4.5 – Епюра «Еквівалентні напруження»

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Діапазон напружень: $0 - 1 \times 10^{-16}$ Па (фактично нуль). Відсутність напружень указує, що навантаження не передається на тіло моделі; можлива причина – відсутній контакт або похибка у визначенні фізичних властивостей.

4.2.2.3 Еквівалентні деформації

Діапазон деформацій: $0 - 1 \times 10^{-16}$. Показники деформацій співпадають із нульовими напруженнями та підтверджують помилку в налаштуванні аналізу.

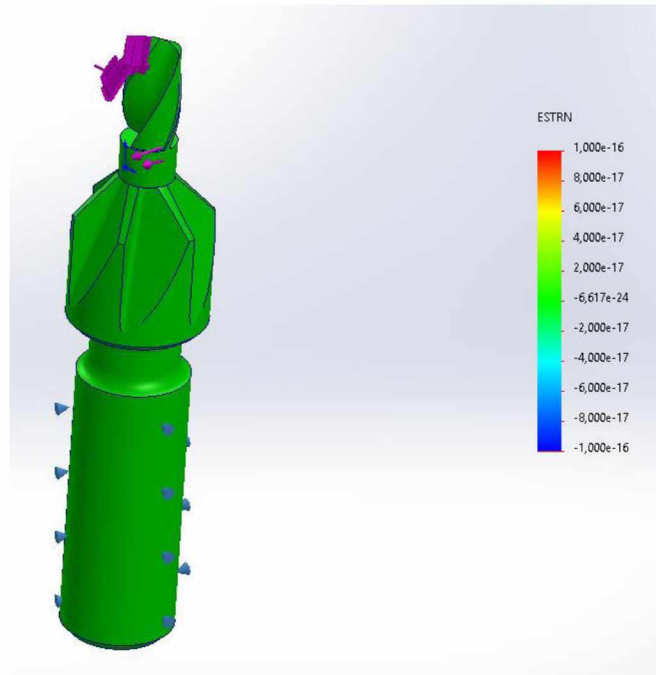


Рисунок 4.6 – Епюра «Еквівалентні деформації»

4.2.2.4 Порівняння максимальних значень

Графік нижче ілюструє відмінності у масштабах розрахованих величин:

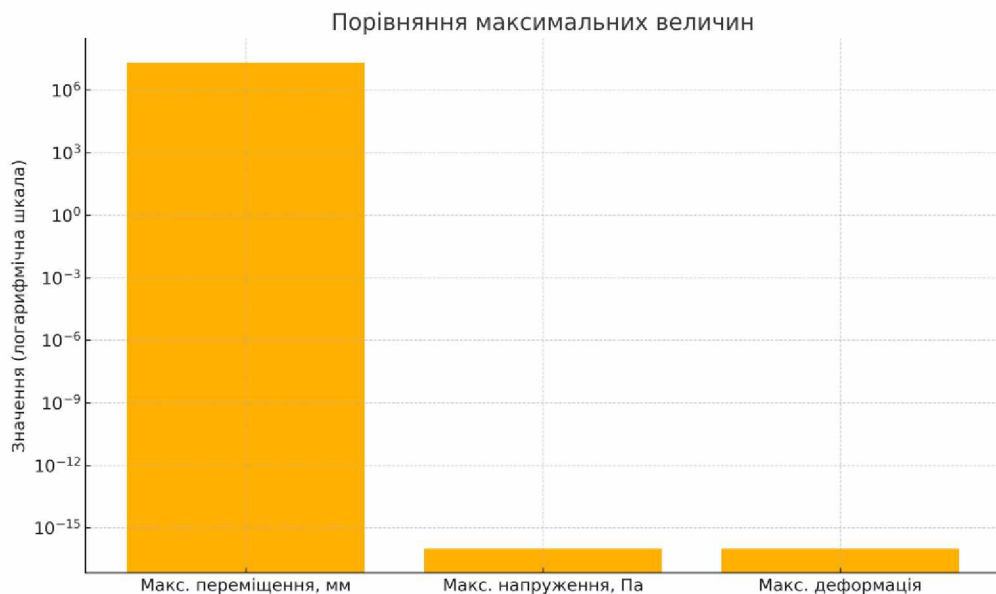


Рисунок 4.7 – Порівняння епюр

					КНУ.КБР.131.25.2-06.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Отримані результати є нефізичними. Для отримання достовірних даних необхідно:

- перевірити систему одиниць (рекомендовано mm–N–s);
- фіксувати хвостовик свердла жорсткою умовою або задати реалістичні умови контактів;
- застосувати осьову силу або крутний момент у правильному місці й напрямку;
- увімкнути опцію «Великі переміщення» лише за потреби;
- виконати адаптивне уточнення сітки та перевірити контакти між компонентами.

Після корекції налаштувань слід повторити статичний розрахунок і порівняти максимальні напруження з границею текучості матеріалу.

					КНУ.КБР.131.25.2–06.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання фрезерної обробки розробляється керуюча програма, а також моделюється технологічний процес із використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. В якості обладнання застосовується токарний верстат з числовим програмним керуванням ACI 400V. Його детальні технічні характеристики наведені у другому розділі. Керування верстатом здійснюється за допомогою системи ЧПК Sinumerik 802D sl.

Sinumerik 802D sl – це компактна, інтегрована система ЧПК, призначена для керування фрезерними, токарними та шліфувальними верстатами середнього рівня складності. Вона є частиною серії Sinumerik від Siemens і вирізняється поєднанням функціональності, гнучкості та оптимальної ціни. Технічні характеристики Sinumerik 802D sl представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК Sinumerik 802D sl

Параметр	Значення / Опис
Процесор	Високошвидкісний процесор із інтегрованою ПЛК
Операційна система	SINUMERIK Operate або HMI-Advanced
Кількість каналів керування	До 2-х технологічних каналів
Максимальна кількість осей	До 5 осей + 1 шпindel
Підтримка інтерфейсів	PROFINET, Ethernet, USB, серійний порт
Пам'ять користувача	~1 МБ RAM для ЧПК, розширювана пам'ять через USB або CF-карту
Графічний інтерфейс	Вбудований 7-10.4" TFT-дисплей, сенсорний або кнопковий
ПЛК (S7-200 на борту)	Вбудований, до 64 точок вводу/виводу (через модулі розширення)
Жорсткий реальний час	Так
Програмування	DIN 66025 (G-коди), ShopMill/ShopTurn, графічні цикли
Підтримка сервоприводів	Siemens SINAMICS S120/S110

Sinumerik 802D sl має інтегровану систему керування логікою, що дозволяє реалізовувати індивідуальні логічні функції, не використовуючи окрему ПЛК.

Підтримка як фрезерних, так і токарних режимів із можливістю перемикання між ними. Можливе застосування для багатьох типів верстатів.

					<i>КНУ.КБР.131.25.2-06.05.МПОМО</i>		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розроб.	Пасько				<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск</i>	
Зав. каф.	Рязанцев						

Можливість використовувати як стандартне програмування G-кодами, так і прості для розуміння графічні діалоги ShopMill/ShopTurn. Можлива попередня симуляція обробки.

Підтримка PROFINET для зв'язку з периферією та інтеграція в цифрове виробництво (Industrie 4.0). Обмін даними через Ethernet і USB.

Усі компоненти системи інтегровані в одному компактному корпусі (Панель оператора + процесор + I/O), що значно полегшує монтаж і обслуговування.

Типові сфери застосування системи ЧПК Sinumerik 802D sl:

- фрезерні верстати 3–5 осей;
- токарні верстати з приводним інструментом;
- шліфувальні верстати;
- навчальні верстати;
- компактні виробничі центри.

Переваги

- інтегроване рішення "все в одному";
- легке в освоєнні інтерфейсне середовище;
- підтримка сервоприводів SINAMICS;
- широкі можливості налаштування під конкретний тип верстата;
- висока надійність і підтримка від Siemens.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Спираючись на вхідні дані щодо конкретного верстата та підбраного інструменту, наведені у попередньому розділі, переходимо до етапу створення керуючої програми та моделювання процесу обробки. Послідовність виконання цих операцій відображена на рисунках 5.1–5.6.

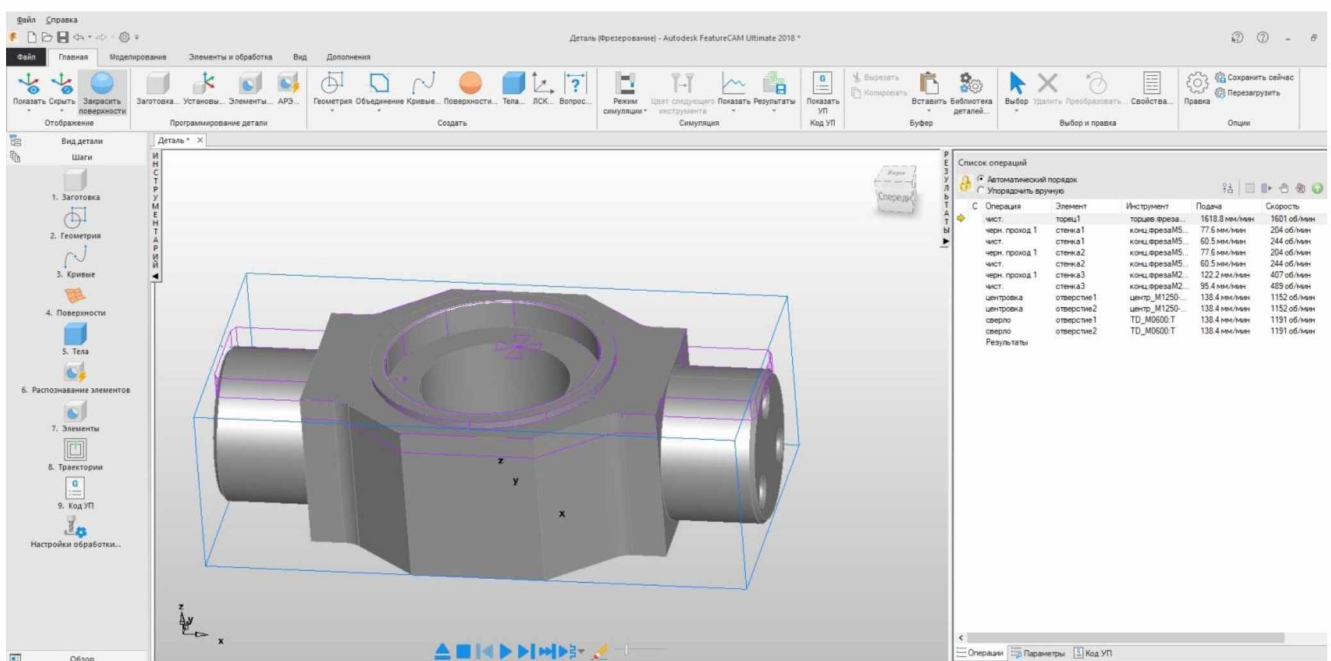


Рисунок 5.1 – Деталь «Траверса» та етапи обробки деталі

					КНУ.КБР.131.25.2-06.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

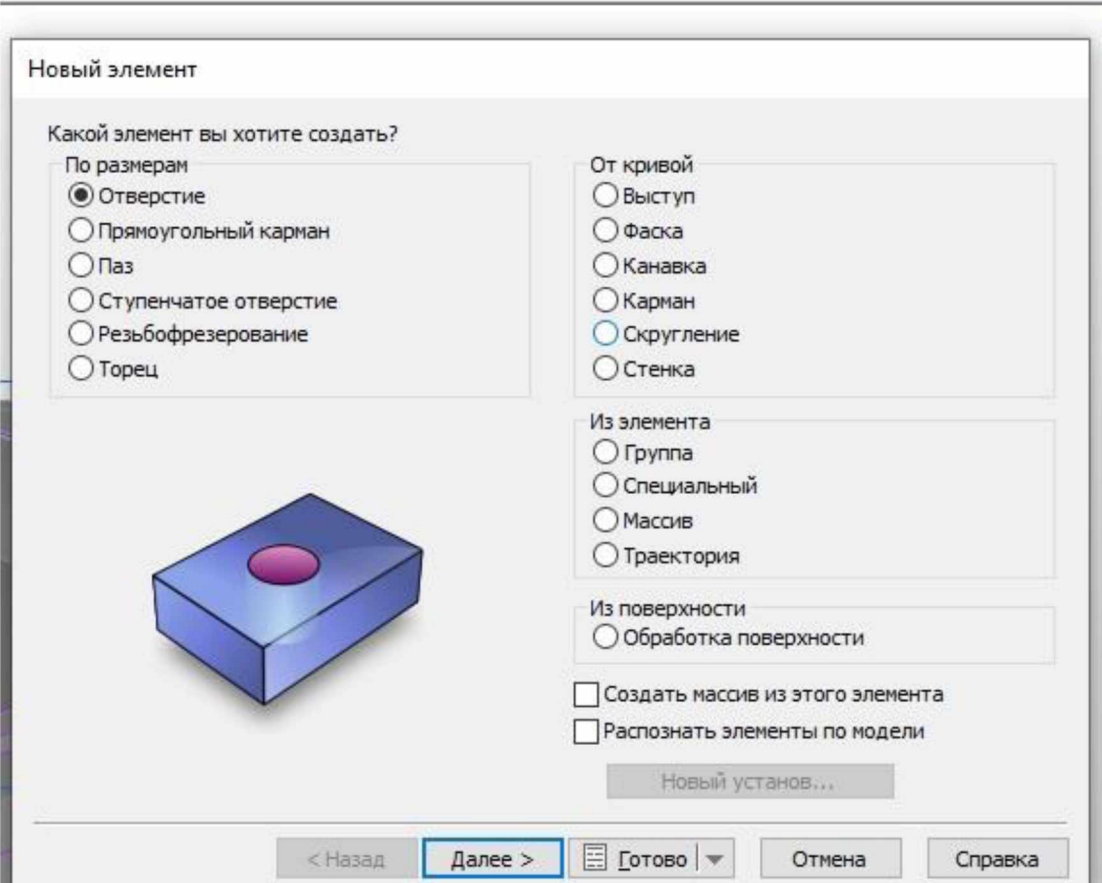


Рисунок 5.2 – Створення елементів деталі «Траверса»

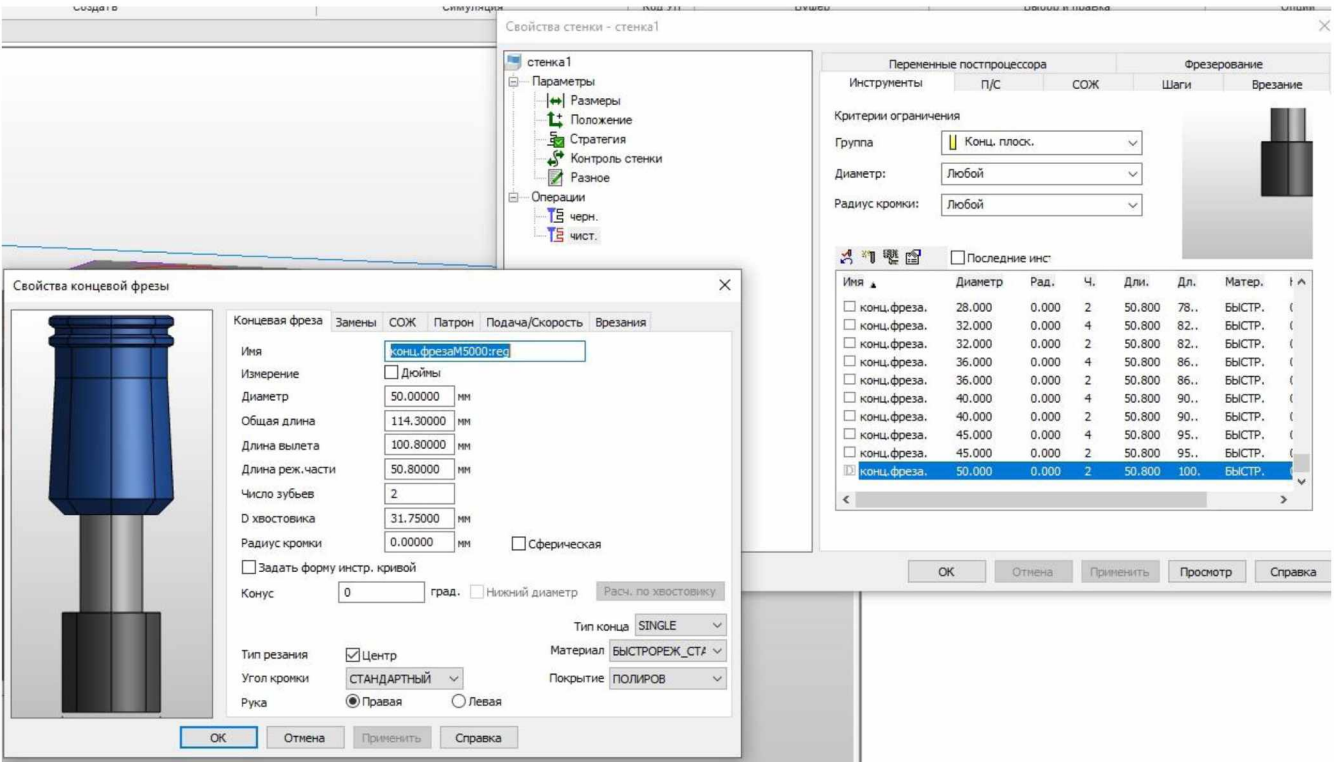


Рисунок 5.3 – Аналіз та підбір металорізального інструменту для обробки поверхонь деталі «Траверса» – кінцева фреза

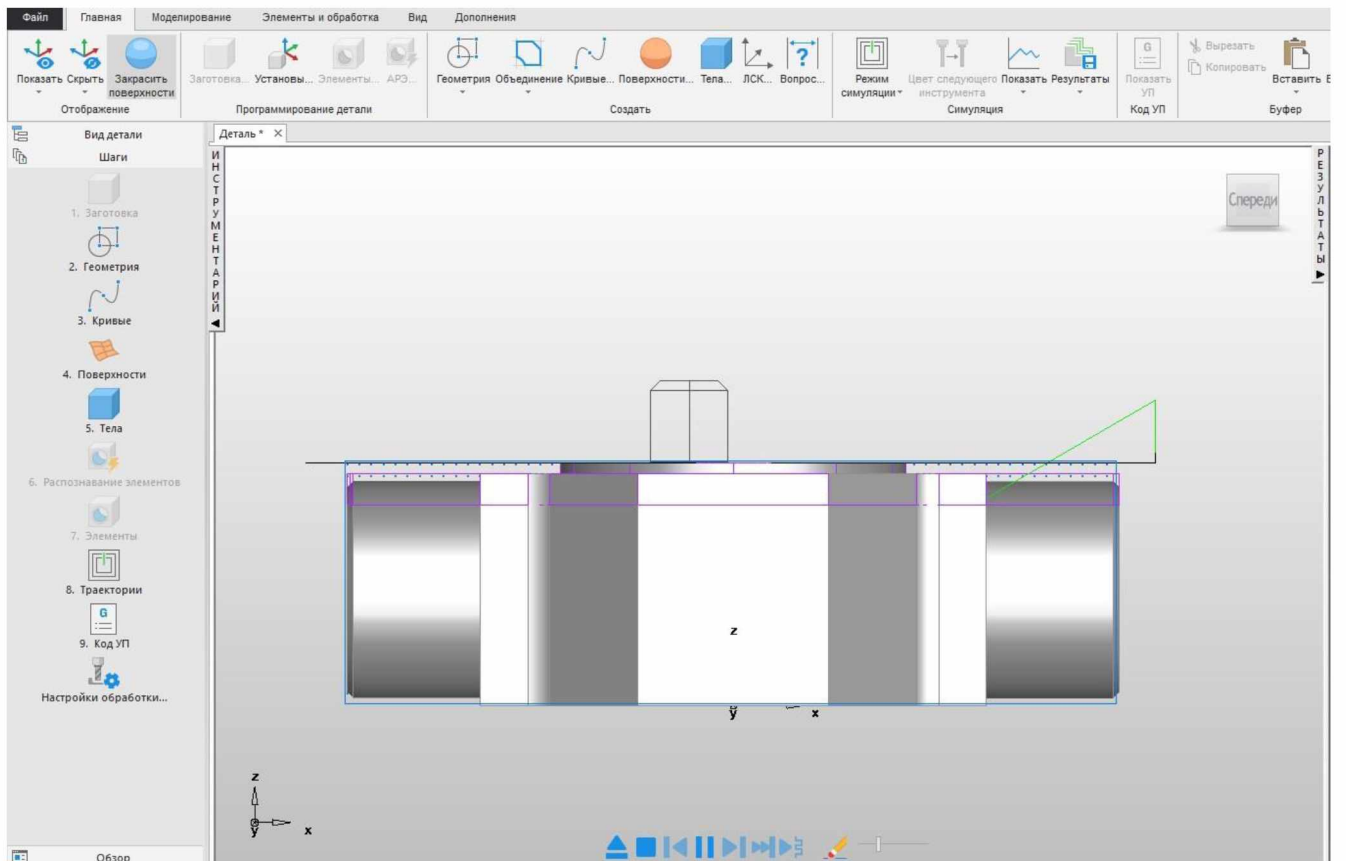


Рисунок 5.4 – Этап обработки детали «Траверса» – фрезерування площини

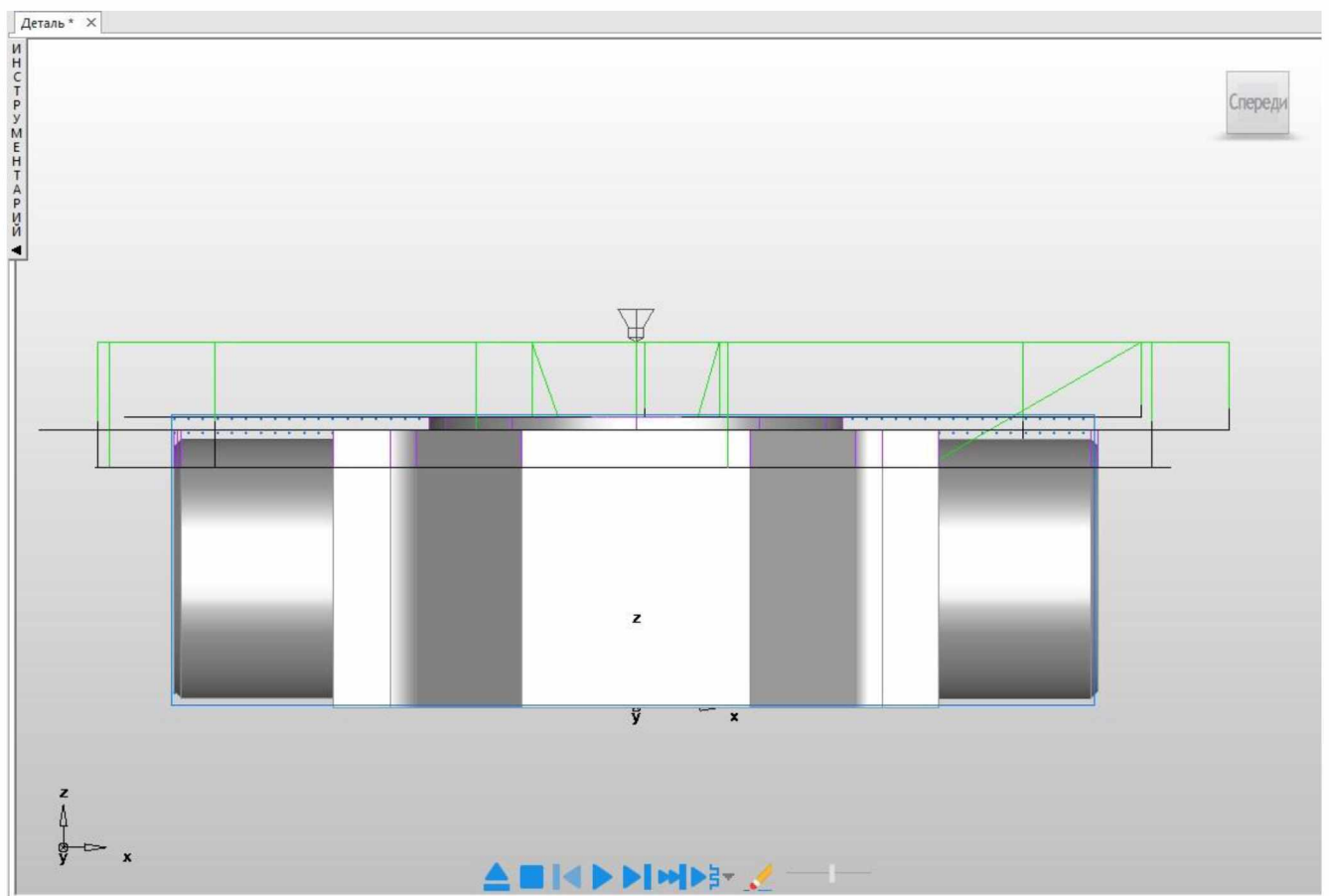


Рисунок 5.5 – Этап обработки детали «Траверса» – свердління

					КНУ.КБР.131.25.2-06.05.МПМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

РЕЗУЛЬТАТЫ

Код УП

```

%
O0001 - ( FEATURECAM - FANUC )
( ДЕТАЛЬ )
( УСТАНОВ1 - 22.05.2025 - 22:03:42 )
( ESTIMATED MACHINE TIME = 0:39.8 )
N35 G00 G20 G17 G40 G49 G80 G94
N40 G91 G28 Z0

N45 ( FACE FINISH ТОПЕЦ1 )
N50 T1 M6
N55 G00 G54 G90 X6.8898 Y-2.748 S1600 M03
N60 G43 H1 Z4.9803 M08
N65 Z4.1142
N70 G01 Z3.9567 F63.7
N75 X-6.9685
N80 Y-1.6772
N85 X6.8898
N90 Y-0.6063
N95 X-6.9685
N100 Y0.4646
N105 X6.8898
N110 Y1.5354
N115 X-6.9685
N120 Y2.6063
N125 X6.8898
N130 G00 Z4.9803
N135 M5
N140 G91 G28 Z0 M09
N145 G28 X0 Y0
N150 G49 G90
N155 M01

N160 ( SIDE ROUGH1 СТЕНКА1 )
N165 T2 M06
N170 G94
N175 G00 G54 X8.0904 Y-2.1664 S203 M03
N180 G43 H2 Z4.9803 M08
N185 Z4.0748
N190 G01 Z3.7795 F1.5
N195 X7.2441 Y-2.8416 F3.0

```

Рисунок 5.6 – Фрагмент КП обработки деталі «Траверса»

					КНУ.КБР.131.25.2-06.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Здійснено економічний аналіз та визначено собівартість виготовлення деталі «Траверса» за двома альтернативними маршрутами технологічної обробки. Проведено оцінку ефективності модернізації виробництва шляхом заміни морально та фізично застарілого обладнання (верстати моделей 6P13ФЗ і 2H55) на сучасний свердлильно-фрезерно-розточний верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК) типу АСІ 400V.

Результати економічного обґрунтування та розрахунків строку окупності інвестиційного проєкту наведені у таблицях 6.1–6.4. Таблиця 6.1 містить вхідні дані, що слугували основою для економічних розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	6P13ФЗ	2H55	АСІ 400V
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000		2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	26	12	25
Час наладки верстата, хв.	15	8	20
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5		5
	4	3	2
	3	3	5
			4
	120		230
Кількість кадрів програми, шт.	1155		1155
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	33000		31000
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	70000		

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Організаційно- економічна підготовка виробництва		
Розроб.	Пасько						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск		

Продовження таблиці 6.1

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.	8,9		8,9
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.	1068		2047
Середньочасова зарплата робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	130	125	150
наладчика інструмента $H_{ін}$	120	115	150
контролера H_k	115		145
Верстати			
Клас точності верстата	П	Н	А
Маса верстата, т	4,2	4,7	5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,56 x 2,26	2,665 x 1	2,3 x 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м	0,5 x 0,5		0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Sinumerik 802D sl
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	2

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Ц, грн.	450000	185000	2125000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,78	0,75	0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	5,8	2,7	5,6
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.	0,25		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини Н _м	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	1950	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	4,5	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1,5	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Ф _{об} , год	3975	3975	3845
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	180

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 6.2 подано допоміжні техніко-економічні показники, використані при обчисленнях. Таблиця 6.3 демонструє розраховану собівартість річного обсягу виробництва та необхідні капіталовкладення. Таблиця 6.4 узагальнює сукупні витрати, прогнозований річний економічний ефект та строк окупності проекту.

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	6P13Ф3	2H55	ACI 400V
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	866,6667	400	1400
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5	2,666667	6,66666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	10,01481	9,244444	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	71,93333	33,2	116,2
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,47	0,22	0,38
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0027	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,005384	0,00497	0,01075
(дійсна)	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,039	0,02	0,06
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,14	0,00	0,19
(дійсна)	1	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	8		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,2811	0,135	0,39

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_3 – зарплата верстатника; I_n – зарплата за наладку верстата; I_{in} – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплата контролера											
										C_1 на деталь = 185,10 C_2 на деталь = 149,32	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 267047 + 1546,27 + 2264,89 + 0,53 + 23893,3 + 0 + 1456,76 + 1516,20 + 56000 + 3843,8 + 548,22 + 12090,33 =$										370207,58	
$C_2 = 186157 + 1572,48 + 234,00 + 682,33 + 26133,3 + 0 + 22299,75 + 3024,00 + 35000 + 5929,4 + 750,94 + 16849,00 =$										298632,65	
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де K_6 – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 166649 + 4212 + 56000 + 155771 + 64000 + 1068 =$						447699					
$K_2 = 420750 + 2120 + 28000 + 132803 + 70000 + 2047 =$						655720,48					

Таблиця 6.4 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати				
$Z_1 =$	C_1	+	E_n	$\cdot K_1$
437362	370208		0,15	447699
$Z_2 =$	C_2	+	E_n	$\cdot K_2$
396991	298633		0,15	655720

Річний економічний ефект				
$E =$	Z_1	-	Z_2	
40372	437362		396991	

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$	
2,91	655720		447699	370208 298632,7

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Аналіз засвідчив, що впровадження нового обладнання значно знижує тривалість обробки деталей. Модернізація виробничого процесу є економічно обґрунтованою: строк окупності інвестицій становить 2,91 року, а очікуваний річний економічний ефект – 40372 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці на машинобудівному підприємстві м. Кривий Ріг

Кривий Ріг – промисловий гігант півдня України, де значну частину економіки формує машинобудівний сектор. Підприємства, що займаються виробництвом машин та механізмів, є невід'ємною частиною міського господарства. Проте їх діяльність супроводжується певними загрозами для екосистеми регіону, а також становить потенційну небезпеку для працівників, задіяних у виробничому процесі.

У світлі сучасних вимог сталого розвитку зростає потреба в модернізації технологій і вдосконаленні систем захисту здоров'я та життя людей. Головна увага має бути спрямована на екологічне регулювання промислових процесів та впровадження стандартів безпеки праці, що відповідають сучасним викликам.

6.2.1 Вплив машинобудування на навколишнє середовище

Діяльність машинобудівних заводів у Кривому Розі тісно пов'язана з техногенним навантаженням на природу. Під час виробничих операцій відбувається:

- викид забруднюючих речовин у повітря;
- утворення промислових залишків та небезпечних відходів;
- перевитрати водних і енергетичних ресурсів;
- генерація надмірного шуму і вібрацій.

Особливої уваги потребує управління шкідливими викидами, адже вони можуть спричинити серйозні порушення якості повітря і вплинути на здоров'я місцевого населення. Певні підприємства вже запроваджують енергоощадні технології та очисні системи, але більшість потребує оновлення обладнання та екологічної переорієнтації.

6.2.2 Системи екологічного контролю

Окремі виробництва впроваджують системи екологічного управління, засновані на міжнародних нормах. До таких заходів відносяться:

- автоматизований моніторинг викидів у атмосферу;
- мінімізація використання шкідливих речовин;
- повторне використання технічної води;
- створення локальних очисних споруд.

Також підприємства подають звіти до екологічних органів контролю, що дозволяє вести об'єктивну оцінку впливу промисловості на довкілля.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.3 Безпека праці: стан та напрями вдосконалення

У машинобудуванні високий рівень техногенної загрози зумовлює необхідність суворого дотримання правил охорони праці. Серед основних складових:

- регулярне навчання працівників з безпеки та поводження з обладнанням;
- постачання якісних засобів індивідуального захисту;
- проведення медичних оглядів персоналу;
- інспектування робочих зон на відповідність нормам безпеки.

Порушення цих вимог може призвести до нещасних випадків. За останні роки у місті було зафіксовано ряд травматичних інцидентів, що свідчить про необхідність оновлення стандартів і підвищення відповідальності керівництва підприємств.

Функціонування машинобудівних заводів у Кривому Розі неминуче пов'язане з впливом на довкілля та ризиками для працівників. Проте сучасні умови вимагають перегляду підходів до організації виробництва. Для зниження шкоди природі й забезпечення належного рівня безпеки праці потрібно:

- модернізувати технічну базу підприємств;
- розширити екологічний контроль;
- впровадити системи енергозбереження;
- систематично підвищувати кваліфікацію персоналу з питань безпеки.

Тільки завдяки комплексному підходу можна забезпечити збалансоване поєднання економічного розвитку з дотриманням екологічних стандартів та захистом прав працівників.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської випускної роботи було розв'язано комплексне інженерно-технологічне завдання, що стосувалося проектування спеціального різального інструменту для обробки важливої машинобудівної деталі – траверси крюка крана підвіски, яка використовується в умовах інтенсивної експлуатації у конверторному цеху металургійного виробництва.

У першому розділі було проведено аналіз вихідних даних, уточнено призначення об'єкта виробництва, виконано розрахунок параметрів точності різбового з'єднання. Це дозволило сформулювати чітке уявлення про експлуатаційні вимоги до деталі та вихідні умови для проектування.

У другому розділі досліджено службове призначення деталі та вимоги до якості її поверхонь. Розроблено маршрут обробки та обґрунтовано вибір сучасного металообробного обладнання – свердлильно-фрезерно-розточного верстата з ЧПК АСІ 400V, що забезпечує необхідну точність і продуктивність.

У третьому розділі було обґрунтовано вибір типу різального інструменту для обробки поверхонь траверси, зокрема використання інструменту SUMITOMO. Проведено розрахунок на міцність елементів інструменту та підібрано типорозміри допоміжного оснащення, що забезпечує надійність і тривалість роботи інструменту в умовах цехового середовища.

Четвертий розділ присвячено проектуванню спеціального комбінованого інструменту – свердла-зенківки, який дозволяє здійснювати комплексну обробку отворів. Виконано інженерний аналіз інструменту в середовищі SolidWorks Simulation, зокрема вивчено епюри напружень, деформацій і переміщень. Аналіз довів працездатність конструкції та відповідність її вимогам міцності.

У п'ятому розділі проведено моделювання та програмування операцій обробки траверси за допомогою Autodesk FeatureCAM, що дозволило створити ефективну послідовність фрезерної та свердлильної обробки з урахуванням параметрів обладнання та інструменту.

У шостому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення. Розрахунки показали доцільність впровадження проекту – строк окупності становить 2,91 роки, а очікуваний економічний ефект – 40 372 грн на рік. Також розглянуто екологічні аспекти виробництва та заходи з охорони праці, які спрямовані на створення безпечних умов праці на підприємстві в м. Кривий Ріг.

Загалом, розроблений спеціальний інструмент та відповідна технологічна підготовка виробництва забезпечують підвищення ефективності механічної обробки траверси, зменшення витрат часу на обробку, зниження собівартості виробу та підвищення експлуатаційної надійності конструкцій, що використовуються у важких умовах металургійного виробництва.

					КНУ.КБР.131.25.2-06.В				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Пасько			Висновки				
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Архив		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск				

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.

2. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.

3. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.

4. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

5. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

6. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

7. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

8. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.

9. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.

10. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.

11. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

12. ДСТУ 2233-93 – Інструменти різальні. Терміни та визначення

13. Металорізальні інструменти: підручник / Равська Н. С. - Житомир: ЖДТУ, 2016. – 612 с.

14. Родин П.Р. Основи проектування ріжучих інструментів. – К.: Вища школа, 1990. - 424 с.

15. Каталог інструментів фірми SUMITOMO, 2015р.

16. Каталог допоміжного інструменту фірми HAIMER, 2014р.

					<i>КНУ.КБР.131.25.2-06.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел		
Розроб.	Пасько						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-22ск		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО- ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь
деталі «Траверса» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Владислав ПАСЬКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

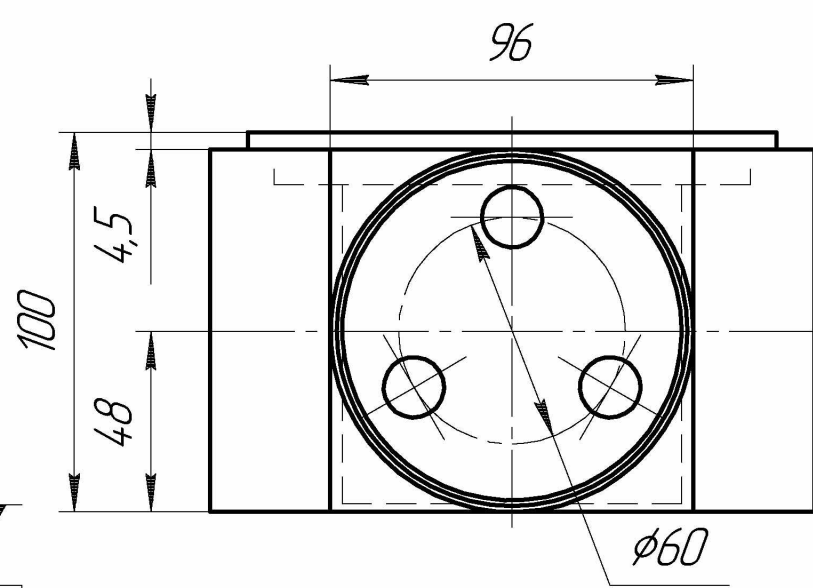
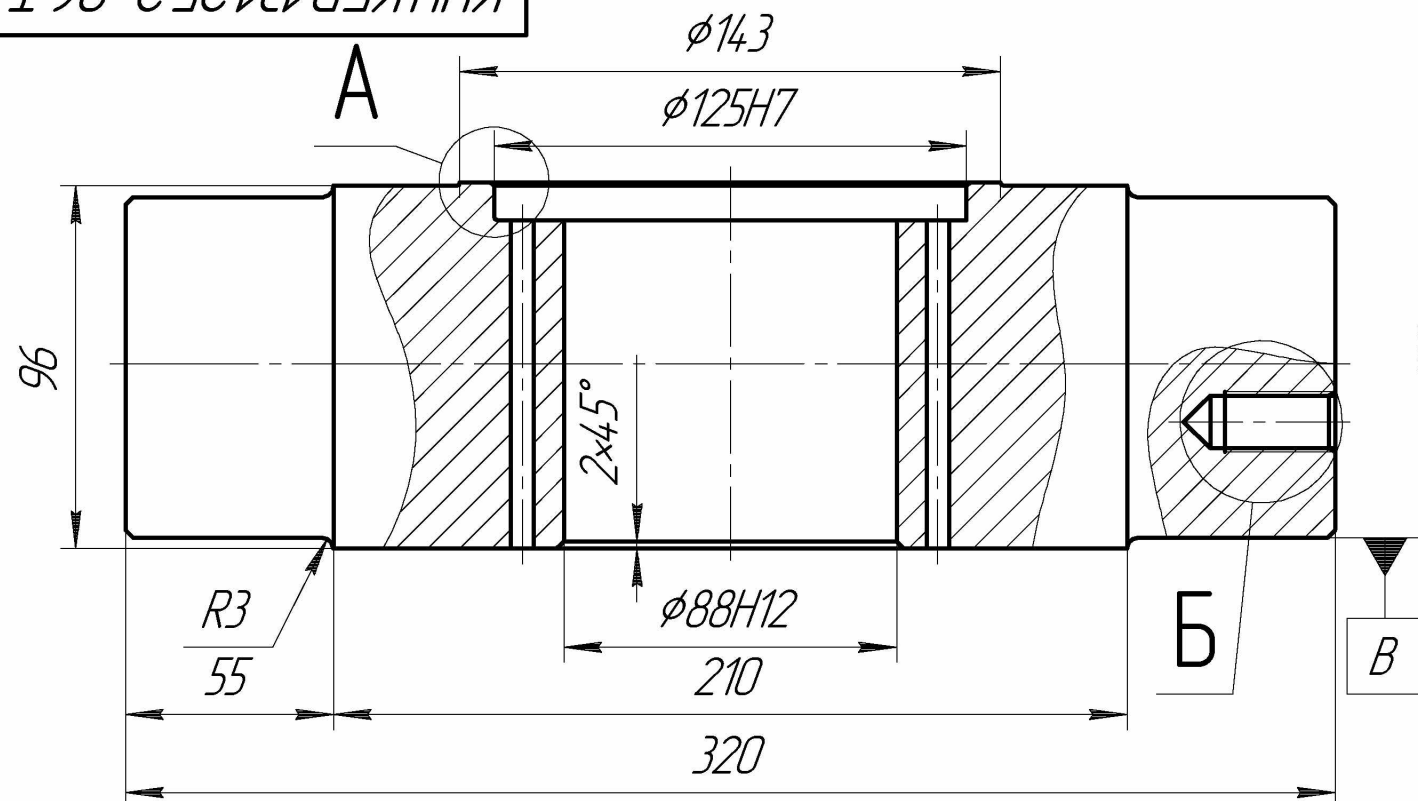
Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Креслення			
	A3		1	КНУ.КБР.131.25.2-06.Т	Траверса	1		
	A3		2	КНУ.КБР.131.25.2-06.СЗ	Свердло-зенківка	1		
	A3		3	КНУ.КБР.131.25.2-06.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.2-06.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1		
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.2-06.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1		
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
				КНУ.КБР.131.25.2-06.ВЕД				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Пасько							
Пров.	Нечаев							
Н.контр.	Нечаев							
Утв.	Рязанцев							
Відомість електронних документів КБР						Лит.	Лист	Листов
						Н		1
						Каф. ТМ гр. ПМ-22ск		

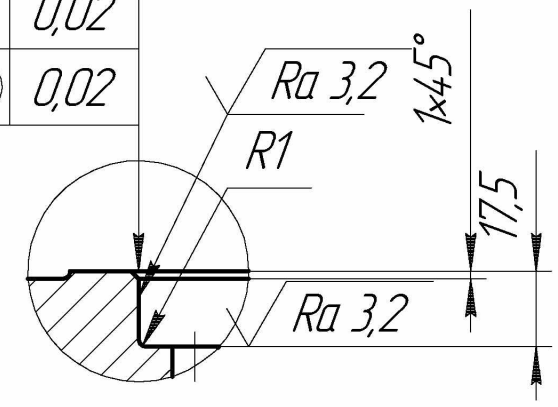
КНУ.КБР.131.25.2-06.Т



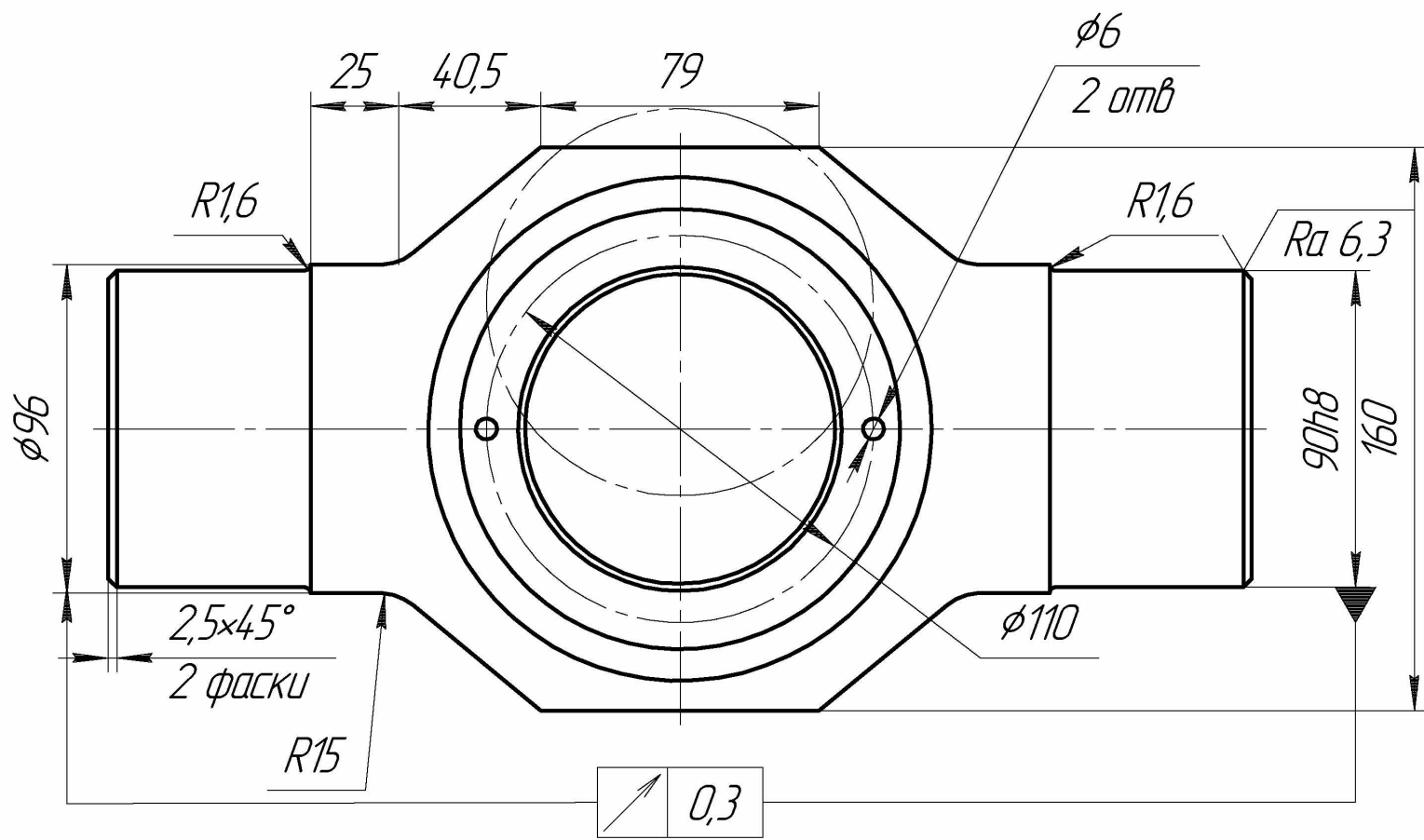
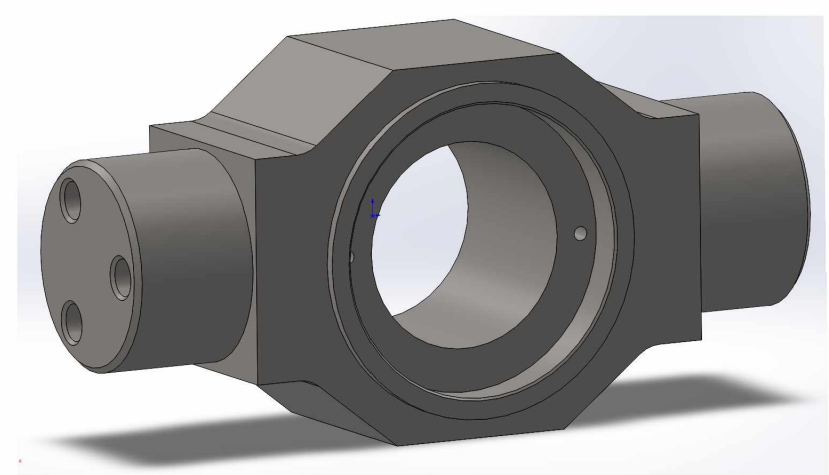
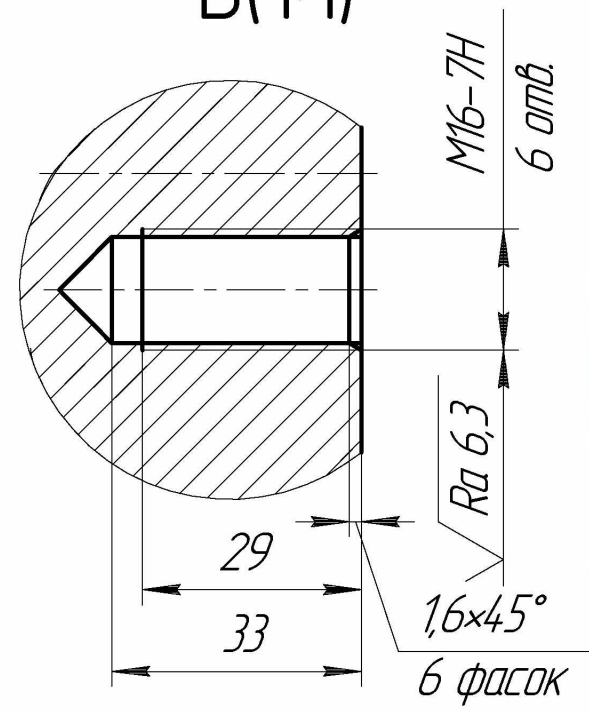
$\sqrt{Ra}$	0,02
$\bigcirc$	0,02

$\sqrt{Ra 12,5 (\checkmark)}$

A(1:1)

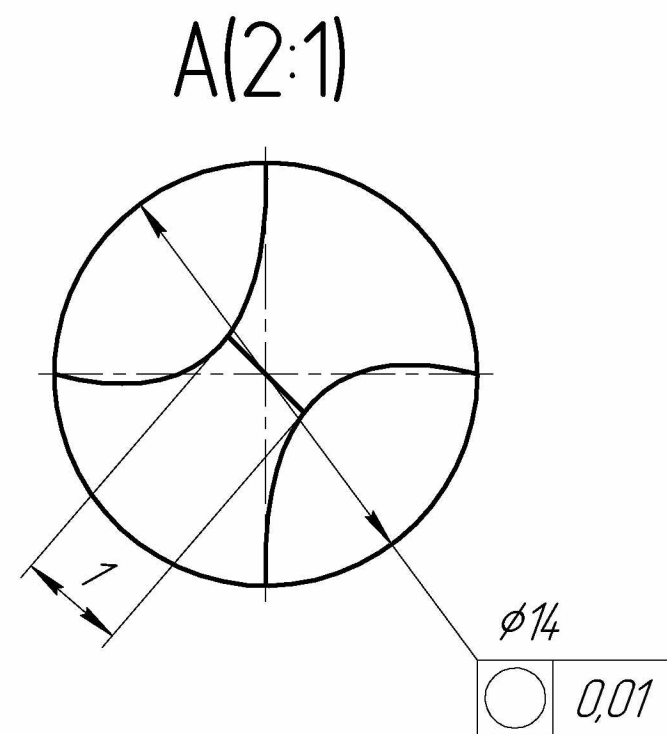
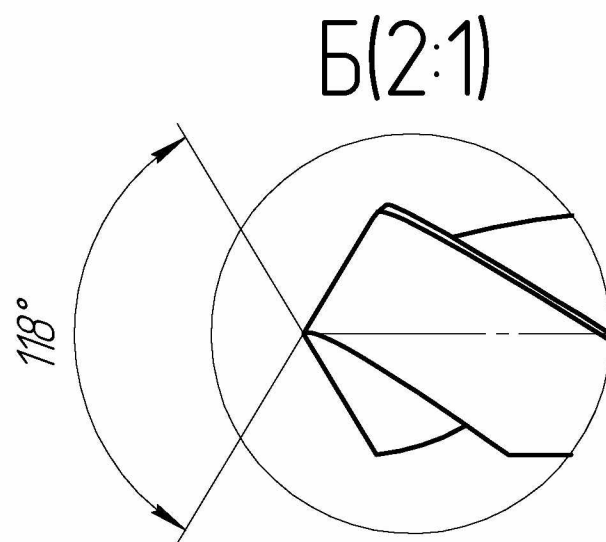
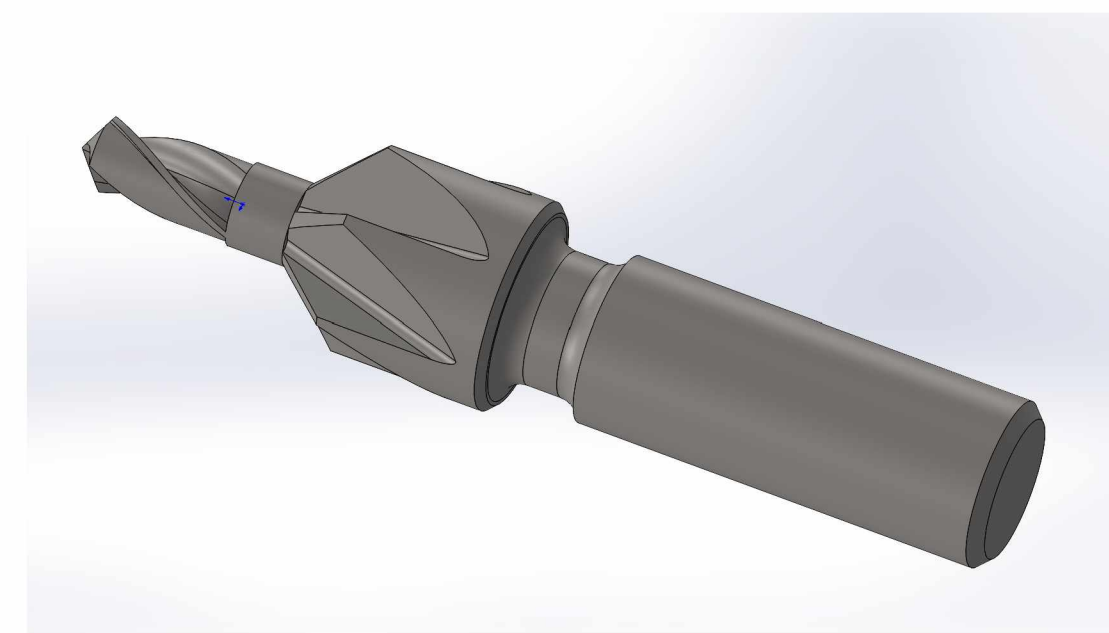
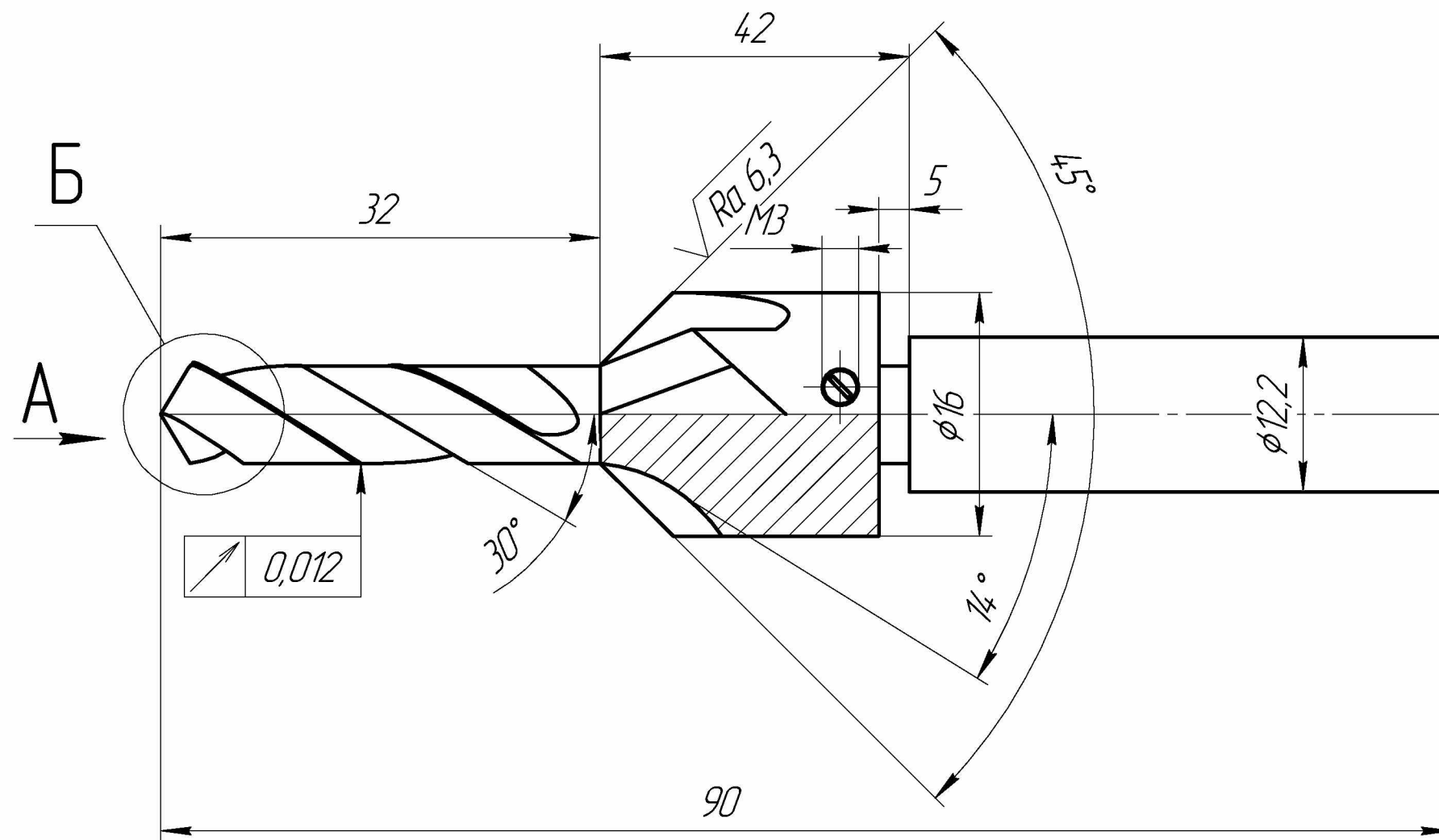


Б(1:1)



- Невказані граничні відхилення розмірів: $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$.
- Гр. IV КП 315 DIN EN 10250.

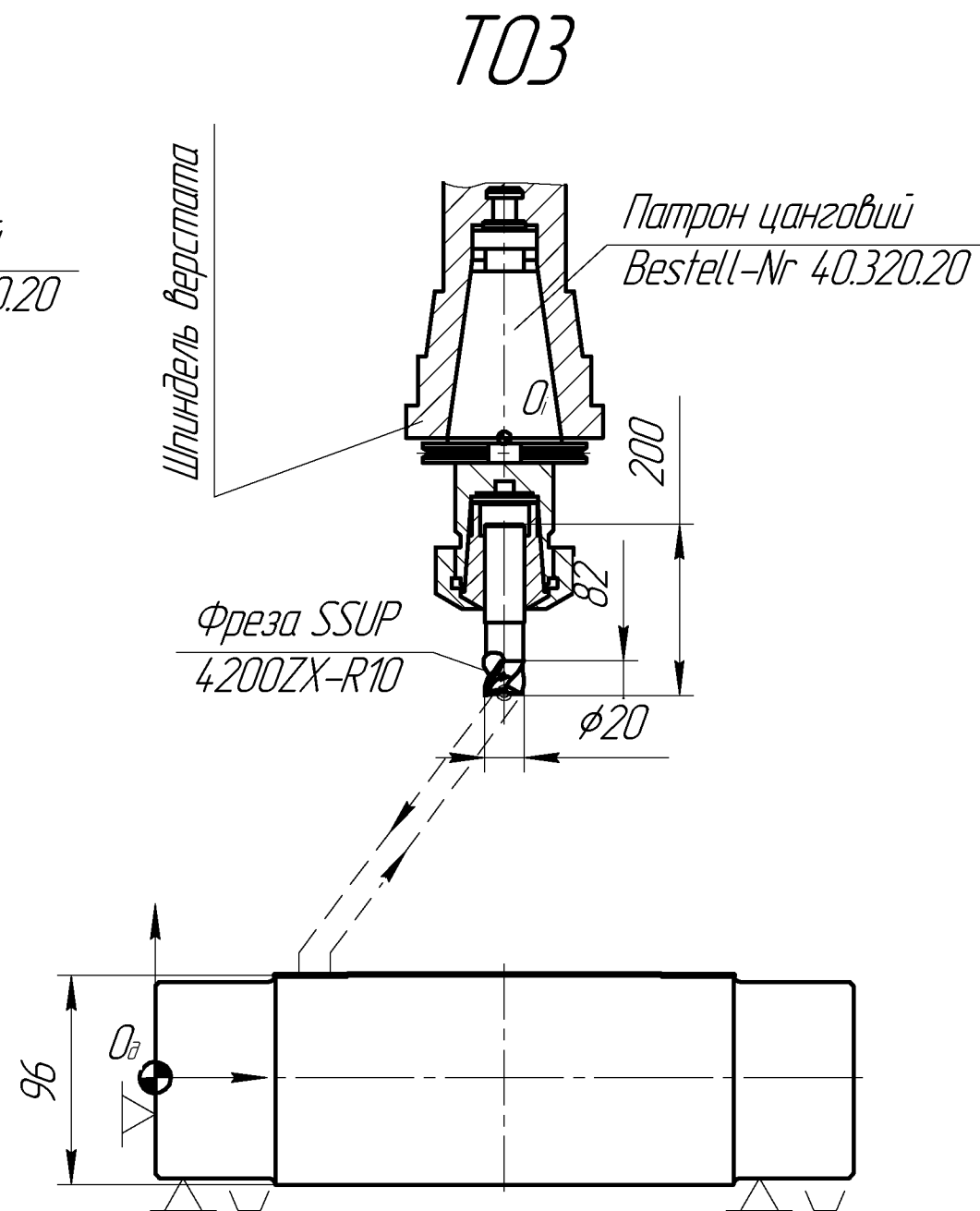
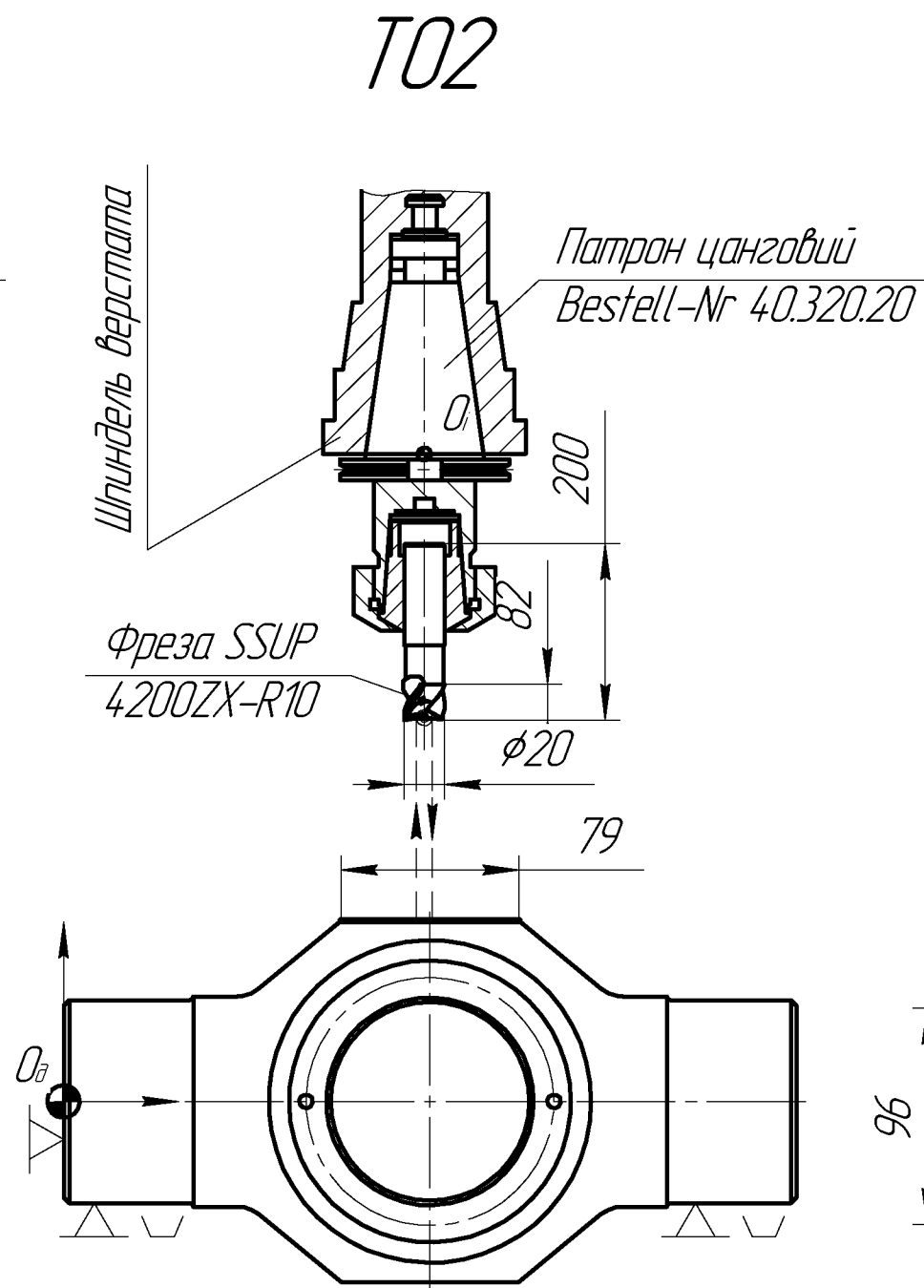
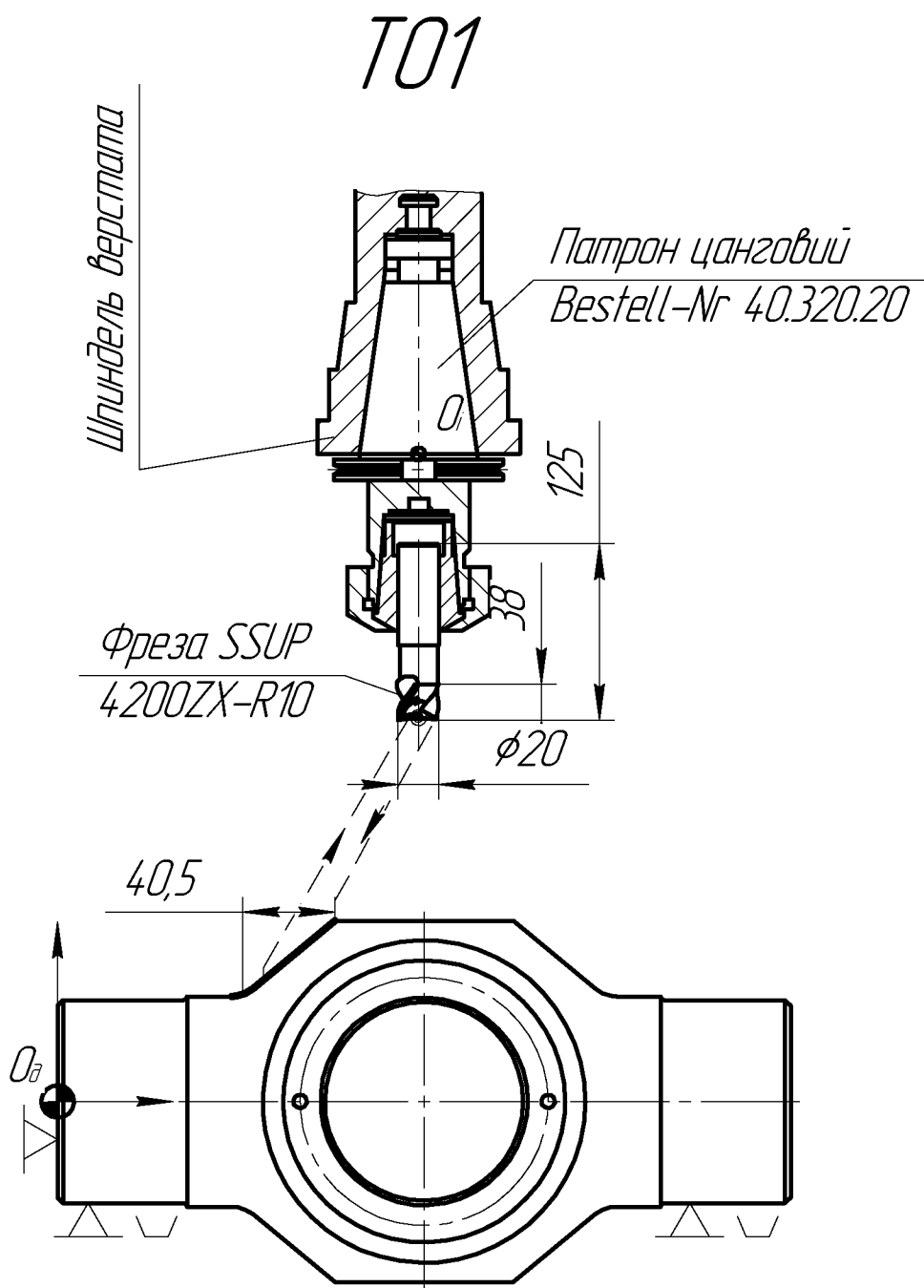
					КНУ.КБР.131.25.2-06.Т									
					Траверса					Лит.		Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						Н			21	1:2
Розробив	Пасько									Лист		Листів 1		
Керівник	Нечаєв													
					Сталь 45 ДСТУ 7809:2015					Кафедра ТМ				
Н.контр.	Нечаєв									гр. ПМ-22ск				
Затв.	Рязанцев													



- 1 Матеріал робочої частини: Р6М5 ДСТУ 7304:2018, твердість HRC63-66.
- 2 Матеріал хвостової частини: сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, твердість HRC43.5-51.5.
- 3 Невказані граничні відхилення розмірів: h14; H14.
- 4 Допускається зварювання тертям.
- 5 Маркувати: діаметр сверла та зенковки, марку сталі ріжучої частини.

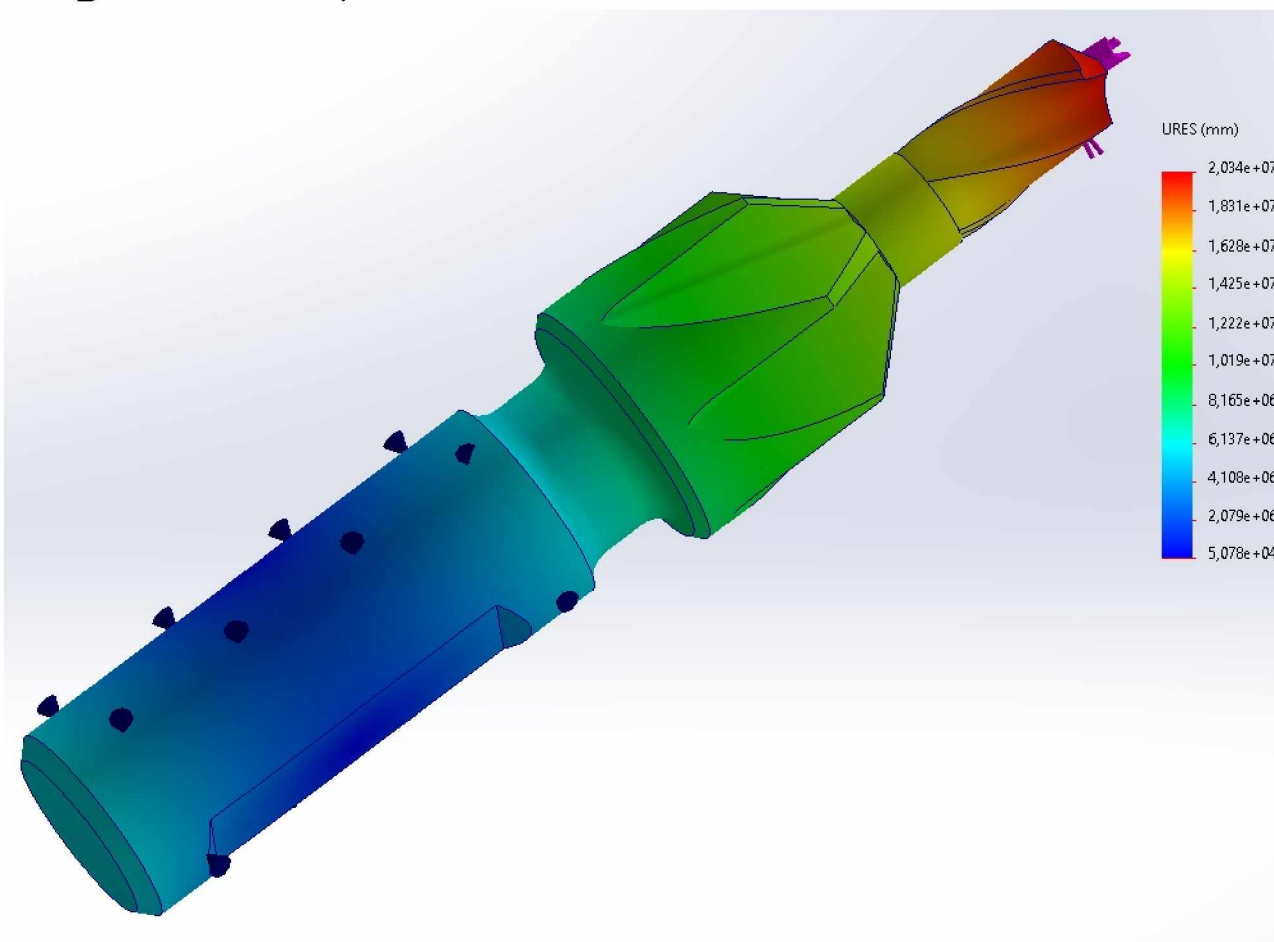
КНУ.КБР.131.25.2-06.СЗ					Свердло-зенківка		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Пасько				Н		1:1
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Див. тех. вимоги		
Затв.	Рязанцев						
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		

Фрезерна з ЧПК на свердлильно-фрезерно-розточному
верстаті з ЧПУ і АСІ 400V

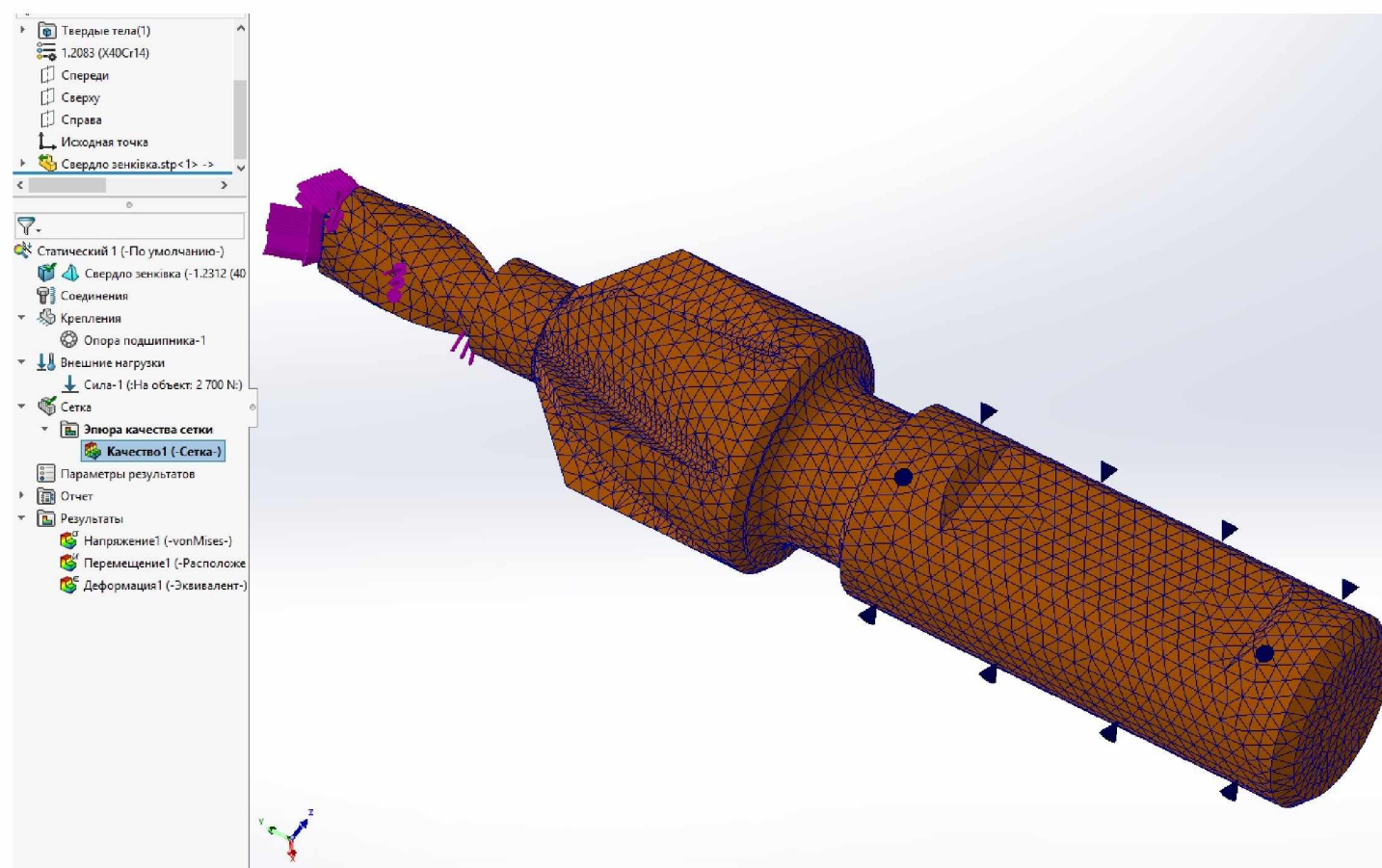


					КНУ.КБР.131.25.2-06.ВІН		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Літ.	Маса	Масштаб
					Н		1:1
Розробив	Пасько				Лист	Листів	1
Керівник	Нечаєв				Кафедра ТМ		
Н.контр.	Нечаєв				гр. ПМ-22ск		
Затв.	Рязанцев						

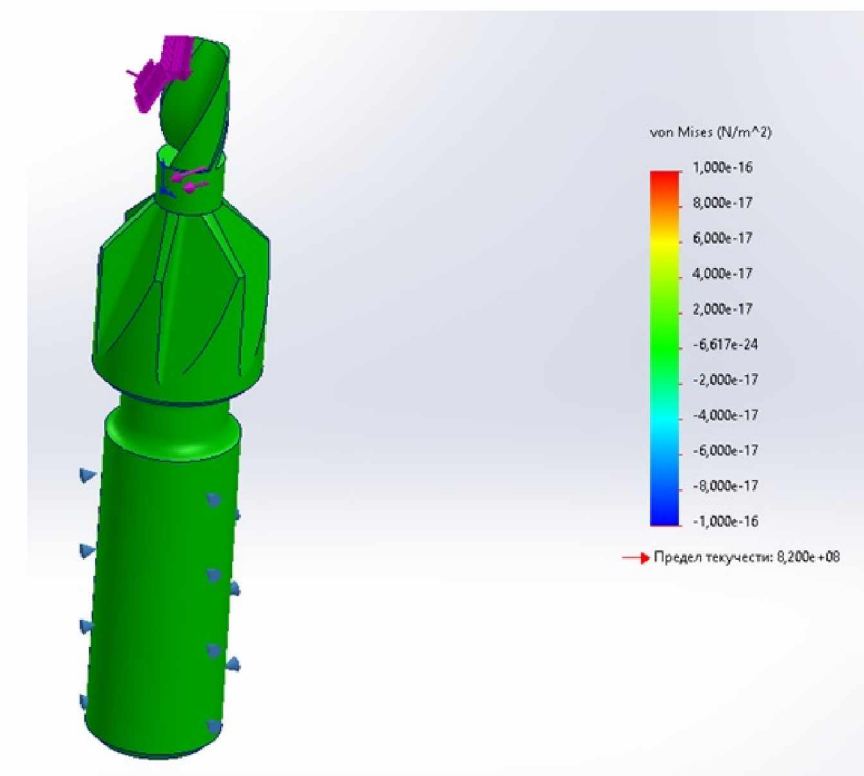
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



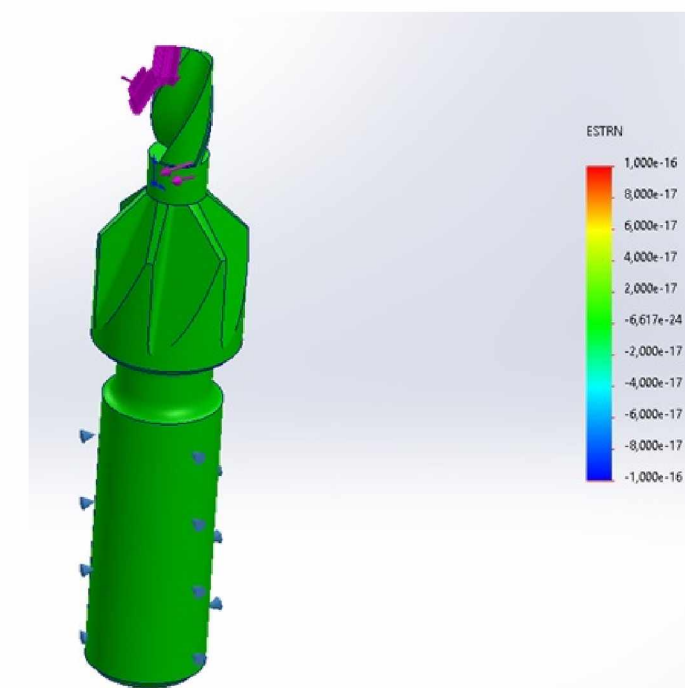
Сітка кінцевих елементів



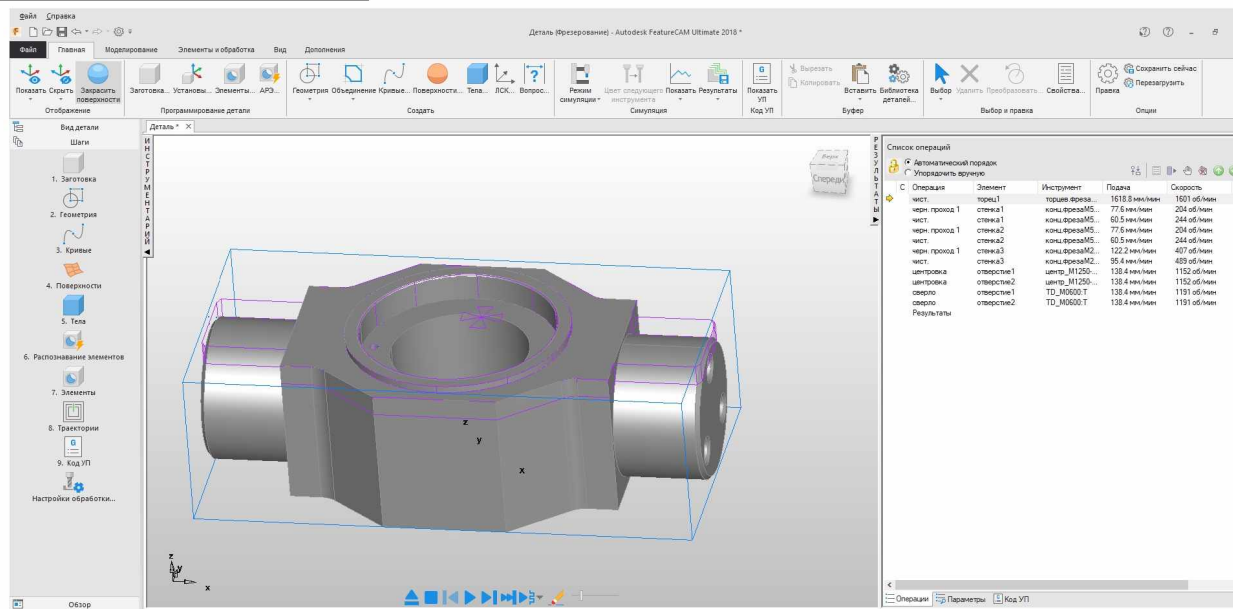
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



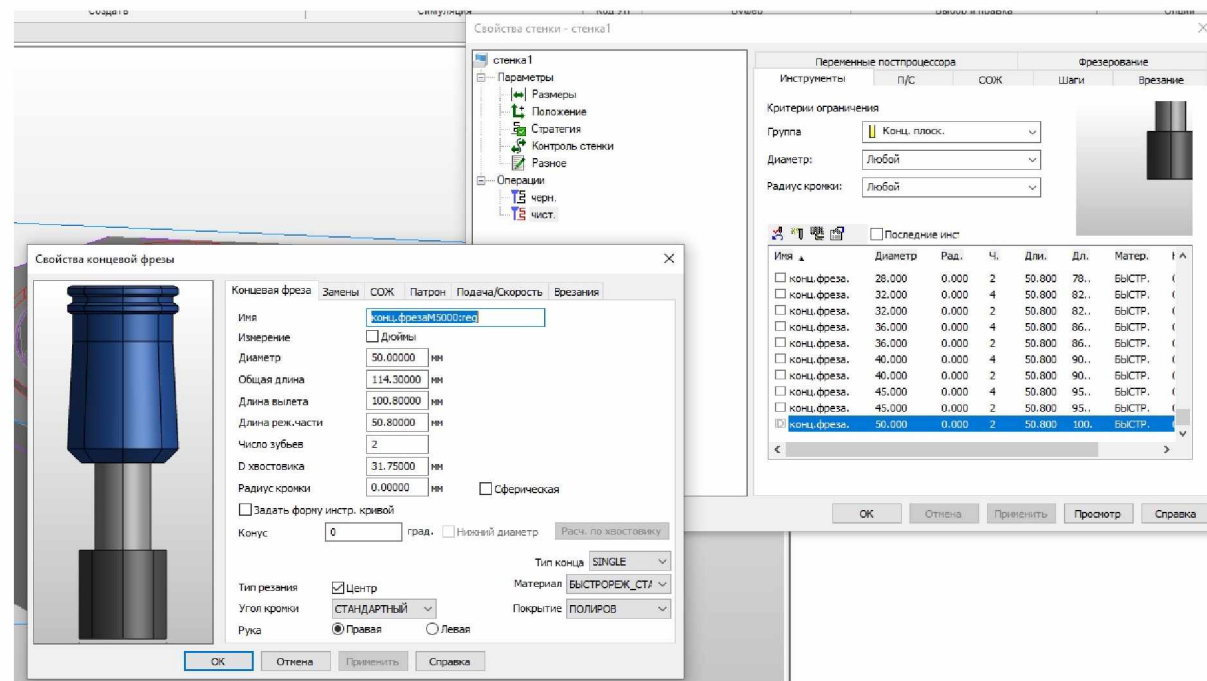
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



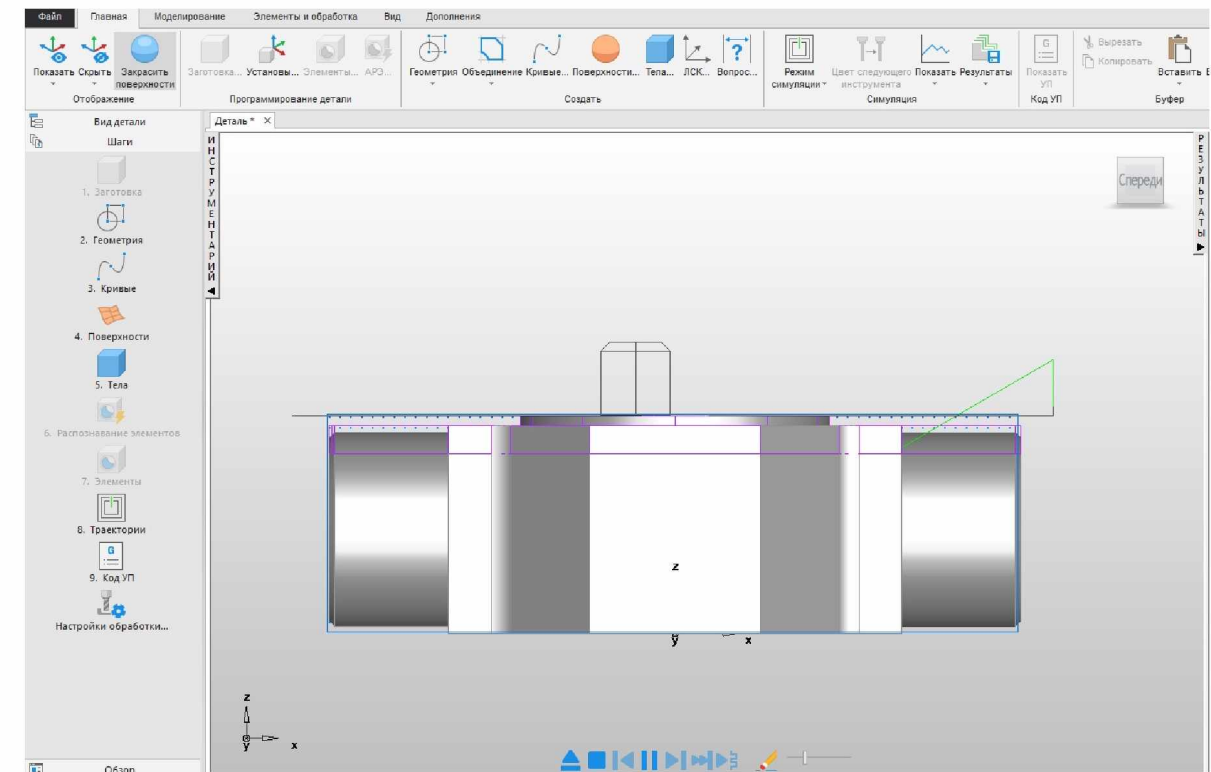
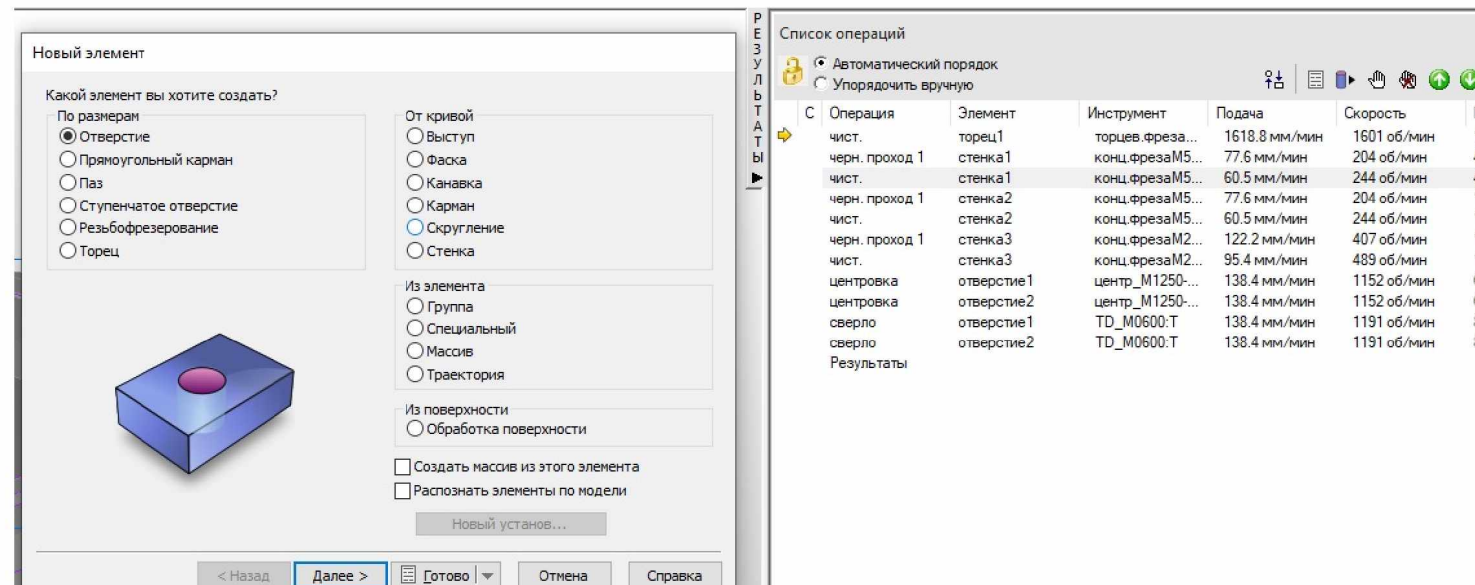
					КНУ.КБР.131.25.2-06.ІАСРІ				
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб	
						Н			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист	Листів 1		
Розробив	Пасько					Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск			
Керівник	Нечаєв								
Н.контр.	Нечаєв								
Затв.	Рязанцев								



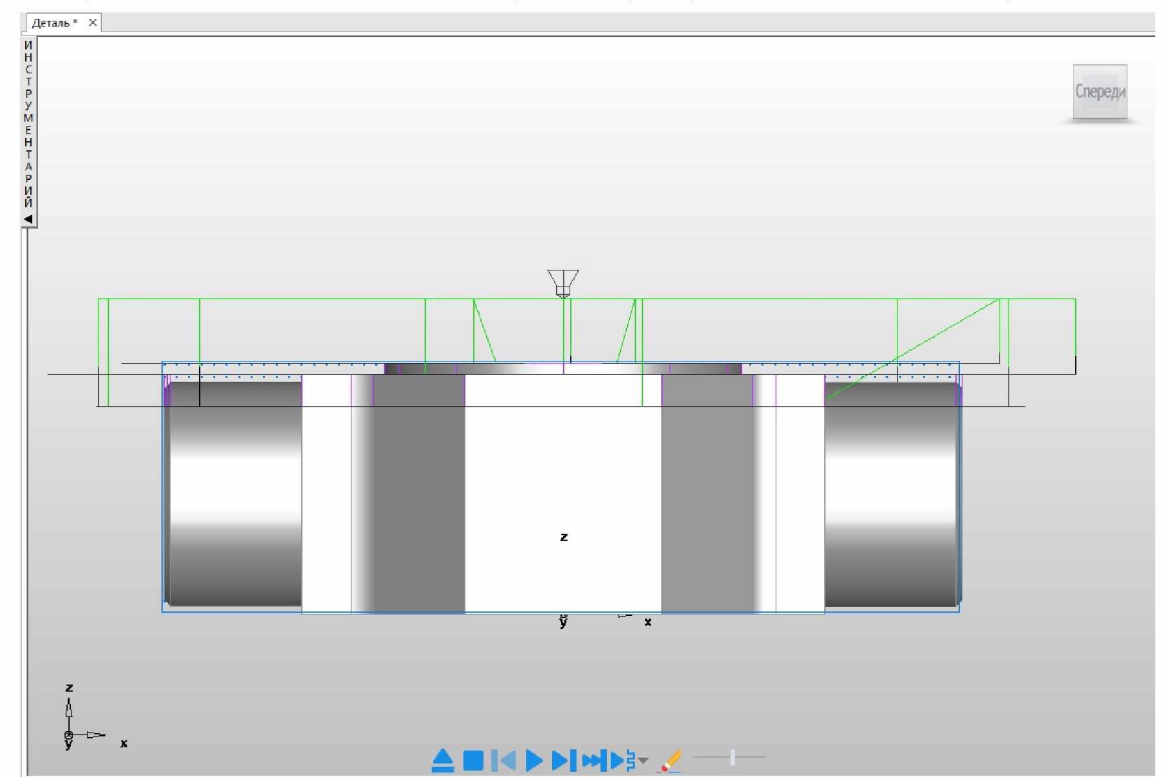
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Розпізнавання елементів деталі



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (свердління)



				КНУ.КБР.131.25.2-06.МПМО		
				Моделювання процесу механічної обробки		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Пасько			Н		
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Затв.	Рязанцев					