

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-01.00.00.000.ПЗ

Група ПМ21-1К

Шулик Олег

Романович

2023



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

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри \_\_\_\_\_**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
НА БАКАЛАВСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Шулику Олегу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологія виготовлення деталі «Втулка ПГУ 16 М.00.419»

керівник роботи Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “25” травня 2023 року № 203/7

2. Терміни подання студентом роботи 15 червня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Втулка»; тип виробництва: середньо-серійний

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

1. Конструкторсько-технологічний аналіз. 2. Проектування технології виготовлення деталі. 3. Проектування технологічної оснастки. 4. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК

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

1. Креслення деталі – 1 лист А1. 2. Креслення пристрою на обробку – 1 лист А1.

3. Креслення контрольного пристрою – 1 лист А1. 3 Вибір різального інструменту – 1 лист А1. 5. Візуалізація ЧПК обробки – 1 лист А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	10.03.2023	
2	Проектування технології виготовлення деталі	01.04.2023	
3	Проектування технологічної оснастки.	01.05.2023	
4	Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК	15.05.2023	
5	Захист бакалаврської роботи	22.06.2023	

Студент \_\_\_\_\_ Шулик О.Р.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лукань Т.В.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## Реферат

Бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на тему «Технологія виготовлення деталі «Втулка ПГУ 16 М.00.419» . Робота складається з 69 аркушів, 34 рисунків, 26 таблиць, додатків. В роботі було використано 9 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – технологія виготовлення деталі «Втулка ПГУ16М.00.419»

Мета роботи – створення технологічного процесу для виготовлення «Втулка ПГУ 16 М.00.419» для умов середньо серійного виробництва.

Головною метою моєї роботи є створення технологічного процесу для деталі «Втулка ПГУ 16 М.00.419». Також включається вибір належних верстатів для обробки цієї деталі, створення пристроїв для обробки та контрольного пристрою для перевірки конкретної поверхні деталі. Крім того, в межах проекту необхідно розробити керуючу програму для верстату з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Згідно з поставленою задачею, були досягнуті такі результати:

- 1) Розроблений технологічний процес механічної обробки
- 2) Проведено відбір верстатів, які є найбільш оптимальними і ефективними для обробки деталі.
- 3) Розроблено фрезерний пристрій для обробки даної деталі.
- 4) Розроблено контрольний пристрій для контролю радіального биття.
- 5) Розроблена керуюча програма для обробки на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Ключові слова: Технологічний процес, заготовка, припуск, точність, обробка, деталь, ріжучий інструмент, верстати, пристрої, технологічна документація, CNC.

Студент

Шулик О.Р.

## Summary

The bachelor's qualification work was performed on the topic "Technology of manufacturing the part "PSU 16 M.00.419". The work consists of 69 pages, 34 figures, 26 tables, and appendices. The work includes 19 bibliographic references.

The object of research is the process of machining.

The subject of research is the technology of manufacturing the part "Bushing PGU16M.00.419".

Purpose of the work - to create a technological process for the manufacture of "Bushing PGU 16 M.00.419" for medium-sized batch production.

The main purpose of my work is to create a technological process for the part "Bushing CCGT 16 M.00.419". It also includes the selection of appropriate machines for processing this part, the creation of machining devices and a control device for checking the specific surface of the part. In addition, the project requires the development of a control program for a computer numerical control (CNC) machine.

According to the task, the following results were achieved:

- 1) The technological process of machining was developed
- 2) Selection of machines that are the most optimal and efficient for machining the part.
- 3) A milling device for machining this part was developed.
- 4) Develop a control device for monitoring radial runout.
- 5) A control program for machining on a computer numerical control (CNC) machine has been developed.

Keywords: Technological process, workpiece, allowance, accuracy, machining, part, cutting tool, machine tools, devices, technological documentation, CNC.

Student

Shulyk O.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Конструкторсько-технологічний аналіз.....	9
1.1 Аналіз призначення і конструкції деталі.....	9
1.2 Точність, шорсткість поверхонь та їх взаємне розміщення.....	13
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
2. Проектування технології виготовлення деталі.....	17
2.1 Визначення програми випуску деталей.....	17
2.2 Вибір способу отримання заготовки.....	19
2.3 Розробка маршруту обробки деталі.....	21
2.4 Призначення припусків на механічну обробку.....	27
3. Проектування технологічної оснастки.....	29
3.1 Вибір засобів технологічного оснащення.....	29
3.2 Вибір різального інструменту.....	37
3.3 Розрахунок режимів різання.....	50
3.4 Конструкторська частина.....	52
3.4.1 Пристрій Фрезерно- свердлильний.....	52
3.4.1.1 Розрахунок пристрою на точність.....	57
3.4.2 Пристрій контрольний.....	59
3.4.2.1 Розрахунок на точність контрольного пристрою.....	60
4. Створення керуючої програми для верстата з ЧПК HAAS ST-15.....	62
Висновки.....	68

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>								
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<i>Пояснювальна записка</i>								
Розроб.		<i>Щулик О.Р.</i>								Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		<i>Ліцкань Т.В.</i>									6	69	
		<i>Ліцкань Т.В.</i>								<i>ІФНТУНГ ПМ-21-1К</i>			
Затверд.		<i>Панчук В.Г.</i>											

## ВСТУП

Машинобудування, без перебільшення, є наймасштабнішою галуззю промисловості. Машинобудівні підприємства різної спрямованості розташовані по всій території нашої країни. Найважливішими галузями є верстатобудування, авіаційна промисловість, суднобудування, оборонна промисловість, автомобілебудування, залізничне, енергетичне та сільськогосподарське машинобудування, двигунобудування, космічна промисловість.

Основними елементами розвитку сучасного машинобудування є вдосконалення засобів виробництва, методів організації виробництва (до прикладу, використання технологій серійного та масового виготовлення), перехід до стандартизації, автоматизації та інформаційного забезпечення процесів. Одним з таких нововведень були верстати з ЧПК.

Системи числового програмного керування (СЧПК) призначені для автоматизації роботи верстатного обладнання та здійснення обробки за заданою програмою.

Сучасні обробні комплекси мають значну технологічну гнучкість і універсальність багато в чому завдяки наявності СЧПК. Намічається тенденція використовувати універсальне обладнання (замість вузькоспеціалізованого верстатного оснащення і роботів-автоматів) навіть за умови багатосерійного виробництва, тому що можливість легкого переналагодження виявляється більш вагомим плюсом, ніж підвищення вартості обладнання. Крім того, виготовлення складних профільованих деталей без використання багатокоординатного програмного оброблення часом виявляється неможливим у принципі.

ЧПК виробляє деталі з жорсткими допусками і чудовими властивостями матеріалу. Завдяки високій повторюваності, ЧПУ підходить як для разових робіт, так і для виробництва малих і середніх обсягів (до 1000

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

деталей). Однак, порівняно з 3D-друком, ЧПК має більше обмежень під час проєктування через субтрактивний характер технології.

Перевага верстатів з ЧПК полягає в безпеці. Верстати з ЧПК дають змогу автоматизувати практично всі процеси, тому в операторів немає потреби взаємодіяти з небезпечним обладнанням. Безпечне робоче середовище навколо верстата з ЧПК вигідне як для компанії, так і для оператора.

Висновок щодо верстатів з ЧПК полягає у тому, що це сучасна технологія виробництва, яка дозволяє виготовляти складні деталі та вироби з високою точністю та швидкістю.

Застосування верстатів з ЧПК дозволяє значно зменшити час виготовлення та витрати на розробку та виготовлення виробів, що є дуже важливим у сучасних умовах конкуренції на ринку.

Крім того, верстати з ЧПК дозволяють виготовляти вироби з високою якістю та повторюваністю, що дозволяє виробникам забезпечувати стабільну якість продукції та відповідати вимогам клієнтів.

Використання верстатів з ЧПК також дозволяє виробникам забезпечувати більш гнучкий та швидкий виробничий процес, що дозволяє швидко адаптуватись до змінних вимог ринку та замовників.

Таким чином, верстати з ЧПК є ефективним інструментом виробництва, який дозволяє підвищити якість, швидкість та ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити більш гнучкий виробничий процес.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

## 1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі «Втулка ПГУ16М.00.419»

Втулка - це трубоподібна деталь з отвором по центру, яка використовується для з'єднання двох або більше валів або деталей з отворами різного розміру. Втулки можуть мати різні форми та розміри в залежності від їх призначення.

Втулки в машинобудуванні використовуються для з'єднання, фіксації та зменшення зносу різних деталей машин. Вони забезпечують точну позиціювання та стабільність роботи механізмів. Втулки виготовляють з різних матеріалів, таких як сталь, латунь, бронза, пластмаса та інші. Вибір матеріалу залежить від умов експлуатації та призначення втулок. Втулки - це важливі деталі для з'єднання та фіксації різних деталей машин. Вони забезпечують точність позиціювання та стабільність роботи механізмів та зменшують знос рухомих деталей.

Таким чином, дві деталі вузла або механізму не стикаються між собою. Це унеможливило їхнє тертя, а також знижує надмірне навантаження, яке втулка приймає на себе. Завдяки цьому агрегати, вузли і механізми, а також їхні деталі використовуються максимально ефективно, а показник їхньої зносостійкості істотно зростає. Такий підхід дає можливість продовжити термін служби і забезпечити безперебійну експлуатацію механізмів, зокрема і дорогих. Виготовлення втулок передбачає можливість їхнього виробництва за стандартами і кресленнями замовника з розробкою індивідуального технічного регламенту.

Деталь Втулка ПГУ16М.00.419 виготовлена сталі 45 ДСТУ 7809-2015, конструкційна якісна вуглецева сталь 45 використовується для виготовлення покращених, нормалізованих, з поверхневою обробкою деталей підвищеної міцності. Тому вона набула широкого застосування для виготовлення валів,

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втулок, шестерень, циліндрів, кулачків, інших деталей машин і механізмів, де необхідний високий опір зносу.

Маса деталі 2,9 кг

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809-2015, %

C	Вуглець	0,42 - 0,5
Si	Кремній	0,17 - 0,37
Mn	Марганець	0,5 - 0,8
Ni	Нікель	до 0,25
S	Сірка	до 0,04
P	Фосфор	до 0,035
Cr	Хром	до 0,25
Cu	Мідь	до 0,25
As	Миш'як	до 0,08
Fe	Залізо	~97

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809-2015

<b>Механічна властивість</b>	<b>Значення</b>
Межа міцності в розтягу, МПа	590-690
Модуль Юнга, ГПа	210
Міцність на розрив, МПа	650-800
Міцність на стиск при зміщенні 0,2%, МПа	490-590
Міцність на згин, МПа	1130-1330
Твердість за Бринелем, НВ	187-229
Твердість за Роквеллом, НRV	70-85



Згідно з ДСТУ 7809-2015 твердість металопродукції зі сталі 45:  
гарячого прокату, без термічної обробки - 229 НВ;  
гарячого прокату після відпалу або високого відпуску - 197 НВ;  
каліброваної зі спеціальним оздобленням поверхні нагартованої - 241НВ;  
каліброваної та зі спеціальним оздобленням поверхні після відпалу або  
високого відпуску - 197 НВ.

Згідно креслення деталь потрібно піддати термічній обробці, закалці  
при температурі 820...840 °С, відпуску при температурі 180...220 °С, і  
використати в якості гартуючого середовища воду.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 1.2 Точність, шорсткість поверхонь та їх взаємне розміщення

Таблиця 1.5 - Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розташування

№ поверхні	Класифікація поверхні	Розмір та точність поверхі	Точність форми і розміщення	Шорсткість мкм
1,12	Торець	180 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
2	Фаска	1x45°	Особливих вимог немає	Ra 6,3
3	Зовнішня циліндрична	Ø75h14	Особливих вимог немає	Ra 3,2
4	Зовнішня циліндрична	Ø70n6 $\left( \begin{matrix} +0.039 \\ +0.020 \end{matrix} \right)$	Допуск співвісності осі відносно осі отвору А 0.02 мм. Допуск радіального биття відносно осі отвору А 0.02 мм.	Ra 0.8
5,6,7	Канавки	R4 B6 h14	Особливих вимог немає	Ra 6.3
8	Канавка для виходу різьби	45° B5 h14	Особливих вимог немає	Ra 6.3
9	Різьба	M64x2-6g	Особливих вимог немає	Ra 3.2
10	Шпонковий паз	130 B10 h3.5	Особливих вимог немає	Ra 6.3
11	Фаска	1.6x45°	Особливих вимог немає	Ra 6,3
13	Внутрішня циліндрична	Ø51 h14	Особливих вимог немає	Ra 6,3
14	Уступ	L20	Особливих вимог немає	Ra 6,3
15	Внутрішня циліндрична	Ø50H7 $\left( \begin{matrix} +0.025 \end{matrix} \right)$	Базова поверхня А	Ra 0.8
16	Упор	10 h14	Особливих вимог немає	Ra 3.2
17	Скруглення	R0.5	Особливих вимог немає	Ra 6.3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

13

18	Скруглення	R2	Особливих вимог немає	Ra 6,3
----	------------	----	-----------------------	--------

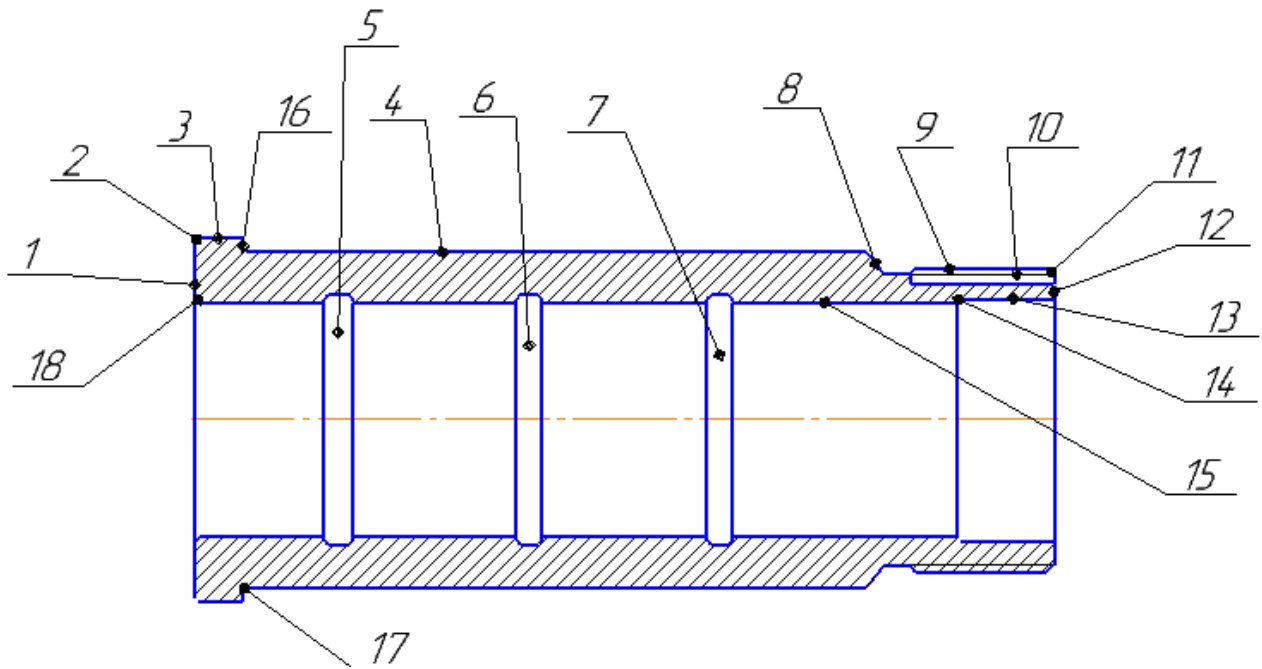


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі із номерами її поверхонь

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Наведемо методи механічної обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності розмірів та якості занесемо у таблицю 1.6, ([1], табл. 3.1, стор 150)

Таблиця 1.6 - Методи досягнення заданої точності і шорсткості поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір та точність поверхі	Вид обробки	Тип верстату	Шорсткість мкм
1,12	180 h14	Чорнове точіння Точіння напівчистове	Токарно-гвинторізний	Ra 6,3
3	$\varnothing 74h14_{(-0,74)}$	Чорнове точіння Точіння чистове	Токарно-гвинторізний	Ra 3.2
4	$\varnothing 70n6_{\left(\begin{smallmatrix} +0.039 \\ +0.020 \end{smallmatrix}\right)}$	Чорнове точіння Напівчистове точіння Точіння чистове Чистове шліфування	Токарно-гвинторізний Круглошліфувальний верстат	Ra 0.8
5,6,7	R4 B6 h14	Чорнове точіння Точіння чистове	Токарно-гвинторізний	Ra 6.3
8	45° h14	Чорнове точіння Точіння чистове	Токарно-гвинторізний	Ra 6.3
9	M64x2-6g	Чорнове точіння Напівчистове точіння Точіння чистове Нарізання різьби	Токарно-гвинторізний	Ra 3,2
10	30 h14	Чорнове фрезерування	Вертикально-фрезерний	Ra 6.3
13	$\varnothing 51 h14$	Чорнове точіння	Токарно-гвинторізний	Ra 6,3
15	$\varnothing 50H7_{\left(+0.025\right)}$	Чорнове точіння Напівчистове точіння Точіння чистове Чистове шліфування	Токарно-гвинторізний Внутрішньо-шліфувальний верстат	Ra 0.8

16	10 h14	Чорнове точіння Точіння напівчистове	Токарно- гвинторізний	Ra 3,2
----	--------	--	--------------------------	--------

Після аналізу креслення втулки, можна зробити висновок, що геометрія деталі є правильною, а значення шорсткостей поверхонь відповідає квалітетам точності їх розмірів та методам обробки. Розміри та форма деталі, а також тип виробництва впливають на вибір обладнання для обробки.

Точність виготовлення розмірів та шорсткість поверхонь всіх поверхонь коливається в межах IT6-IT14 і відповідно Ra0,8-Ra6,3 мкм, тому точність цих поверхонь отримується за рахунок чорнового і чистового точіння, фрезерування або шліфування. Отже, на підставі аналізу можна стверджувати, що деталь в цілому є технологічною і дозволить використовувати прогресивні методи обробки дивлячись на конструкцію і матеріал з якого виготовлятиметься дана деталь.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2. Проектування технології виготовлення деталі

### 2.1 Визначення програми випуску деталей

Основою для проектування цеху є виробнича програма. Вона формується відповідно до виробничої програми підприємства, враховуючи його тип виробництва, характер випуску продукції та стадію проектування. Залежно від цих факторів, виробнича програма може бути точною, приведеною або умовною.

Для середньосерійного виробництва, виробнича програма складається з повного переліку деталей, які повинні бути оброблені в цеху, включаючи їх кількість, матеріал та масу.

Виготовлення певного обмеженого асортименту виробів, які виготовляються партіями (серіями) та періодично повторюються характеризується Серійне виробництво. Крім того, воно включає широку спеціалізацію робочих місць, що є важливим фактором його організації.

Відповідно до ГОСТ 14.004-83, програма випуску є набором предметів праці з однаковою назвою та розміром, які виготовляються у певних кількостях протягом певного періоду часу, при цьому на кожну операцію витрачається однаковий час підготовки та заключний час. У даному випадку, з урахуванням типу виробництва - середньосерійного, можна стверджувати, що програма випуску складатиметься з певної кількості предметів праці з однаковими розмірами та назвою, що будуть виготовлятися партіями (серіями) протягом певних періодів часу.

Маса деталі рівна – 2,9 кг.

У зв'язку з тим, що нам не маємо норм часу на виготовлення перехідника, річну програму випуску необхідно прийняти приблизно. З цією метою ми можемо скористатись нормативами з ([2], табл 1.1, с.5), які вказують, що річна програма випуску залежить від типу виробництва та

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

виробів, що випускаються. З огляду на те, що наша деталь відноситься до категорії легких деталей  $m=2,9\text{кг}$  і менша 20 кг, рекомендована річна програма випуску коливається в межах від 5000 до 10000 штук на рік. Отже, ми можемо прийняти  $N_p=6000$  шт. цієї деталі на рік. Такий підхід дозволить нам оптимально розпланувати виробничі процеси та забезпечити необхідну кількість випущених виробів.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## 2.2 Вибір способу отримання заготовки

Деталь втулка ПГУ 16М.00.419 є простої конфігурації з зовнішнім діаметром  $d_{max} = 75\text{мм}$ . і внутрішнім діаметром  $D_{min} = 50\text{мм}$ .

Для досягнення мінімальної собівартості виготовлення деталі, заготовка повинна відповідати таким критеріям: максимально наближена до форми готової деталі, має мінімальну кількість оброблюваних поверхонь та мінімальні припуски. З урахуванням форми деталі та матеріалу, найкращим варіантом є вибір заготовки з прокату.

У зв'язку з необхідністю враховувати якість та ціну при виборі заготовки, найкраще підійде сталеві безшовна гарячекатана труба. Цей варіант є найбільш оптимальним, оскільки забезпечує високу точність та якість при розумній ціні. Вибір правильної заготовки дозволить знизити витрати на обробку та припуски, що дозволить зменшити собівартість виготовлення деталі.

Оскільки втулка має не складну форму і діаметр внутрішнього отвору деталі менший від зовнішнього на 25 мм. використовувати кругляк є економічно не вигідно. Тому доцільніше буде вибрати сталеву безшовну гарячекатану трубу підвищеної точності.

В якості заготовки обираємо трубний прокат за ДСТУ 8938:2019 ([3]) діаметром  $78 \pm 0.6\text{мм}$  та товщиною стінки  $17^{+1.700}_{-2.125}\text{мм}$ .

Із заготівельного цеху беремо заготовку довжиною 186мм, зовнішнім діаметром  $D_{зовн.} = 78 \pm 0.6\text{мм}$ . і товщиною стінки  $17^{+1.700}_{-2.125}\text{мм}$ .

Маса заготовки 4,76 кг

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



## 2.3 Розробка маршруту обробки деталі

Середньо серійне виробництво є одним з типів виробництва, який поєднує особливості масового виробництва та виробництва на замовлення. Цей вид виробництва полягає в виробництві проміжних обсягів товарів або продукції, що задовольняють певну кількість споживачів. Часто використовується для виробництва товарів, які мають різні варіації або можуть бути адаптовані до потреб окремих клієнтів.

У порівнянні з масовим виробництвом, де виготовляються великі обсяги однакових товарів, середньо серійне виробництво передбачає менші обсяги виробництва, але більшу гнучкість у виготовленні товарів. Це дозволяє задовільнити індивідуальні потреби клієнтів, надавати різні варіації продукції та швидко реагувати на зміни на ринку.

Середньо серійне виробництво використовує напів автоматизовані або автоматизовані системи, що забезпечують ефективність та стабільність процесу виробництва при виготовленні невеликих серій товарів. Також застосовуються принципи гнучкого виробництва, які дозволяють швидко змінювати налаштування обладнання та переналаштовувати лінії виробництва для виготовлення різних типів товарів.

Середньо серійне виробництво є компромісом між масовим виробництвом та виробництвом на замовлення, дозволяючи підприємствам працювати з певною гнучкістю, при цьому забезпечуючи ефективність та економію виробництва.

Технологічний процес механічної обробки втулки ПГУ 16 М.00.419 представлений в табл.2.1.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.1 Технологічний процес механічної обробки втулки ПГУ 16  
М.00.419

№ оп	Назва та зміст операції	Верстат, пристрій	Схема установки
1	2	3	4
010	<p>Токарно-гвинторізна з ЧПК</p> <p>1. Чорнове та напівчистове точіння торця 1.</p> <p>2. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 15 мм <math>\varnothing 74h14(-0,74)</math>, виконання фаски</p> <p>3. Чорнове розточування поверхні 15.</p> <p>4. Напівчистове розточування поверхні 15</p> <p>5. Чистове розточування поверхні 15, виконання радіусної фаски 18 R2</p> <p>6. Точіння поверхонь 5,6,7.</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15</p> <p>3-х кулачковий патрон Röhм 90-3S-M12</p> <p>Різець прохідний DCLNR 2525M 12</p> <p>Різець прохідний CP-25BR-2525-12</p> <p>Різець розточний 570-SDUCR-32-11</p> <p>Оправка 570-3С 32 320</p> <p>Оправка С5-570-3С 32 224</p>	Рис 2.2
020	<p>Токарно-гвинторізна з ЧПК</p> <p>1. Підрізати торець 12 в розмір 180h14</p> <p>2. Чорнове точіння поверхні 4,16,8,9</p> <p>3. Напівчистове точіння поверхні 4,16,8,9</p> <p>4. Чистове точіння</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15</p> <p>Різець розточний 570-SCLCR-32-09</p> <p>Оправка С5-570-3С 32 224</p> <p>Різець прохідний DCLNR 2525M 12</p> <p>Різець прохідний CP-25BR-</p>	Рис 2.3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

22



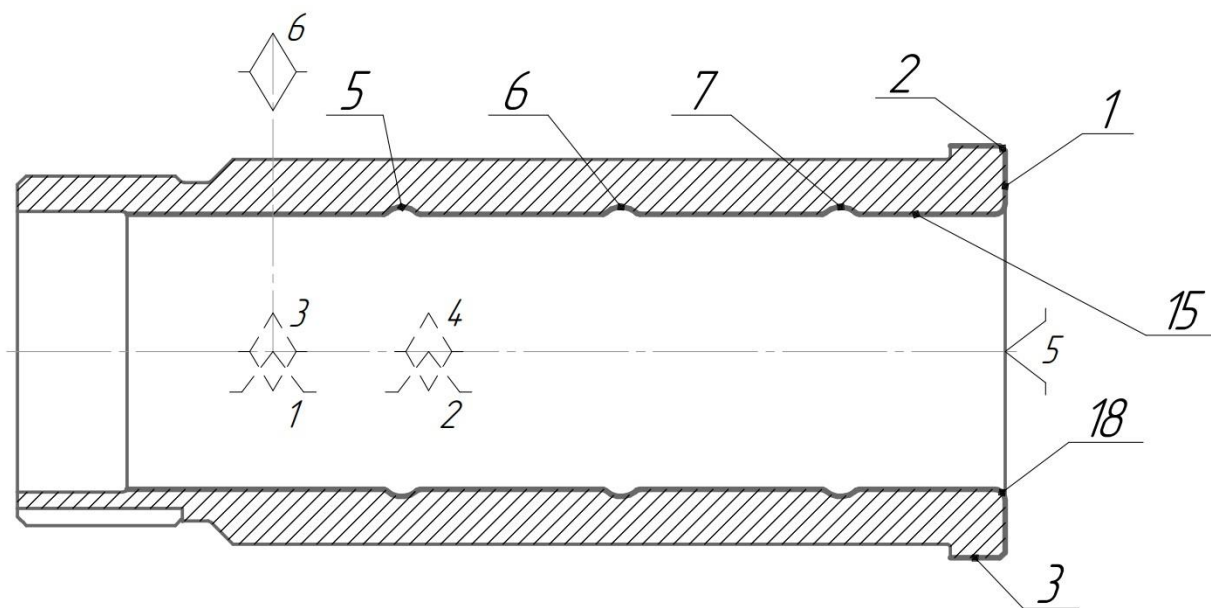


Рис 2.2 –Схема установки на операцію 010

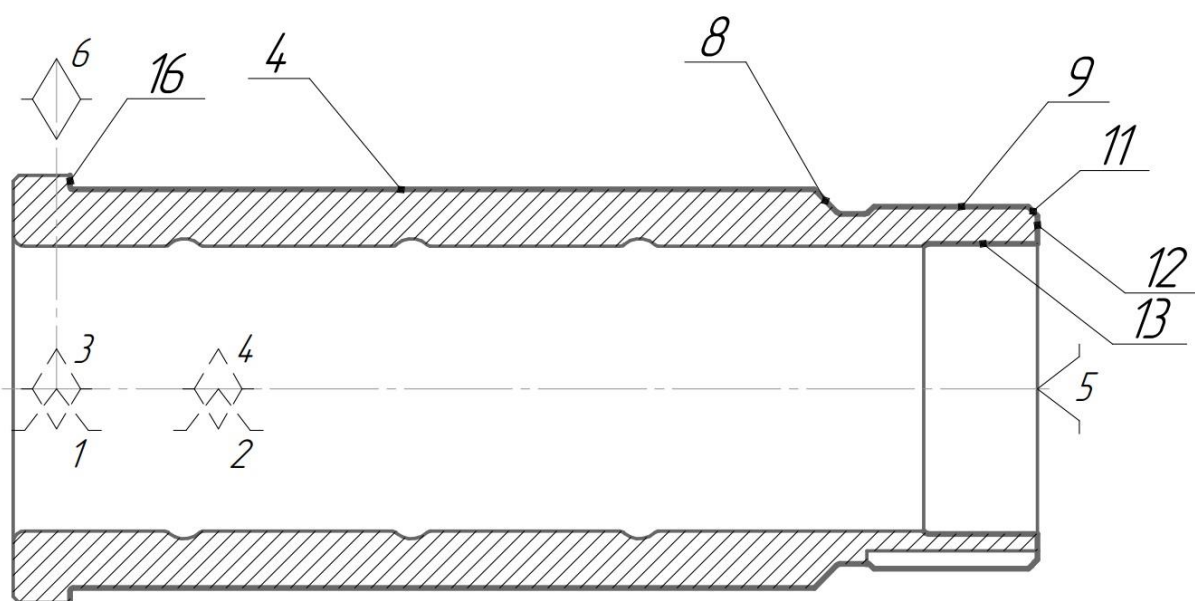


Рис 2.3 –Схема установки на операцію 020

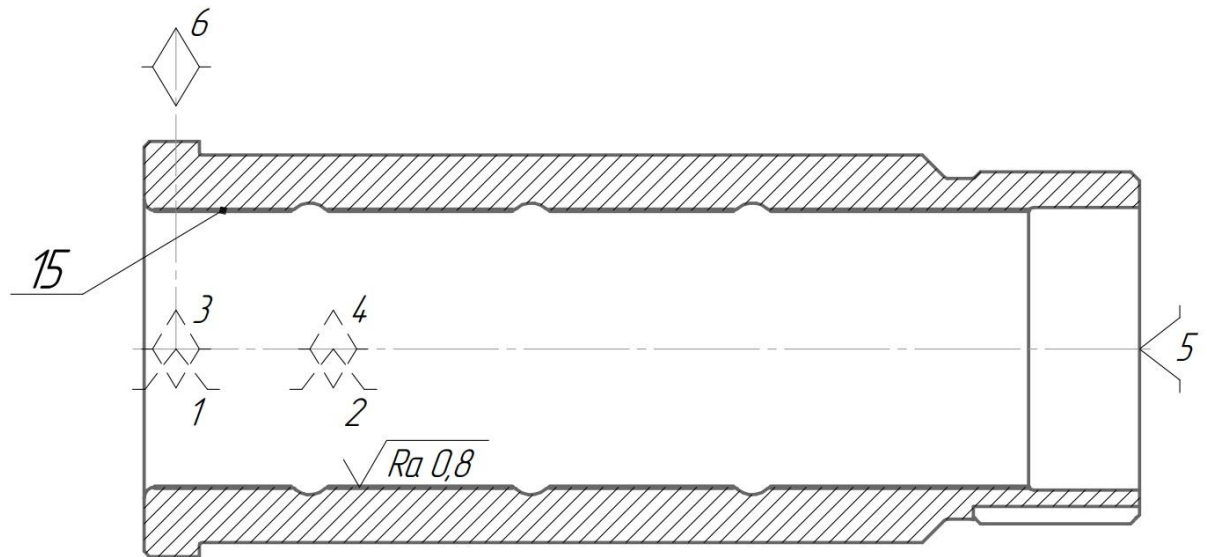


Рис 2.4 –Схема установки на операцию 040

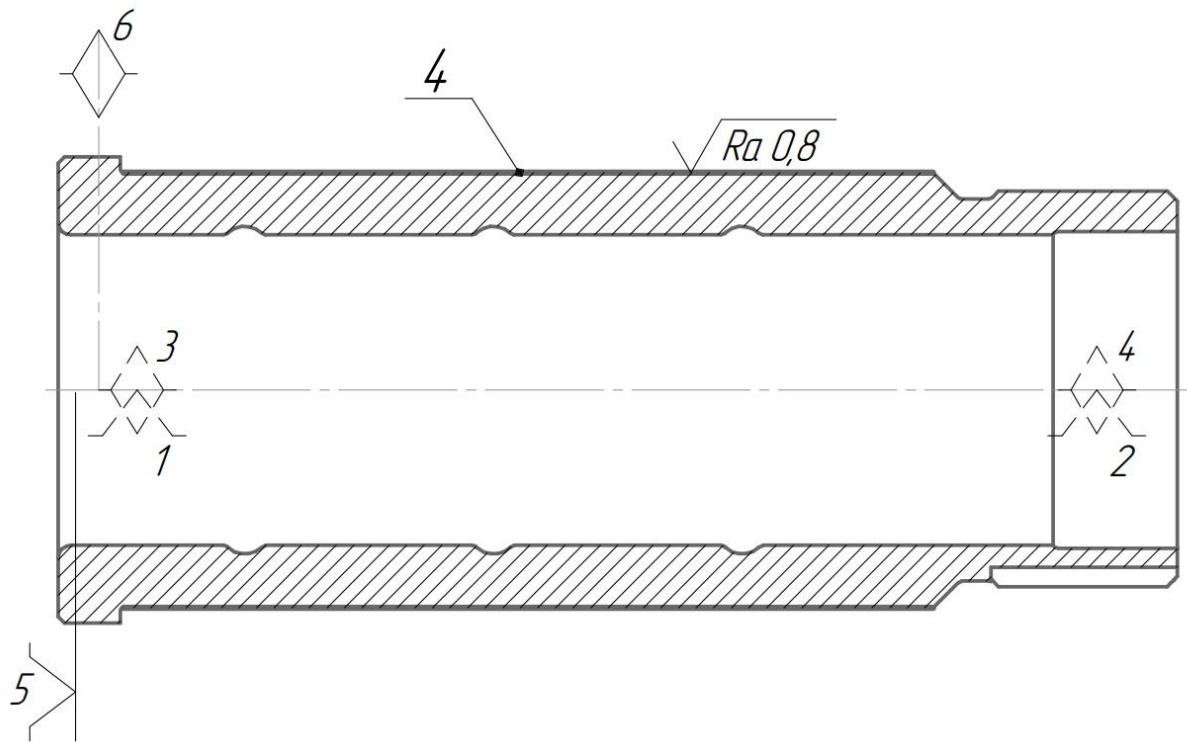


Рис 2.5 –Схема установки на операцию 050

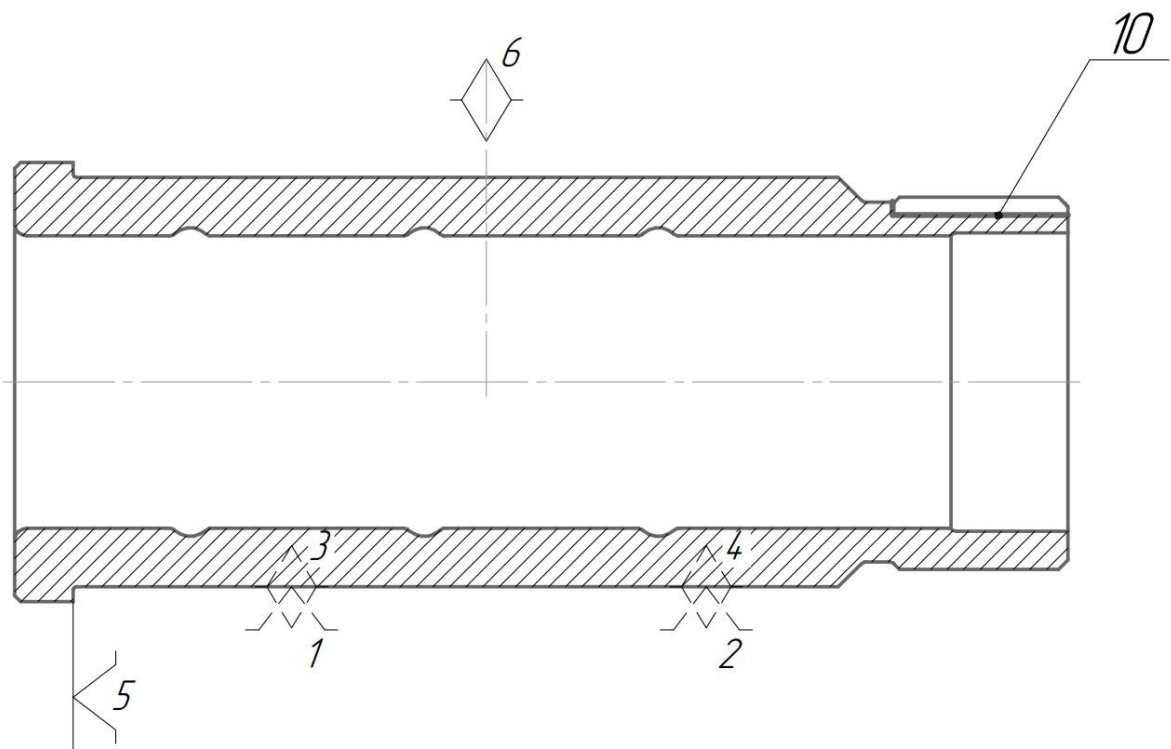


Рис 2.6 –Схема установки на операцію 060

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

## 2.4 Призначення припусків на механічну обробку поверхонь

При виготовленні деталі необхідно розрахувати оптимальні припуски, які забезпечать високу продуктивність обробки, задовольняючи вимоги до точності та шорсткості поверхні, і при цьому знизити вартість деталей. Використання належних припущень дозволить скоротити час обробки, зменшити витрати на матеріал і підвищити продуктивність обладнання. Міжопераційні припуски на обробку надаються для кожної поверхні деталі згідно рисунку 1.1. табличним способом

Таблиця 2.2 – Припуски на механічну обробку

№ поверхні	Переходи механічної обробки	Величина припуску, мм	Джерело
1,12	Чорнове точіння Точіння напівчистове	2.5 0.5	Табл.3.73, стор.193, [4]
3	Чорнове точіння	3,0	Табл.3.73, стор.193, [4]
4	Чорнове точіння Напівчистове точіння Точіння чистове Чистове шліфування	2,0 0.5 0.3 0,03	Табл.3.73, стор.193, [4]
5,6,7	Чорнове точіння Точіння чистове	2,0 0.45	Табл.3.73, стор.193, [4]
9	Чорнове точіння Напівчистове точіння Точіння чистове Нарізання різьби	2,0 0.5 0.3 0.3	Табл.3.73, стор.193, [4]

10	Чорнове фрезерування	0,90	Табл.3.91, стор.212, [4]
13	Чорнове точіння	2,0	Табл.3.73, стор.193, [4]
15	Чорнове точіння	2,0	Табл.3.73, стор.193, [4]
	Напівчистове точіння	0,5	
	Точіння чистове	0,3	
	Чистове шліфування	0,03	
16	Чорнове точіння	2,0	Табл.3.73, стор.193, [4]
	Точіння напівчистове	0,5	

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

#### 3.1 Вибір засобів технологічного оснащення.

В проектному технологічному процесі обробки деталі Втулка ПГУ16М.00.419 задіяні наступні верстати: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15, круглошліфувальний верстат CORMAK MW-500, Фрезерно-свердлильний верстат JET JMD-18, Внутрішньошліфувальний верстат Studer S131. Технічні характеристики верстатів вказано нижче.

*Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15*



Рис. 3.1 Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Високопродуктивні токарні центри Haas серії ST були створені з нуля для забезпечення гнучкості налаштування, надзвичайної жорсткості та високої температурної стабільності.

ST-15 - це токарний верстат з дуже маленькою площею і опцією шпинделя Big Bore, який при цьому надає велику робочу зону. Цей верстат представляє найкраще співвідношення за ціною та якістю у своєму класі.

- Дуже маленька зайнята площа
- Шпиндель із опцією Big Bore
- Ідеальний для великих обсягів, високопродуктивної роботи
- Зроблено у США

Таблиця 3.1 Характеристики верстата HAAS ST-15

Тип управління	ЧПК
Кількість осей	2 осі
Передній кінець шпинделя	A2-6
Кількість інструментів	12 інструментів
Діаметр	419 мм
Швидкість обертання	4 000 rpm
Хід X	200 мм
Хід Z	406 мм
Швидка подача по осі X	30 500 мм/хв
Швидка подача осі Z	30 500 мм/хв
Максимальний крутний момент	203 Nm
Вага	3 584 kg

*Круглошліфувальний верстат CORMAK MW-500*



Рис.3.2 Круглошліфувальний верстат CORMAK MW-500

**Шліфувальний верстат валів і отворів CORMAK MW 500**

характеризується стабільною роботою і низьким рівнем шуму завдяки використанню гвинтових насосів у гідравлічній системі. Крім того, шліфувальна головка шпинделя забезпечує високу точність обертального руху і чудову жорсткість.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 3.2 - Технічні дані верстату CORMAK MW-500

Висота центрів [мм]	100
Відстань між центрами [мм]	520
Макс. довжина шліфування (мм)	500
Діаметр шліфування (мм)	4-125
Макс. вага заготовки [кг]	10
Діаметр внутрішнього шліфування [мм]	10-40
Глибина внутрішнього шліфування [мм]	50
Збільшення подачі на блок шліфування	0,0025
Значення гідравлічної подачі столу	0,05-4,5
Поворот столу вправо/вліво	+/- 9°
Діаметр шліфування (мм)	4-125
Обороти шпинделя	(6) 300 - 1040
Поворот шліфувального шпинделя	+/- 90 °
Конус шпинделя	МК 4
Макс. хід шліфувального круга [мм]	115 mm
Макс. хід шліфувального кола у верхній частині повзунка [мм]	65
Експрес-гідравлічна подача шліфувального круга [мм]	15
Подача з допомогою обертового колеса [мм]	0,5
Подача за допомогою механічного важеля [мм]	0,0025
Розміри шліфувального круга [мм]	300 x 40 x 127
Кут повороту вправо/вліво	+/- 180
Задня бабка	МК 2
Швидкість обертання шпинделя при шліфуванні отворів	17000 min
Потужність двигуна зовнішнього [кВт]	3,475
Розміри [мм]	2240x1160x1600
Вага [кг]	1800

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

### Фрезерно-свердильний верстат JET JMD-18



Рис. 3.3 Фрезерно-свердильний верстат JET JMD-18

Свердильно-фрезерний верстат володіє широким спектром можливостей. Максимальний діаметр свердла, який можна використовувати, становить 16 мм. При фрезерній обробці, верстат дозволяє використовувати ріжучі інструменти з максимальним діаметром 63 мм. Шпиндель моделі має конус МК-3 і затискну тягу M12. Щоб забезпечити надійне закріплення шпинделя, опора оснащена групою конічних підшипників. Хід пінолі становить 90 мм. Функція мікроподачі шпинделя встановлена для поліпшення якості обробки та підвищення продуктивності. Регулювання вильоту шпинделя здійснюється механічно.

Моторна група верстата оснащена потужним асинхронним двигуном потужністю 2,6 кВт і функцією реверсу. Завдяки реверсу, шпиндель може обертатися як в праву, так і в ліву сторону. Ременева передача з кінцевим вимикачем дозволяє працювати в 12 режимах швидкості. Діапазон обертання

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

шпинделя становить від 100 до 2160 об/хв. На хрестовому столі з трьома Т-подібними пазами шириною 14 мм можна встановити додаткове обладнання. Робочий стіл має прецизійний механізм.

Вага верстата у спорядженому стані складає 290 кг. В комплекті до верстата входять лампа для освітлення, торцева фреза діаметром 75 мм і свердлильний патрон.

Таблиця 3.3 - Технічні дані Фрезерно-свердлильного верстату JET JMD-18

Напруга, В	230
Максимальний діаметр торцевої фрези, мм	76
Максимальний діаметр кінцевої фрези, мм	20
Частота обертання вертикального шпинделя, об/хв	125 - 2500
Кількість швидкостей вертикального шпинделя, шт	12
Кількість автоматичних подач, шт	3
Відстань від вертикального шпинделя до столу, мм	10 - 455
Відстань від вертикального шпинделя до стійки, мм	200
Розмір столу по осі X та Y, мм	805 x 240
Хід столу по осі X та Y, мм	520 x 170
Хід голови по осі Z, мм	455
Ширина Т-подібного паза столу, мм	16
Відстань між пазами столу, мм	53
Кількість Т-подібних пазів столу, шт	4
Частота обертання шпинделя, об/хв	125 - 2500
Довжина, мм	1080
Ширина, мм	1010
Висота, мм	1105
Маса, кг	290

## Внутрішньошліфувальний верстат Studer S131



Рис. 3.4 Внутрішньошліфувальний верстат Studer S131

Модель S131 є сучасним внутрішньошліфувальним верстатом. Діаметр повороту над робочим столом становить 250 мм (9,8 дюйма), а максимальна довжина заготовки (включаючи затискний пристрій) складає 300 мм (11,8 дюйма).

Цей компактний верстат проявляє високу продуктивність при обробці фланцевих деталей та менших заготовок різних типів. Він володіє рядом складних технічних характеристик, таких як передова система напрямних StuderGuide®, точні осьові приводи з лінійними двигунами, швидкий прямий привід револьверної головки шліфувального шпинделя, автоматичний поворот столу заготовки та інші. Це виконано унікальним способом, щоб задовольнити потреби в точності та продуктивності при внутрішньому шліфуванні.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ				

Таблиця 3.4 Технічні характеристики внутрішньошліфувального верстату  
Studer S131

Характеристика	Значення
Максимальний діаметр шліфування	250 мм (9,8 дюйма)
Максимальна довжина заготовки	300 мм (11,8 дюйма)
Максимальна вага заготовки	Приблизно 50 кг (110 фунтів)
Швидкість шпинделя	До 1250 обертів на хвилину
Максимальна потужність шпинделя	Приблизно 7 кВт (9,4 к.с.)
Система керування	StuderWIN або Fanuc
Система напрямних	StuderGuide®
Вага верстата	5050 кг.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 3.2 Вибір різального інструменту

Вибираю різальний інструмент за сайту <https://www.sandvik.coromant.com>

*Різець прохідний DCLNR 2525M 12*

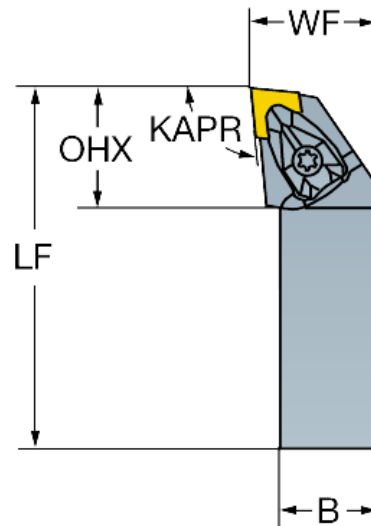


Рис.3.5 Різець прохідний DCLNR 2525M 12

Табл. 3.5 Геометричні та технічні характеристики різця прохідного DCLNR 2525M 12

Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	-6 ти
Кут нахилу (LAMS)	-6 ти
Крутний момент (TQ)	3,9 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CNMG 12 04 08
Маса елемента (WT)	0,714 кг

Пластинка CNMG 12 04 08-PR 4425

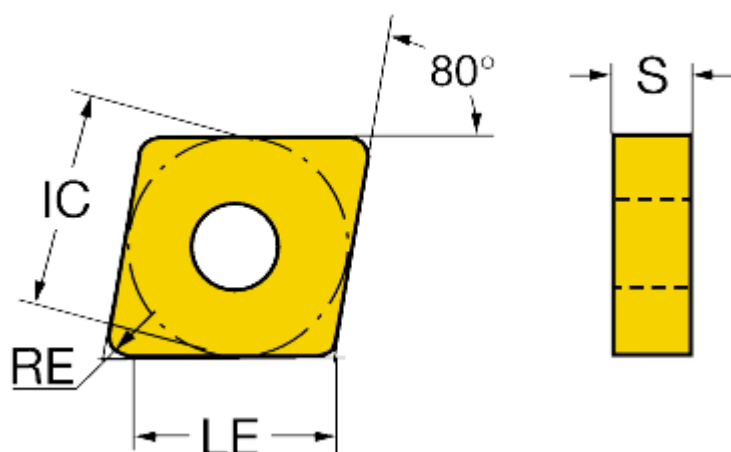


Рис.3.6 Пластинка CNMG 12 04 08-PR 4425

Табл. 3.6 Геометричні та технічні характеристики пластинки CNMG 12 04 08-PR 4425

Діаметр отвору під гвинт (D1)	5 156 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CN1204
Число ріжучих кромок (CEDC)	4
Діаметр вписаного кола (IC)	12,7 мм
Форма пластини (SC)	C
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	12 096 мм
Радіус при вершині (RE)	0,794 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN
Товщина пластини (S)	4762 мм
Головний задній кут (AN)	0 ти
Маса елемента (WT)	0,009 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

38

*Різець прохідний CP-25BR-2525-12*

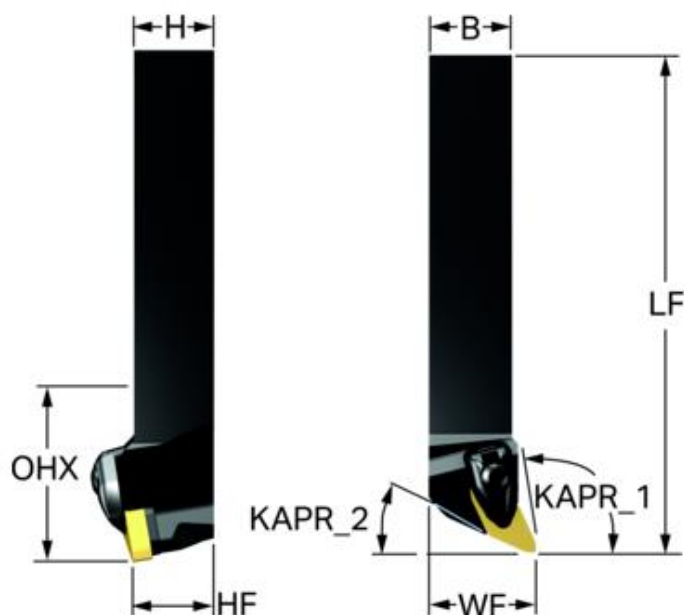


Рис.3.7 Різець прохідний CP-25BR-2525-12

Табл. 3.7 Геометричні та технічні характеристики різця прохідного CP25BR2525-12

Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	-3,9 град
Кут нахилу (LAMS)	-10,3 ти
Крутний момент (TQ)	4 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CP-B1208D
Маса елемента (WT)	0,688 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ*

Арк.

39

Пластинка CP-B1208D-M5 4425

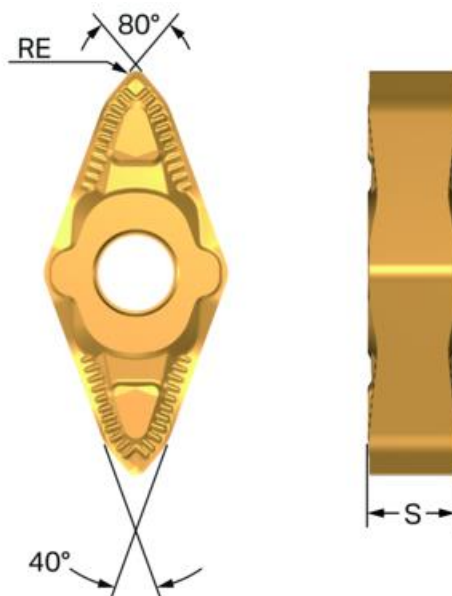


Рис.3.8 Пластинка CP-B1208D-M5 4425

Табл. 3.8 Геометричні та технічні характеристики пластинка CP-B1208D-M5 4425

Діаметр отвору під гвинт (D1)	5 156 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CoroTurn PRIME CP-B12D
Число ріжучих кромок (CEDC)	8
Діаметр вписаного кола (IC)	12 мм
Радіус при вершині (RE)	0,8 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Головний передній кут пластини (GAN)	7 ти
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	6 мм
Головний задній кут (AN)	0 ти
Маса елемента (WT)	0,017 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

40

Різець розточний 570-SCLCR-32-09

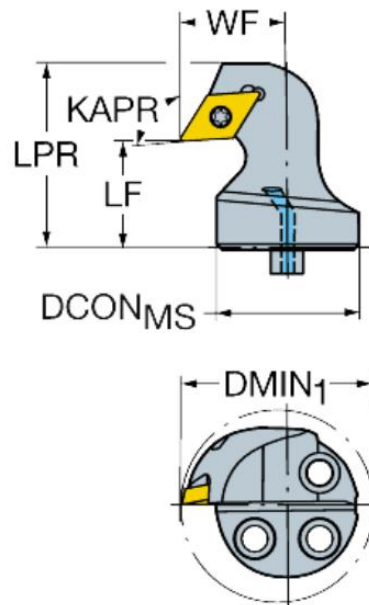


Рис.3.9 Різець розточний 570-SCLCR-32-09

Табл. 3.9 Геометричні та технічні характеристики різця розточного 570-SCLCR-32-09

Мах виліт (ОНХ)	20 мм
Виконання (HAND)	Р
Демпфуючі властивості (DPC)	помилковий
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNSC)	1: осьовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	3: осьовий похилий вихід
Тиск СОЖ (CP)	40 бар
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Програмована довжина (LPR)	37 мм
Функціональна довжина (LF)	20 мм
Функціональна ширина (WF)	22 мм
Функціональна висота (HF)	0 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	0 ти
Кут нахилу (LAMS)	-10 ти
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна гластина (MIIDM)	DCMT 11 T3 08
Маса елемента (WT)	0,142 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

41

Пластинка CCMT 09 T3 12-PR 4425

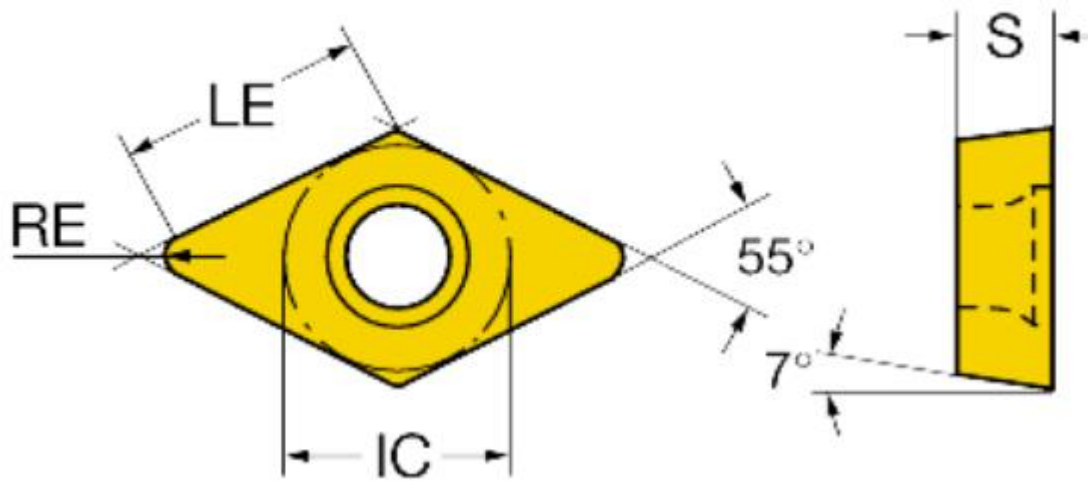


Рис.310 Пластинка CCMT 09 T3 12-PR 4425

Табл. 3.10 Геометричні та технічні характеристики пластинка CCMT 09 T3 12-PR 4425

Діаметр отвору під гвинт (D1)	4,4 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	DC11T3
Число ріжучих кромки (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (IC)	9 525 мм
Форма пластини (SC)	Д
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	11 228 мм
Радіус при вершині (RE)	0,397 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Виконання (HAND)	Н
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	НС
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	3969 мм
Головний задній кут (AN)	7 ти
Маса елемента (WT)	0,004 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

42

Оправка C5-570-3C 32 224

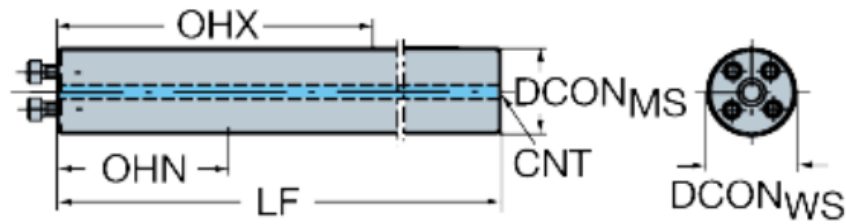


Рис.311 Оправка C5-570-3C 32 224

Табл. 3.11 Геометричні та технічні характеристики оправки C5-570-3C 32 224

Мін виліт (OHN)	100 мм
Мах виліт (OHX)	192 мм
Виконання (HAND)	Н
Демпфуючі властивості (DPC)	права
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNSC)	1: осьовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	1: осьовий концентричний вихід
Розмір різьблення вхідного отвору для СОЖ (CNT)	G 3/8-19
Тиск СОЖ (CP)	70 бар
Забезпечення точності позиціонування (LOCAP)	помилковий
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Функціональна довжина (LF1)	320 мм
Функціональна ширина (WF1)	0 мм
Функціональна висота (HF1)	0 мм
Діаметр корпусу (BD1)	32 мм
Довжина корпусу (LB1)	320 мм
Крутний момент (TQ)	8,8 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Маса елемента (WT)	1,921 кг

Різець розточний 570-SDUCR-32-11

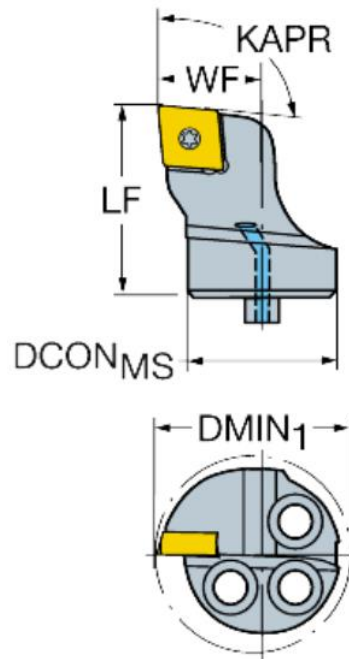


Рис.3.12 Різець розточний 570-SDUCR-32-11

Табл. 3.12 Геометричні та технічні характеристики різця розточного 570-SDUCR-32-11

Мах виліт (ОНХ)	32 мм
Виконання (HAND)	Р
Демпфуючі властивості (DPC)	помилковий
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNSC)	1: осьовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	3: осьовий похилий вихід
Тиск СОЖ (CP)	40 бар
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Функціональна довжина (LF)	32 мм
Функціональна ширина (WF)	22 мм
Функціональна висота (HF)	0 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	0 ти
Кут нахилу (LAMS)	-10 ти
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CCMT09 T308
Маса елемента (WT)	0,104 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

Пластинка DCMT 11 T3 04-UM 4425

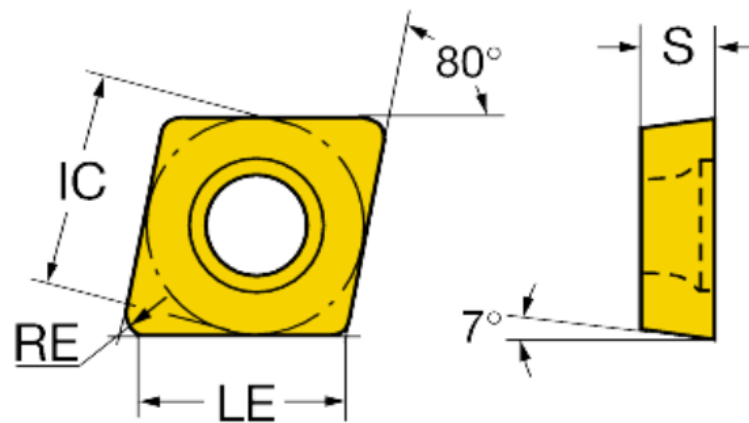


Рис 3.13 Пластинка DCMT 11 T3 04-UM 4425

Табл. 3.13 Геометричні та технічні характеристики пластинка DCMT 11 T3 04-UM 4425

Діаметр отвору під гвинт (D1)	4,4 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CC09T3
Число ріжучих кромки (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (IC)	9 525 мм
Форма пластини (SC)	C
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	8472 мм
Радіус при вершині (RE)	1191 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Ширина передньої фаски (BN)	0,18 мм
Кут торцевої ріжучої кромки свердла (GB)	0 ти
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN
Товщина пластини (S)	3969 мм
Головний задній кут (AN)	7 ти
Маса елемента (WT)	0,004 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

45

Оправка 570-3С 32 320

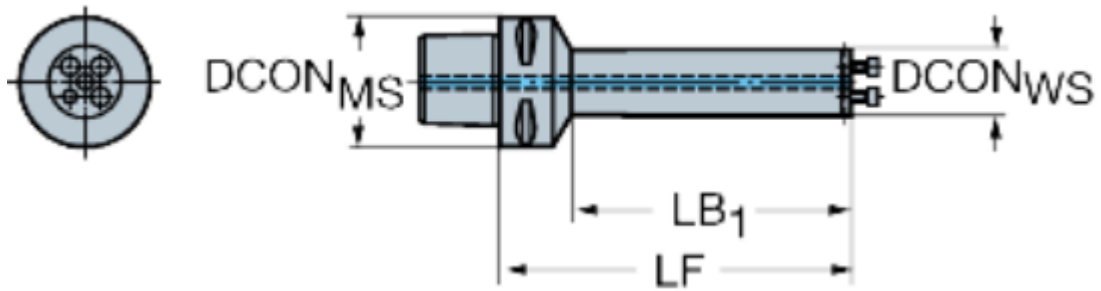


Рис. 3.14 Оправка 570-3С 32 320

Табл. 3.14 Геометричні та технічні характеристики оправки 570-3С 32 320

Мін виліт (ОНН)	224 мм
Мах виліт (ОНХ)	224 мм
Виконання (HAND)	Н
Демпфуючі властивості (DPC)	правда
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNSC)	3: осьовий концентричний і радіальний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	1: осьовий концентричний вихід
Тиск СОЖ (CP)	70 бар
Забезпечення чіпа даних (DCP)	помилковий
Діаметр з'єднання (DCON)	32   50 мм
Функціональна довжина (LF1)	224 мм
Функціональна ширина (WF1)	0 мм
Функціональна висота (HF1)	0 мм
Діаметр корпусу (BD1)	32 мм
Довжина корпусу (LB1)	199,3 мм
Z-компонент розташування центру ваги (CGZ)	101 мм
Крутний момент (TQ)	8,8 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Маса елемента (WT)	1,88 кг

Різець різьбовий 266RFA-2525-16

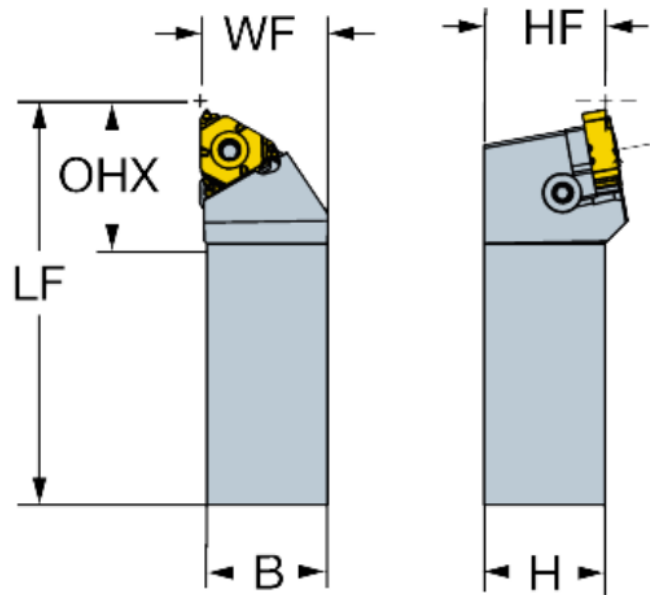


Рис. 3.15 Різець різьбовий 266RFA-2525-16

Табл. 3.15 Геометричні та технічні характеристики різця різьбового 266RFA-2525-16

Задній кут осьовий (ALP)	-10 ти
Кут корекції гвинтової лінії різьблення (THCA)	1 ти
Інтерфейс з боку верстата (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метрика: 25 x 25
Кут корпусу з боку верстата (BAMS)	0 ти
Мах виліт (ОНХ)	22,2 мм
Виконання (HAND)	P
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNSC)	0: без охолоджуючої рідини
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	25,5 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Маса елемента (WT)	0,681 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

47

Пластинка різьбова 266RG-16MM02A200M

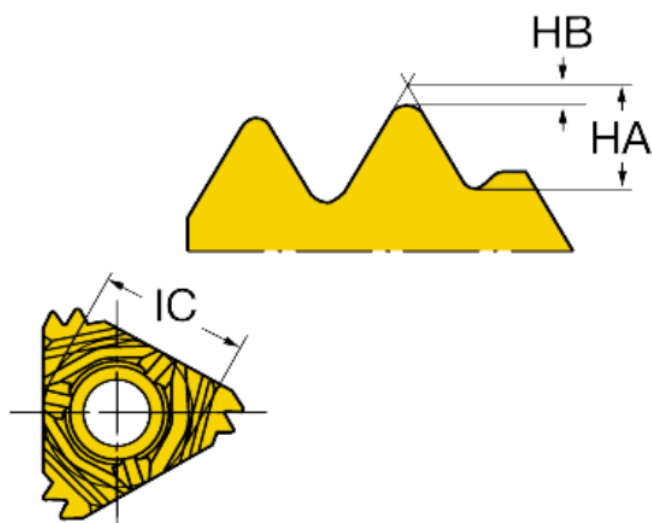


Рис. 3.16 Пластинка різьбова 266RG-16MM02A200M

Табл. 3.16 Геометричні та технічні характеристики пластинки різьбової 266RG-16MM02A200M

Теоретична висота різьблення (HA)	1,5 мм
Різниця висоти різьблення (HB)	0,29 мм
Довжина профілю ех (PDX)	2,9 мм
Довжина профілю еу (PDY)	1,91 мм
Тип кріплення пластини (IFS)	8
Діаметр отвору під гвинт (D1)	4,4 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CoroThread 266/254 - зовнішній розмір 16R
Число ріжучих кромки (CEDC)	3
Діаметр вписаного кола (IC)	9 525 мм
Виконання (HAND)	P
Сплав (GRADE)	1125
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	PVD TiAIN
Товщина пластини (S)	3969 мм
Маса елемента (WT)	0,004 кг

Кінцева фреза 2F342-1000-050-PD P2BM

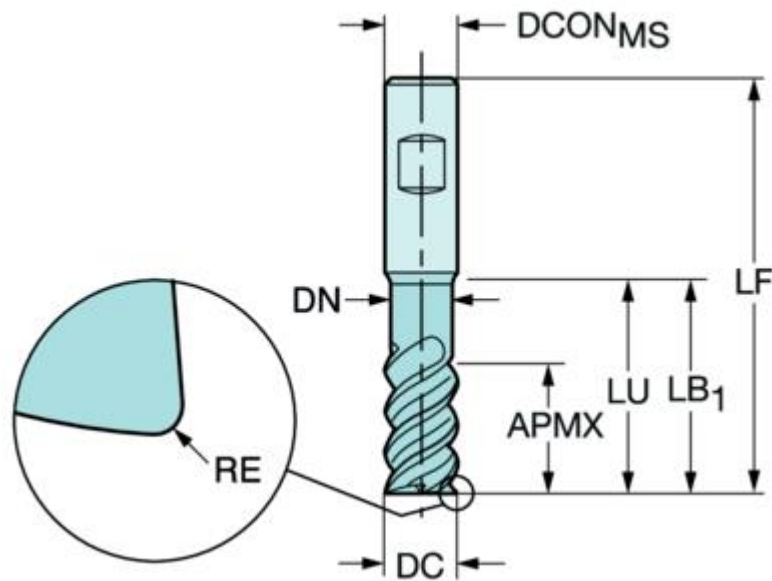


Рис. 3.17 Кінцева фреза 2F342-1000-050-PD P2BM

Табл. 3.17 Геометричні та технічні характеристики кінцевої фрези 2F342-1000-050-PD P2BM

Діаметр з'єднання (DCON)	10 мм
Функціональна довжина (LF)	72 мм
Діаметр корпусу (BD1)	9,5 мм
Діаметр корпусу (BD2)	9,5 мм
Діаметр шийки (DN)	9,5 мм
Довжина корпусу (LB1)	30 мм
Довжина корпусу (LB2)	30,43 мм
Половина кута конусності (BHТА1)	0 ти
Половина кута конусності (BHТА2)	30 ти
Кут підйому стружкової канавки (FHA)	38 ти
Головний передній кут радіальний (GAMF)	10,5 ти
Головний передній кут осьовий (GAMP)	10,5 ти
Мах число переток (NORGMX)	2
Мах частота обертання (RPMX)	63 700 1/хв
Маса елемента (WT)	0,066 кг

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

49



	2.Чорнове точіння поверхні 4,16,8,9	78	135	1.9	0.362	317	1282	00:43.02
	3. Напівчистове точіння поверхні 4,16,8,9	71	135	0.25	0.183	424	1915	00:33.70
	4. Чистове точіння поверхні 4, 9,11	70,5	135	0.15	0.149	440	1987	00:37.66
	5.Нарізання різьби 9 M64x2-6g	64	30		2	160	796	00:17.80
	6.Чорнове розточування поверхні 13 Ø51 h14 в розмір 20js14	44	20	1.75	0.373	314	2265	00:23.36
040	Внутрішньошліфувальна Начисто шліфувати поверхню 15 Ø50H7 (+0.025), витримуюч и шорсткість Ra 0,8	50.03	160	0.008	12	37	142	01:51.23
050	Круглошліфувальна Начисто шліфувати поверхню 4, витримуючи шорсткість Ra 0,8 і розмір Ø70n6 (+0.039/ +0.020).	70.03	135	0.008	10	30	137	01:43.88
060	Фрезерно-свердлильна Фрезерування паза 10 B10 на довжину 30 h14	64	30	3.5	0.059	246	7820	00:14.82

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

Арк.

51

### 3.4 Конструкторська частина

#### 3.4.1 Пристрій Фрезерно- свердлильний

##### 3.4.1.1 Опис та принцип роботи пристрою

Пристрій встановлюється на Фрезерно-свердлильний верстат моделі JET JMD-18 та призначений для встановлення заготовки на операції 060.

Пристрій складається з наступних компонентів: корпусу, гвинтів, призми, важелів, шарнірів, тяги, пружини та пневмокамери. Корпус має номер 14 і на нього прикріплені дві призми з номерами 11, за допомогою гвинтів з номерами 18 та 19. На корпусі розташовані також два важелі з номерами 1, які з'єднані з корпусом шарнірами, є важіль з номером 4, який також має шарнірне з'єднання із тягою номер 10. Для повернення важеля з номером 3 у початкове положення передбачена пружина з номером 9. Пристрій оснащений пневматичним приводом затискного механізму.

Затиск заготовки здійснюється наступним чином. Заготовка встановлюється на дві призми. Після цього пневмокамера подає тиск повітря на діафрагму, що призводить до підняття пальця. Палець, в свою чергу, за допомогою важеля пневмокамери, тисне вниз на коромисло 6, що знаходиться на пристрої. Затиск заготовки відбувається завдяки тиску, який накладається на неї важелями 1, що отримують рух від коромисла.

Розтиск заготовки відбувається шляхом зниження тиску повітря в пневмокамері. Після цього пружина, яка прикріплена до важеля, піднімає його вгору, відповідно звільняючи оброблену заготовку.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 3.4.1.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу

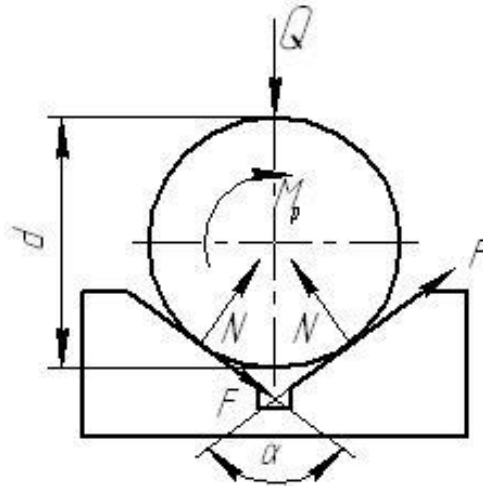


Рисунок 3.5 – Схема дії сил

Складаю рівняння моментів.

$$M_p k - M_{T1} - M_{T2} = 0;$$

$$M_{T1} = Qf;$$

Момент тертя визначається за формулою

$$M_{T2} = Q \frac{d}{2} \cdot f \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

$$Q = \frac{M_k \cdot K}{\frac{d}{2} f \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)};$$

Знаходжу найбільшу складову сили різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad ;$$

Вибираю коефіцієнти:

$C_p=68,2$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $w=0$ ;  $u=1$ ;  $q=0,86$ .

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{np};$$

$$n_v = 0.55;$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{220}\right)^{0.55} = 0,92;$$

$$K_{mp} = K_{mv} = 0,92;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,26^{0,72} \cdot 3,5^1}{10^{086} \cdot 1000^0} \cdot 0,92 = 162,8H$$

Визначаю крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = P_z V / 1020 \cdot 60 = 162,8 \cdot 20 / 1020 \cdot 60 = 0,53 \text{ Нм}$$

Після підстановки у формулу визначаю силу затиску:

$$Q = \frac{0,53 \cdot 2,54}{\frac{0,03}{2} \cdot 0,1 \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}}\right)} = 371,7H$$

де  $f_1 f_2$  – коефіцієнти тертя в місцях контакту;

$\alpha$  – кут призми рівний  $90^\circ$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу

Визначаємо коефіцієнт запасу.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу рівний 1.5,

$K_1$  – коефіцієнт враховує випадкові нерівності деталі – 1.0,

$K_2$  – коефіцієнт враховує затушення інструменту – 1.0,

$K_3$  – коефіцієнт враховує перервне різання – 1.2,

$K_4$  – коефіцієнт враховує стабільність затиску – 1.3,

$K_5$  – коефіцієнт враховує зручність затискного механізму – 1.0,

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$K_6$  – коефіцієнт враховує крутні моменти – 1.0,

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2,54;$$

$$f_1 = f_2 = 0.1$$

$$T = \frac{Ql_1}{l_2} \eta = \frac{371,7 \cdot 0,076}{0,047} 0,8 = 480H$$

Сила затиску на важелі.

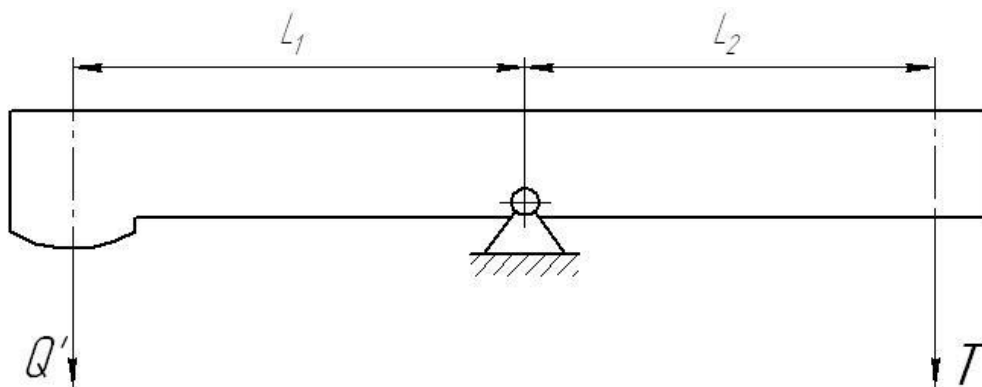


Рисунок 3.6 – Схема важільного механізму

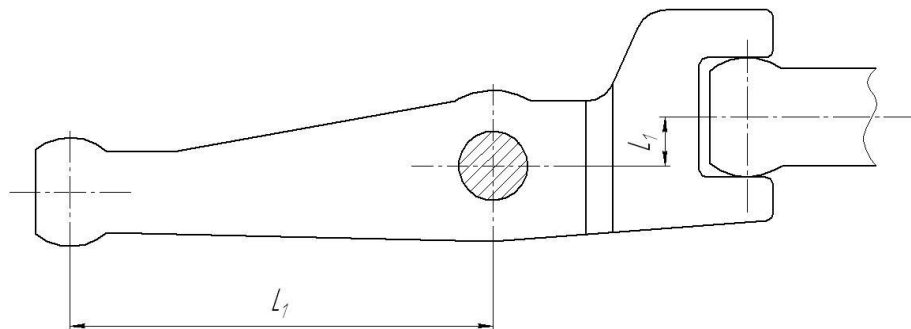


Рисунок 3.7 – Схема дій сил важеля приводу

Сила на приводі

$$Q = T \frac{L_1}{L_2} = 480 \frac{0,01}{0,06} = 80H$$

										Арк.
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

### 3.4.1.3 Розрахунок пневмокамери

Розрахункові діаметри  $D$  мембран вибираються за ГОСТ9887-70. Найбільше використання отримали мембрани діаметром 160, 200, 250, 320 та 400мм.

Вибираємо мембрану діаметром  $D=250$  мм , з діаметром опорної шайби  $d=175$ мм та товщиною резинотканої мембрани :  $t=5$ мм

Для тарільчастих та плоских мембран з прорезиненої тканини наближений розрахунок зусилля  $Q$  на штоці односторонньої дії визначається за формулою:

$$Q = \frac{0.75\pi}{16} (D + d)^2 P - p ,$$

де  $D$  - діаметр мембрани

$d$  - діаметр опорної шайби

$P$  – тиск повітря в мережі

$p$  – зусилля зворотньої пружини

$p = k\Delta x$  , де  $\Delta x$  - робочий хід штока

$k$ - коефіцієнт жорсткості пружини

$$k = \frac{r^4}{4 \cdot R^3} \cdot \frac{G}{n}$$

де  $R$ — радіус пружини,  $n$ = кількість витків в пружині,  $r$ — радіус проволочки,  $G$ — модуль зсуву (постійна, яка залежить від матеріалу).

Для пружинної сталі  $G=78500 \cdot 10^6$  Па.

$$k=77,1 \cdot 10^3 \text{Н/м}$$

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для плоскої резинотканої мембрани раціональна довжина ходу штоку 0,18...0,22D, тобто 45...55 мм

Тиск в мережі приймаємо 4 атм= 405300 Па

$$Q = \frac{0.75 \cdot \pi}{16} (0.25 + 0.175)^2 \cdot 405300 - 0.045 \cdot 77 \cdot 1 \cdot 10^3 = 10775 - 3470$$

### 3.4.1.3 Розрахунок пристрою на точність

$$\varepsilon_{np.} = T_{\oplus} - 1,2 \sqrt{\varepsilon_0^2 K + \omega^2 K_1 + \varepsilon_3^2},$$

де  $T_{\oplus}$  - допуск на співвісність

$$T_{\oplus} = 0,6T_n = 0,02 \cdot 0,6 = 0,012_{мм},$$

де  $T_3$  - допуск заготовки.

$\varepsilon_0$ - похибка базування. Так як деталь встановлюється у призми то похибка базування рівна:

$$\varepsilon_0 = T_0 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$K=0,7...0,8$  - коефіцієнт зменшення величини похибки базування;

$K_1=0,6...0,7$  – коефіцієнт, який враховує зменшення економічної точності;

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення рівна 0 так як сила закріплення перпендикулярна до оброблюваної поверхні.

$$\varepsilon_0 = 0,012 \frac{1}{\sin \frac{90}{2}} = 0,017_{мм}$$

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

### 3.4.1.4 Силовий розрахунок слабкої ланки

Найбільш навантаженою в даному пристрої є вісь – вона працює на зріз, отже,

$$\tau_{зр} = \frac{N}{2A},$$

де N – сила зрізу, Н;

A – площа поперечного перерізу, мм<sup>2</sup>.

$$A = \pi R^2 = 3.14 \cdot 8^2 = 201.09 \text{ мм}^2$$

2 – дві площини зрізу.

$$\tau_{зр} = \frac{256.3}{2 \cdot 201.09} = 0.63 \text{ Н/мм}^2$$

### 3.4.1.5 Рівень уніфікації і стандартизації

Для визначення рівня уніфікації і стандартизації пристрою користуються коефіцієнт уніфікації

$$K_y = \frac{C}{K} \cdot 100\%$$

де C=13 – кількість стандартних деталей в пристрої;

K=28 – загальна кількість деталей в пристрої.

Отже,

$$K_y = \frac{13}{28} \cdot 100\% = 46,4\%.$$

Так, згідно наданих даних, пристрій виявляється менш уніфікованим через використання багатьох нестандартних деталей. Це підтверджується коефіцієнтом уніфікації (КУ), який складає 46,4%. Чим менше значення коефіцієнта уніфікації, тим менш стандартизованими є компоненти та деталі в пристрої.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

### 3.4.2 Пристрій контрольний

#### 3.4.2.1 Опис та принцип роботи пристрою

Процес контролю включає переважно повну перевірку лінійного розміщення та радіального биття поверхонь деталей, і це можна здійснити за допомогою багатомірного контрольного пристрою.

На корпусі номер 4 за допомогою гвинтів та шайби номер 21 закріплено передню бабку з нерухомим центром, позначеним номером 11. Осьове положення вала фіксується за допомогою нерухомого центру номер 11. До цього вала притискається пружиною номер 14, яка знаходиться в центральному осьовому отворі пінолі номер 6 і діє на перехідник номер 8. Піноль номер 6 змонтована на передній бабці номер 1 з можливістю обертання навколо поздовжньої осі завдяки втулкам номер 5. На лівому кінці пінолі, на шпонці, встановлено маховик номер 15 з рукояткою номер 3, який закріплений шайбою номер 25 і штифтом номер 27. Обертаний рух перехідника номер 8 при вимірюванні передається через вісь номер 21, яка запресована в пінолі номер 6 і розташована в овальному отворі перехідника номер 8. Конусність центру залежить від допуску  $T$  і діаметра  $d$  отвору вала, і вона визначається за формулою. Рекомендується використовувати стандартне значення  $K$ . В двох стійках номер 23, які закріплені до корпусу номер 4 штифтами номер 26 і гвинтами номер 27, встановлені вали номер 2, по яких переміщаються кронштейни номер 7 і фіксуються гвинтами номер 28.

Індикатор горизонтального биття, позначений як ИГ-2, використовується для перевірки радіального биття контрольованої поверхні втулки. Він повинен робити один або два оберти і фіксувати максимальні покази, які визначають рівень биття. Похибка пристрою при даній схемі установки дорівнює похибці вимірювання індикатора, яка становить 0,005 мм. Отже, цей пристрій відповідає умовам вимірювання.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

### 3.4.2.2 Розрахунок пристрою на точність

При проведенні вимірювання радіального биття і відхилення від прямолінійності зовнішньої поверхні втулки ПГУ 16М.00.419 виникають такі похибки: похибка базування  $\varepsilon_{\delta}$ ; похибка вимірювання  $\varepsilon_{\epsilon}$ . Допуск на відхилення від радіального биття становить  $T = 0,2$  мм. При розрахунку пристрою, ми враховуємо похибку базування, яка залежить від допуску ( $T = 0,02$  мм) та довжини розміру, що контролюється.

$$\varepsilon_{np} = T - 1.2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{\epsilon}},$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування;

$$\varepsilon_{\delta} = ITP = 0,02\text{мм}$$

$\varepsilon_{\epsilon}$  – похибка вимірювання,

$$\varepsilon_{\epsilon} = \frac{1}{2} \Delta = \frac{1}{2} \cdot 0.005 = 0.0025 \text{ мм};$$

де  $\Delta$  – ціна поділки мікрометра;  $\Delta = 0,005\text{мм}$ ;

$$\varepsilon_{np} = 0.2 - 1.2 \cdot \sqrt{0.02^2 + 0.0025^2} = 0.024\text{мм}$$

Отже похибка пристрою не повинна перевищувати величину.  $\varepsilon_{np} = 0.024\text{мм}$

### 3.4.2.3 Рівень уніфікації пристрою

Для того щоб дізнатися рівень уніфікації і стандартизації пристрою визначається коефіцієнт уніфікації

$$K_Y = \frac{C}{K} \cdot 100\%,$$

де  $C=51$  – кількість стандартних деталей в пристрої;

$K=73\text{мм}$  – загальна кількість деталей в пристрої.

Отже, за формулою

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ

$$K_{\gamma} = \frac{51}{73} \cdot 100\% = 69,9\%.$$

Так, згідно наданих даних, пристрій виявляється доволі уніфікованим через використання багатьох стандартних деталей. Це підтверджується коефіцієнтом уніфікації (КУ), який складає 69.9%. Чим більше значення коефіцієнта уніфікації, тим більш стандартизованими є компоненти та деталі в пристрої.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## 4. СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК HAAS ST-15

Код програми для механічної обробки на операцію 010

<p>% O0001 N1 ( '5@=&gt;2&gt;9 B&gt;@5F1 ) G54 T0101 ( DCLNR 2525M 12) G97 S1000 M03 G99 G18 G00 Z4.854 M08 G50 S3000 G96 S228 X84.707 G01 X78. Z1.5 X42.4 X41.693 Z1.854 G00 Z4.854 X78.707 Z.854 G01 X78. Z.5 X42.4 X41.693 Z.854 G00 Z5.2 X508. Z127. M09 M01  N2 ( '8AB&gt;2&gt;9 B&gt;@5F1 ) G54 T0303 (QS-CP-25BR-2020-12B) G97 S1000 M03 G99 G18 G00 Z3.354 M08 G50 S3000 G96 S228 X83.107 G01 X76.4 Z0 F.409 X42.4</p>	<p>X41.693 Z.354 G00 Z3.354 X508. Z127. M09 M01  N3 ( '5@=&gt;2001 ) G54 T0101 ( DCLNR 2525M 12) G97 S1000 M03 G99 G18 G00 Z3.354 M08 G50 S3000 G96 S287 X81.798 G01 X75.091 Z0 F.409 Z-.1 X75.946 Z-.527 G03 X77. Z-1.8 R1.8 G01 Z-14.025 X78. X78.707 Z-13.672 G00 X84.707 Z.831 X71.4 G01 Z.331 X74.531 Z-1.234 G03 X75. Z-1.8 R.8 G01 Z-15. X76.4 X77.107 Z-14.646 G00 X83.107 X508. Z127. M09 M01</p>	<p>N4 ( '5@=. @0AB0G820=851 ) G54 T0202 (CNMG 431 80DEG BORE BAR) G97 S1000 M03 G99 G18 G00 Z3.354 M08 G50 S3000 G96 S272 X43.293 G01 X50. Z0 F.409 Z-.417 G02 X48. Z-3.1 R4.1 G01 Z-184.678 X44. X43.293 Z-184.325 X42.393 G00 X37.293 Z.5 X48.726 G01 X50.744 Z0 X50.088 Z-.367 G02 X50. Z-.417 R4.1 G01 X49.003 Z-.453 G00 X36.726 X508. Z127. M09 M01</p>
--	--	---

N5 ( '8AB. @0AB0G820=851 ) G54 T0404 (A16R-SSKCR 09- R) G97 S1000 M03 G99 G18 G00 Z4.599 M08 G50 S3000 G96 S245 X44.196 G01 X50.196 Z1.599 F.409 X50.075 Z1.103 X49.998 Z1.073 G02 X47. Z-2. R3.9 G01 Z-182.906 X46.293 Z-183.259 G00 X39.293 Z.811 X51.428 G01 X51.306 Z.315 X51.229 Z.285 G02 X49. Z-2. R2.9 G01 Z-183.392 X48.307 Z-183.663 X47.315 Z-183.602 G00 X41.315 G96 S220 Z4.599 X45.821 G01 X51.821 Z1.599 F.409 X51.699 Z1.103 X50.614 Z.679 G02 X48. Z-2. R3.4 G01 Z-182.906 X47.293 Z-183.259 G00 X41.293 Z.811 X53.052 G01 X52.93 Z.315 X51.845 Z-.109	G02 X50. Z-2. R2.4 G01 Z-183.392 X49.307 Z-183.663 X48.315 Z-183.602 G00 X42.315 Z-25.563 X43.033 G01 X49.033 Z-28.563 F.409 X50. Z-28.69 G03 Z-31.31 R2.6 G01 X49.033 Z-31.437 G00 Z-26.225 X49.293 G01 X50. Z-26.578 G02 X50.758 Z-27.536 R1.4 G03 Z-32.464 R3.6 G02 X50. Z-33.422 R1.4 G01 X49.293 Z-33.775 G00 X49.033 Z-68.563 G01 X50. Z-68.69 G03 Z-71.31 R2.6 G01 X49.033 Z-71.437 G00 Z-66.225 X49.293 G01 X50. Z-66.578 G02 X50.758 Z-67.536 R1.4 G03 Z-72.464 R3.6 G02 X50. Z-73.422 R1.4 G01 X49.293 Z-73.775 G00 X49.033 Z-108.563 G01 X50. Z-108.69 G03 Z-111.31 R2.6 G01 X49.033 Z-111.437 G00 Z-106.225 X49.293 G01 X50. Z-106.578 G02 X50.758 Z-107.536 R1.4	G03 Z-112.464 R3.6 G02 X50. Z-113.422 R1.4 G01 X49.293 Z-113.775 G00 X43.293 Z3.4 X508. Z127. M09 M01
---	---	--

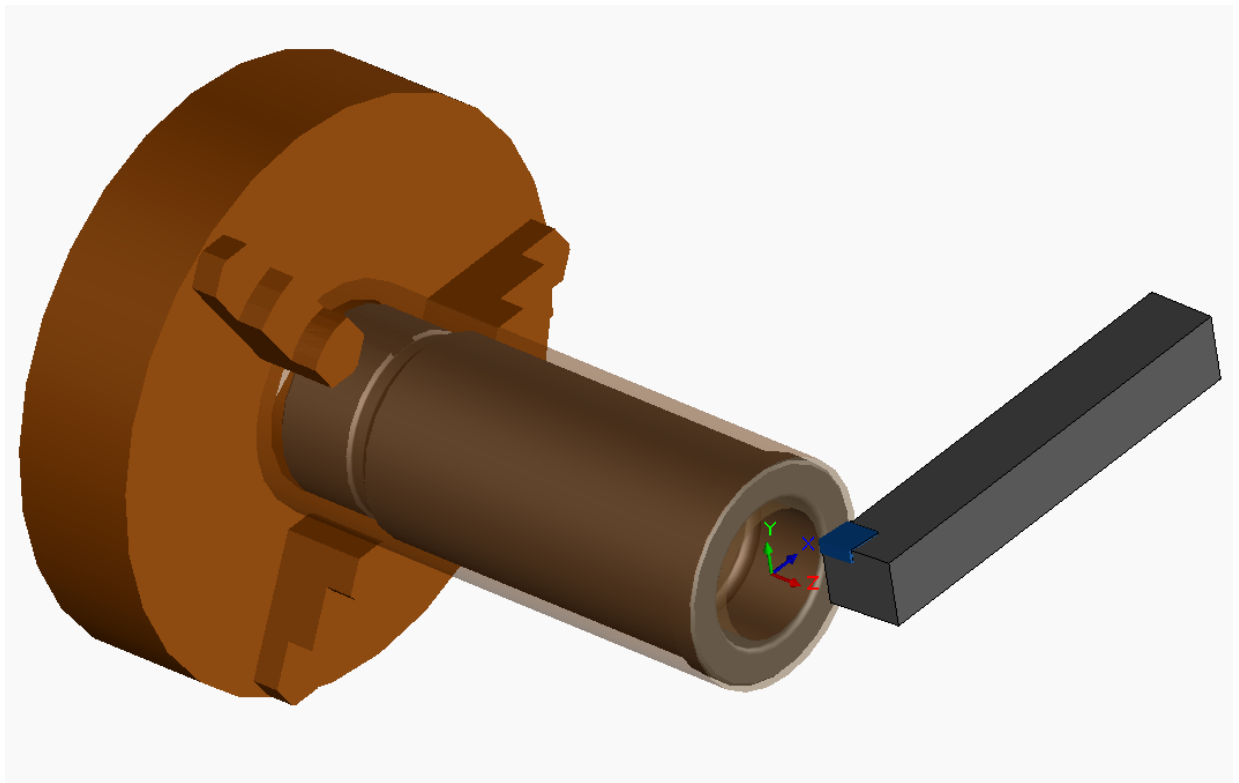


Рис. 4.1 Імітація обробки на операції 010. Перехід 1

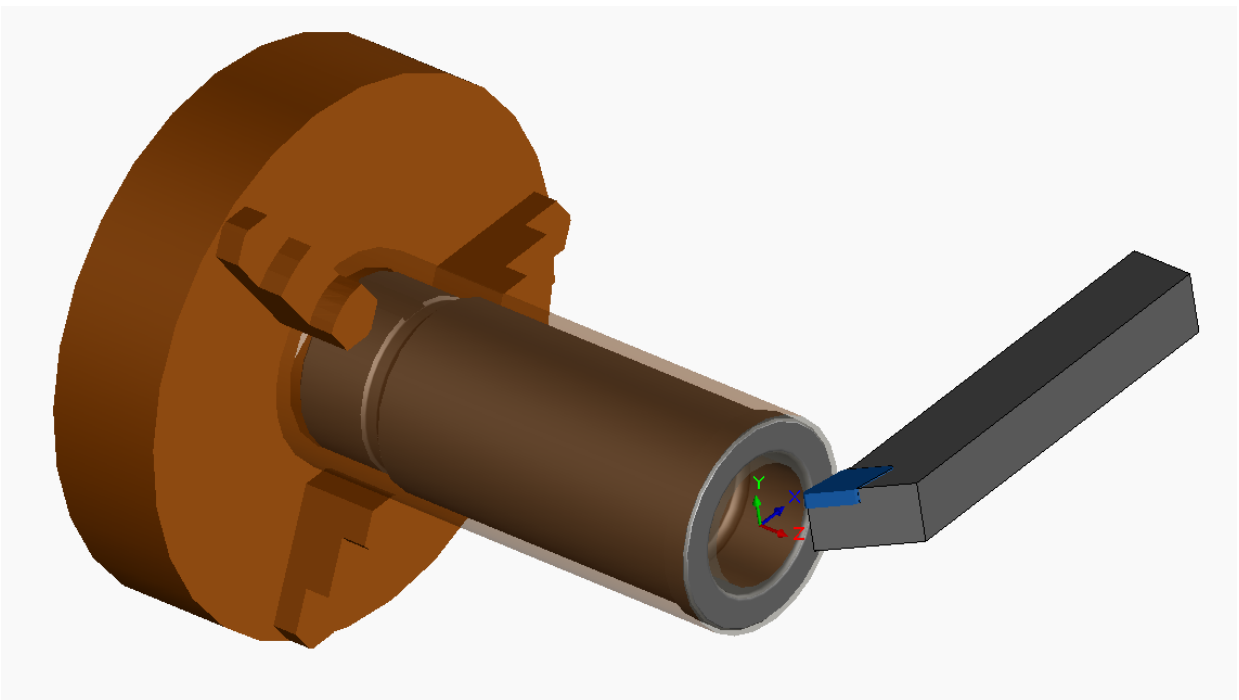


Рис. 4.2 Імітація обробки на операції 010. Перехід 1 (обробка фаски)

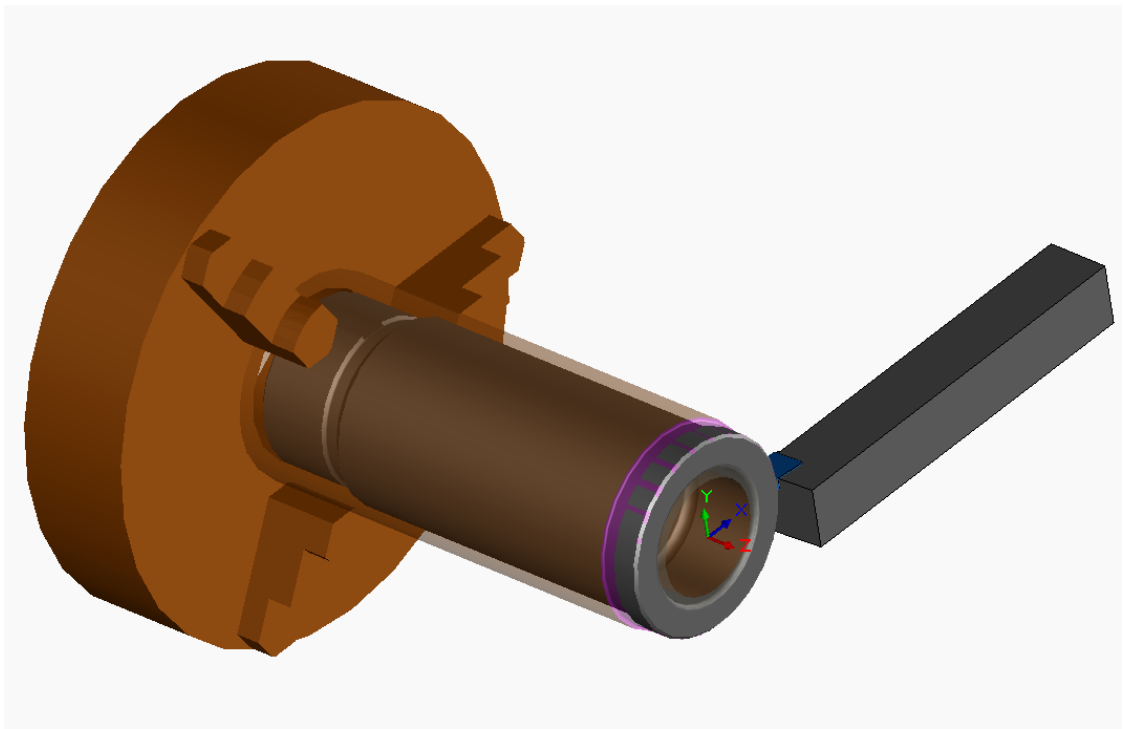


Рис. 4.3 Імітація обробки на операції 010. Перехід 2

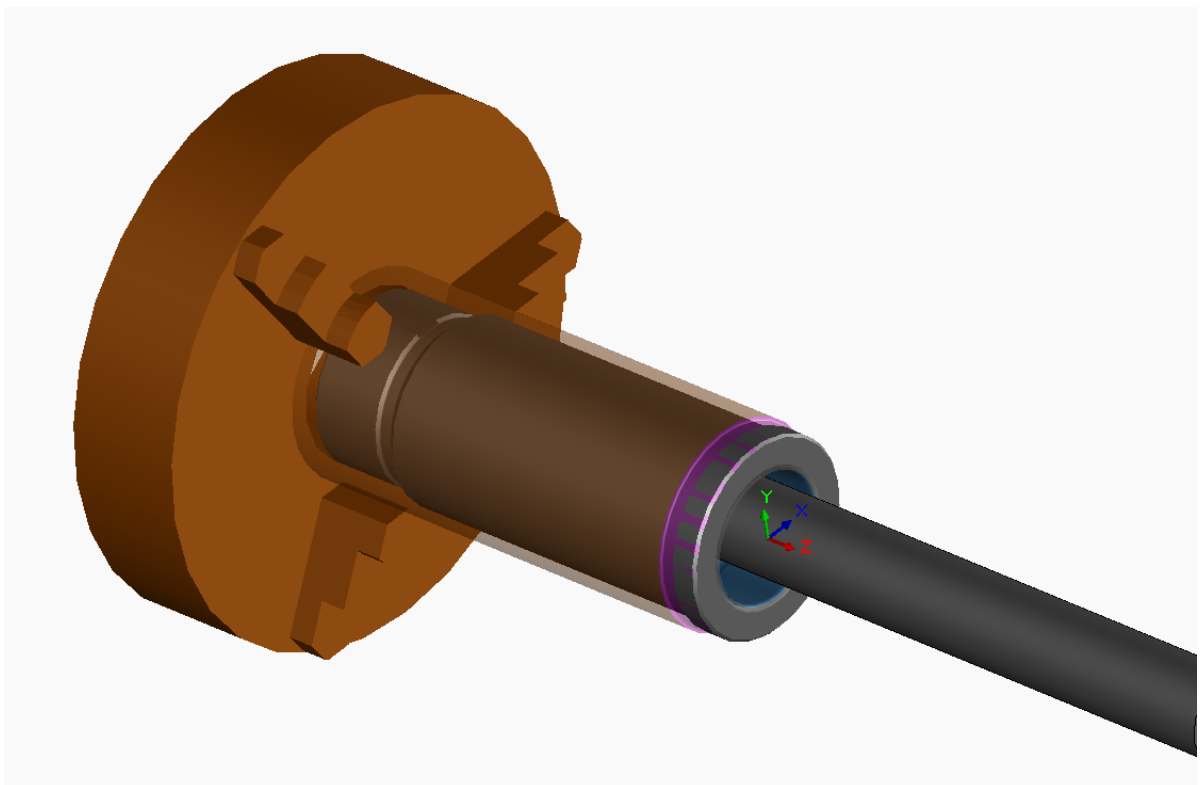


Рис. 4.4 Імітація обробки на операції 010. Перехід 3

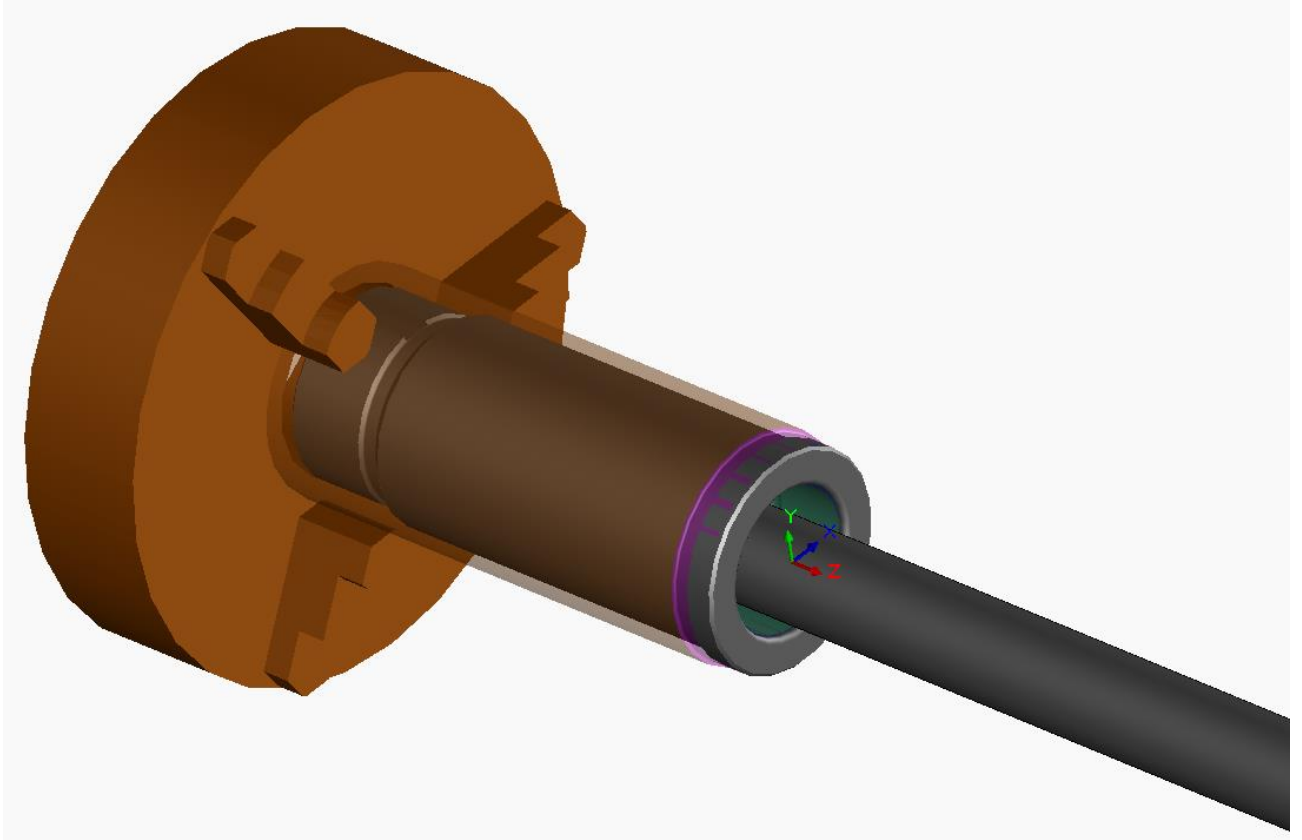


Рис. 4.5 Імітація обробки на операції 010. Перехід 4

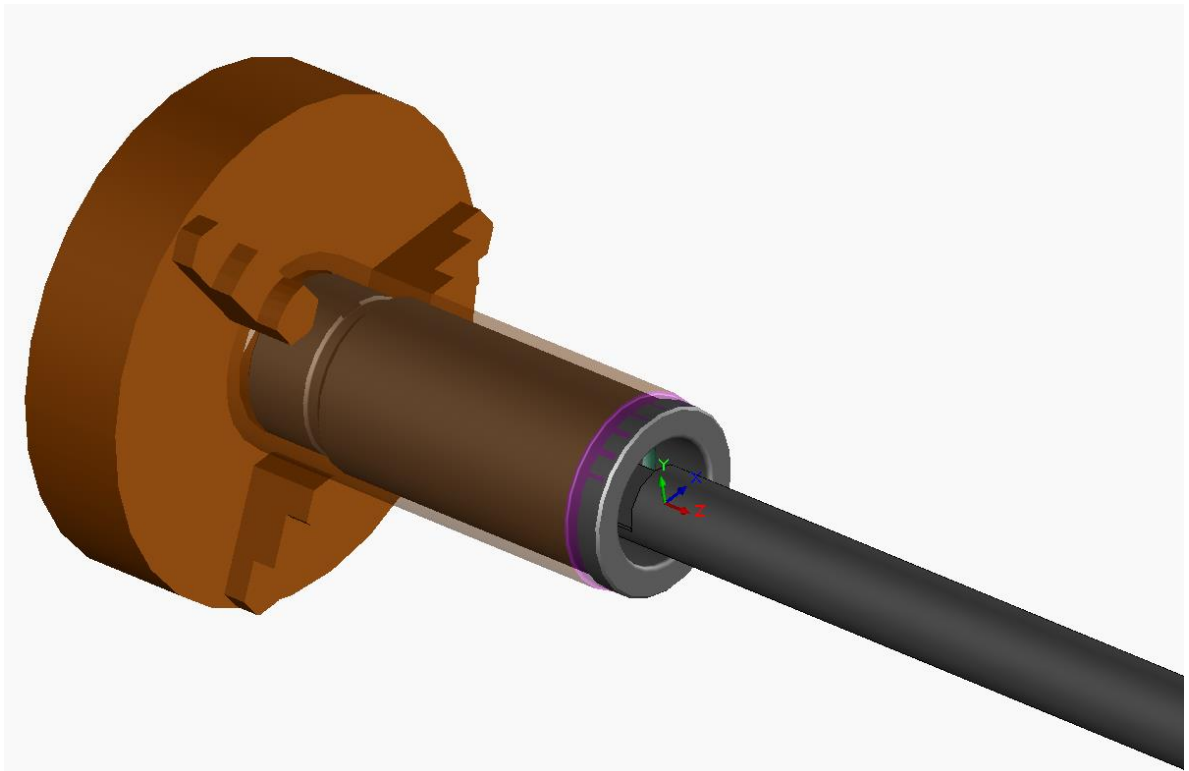


Рис. 4.6 Імітація обробки на операції 010. Перехід 5

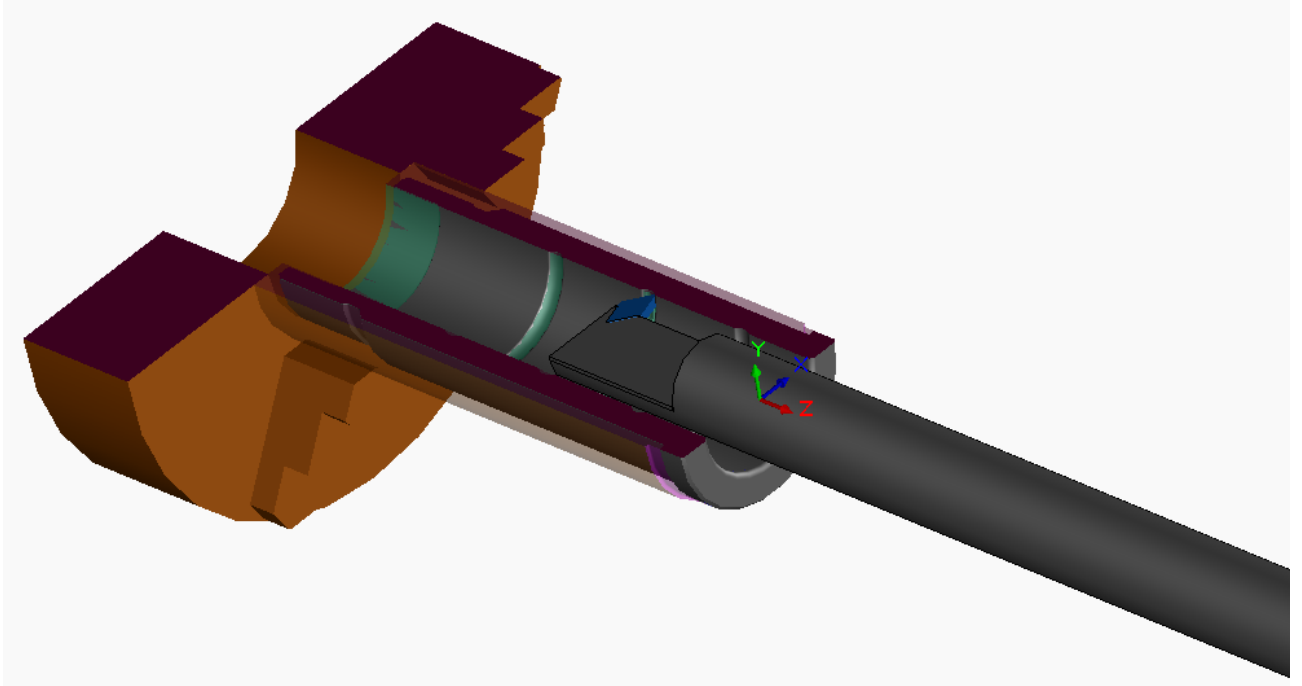


Рис. 4.7 Імітація обробки на операції 010. Перехід 6

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

## ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота складається із пояснювальної записки, графічної частини та додатків та виконана згідно із завданням. Основними кроками було визначення способу отримання заготовки та розрахунок припусків на механічну обробку. Також був розроблений технологічний процес, включаючи вибір необхідного технологічного оснащення, зокрема верстатів: Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК HAAS ST-15, Круглошліфувальний верстат CORMAK MW-500, Фрезерно-свердлильний верстат JET JMD-18, Внутрішньошліфувальний верстат Studer S131, а також необхідного інструменту, який був вибраний за допомогою веб-сайту <https://www.sandvik.coromant.com>. Для вибору і досягнення оптимальних режимів різання був використаний вбудований калькулятор режимів різання на сайті [sandvik.coromant](https://www.sandvik.coromant.com).

У третьому розділі пояснювальної записки спроектувано фрезерний пристрій, який використовується для закріплення деталі на фрезерно-свердлильному верстаті JET JMD-18 для виконання операції фрезерування паза 10 на операції 060. Також в цьому розділі, був розроблений пристрій контрольний для вимірювання радіального буття та відхилення від круглості деталей, що сприяє досягненню високої точності та якості обробки.

У четвертому розділі розробив керуючу програму обробки на операцію 010, а також провів імітацію обробки цієї операції в середовищі Solid Cam.

					<i>БР.ПМ-01.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			


Зм	Ар	Нодок.	Підпис	Дата

1	6
---	---

	І Ф Н Т У Н Г	ПМ-21-1К			
	Втулка ПГУ16М.00.419				Н

«Затверджую»

Зав.кафедрою Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

Технологічний процес  
механічної обробки  
Втулки ПГУ16М.00.419

Розробив ст.гр.ПМ-21-1К  
Шулик О.Р.  
Перевірив: асист.  
Лукань Т.В.









Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			БР.ПМ-01.00.00.000.СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
		1	БР.ПМ-01.00.00.001	Передня бадка	1	
		2	БР.ПМ-01.00.00.003	Вал	1	
		3	БР.ПМ-01.00.00.003	Рукоятка	1	
		4	БР.ПМ-01.00.00.004	Корпус	1	
		5	БР.ПМ-01.00.00.005	Втулка	1	
		6	БР.ПМ-01.00.00.006	Піноль	1	
		7	БР.ПМ-01.00.00.007	Кронштейн	2	
		8	БР.ПМ-01.00.00.008	Перехідник	1	
		9	БР.ПМ-01.00.00.009	Задня бадка	1	
		10	БР.ПМ-01.00.00.010	Рукоятка	1	
		11	БР.ПМ-01.00.00.011	Тримач	1	
		12	БР.ПМ-01.00.00.012	Важіль	1	
		13	БР.ПМ-01.00.00.013	Скалка	1	
		14	БР.ПМ-01.00.00.014	Пружина	1	
		15	БР.ПМ-01.00.00.015	Маховик	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		16		Гайка М8 ГОСТ 8916-89	2	
		17		Гайка М10 ГОСТ 8916-89	2	
		18		Гвинт М4х10 ГОСТ13434-68	2	
		19		Гвинт М8х20 ГОСТ13434-68	2	
		20		Гвинт М10х10 ГОСТ13434-68	2	
			<b>БР.ПМ-01.00.00.000</b>			
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад.		Шулик О.Р.				
Пров.		Луцькань Т.В.				
Реценз.						
Н.контр.		Луцькань Т.В.				
Утв.		Панчук В.Г.				
<b>Пристрії</b>				<b>КОНТРОЛЬНИЙ</b>		
Лит.		Лист		Листов		
		1		2		
<b>ІФНТУНГ</b>						
<b>ПМ-21-1К</b>						

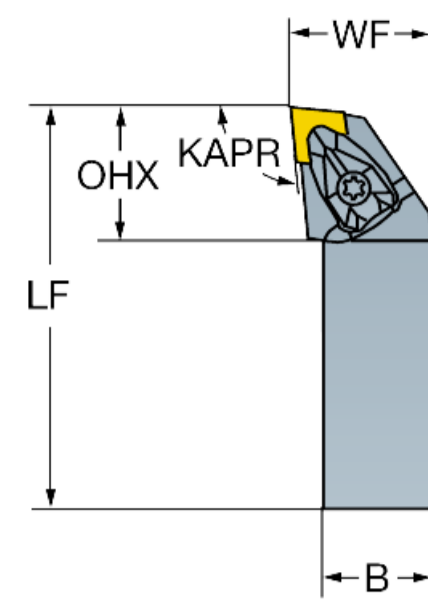


Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.				Документація				
				БР.ПМ-01.02.00.000 СК	Складальне креслення			
					Деталі			
				1	БР.ПМ-01.02.00.001	Важіль	1	
				2	БР.ПМ-01.02.00.002	Вісь	1	
				3	БР.ПМ-01.02.00.003	Вісь	1	
				4	БР.ПМ-01.02.00.004	Вкладиш	2	
				5	БР.ПМ-01.02.00.005	Втулка	2	
				6	БР.ПМ-01.02.00.006	Коромисло	1	
				7	БР.ПМ-01.02.00.007	Кронштейн	1	
			Справ. №			8	БР.ПМ-01.02.00.008	Кронштейн
9	БР.ПМ-01.02.00.009	Кронштейн				1		
10	БР.ПМ-01.02.00.0010	Палець				1		
11	БР.ПМ-01.02.00.0011	Призма				2		
12	БР.ПМ-01.02.00.0012	Корпус				2		
13	БР.ПМ-01.02.00.0013	Корпус				1		
						Стандартні вироби		
		14				Болт М10х15.58	1	
						ГОСТ 7798-70		
Взам. инв. №						15	Гайка М10	2
				ГОСТ 8916-89				
			16	Гвинт М10х10	2			
			ГОСТ 13434-68					
Подп. и дата			БР.ПМ-01.02.00.000					
			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разрад.	Щулик О.Р.			<b>Пристрій фрезерно-свердлильний</b>	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Луцькань Т. В.						
	Реценз.							
	Н.контр.	Луцькань Т. В.				ІФНТУНГ		
	Утв.	Панчук В.Г.				ПМ-21-1К		

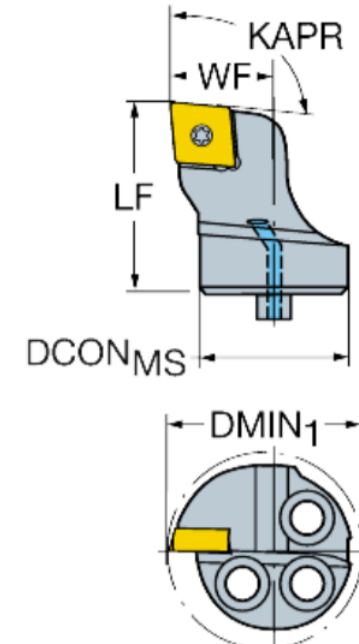




**Різець прохідний DCLNR 2525M 12**



Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	-6 ти
Кут нахилу (LAMS)	-6 ти
Крутний момент (TQ)	3,9 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CNMG 12 04 08
Маса елемента (WT)	0,714 кг



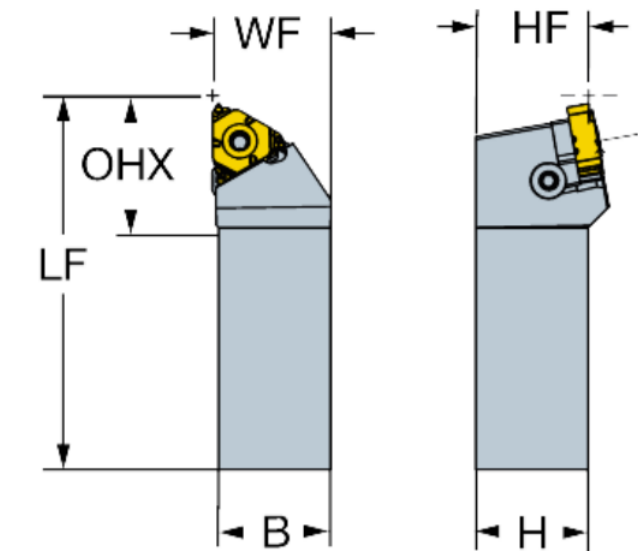
**Різець розточний 570-SDUCR-32-11**

Мах виліт (OHX)	32 мм
Виконання (HAND)	P
Демпфуючі властивості (DPC)	помилковий
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNCS)	1: осовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	3: осовий похилый вхід
Тиск СОЖ (CP)	40 бар
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Функціональна довжина (LF)	32 мм
Функціональна ширина (WF)	22 мм
Функціональна висота (HF)	0 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	0 ти
Кут нахилу (LAMS)	-10 ти
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CCMT09 T308
Маса елемента (WT)	0,104 кг

**Різець розточний 570-SCLCR-32-09**

Мах виліт (OHX)	20 мм
Виконання (HAND)	P
Демпфуючі властивості (DPC)	помилковий
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNCS)	1: осовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	3: осовий похилый вхід
Тиск СОЖ (CP)	40 бар
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Програмована довжина (LPR)	37 мм
Функціональна довжина (LF)	20 мм
Функціональна ширина (WF)	22 мм
Функціональна висота (HF)	0 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	0 ти
Кут нахилу (LAMS)	-10 ти
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	DCMT 11 T3 08
Маса елемента (WT)	0,142 кг

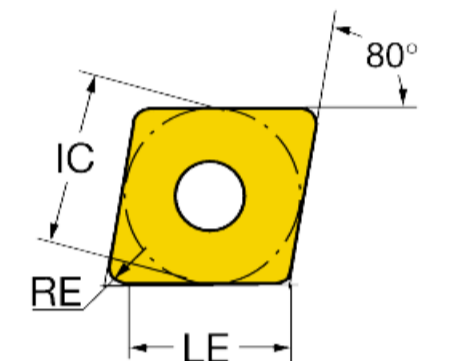
**Різець різбовий 266RFA-2525-16**



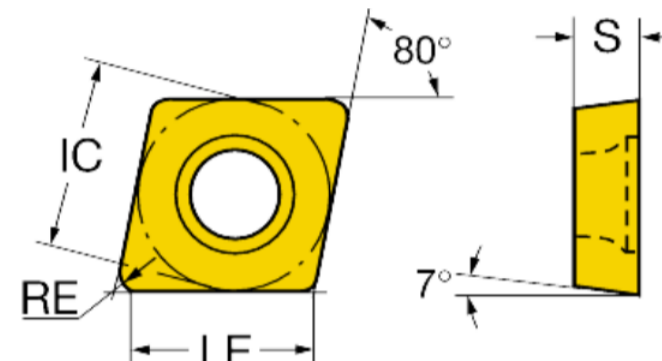
Задній кут осовий (ALP)	-10 ти
Кут корекції гвинтової лінії різьблення (THCA)	1 ти
Інтерфейс з боку верстата (ADINTMS)	Прямокутний хвостовик - метрика: 25 x 25
Кут корпусу з боку верстата (BAMS)	0 ти
Мах виліт (OHX)	22,2 мм
Виконання (HAND)	P
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNCS)	0: без охолоджуючої рідини
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	25,5 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Крутний момент (TQ)	3 Нм
Маса елемента (WT)	0,681 кг

**Пластина CNMG 12 04 08-PR 4425**

Діаметр отвору під гвинт (D1)	5 156 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CN1204
Число ріжучих кромок (CEDC)	4
Діаметр вписаного кола (IC)	12,7 мм
Форма пластини (SC)	C
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	12 096 мм
Радіус при вершині (RE)	0,794 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	4762 мм
Головний задній кут (AN)	0 ти
Маса елемента (WT)	0,009 кг

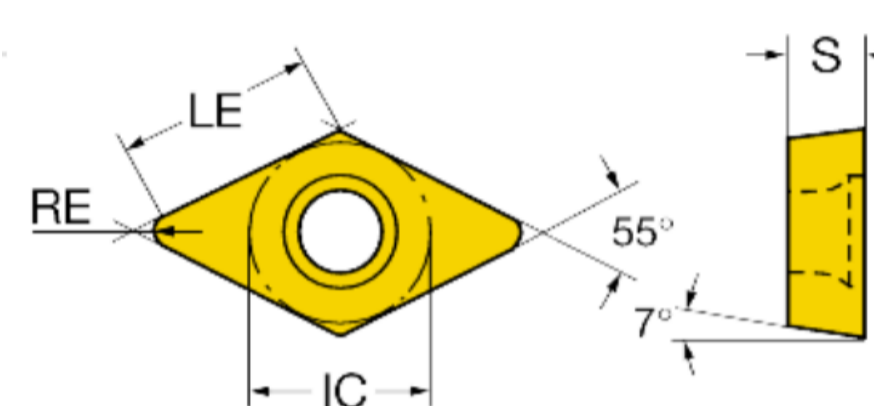


**Пластина DCMT 11 T3 04-UM 4425**

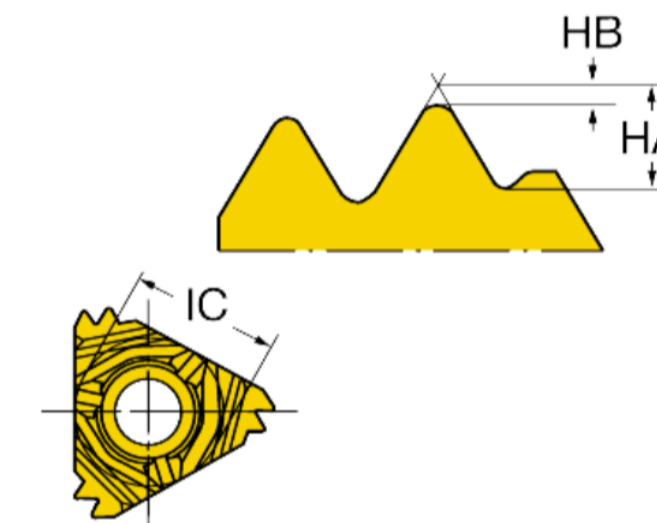


Діаметр отвору під гвинт (D1)	4,4 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CC09T3
Число ріжучих кромок (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (IC)	9 525 мм
Форма пластини (SC)	C
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	8472 мм
Радіус при вершині (RE)	1191 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Ширина передньої фаски (BN)	0,18 мм
Кут торцевої ріжучої кромки свердла (GB)	0 ти
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	3969 мм
Головний задній кут (AN)	7 ти
Маса елемента (WT)	0,004 кг

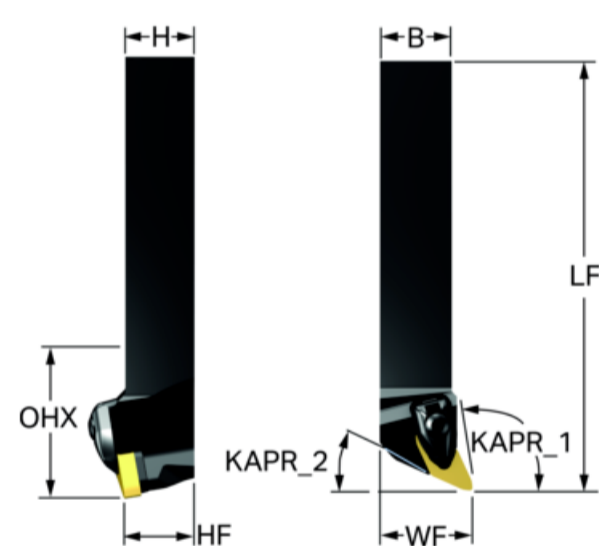
**Пластина CCMT 09 T3 12-PR 4425**



Діаметр отвору під гвинт (D1)	4,4 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	DC11T3
Число ріжучих кромок (CEDC)	2
Діаметр вписаного кола (IC)	9 525 мм
Форма пластини (SC)	D
Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)	11 228 мм
Радіус при вершині (RE)	0,397 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	3969 мм
Головний задній кут (AN)	7 ти
Маса елемента (WT)	0,004 кг

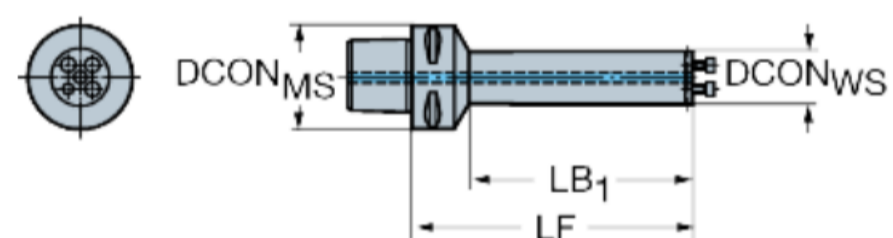


**Різець прохідний CP-25BR-2525-12**



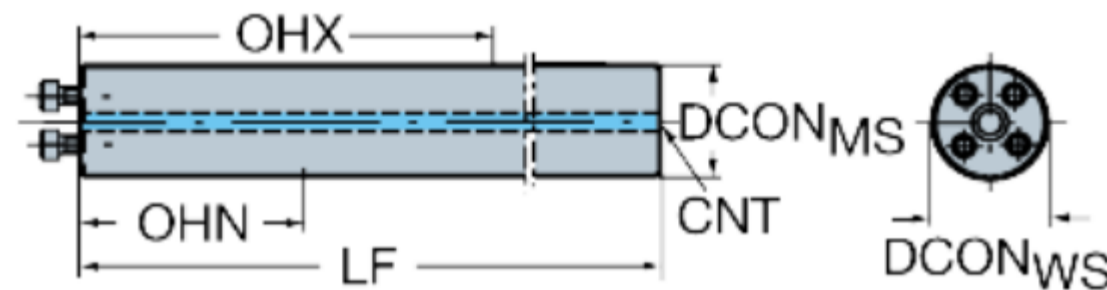
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Головний передній кут ортогональний (GAMO)	-3,9 град
Кут нахилу (LAMS)	-10,3 ти
Крутний момент (TQ)	4 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Еталонна пластина (MIIDM)	CP-B1208D
Маса елемента (WT)	0,688 кг

**Оправка 570-3C 32 320**

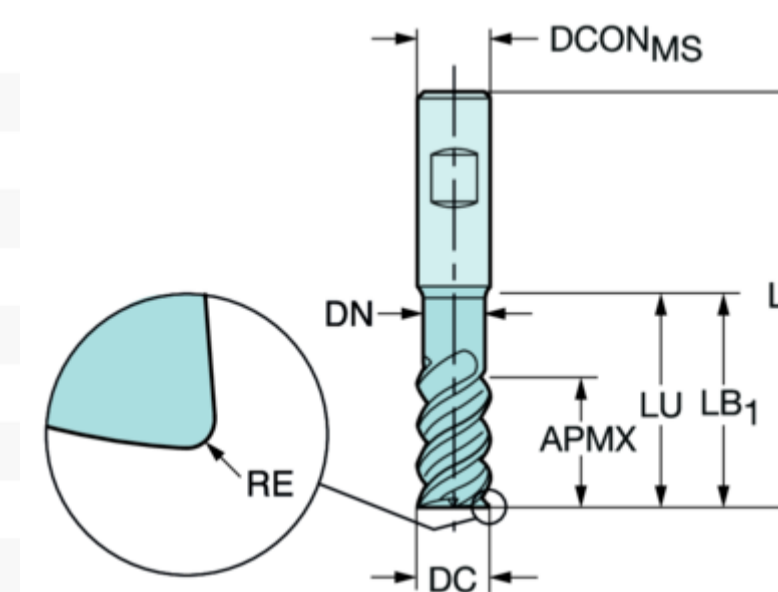


Min виліт (OHN)	224 мм
Мах виліт (OHX)	224 мм
Виконання (HAND)	H
Демпфуючі властивості (DPC)	права
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNCS)	3: осовий концентричний і радіальний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	1: осовий концентричний вхід
Тиск СОЖ (CP)	70 бар
Забезпечення ціла даних (DCP)	помилковий
Діаметр з'єднання (DCON)	32 150 мм
Функціональна довжина (LF1)	224 мм
Функціональна ширина (WF1)	0 мм
Функціональна висота (HF1)	0 мм
Діаметр корпусу (BD1)	32 мм
Довжина корпусу (LB1)	199,3 мм
Z-компонент розташування центру ваги (CGZ)	101 мм
Крутний момент (TQ)	8,8 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Маса елемента (WT)	1,88 кг

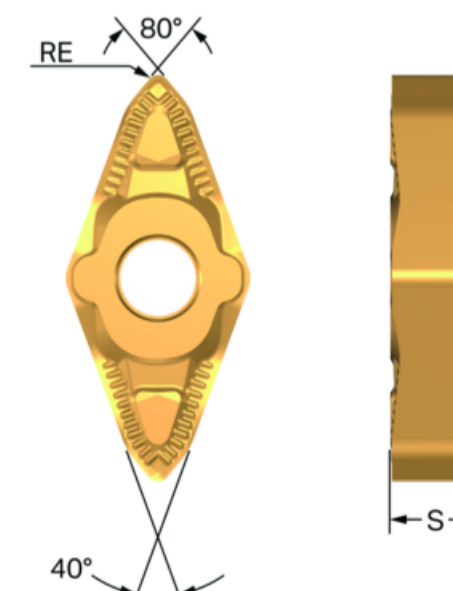
**Оправка C5-570-3C 32 224**



Min виліт (OHN)	100 мм
Мах виліт (OHX)	192 мм
Виконання (HAND)	H
Демпфуючі властивості (DPC)	права
Тип підведення СОЖ до інструменту (CNCS)	1: осовий концентричний вхід
Тип підведення СОЖ до зони різання (CXSC)	1: осовий концентричний вхід
Розмір різьблення відного отвору для СОЖ (CNT)	G 3/8-19
Тиск СОЖ (CP)	70 бар
Забезпечення точності позионування (LOCAP)	помилковий
Діаметр з'єднання (DCON)	32 мм
Функціональна довжина (LF1)	320 мм
Функціональна ширина (WF1)	0 мм
Функціональна висота (HF1)	0 мм
Діаметр корпусу (BD1)	32 мм
Довжина корпусу (LB1)	320 мм
Крутний момент (TQ)	8,8 Нм
Матеріал корпусу (BMC)	Сталь
Маса елемента (WT)	1,921 кг



**Пластина CP-B1208D-M5 4425**



Діаметр отвору під гвинт (D1)	5 156 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CoroTurn PRIME CP-B12D
Число ріжучих кромок (CEDC)	8
Діаметр вписаного кола (IC)	12 мм
Радіус при вершині (RE)	0,8 мм
Наявність кромки Wiper (WEP)	помилковий
Головний передній кут пластини (GAN)	7 ти
Виконання (HAND)	H
Сплав (GRADE)	4425
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HC
Покриття (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Товщина пластини (S)	6 мм
Головний задній кут (AN)	0 ти
Маса елемента (WT)	0,017 кг

**Кінцева фреза 2F342-1000-050-PD P2BM**

Діаметр з'єднання (DCON)	10 мм
Функціональна довжина (LF)	72 мм
Діаметр корпусу (BD1)	9,5 мм
Діаметр корпусу (BD2)	9,5 мм
Діаметр шийки (DN)	9,5 мм
Довжина корпусу (LB1)	30 мм
Довжина корпусу (LB2)	30,43 мм
Половина кута конусності (BHТА1)	0 ти
Половина кута конусності (BHТА2)	30 ти
Кут підйому стружкової канавки (FHA)	38 ти
Головний передній кут радіальний (GAMF)	10,5 ти
Головний передній кут осовий (GAMP)	10,5 ти
Мах число переток (NORGMX)	2
Мах частота обертання (RPMX)	63 700 1/хв
Маса елемента (WT)	0,066 кг

БР.ПМ-0103.00.000

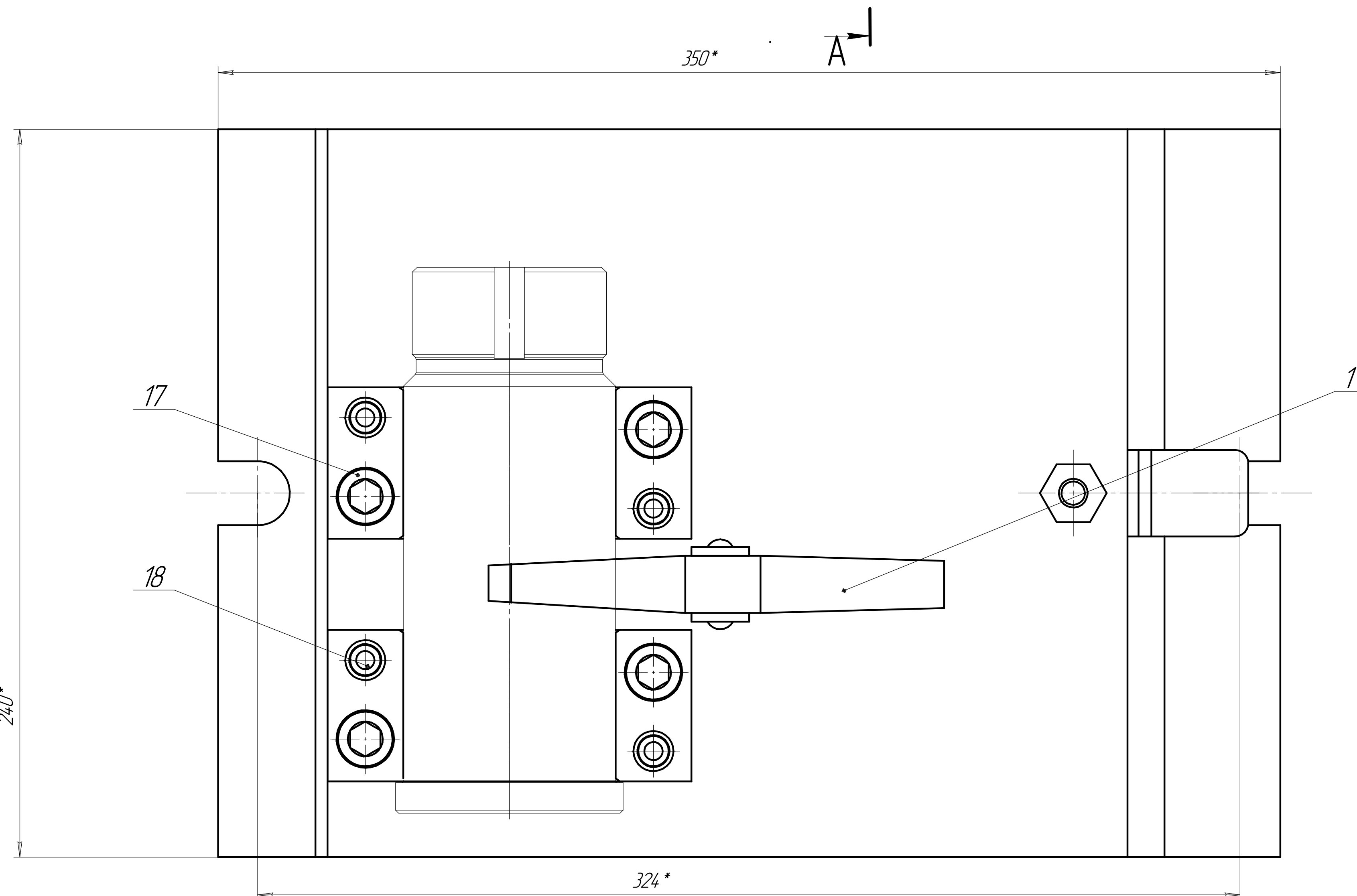
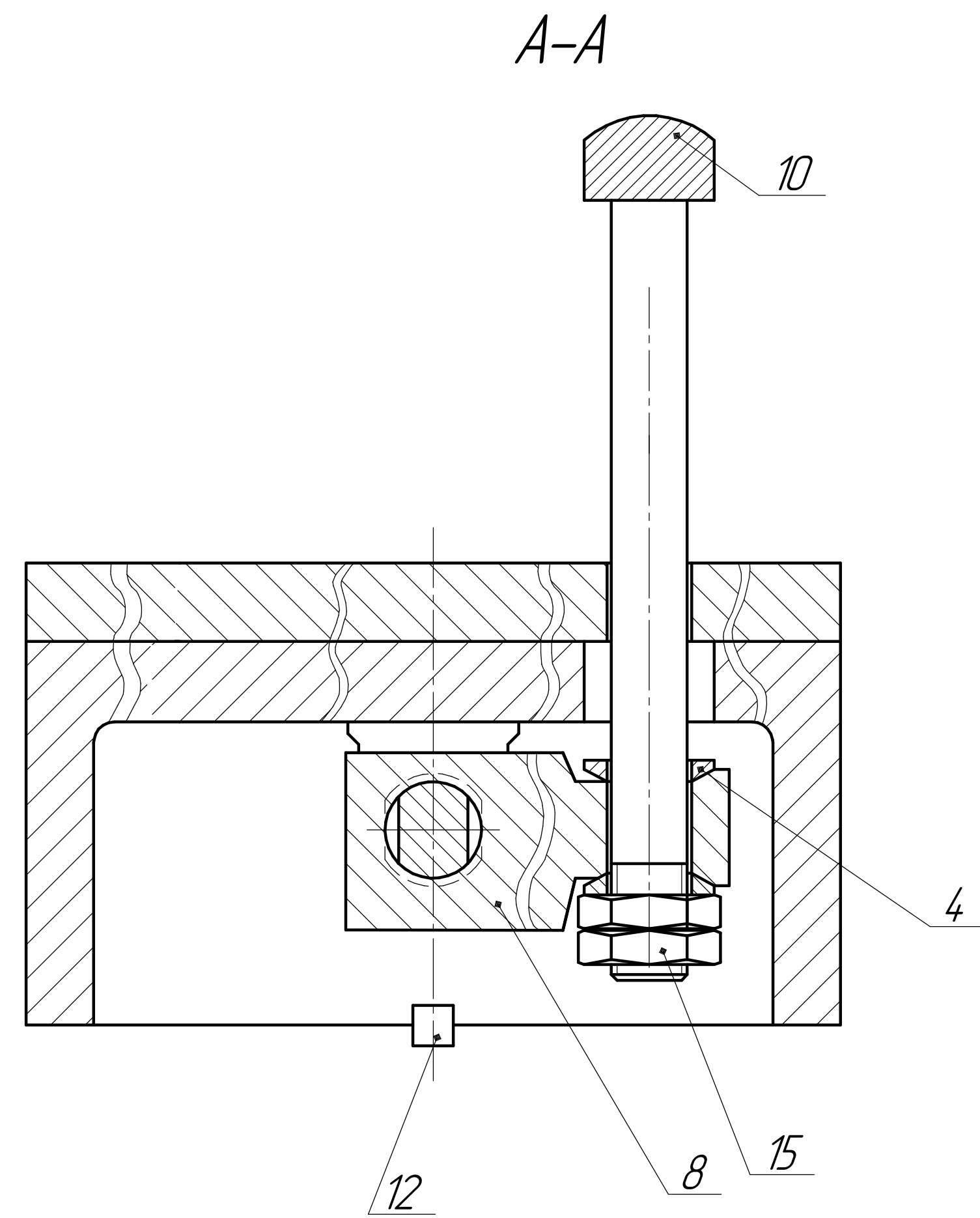
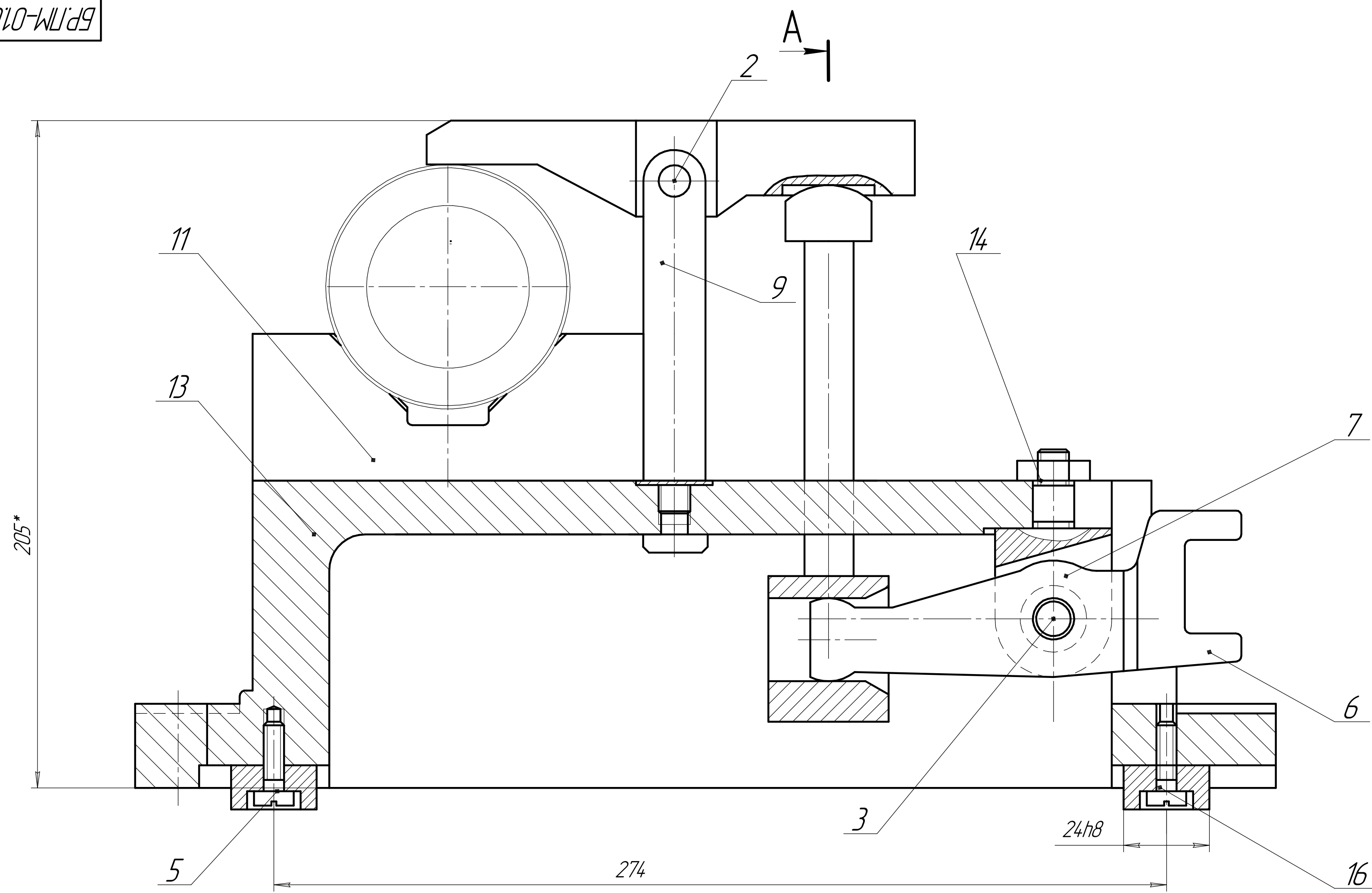
**Вибір інструмента**

Лист	Масштаб	Масштаб
Лист	Листов	1

ІФНТУНГ ПМ-21-Ж

Формат А1

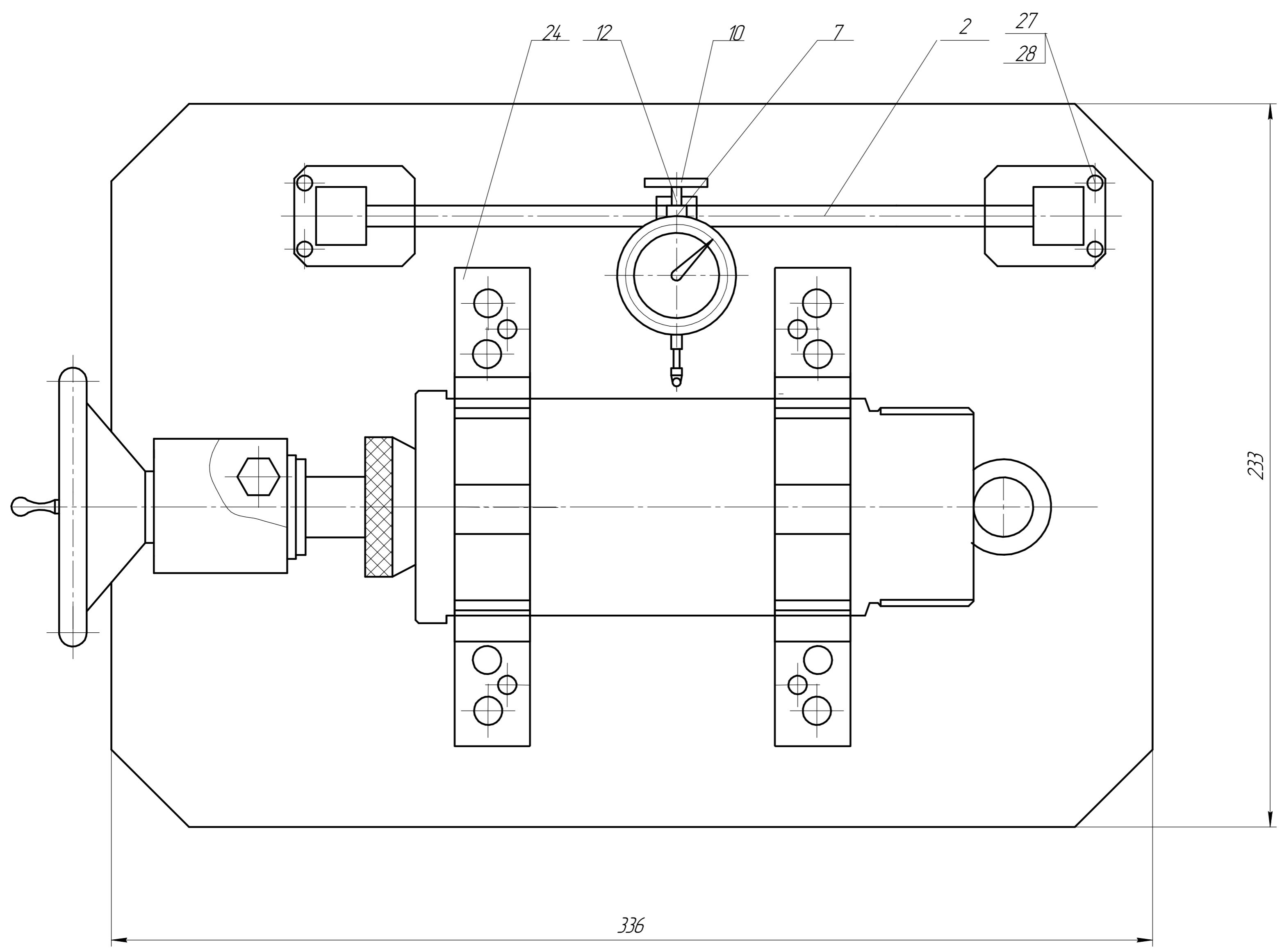
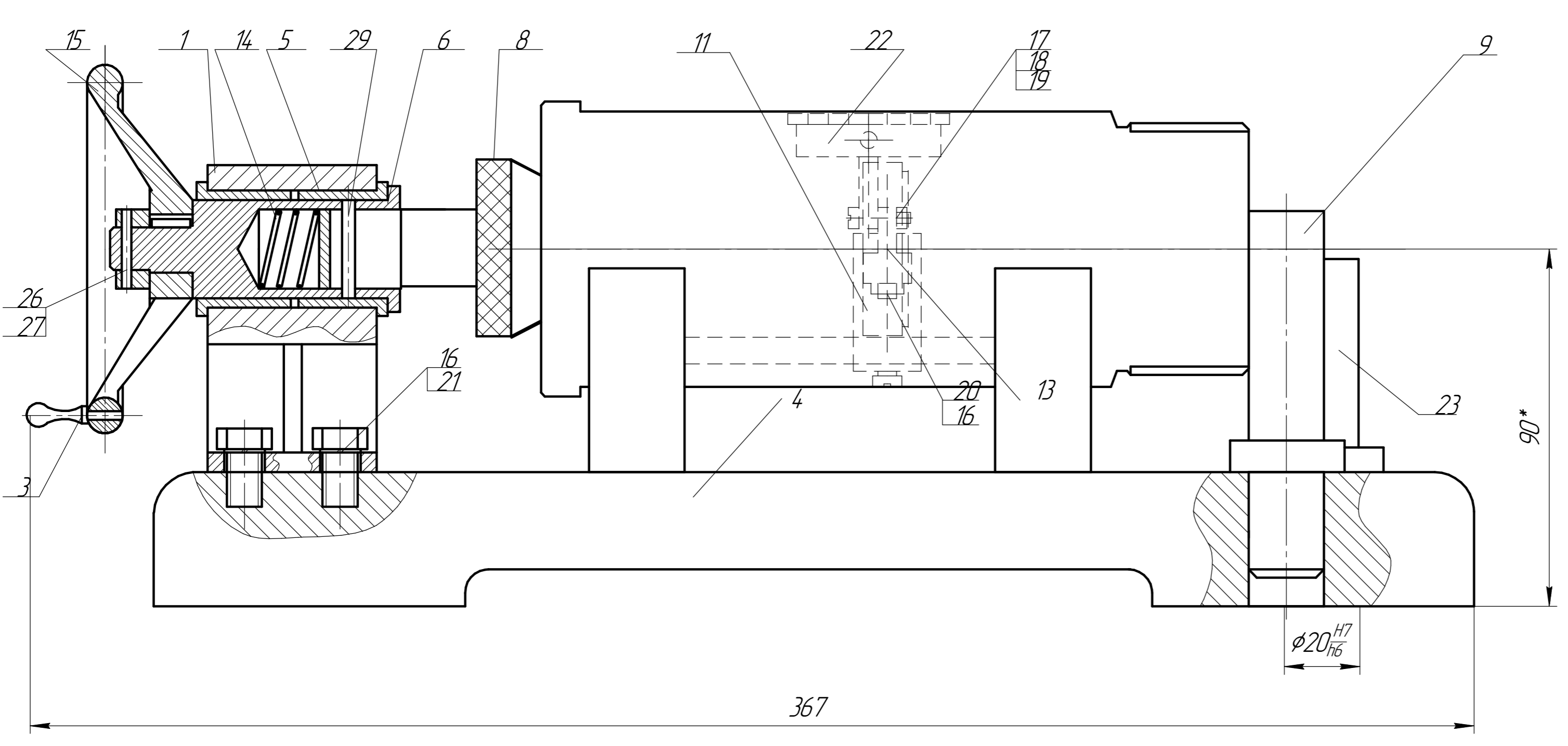
Лист 1 з 1  
Сторінка №  
Лист 1 з 1  
Всесвітній №  
Лист 1 з 1  
Лист 1 з 1



1. Пристрій призначений для шпонко-фрезерного верстату ЛЕТ ЛМД-18  
 2. \*Розмір для довідок

БР.ПМ-0102.00.000.СК				Лист	Масштаб
Пристрій				1	1:1
Фрезерно-свердильний				Лист	Листов
Изм	Лист	№ док.	Подп	Дата	
Разраб	Шулик О.Р.				
Проб	Лижань Т.В.				
Т.контр	Лижань Т.В.				
Реценз					
Н.контр	Лижань Т.В.				
Утв					

Лист № 1  
 Число листов 1  
 Дата 01.02.2000  
 Проект № 0102.00.000.СК  
 Автор-разработчик Шулик О.Р.  
 Проверил Лижань Т.В.  
 Технический контролер Лижань Т.В.  
 Рецензент  
 Нормальный контролер Лижань Т.В.  
 Утвердил



1. Пристрій для контролю відхилення від прямолінійності, радіального біття деталей типу вал;  
 2. \*Розміри для довідок.

Лист № 1  
 Вид № 1  
 Склад № 1  
 Періодичність

				БР.ПМ-01.01.00.000		
Лист	№ док.м.	Лист	Дата	Пристрій контрольний		
1	Шульж О.Р.					
Лист	Листов	ІФНТУНГ ПМ-27-Ж				
1	1					
Лист	Листов	Формат А1				
1	1					

Код програми на операцію 010

```

%
00001
N1 ('5@=>2>9 B>@5F1)
G54
T0101 (DCLNR 2525M 12)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z4.854
M08
G50 S3000
G96 S228
X84.707
G01 X78. Z15
X4.24
X4.1693 Z1854
G00 Z4.854
X78.707
Z.854
G01 X78. Z5
X4.24
X4.1693 Z.854
G00 Z52
X508. Z127. M09
M01

N2 ('8AB>2>9 B>@5F1)
G54
T0303 (QS-CP-25BR-2020-12B)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z3.354
M08
G50 S3000
G96 S228
X83.107
G01 X76.4 Z0 F.409
X4.24
X4.1693 Z.354
G00 Z3.354
X508. Z127. M09
M01

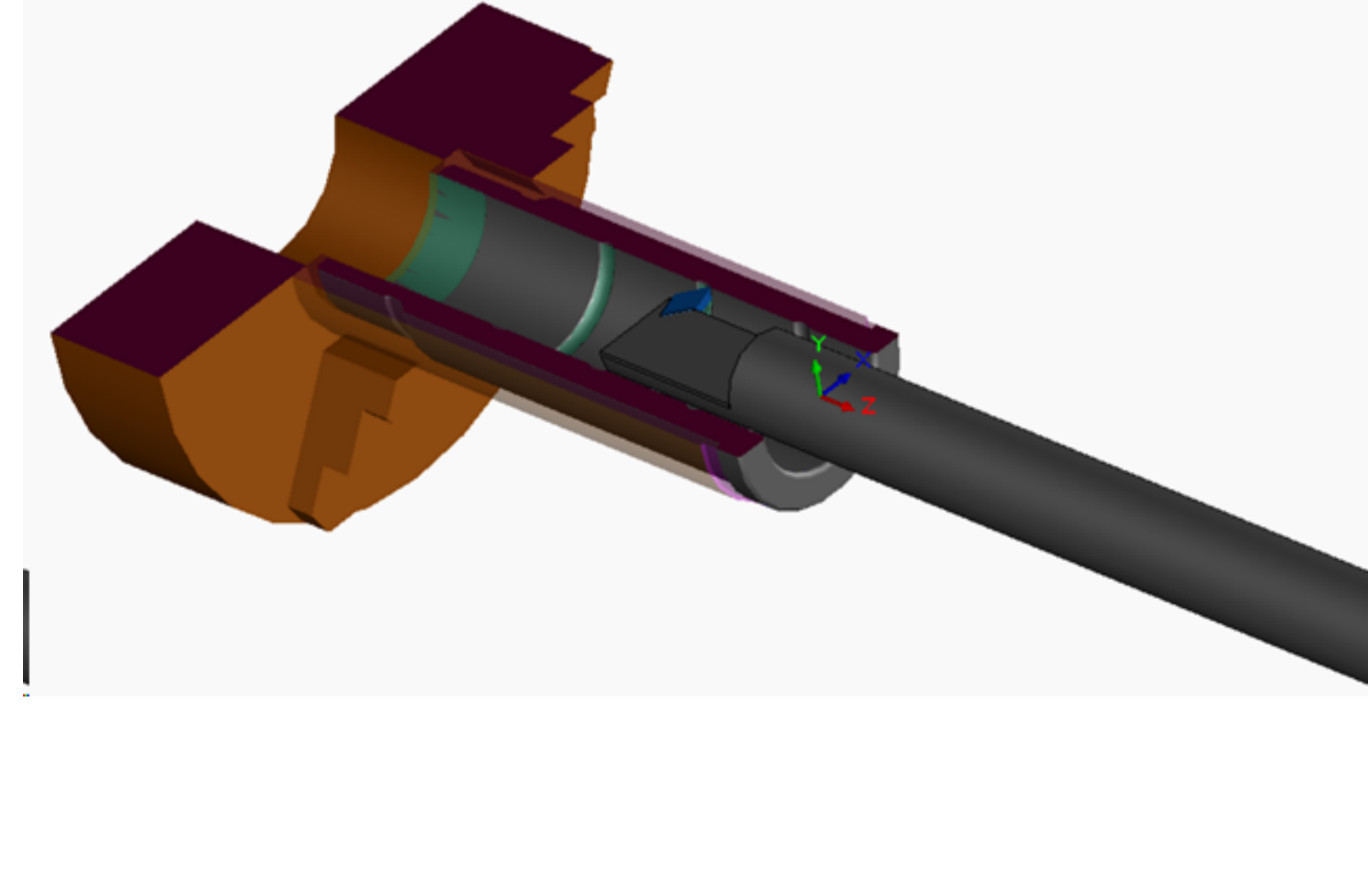
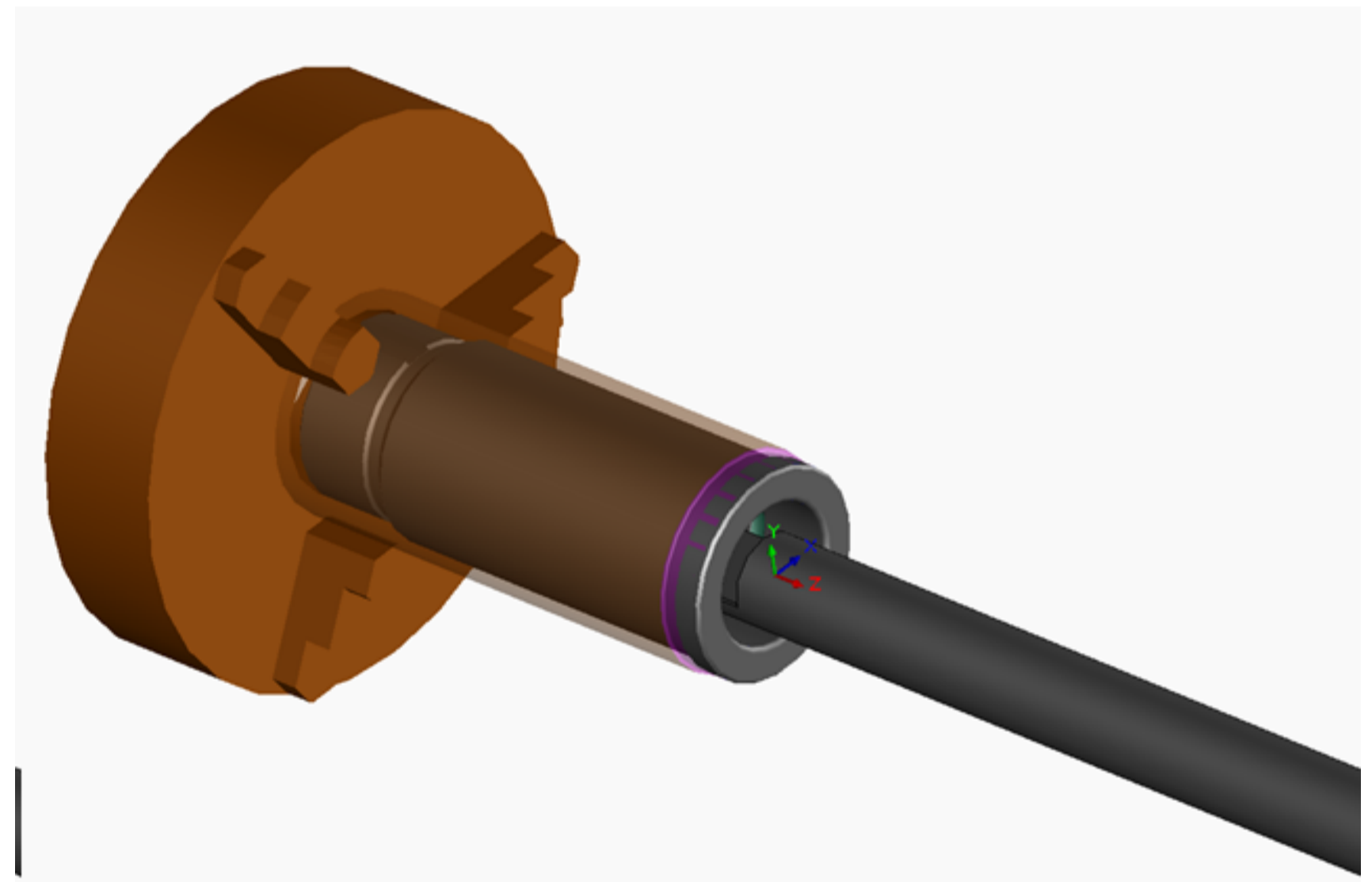
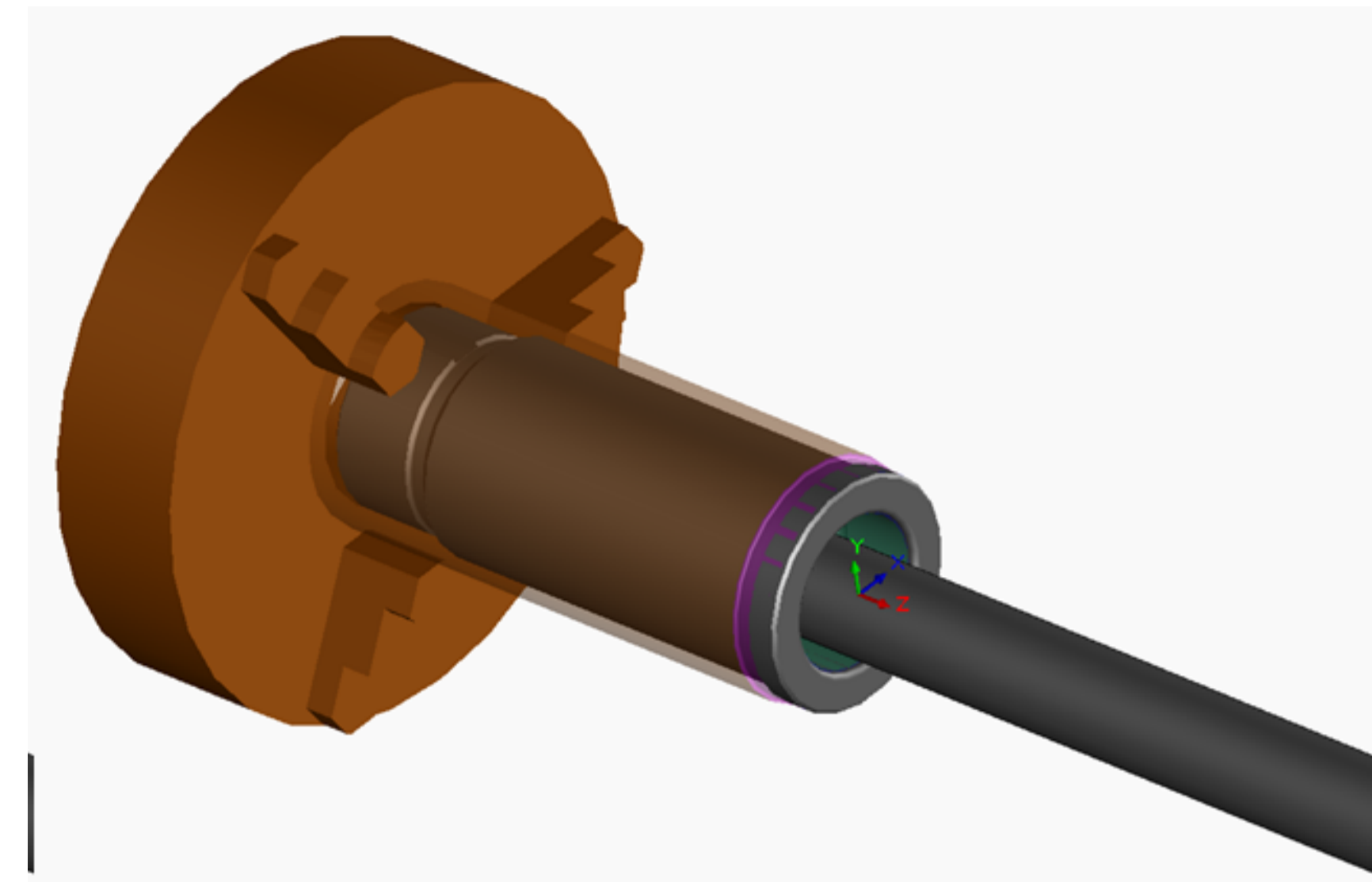
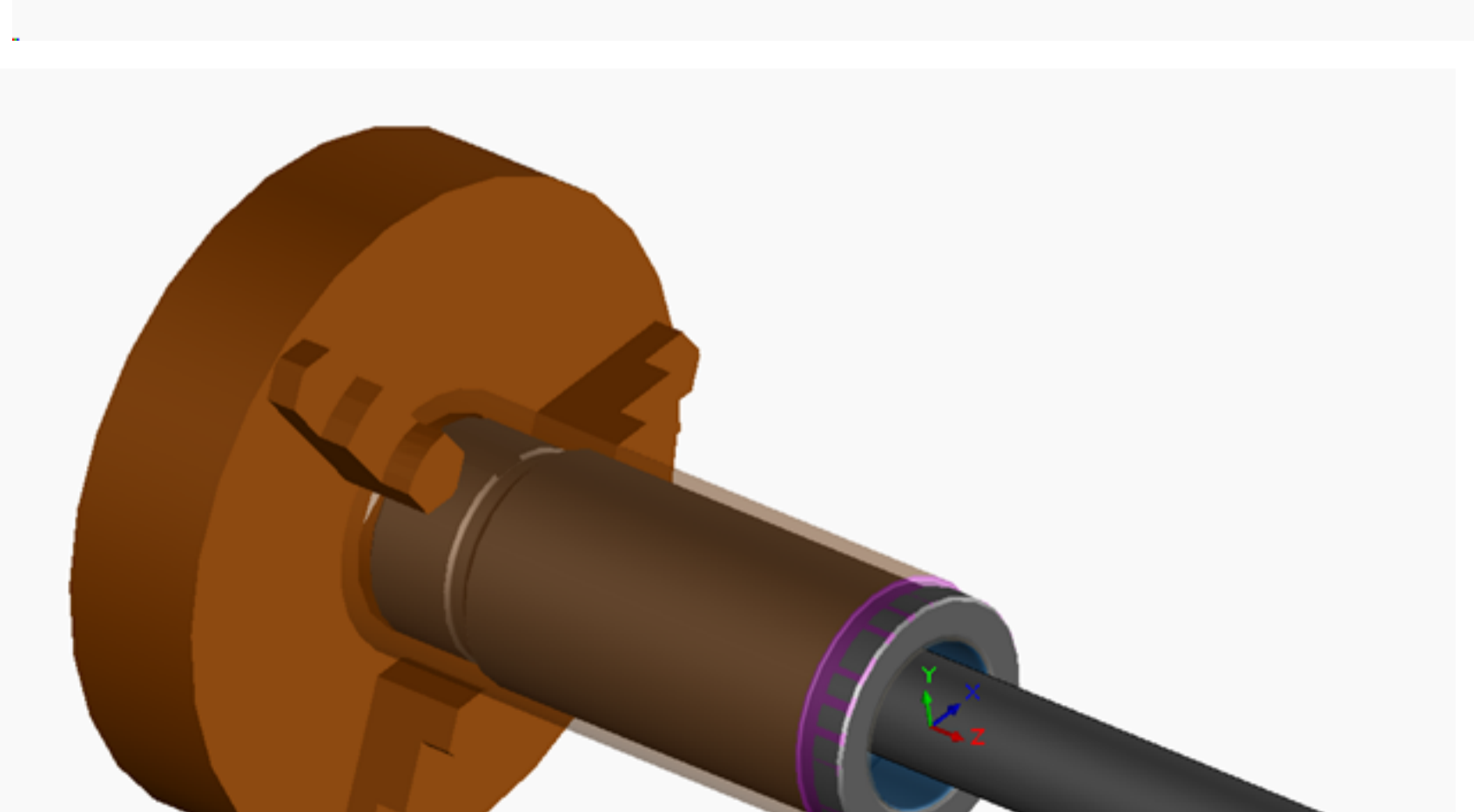
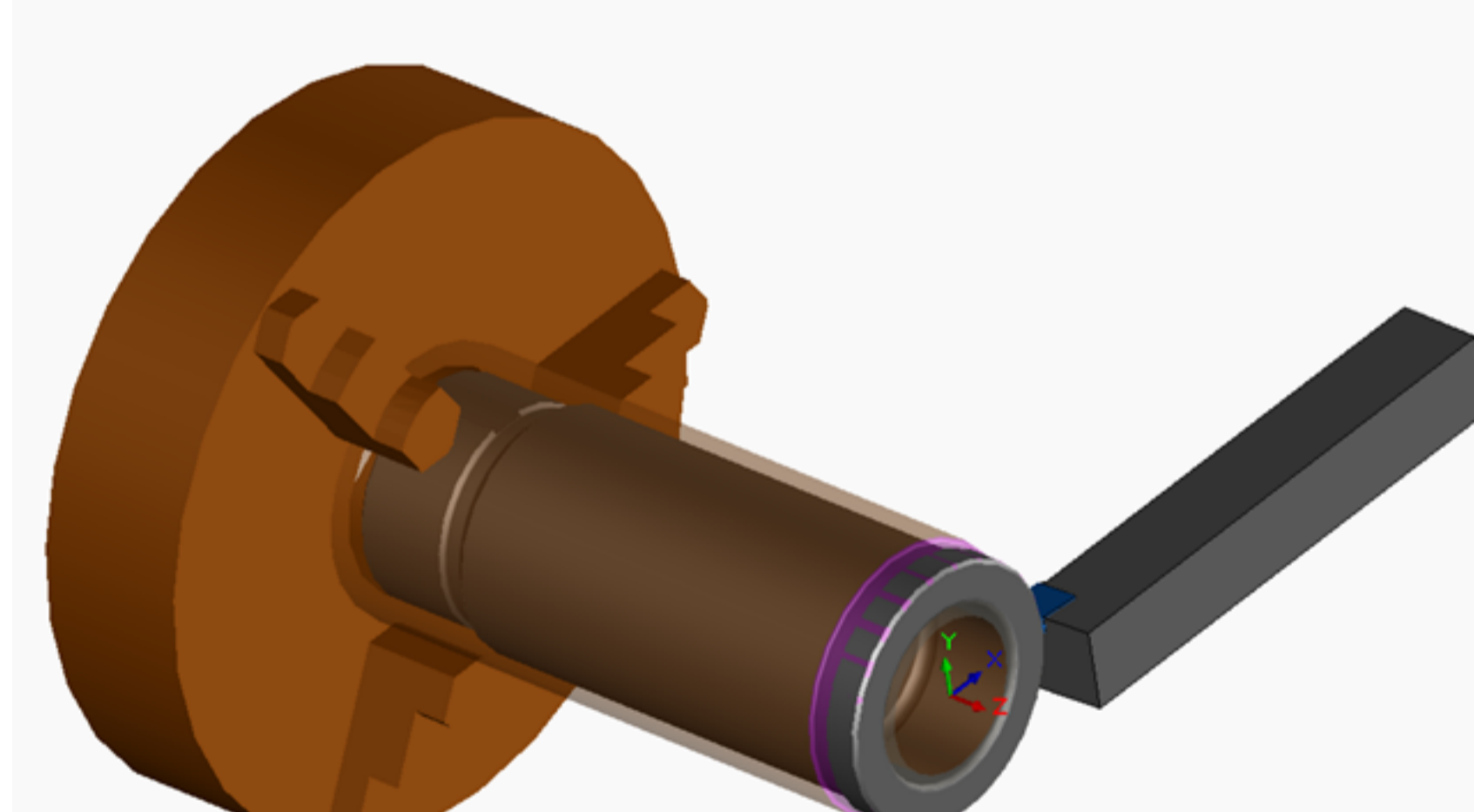
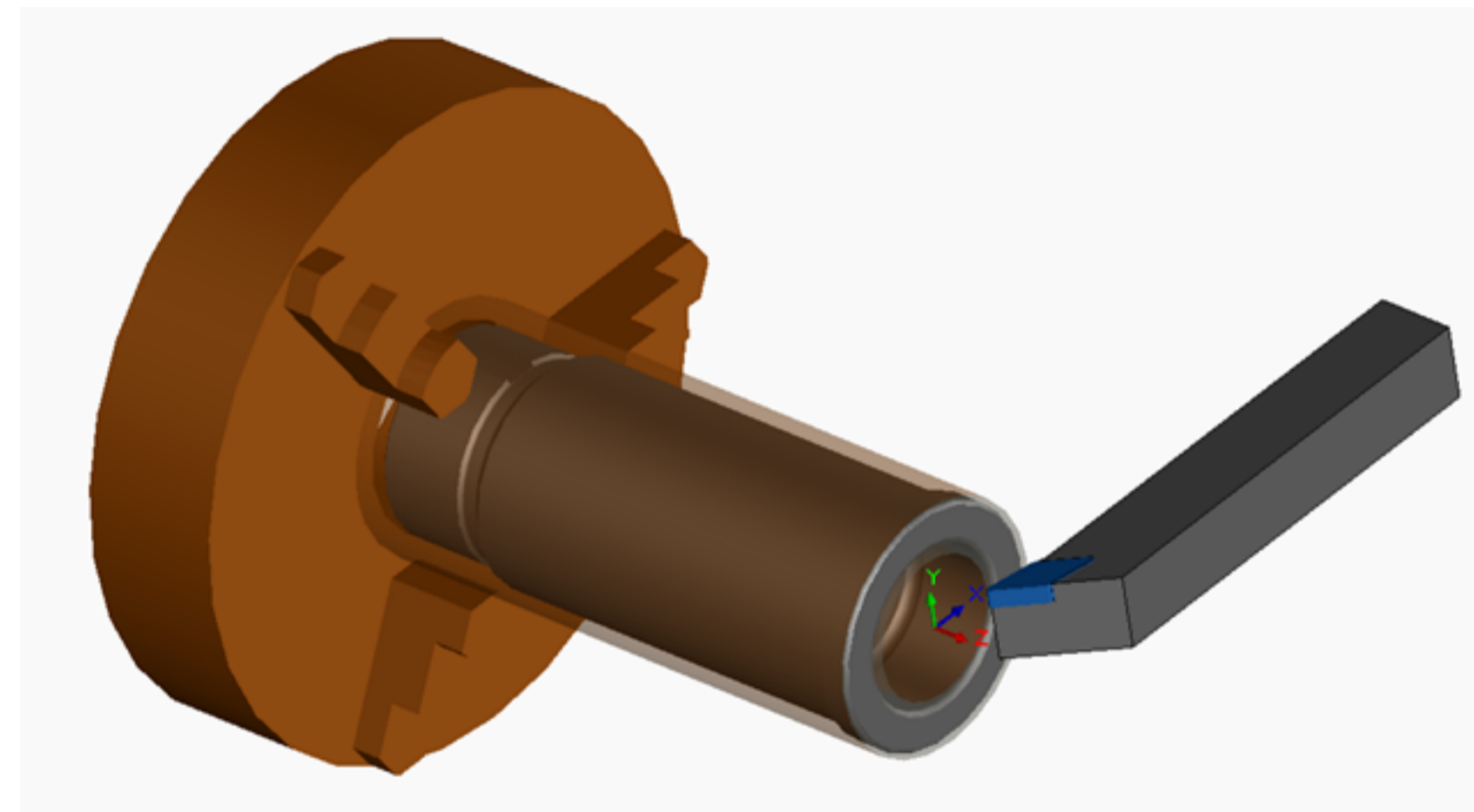
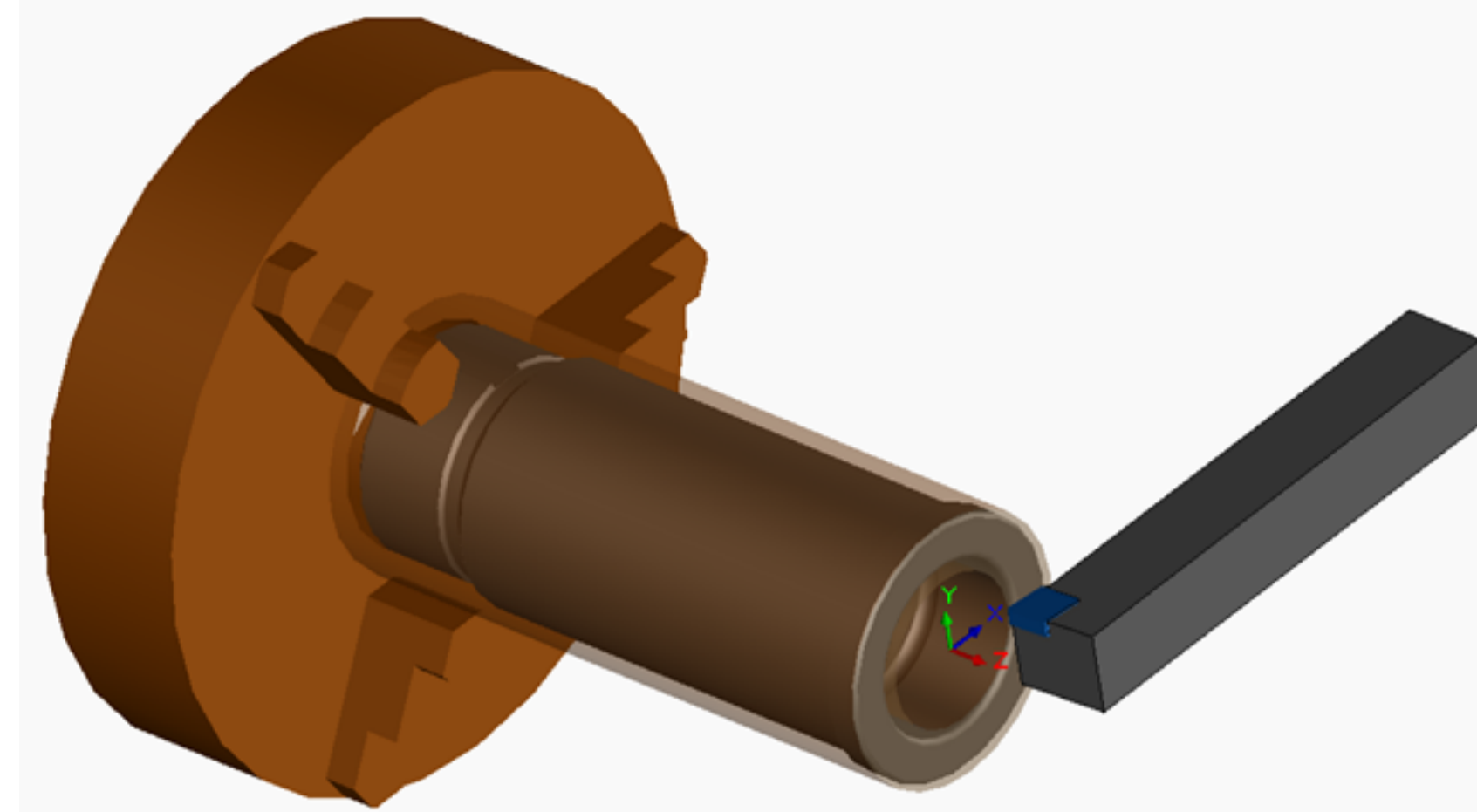
N3 ('5@=>2001)
G54
T0101 (DCLNR 2525M 12)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z3.354
M08
G50 S3000
G96 S287
X81.798
G01 X75.091 Z0 F.409
Z-.1
X75.946 Z-.527
G03 X77. Z-.18 R18
G01 Z-.14.025
X78.
X78.707 Z-13.672
G00 X84.707
Z831
X714
G01 Z.331
X74.531 Z-1234
G03 X75. Z-18 R.8
G01 Z-15
X76.4
X77.107 Z-14.646
G00 X83.107
X508. Z127. M09
M01

N4 ('5@=>. @0AB0G820=851)
G54
T0202 (GNMG 431 80DEG BORE BAR)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z3.354
M08
G50 S3000
G96 S272
X4.3.293
G01 X50. Z0 F.409
Z-.417
G02 X4.8. Z-.31 R4.1
G01 Z-184.678
X44.
X4.3.293 Z-184.325
X4.2.393
G00 X37.293
Z5
X48.726
G01 X50.744
Z0
X50.088 Z-.367
G02 X50. Z-.417 R4.1
G01 X4.9.003 Z-.453
G00 X36.726
X508. Z127. M09
M01

N5 ('8AB. @0AB0G820=851)
G54
T0404 (A16R-SSKCR 09-R)
G97 S1000 M03
G99 G18 G00 Z4.599
M08
G50 S3000
G96 S245
X44.196
G01 X50.196 Z1599 F.409
X50.075 Z1.103
X4.9.998 Z1.073
G02 X4.7. Z-2. R3.9
G01 Z-182.906
X46.293 Z-183.259
G00 X39.293
Z.811
X514.28
G01 X51.306 Z.315
X51.229 Z.285
G02 X4.9. Z-2. R2.9
G01 Z-183.392
X48.307 Z-183.663
X4.7.315 Z-183.602
G00 X4.1315
G96 S220
Z4.599
X45.821
G01 X51.821 Z1599 F.409
X51.699 Z1.103
X50.614 Z.679
G02 X4.8. Z-2. R3.4
G01 Z-182.906
X4.7.293 Z-183.259
G00 X4.1.293
Z.811
X53.052
G01 X52.93 Z.315

X51.845 Z-.109
G02 X50. Z-2. R2.4
G01 Z-183.392
X4.9.307 Z-183.663
X4.8.315 Z-183.602
G00 X4.2.315
Z-25.563
X4.3.033
G01 X4.9.033 Z-28.563 F.409
X50. Z-28.69
G03 Z-31.31 R2.6
G01 X4.9.033 Z-31.437
G00 Z-26.225
X4.9.293
G01 X50. Z-26.578
G02 X50.758 Z-27.536 R14
G03 Z-32.464 R3.6
G02 X50. Z-33.422 R14
G01 X4.9.293 Z-33.775
G00 X4.9.033
Z-68.563
G01 X50. Z-68.69
G03 Z-71.31 R2.6
G01 X4.9.033 Z-71.437
G00 Z-66.225
X4.9.293
G01 X50. Z-66.578
G02 X50.758 Z-67.536 R14
G03 Z-72.464 R3.6
G02 X50. Z-73.422 R14
G01 X4.9.293 Z-73.775
G00 X4.9.033
Z-108.563
G01 X50. Z-108.69
G03 Z-111.31 R2.6
G01 X4.9.033 Z-111.437
G00 Z-106.225
X4.9.293
G01 X50. Z-106.578
G02 X50.758 Z-107.536 R14
G03 Z-112.464 R3.6
G02 X50. Z-113.422 R14
G01 X4.9.293 Z-113.775
G00 X4.3.293
Z34
X508. Z127. M09
M01

M05
/ M99
M30
%
    
```



				БР.ПМ-0104.00.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Имитация обработки та код програми на операцію 010	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.		Шилкин О.Р.						1:1
Проб.		Лижань Т.В.						
Т.контр.		Лижань Т.В.						
Исполн.		Лижань Т.В.						
Утв.		Паричук В.Г.						
						Лист	Листов	1
						ІФНТУНГ ПМ-21-1К		
						Формат А1		