

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Павлюк Тарас Вікторович

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

(назва роботи)

«Корпус калібратора 5КС-187,3 СТ001» для умов серійного виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Т.В. Павлюк

_____ (підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Одосій З.М., к.т.н., доц.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

_____ (посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інтернетної механіки і робототехніки
(повне найменування закладу вищої освіти)
Кафедра кавалітеризованого машинобудування
Освітній рівень магістр
Спеціальність 131- Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

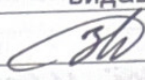
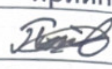
Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

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

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення
деталі « Корпус компресора 5КС-187, 3 СТ 001 » для умов
середнього виробництва
(прізвище, ім'я, по батькові)
керівник роботи Одрий Зіновій Михайлович к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” листопада 2025 року № 694/7
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи технічне креслення деталі « Корпус компресора
5КС-187, 3 СТ 001 », тип виробництва - середньосерійний
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Фінанційне
моделювання роботи прикладної машини прикладного.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Карточка наладки - 1 лист А1. 2. Знайз точності обробки поверхні Ø 187, 3 -
1 лист А1. 3. Патрон циліндричний - 1 лист А1. 4. Патрон прищипувальний - 2 листи А1
5. Приступий для контролю радіального біття - 1 лист А1. 6. Фінанційне дослідження -
1 лист А1. 6. Привидний моделі прищипувача - 1 лист А1. 7. Фінанційне дослідження - 1
л1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Одочій З.М., професор кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	29.11.2025	
2	Конструкторська частина	05.12.2025	
3	Титраційне моделювання роботи пристрою ланки пристрою	10.12.2025	
4	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	15.12.2025	

Студент


(підпис)

Ловинок П.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Одочій З.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус калібратора 5КС-187,3 СТ001» для умов серійного виробництва.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 78 сторінок формату А4 та містить: 12 рисунків, 14 таблиць, 13 посилання на літературу та додатки на 12 сторінках.

Графічна частина: 8 аркушів (7 формату А1, 1 формату А2).

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Корпус калібратора 5КС-187,3 СТ001”.

Мета роботи – розробити, на базі заводського технологічного процесу механічної обробки корпусу калібратора 5КС-187,3 СТ001 покращений проектний, який дозволить здешевити собівартість виготовлення даної деталі, при цьому витримавши вимоги кресленням деталі щодо точності розмірів і форми та якості поверхонь, а також розробити конструкції двох верстатних пристроїв та одного контрольного, підтвердивши їх працездатність розрахунками та оптимізувати конструкцію його притискних ланок за допомогою програм САПР.

Згідно завдання на магістерську роботу у роботі проведений аналіз конструкції, призначення і функцій деталі у виробі, аналіз заводського способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По результатах аналізу та рекомендацій технічної літератури, розроблено проектний маршрут механічної обробки корпусу калібратора, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на токарних операціях (030 та 070) розроблено конструкції спеціальних верстатних пристроїв, працездатність котрих підтверджують розрахунки проведенні в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: деталь, заготовка технологічний маршрут, операція, обладнання, пристрій, інструмент, режими різання, сила різання.

Студент: Павлюк Т.В.

SUMMARY

of the qualifying master's thesis on the topic: Improvement of the technological process of manufacturing the part “Calibrator housing 5KC-187.3 CT001” for serial production conditions.

The explanatory note consists of 78 pages in A4 format and contains: 12 figures, 14 tables, 13 references to literature and appendices on 12 pages.

Graphical part: 8 sheets (7 in A1 format, 1 in A2 format).

The object of research is the mechanical processing process.

The subject of research is the part “Calibrator housing 5KC-187.3 CT001”.

The aim of the work is to develop, on the basis of the factory technological process of mechanical processing of the 5KC-187.3 CT001 calibrator body, an improved design that will reduce the cost of manufacturing this part, while meeting the requirements of the part drawing in terms of dimensional and shape accuracy and surface quality, as well as to develop the designs of two machine tools and one control device, confirming their performance with calculations and optimising the design of its clamping links using CADs software.

In accordance with the master's thesis assignment, the work analyses the design, purpose and functions of the part in the product, the factory method of obtaining the blank and the machining route. Based on the results of the analysis and recommendations from technical literature, a design route for the mechanical processing of the calibrator body was developed, the optimal method for obtaining the blank was selected, and allowances, cutting modes and time norms were calculated. To secure the part during turning operations (030 and 070), special machine tools were designed, the performance of which is confirmed by the calculations in sections 2 and 3 of the explanatory note.

The results of the work can be used in the machine-building industry.

Keywords: *part, workpiece, technological route, operation, equipment, device, tool, cutting modes, cutting force.*

Student: Pavlyuk T.V.

Зміст

стор.

Вступ

1. Технологічна частина
 - 1.1 Опис призначення і конструкції деталі
 - 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі
 - 1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії
 - 1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології
 - 1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки
 - 1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу
 - 1.4.3 Технологічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки
 - 1.5 Розробка операційної технології
 - 1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів
 - 1.5.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделі верстатів
 - 1.5.3 Аналіз точності обробки
 - 1.5.4 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти наладки і керуючої програми
 - 1.5.5 Технічне нормування
- 2 Конструкторська частина
 - 2.1 Розробка верстатного пристрою на операцію 030
 - 2.1.1 Опис та принцип роботи пристрою
 - 2.1.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу
 - 2.1.3 Розрахунок пристрою на міцність
 - 2.1.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою
 - 2.1.5 Розрахунок пристрою на точність

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Павлюк			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Одосій					1	
Реценз.						ПМКм-24-1		
Н. Контр.		Одосій						
Затверд.		Панчук						

2.2 Розробка верстатного пристрою на операцію 070

2.2.1 Опис та принцип роботи пристрою

2.2.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу

2.2.3 Розрахунок пристрою на міцність

2.2.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою

2.2.5 Розрахунок пристрою на точність

2.3 Розрахунок контрольного пристрою

2.3.1 Опис та принцип роботи пристрою

2.3.2 Розрахунок пристрою на точність

3. Імітаційне моделювання роботи притискної ланки пристрою

Висновки

Перелік літературних джерел

Додатки

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум	Підпис	Дата		

Вступ

Інженер-конструктор є творцем нової техніки, і рівнем його творчої роботи в великій степені визначають темпи науково-технічного прогресу. Діяльність конструктора приналежна до числа найбільш складних проявів чоловічого розуму. Одне з найважливіших завдань у підготовці інженера - навчити творчо застосовувати при вирішенні поставлених завдань набуті знання. З розвитком науки і техніки проблемні питання вирішуються з врахуванням наростаючого числа факторів, які базуються на даних різних наук, тому уміння працювати над сходженням різних дисциплін є показником підготовки сучасного спеціаліста.

При виконанні магістерської роботи обов'язковою базою будуть служити знання наступних предметів: різання металів, теплотехніка, гідравліки, теорії пружності, матеріалознавства, механіки і інших. Треба використати математичні моделі, що базуються на теоретичних та експериментальних випробуваннях.

При прийнятті складних інженерних рішень далеко не все може бути формалізовано. Одною із цілей виконуваної магістерської роботи являється розвиток інженерної думки, в тому числі уміння використати набраний досвід, натупати нові ідеї, моделювати, використовувати аналоги.

Основним завданням проектування магістерської роботи є дати належну оцінку базовому технологічному процесу, і з врахуванням високих темпів росту технічного прогресу, зіставивши всі показники, створити новий більш економічний, продуктивніший і доцільний новий технологічний процес.

Враховуючи сучасний розвиток машинобудування та заданий тип виробництва основним напрямком в розробці даної магістерської роботи буде запровадження сучасного високопродуктивного обладнання. Серійний тип виробництва характеризується випуском широкої номенклатури виробів та чистою переналадкою металорізального обладнання, що приводить до додаткових витрат робочого часу на допоміжні операції та виготовлення технологічної оснастки. Одним із основних шляхів автоматизації механічної обробки деталей в серійному та дрібносерійному виробництві є використання верстатів з ЧПК та оброблюючих центрів. В результаті використання верстатів з ЧПК та оброблюючих центрів

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшується продуктивність обробки, підвищується її точність, зменшується кількість обладнання та технологічної оснастки. На оброблюючих центрах проводяться майже всі процеси різання і свердління, зенкерування, розвертання, розточування, фрезерування, нарізання різьби. Автоматична заміна інструменту та заготовок на столах супутниках значно скорочує допоміжний час обробки деталі.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення і конструкції деталі

Корпус калібратора 5КС-187,3 СТ001 призначений для встановлення на його поверхні зубів із твердого сплаву марки ВК. Зуби кріпляться в спеціально виготовлених отворах за допомогою пайки генератором ТВЧ-ПАЗ-67В.

Сам калібратор відноситься до бурового інструменту і використовується для зачистки, тобто калібрування отворів. В процесі буріння свердловин долото спрацьовується, а отже діаметр свердловин зменшується. Тому для запобігання заклинювання і поломки наступного долота використовується проміжна операція – калібрування, за допомогою даного калібратора.

Основними робочими поверхнями, які безпосередньо приймають участь в зачищенні отворів, є поверхні зубів. Тому до корпусу калібратора в цілому не ставляться високі вимоги з точності виготовлення і якості поверхонь.

Вищі вимоги при виготовленні корпусу калібратора до точності ставляться до зовнішньої поверхні $\varnothing 187,3_{-0,4}$, шорсткість якої Rz40 і до поверхонь отворів на зовнішній поверхні калібратора, які призначені для встановлення зубців, шорсткість яких Rz40. На зовнішній поверхні корпусу вифрезеровані три гвинтові канавки які призначені для видалення знятого шару ґрунту із зони обробки. Загальна довжина корпусу калібратора $L=450_{-3}^{+10}$. Робоча довжина калібратора $l=360\pm 2$ мм. Найбільш якісною поверхнею корпусу калібратора є поверхня торця калібратора, шорсткість якої Rz20. Така якість поверхні необхідна для забезпечення щільного і якісного з'єднання труби з калібратором. Важливим елементом корпусу калібратора є замкова різьба, яка виготовляється за ДСТУ ГОСТ 20692:2004. Замкова різьба призначена для з'єднання калібратора з трубою. Вано повинна забезпечувати швидке розгвинчування і згвинчування труб при спуску - підйомних операціях. Для цього замкова різьба виконують конічною з крупним кроком $P=3$ мм, з плоскозрізаним профілем. Замкова різьба відноситься до різьб упорного типу і повинна забезпечувати герметичність з'єднання, зностійкість, відсутність заклинювань при згвинчуванні.

Матеріал з якої виготовляється корпус калібратора легована сталь 40ХН ДСТУ 7806:2015. Хімічний склад і механічні властивості матеріалу подані в таблиці 1.1.

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад і механічні властивості матеріалу.

Вміст елементів, %					Границя міцності σ_B , кг/мм ²	Твердість по Брінеллю (НВ)
Вуглець (С)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Хром (Gr)	Нікель (Ni)		
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,45-0,75	1-1,4	100	207

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Кожна деталь при сучасному рівні машинобудівного виробництва повинна задовольняти як вимоги службово-експлуатаційного характеру, так і виробничі вимоги, які зумовлені можливістю застосування високопродуктивних і рентабельних технологічних процесів з врахуванням конкретних умов та об'єму виробництва. Все це повинно задовольнятися при розробці технологічності конструкції деталі.

Кожна деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими і матеріальними затратами. Ці затрати можна скоротити правильно вибравши варіант технологічного процесу, його оснащення, механізацію, автоматизацію, застосувавши оптимальні режими обробки і проведення підготовки виробництва.

Деталь прийнято називати технологічною, якщо вона дозволяє в повній мірі використовувати всі можливості і особливості найбільш економічного технологічного процесу, що забезпечує її якість необхідному характерному випуску.

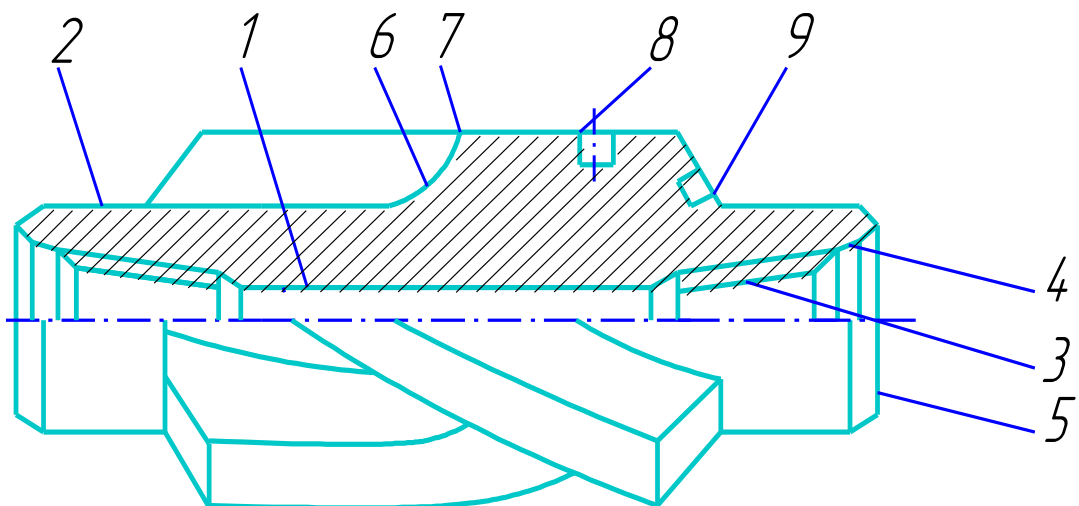


Рисунок 1.1– Ескіз деталі.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Вимоги до точності розмірів і якості поверхонь.

№ пов.	Конструкція поверхні	Розміри мм,	Квалітет точності, допуск Т, мм.	Шорсткість.
1	2	3	4	6
1	Циліндрична внутрішня поверхня	Ø 80	TD=6000 16 кв.т.	Rz 80
2	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø10.2	T=0.46	Rz80
3	Внутрішня конічна різьба, призначена для з'єднання калібратора із трубою	3-117 ГОСТ 20692-75		
4	Внутрішня конічна поверхня	Ø 119	TD=1200 14 кв.т.	Rz=80
5	Плоскі поверхні торців, для з'єднання калібратора із трубою	L=450	TD=13000	Rz=20
6	Поверхні гвинтових канавок, призначені для виносу породи	Ø 146	TD=250 11 кв.т.	Rz 80
7	Зовнішня циліндрична поверхня, призначена для направлення калібратора в свердловині	Ø 187,3	TD=300 11 кв.т.	Rz 40
8	Циліндрична внутрішня поверхня, призначена для встановлення зубців	Ø 12,2	TD=200 12 кв.т.	Rz 40
9	Циліндрична внутрішня поверхня, призначена для встановлення зубців	Ø 12,07	TD=200 12 кв.т.	Rz 40

Дана деталь відноситься до класу корпусів і виготовляється із конструкційної легованої сталі 40ХН.

Заготовка, яка запропонована заводським технологічним процесом являє собою круглий прокат. Тому всі елементи деталі отримуються шляхом механічної обробки.

З точки зору технологічності виготовлення деталі має наступні недоліки. Через великі габарити і масу заготовки отвір Ø 80±3 отримують з двох установок. Аналогічним чином отримують торці деталі, зовнішню шийку діаметром Ø 146, отвори під замкову різьбу і саму замкову різьбу 3-117 ДСТУ ГОСТ 20692:2004 на довжині L=124Н16 тільки з двох установок. Це призводить до виникнення ряду похибок при обробці. Значні труднощі викликають обробка

										Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ					

отворів для встановлення зубців, так як вони розміщені близько один відносно другого і розміщені на циліндричній і конічній частині, то їхня одночасна обробка на багатошпідельних верстатах неможлива. Ці отвори можна отримати тільки поштучно з певним розміщенням деталі.

Виключаючи дані недоліки в іншому деталь є досить технологічна і відповідає наступним основним вимогам:

- елементи деталі є правильної геометричної форми, що дає можливість її повної обробки від постійної бази;
- підвід і відвід різального інструменту по всіх елементах конфігурації деталі не затруднений;
- конструкція деталі забезпечує можливість обробки поверхонь з мінімальними числами проходів.

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії

Вихідні дані для розрахунку:

- тип виробництва - середньо-серійний;
- коефіцієнти серійності для серійного виробництва: $K_c=10...20$;
- режими роботи підприємства: 2 зміни на добу.

Таблиця 1.3 Трудомісткість операцій

Назва операції	$T_{шт}$	Назва операції	$T_{шт}, \text{хв.}$
Токарно-гвинторізна	14,075	Горизонтально-фрезерна	70,389
Токарно-копіювальна	28,25	Свердлильна з ЧПК	54,665
Токарна з ЧПК	23,297	Свердлильна з ЧПК	7,474

Середній штучний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum T_{шт}}{n} \quad (1.1)$$

де $\sum T_{шт}$ - сумарний штучний час, $\sum T_{шт} = 198,55 \text{ хв.}$;

n - число операцій, $n = 6$

Отже, за (1.1)

$$T_{шт.ср} = \frac{198,55}{6} = 33,09 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такт випуску деталей визначається по формулі.

$$t_g = K_c \cdot T_{ум.сп} = 15 \cdot 33,09 = 496,35 \text{ хв.}$$

Річна програми випуску деталей визначається по формулі:

$$N_p = \frac{F_o \cdot 60}{t_g} \quad (1.2)$$

де $t_g = 496,35$ хв. – такт випуску;

$F_o = F_n \cdot K$ - дійсний річний фонд роботи обладнання, год./зм.

де $F_n = 4100$ год. – номінальний річний фонд часу роботи обладнання при двохзмінній роботі;

$K = 0,95$ - коефіцієнт втрат часу для металорізальних верстатів

$$\text{Отже, за (1.2): } N = \frac{F_o \cdot K \cdot 60}{t_g} = \frac{4100 \cdot 0,95 \cdot 60}{496,35} = 470,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо: $N = 470$ шт.

Розрахунок кількості деталей в партії визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \quad (1.3)$$

де $a = 5$ - періодичність запуску,

$F = 250$ - число робочих днів в році,

$$n = \frac{470 \cdot 5}{250} = 9,4 \text{ шт.}$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей

$$C = \frac{T_{ум.с} \cdot n}{480 \cdot 0,8} = \frac{33,09 \cdot 9,4}{480 \cdot 0,8} = 0,81 \text{ зм,}$$

де 480 – дійсний фонд часу роботи обладнання в зміні;

0,8- нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Приймаємо $c=1$ зміну.

Визначаємо число деталей в партії, необхідний для завантаження обладнання.

$$n = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{ум.сп}} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{33,09} = 11,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 11$ шт.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Згідно базового технологічного процесу заготовка для виготовлення корпусу калібратора являє собою круглий прокат $\varnothing 200$ довжиною $457^{+5,0}$ мм. При даному виді заготовки значна кількість металу в процесі виготовлення корпусу калібратора відійде в стружку. Тому при виборі заготовки завжди намагаються прийняти заготовку, яка б по своїй формі і розмірах була найбільш наближена до форми і розмірів готової деталі.

В даному випадку методом, яким можна було б наблизити форму заготовки до форми деталі, є отримання заготовки поковки на кривошипних гарячекатаних пресах.

Отже для того, щоб визначити який метод отримання заготовки буде оптимальнішим з точки зору використання матеріалу, а також по собівартості отримання заготовки проведемо попередні розрахунки для двох варіантів заготовки проведемо попередні розрахунки для двох варіантів заготовки проведемо попередні розрахунки для двох варіантів заготовок: круглого прокату і поковки.

I варіант

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$K = \frac{G_o}{G_z} \quad (1.4)$$

де $G_o = 58,3$ кг. - вага деталі;

G_z - вага заготовки, кг.;

$$G_z = V \cdot \rho, \quad (1.5)$$

де V - об'єм заготовки, м^3 ;

$$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$$

Об'єм заготовки з круглого прокату буде визначатись за формулою.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D}{4} \cdot L = \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} \cdot 0.457 = 0.01199 \text{ м}^3,$$

де $D = 0.2$ м. – діаметр заготовки, $L = 0.457$ м. – довжина заготовки.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, за (1.5):

$$G_{з1} = V_1 \cdot \rho = 0.01199 \cdot 7800 = 93.56 \text{ кг.}$$

Отже, за (1.4):

$$K_1 = \frac{58.3}{93.56} = 0.62$$

Визначаємо вартість заготовки із прокату по [1, с.30]

$$S_{заг} = M + C_{о.з}, \quad (1.6)$$

де M - витрати на матеріал заготовки, грн.;

$C_{о.з}$ - технологічна вартість операції різки, грн

$$M = Q \cdot S - (Q - g) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (1.7)$$

де $Q = 93,56$ кг – маса заготовки;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.; $S = 21,66$ грн./кг для сталі 40 ХН;

$g = 58,3$ кг - маса готової деталі;

$S_{відх} = 2016$ грн./т – ціна одної тони відходів;

Отже, за (1.7)

$$M = 93.56 \cdot 21,66 - (93.56 - 58.3) \cdot \frac{2016}{1000} = 1950 \text{ грн.}$$

$$C_{о.з} = \frac{C_{н.з} \cdot T_{ш.к}}{60}, \quad (1.8)$$

де $C_{н.з} = 230$ грн./год – приведені затрати на робочому місці;

$T_{ш.к} = 3,4$ хв. – штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції;

Отже, за (1.8): $C_{н.з} = \frac{3,4 \cdot 230}{60} = 13$ грн.

Отже, за (1.6): $S_{заг} = 1950 + 13 = 1963$ грн.

II варіант

Визначення припусків на механічну обробку заготовки поковки і заносимо їх в таблицю 1.4. Для цього визначимо вихідний індекс деталі.

Знаючи, що:

- група сталі М2 [2, ст.112, т.5.7];
- степінь складності С2 [2, ст.111];
- клас точності Т2 [2, ст. 116].

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Розглянемо заводський технологічний процес, проаналізуємо всі його позитивні і негативні сторони.

Заготовка для виготовлення деталі згідно заводського технологічного процесу є круглий прокат $\varnothing 200\text{мм}$.

Провівши розрахунок заготовки в пункті 1.4.1 ми бачимо, що такий варіант отримання заготовки є більш матеріалоємних і менш економічно вигідний в порівнянні із заготовкою поковкою.

Розглянемо токарно-гвинторізну операцію 030 – застосовується токарно-гвинторізний верстат мод. 163 і здійснюється обробка отвору $\varnothing 80 \pm 3$ мм. Бачимо, що згідно заводського технологічного процесу отвір отримується за три проходи. Проаналізувавши вимоги до якості і точності отвору ми бачимо, що такий спосіб отримання отвору не є необхідний. Його можна замінити на отримання отвору за допомогою перового свердла, що дозволяє і потужність верстату.

На операції 070 на якій здійснюється токарна обробка деталі відмітимо, що токарний автомат іноземного виробництва моделі 2SDS-RV4/4 можна було б замінити на вітчизняний верстат з ЧПК 16K20Ф33, технічні характеристики якого не поступаються характеристикам базового верстату, а вартість якого в 5 разів менша.

Операція 085 на якій здійснюється розмітка деталі перед фрезерною операцією можна було б вилучити з технологічного процесу, так як вона є недоцільною в зв'язку тим, що на фрезерній операції застосовується поділова головка, яка дає можливість повернути деталь на потрібний кут.

Розглянемо операцію 110 і 120, на мою думку їх можна було б виконувати на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК, де стіл пересувався б автоматично на крок, що рівний відстані між отворами, а поворот деталі на певний кут $\gamma = 6^{\circ} 14'$ здійснюється за допомогою крокового двигуна. Поки зміна може призвести до того, що відпаде необхідність в переміщені заготовки вручну і в здійснити

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмітки всіх отворів. Тобто на операції 100 здійснювалася б розмітка тільки першого отвору, на який необхідно вставити заготовку.

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу калібратора 5КС-187,3 СТ. 001 показаний в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Базовий технологічний процес виготовлення корпусу калібратора.

№ оп.	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема базування
1	2	3	4	5
010	<p>Пиловідрізна</p> <p>Встановити, закріпити і зняти деталь.</p> <p>1. Різати круг на заготовки, витримуючи розмір 1</p>	Пиловідрізний автомат мод. 8Г663-100	Строп УСК8,010-8,0/К1-8,0/2500 ОСТ 24.090.48-79	
020	<p>Контрольна</p> <p>1. Контролювати розмір 1-100%</p>	Стіл 124.000		
030	<p>Токарно-гвинторізна</p> <p>А. Встановити, закріпити і зняти деталь.</p> <p>1. Свердли отвір витримавши розмір 1</p> <p>Б. Перевстановити деталь</p> <p>2. Свердли отвір витримавши розмір 2</p> <p>3. Свердли отвір на прохід в розмір 3</p>	Токарно-гвинторізний верстат мод. 163	Патрон 7100-0011 ГОСТ2675-71	
040	<p>Контрольна</p> <p>1. Перевірити отвір $\varnothing 80 \pm 3$ - 100%</p>			
050	<p>Токарно-копіювальна.</p> <p>Вставити, закріпити і зняти деталь</p> <p>1. Точити корпус калібратора діаметру в розмір 1</p> <p>2. Зачистити заусениці</p>	Токарно-копіювальний півавтомат мод. КМ151	Різетримач 6729-7027 Центр 7032-7029.05	

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5
100	Розміточна Розмітити точки розміщення центрів отворів на циліндричній і конічній частині лопастей.			
110	Вертикально- свердлильна Вставити, закріпити і зняти деталь 1. Свердлити на циліндричній частині отвори, витримуючи розміри 1- 10	Вертикально- свердлильний верстат мод. 2Н135	Оправка 6030-0009 ГОСТ2682-72 Патрон свердлильний №3-16 ГОСТ 8512-70	
120	Вертикально- свердлильна А. Встановити, закріпити і знят деталь. 1. Свердлити отвори на конічній частині деталі в розмір 1-5 Б. Переустановити деталь 3. свердлити отвори на конічній частині деталі в розмір 1-5	Вертикально- свердлильний верстат мод. 2Н135	Пристрій 7001-7016 Патрон свердлильний №3-16 ГОСТ 8512-70	
130	Контрольна 1.Перевірити чистоту обробки 2. Перевірити розміри діаметрів 3. Перевірити кількість отворів	Стіл 124-000		

Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.4.3 Технологічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки

Розробка проектного варіанту механічної обробки корпусу калібратора проводимо на базі заводського технологічного процесу. Проектний варіант розробляємо врахувавши зауваження, які ми зробили в попередньому пункті і вносимо наступні зміни.

Як було зазначено в пункті 1.4.1 в проектному варіанті приймаємо заготовку поковку, яка отримується методом штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі. Такою заміною ми отримуємо річний економічний ефект в сумі 84130 грн.

На операції 030 отримуємо отвір за один прохід за допомогою перового свердла замість отримання отвору за три переходи тим самим ми зменшуємо трудомісткість операції забезпечуючи при цьому необхідну якість і точність отвору.

На операції 070 здійснюємо заміну дорогого верстату іноземного виробництва 2SDS-RV4/4 на вітчизняний верстат 16K30Ф33 який не поступається характеристиками базовому.

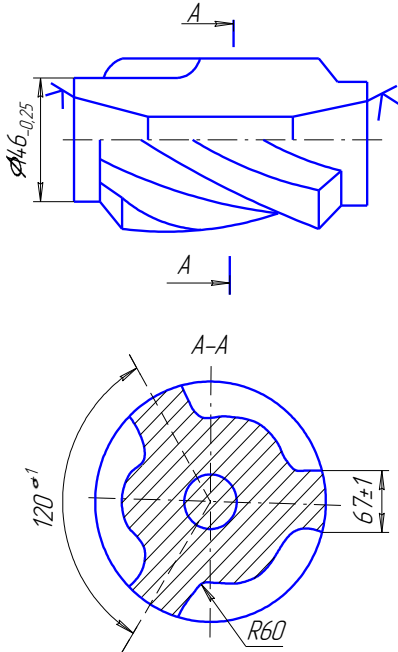
Операція 085 виключає з технологічного базового процесу так як вона недоцільна на наступні горизонтально-фрезерній операції.

На операціях 110 і 120 змінюємо верстати 2Н135 на вертикально свердлильний верстат з ЧПК 2P118Ф2. Така зміна значно зменшує трудомісткість операції за рахунок часу на переміщення деталі. Також відпадає необхідність в розмітці всіх отворів на операції 100. Достатньо буде розмітити на циліндричній поверхні перший отвір на лопасті. Всі інші отвори будуть утворюватись автоматично, завдяки системі ЧПК.

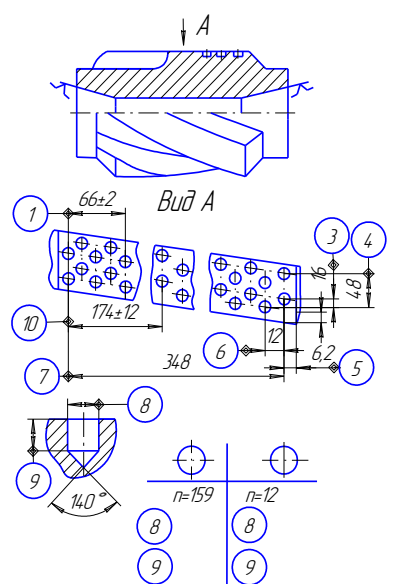
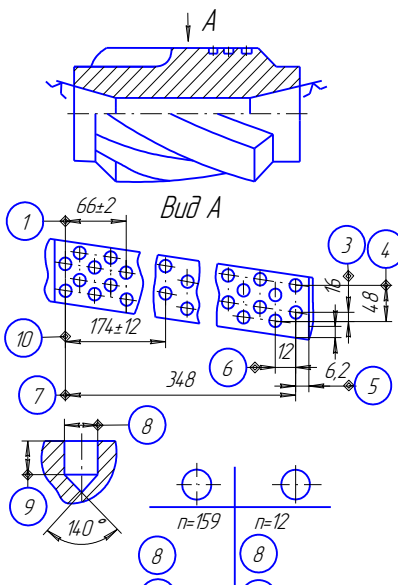
Проектний технологічний процес виготовлення корпусу калібратора 5КС-187,3 СТ. 001 представлений в таблиці 1.6.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
080	Контрольна 1. Перевірити радіальне биття зовнішньої поверхні. 2. Неперпендикулярність упорного торця до осі різьби. 3. Неспівісність різьб		Пристрій 8731-700906 Пристрій 8371-7018.06	
090	Горизонтально-фрезерна Встановити і зняти деталь 1. Фрезерувати почерзі 3 гвинтові канавки повертаючи заготовку на $\angle 120^0$ 2. Зачистити заусениці	Горизонтально-фрезерний верстат мод. 6М83	Задня бабка 7033-7031. Ділильна головка УДГ-400 Гітара 7065-7005.02	 <p>Набір шестерень: $a=30$; $b=80$; $c=40$; $d=90$. Крок гвинтової канавки 1440мм</p>
100	Розміточна Розмітити точки розміщення центрів отворів на циліндричній і конічній частині лопастей			

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
110	Вертикально-свердлильна з ЧПК А Встановити і зняти деталь 1. Свердлити на циліндричній частині отвори, витримуючи розміри 1-10	Вертикально свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р118Ф2	Задня бабка 7033-7031 Патрон свердлильний Ø3-16 ГОСТ 8512-70	
120	Вертикально-свердлильна з ЧПК А Встановити і зняти деталь 1. Свердлити отвори на конічній частині деталі в розмір 1-5 2. Переустановити деталь. 3. Свердлити отвори на конічній частині деталі в розмір 1-5	Вертикально - свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р118Ф2	Пристрій 7001-7016 Патрон Свердлильний Ø3-16 ГОСТ 8512-70	
130	Контрольна 1. Перевірити чистоту обробки. 2. Перевірити розміри діаметрів. 3. Перевірити кількість отворів			

Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.5. Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

1.5.1.1 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків і міжопераційних розмірів.

Деталь корпус-калібратора 5КС-187.3СТ.001

Маса деталі – $m = 58,3$ кг.

На розрахунок припусків на механічну обробку впливає який вид заготовки ми вибираємо. Тому зауважимо, що моя деталь виготовляється із заготовки поковки. Згідно завдання на дипломний проект розраховуємо припуски на механічну обробку аналітичним методом на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 187,3_{-0,3}$.

Таблиця 1.7 – Припуски на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 187,3_{-0,3}$.

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 187,3_{-0,3}$.	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм.	Розрахунковий розмір d_p , мм.	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	E				d _{мін}	d _{мак}	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	300	400	2510	-	-	193,62	5000	193,6	198,6	-	-
Чорнове точіння	50	50	150	0	2·3210	187,8	1000	187,2	188,8	6400	10400
Кінцеве точіння	40	30	100	0	2·250	187,3	300	187	187,3	800	1500
Всього										7200	11900

Назначаємо технологічну послідовність обробки поверхні $\varnothing 187,3_{-0,3}$ і записуємо в графу 1 таблиці 1.7.

Користуючись [1, с.63, т.4.3] визначаємо елементи припуску Rz і T на заготовку для всіх технологічних переходів оброблюваної поверхні і записуємо в графи 2 і 3 таблиці 1.7.

Сумарні відхилення розміщення поверхні визначаємо по формулі і записуємо в графу 4.

- заготовка
$$\rho = \sqrt{\rho_y^2 + \rho_k^2} \quad (1.11)$$

											Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ						

де ρ_K - кривизна поверхні, мкм;

$$\rho_K = \Delta_K \cdot l = 243 \cdot 0.3 = 72.9 \text{ мкм.} \quad [1, \text{ с.68, т 4.7}]$$

де $\Delta_K = 0,3$ мкм./мм. – питома кривизна заготовки, [1, с.71, т 4.8]

$l = 243$ мм. – виліт заготовки

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 2,51 \text{ мм.}$$

де $\delta_3 = 5$ мм. – допуск заготовки.

Отже, за (1.11): $\rho = \sqrt{72,9^2 + 2510^2} \approx 2510$ мкм.

- точіння чорнове:

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 2510 = 150 \text{ мкм.}$$

де 0,06 – коефіцієнт уточнення [1, с.89]

- точіння чистове:

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 2510 = 100 \text{ мкм.}$$

де 0,04 – коефіцієнт уточнення. [1, с.89]

Похибка установки при базуванні в центрах рівна нулю $\varepsilon_3 = 0$.

Визначаємо мінімальні припуски для всіх технологічних переходів і заповнюємо графу 6 таблиці 1.7.

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

- точіння чорнове:

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (300 + 400 + 2510) = 2 \cdot 3210 \text{ мкм.}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (50 + 50 + 150) = 2 \cdot 250 \text{ мкм.}$$

Вибираємо допуски на технологічні переходи і заповнюємо графу 9 таблиці 1.7.

Визначаємо розрахункові розміри і записуємо в графу 7 таблиці 1.7.

- чистове точіння $d_1 = 187,3 + 0,5 = 187,8$ мм;

- чорнове точіння $d_2 = 187,8 + 2 \cdot 3,21 = 193,62$ мм.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільші граничні розміри вираховуємо додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру і записуємо в графу 9, 10 таблиці 1.7.

- заготовка $d_{\max 3} = 193,6 + 5 = 198,6$ мм;
- точіння чорнове $d_{\max 2} = 187,8 + 1 = 188,8$ мм;
- точіння чистове $d_{\max 1} = 187 + 0,03 = 187,03$ мм;

Визначаємо значення припусків Z_{\max}^{np} - як різниця найбільших граничних розмірів, і Z_{\min}^{np} - як різниця найменших граничних розмірів і заповнюємо в графу 11 і 12 таблиці 1.7.

- точіння чистове:

$$2Z_{\max 1}^{np} = 217,2 - 215,7 = 1,5 = 1500 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 216,2 - 215,4 = 0,8 = 800 \text{ мкм}$$

- точіння чорнове:

$$2Z_{\max 2}^{np} = 227,6 - 217,2 = 10,4 = 10400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 222,6 - 216,2 = 6,4 = 6400 \text{ мкм}$$

Виконаємо перевірку:

$$2Z_{\max 2}^{np} - 2Z_{\min 1}^{np} = \delta_3 - \delta_2$$

$$10400 - 6400 = 5000 - 1000 = 100$$

$$2Z_{\max 1}^{np} - 2Z_{\min 1}^{np} = \delta_2 - \delta_1$$

$$1500 - 800 = 1000 - 300 = 700$$

Складаємо схему розміщення припусків і полів допуску на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 187,3_{-0,3}$.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.1.2 Табличний метод визначення припусків на механічну обробку

Припуски – на інші поверхні деталі визначаємо табличним методом по ДСТУ ISO 8062:2011, а саме припуски на технологічні переходи визначаємо за [3, с.183-186, т. 24, 27] і заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – загальні припуски на механічну обробку і технологічні переходи.

Поверхні і методи їх обробки	Точність обробки	Шорсткість	Припуск, мм.	Оперативні розміри	
				По розрахунку	Прийнятий з допуском
1	2	3	4	5	6
1. Свердлити отвір $\varnothing 80_{-5}^{+1}$	16 кв.т.	Rz 80	80	80	80_{-5}^{+1}
2. Точити поверхню $\varnothing 146_{0,25}$ - начисто - начорно - заготовка	11 кв.т. 13 кв.т. інд 17	Rz 80 Rz 80	1 5	146 147 152	$146_{0,25}$ 147 $152_{-0,3}^{+3}$
3. Точити кінцеву поверхню $d_{\max}=112,21\pm 0,1$ - начисто - начорно - заготовка	11 кв.т. 13 кв.т. інд 17	Rz 80 Rz 150	1 5	112,21 11,21 106,21	$112,21\pm 0,1$ 112,21 $106,21_{-1,3}^{+2,7}$
4. Точити внутрішню шийку $\varnothing 119\pm 0,6$ Заготовка	11 кв.т. інд 17	Rz 80	6	119 113	$119\pm 0,6$ $113_{-2,1}^{+4,2}$
5. Точити торці $L=450_{-3}^{+10}$ - начисто - начорно - заготовка	Інд 17	Rz 20 Rz 80 Rz 150	1,6 6	450 451,6 457,6	450_{-3}^{+10} 451,6 $457,6_{-2,1}^{+4,2}$
Фрезерування гвинтової канавки	11 кв.т.	Rz 80	34,85	146	$146_{0,25}$
Свердлити отвір $\varnothing 12,2^{+0,2}$	12 кв.т.	Rz 40	12,2	12,2	$12,2^{+0,2}$
Свердлити отвір $\varnothing 12,07^{+0,2}$	12 кв.т.	Rz 40	12,07	12,07	$12,07^{+0,2}$

						MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1.5.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделі верстатів

1.5.2.1 Аналітичний розрахунок режимів різання

Операція 030: Токарно-гвинторізна.

Верстат: токарно-гвинторізний мод. 163.

Різальний інструмент: свердло перове $\varnothing 80$ Р6М5, $\alpha=15^\circ$, $\Psi=60^\circ$, $\phi=0,1$ мм

Вимірний інструмент: лінійка 0-500 ДСТУ ГОСТ 427:2009.

Свердлити отвір $\varnothing 80 \pm 3$.

1) Глибина різання: $t = \frac{d}{2} = \frac{80}{2} = 40$ мм.

2) Подача S_0 , мм/об.: $S_0=0,45-0,50$ мм/об

Приймаємо $S_0=0,45 \cdot 0,8=0,36$ мм/об.

3) швидкість різання U , м/хв визначаємо по формулі:

$$U = \frac{C_v \cdot D^{g_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 80^{0,4}}{110^{0,2} \cdot 40^0 \cdot 0,36^{0,7}} \cdot 0,482 = 21,6 \text{ м/хв.}$$

де $C_v=9,8$; $g_v=0,4$; $x_v=0$; $y_v=0,7$; $m=0,2$ [4, с. 434, т. 28]

$T=110$ хв – стійкість інструменту, [4, с.435, т. 29]

K_v – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,69 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,483$$

де $K_{uv}=1$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал, [4, с.436, т.30];

$K_{lv}=0,7$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердоління, [4, с.436, т.30];

K_{M_v} - коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{M_v} = C_M \cdot \left(\frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,9 \left[\frac{75}{100} \right]^{0,9} = 0,69$$

де $C_M=0,9$; $n_v=0,9$; [4, с.424, т.10];

4) Визначаємо частоту обертання шпинделя n , хв⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,6}{3,14 \cdot 80} = 86 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{кор} = 80 \text{ хв}^{-1}$$

5) Визначаємо дійсну швидкість різання V_δ , м/хв.:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кор}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 80}{1000} = 20,1 \text{ м/хв.}$$

					Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

б) Визначаємо крутний момент і осьову силу при свердлінні:

$$M = 10C_m \cdot D^{g_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (1.12)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{g_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.13)$$

де $C_m=0,041$; $g_m=2,0$; $y_m=0,7$

$$C_p=143$$
; $g_p=1,0$; $y_p=0,7$ [4, с.436, т.31];

$$K_{np} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{np} = \left(\frac{100}{75}\right)^{0.75} = 1.25 \quad [4, \text{ с. 430, т.21}];$$

де $n=0,75$ [4, с. 430, т.22];

Отже, за (1.12) і (1.13)

$$M = 10 \cdot 0,041 \cdot 80^2 \cdot 0,36^{0,7} \cdot 1,25 = 1604,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 80^1 \cdot 0,36^{0,7} \cdot 1,25 = 69943,57 \text{ Н}.$$

7) Визначаємо потужність різання:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{1604,3 \cdot 80}{9750} = 13,1 \text{ кВт}$$

Згідно паспорту верстату $N_{ед}=22$ кВт.

8) Перевірка достатності потужності:

$$N_p \leq N_{ум}, \quad N_{ум} = N_e \cdot \eta = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт}$$

$$13,1 < 16,5$$

9) Визначаємо основний час обробки T_o , хв.:

$$T_o = \frac{L}{S_{xв}} = \frac{288,6}{80 \cdot 0,36} = 10,02 \text{ хв.}$$

$$L = l + \Delta + y = 261,6 + 27 = 288,6 \text{ мм}$$

де $\Delta + y = 27$ мм [5, с.374, дод.4];

$$l = 261,6 \text{ мм}$$

Операція 050: токарно-копіювальна.

Верстат: токарно-копіювальний моделі КМ 151.

Різальний інструмент:

- чорнове точіння: різець 2100-0809 Т5К10 ДСТУ 18878-73;

- чистове точіння: різець 2100-0809 Т15К6 ДСТУ 18878-73;

Вимірний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,5 ДСТУ ГОСТ 8.113:2009.

										Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Точити корпус-калібратор в розмір $\varnothing 195,7$ мм.

1) Глибина різання:

- чорнове точіння $t=5.2$ мм;
- чистове точіння $t=0.75$ мм;

2) Вибираємо подачу:

- чорнове точіння $S_0 = 0.6 - 1.0$ мм/об [4,с.418,Т.2]
- чистове точіння $S_0 = 0.18 - 0.25$ мм/об [4,с.420,Т.4]

Приймаємо $S_{0\text{чор}}=1$ мм/об; $S_{0\text{чис}}=0,2$ мм/об.

3) Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{+1v}} \cdot K_v, \text{М/ХВ.}$$

- чорнове точіння:

де $C_v = 340$; $x_v = 0.15$; $y_v = 0.45$; $m = 0.2$ [4,с.422,Т.8];

Т-стійкість інструментів, хв; $T=60$ хв [4,с.415];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} = 0.75 \cdot 0.9 \cdot 0.65 \cdot 0.91 = 0.4$$

$$\text{де } K_{nv} = \frac{75}{C_b} = \frac{75}{100} = 0.75 \text{ [4,с.424,Т.9];}$$

$$K_{nv} = 0.9 \text{ [4,с.426,Т.14];}$$

$$K_{uv} = 0.65 \text{ [4,с.426,Т.15];}$$

$$K_{\varphi v} = 1, K_{\varphi 1v} = 0.91 \text{ [4,с.427,Т.16].}$$

Отже, за (1.14)

$$V_{\text{зор}} = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 5,2^{0,16} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,4 = 46,7 \text{ М/ХВ.}$$

- чистове точіння:

де $C_v = 420$; $x_v = 0.15$; $y_v = 0.2$; $m = 0.2$ [4, с.422, Т.8]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} = 0.75 \cdot 1 \cdot 0.65 \cdot 1 \cdot 0.91 = 0.44$$

$$\text{де } K_{nv} = \frac{75}{C_b} = \frac{75}{100} = 0.75 \text{ [4, с.424, Т.9];}$$

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{nv} = 1 [4, \text{с.426, т.14}];$$

$$K_{uv} = 0.65 [4, \text{с.426, т.15}];$$

$$K_{\phi v} = 1, K_{\phi 1v} = 0.91 [4, \text{с.427, т.16}].$$

Отже, за (1.14):

$$V_{zuc} = \frac{440}{60^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,44 = 118,3 \text{ м/хв.}$$

4) Визначаємо частоту обертання шпинделя n , хв^{-1} :

$$n_{чор} = \frac{1000 \cdot V_{чор}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 46,7}{3,14 \cdot 197,6} = 65,3 \text{ хв}^{-1}; n_{кор} = 63 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{чис} = \frac{1000 \cdot V_{чис}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 118,3}{3,14 \cdot 195,6} = 173,4 \text{ хв}^{-1}; n_{кор} = 160 \text{ хв}^{-1}.$$

5) Визначаємо дійсну швидкість різання V_g , м/хв. :

$$V_{фчор} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кор}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 197,6 \cdot 63}{1000} = 45 \text{ м/хв.}$$

$$V_{фчис} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кор}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 195,6 \cdot 160}{1000} = 109 \text{ м/хв.}$$

6) Визначаємо силу різання P_z , H :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, H \quad (1.15)$$

де $C_p = 300$; $x_p = 1.0$; $y_p = 0.75$; $n_p = 0$ [4, с. 429, т. 20];

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{pp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1.24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 1.15$$

$$\text{де } K_{mp} = \left(\frac{\delta_u}{75} \right)^{n_p} = \left(\frac{100}{75} \right)^{0.75} = 1.24 [4, \text{с. 430, т. 21}];$$

$$n_p = 0.75 [4, \text{с.430, т.22}];$$

$$K_{\phi p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 0.93 [4, \text{с.431, т. 24}];$$

Отже за (1.15):

$$\text{- чорнове точіння } P_{zчор} = 10 \cdot 300 \cdot 5,2^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,15 = 13782,5H;$$

$$\text{- чистове точіння } P_{zчист} = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,15 = 594,5H;$$

7) Визначаємо силу P_x , H :

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, H \quad (1.16)$$

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $C_p = 339; x_p = 1,0; y_p = 0,5; n_p = -0,4$ [4, с.429, т.20];

Отже за (1.16):

- чорнове точіння $P_{x.чор} = 10 \cdot 339 \cdot 5,2^1 \cdot 1^{0,5} \cdot 45^{-0,4} \cdot 1,15 = 3397,2H$;

- чистове точіння $P_{x.чист} = 10 \cdot 339 \cdot 0,75^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 109^{-0,4} \cdot 1,15 = 343,9H$;

8) Визначаємо потужність приводу головного руху і приводу подачі для чорнового точіння:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{13782,5 \cdot 45}{1020 \cdot 60} = 10,1 \text{ кВт};$$

$$N_{n.n} = 1,63 \cdot 10^{-8} \cdot P_x \cdot S_{\text{д\`a}} = 1,63 \cdot 10^{-8} \cdot 3397,2 \cdot 1 \cdot 63 = 0,0035 \text{ кВт}.$$

Потужність різання:

$$N_p = N + N_{n.n} = 10,1 + 0,0035 = 10,1035 \text{ кВт}.$$

9) Перевірка достатності потужності:

$$N_p \leq N_{\text{ун}}, \quad N_{\text{ун}} = N_{\text{г}} \cdot \eta = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ кВт}$$

$$10,1035 < 11,2$$

Отже обробка можлива.

10) Визначаємо основний час обробки T_o , хв.:

$$T_o = T_{\text{очор}} + T_{\text{очист}}, \quad (1.17)$$

- чорнове точіння: $T_o = \frac{L}{S_{x\text{г}}} \cdot i = \frac{372,8}{1 \cdot 63} = 7,85 \text{ хв}.$

де i – кількість проходів, $i = 1$;

$$L = l + \Delta + y = 365,6 + 2 + 5,2 = 372,8 \text{ мм}$$

де $l = 365,6 \text{ мм}$; $\Delta = 2 \text{ мм}$; $l = 261,6 \text{ мм}$

$$y = t \cdot tq\varphi = 5,25 \cdot tq45^0 = 5,2 \text{ мм}.$$

- чистове точіння: $T_o = \frac{L}{S_{\text{д\`a}}} \cdot i = \frac{368,35}{0,2 \cdot 160} = 15,33 \text{ хв}.$

Отже, за (1.17)

$$T_o = 7,85 + 15,33 = 23,18 \text{ хв}.$$

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2.2. Розрахунок режимів різання за загальномашинобудівними нормативами різання

Операція 070: Токарно-гвинторізна з ЧПК.

Верстат: Токарно-гвинторізний з ЧПК моделі 16К30Ф3.

Перехід 1 Підрізати торець начорно.

Різальний інструмент: різець 2112-0035 Т5К10 ДСТУ ГОСТ 2379-77.

Вимірний інструмент: лінійка 0-500 ДСТУ ГОСТ 427:2009.

1) Глибина різання:

$$t = \frac{2 \cdot z}{2} = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ мкм} = 3 \text{ мм}$$

2) Вибираємо подачу S_o , мм/об

$$S_o = 0,8 - 1,2 \text{ мм/об [5];}$$

3) Швидкість різання V , м/хв.

$$V = 88 \text{ м/хв [5];}$$

4) Частота обертання шпинделя n , хв⁻¹.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 88}{3,14 \cdot 152} = 184 \text{ хв}^{-1}, n_{кор} = 160 \text{ хв}^{-1}.$$

5) дійсна швидкість різання V_o , м/хв

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 152 \cdot 160}{1000} = 76,3 \text{ м/хв}$$

6) Перевірка вибраного режиму по потужності

$$N_p = 7,0 \text{ кВт [5];}$$

$$N_{ум} = N_o \cdot \eta = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт}, \quad 7 < 16,5$$

Отже обробка можлива.

7) Основний час обробки.

$$T_o = \frac{L}{S_{хв}} \cdot i = \frac{24,5}{1 \cdot 160} \cdot 2 = 0,306 \text{ хв.}$$

$$\text{де } L = 3 + 2 + (152 - 113) / 2 = 24,5 \text{ мм}$$

$$i = 2$$

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехід 2 Точити шийку в розмір $\varnothing 146_{-0,26}$ мм.

Різальний інструмент: різець 2103-0009 Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18879-73.

Вимірний інструмент: скоба $\varnothing 146_{-0,25}$ 8113-7019.33.

1) Глибина різання:

$$t_{\text{чор}}=2,5 \text{ мм.}, t_{\text{чис}}=0,5 \text{ мм.}$$

2) Вибираємо подачу S_o , мм/об.:

$$S_o=1,0-1,2 \text{ мм/об [5];}$$

Приймаємо $S_o=1,1$ мм/об

3) Швидкість різання V , м/хв.:

$$V=65 \text{ м/хв [5];}$$

4) число обертів шпинделя n , хв⁻¹.

$$\text{- чорнове точіння } n_{\text{чор}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 152} = 136,2 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{- чистове точіння } n_{\text{чис}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 147} = 140,8 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{\text{кор}}=125 \text{ хв}^{-1}.$$

5) Дійсна швидкість різання $V_{\text{д}}$, м/хв

$$\text{- чорнове точіння } V_{\text{дчор}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{100} = \frac{3,14 \cdot 152 \cdot 125}{1000} = 59,66 \text{ м/хв};$$

$$\text{- чистове точіння } V_{\text{дчис}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{100} = \frac{3,14 \cdot 147 \cdot 125}{1000} = 57,7 \text{ м/хв.}$$

6) Перевірка вибраного режиму по потужності

$$N_p=7 \text{ кВт [5];}$$

$$N_{\text{шт}}=N_{\text{д}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт, } 7 < 16,5$$

Отже обробка можлива.

7) Основний час обробки:

$$T_o = (T_{\text{чор}} + T_{\text{чис}}) \cdot i = \left(\frac{63,3 + 2,5 + 2}{1,1 \cdot 125} + \frac{69,3 + 0,5 + 2}{1,1 \cdot 125} \right) \cdot 2 = 2,11 \text{ хв}$$

$$\text{де } T_i = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S};$$

$$\text{де } \Delta = 2 \text{ мм; } y_{\text{чор}}=2,5 \text{ мм, } y_{\text{чис}}=0,5 \text{ мм; } l_{\text{чор}}=63,3 \text{ мм, } l_{\text{чис}}=69,3 \text{ мм.}$$

									Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ				

Перехід 3 Розточити конічний отвір

Різальний інструмент: різець 2141-0011 Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18883-73.

Вимірний інструмент: калібр-пробка 3-117 В321-7004.05.

1) Глибина різання t , мм.:

$$t_{\text{чор}}=2,5 \text{ мм}, t_{\text{чис}}=0,5 \text{ мм}, t=3,4 - \text{ для розточування шийки.}$$

2) Вибираємо подачу S_o , мм/об.:

$$S_o=0,12-0,30 \text{ мм/об} \quad [5];$$

Приймаємо $S_o=0,25$ мм/об

3) Швидкість різання V , м/хв.:

$$V=93 \text{ м/хв} \quad [5];$$

4) число обертів шпинделя n , хв⁻¹.:

$$- \text{ чорнове точіння } n_{\text{чор}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 106,21} = 278,8 \text{ хв}^{-1}.$$

$$- \text{ чистове точіння } n_{\text{чис}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 111,21} = 266,3 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{\text{кор}}=250 \text{ хв}^{-1}.$$

$$- \text{ точіння шийки: } n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 112,21} = 264,1 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{\text{кор}}=250 \text{ хв}^{-1}.$$

5) Дійсна швидкість різання V_d , м/хв

$$- \text{ чорнове точіння } V_{d\text{чор}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{100} = \frac{3,14 \cdot 106,21 \cdot 250}{1000} = 83,4 \text{ м/хв};$$

$$- \text{ чистове точіння } V_{d\text{чис}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{100} = \frac{3,14 \cdot 111,21 \cdot 250}{1000} = 87,3 \text{ м/хв.}$$

$$- \text{ точіння шийки } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{100} = \frac{3,14 \cdot 112,21 \cdot 250}{1000} = 88,1 \text{ м/хв}$$

6) Перевірка вибраного режиму по потужності:

$$N_p=2,9 \text{ кВт} \quad [5];$$

$$N_{\text{шт}}=16,5 \text{ кВт}, \quad 2,9 < 16,5$$

Отже обробка можлива.

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) Основний час обробки:

$$T_o = \sum T_i (T_{чор} + T_{чис} + T_{ш}) \cdot i = \left(\frac{135 + 2,5 + 2}{250 \cdot 0,25} + \frac{135 + 0,5 + 2}{250 \cdot 0,25} + \frac{16 + 3,4}{250 \cdot 0,25} \right) \cdot 2 = 9,586 \text{ хв.}$$

$$\text{де } T_i = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S};$$

де $l_{чор} = l_{чис} = 135$ мм, $l_{ш} = 16$ мм;

$y_{чор} = 2,5$ мм, $y_{чис} = 0,5$ мм, $y_{ш} = 3,4$ мм;

$\Delta_{чор} = \Delta_{чис} = 2$ мм, $\Delta_{ш} = 0$

$i = 2$.

Перехід 4 Нарізати замкову різьбу.

Різальний інструмент: різець 2666-0027 Т15К6 ДСТУ ГОСТ 18885-73.

Вимірний інструмент: калібр-пробка різьбова 3-117 ДСТУ ISO 8601.

1) Глибина різання - $t = 3$ мм.

Приймаємо число переходів: чорнових – 6; чистових – 2 [5, с.67, карта 22];

2) Швидкість різання V , м/хв.:

$V = 112$ м/хв [5];

3) Частота обертання шпинделя n , хв⁻¹ .:

$$n_{чор} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 112}{3,14 \cdot 112,21} = 317,8 \text{ хв}^{-1}.$$

$n_{кор} = 315$ хв⁻¹.

4) Дійсна швидкість різання V_d , м/хв.:

$$V_{dчор} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кор}}{100} = \frac{3,14 \cdot 112,21 \cdot 315}{100} = 106,1 \text{ м/хв.};$$

2) Перевірка вибраного режиму по потужності

$N_p = 2,6$ кВт [5];

$N_{ш} = 16,5$ кВт, $2,6 < 16,5$

Отже обробка можлива.

3) Основний час обробки

$$T_o = \left(\frac{L}{n \cdot p} + \frac{L}{n_{зв} \cdot p} \right) \cdot i = \left(\frac{98 + 8}{315 \cdot 3} + \frac{98 + 8}{315 \cdot 3} \right) \cdot 8 \cdot 2 = 3,59 \text{ хв}$$

де $P = 3$ мм – крок різьби.

										Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Перехід 5 Підрізати торець начисто.

Різальний інструмент: різець 2112-0035 Т5К10 ДСТУ ГОСТ 2379:2008.

Вимірний інструмент: лінійка 0-500 ДСТУ ГОСТ 427:2009.

1) Глибина різання: $t = \frac{2 \cdot z}{2} = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ мм.}$

2) Вибираємо подачу S_o , мм/об.:

$$S_o = 0,25 - 0,3 \text{ мм/об [5];}$$

3) Швидкість різання V , м/хв.:

$$V = 201 \text{ м/хв [5];}$$

4) Частота обертання шпинделя n , хв⁻¹ .:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 201}{3,14 \cdot 146} = 438,4 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{\text{кор}} = 400 \text{ хв}^{-1}.$$

5) Дійсна швидкість різання V_o , м/хв.:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 146 \cdot 400}{1000} = 183,4 \text{ м/хв..}$$

6) Перевірка вибраного режиму по потужності:

$$N_p = 7,0 \text{ кВт [5];}$$

$$N_{\text{шт}} = 16,5 \text{ кВт, } 7 < 16,5$$

Отже обробка можлива.

7) Основний час обробки:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{хв}}} \cdot i = \frac{16,65}{0,3 \cdot 400} \cdot 2 = 0,278 \text{ хв.}$$

$$\text{де } L = 0,8 + 2 + (146 - 119) / 2 = 16,65 \text{ мм., } i = 2$$

Розрахунок режимів різання на інші операції покажемо у вигляді таблиці 1.9.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9 – Режими різання на операції 090, 110 і 120.

№ операції	Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об	Швидкість різання V , м/хв	Частота обертання шпінделя n , хв ⁻¹	Коректована частота $n_{кор}$, хв ⁻¹	Дійсна швидкість різання V_0 , м/хв	Потужність різання N , кВт	Основний час обробки T_0 , хв	Література	
110	Свердлити отвір на циліндричній частині діаметром $\varnothing 12,6$ і $\varnothing 12,07$. Верстат: вертикально-свердильний з ЧПК моделі 2P118Ф2. Різальний інструмент: свердло спіральне 2301- 3423 P6M5 ДСТУ ГОСТ12121-77. Вимірний інструмент: пробка $\varnothing 12,6^{+0,2}$ 8130-7006,06 .									
	6,3	6,035	0,185	$27,5 \cdot 0,65 = 17,9$	452,4	500	21,1	20,3	0,9	26,6
120	Свердлити отвір на конічній частині $\varnothing 12,07$. Верстат: вертикально-свердильний з ЧПК моделі 2P118Ф2. Різальний інструмент: свердло спіральне 2301- 3423 P6M5 ДСТУ ГОСТ12121-77. Вимірний інструмент: пробка $\varnothing 12,6^{+0,2}$ 8130-7006,06 .									
	6,035	0,185	$27,5 \cdot 0,65 = 17,9$	452,4	500	20,3	0,9	1,82	[5, к.41,42,43]	
090	Фрезерувати по черзі три гвинтові канавки, повертаючи заготовку на $\angle 120^0$. Верстат: горизонтально-фрезерний моделі 6M83. Різальний інструмент: фреза дискова фасона P6M5, $z=10$, $D=125$ мм.									
	12	0,12 мм/зуб	18	46	50	18,8	5,7	60,9	[5, к.59,61]	

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.5.3 Аналіз точності обробки

Початкові дані:

Обробляють циліндричну поверхню $\varnothing 187,3_{-0,3}$ на партії корпусів-калібраторів 5КС-187,3СТ.001 на токарно-копіювальному верстаті моделі КМ151. Матеріал деталі сталь 40ХН, $\sigma_B=100$ кгс/мм². Деталь закріплюється в центрах. Інструмент – прохідний різець, оснащений пластиною твердого сплаву Т15К6 з геометрією ріжучої частини: $\varphi=45^0, \varphi_1=45^0, r=1$ мм, $\gamma 25^0, \alpha=8^0, \chi=0^0$. Налаштування верстата здійснюють методом пробних деталей.

Основними похибками, що виникають при обточуванні циліндричної поверхні і впливають на точність її радіуса є:

Δ_{ϵ} - похибка форми від геометричної неточності верстата в радіальному напрямі:

Δ'_{ϵ} зумовлена радіальним биттям шпинделя; Δ''_{ϵ} зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя напрямним станини;

Δ_n - похибка налаштування системи ВПД на отримання заданого розміру;

Δ_y - похибка від зміни величини деформації системи ВПД;

Δ_i - похибка від розмірного спрацювання різця, береться зі знаком “+”;

Δ_m - похибка від температурної деформації різця – береться зі знаком “-”.

Формули для розрахунку похибок, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку похибок зведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Розрахунки похибок обробки $\varnothing 187,3_{-0,3}$.

Формули та розрахунок похибок обробки (на радіусі)	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів, та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_{\epsilon R} = \frac{a'}{2} = \frac{0,016}{2} = 0,008 \text{ мм}$ $\Delta''_{\epsilon R} = \frac{a''}{2} = \frac{0,025}{2} = 0,0125 \text{ мм}$ $\Delta_{\epsilon R} = \Delta'_{\epsilon R} + \Delta''_{\epsilon R} =$ $= 0,008 + 0,0125 = 0,0205 \text{ мм}$	a' - постійна діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм; a'' - постійна діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм.	$a' = 0,016 \text{ мм}$ $a'' = 0,025 \text{ мм}$ [6, с.55, т. 23]

										Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ					

Продовження таблиці 1.10

1	2	3
$\Delta_{HR} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{вим}}{2}\right)^2 + \Delta_P^2} =$ $= \sqrt{\left(\frac{0,1}{2}\right)^2 + 0,01^2} = 0,051\text{мм}$	$\Delta_{вим}$ - похибка вимірювання, мм; Δ_P - похибка регулювання положення різця, мм.	$\Delta_{вим} = 0,1\text{мм}$ штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1; $\Delta_P = 10\text{мкм}$ [6, с.71, т.26]
$\Delta_{yR} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \cdot$ $\cdot (t_{max}^{x_{py}} - t_{min}^2) \cdot W = 11 \cdot 243 \cdot 0,2^{0,6} \cdot$ $\cdot 109^{-0,3} \cdot 1,371 \cdot (0,75^{0,9} - 0,4^{0,9}) \cdot$ $\cdot 0,0474 = 5,399\text{мкм} = 0,0054\text{мм}$	t_{max}, t_{min}, S, V - режими різання; K_p - поправочний коефіцієнт; $C_{py}, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ - коефіцієнти і показники степеня для визначення P_y ; W - податливість системи ВПД, мкм/Н.	$t_{max} = 0,75\text{мм}, t_{min} = 0,4\text{мм},$ $S = 0,2\text{мм/об},$ $V = 109\text{м/хв}$ - дані отримані на попередніх етапах мехобробки, $C_{py} = 243; X_{py} = 0,9;$ $Y_{py} = 0,6; n_{py} = -0,3$ [4, с. 429, т. 20] $K_{MP} = \left(\frac{100}{75}\right)^{1,35} \cdot 0,82 = 1,371$ [4, с. 430, т. 21, 22, 24] $W = \frac{130}{2744} = 0,0474\text{мкм/м}$ - податливість верстата [6, с.29, т.11]
$\Delta_{mR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_m^2 + \Delta_y^2} + \Delta_g^2 =$ $= 1,2 \cdot \sqrt{0,0205^2 + 0,051^2} +$ $+ 0,0054^2 = 0,066\text{мм}$ $\Delta_{mi} = 2\Delta_{mR} = 2 \cdot 0,066 = 0,132\text{мм}$	$\Delta_{m.и}$ - похибка миттєвого розсіювання розіру з врахуванням похибки настроювання з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні.	
$\Delta_i = U_0 \cdot \left(1 + \frac{V \cdot \delta}{1000}\right) =$ $= 10 \cdot \left(1 + \frac{109 \cdot \delta}{1000}\right) =$ $= 10 \cdot (1 + 0,109\delta)$	τ - час обробки, хв; U_0 - відносне спрацювання різця, мкм/см	τ - змінна величина; $U_0 = 10\text{ мкм/см}$ [6, с.74, т.28] різець оснащений пластинкою Т15К6
$\Delta_T = -C \frac{L_p}{F} \sigma_B \cdot (t \cdot S)^{3/4} \cdot U^{1/2} \cdot$ $\cdot \frac{T_0}{T_0 + T_{nep}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) =$ $= -4,5 \cdot \frac{20}{400} \cdot 100 \cdot (0,75 \cdot 0,2)^{3/4} \cdot$ $\cdot 109^{1/2} \cdot \frac{15,33}{15,33 + 3,104} \cdot$ $\cdot \left(1 - e^{-\frac{4\delta}{20}}\right) = -47,1 \left(1 - e^{-\frac{\delta}{5}}\right) \text{мкм}$	C - константа; L_p і F - виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм ² ; σ_B - границя міцності оброблюваного матеріалу кг/мм ² ; t, S, V - режими різання; T_0, T_{nep} - основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; τ_m - константа, змінюється в межах 12-24 хв.	$C = 4,5; U = 109\text{м/хв};$ $t = 0,75\text{мм}; S = 0,2\text{мм/об};$ $L_p = 20\text{мм}; F = 25 \times 16 = 400\text{мм}^2;$ $\sigma_B = 100\text{кг/мм}^2;$ $T_0 = 15,33\text{хв};$ $T_{nep} = 3,104\text{хв};$ $\tau_m = 20\text{хв}.$

Таблиця 1.11 – Результати розрахунку систематичної похибки.

τ , хв	0	2	4	8	12	16	20	40	60	80
Δ_i , мкм	0	12,2	14,4	18,7	23,1	27,4	31,8	53,6	75,4	97,2
Δ_T , мкм	0	-15,53	-25,94	-37,59	-42,83	-45,18	-46,23	-47,1	-47,1	-47,1
$\Delta_{сум} = \sum(\Delta_i + \Delta_T)$ мкм	0	-6,66	-23,08	-37,78	-39,46	-35,56	-28,86	13	56,6	100,2

З теоретичної діаграми точності обробки визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_m=95$ хв. Оскільки економічна стійкість T_e різця становить 60 хв, тобто $T_e < T_m$, то загальна похибка обробки (за діаграмою) $\Delta_{сум} = 0,28$ мм.

Настроювання розмірів $d_{настр}$ при симетричному розташуванні поля розсіювання становить: $d_{настр} = d_{min} + 0,5\Delta_{м.н} + \Delta_{сум.мин} + \frac{T - \Delta_{сум}}{2}$, (1.18)

де $d_{min} = 215,4$ мм – найменше граничне значення розміру;

$\Delta_{сум.мин} = 39,46$ мкм - найменше значення систематичної похибки;

$T = 0,3$ мм – допуск на витримуваний розмір.

Отже, за (1.18) $d_{настр} = 187 + 0,066 + 0,03946 + \frac{0,3 - 0,228}{2} = 187,141$ мм

тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{зм} = \frac{T_e \cdot (T_0 + T_{пер})}{T_0} = \frac{60(15,33 + 3,104)}{15,33} = 75,15 \text{ хв.}$$

Питомий вклад C_j первинних похибок обробки в загальну похибку визначаємо за формулою: $C_j = \frac{\Delta_j}{\Delta_{сум}} \cdot 100\%$ де Δ_j - величина j-ї похибки.

Результати зведені в таблицю 1.12, на основі яких побудована гістограма похибок.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку.

Позначення похибки Δ_j	Δ_e	Δ_H	Δ_y	$\Delta_{М.н}$	Δ_i	Δ_T	$\Delta_{сум}$
Значення похибок Δ_j , мм	0,041	0,102	0,0108	0,132	0,151	0,0942	0,096
$C_j, \%$	18	44,7	4,7	57,9	66,2	41,3	42,1

З гістограми похибок встановлено, що домінуючою похибкою обробки є похибка від розмірного спрацювання інструмента.

Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки – використання інструмента з високою стійкістю.

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.5.4 Розрахунки пов'язанні з підготовкою карти наладки і керуючої програми

Для складання керуючої програми на обробку деталі на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3 і для виконання карти наладки необхідно провести розрахунок опорних точок.

Отже проведемо розрахунок опорних точок деталі для кожного переходу.

Перехід 1. Підрізати торець начорно.

Вихідні дані:

- зовнішній діаметр деталі: $d=152\text{мм}$;
- довжина заготовки: $L=457,6\text{ мм}$;
- внутрішній діаметр деталі: $d_1=113\text{мм}$;
- глибина різання: $t=3\text{мм}$.

Опорні точки:

Точка 0: $X_0=150$;

$$Z_0=530;$$

Точка 1: $X_1=\frac{d}{2}+t=\frac{152}{2}+3=79$;

$$Z_1=L-t=457,6-3=454,6;$$

Точка 2: $X_2=\frac{d_1}{2}-2,5=\frac{113}{2}-2,5=54$;

$$Z_2=Z_1=454,6;$$

Точка 3: $X_3=X_2=54$;

$$Z_3=Z_2+3,4=458.$$

Перехід 2. Точити шийку.

Вихідні дані:

- діаметр шийки до обробки: $d_3=152\text{мм}$;
- діаметр шийки після обробки: $d=146\text{мм}$;
- глибина різання: $t_{\text{чор}}=2,5\text{мм}$, $t_{\text{чис}}=0,5\text{мм}$;
- довжина заготовки: $L=457,6\text{ мм}$;

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехід 4. Нарізати замкову різьбу.

Вихідні дані:

- кількість проходів: *чорнових* – 6, *чистових* - 2;

- глибина різання: $t_{чор} = 0,45 \text{ мм}$, $t_{чис} = 0,15 \text{ мм}$;

Опорні точки:

Точка 0:	$X_0 = 0;$	$Z_0 = 530;$
Точка 1:	$X_1 = 54,6 + 0,45 = 55,05;$	$Z_1 = 437,8;$
Точка 2:	$X_3 = 45,8 + 0,45 = 46,25;$	$Z_2 = 339,8;$
Точка 3:	$X_3 = 44;$	$Z_3 = 3369,8;$
Точка 4:	$X_4 = 52,8;$	$Z_4 = Z_1 = 437,8;$
Точка 5:	$X_5 = X_1 + 0,45 = 55,05 + 0,45 = 55,5;$	$Z_5 = Z_1 = 437,8;$
Точка 6:	$X_6 = X_2 + 0,45 = 46,25 + 0,45 = 46,7;$	$Z_6 = Z_2 = 339,8;$
Точка 7:	$X_7 = X_5 + 0,45 = 55,5 + 0,45 = 55,95;$	$Z_7 = Z_1 = 437,8;$
Точка 8:	$X_8 = X_6 + 0,45 = 46,7 + 0,45 = 47,15;$	$Z_8 = Z_2 = 339,8;$
Точка 9:	$X_9 = X_7 + 0,45 = 55,95 + 0,45 = 56,4;$	$Z_9 = Z_1 = 437,8;$
Точка 10:	$X_{10} = X_8 + 0,45 = 47,15 + 0,45 = 47,6;$	$Z_{10} = Z_2 = 339,8;$
Точка 11:	$X_{11} = X_9 + 0,45 = 56,4 + 0,45 = 56,85;$	$Z_{11} = Z_1 = 437,8;$
Точка 12:	$X_{12} = X_{10} + 0,45 = 47,6 + 0,45 = 48,05;$	$Z_{12} = Z_2 = 339,8;$
Точка 13:	$X_{13} = X_{11} + 0,45 = 56,85 + 0,45 = 57,3;$	$Z_{13} = Z_1 = 437,8;$
Точка 14:	$X_{14} = X_{12} + 0,45 = 48,05 + 0,45 = 48,5;$	$Z_{14} = Z_2 = 339,8;$
Точка 15:	$X_{15} = X_{13} + 0,15 = 57,3 + 0,15 = 57,45;$	$Z_{15} = Z_1 = 437,8;$
Точка 16:	$X_{16} = X_{14} + 0,15 = 48,5 + 0,15 = 48,65;$	$Z_{16} = Z_2 = 339,8;$
Точка 17:	$X_{17} = X_{15} + 0,15 = 57,45 + 0,15 = 57,6;$	$Z_{17} = Z_1 = 437,8;$
Точка 18:	$X_{18} = X_{16} + 0,15 = 48,65 + 0,15 = 48,8;$	$Z_{18} = Z_2 = 339,8;$

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехід 5. Підрізати торець начисто.

Вихідні дані:

- зовнішній діаметр деталі: $d=146\text{мм}$;
- довжина заготовки: $L=457,6\text{ мм}$;
- внутрішній діаметр деталі: $d_1=119\text{мм}$;
- глибина різання: $t=0,8\text{мм}$.

Опорні точки:

Точка 0: $X_0=150$;

$Z_0=530$.

Точка 1: $X_1 = \frac{d}{2} + t + 1 = \frac{146}{2} + 0,8 + 1 = 74,08$;

$Z_1 = L - t - 1 = 454,6 - 0,8 - 1 = 452,8$;

Точка 2: $X_2 = \frac{d}{2} - 1 = \frac{146}{2} - 1 = 73$;

$Z_2 = Z_1 = 452,8$;

Точка 3: $X_3 = X_2 - 1 = 73 - 1 = 72$;

$Z_3 = Z_2 + 1 = 453,8$;

Точка 4: $X_4 = 55$;

$Z_4 = Z_3 = 453,8$;

Точка 5: $X_5 = X_4 = 55$;

$Z_5 = 460$.

Як приклад складаємо керуючу програму на перехід 1, на якому здійснюється підрізка торця начорно і запишемо її у вигляді таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Керуюча програма на перехід 1

№ Кадра	Кодування інформації, зміст коду
N001	G27T101
N002	G58
N003	G10S041M004
N004	Z+045460F70000
N005	X+007900M008
N006	X+00540F10125
N007	Z+045800F100090
N008	X+015000
N009	Z+053000F70000
N010	M008
N011	S000M005
N012	M001

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.5 Технічне нормування.

Операція 050 - Токарно-копіювальна.

1) Основний час на нормовану операцію розрахований в пункті 1.5.2.1 і становить $T_o=23,18$ хв.

2) Визначаємо допоміжний час $T_{дон}$ хв:

$$T_{дон} = T_{уст} + T_{вим} + T_{пер} \quad (1.19)$$

де $T_{уст} = 2,5$ хв - час на установку і зняття деталі, [5];

$T_{вим}$ - час на вимірювання, хв:

$$T_{вим} = t_{вим} \cdot K_{тв} \cdot i = 0,17 \cdot 0,6 \cdot 2 = 0,204 \text{ хв.}$$

де $t_{вим} = 0,17$ хв; $K_{тв} = 0,6$ - коефіцієнт вибірковості, [5];

$i = 2$ - кількість проходів;

$T_{пер}$ - час на перехід:

$$T_{пер} = t_{пер1} + t_{пер2} + t_{пер3} + t_{пер4} = 0,2 + 0,07 + 0,06 + 0,07 = 0,4 \text{ хв.}$$

де $t_{пер1} = 0,1 \cdot 2 = 0,2$ хв. - час зв'язаний з переходом;

$t_{пер2} = 0,07$ хв. - час на зміну числа обертів шпинделя;

$t_{пер3} = 0,06$ хв. - час на зміну подачі;

$t_{пер4} = 0,07$ хв. - час на зміну інструменту. [5].

Отже, за (1.19): $T_{дон} = 2,5 + 0,204 + 0,4 = 3,104$ хв.

3) Визначаємо оперативний час $T_{он}$ хв.:

$$T_{он} = T_o + T_{дон} = 23,18 + 3,104 = 26,28 \text{ хв.}$$

4) Час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$ хв.:

$$T_{обс} = T_{он} \cdot a_{обс} / 100 = 26,28 \cdot 3,5 / 100 = 0,92 \text{ хв.}$$

де $a_{обс} = 3,5\%$ - процент часу від $T_{он}$ на обслуговування робочого місця. [5].

5) Час на відпочинок і особисті потреби $T_{від}$ хв.:

$$T_{від} = T_{он} \cdot a_{від} / 100 = 26,28 \cdot 4 / 100 = 1,05 \text{ хв}$$

де $a_{від} = 4\%$ - процент часу від $T_{он}$ на відпочинок і особисті потреби, [5].

6) розрахунок норм штучного часу $T_{шт}$ хв.:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{від} = 26,28 + 0,92 + 1,05 = 28,25 \text{ хв.}$$

7) Вибір норм підготовчо-заключного часу на партію деталей $T_{пз}$ хв.,

$$T_{пз} = 14 \text{ хв} \quad .[5].$$

									Арк.
Змн..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

8) Розрахунок норм штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ хв.,

$$T_{ш-к} = T_{ш-к} + T_{пз}/n = 28,25 + 14/11 = 29,52 \text{ хв.}$$

де $n=11$ шт. – число деталей в партії.

Норма часу на інші технологічні операції зводимо в таблицю 1.14. норми часу визначаємо за [5].

Таблиця 1.14 – Нормування технологічного процесу

№ назва і зміст операції	T_o хв	$T_{пер}$ хв	$T_{вим}$ хв	$T_{уст}$ хв	$T_{дон}$ хв	$T_{он}$ хв	$a_{обс}$ %	$T_{обс}$ хв	$a_{від}$ %	$T_{від}$ хв	$T_{шт}$ хв	$T_{пз}$ хв	$T_{шт.к}$ хв
<u>030 Токарно-гвинторізна.</u> Свердлити отвір $\varnothing 80 \pm 0,3$	10,02	$0,21+0,14=0,35$ с.33,к.2	$0,21 \cdot 0,4=0,084$	2,4 с.33, к.2	2,834	12,854	5,5 с.92, к.25	0,707	4 с.203, к.88	0,514	14,075	$9+17$ с.93,к.2	17,35
<u>070 Токарна з ЧПК.</u> 1. Підрізати торець начорно. 2. Точити шийку 3. Розточити отвір 4. Нарізати різьбу 5. Підрізати торець	0,306 2,11 9,586 3,59 0,278	$0,02 \cdot 2=0,04$ $0,07+0,02 \cdot 2=0,11$ $0,07+0,02 \cdot 3=0,13$ $0,07+0,02 \cdot 8=0,23$ $0,07+0,02 \cdot 2=0,11$ с.64, 69, к.18	$0,17 \cdot 0,5=0,082$ $0,17 \cdot 0,4=0,068$ $0,15 \cdot 0,4=0,06$ $0,18 \cdot 0,3=0,054$ $0,17 \cdot 0,5=0,082$ с. 185, к.86; с. 200, к.87.	2,4 с.33, к.2 2,4 с.33, к.2	5,772	21,642	5,5 с.92, к.25	1,19	4 с.203, к.88	0,865	23,697	$22+7=29$ с.93, к.25	26,33
Всього	15,87	0,62	0,352										
<u>090 Горизонтально – фрезерна.</u> Фрезерувати по черзі три гвинтові канавки	60,9	$0,18 \cdot 3 \cdot 2+0,04 \cdot 2=$ $=1,16$ с.108,к.31	$0,12 \cdot 0,2 \cdot 3=0,072$ с.185, к.86; С.200, К.87	3,3 с.33, к.2	4,532	65,432	3,5 с.110, к.32	2,29	4 с.203, к.88	2,617	70,339	$22+4,5=26,5$ с.110, к.32	72,75
<u>110 Свердлильна з ЧПК.</u> Свердлити 159+12 отвір на циліндричній частині корпусу	26,6	$0,07 \cdot 171+0,08 \cdot 2+$ $+0,02 \cdot 4=12,21$	$0,12 \cdot 0,5 \cdot 171=$ $=9,405$	2,4 с.56, к.162	24,015	50,615	4 с.100, к.28	2,025	4 с.203, к.88	2,025	54,665	11 с.110, к.32	55,665
<u>120 Свердлильна з ЧПК.</u> Свердлити 12 отворів на конічній поверхні корпусу.	1,82	$0,07 \cdot 12+0,08 \cdot 12+$ $+0,02 \cdot 12=2,04$ с.95-96,к.27	$0,11 \cdot 0,5 \cdot 0,12=$ $=0,66$ с.192, к.86	2,4 с.56, к.162	5,1	6,92	4 с.100, к.28	0,277	4 с.203, к.88	0,277	7,474	11 с.110, к.32	8,474

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Арк.

Змн.. Арк. № докум. Підпис Дата

2. Конструкторська частина

2.1. Розробка верстатного пристрою на операцію 030

2.1.1. Опис та принцип роботи пристрою

Даний пристрій – патрон цанговий встановлюється на токарно-гвинторізному верстаті моделі 163. Цей пристрій призначений для встановлення і закріплення заготовок корпусу калібратора 5КС-187.3СТ001 на токарно-гвинторізній операції 030 при свердлінні отвору $\varnothing 80 \pm 3$ мм.

Основними деталями даного пристрою є: фланець передній 1, який за допомогою гвинтів кріпиться до корпусу 6. В корпусі також встановлюється втулка 2, а на передній частині пристрою до корпусу кріпиться обмежувачем 7. Також в корпусі монтується робочий орган пристрою-цанга 3. Цанга через тягу 5 з'єднана із штоком пневмоциліндра 18. Пневмоциліндр за допомогою болтів кріпиться до заднього фланця 8.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному. Повітря під тиском подається в штокову порожнину і переміщає поршень з'єднаний із штоком і через тягу передає зусилля на цангу. Цангові пелюстки ковзаючи по конічній поверхні корпусам здійснюють переміщення в поперечному напрямі і тим самим затискають деталь.

Розтиск заготовки здійснюється аналогічно, при подачі повітря в безштокову порожнину.

2.1.2. Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу

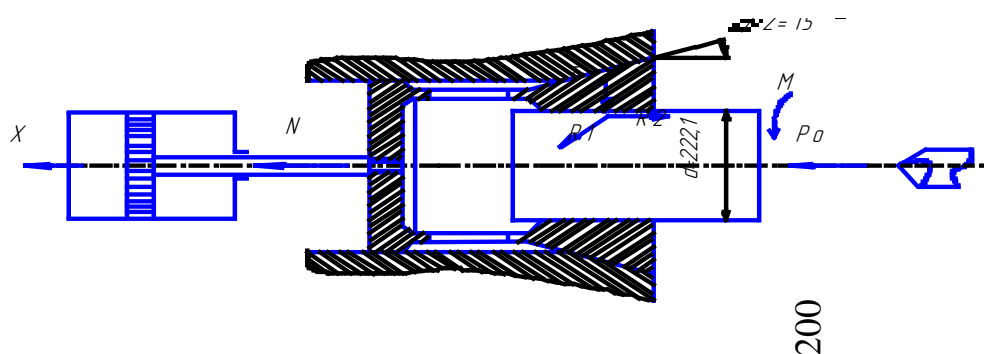


Рисунок 2.1 – Схема дії сил на деталь

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальні сили, які отримують заготовку від прокручування і осьового зміщення будуть рівні

$$R_z = P_0 = 69943,5 \text{ Н} \quad (\text{див. 1.5.2.1});$$

$$R_z = \frac{2 \cdot M}{d} = \frac{2 \cdot 1604,3}{0,200} = 13950,4 \text{ Н};$$

де $M = 1604,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – крутний момент;

$d = 0,200 \text{ м}$ – діаметр заготовки;

Повна розрахункова сила на поверхні затискача діаметром d визначаємо за формулою:

$$R_z = \sqrt{R_1^2 + R_2^2} = \sqrt{69943,5^2 + 13950,4^2} = 71321,2 \text{ Н}.$$

Загальне радіальна сила затиску, що притискає губки цанги до заготовки

$$T = \frac{K_{зан} \cdot R_z}{\mu} = \frac{2 \cdot 71321,2}{0,7} = 204 \text{ кН},$$

де $\mu = 0,7$ - коефіцієнт початкового зсуву, [8, с.184, т.46];

$K_{зан} = 2$ – коефіцієнт запасу.

Визначаємо мінімальну силу, яку повинен розвинути пневмоциліндр для закріплення деталі.

$$N = T \cdot \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right] \quad [9, \text{с. 185}] \quad (2.1)$$

де $\alpha = 30^\circ$ - кут конуса цанги;

φ - кут тертя,

$$\varphi = \operatorname{arctg} f_1 = \operatorname{arctg} 0,1 = 5,7^\circ;$$

де $f_1 = 0,1$ – коефіцієнт тертя конусної поверхні;

φ_1 - кут тертя;

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} f_2 = \operatorname{arctg} 0,1 = 5,7^\circ;$$

де f_2 - коефіцієнт тертя для поверхні цанги, що дотикається з заготовкою.

Отже, за (2.1)

$$N = 204 \cdot [\operatorname{tg}(15^\circ + 5,7^\circ) + \operatorname{tg} 5,7^\circ] = 86,6 \text{ кН}.$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра, який забезпечив би необхідне зусилля затиску за формулою:

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P}{4} \cdot \eta, \quad (2.2)$$

де $P=0,6$ МПа – робочий тиск в системі;

$\eta = 0,8$ - механічний коефіцієнт.

Отже, за (2.2)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,379 \text{ м.}$$

Приймаємо $D=400$ мм. [9, с.234, т.16]

Тоді дійсне зусилля затиску буде рівне:

$$N = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{4} \cdot 0,8 = 91320 \text{ Н.}$$

2.1.3 Розрахунок пристрою на міцність

Як слабку ланку розглянемо різьбове з'єднання штоку поршня і тяги, що в парі передають зусилля на цангу. З умови міцності на розтяг визначаємо мінімальний діаметр різьби, а з умови міцності на зминання визначаємо мінімальну довжину згвинчування, а відповідно і мінімальну кількість витків різьби.

Умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p]; \quad (2.3)$$

де $F=91,32$ кН – зусилля, яке розвиває пневмоциліндр;

d - діаметр різьби, мм;

$[\sigma_p]$ - допустимі напруження розтягу;

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{590}{3} = 197 \text{ МПа,}$$

де $[\sigma_T] = 590$ МПа – границя текучості матеріалу, [10, с. 34, т. 32];

$n=2...5$ – коефіцієнти запасу міцності, приймаємо $n=3$.

Отже, за (2.3)

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 91320}{3,14 \cdot 197}} = 24,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d=25$ мм.

Умова міцності на зминання:

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{d \cdot \delta} \leq [\sigma_{зм}], \quad (2.4)$$

де $[\sigma_{зм}]$ - допустиме напруження зминання, МПа;

$$[\sigma_{зм}] = 0,8 \cdot 590 = 472 \text{ МПа.}$$

δ - довжина згвинчування.

Отже, за (2.4)

$$\delta = \frac{F}{d \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{91320}{25 \cdot 472} = 7,7 \text{ мм.}$$

Мінімальне число витків

$$h = \frac{\delta}{P} = \frac{7,7}{2} = 3,85, \text{ приймаємо } n_{\min} = 4,$$

де $P=2$ – крок різьби.

Приймаємо довжину різьби $l=30$ мм.

Отже дане різьбове з'єднання має достатню міцність на розтяг і на зминання.

2.1.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою

Для визначення рівня уніфікації і стандартизації пристрою користуються коефіцієнт уніфікації:

$$K_Y = \frac{C}{K} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де $C=37$ – кількість стандартних деталей в пристрої;

$K=46$ мм – загальна кількість деталей в пристрої.

Отже, за (2.5)

$$K_Y = \frac{37}{46} \cdot 100\% = 80,4\% .$$

Отже пристрій є доволі уніфікований, оскільки його конструкція містить багато стандартних деталей, про що і говорить коефіцієнт уніфікації $K_Y=80,4\%$.

2.1.5 Розрахунок пристрою на точність

Допустима неточність виготовлення даного пристрою T_{np} визначається за формулою:

$$T_{np} \leq T_z - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_s^2 + (0,8 \cdot \omega)^2} \quad [11, \text{с.27}]$$

									Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ				

де T_3 – допуск на виконуваний при обробці заготовки розмір, $T_3=6\text{мм}$;

ε_δ – похибка базування заготовки в пристрої,

$$\varepsilon_\delta = \Delta_\kappa \cdot l = 1 \cdot 240 = 240 \text{ мкм}, [1, \text{с.71, т. 4.8}]$$

де l – виліт заготовки, $l = 240\text{мм}$;

Δ_κ – питома кривизна заготовки, $\Delta_\kappa = 1,0\text{мкм/мм}$ [1, с.78, т.4.11];

ε_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої, $\varepsilon_3 = 0,13\text{мм}$ [1, с.78, т.14.11]

ω – економічна точність обробки даним методом,

$$\omega = 0,460\text{мм} [6, \text{с.11, т.4.11}]$$

Отже:

$$T_{np} = 6 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,24)^2 + 0,13^2 + (0,8 \cdot 0,46)^2} = 5,48\text{мм}$$

Отже допустима похибка пристрою не повинна перевищувати величину $T_{np} = 5,48\text{ мм}$.

2.2 Розробка верстатного пристрою на операцію 070

2.2.1 Опис та принцип роботи пристрою

Пристрій – патрон трьох-кулачковий призначений для встановлення і закріплення в ньому корпуса калібратора 5КС-187,3 СТ001 на токарно-гвинторізній операції 070. Даний пристрій встановлюється на токарно-гвинторізнному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3, на якому здійснюється обробка зовнішньої шийки, обробка конічного отвору і нарізання замкової різьби.

Пристрій складається із таких основних частин: корпуса 1, який кріпиться до верстату і на якому монтуються всі інші деталі пристрою. На передній частині пристрою знаходиться фланець 7, який кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів 18. В задній частині пристрою знаходиться задній фланець 2, до якого кріпиться тяга 4, що передає зусилля затиску від пневмоциліндра до кулачків 8, що безпосередньо здійснюють затиск. До кулачків за допомогою гвинтів 13 кріпляться плунжери 6, що контактують похилою поверхнею із клином 10. Всі рухомі частини пристрою, які контактують одна з одною шляхом тертя змащуються мастилом через масльонки 11.

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота пристрою полягає в наступному. Після встановлення заготовки в пристрій, повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра. Шток давить на тягу 4, яка контактує з фланцем 2, тим самим передає зусилля від пневмоциліндра до фланця 2. Фланець 2 будучи в безпосередньому контакті з клином 10 змушує його переміщатись в осьовому напрямі. При переміщенні обмежувача в осьовому напрямі він контактує з похилою поверхнею плунжера 6 і тим самим здійснює вертикальне переміщення кулачків 8. Кулачки переміщуючись в вертикальному напрямі до осі деталі здійснюють затиск деталі. Розтиск деталі проходить аналогічно, при подачі повітря в штокову порожнину пневмоциліндра.

2.2.2 Визначення сили затиску та розрахунок силового приводу

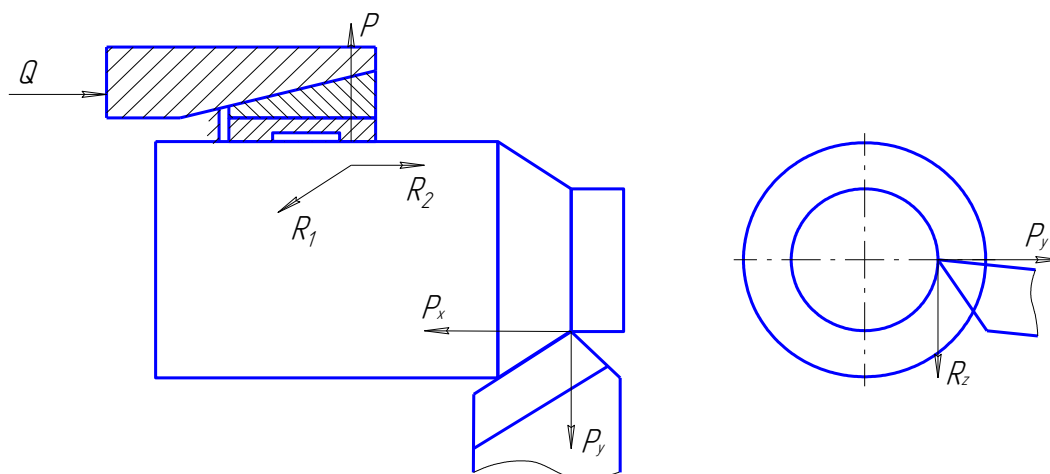


Рисунок 2.2 – Схема дії сил на деталь

Розрахунок необхідного зусилля, яке повинен розвинути пневмоциліндр визначаємо як для клиноплунжерних механізмів за формулою:

$$Q = P \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1') + \operatorname{tg} \varphi_2'}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1') \cdot \operatorname{tg} \varphi_3'} \quad (2.6)$$

де P – необхідне зусилля затиску, Н;

α – кут клина, $\alpha=20^\circ$;

φ_1' – кут тертя на похилій поверхні;

φ_2' – кут тертя на горизонтальній поверхні;

φ_3' – кут тертя плунжера по направляючій;

						Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	

$$\varphi = \arctg f = \arctg 0.16 = 9.1^\circ$$

де f – коефіцієнт тертя, $f=0.16$ для сталі по сталі.

Вважаючи, що найбільші зусилля будуть виникати при чорновому точінні шийки, розрахуємо складові сили різання для цього переходу, знаючи що: $t=2,5\text{мм}$, $S=1,1\text{мм/об}$, $V=59,66\text{ м/хв}$ (див. 1.5.22)

$$P_Z(P_Y; P_X) = 10C_P \cdot t^{X_P} \cdot S^{Y_P} \cdot V^{n_P} \cdot K_P, \text{ Н} \quad (2.7)$$

де K_P – поправочний коефіцієнт: $K_P = K_{M_P} \cdot K_{\varphi_P} \cdot K_{j_P} \cdot K_{\lambda_P} \cdot K_{r_P}$, (2.8)

де $K_{M_P} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_P}$ – [4, с.430, т.21]

$$n_{P_Z} = 0.75 \quad n_{P_Y} = 1.35 \quad n_{P_X} = 1.0 \quad - [4, \text{с. 430, т. 22}]$$

$$K_{M_{P_Z}} = \left(\frac{100}{75}\right)^{0.75} = 1.24 \quad K_{M_{P_Y}} = \left(\frac{100}{75}\right)^{1.35} = 1.47 \quad K_{M_{P_X}} = \left(\frac{100}{75}\right)^1 = 1.33$$

$$\left. \begin{array}{lll} K_{\varphi_{P_Z}} = 1 & K_{\varphi_{P_Y}} = 1 & K_{\varphi_{P_X}} = 1 \\ K_{j_{P_Z}} = 1 & K_{j_{P_Y}} = 1 & K_{j_{P_X}} = 1 \end{array} \right\} [4, \text{с. 431, т. 24}]$$

$$K_{\lambda_{P_Z}} = 1 \quad K_{\lambda_{P_Y}} = 1.25 \quad K_{\lambda_{P_X}} = 0.85$$

$$K_{r_{P_Z}} = 1 \quad K_{r_{P_Y}} = 1 \quad K_{r_{P_X}} = 1$$

- для P_Z : $C_P = 300$	$X_P = 1.0$	$Y_P = 0.75$	$n_P = -0.15$	} [4, с. 429, т. 24]
- для P_Y : $C_P = 243$	$X_P = 0.9$	$Y_P = 0.6$	$n_P = -0.3$	
- для P_X : $C_P = 339$	$X_P = 1.0$	$Y_P = 0.5$	$n_P = -0.4$	

$$K_{P_Z} = 1.24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.24$$

$$K_{P_Y} = 1.47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 = 1.84$$

$$K_{P_X} = 1.33 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot 1 = 1.13$$

Отже, за (2.7): $P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2.5^{1.0} \cdot 1.1^{0.75} \cdot 59.66^{-0.15} \cdot 1.24 = 5409.7$

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2.5^{0.5} \cdot 1.1^{0.6} \cdot 59.66^{-0.3} \cdot 1.84 = 3163.1$$

$$P_X = 10 \cdot 339 \cdot 2.5^{1.0} \cdot 1.1^{0.5} \cdot 59.66^{-0.4} \cdot 1.13 \cdot 0.85 = 1958.1$$

Отже мінімальні сили, які утримують заготовку від прокручування і зміщення в осьовому напрямі будуть рівні:

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_1 = P_z = 5409.7 \quad P_2 = P_x = 1958.1$$

Повна розрахункова сила на поверхні затиску:

$$R_{\Sigma} = \sqrt{R_1^2 + R_2^2} = \sqrt{5409.7^2 + 1958.1^2} = 5753.2 \text{ Н}$$

Загальна радіальна сила затиску, що притискає кулачки до заготовки:

$$P = \frac{K_{\text{зап}} \cdot R_{\Sigma}}{\mu} = \frac{2 \cdot 5753.2}{0.5} = 23012.8 \text{ Н} = 23.0128 \text{ кН}$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, $K_{\text{зап}}=2$

μ – коефіцієнт початкового зсуву, $\mu=0.5$;

Отже, за (2.6):

$$Q = 23.0128 \cdot \frac{\text{tg}(20^\circ + 9.1^\circ) + \text{tg}9.1^\circ}{1 - \text{tg}(20^\circ + 9.1^\circ) \cdot \text{tg}9.1^\circ} = 18.107 \text{ кН.}$$

Діаметр циліндра, який забезпечить таке зусилля затиску при подачі повітря в безштокову порожнину визначається за формулою: $Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta$, (2.9)

де D – діаметр пневмоциліндра, мм:

η – механічний коефіцієнт, $\eta=0.75$:

p – робочий тиск в системі, $p=0.6$ МПа.

Отже, за (2.9)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 18107}{3.14 \cdot 0.6 \cdot 10^6 \cdot 0.75}} = 0.226$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра - $D=250$ мм [10]

Отже дійсне зусилля, яке створює пневмоциліндр буде рівне:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta = \frac{3.14 \cdot 0.25^2}{4} \cdot 0.6 \cdot 10^6 \cdot 0.75 = 22078 \text{ Н}$$

2.2.3 Розрахунок пристрою на міцність

Як слабку ланку патрону розглядаємо різьбове з'єднання тяги 4 і втулки 5, яке дозволяє передавати зусилля з пневмоциліндра на кулачки і сприймає найбільше навантаження при передачі цього зусилля. З умови міцності на змикання визначимо мінімальну довжину згвинчування і відповідно кількість витків різьби.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Умова міцності на зминання: } \sigma_{зм} = \frac{F_{зонв}}{d \cdot \delta} \leq [\sigma_{зм}], \quad (2.10)$$

де $F_{зонв} = 22078 \text{ Н}$ – зусилля яке створює пневмоциліндр;

$d = 30 \text{ мм}$ - діаметр різьби;

δ – довжина згвинчування;

$[\sigma_{зм}]$ – допустимі напруження на змикання, МПа;

$$[\sigma_{зм}] = 0.8 \cdot \sigma_T \cdot 0.8 \cdot 290 = 232, \text{ МПа};$$

де σ_T – границя текучості сталі, МПа; $\sigma_T = 290 \text{ МПа}$ [10].

$$\text{Отже, за (2.10): } \delta = \frac{F_{зонв}}{d \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{2207}{30 \cdot 232} = 3.17 \text{ мм.}$$

Мінімальне число витків: $n = \frac{\delta}{p} = \frac{3.17}{2}$, $n_{\min} = 2 \text{ витки}$, де $p = 2 \text{ мм}$ - крок різьби.

Для забезпечення передачі зусилля достатньо, щоб довжина різьби була 4 мм.

Приймаємо довжину різьби $l = 35 \text{ мм}$.

2.2.4 Рівень уніфікації і стандартизації пристрою

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (2.5).

Кількість стандартних деталей у пристрої $C = 56$;

Загальна кількість деталей в пристрої $K = 78$.

$$\text{Отже, за (2.5): } K_y = \frac{56}{78} \cdot 100\% = 71.8\%$$

Отже пристрій є доволі уніфікованим, оскільки його конструкція містить багато стандартних деталей, про що і говорить коефіцієнт уніфікації $K_y = 71.8\%$

2.2.5 Розрахунок пристрою на точність

Допустиму точність виготовлення даного пристрою T_{np} визначаємо за формулою: $T_{np} \leq T_3 - 1.2 \cdot \sqrt{(0.8\varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + (0.8\omega)^2 + \varepsilon_n}$, [10]

де T_3 – допуск на виконуваний при обробці заготовки розмір, $T_3 = 0,25$.

ε_δ – похибка базування заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_\delta = \Delta_K \cdot l = 0.05 \cdot 240 = 0.012 \text{ мм}, \quad [1, \text{ с.67, т.4,7}]$$

									Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ				

де l – виліт заготовки, $l=240$ мм;

Δ_K – питома кривизна заготовки, $\Delta_K = 0.05$ мкм/мм, [1, с. 71, т.4.8];

ε_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої, $\varepsilon_3 = 0.12$, [12];

ω – економічна точність обробки даним методом, $\omega = 0.250$, [12]

ε_K – похибка настроювання, $\varepsilon_K = 0,005$, [12]

Отже $T_{np} = 0.25 - 1.2 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0.012)^2 + 0.12^2 + 0.005^2 + (0.8 \cdot 0.16)^2} = 0.039$ мм.

Отже допустима похибка пристрою не повинна перевищувати величину $T_{np} = 0.039$ мм.

2.3 Розрахунок контрольного пристрою

2.3.1 Опис та принцип роботи пристрою

Даний пристрій призначений для контролю радіального биття зовнішньої поверхні корпус-калібратора на контрольній операції 080 до поверхні різьби.

Контрольний пристрій складається із кільця 3, всередині якого монтується пробка різьбова 7. Пробка утримується в кільці за допомогою болтів 10. До пробки за допомогою гвинтів 12 кріпиться штурвал 8. До зовнішньої поверхні кільця болтом 9 кріпиться кронштейн, який фіксується штифтом 13. На кронштейні за допомогою затискного гвинта 6 кріпиться вимірний пристрій 1, яким контролюється радіальне биття.

Контроль радіального биття зовнішньої поверхні корпусу калібратора до поверхні різьби здійснюється наступним чином. Деталь встановлюється в вертикальному положенні на контрольному столі. Пристрій встановлюється різьбовою пробкою в кінчному отворі корпус-калібратора з нарізаною замковою різьбою. Повертаючи штурвал 8 здійснюємо згвинчування різьби, при цьому необхідно забезпечити правильне згвинчування, щоб не було перекосів. Після правильного встановлення пристрою проводимо контроль. Контроль здійснюється плавним обертанням кільця 3 з вимірним пристроєм 1 навколо осі корпус-калібратора. І по шкалі індикатора визначаємо значення радіального биття, яке передається через щуп вимірного пристрою.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2 Розрахунок пристрою на точність

В процесі вимірювання радіального биття зовнішньої поверхні корпус-калібратора можуть виникнути наступні похибки: похибка базування, тобто похибка різьбового з'єднання $\varepsilon_{\delta} = 0,005$ мм; похибка вимірювання ε_{ϵ} і похибка радіального биття кільця до поверхні різьби $\varepsilon_{p\delta}$. Враховуючи те, що допустиме радіальне биття зовнішньої поверхні корпуса калібратора до поверхні різьби $T=0.045$ мм, то допустима похибка контрольного пристрою буде визначатись за формулою:
$$\varepsilon_{np} = T - 1.2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\epsilon}^2 + \varepsilon_{p\delta}^2}, \quad (2.11)$$

де ε_{δ} – похибка базування;

ε_{ϵ} – похибка вимірювання,

$$\varepsilon_{\epsilon} = \frac{1}{2} \Delta = \frac{1}{2} \cdot 0.01 = 0.005 \text{ мм};$$

де Δ – ціна поділки вимірної інструменту;

$\varepsilon_{p\delta}$ – похибка радіального биття кільця до поверхні різьби, $\varepsilon_{p\delta} = 0.03$ мм.

Отже, за (2.11):

$$\varepsilon_{np} = 0.045 - 1.2 \cdot \sqrt{0.03^2 + 0.005^2 + 0.005^2} = 0.008 \text{ мм}.$$

Отже похибка пристрою не повинна перевищувати величину $\varepsilon_{np} = 0.008$ мм.

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

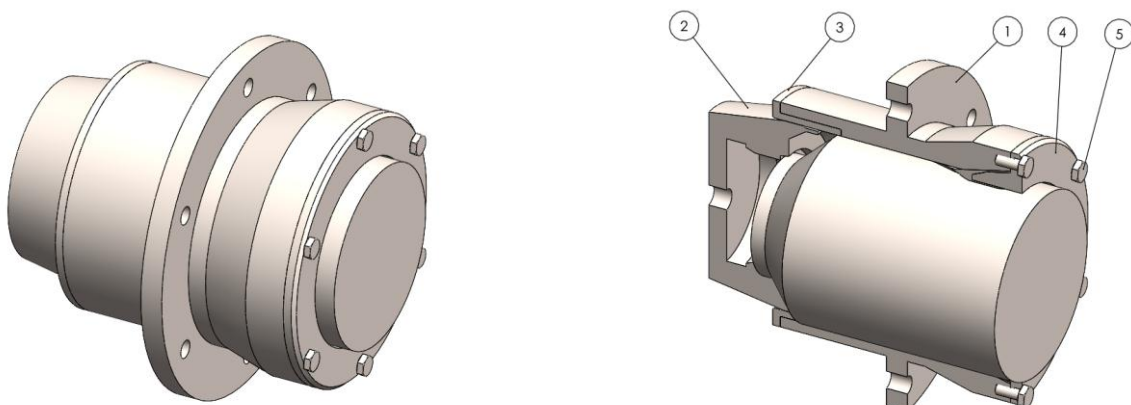
3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки пристрою

Сьогодні для проектування різноманітного обладнання застосовують спеціалізовані комп'ютерні програми, у яких реалізовано метод скінченних елементів. Однією з таких програм є SolidWorks Simulation, що дозволяє виконувати статичні, динамічні, теплові та частотні аналізи конструкцій. Використання цього комплексу значно підвищує якість інженерних розрахунків завдяки можливості створення точної 3D-моделі, побудови сітки скінченних елементів та визначення напружено-деформованого стану деталей у різних режимах роботи.

SolidWorks Simulation забезпечує інженерові зручні інструменти для моделювання реальних умов експлуатації: врахування навантажень, температурних полів, контактної взаємодії, фіксації опор та механічних обмежень. Програма дозволяє швидко визначити слабкі місця конструкції, оптимізувати геометрію, підібрати матеріал і зменшити масу виробу без втрати міцності. Завдяки вбудованим засобам візуалізації користувач може отримувати графічні карти розподілу напружень, переміщень і деформацій, що спрощує інтерпретацію результатів та прийняття інженерних рішень.

Таким чином, застосування SolidWorks Simulation на етапах проектування забезпечує скорочення часу розробки, підвищення надійності обладнання та мінімізацію витрат на виготовлення й випробування дослідних зразків.

З метою дослідження притискного пристрою було побудовано його тривимірну модель (рис. 3.1).



а) – модель у зібраному виді

б) – модель у рознесеному виді

1 – корпус; 2 – цанга; 3 – втулка; 4 – кришка; 5 – болт

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель

									Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ

Граничними умовами перед проведенням дослідження прийнято: «зафіксовано» – застосовано для корпусу пристрою; «навантаження» – прикладено до торця цинги.

На рисунку 3.2 зображено сітку скінченних елементів, на яку розбито тривимірну модель пристрою.

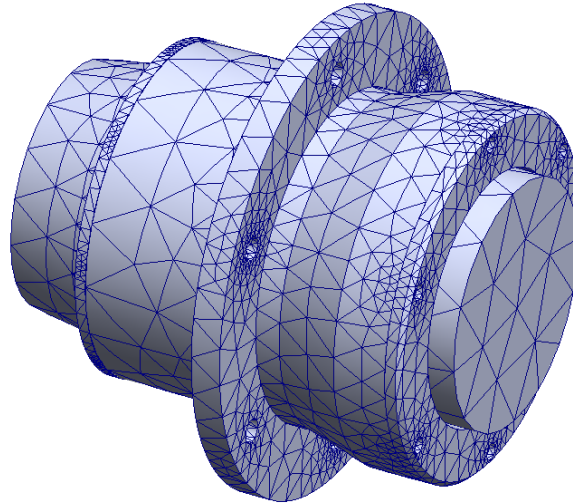


Рисунок 3.2 – Сітка скінченних елементів

Для всіх деталей матеріалом прийнято сталь, яка має такі механічні властивості:

- модуль Юнга 2×10^{11} Па;
- коефіцієнт Пуассона 0,28.

Отримані результати проведеного моделювання показані нижче на рисунках.

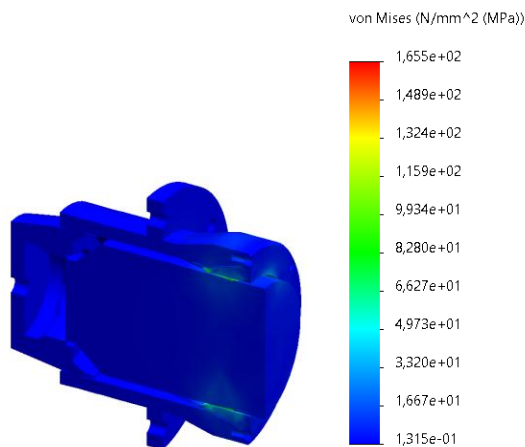


Рисунок 3.3 – Еквівалентні напруження

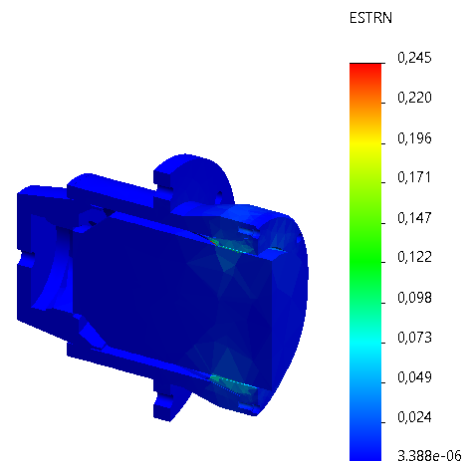


Рисунок 3.4 – Деформація

					MP.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 3.3 максимальне значення еквівалентних напружень за Мізесом становить приблизно 165 МПа, що суттєво нижче за задану границю текучості матеріалу 310 МПа. Основний об'єм виробу зафарбований у темно-синій колір, що відповідає низьким напруженням і свідчить про рівномірний розподіл навантаження без великих локальних перенапружень. Підвищені напруження спостерігаються у локальних ділянках переходів геометрії, зокрема в місцях різких змін перерізу та контактних зон (світліші кольори - зелений/жовтий). Саме ці ділянки доцільно розглядати як потенційно небезпечні щодо розвитку пластичних деформацій у разі збільшення навантаження або втомного навантаження при багатоцикловій роботі. За умови статичного навантаження й відсутності суттєвих додаткових факторів (удари, концентрація дефектів) отримані напруження не досягають границі текучості, тому деталь має достатній запас міцності.

Максимальне значення еквівалентної деформації (рис. 3.4) становить близько 0,245 (24,5%), однак по основному об'єму деталі спостерігаються значно менші значення. Підвищені деформації локалізуються у невеликих зонах поблизу переходів перерізів і контактних областей, де раніше спостерігались і максимальні напруження. Поточний результат дозволяє зробити висновок, що глобальна жорсткість деталі є достатньою, а основні геометричні розміри зберігаються без істотних пружних деформацій.

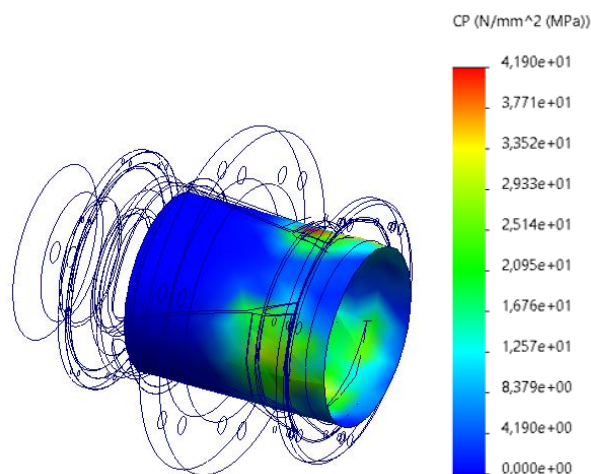


Рисунок 3.5 – Контактний тиск

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Візуалізація розподілу контактного тиску (рис. 3.5) показує виражену нерівномірність навантаження по поверхні циліндра. Максимальний тиск 41,9 МПа чітко локалізований у трьох основних областях. Проте така величина контактного тиску є незначною і не впливає на міцність конструкції.

Висновок.

Виходячи з результатів імітаційного дослідження згідно вибраних граничних умова у притискному пристрої виникають еквівалентні напруження величиною максимальною величиною 165 МПа. Виходячи з величини допустимих напружень (620 МПа), коефіцієнт запасу міцності 3,75. Це означає, що міцність пристрою забезпечується.

Що стосується величини контактного тиску на поверхні заготовки та елементів цанги, то його максимальна величина складає 41 МПа. Оскільки величина контактного тиску є відносно незначною, то можна зробити висновок, що заготовка не буде пошкоджуватись при затисканні цанговим пристроєм.

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В магістерській роботі розроблено альтернативний базовому техпроцес виготовлення деталі, а саме корпуса калібратора 5КС-187,3 СТ001, з метою здешевлення її виробництва. Для цього проаналізував креслення деталі, спосіб отримання заготовки, базовий маршрут техпроцесу її виготовлення. Врахувавши недоліки базової технології та рекомендації технічної літератури в проектній технології застосовано:

1. Менш матеріалоемкий спосіб отримання заготовки;
2. Верстати, що більш продуктивними та більш точно відповідають типу виробництва;
3. Швидкодіючі пристрої, на основі базових варіантів і пристрої з пневмозатиском.

Для проектного техпроцесу пораховані припуски, режими різання і норми часу, прийняті на основі чинних нормативів та визначено розрахунково - аналітичним методом.

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік літературних джерел

- 1 Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.
- 2 Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К.: Вища школа, 1991. – 247 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1972. – 694 с.
- 4 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1972. – 656 с.
- 5 Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник – Львів: «Новий Світ-2000», 2009. –358 с.
- 6 Станочные приспособления.: Справочник. В 2-х томах. Т.2/ Под ред. Б. Н. Вардашкина, В.В. Данилевского – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
- 7 Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко . — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
- 8 Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с
- 9 Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В., Панчук А.Г. Магістерська робота: методичні вказівки.- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
- 10 Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
- 11 Основи технології виробництва машин: навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛПРА, 2022. - 136 с.
- 12 Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей - тіл обертання. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П.,

					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

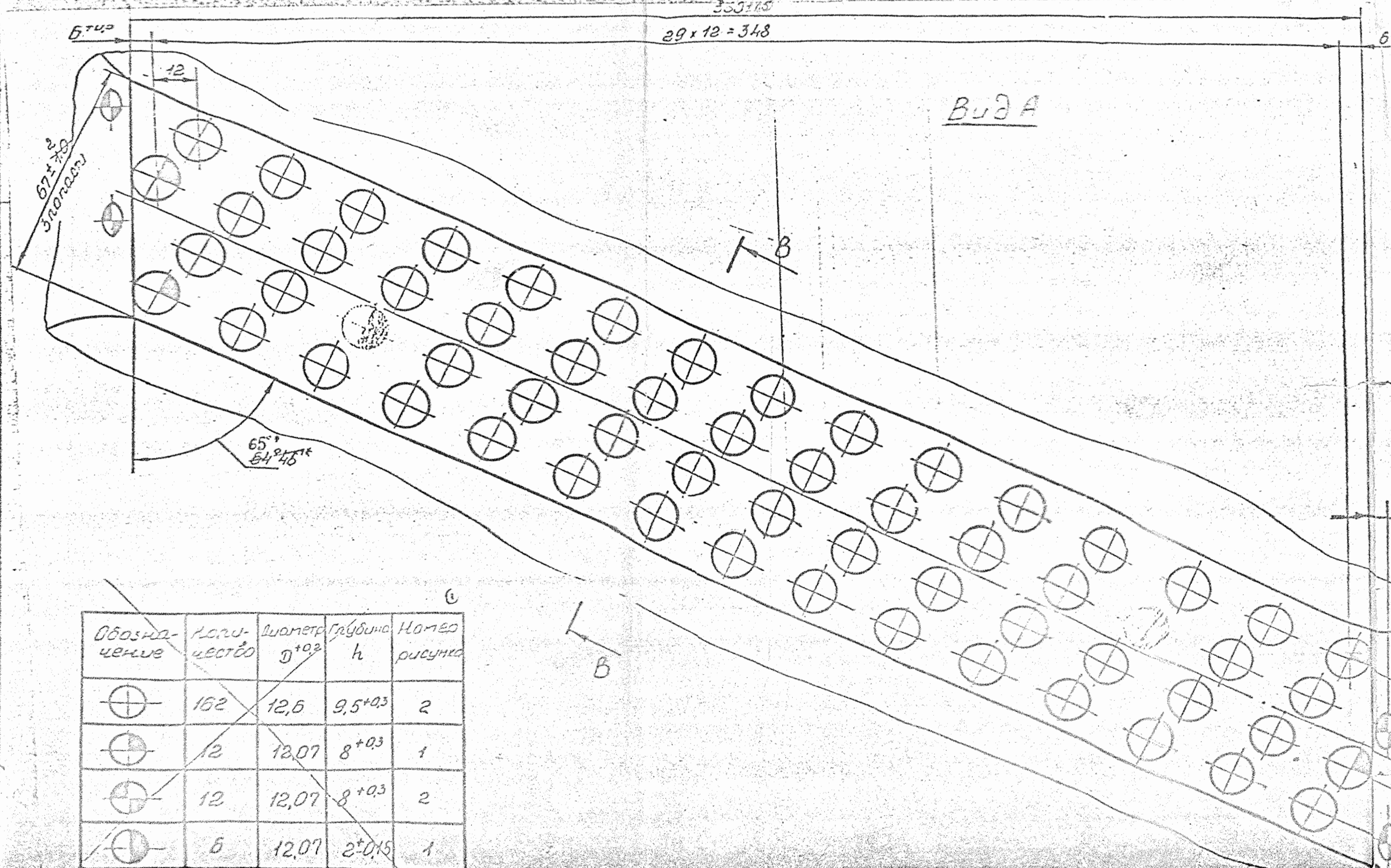
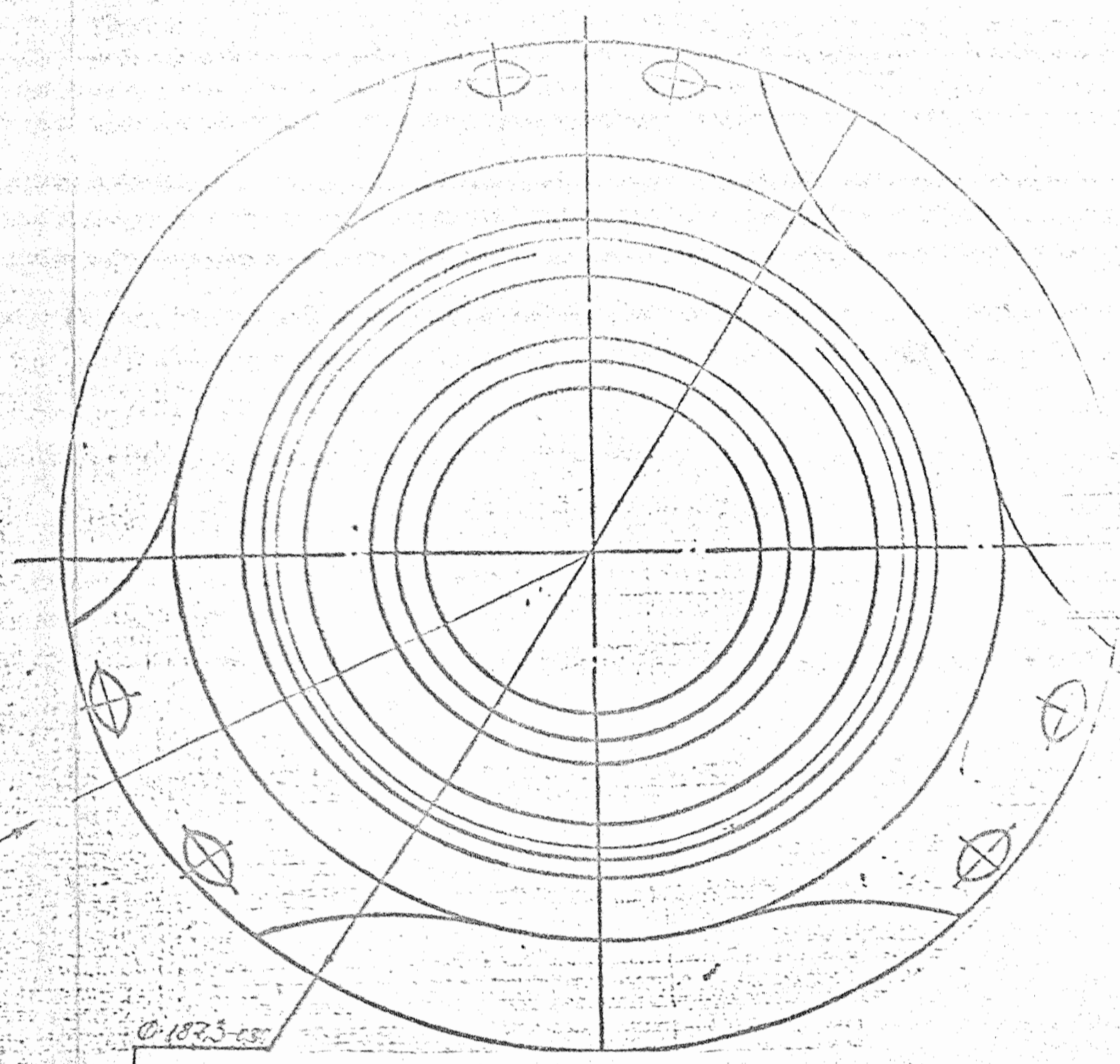
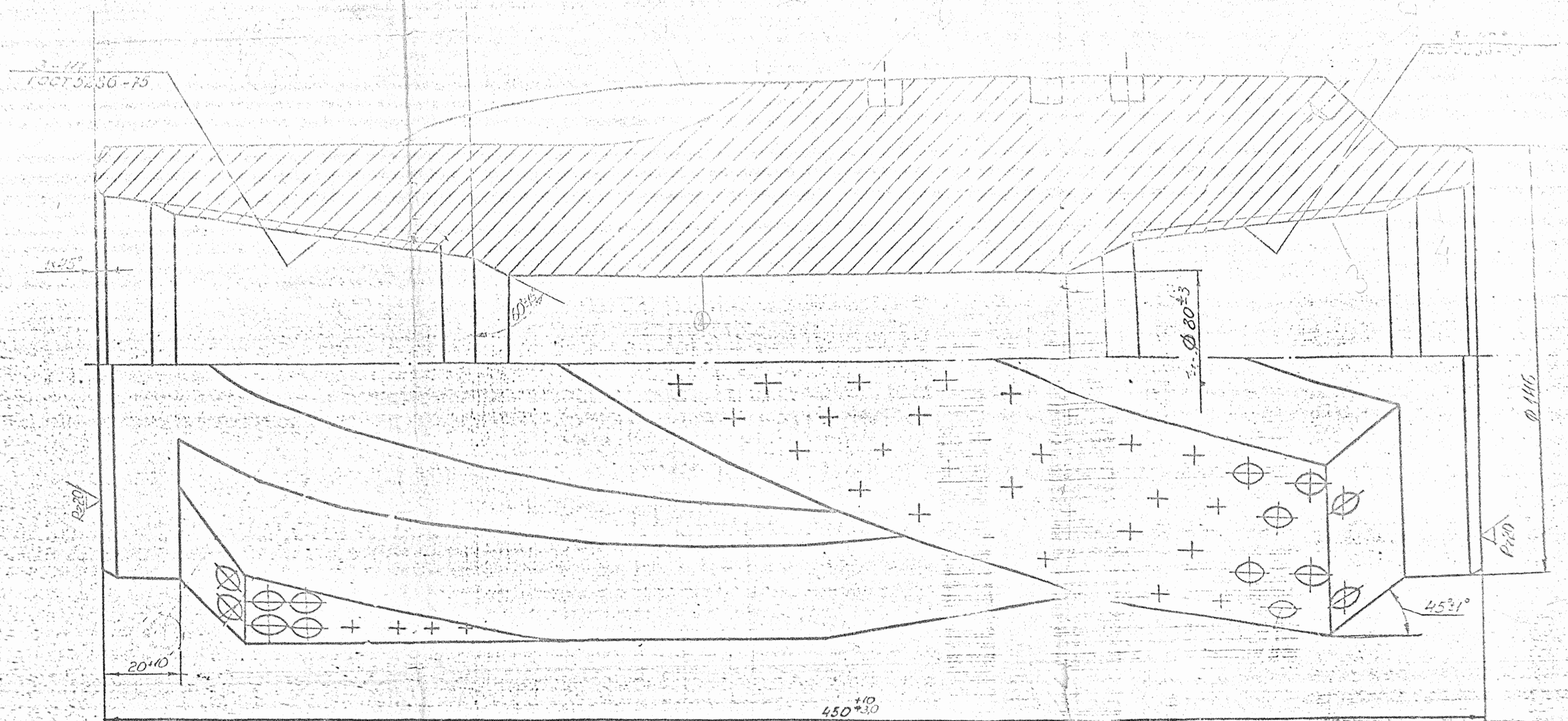
Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.

13 <https://www.secotools.com/>.

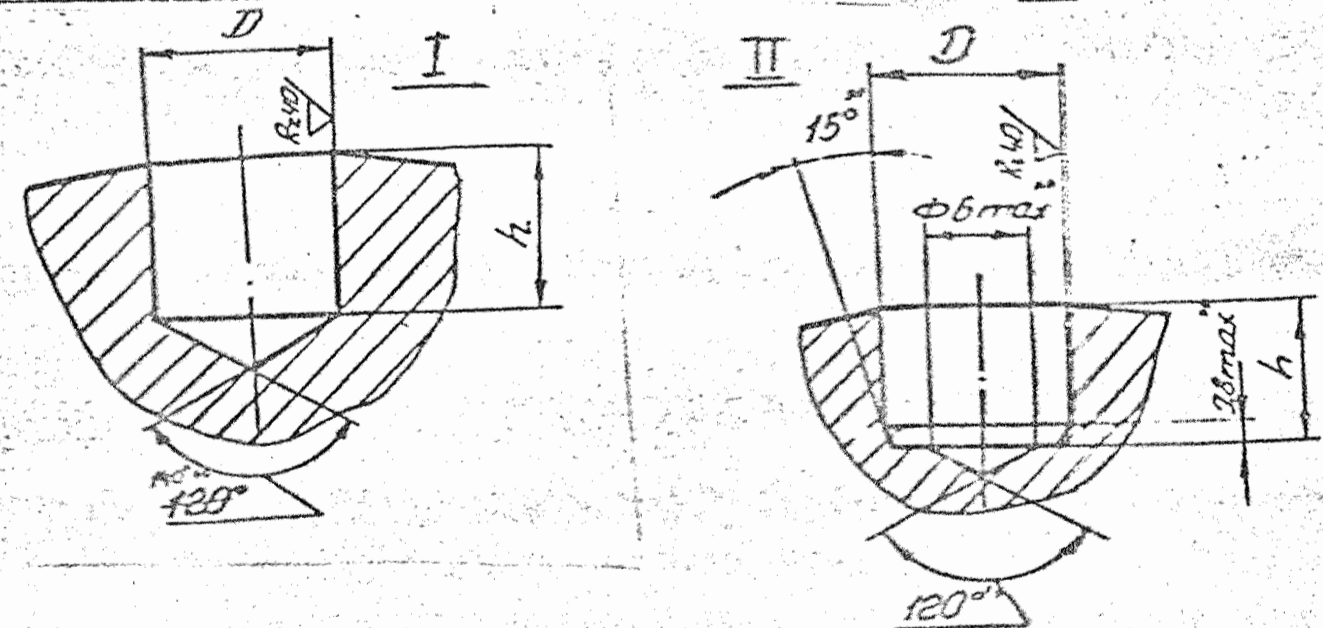
					МР.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					МП.ПМК-019.00.00.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Составитель Исполнитель	Составл. Смб.	Составл. Смб.	Длина при длине 100	Глубина	Толщина
12 КС 214,3 СТК.001-ВР (12 КС 212,7 СТК.001-ВН)	⊙	159	φ12,2 ^{+0,2}	7 ^{+0,3}	I
	⊙	12	φ12,07 ^{+0,2}	8 ^{+0,3}	II
	⊙	12	φ12,07 ^{+0,2}	8 ^{+0,3}	II
	⊙	159	φ12,6 ^{+0,2}	9,5 ^{+0,3}	II
12 КС 214,3 СТК.001-Т11 (12 КС 212,7 СТК.001-Т1)	⊙	12	φ12,07 ^{+0,2}	8 ^{+0,3}	II
	⊙	12	φ12,07 ^{+0,2}	8 ^{+0,3}	II



В-В поперитно

Обозначение	Кол-во	Диаметр d ^{+0,2}	Глубина h	Положение рисунка
⊙	162	12,6	9,5 ^{+0,3}	2
⊙	12	12,07	8 ^{+0,3}	1
⊙	12	12,07	8 ^{+0,3}	2
⊙	6	12,07	2 ^{+0,15}	1

1. Допускается изготовление корпуса из стали 40ХН, нохнема, 40Х ГОСТ 4543-71.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: валов - h 14, отверстий - H 14, остальных ± IT 14.
3. Неуказанные предельные отклонения угловых размеров: ± AT 16.
4. Резьба должна соответствовать ГОСТ 5286-75 в предельных отклонениях на левые и угловые размеры элементов резьбы по ГОСТ 20636-75.
5. При необходимости резьбы возможны варианты с другой несомкнутостью резьбы не более 80мм.
6. Шаг винтовой линии 1440 ± 25мм.
7. Угол подреза по диаметру 68 ± 29°.
8. * Размеры для справок.
9. Допускаются ребра по середине между лопатками высотой до 5мм.
10. Допуск на расположение координат отверстий отклонительно номинального расположения ± 0,5мм, ± 1,5мм.
11. Остальные технические требования по ТУ 66-839-79.
12. Шаг винтовой линии 1440 ± 25мм. для настройки отрегулировать.
13. Допускается форма во впадинах как в рисунке.
14. Размеры для проектирования режущего инструмента.
15. По 5% квалитету (калибратов) допускается принимать с зазором 450-20.
16. Вспускается твердость, относительная I в количестве 162 штуки сформировать φ12,6^{+0,2} h 7,2^{+0,3}, при этом не менее 3шт. из материала ВК ГОСТ 880-75.

№	Изменения	Дата	Исполнитель	Проверенный
1	12-23	01/11/71	И.И.И.	И.И.И.
2	12-23	01/11/71	И.И.И.	И.И.И.
3	12-23	01/11/71	И.И.И.	И.И.И.
4	12-23	01/11/71	И.И.И.	И.И.И.

5КС-1873 СТ.001

Корпус

Материал: Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм.	Арк.	№ Док.	Підпис	Дата

ІФНТУНГ		01140.00001		
			Н	

«Затверджую»

Зав. каф. КМВ:

проф., д.т.н. Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Технологічний процес
механічної обробки деталі:

Корпус калібратора
5КС-187,3СТ.001

Розробив: ст. гр. ПМКм-24-1

Павлюк Т.В.

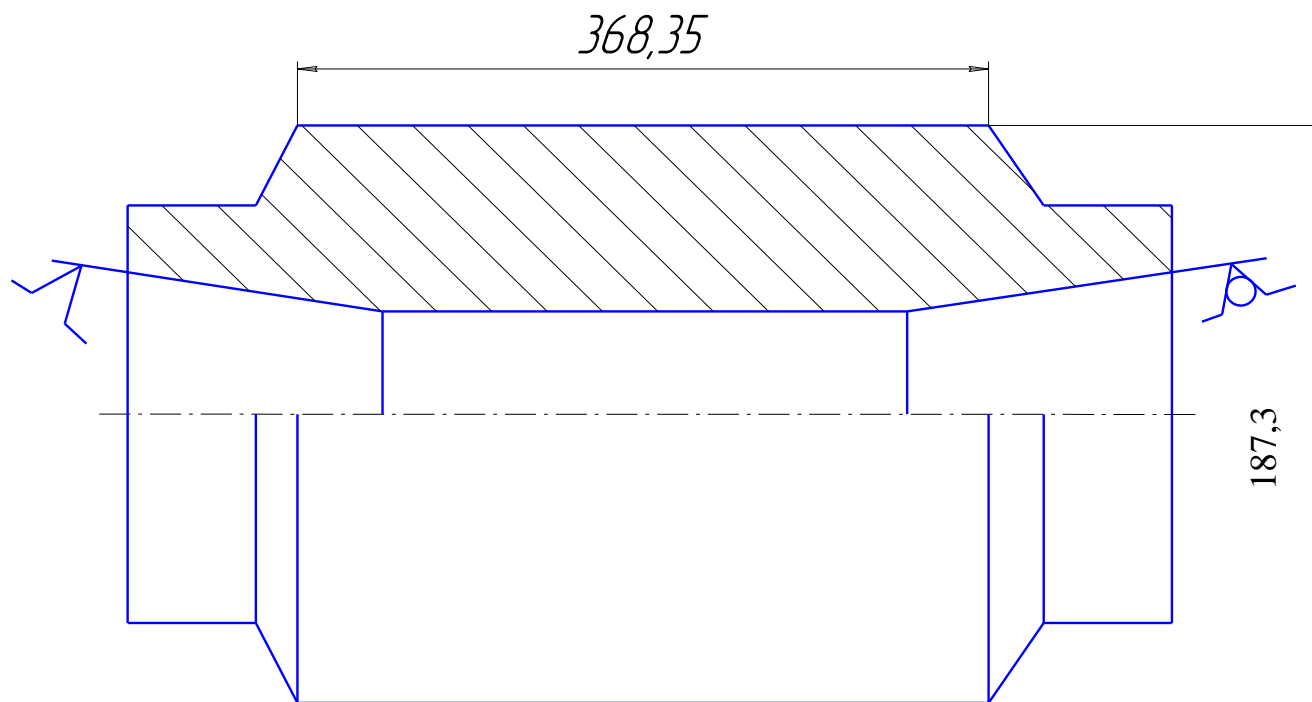
Перевірів: доц. каф. КМВ

Одосій З.М.

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Павлюк			І Ф Н Т У Н Г	ПМКм-24-1	20140.00004				
Перевірів	Одосій									
Н. контр.	Одосій	Корпус калібратора 5КС-187,3 СТ001				Н		050		



КЕ

Обробка різанням

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
				<u>Документація</u>																	
			MP.ПМК-019.04.00.000.СК	Складальне креслення																	
				<u>Деталі</u>																	
		1	MP.ПМК-019.04.00.001	Корпус	1																
		2	MP.ПМК-019.04.00.002	Фланець	1																
		3	MP.ПМК-019.04.00.003	Пробка	3																
		4	MP.ПМК-019.04.00.004	Тяга	1																
		5	MP.ПМК-019.04.00.005	Втулка	1																
		6	MP.ПМК-019.04.00.006	Плунжер	3																
		7	MP.ПМК-019.04.00.007	Фланець	1																
		8	MP.ПМК-019.04.00.008	Кулачок	3																
		9	ДMP.ПМК-019.04.00.009	Втулка	1																
		10	MP.ПМК-019.04.00.010	Клин	1																
		11	MP.ПМК-019.04.00.011	Масльонка	6																
				<u>Стандартні вироби</u>																	
				Гвинт ГОСТ 1477-75																	
		12		М 20x35.58	3																
		13		М 12x25.58																	
		14		М 6x10.58																	
		15		Шпилькака М 8-6qx12.58	1																
				ГОСТ 22036-78																	
		16		Болт М 24x80.58	6																
				ГОСТ 7798-70																	
														MP.ПМК-019.04.00.000 ПЗ							
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Патрон трикулачковий						Лит.	Лист	Листов							
	Разраб.	Павлюк																			
	Пров.	Одосію																			
	Н.контр.	Одосію																			
Утв.	Панчук																				

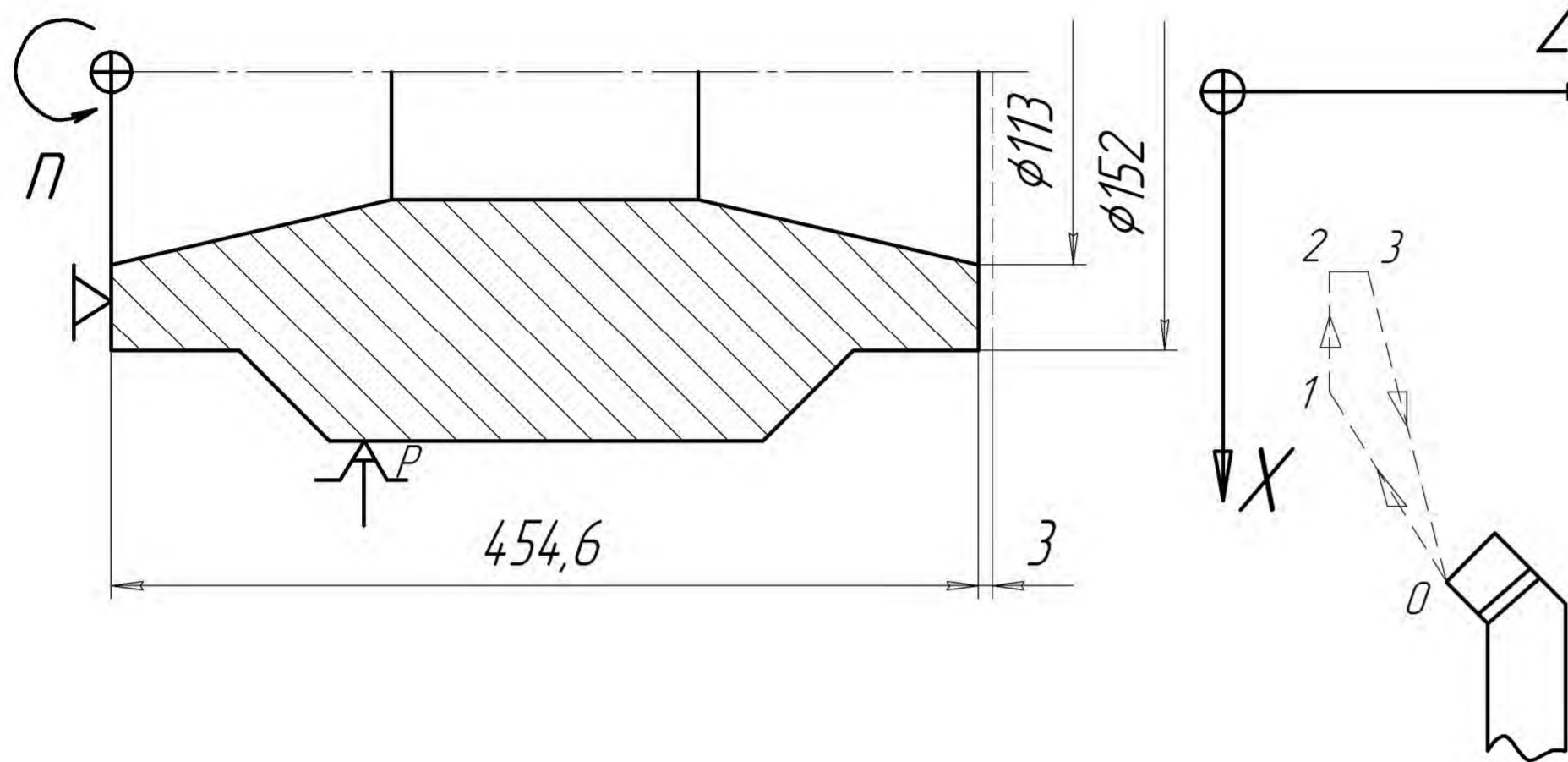
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						<u>Документація</u>			
					МР.ПМК-019.05.00.000.СК	Складальне креслення			
Подп. и дата				1	МР.ПМК-019.05.00.000	Вимірний пристрій	1		
						<u>Деталі</u>			
				2	МР.ПМК-019.05.00.001	Втулка	2		
				3	МР.ПМК-019.05.00.002	Кільце	1		
				4	МР.ПМК-019.05.00.003	Кронштейн	1		
				5	МР.ПМК-019.05.00.004	Шайба	2		
				6	МР.ПМК-019.05.00.005	Гвинт зажимний	2		
				7	МР.ПМК-019.05.00.006	Кільце різьбове	1		
				8	МР.ПМК-019.05.00.007	Штурвал	1		
						<u>Стандартні вироби</u>			
		Взам. инв. №				9	Болт М 16x20,58 ГОСТ 7798-70	2	
				10	Гвинт М 5x10,58 ГОСТ 1491-72	24			
				11	Шайба 8 65Г ГОСТ 6402-70	6			
Подп. и дата		МР.ПМК-019.05.00.000 ПЗ							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.		Разраб.	Павлюк			Пристрій контрольний	Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Одосію						
		Н.контр.	Одосію					ІФНТУНГ гр.ПМКм-24-1	
		Утв.	Панчук						

Опорні точки	0	1	2	3
X	150	79	54	54
Z	530	454,6	454,6	458

Опорні точки	0	1	2	3	4	5	6	7
X	150	73,5	73,5	107,85	107,85	73	73	101,85
Z	530	457,1	427,1	397,3	454,6	455,1	434,6	393,8

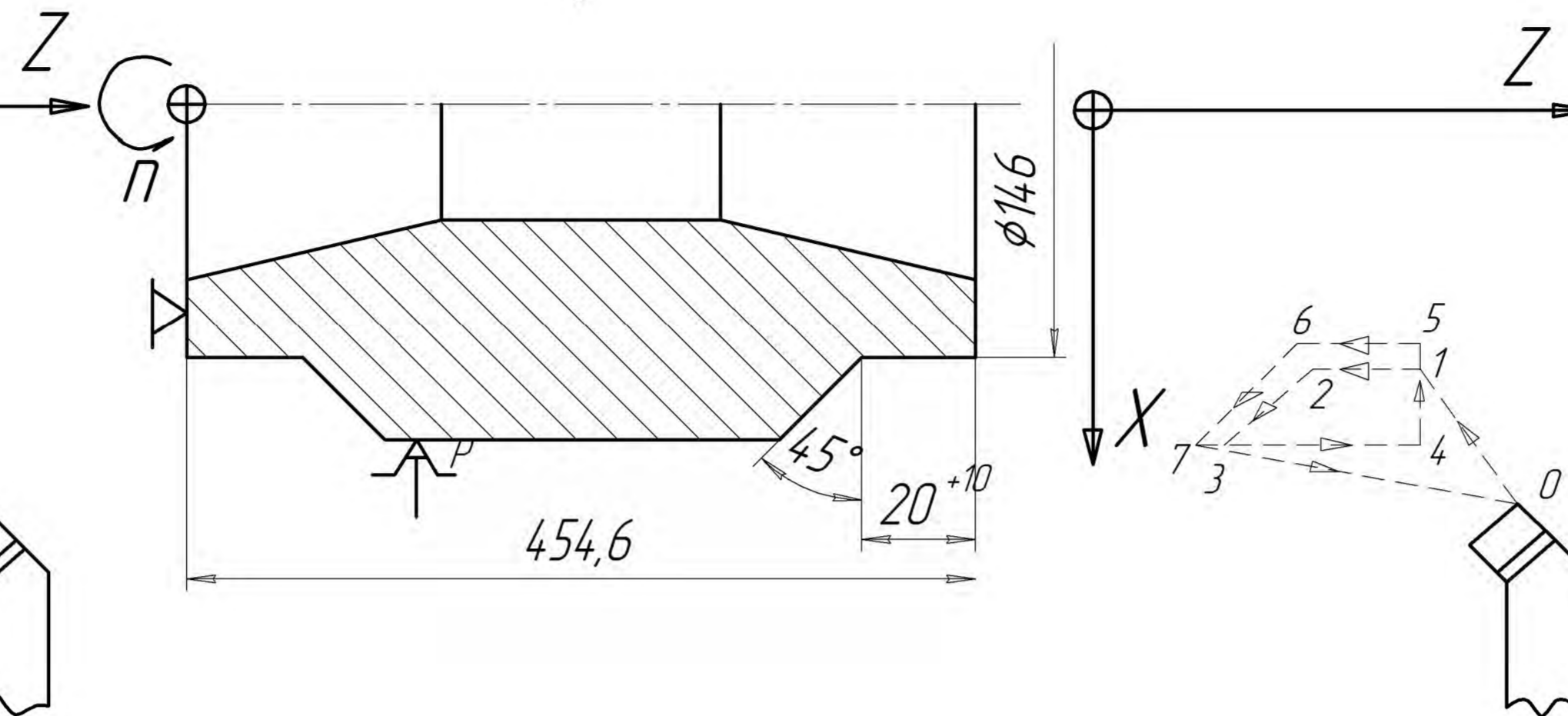
Опорні точки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	0	59,1	40	35	35	59,6	45,8	40	35	61,3	59,5	57,6	56,105
Z	530	454,6	399,88	399,88	454,6	454,6	329,8	319,8	319,8	454,6	452,8	437,8	429,8

Операція 070
Перехід 1



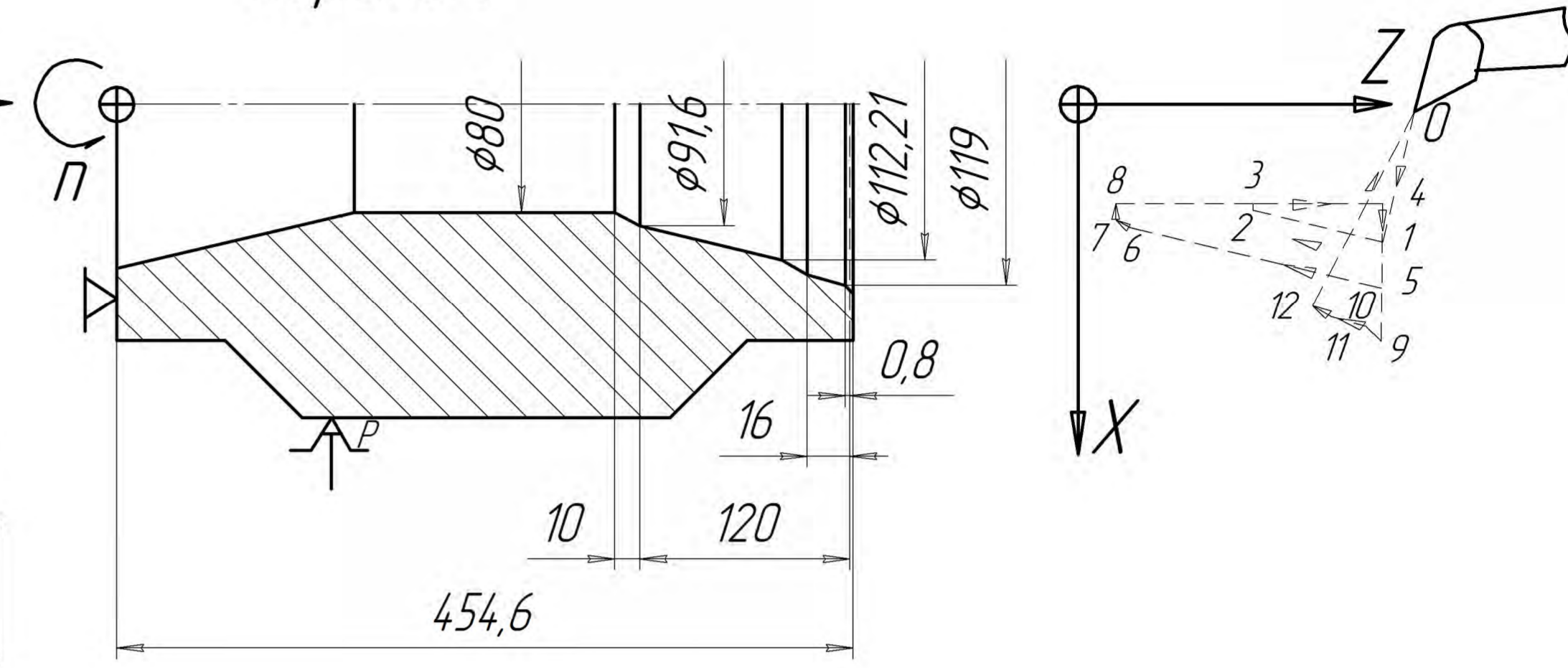
Різець 2112-0035 Т5К10 ГОСТ 2379-77

Перехід 2



Різець 2103-0009 Т5К10 ГОСТ 18879-73

Перехід 3



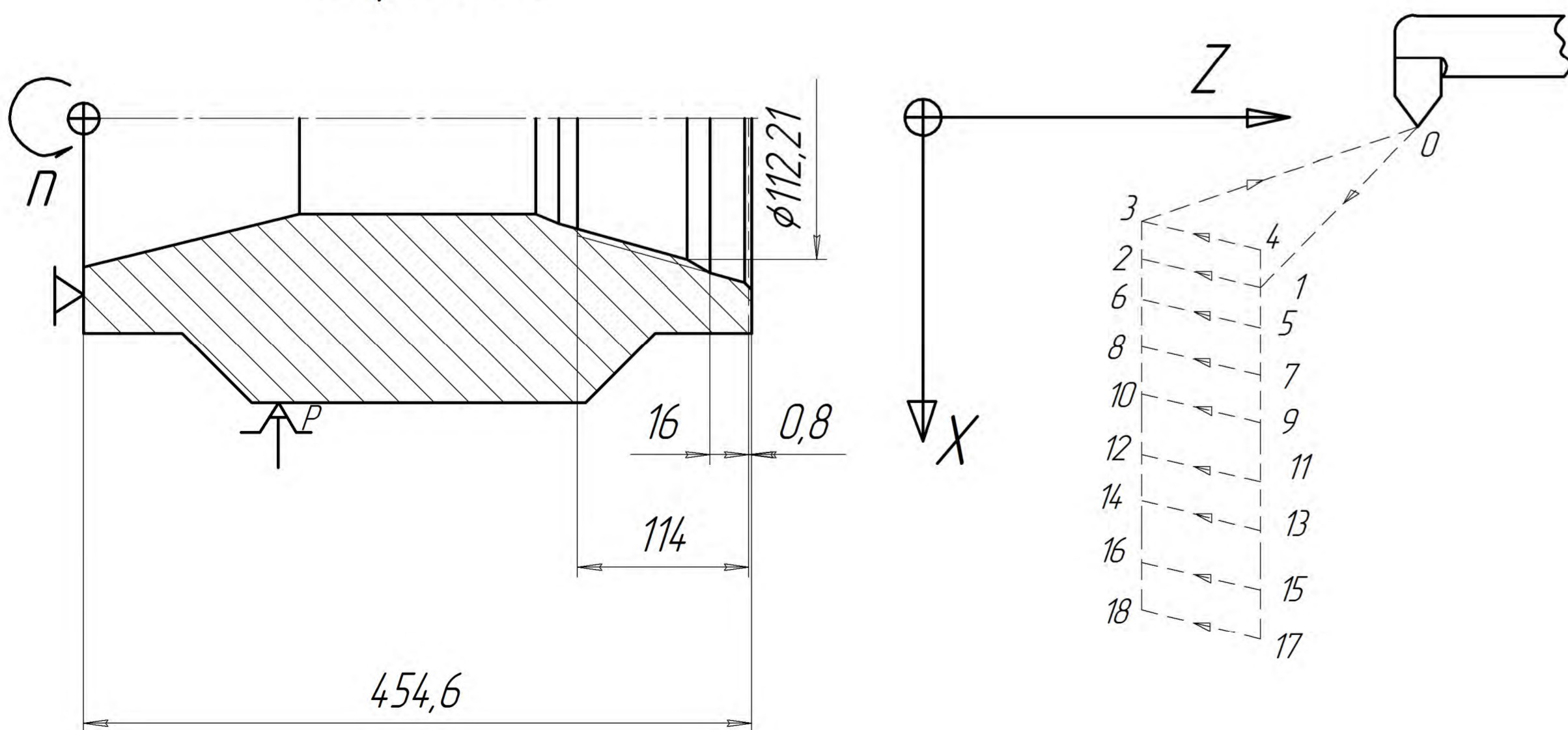
Різець 2141-0011 Т5К10 ГОСТ 18883-73

Опорні точки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X	0	55,05	46,25	44	52,8	55,5	46,7	55,95	47,15	56,4	47,6	56,85	48,05	57,3	48,5	57,45	48,65	57,6	48,8
Z	530	437,8	339,8	339,8	437,8	437,8	339,8	437,8	339,8	437,8	339,8	437,8	339,8	437,8	339,8	437,8	339,8	437,8	339,8

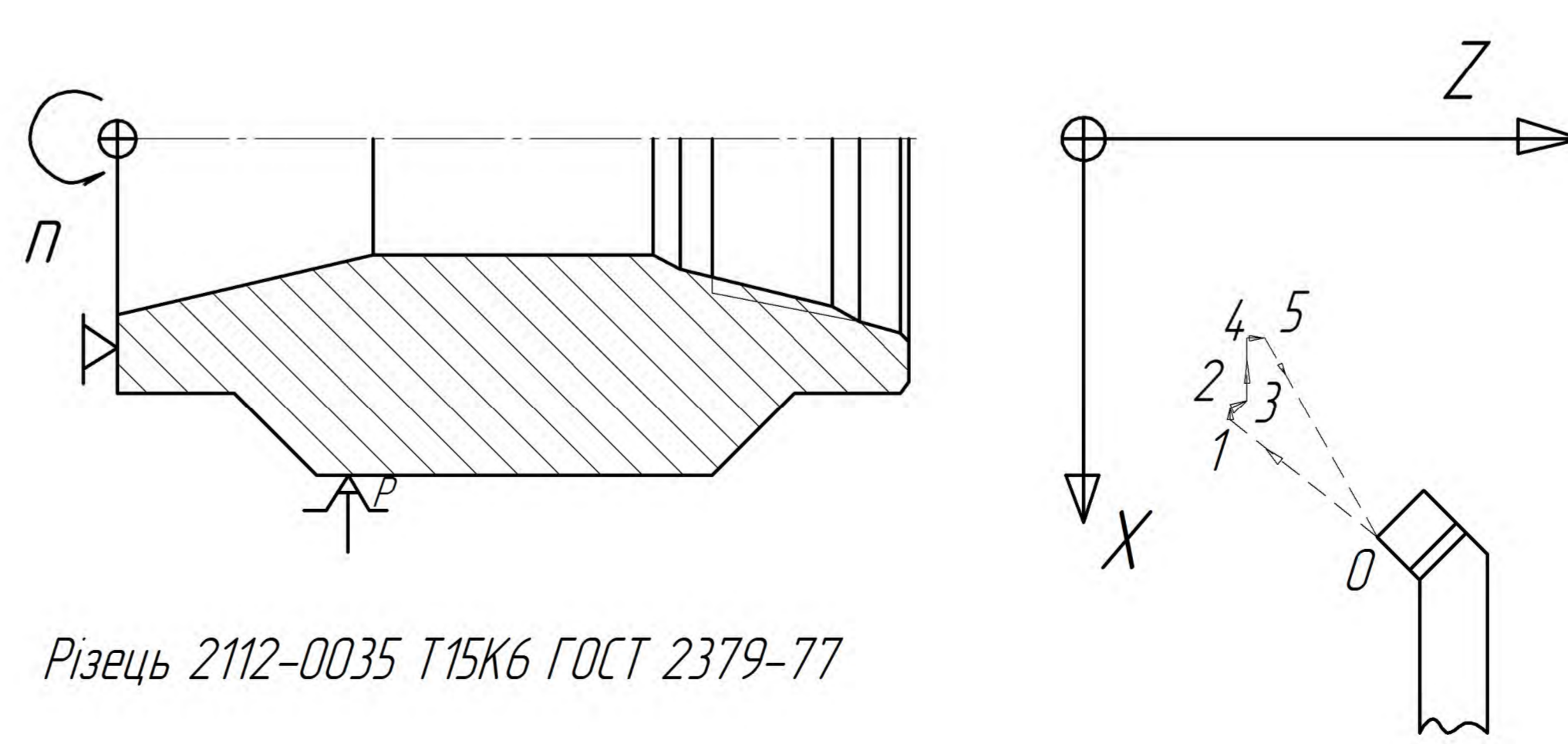
Опорні точки	0	1	2	3	4	5
X	150	74,08	73	72	55	55
Z	530	452,8	452,8	453,8	453,8	460

Перехід 5

Перехід 4



Різець 2666-0027 Т15К6 ГОСТ 18885-73



Різець 2112-0035 Т15К6 ГОСТ 2379-77

№ операції	№ пер.	Зміст операції				Режими різання		
		t, мм	S, мм/об	n, хв	V, м/хв			
5		Підрізати торець начисто	0,8	0,3	400	183,4		
4		Нарізати замкову різьбу	3	3	315	106,1		
3		Розточити кінцевий отвір	3	0,25	250	93		
2		Точити шийку по контуру	3	1,1	125	57,7		
1		Підрізати торець начорно	3	1	125	84,5		

МР.ПМК-019.01.00.000 СХ

Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Карта	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Голов.				налажки	Н		-
Перев.	Обласн.					Архив	1	Архив
Т.контр.	Обласн.							
Реценз.								
Н.контр.	Обласн.							
Затв.	Планч.							

ІФНТУНГ
зр. ПМКМ-24-1

Теоретична діаграма точності обробки

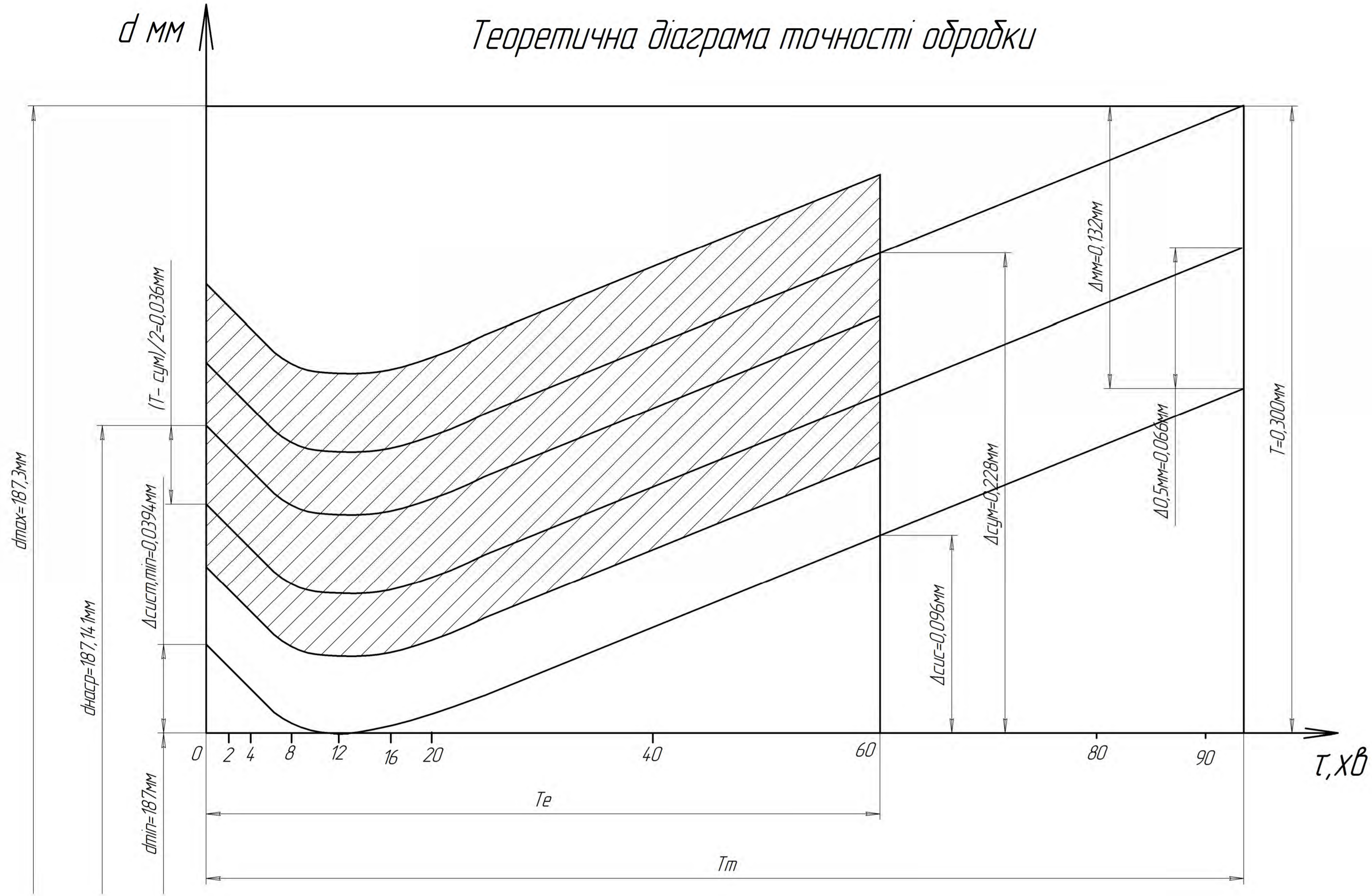


Схема обробки

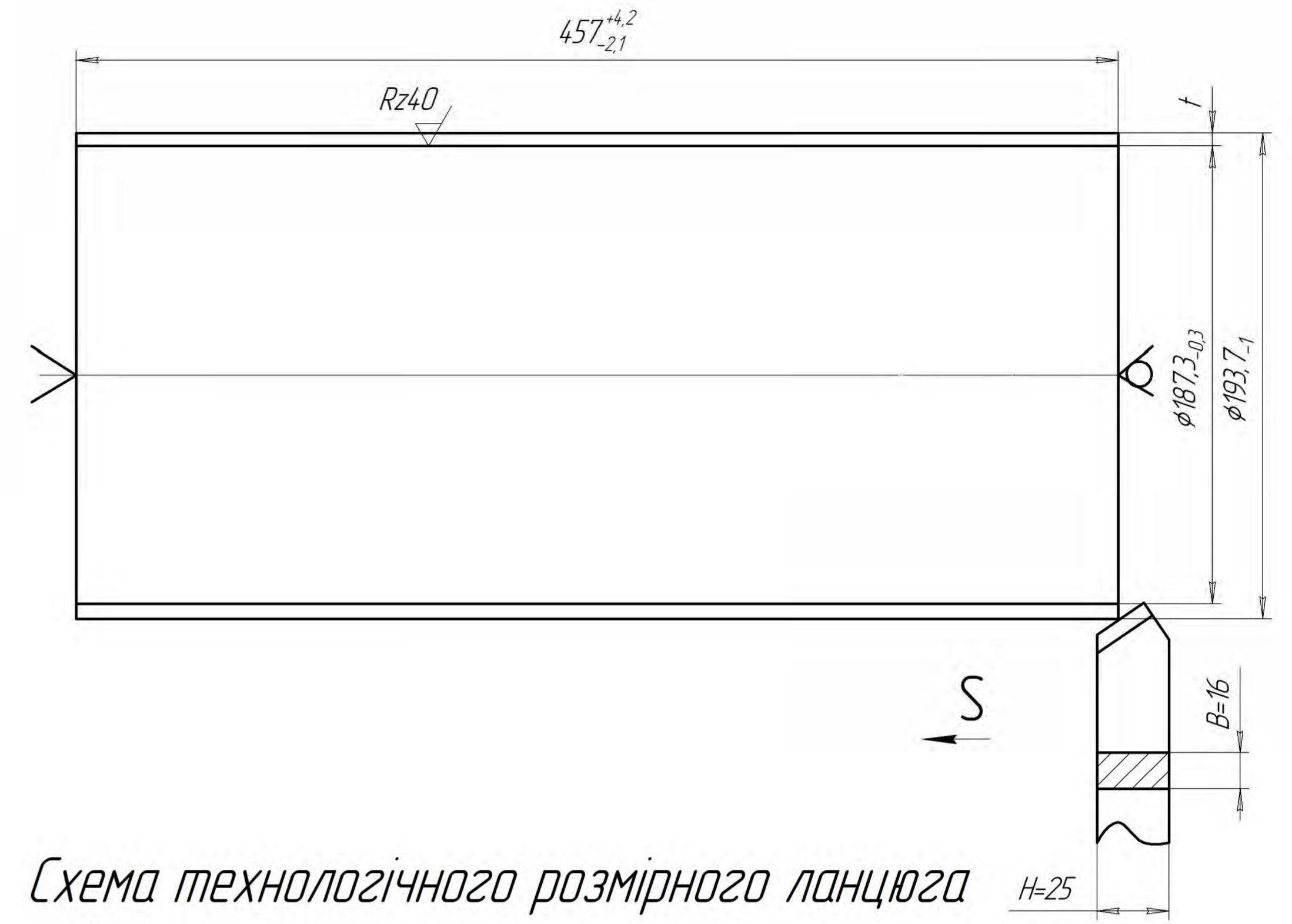
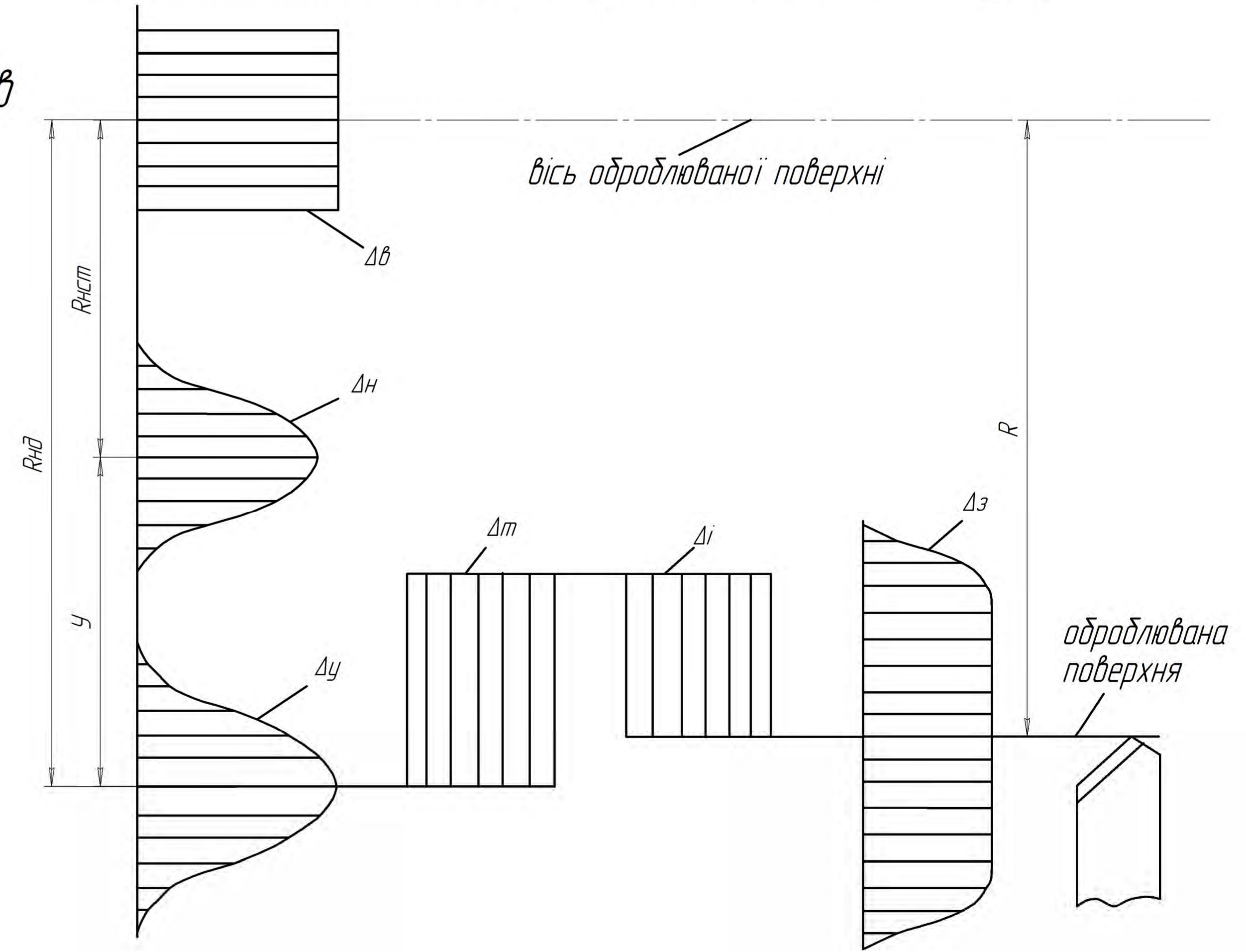
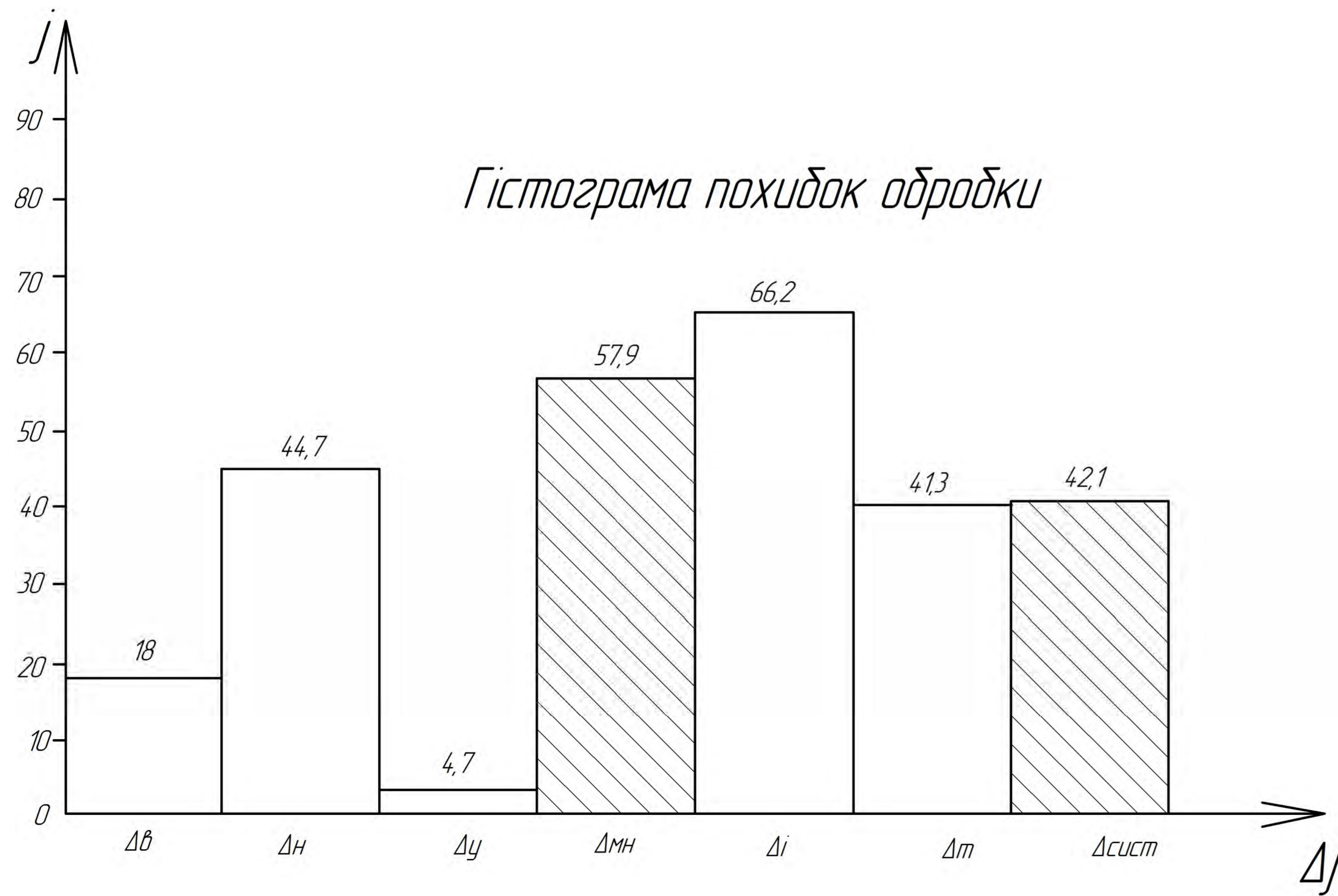


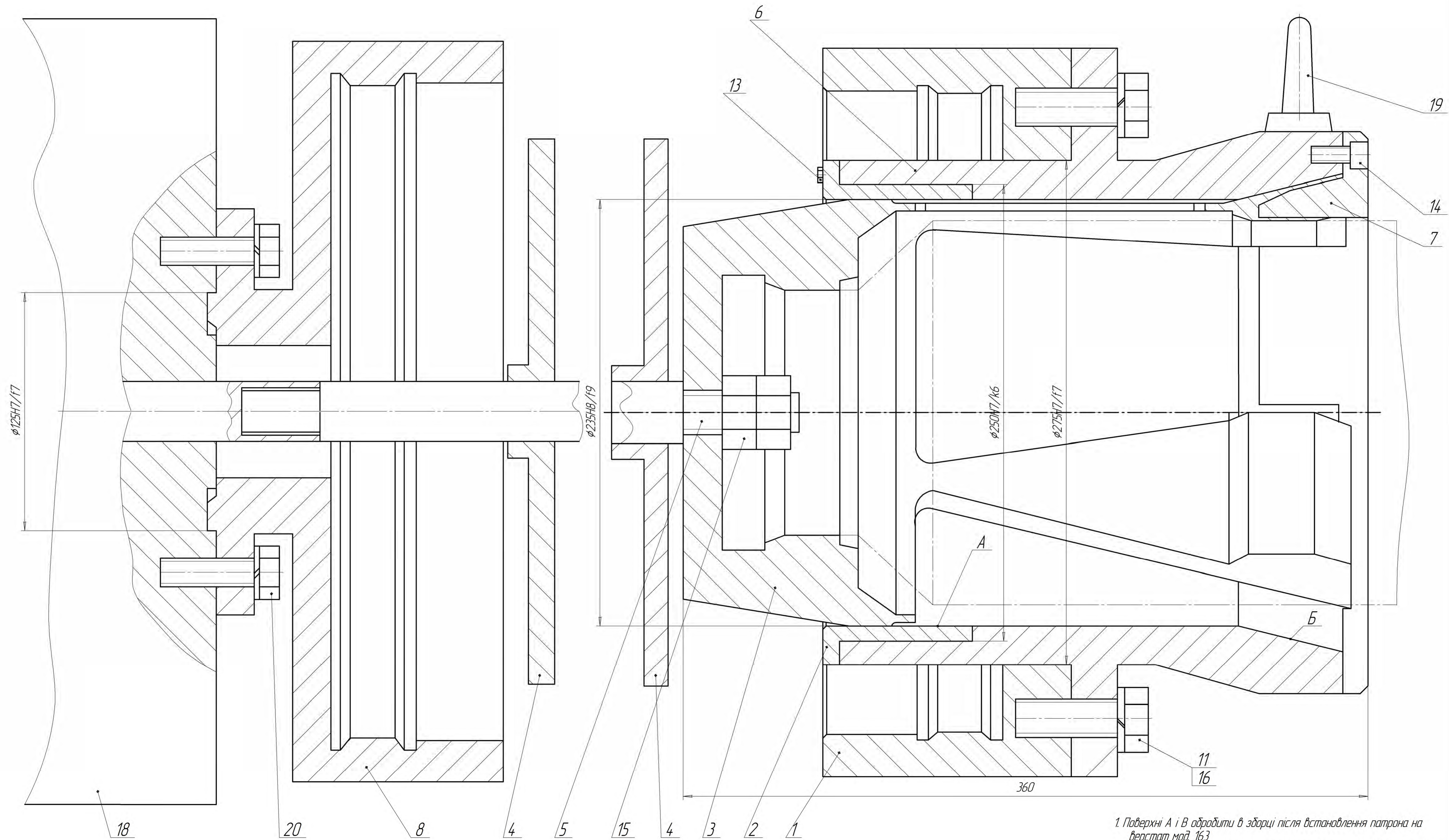
Схема технологічного розмірного ланцюга



Гістограма похибок обробки

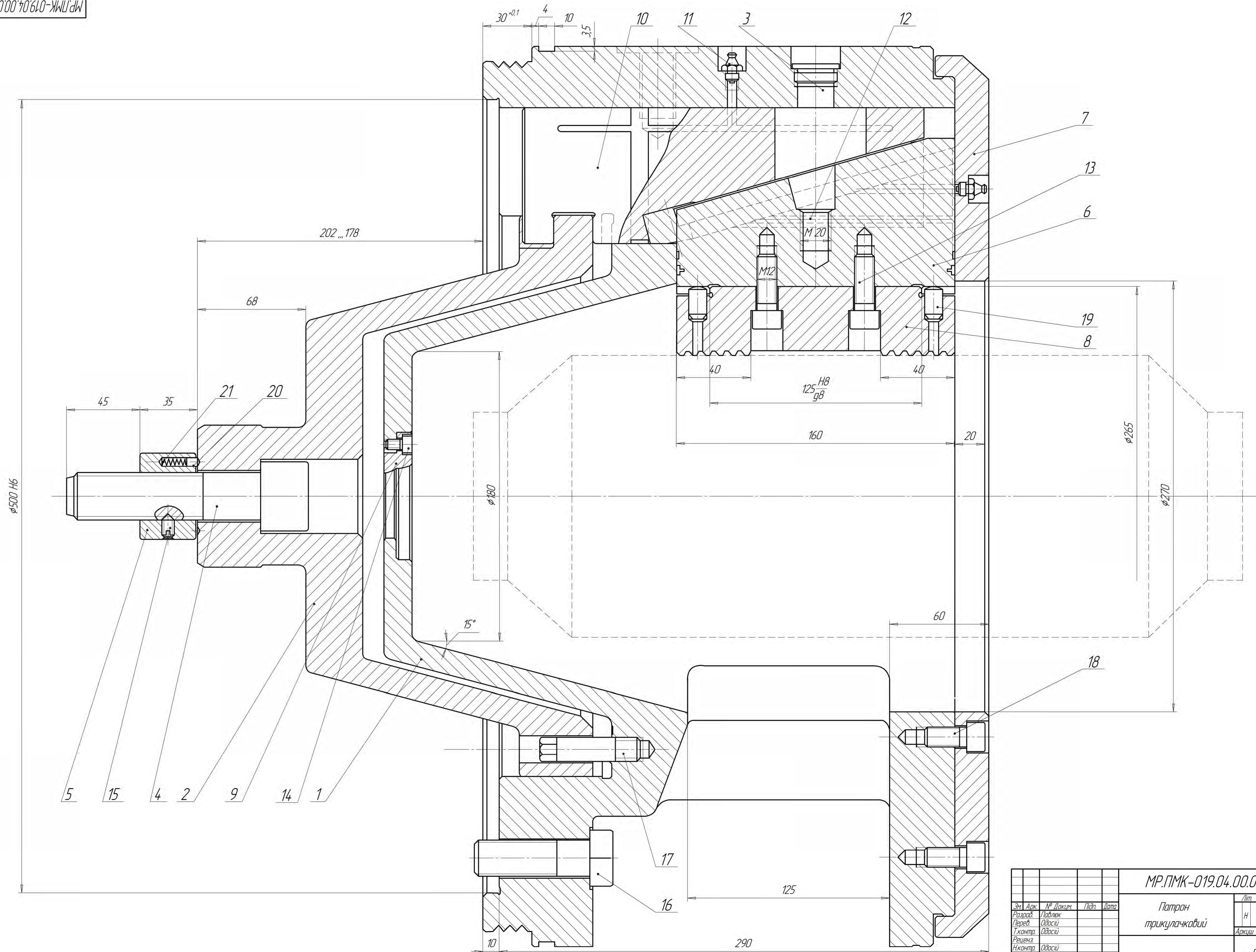


МР.ПМК-019.02.00.000 СХ				Лист	Масштаб
Аналіз точності обробки поверхні $\phi 187,3_{-0,3}$				Н	-
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Архив
Разр.	Підп.	Одос.			1
Перев.	Одос.				1
Т.контр.	Одос.				
Реценз.					
Н.контр.	Одос.				
Затв.	Планчик				

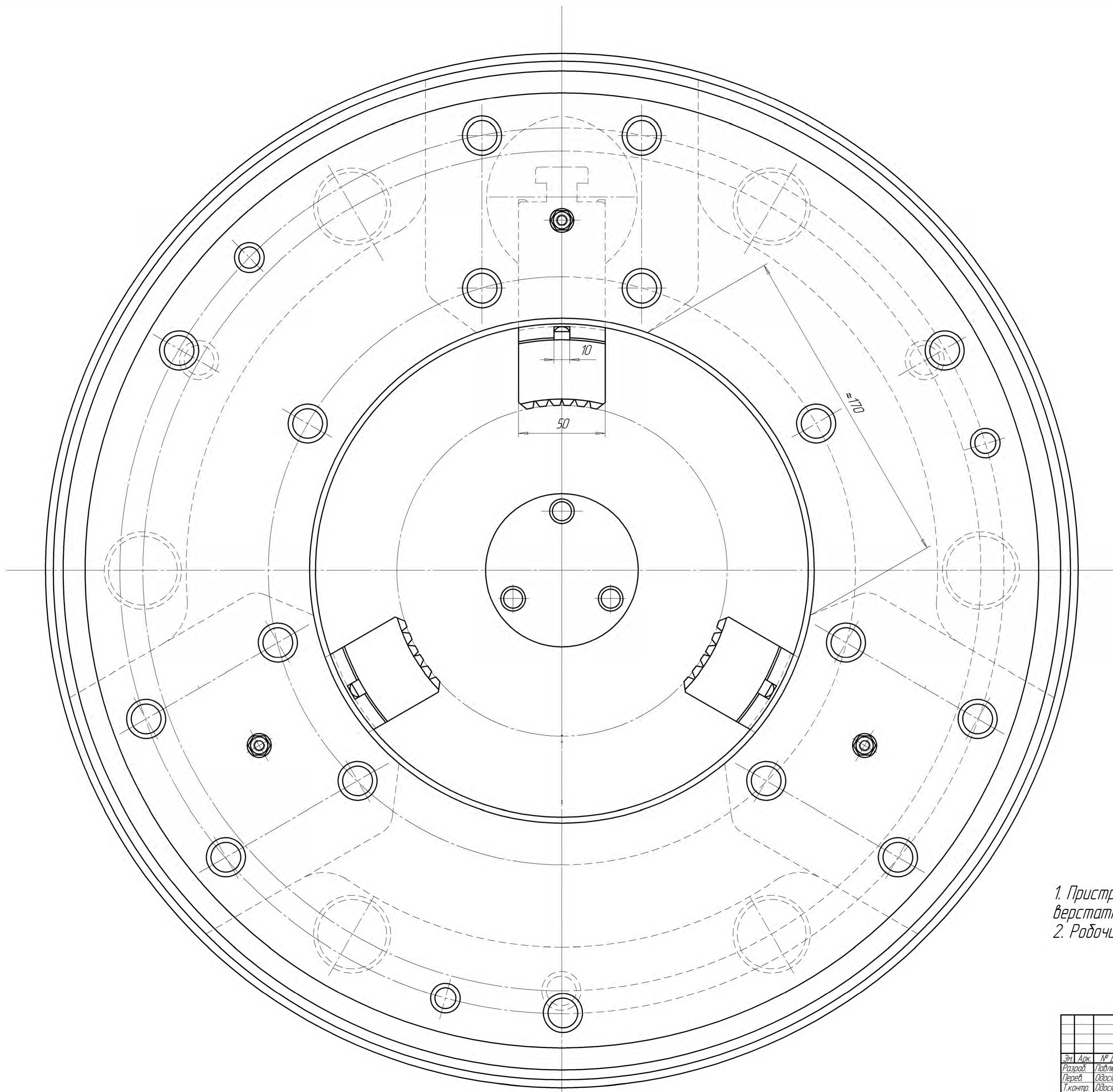


1. Поверхні А і В обробити в зборці після встановлення патрона на верстат мод 163
2. Після встановлення патрона на верстат деталь поз.19 демонтувати
3. Радочий тиск 0,6 МПа

				MP.ПМК-019.03.00.000.СК			
Зм.	Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Повлек				Н		1:1
Перев.	Обаслі						
Т.контр.	Обаслі						
Реценз.							
Н.контр.	Обаслі						
Затв.	Панчик						
					Патрон		
					цанговий		
					Архив 1		Архив 1
					ІФНТУНГ		
					зр. ПМКМ-24-1		

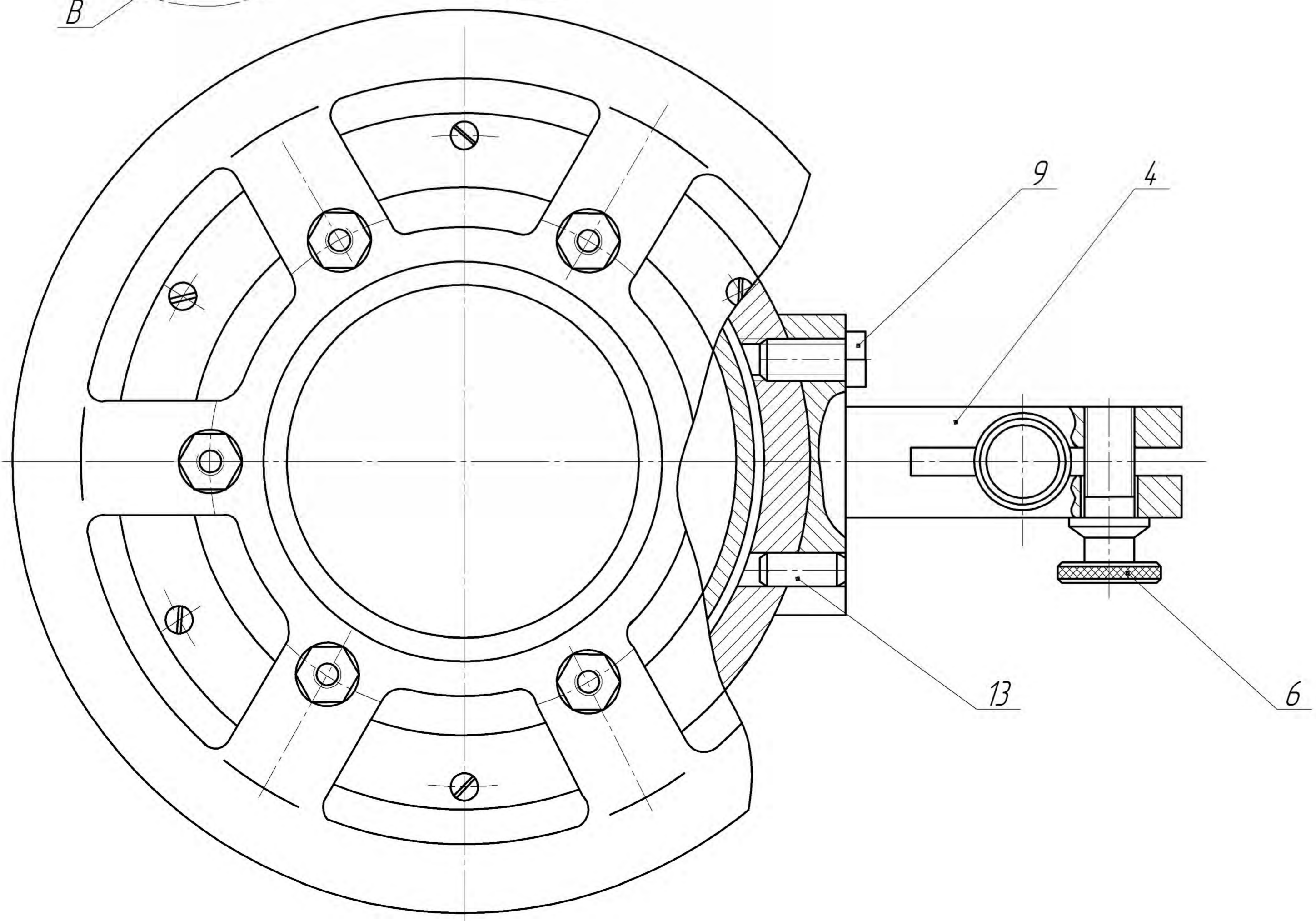
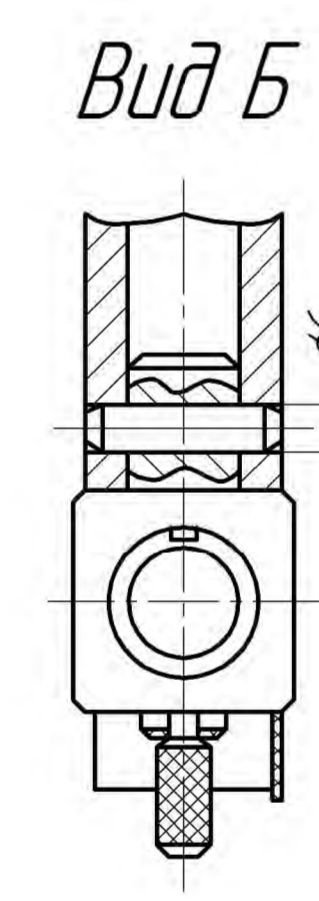
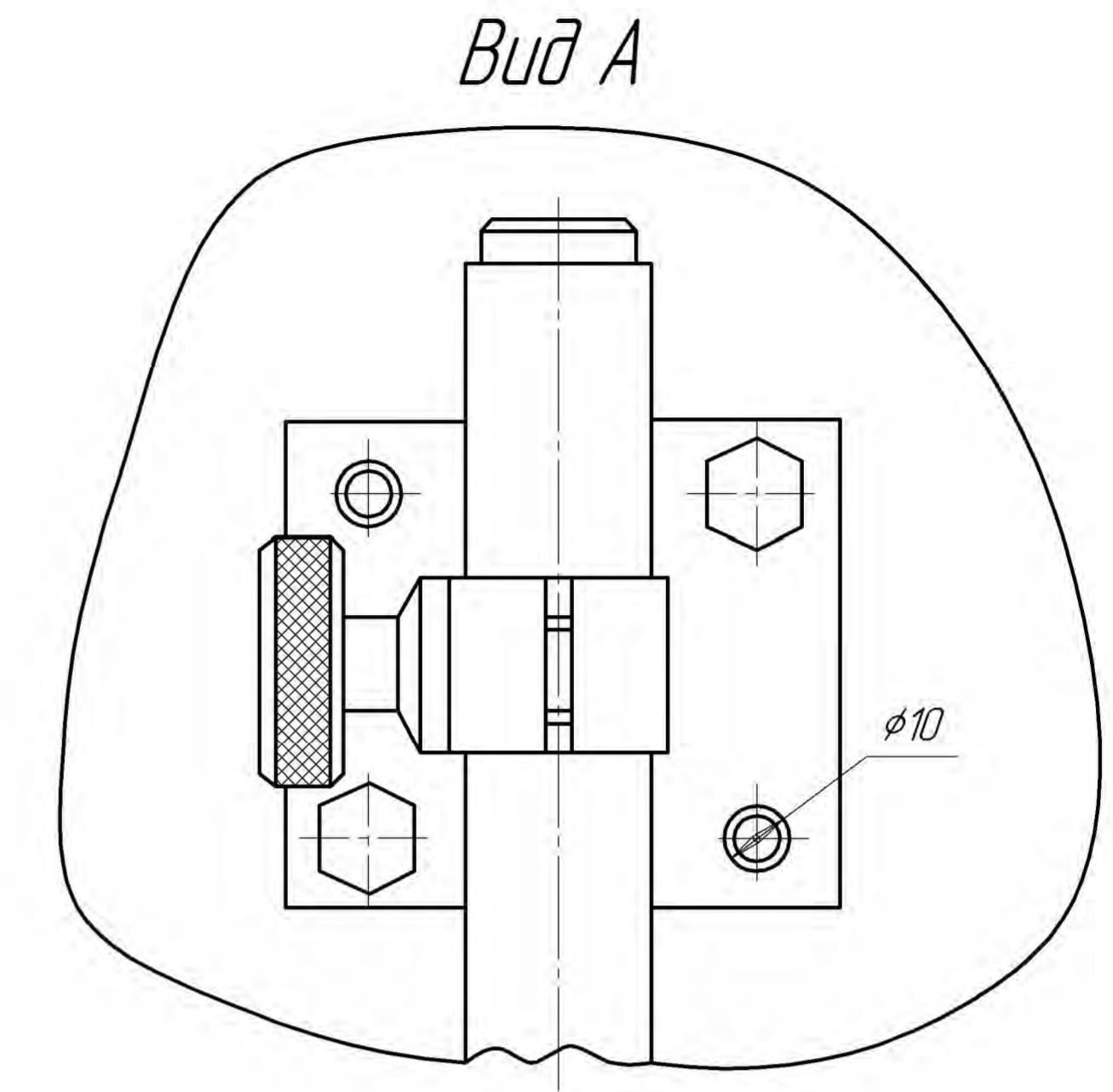
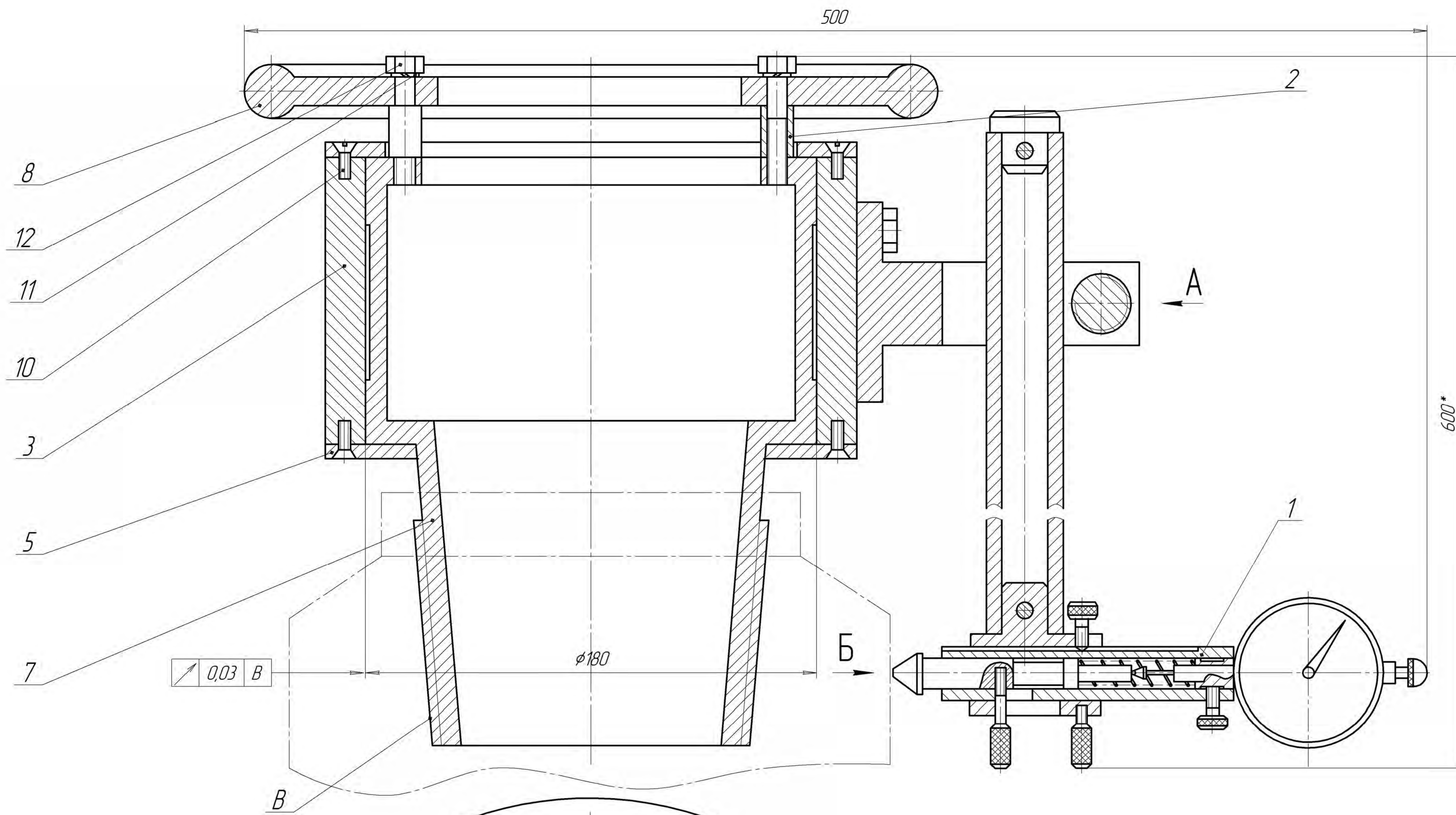


MP.ПМК-019.04.00.000.СК				Лит	Маса	Масштаб
Патрон трикулачковий				Н	-	1:1
Зм.	Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Аркш 1	Аркш 2
Разраб.	Повлек				ІФНТЧНІ	
Перев.	Обласні				ПМКМ-24-1	
Т.контр.	Обласні					
Реценз.						
Н.контр.	Обласні					
Затв.	Панчик					



1. Пристрій встановити на токарно - гвинторізному верстаті з ЧПК мод. 16К30Ф33
2. Робочий тиск 0,6 мПа.

				МР.ПМК-019.04.00.000.СК			
Зм.	Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разраб.	Повлек				Н	-	1:1
Перев.	Обласі				Аркши 2		Аркши 2
Т.контр.	Обласі						ІФНТЧНГ
Реценз.							ПМКМ-24-1
Н.контр.	Обласі						
Затв.	Панчик						



1. При зборці пристрою спряжувані поверхні деталей поз. 3, 5, 7 повинні бути змащені
 2. * Розмір для довідок

					МР.ПМК-019.05.00.000 СК			
Зм.	Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Пристрій для контролю радіального біття	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Головк.							1:1
Перев.	Обласн.					Аркшв. 1	Аркшв. 1	
Т.контр.	Обласн.					ІФНТУНГ		
Реценз.	Обласн.					зр. ПМКМ-24-1		
Н.контр.	Обласн.							
Затв.	Планчик							

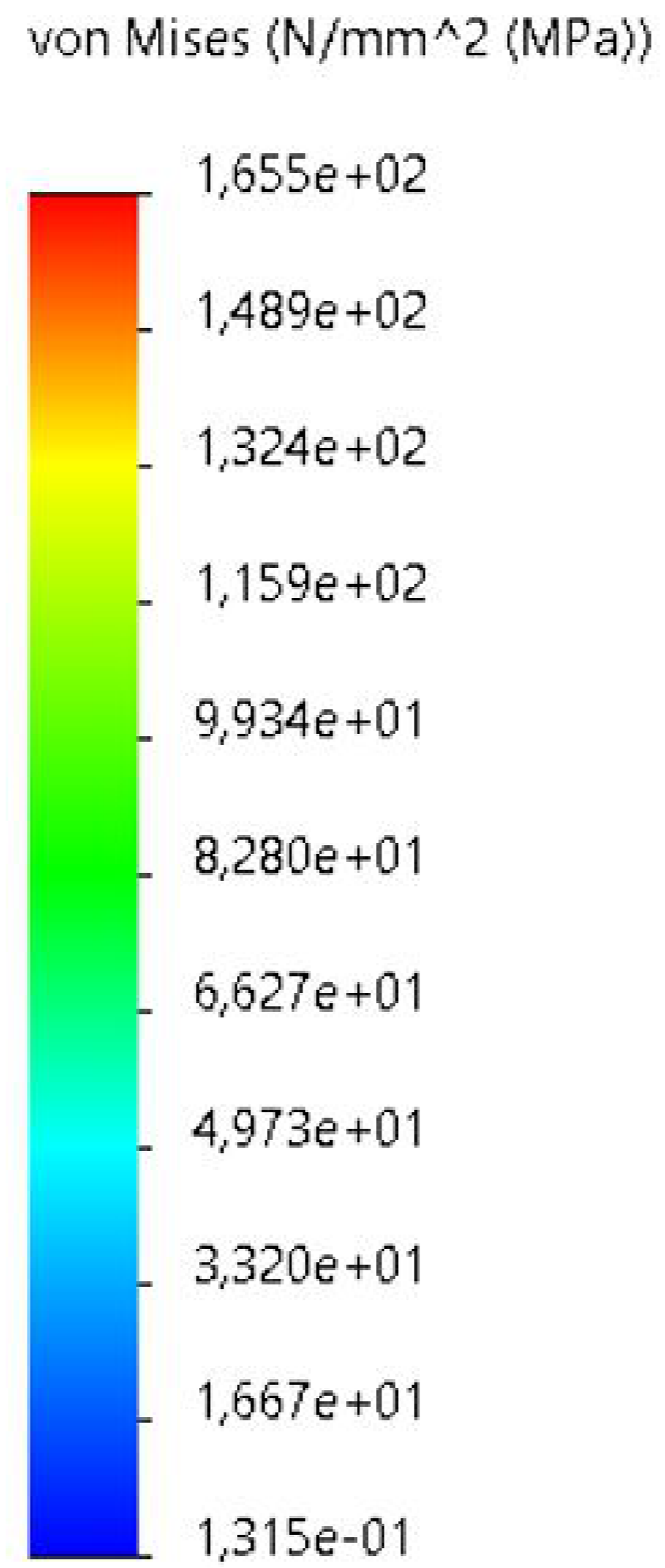
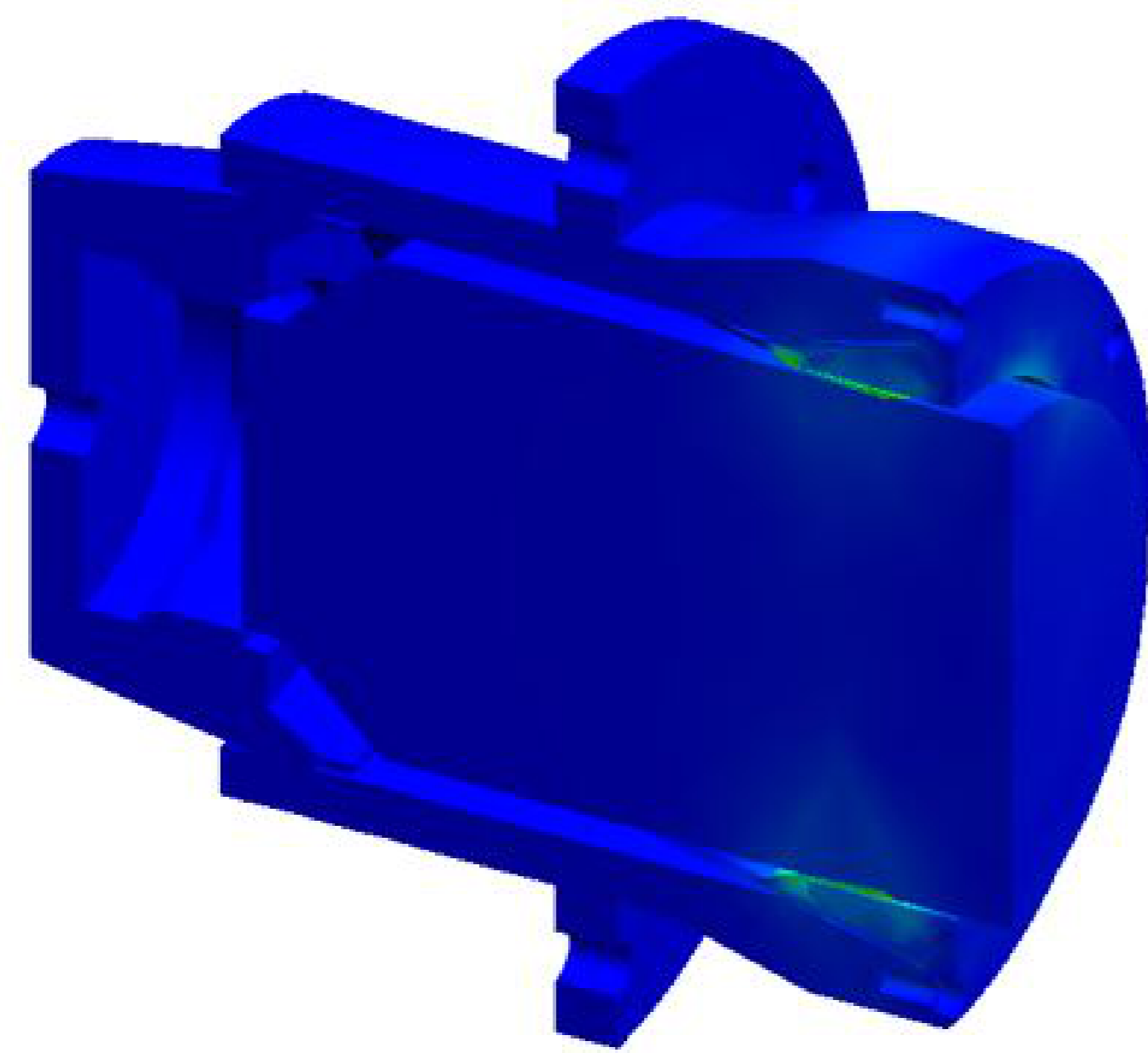


Рисунок 3 – Еквівалентні напруження

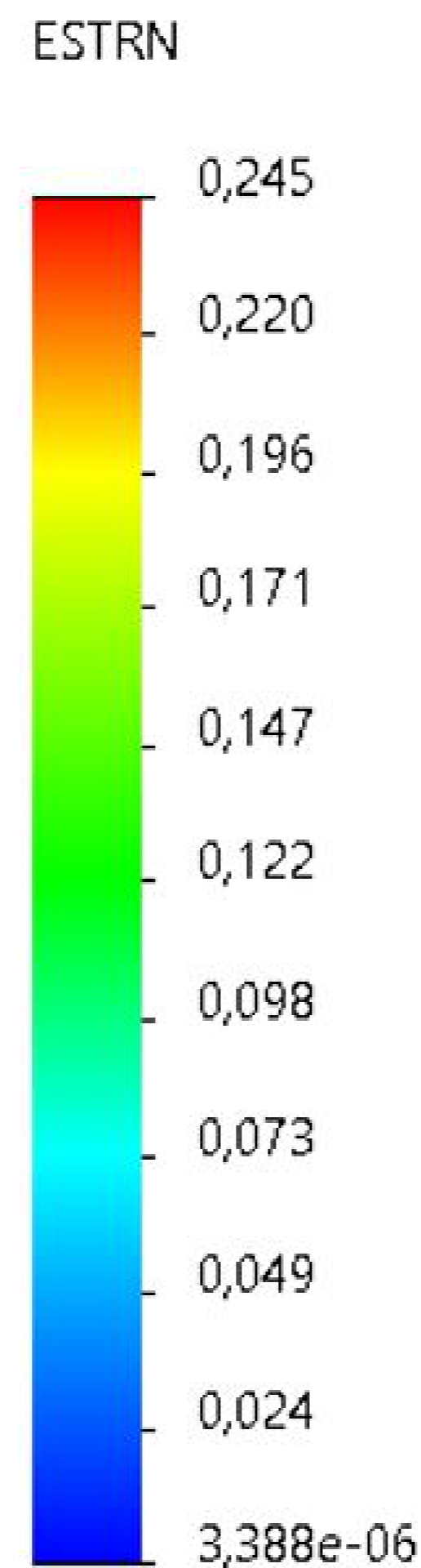
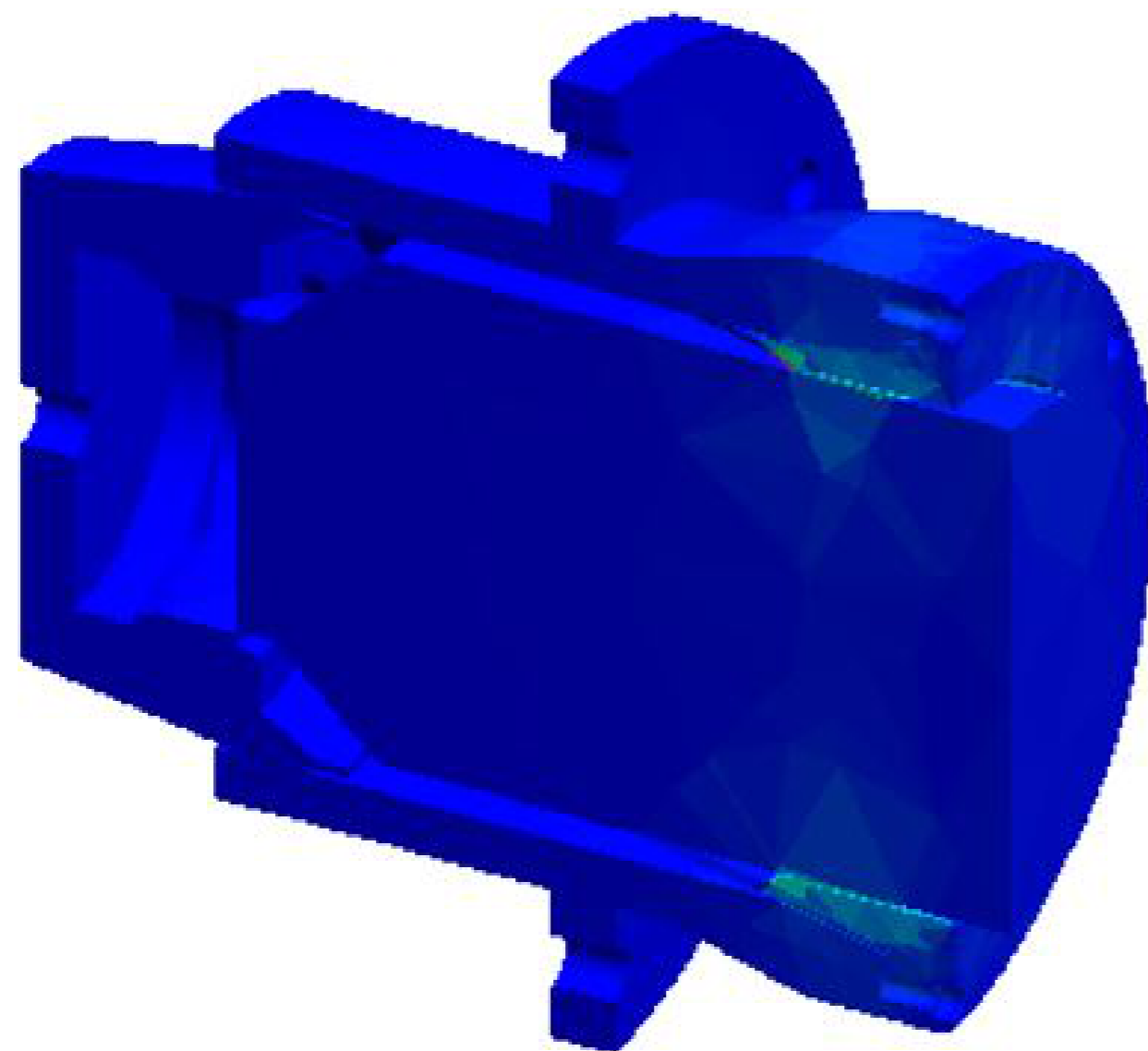


Рисунок 4 – Деформація

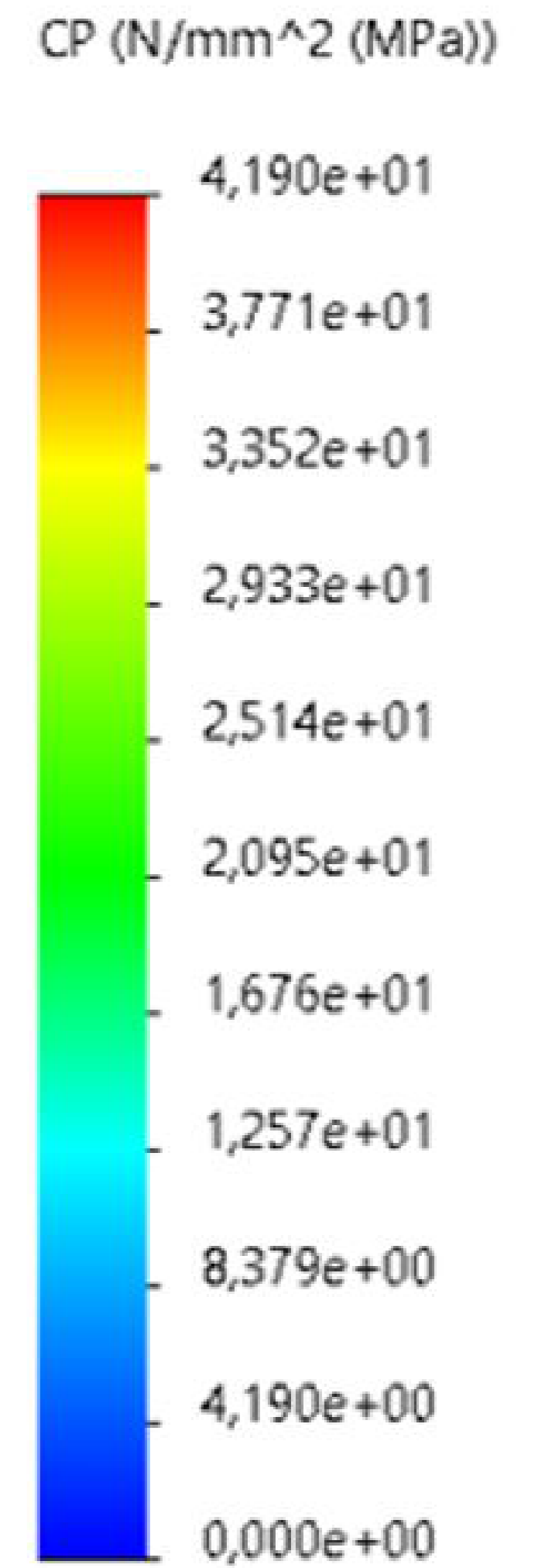
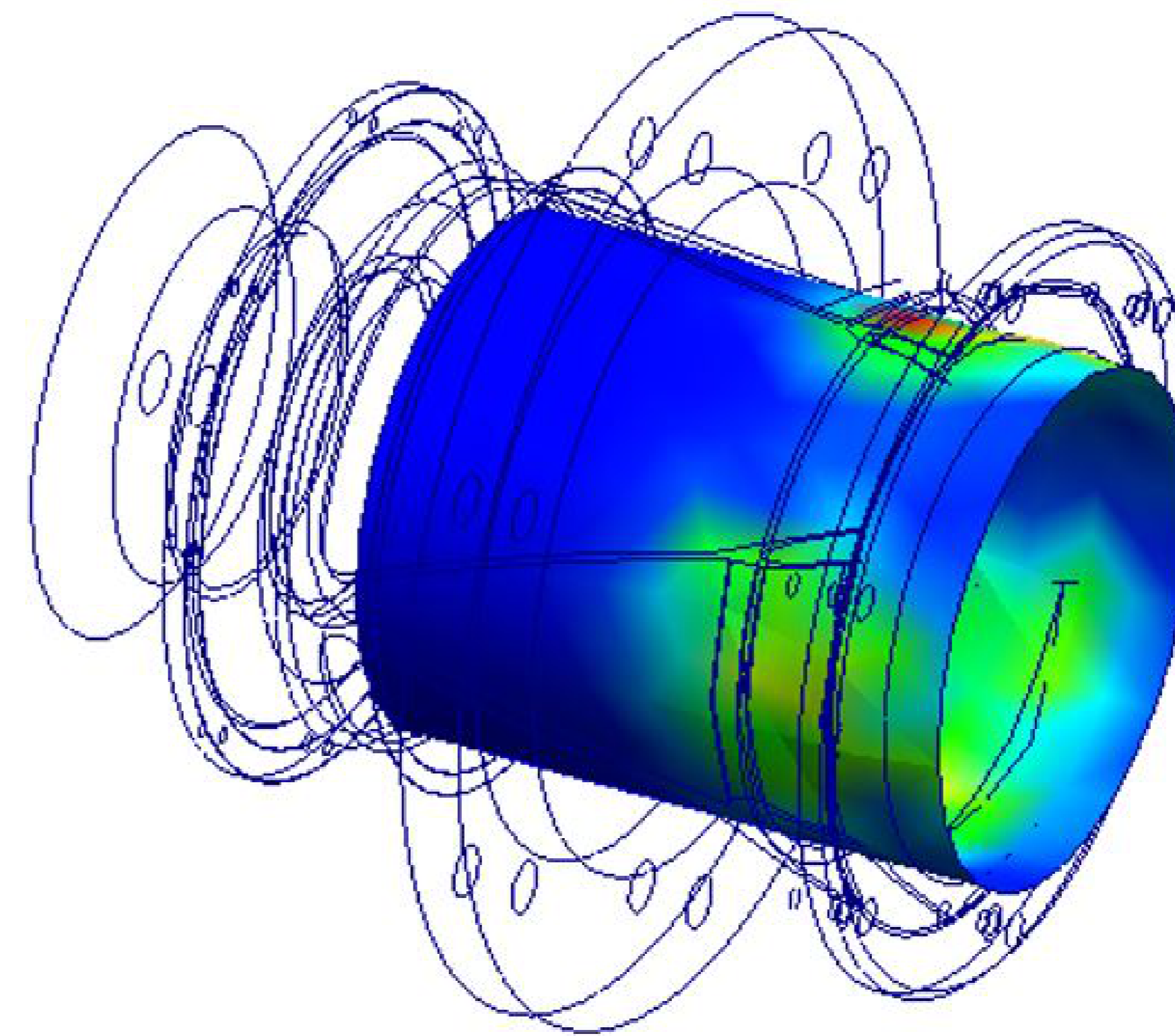


Рисунок 5 – Розподіл контактної тиску

					MP.ПМК-019.06.01.000 СХ			
Зм.	Арк.	№ Докм.	Підп.	Дата	Імітаційне дослідження	Лит	Маса	Масштаб
Разр.	Лаб.	Одасі				Н		1:1
Перев.	Одасі				Аркши	Аркши	1	
Т.контр.	Одасі				ІФНТЧНГ			
Н.контр.	Одасі				ПМКМ-24-1			
Затв.	Ланчик							

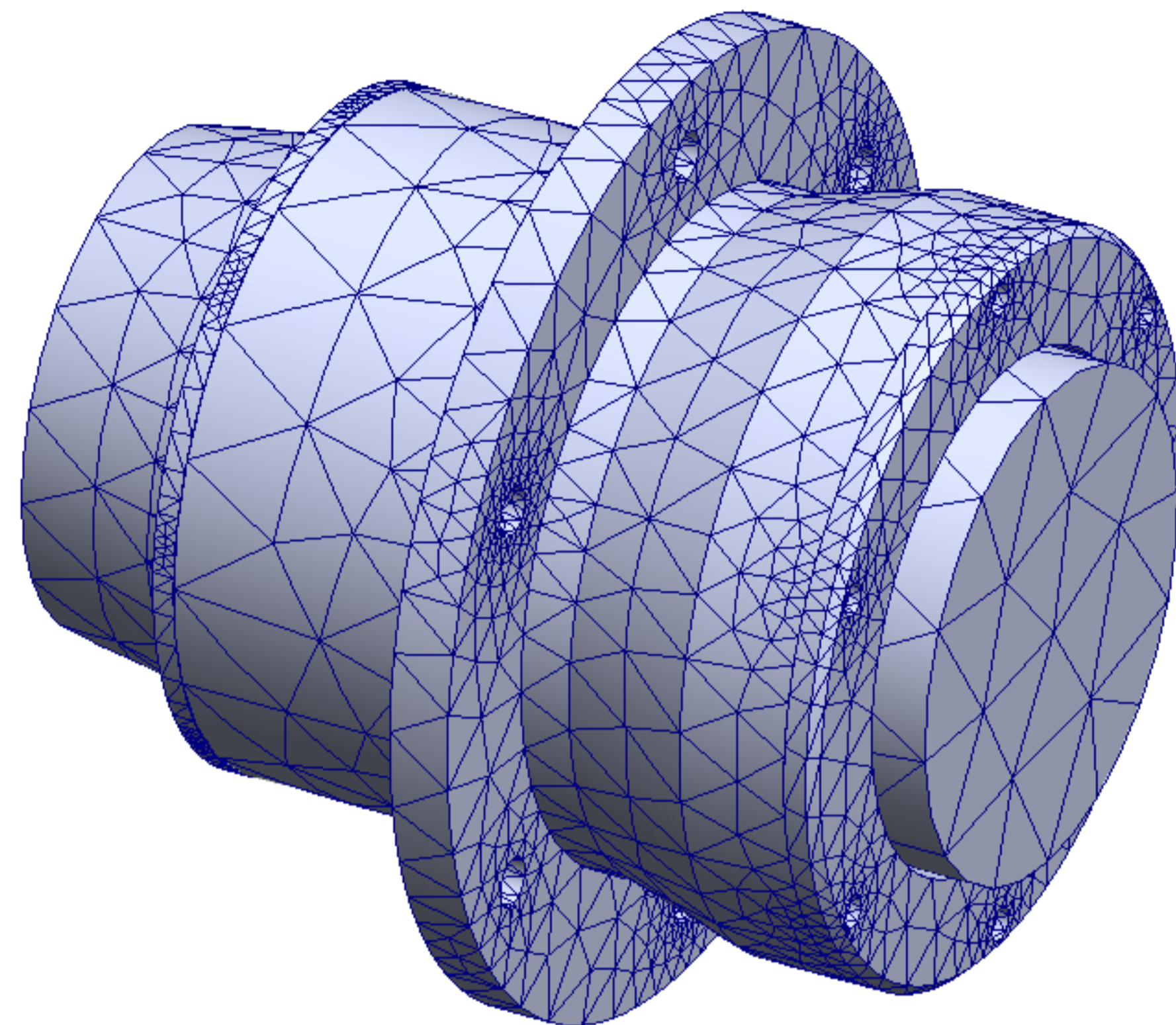
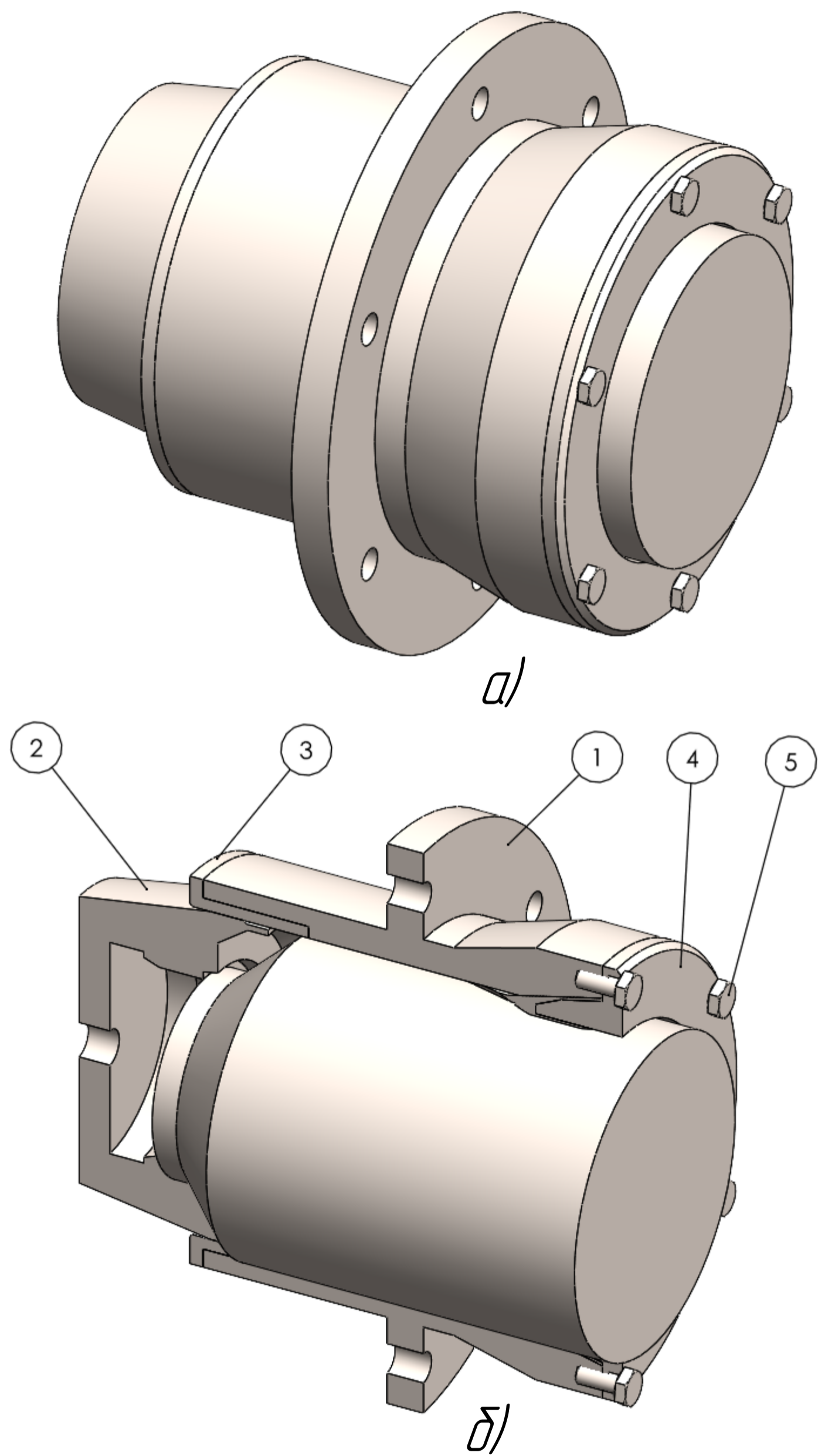


Рисунок 2 – Сітка скінченних елементів

а) – модель у зібраному виді; б) – модель у рознесеному виді
 1 – корпус; 2 – цанга; 3 – втулка; 4 – кришка; 5 – болт
 Рисунок 1 – Тривимірна модель

					MP.ПМК-019.06.02.000 СХ				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підп.	Дата	Тривимірні моделі притискача		Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.		Павлюк					Н		1:1
Перев.		Одасіу					Аркциш	Аркцишів	1
Т.контр.		Одасіу					ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Н.контр.		Одасіу							
Затв.		Панчук							