Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут Інженерної механіки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Гріштор Тарас Тарасович
(прізвище, ім’я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі
(назва роботи)

“Вал-шестерня КУ2126.43.402” для умов середньосерійного типу виробництва”

Комп’ютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Т.Т. Гріштор
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр Ірина Орестівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступень, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф. В.Г. Панчук
(посада) (підпис) (дата) (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-Франківськ - 2021 р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут ІІМ

Кафедра 144В

Освітній рівень II - 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

Грігору Тарасу Тарасовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу виготовлення деталі „Вал-шестерня КУ 2126.43.702" для умов середньосерійного типу виробництва.

керівник роботи Шуляр Ірина Орестівна, к.т.н, доц.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "29" 10 2021 року № 546/7

2. Строк подання студентом роботи 14.12.2021

3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі

2. Матеріали перспективної практики

3. ТИП виробництво - середньосерійний

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

1. Технологічна частина (

2. Конструкторська частина

3. Імітаційне дослідження роботи вертикально-свердлильного пристрою.

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

Карта маршрутування (А1)

Графічний аналіз точності (А1)

Свердлильний пристрій (А1), Контрольний пристрій (А1)

Імітаційне дослідження роботи пристрою на складах (2×А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I техн.	Шульгр І.О., доц.	8.11.2021	
II конс.	Шульгр І.О., доц.	8.11.2021	
III	Шульгр І.О., доц.	8.11.2021	

7. Дата видачі завдання 8.11.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частина	15.11.2021	
2.	Конструкторська частина	19.11.2021	
3.	Досліджувальна частина	06.12.2021	
4.	Оформлення записки	11.12.2021	

Студент _____ Філіпов Т.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Шульгр І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: “Розробка технологічного процесу виготовлення деталі “Вал-шестерня КУ2126.43.402” для умов середньосерійного типу виробництва”

Розрахунково-пояснювальна записка: 69 сторінок, 42 рисунки, 16 таблиць, 12 посилань, 3 додатки на 12 сторінках.

Графічна частина: 6 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь «вал-шестерня КУ2126.43.402».

Мета роботи – розробити, на основі базового, технологічний процес механічної обробки вал-шестерні КУ2126.43.402. Проектний техпроцес повинен зробити собівартість виготовлення деталі дешевшою у порівнянні із базовим, а також розробити працездатну конструкцію свердлильного пристрою з оптимізацією конструкції його притискних елементів, а також перевірити його працездатність.

Згідно поставленій задачі в роботі проведений детальний аналіз заводської технології (аналіз конструкції деталі, призначення та функції у вузлі, базовий спосіб отримання заготовки та маршрут механічної обробки). По результатах аналізу та рекомендацій опрацьованої літератури розроблено проектний альтернативний маршрут механічної обробки кришки, вибрано спосіб отримання заготовки, розраховано припуски, режими різання та проведено нормування операцій. Для закріплення деталі на механообробній вертикально-свердлильній операції 035 верстат мод. 2Н118 розроблено конструкцію спеціального пристрою із пневмоприводом, працездатність якого підтверджена розрахунками наведеними в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *деталь, заготовка, техпроцес, режими різання, швидкість різання, сила різання, операція, інструмент, обладнання, пристрій.*

Студент: Гріштор Т.Т.

SUMMARY

qualification master's thesis on the topic: "Development of the technological process of manufacturing parts" Gear shaft КУ2126.43.402 "for the conditions of medium-scale production"

Calculation and explanatory note: 69 pages, 42 figures, 16 tables, 12 links, 3 appendices on 12 pages.

Graphic part: 6 sheets of A1 format.

The object of research is the process of machining.

The subject of research is the detail "gear shaft КУ2126.43.402".

The purpose of the work is to develop, on the basis of the basic, technological process of mechanical processing of the gear shaft КУ2126.43.402. The design process should make the cost of manufacturing the part cheaper than the base, as well as to develop a workable design of the drilling device with optimization of the design of its clamping elements, as well as to check its efficiency.

According to the task, a detailed analysis of the factory technology (analysis of the design of the part, purpose and function in the node, the basic method of obtaining the workpiece and the route of machining). Based on the results of the analysis and recommendations of the studied literature, a design alternative route of mechanical processing of the cover was developed, the method of obtaining the workpiece was selected, allowances, cutting modes were calculated and rationing of operations was carried out. To fix the part on the machining vertical drilling operation 035 machine mod. 2H118 developed the design of a special device with pneumatic drive, the efficiency of which is confirmed by the calculations given in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note.

The results of the work can be used in the engineering industry.

Keywords: *detail, workpiece, technical process, cutting modes, cutting speed, cutting force, operation, tool, equipment, device.*

Student: Grishtor T.T.

Зміст

Вступ стор.

1. Технічна частина……..…….……___

1.1. Аналіз призначення і конструкції деталі…….……..___

1.2. Аналіз технологічності деталі…….……___

1.3Розрахунок річної програми випуску та партії запуску ……..…..___

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології…….…..___

1.4.1. Техніко-економічне обгрунтування виробу заготовки……..…..___

1.4.2. Опис та аналіз базового технологічного процесу……..…..___

1.4.3. Технологічне обгрунтування проектного технологічного процесу……...___

1.5 Розробка операційної технології……..……...___

1.5.1. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічного розміру……..……..___

1.5.1.1 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні ø36h6 розрахунково-аналітичним методом ……...___

1.5.1.2 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні ø35h11…….…….……..___

1.5.2 Розрахунок режимів різання……..…….…..……___

1.5.3 Аналіз точності обробки поверхні ø30,25 …...……..……..……...___

1.6 Нормування технологічного процесу …….……..___

1.7 Техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу ….___

2 Конструкторська частина…….……___

2.5 Пристрій свердлильний……..…___

2.1.1. Опис конструкції та роботи пристрою……..___

2.1.2. Розрахунок сил затиску та визначення параметрів механізму затиску.…___

2.1.3. Розрахунок слабкої ланки ……..…….___
2.1.4. Розрахунок точності пристрою…….…….___
2.1.5. Рівень уніфікації…….……..…….___
2.2 Пристрій контрольний ……..……___
2.2.1. Розрахунок контрольного пристрою на точність……..……...___
2.2.2. Рівень уніфікації…….……___
3. Імітаційне дослідження роботи відповідальних ланок свердлильного пристрою ……..…….……..….___
3.1 Імітаційне дослідження притискного пристрою .....…….___
3.2 Імітаційне дослідження поршня .....……..…….___
Висновок …..……___
Список використаних джерел ..……....___
Додатки …..…….……___

Вступ

Технологія машинобудування – наука про способи виготовлення машин. Ця наука виникла і розвивалася на базі інших технологічних дисциплін і в першу чергу на базі технології металів або механічної технології.

У машинобудуванні розрізняють три основні складові частини (спеціалізації), а саме: конструкцію, технологію і експлуатацію. Конструктори проектують машини, розробляють креслення деталі та заготовки вид машин і передають це креслення на машинобудівним заводам. Технологія за кресленням деталей і заданою програмою випуску, розробляють технологічні процеси, конструюють пристрої та спеціальне обладнання. Експлуатаційники слідкують за тим, щоб виготовленні на машинобудівних заводах машини безперебійно працювали та раціонально використовувались.

На даний час в технології машинобудування існують дві основні проблеми: проблема якості машинобудівної продукції та проблема продуктивності праці. Кожна з цих проблем включає ряд більш вузьких, конкретних проблем, наприклад: надійність і довговічність, геометрична та функціональна взаємозамінність, технологічність, створення нових матеріалів та способів обробки, автоматизація технологічних процесів і функцій управління в усіх видах виробництва, врешті проблема машинобудівного збільшення ефективності науково-дослідних робіт.

1 Технологічна частина

1.1 Аналіз призначення і конструкції деталі

Вал-шестірня КУ 2126-43-402 - являється однією з головних деталей приводу механізму регулювання повзуна преса простої дії відкритого зусилля 400 кН моделі КУ 2126.

Регулювання відбувається вручну з'ємною рукояткою, що розміщена на поверхнях 11 і 13, обертанням якої приводиться в рух черв'як черв'ячної передачі, колеса котрої розміщення на штоку преса і обертаючи його вкручують (або викручують) з шатуна, чим змінюється штангова віддаль.

На поверхні 7 монтується подвійний кульковий підшипник, а посередині його на поверхні 23 розміщена розпірна втулка. В канавці 10 міститься штопорне кільце. Канавка 14 служить для того, щоб при крутінні вала-ручка не зісковзнула з поверхні. Шестірня зчеплена з колесом, що знаходиться на черв'яку.

Конструкція деталі – ступінчастий вал-шестірня, посередині з диском ø57 мм. товщиною 20мм. і зубчастим вінцем (m=3, z=20).

Деталь симетрична відносно осі обертання.

Конструкторські характеристики поверхонь приведені в таблиці 1.1.

Найбільш точними є поверхні ø30k6, ø35h11, інші поверхні мають розміри 12 і 14 квалітетів (див. Додаток А).

Таблиця 1.1 – Конструкторські характеристики поверхонь

№ пов.	Конфігурація та службове призначення деталі	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми і розміщення поверхонь	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
1,2	Торець. Вільна. Габаритний розмір	200	$h14_{(-1,15)}$		12,5
3,4	Центровий отвір. Технологічна база («А»)	Ø4 Ø8,5	$H14^{(+0.3)}$ $H14^{(+0.36)}$		12.5
7	Зовнішня циліндрична поверхня. Конструкторська база. Розміщається на підшипниках	Ø30	$k6\binom{+0.015}{+0.002}$	⟋ 0,06 A	1.6
5	Зовнішня циліндрична поверхня. Допоміжна. Під ущільнення	Ø35	$h11_{(-0.16)}$	⟋ 0,06 A	0.8
8	Торець. Допоміжна.	70	±0,37		1,6
9,24	Фаска. Технологічна	1,6x45°	±0,215		12,6

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
11	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø25	$h12_{(-0.28)}$		3.2
10	Канавка. Допоміжна. Для розміщення штопорного кільця.	Ø28,8×2,5	H14		12.5
6	Торець. Вільна.	102	$\pm 0{,}435$		12,5
12	Торець. Вільна.	122	±0,5		12,5
13	Зовнішня циліндрична поверхня.	Ø18	$h12_{(-0.21)}$		3.2
15	Зовнішня циліндрична поверхня. Робоча.	Ø57	$h14_{(-0.74)}$	0.1 A	3.2
14	Канавка. Допоміжна. Фіксація рукоядки	Ø16	$h12_{(-0.18)}$		12,5
17, 18,19,20	Лиска. Робочі. Передача крутного моменту.	19	$h12_{(-0.21)}$		3,2
16	Зубчастий вінець. Робоча. Передача крутного моменту.	m=3 z=17			3.2
21, 22	Канавки. Технологічна	Ø24	$h14_{(-0.52)}$		12,5
23	Внутрішня циліндрична поверхня. Технологічна.	Ø6	$h14_{(-0.3)}$		12,5
25	Фаска. Технологічна.	2×45º	±0,215		3,2

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

C,%	Si,%	Mn,%	S	P	Ni,%	Cr,%
			Не більше,%			
0,40-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,045	0,045	0,30	0,30

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Межа міцності, МПа	Межа текучості, МПа	Відносне здовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість	Твердість, Не більше	
					Без термообробки	покращеної
$\sigma_в$	$\sigma_м$	$\sigma_з$	Ψ	KCU	HB	
598	353	16	, 40	490	229	-

1.2 Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі проводимо по параметрам: «можливість виготовлення заготовки», «точність», «шорсткості» та «оброблюваність різанням».

Технологічність конструкції деталі параметрах забезпечується вибором, відповідного методу виготовлення заготовки, й такого матеріалу, точності та шорсткості.

Аналіз технологічності за «можливістю виготовлення заготовки»

Для деталей виготовлених із сталі 45 з конфігурацією ступінчастого вала в умовах середньосерійного виробництва найбільш доцільним методом отримання заготовки є гаряче штампування на ГКМ. Згідно ГОСТ 7505-85 сталь 45 відноситься до 2-ї групи матеріалів (з масовою долею вуглецю від 0,35 до 0,65%) і відповідно добре піддається гарячому об'ємному штампуванню.

Отже, деталь вал-шестірня за параметром «шорсткості виготовлення заготовки» є достатньо технологічною.

Аналіз технологічності за параметром «точність»

Оцінимо точність даної деталі за середньою точністю її поверхонь.

Таблиця 1.4 - Визначення середньої точності поверхонь деталі

T_i	n_i	$T_i \times n_i$
6	1	6
11	1	11
12	7	84
14	13	182
Σ	22	283

$$T_{ep}=\frac{\Sigma\, Ti\, ni}{ni}=\frac{283}{22}=12.86$$

Таким чином середня точність поверхонь деталь є невисокою (квалітет 12), тобто більшість поверхонь можна обробити продуктивним методом на верстатах із звичайною точністю.

Найбільшу точність має поверхня ∅30k6. Вона легко обробляється на круглошліфувальному верстаті. Так як деталь є симетричною відносно своєї осі, то для забезпечення точності діаметральних розмірів саме її доцільно приймати в

якості технологічної бази. Для цього на 1-й операції необхідно обробити торці і засвердлити центрові отвори, щоб в подальшому базувати деталь в центрах.

В осьовому напрямку в якості технологічної бази доцільно прийняти один із крайніх торців деталі.

При обробці зубчастого вінця деталь базується в центрах.

Таким чином, при базуванні даної деталі не виникає труднощів і не вимагає використання спеціальних пристроїв і дозволяє дотримуватись принципу постійності баз. Останнє дозволяє легко забезпечувати вимоги щодо радіального биття.

В загальному можна зробити висновок, що з точки зору «можливості забезпечення точності» - деталь є технологічною.

Аналіз технологічності конструкції деталі з точки зору «шорсткості»

Оцінимо шорсткість поверхонь даної деталі за середнім класу шорсткості.

Таблиця 1.5 – Визначення середньої шорсткості поверхонь деталі

Ші	ni	Ші ni
7 (Ra 0.8)	1	7
6 (Ra 1.6)	2	12
5 (Ra 3.2)	8	40
3 (Ra 12.5)	11	33
Σ	22	92

$$Ш_{ср} = \frac{\Sigma Ш i\ ni}{ni} = \frac{92}{22} = 4.1 \approx 4 \text{ (Ra 3.2)}$$

Таким чином середня шорсткість поверхонь даної деталі є невисокою ($Ш_{ср}$ = Ra 3,2). Відповідно більшість поверхонь можна обробити продуктивними методами і з невеликими витратами.

Так як деталь є тілом обертанням з центральною віссю, то основним методом її обробки є точіння на верстатах токарної групи. Поверхні з шорсткістю Ra 12,5 обробляються чорновим точінням, з шорсткістю Ra 3.2 – чорновим і чистовим точінням, з шорсткістю Ra 1,6 – чорновим і чистовим точінням та однократним шліфуванням на круглоліфувальному верстаті, з швидкістю Ra 0.8 – чорновим і чистовим точінням та двократним шліфуванням. Зубчастий вінець обробляється на

зубофрезерному верстаті черв'ячною фрезою. Більшість методів обробки є продуктивними за винятком зовнішнього шліфування та обробки зубчастого вінця. Деталь має достатню жорсткість і забезпечує вільний доступ інструменту.

В загальному можна зробити висновок, що з точки зору «забезпечення шорсткості» дана деталь є технологічною.

Аналізуючи технологічність конструкції деталі за параметром «оброблюваність різанням» можна зробити наступний висновки:

1. Згідно кривої оброблюваності основних марок сталей [1, рис.47, ст.216] сталь 45 має коефіцієнт Kv рівний 1. Сталі з таким коефіцієнтом обробляють без особливих ускладнень, шорсткість (Ra 3,2) отримується легко [1, т.58, ст.215].
2. З точки зору «можливості оброблюваності різанням» конструкція деталі має задовільну технологічність.

1.3 Розрахунок річної програми випуску та партії запуску

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Таблиця 1.6 – Трудомісткість операцій

№ операції	Назва операції	Т шт.к, хв.
005	Фрезерно-відрізна	1,589
010	Токарно-гвинторізна	3,04
015	Токарно-гвинторізна	2,15
020	Токарно-гвинторізна	3,86
025	Токарно-гвинторізна	7,36
030	Токарно-гвинторізна	1,99
035	Токарно-гвинторізна	1,99
040	Вертикально-фрезерна	3,03
045	Довбальна	17,25
050	Токарно-гвинторізна	3,03
055	Вертикально-свердлильна	0,80
058	Термічна	
060	Круглошліфувальна	3,06
065	Контрольна	

Середній штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.к.сер} = \frac{\Sigma T_{шт.к.}}{n}, \quad (1.1)$$

де n – число операцій, n=11

$\Sigma T_{шт.к.}$ – сумарно штучно-калькуляційний час.

Звідси: $T_{шт.к.сер.} = \frac{48,079}{11} = 4,37$ хв.

Такт випуску деталі: $Тв = K_З \cdot T_{шт.к.сер.}$; (1.2)

де $K_З$ – Коефіцієнт закріплення операцій у відповідності з ГОСТ 14.004-83 для середньо-серійного виробництва $K_З = 10…20$.

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{Fд \cdot 60}{tв}, \quad (1.3)$$

де $F_д$ – дійсний річний фонд робочого часу устаткування, год.

$Fд = 4015$ год. [33,ст.20]

$$N = \frac{4015 \cdot 60}{(10…20)4,37} = 5512,6…2756,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо N = 5000 шт.

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n_д = \frac{N \cdot a}{F}, \text{ шт.} \quad (1,4)$$

де а – періодичність запуску виробів.

Приймаємо а = 24.

F – кількість робочих днів в році, F = 254.

Тоді

$$n_д = \frac{5000 \cdot 24}{254} = 472,4 \text{ шт.}$$

Розрахункове число зміни на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T \text{ шт.к.сер.} \cdot Пд}{480 \cdot 0,8}, \quad (1,5)$$

де 480 – дійсний фонд часу робочого обладнання за зміну,хв.

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання в середньому виробництві.

$$C = \frac{4,37 \cdot 472,4}{480 \cdot 0,8} = 3,5.$$

Приймаємо $C_{пр} = 3$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_{nд} = \frac{Спр \cdot 480 \cdot 0,8}{T \text{ шт.к.сер.}} = \frac{3 \cdot 480 \cdot 0,8}{4,37} = 431,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_{пр} = 400$ шт.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

В базовому технологічному процесі використовується заготовка відрізна з круглого прокату. Для вибору заготовки порівнюємо її з гарячою штамповкою видавлюванням на ГКМ.

Порівняння варіантів проводимо враховуючи об’єми заготовок, зменшення кількості операцій при обробці торців та центрування, верстати, що використовуються при обробці двох видів заготовок:

– *перший варіант* – прокат.

– *другий варіант* – гаряче штампування.

Загальні дані:

1. Матеріал заготовки – сталь 45 ГОСТ 1050-88.
2. Маса деталі G = 1,36 кг.
3. Заготовка: а) *круг* $\frac{60-\text{В ГОСТ } 2590-71}{45-\text{б}-2 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

   б) *поковка*

4. Ескіз заготовки:

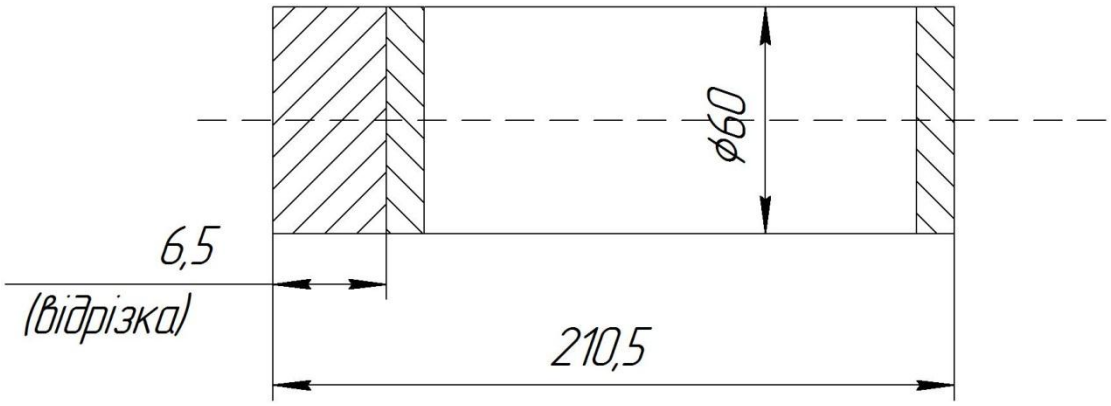


Рисунок 1.1 - Ескіз штучної заготовки з круглого прокату

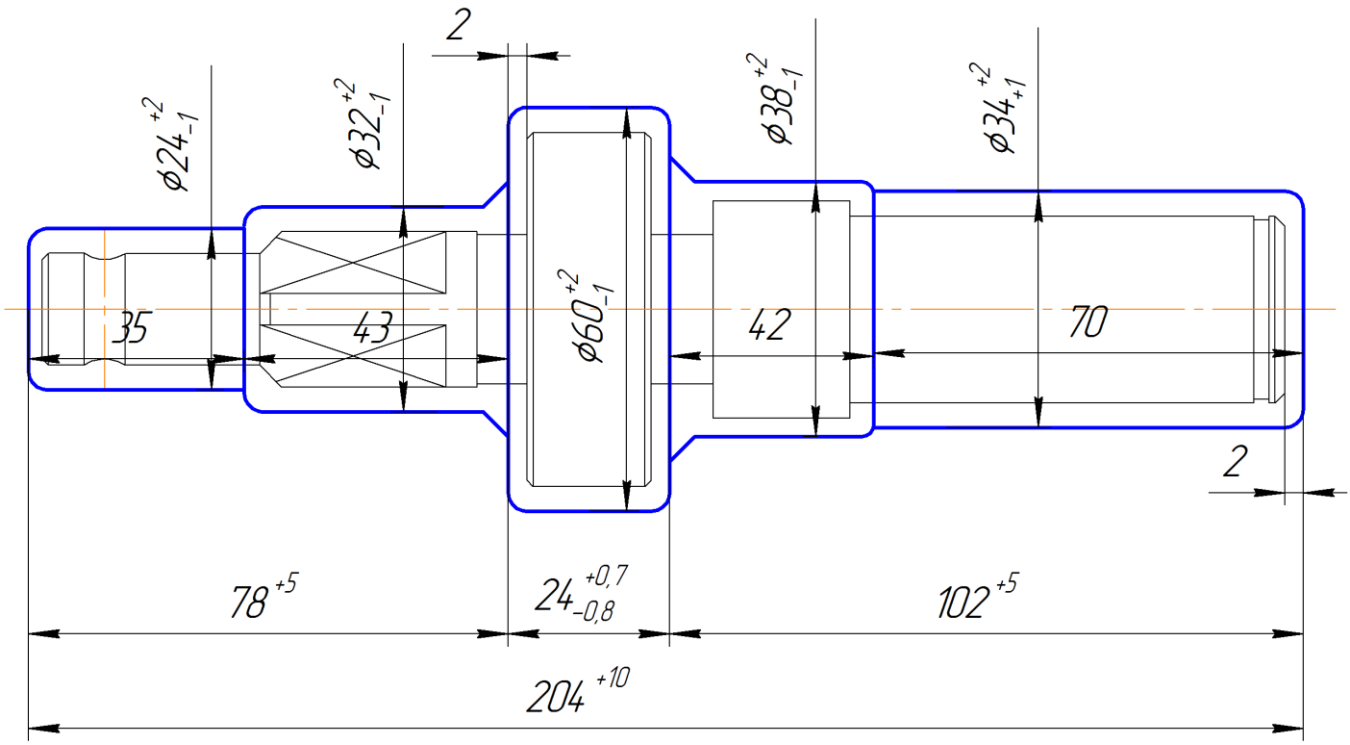


Рисунок 1.2 – Ескіз поковки згідно ГОСТ 7505-75

5. Маса заготовки:

а) маса круглого прокату:

$$M^{б}_{заг.} = V_з \cdot \rho = \frac{3{,}14 \cdot 60^2 \cdot 205 \cdot 7{,}85}{4 \cdot 10^6} = 4{,}55 \text{ кг};$$

б) маса поковки :

$$M^{пр.}_{заг.} = \frac{7{,}85 \cdot 3{,}14}{4 \cdot 10^6} \left[24^2 \cdot 35 + 32^2 \cdot 43 + 60^2 \cdot 24 + 38^2 \cdot 42 + 34^2 \cdot 70\right] = 1{,}8 \text{ кг}.$$

6. Вартість однієї тони заготовок (дані підприємства):

а) $C_{пр.} = 12900$ грн.

б) $C_{ш.} = 18800$ грн.

7. Вартість однієї тони стружки:

$S_{стр.} = 2010$ грн.

8. Вартість заготовки:

а) вартість круглого прокату:

$$S_{заг.} = \frac{Qз \cdot S}{1000} - (Qз - q)\frac{Sвідх.}{1000},$$

де $Q_з$ – маса заготовки, кг.

q – маса деталі, кг.

S – вартість 1т. заготовок, грн.

$S_{відх.}$ – вартість 1т. стружки, грн.

$$S_{заг} = \frac{4{,}55 \cdot 12900}{1000} - (4{,}55 - 1{,}36)\frac{2010}{1000} = 52{,}28\,грн$$

б) вартість поковки:

$$\text{Sзаг.} = \left(\frac{Сi}{1000}\ Qз \cdot kт \cdot kс \cdot kв \cdot kм \cdot kп\right) - (Q - q)\frac{Sвідх.}{1000},$$

де Сі – вартість 1 m заготовок, прийнятих за базу, грн.

kт – коефіцієнт, що залежить від класу точності виготовлення, Rт = 1,0.

kс – коефіцієнт, що залежить від групи складності. Rс = 0,9.

kв - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, Rв = 1,0.

kм – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, Rм = 1,98.

kп - коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, Rп = 0,8. [6,ст.46]

$$S_{заг.пок} = (\frac{18800}{1000}1{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}98 \cdot 0{,}8) - (1{,}8 - 1{,}6)\frac{2010}{1000} = 47{,}84\ грн.$$

Отже, як бачимо із розрахунків, вартість поковки є дешевша вартості заготовки із прокату, отже приймаємо заготовку отриману куванням.

1.4.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 1.7 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі.

Номер, назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки
1	2	3	4
005 Відрізна Відрізати в розмір 214 мм.	Верстат 8Б66	Призматичні лещата	Рис.1.3
010 Токарно-гвинторізна. Підрізати торець 1, 2	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон	Рис. 1.4
015 Токарно-гвинторізна. Центрування поверхонь 3 і 4.	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон	Рис. 1.5
020 Токарно-гвинторізна. 1.Чорнове точіння пов.5 2.Чорнове точіння пов.7 3.Знаття фаски пов.9 4.Точіння канавки пов.10	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон, центр	Рис. 1.6
025 Токарно-гвинторізна. 1.Чорнове точіння пов.11 2.Чорнове точіння пов.13 3.Чорнове точіння пов.15 4.Зняти фаску пов. 24 і 26 5.Точити канавку пов.14	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон, центр	Рис. 1.7

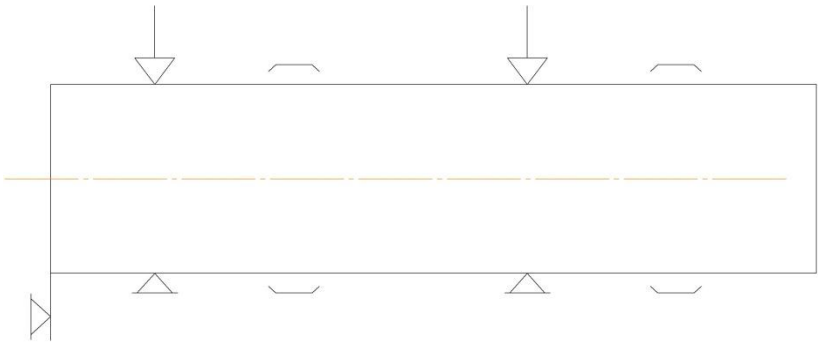


Рисунок 1.3 – Ескіз обробки деталі на 005 операції.

Рисунок 1.4 – Ескіз обробки деталі на 010 операції.

Рисунок 1. – Ескіз обробки деталі на 015 операції.

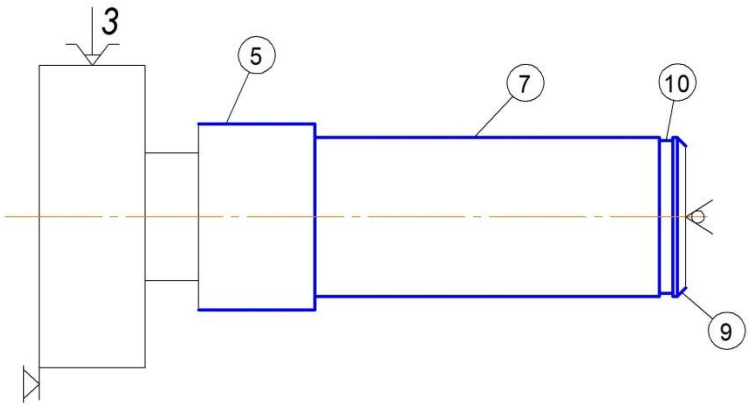


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки деталі на 020 операції.

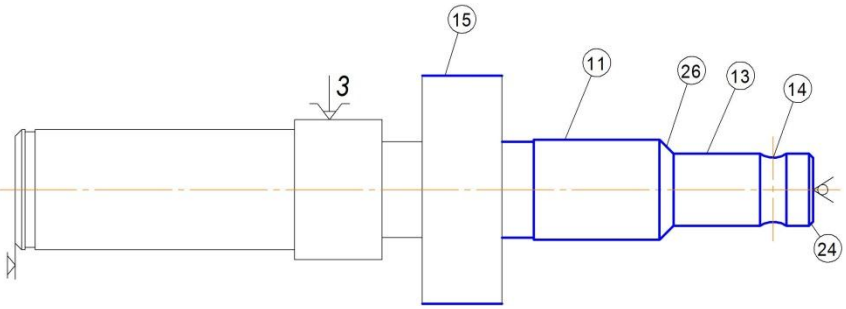


Рисунок 1.7– Ескіз обробки деталі на 025 операції.

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4
030 Токарно-гвинторізна. Точити канавки 21,22	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон, центр	Рис. 1.8
035 Токарно-гвинторізна. Точити фаску 25	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон, центр	Рис. 1.9
040 Вертикально-фрезерна. Фрезерувати пов.17,18,19,20.	Вертикально фрезерний мод.6Н12П	3-х кулачковий патрон, ділильна головка, центр	Рис. 1.10
045 Довбальна. Довбати зуби.	Довбальний мод.7М430	3-х кулачковий патрон	Рис. 1.11
050 Токарно-гвинторізна. Чистове точіння пов.5 і 7 та полірування пов. 5	Токарно-гвинторізний мод.1К62	3-х кулачковий патрон, центр	Рис. 1.12
055 Вертикально-свердлильна. Свердлити отвір пов.23	Вертикально-свердлильний мод.2Н118	Пневмозатиск	Рис. 1.13
058 Термічна			
060 Круглошліфувальна. Шліфувати пов.7	Кругло-шліфувальний мод.3Б161	Центри	Рис. 1.14
065 Контрольна	-	-	-

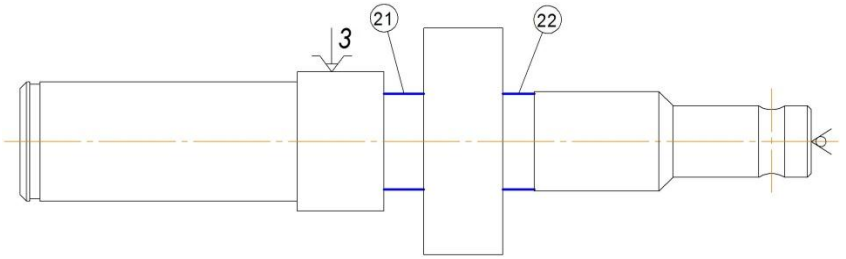


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки деталі на 030 операції.

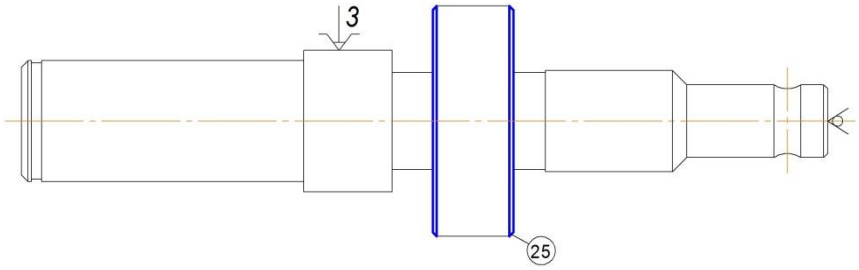


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі на 035 операції.

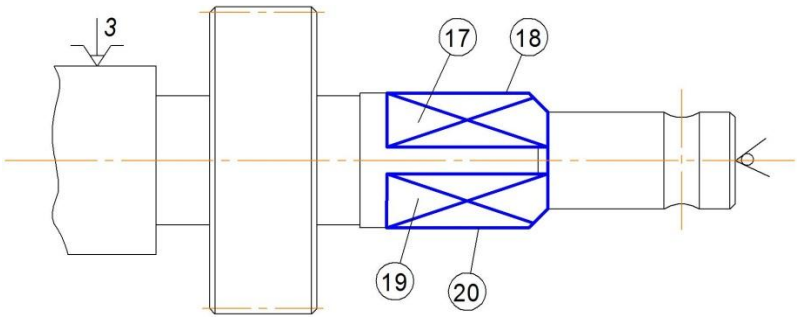


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі на 040 операції.

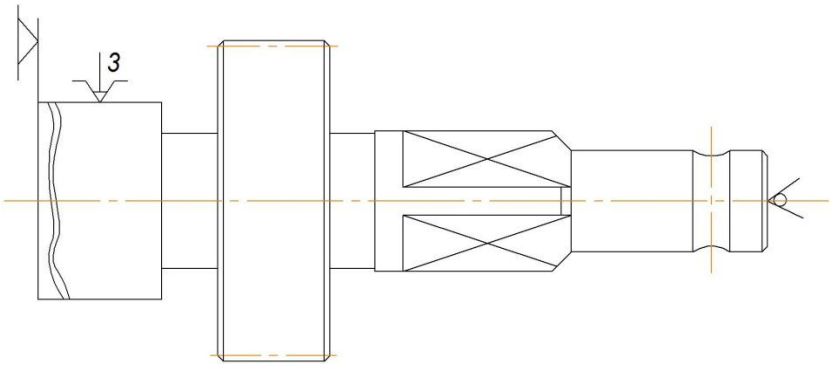


Рисунок 1.11 – Ескіз обробки деталі на 045 операції.

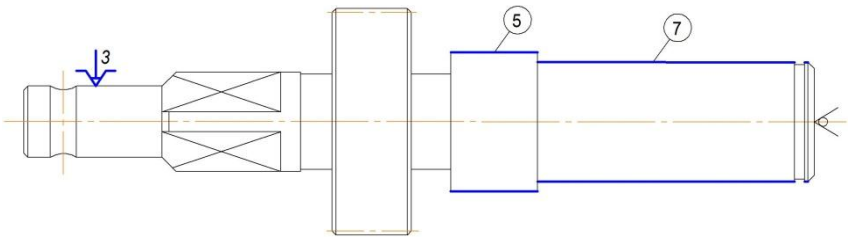


Рисунок 1.12 – Ескіз обробки деталі на 050 операції.

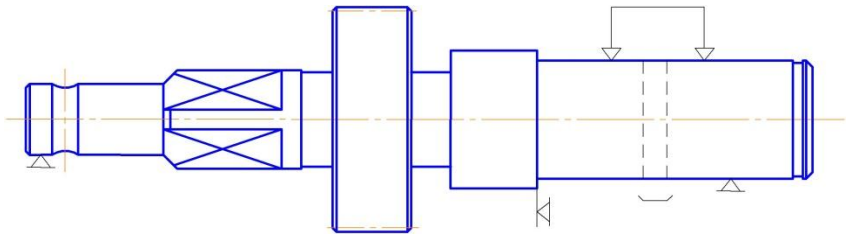


Рисунок 1.13 – Ескіз обробки деталі на 055 операції.

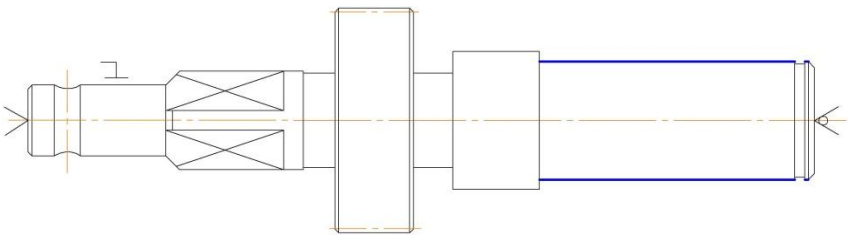


Рисунок 1.14 – Ескіз обробки деталі на 060 операції.

Аналіз базового технологічного процесу

Операція 005 – фрезерувально-відрізна. Верстат МР - 77.

Операція 010 – токарно-гвинторізна. Верстат 1К62.

Операція 015 - токарно-гвинторізна. Верстат 1К62.

На 010 і 015 операціях базування правильне, але для заданого типу виробництва підрізання торців та центрування більш доцільно проводити на фрезерувально-центрувальному верстаті МР-77.

Операції 020,025,030,035 – токарно-гвинторізні. Верстат 1К62.

Базування неповне. Відсутнє базування по довжині обробки (опорна база). Доцільно виконувати обробку з базуванням в центрах (3,4), а вимірну по одному з торців 1(2). Застосовані верстати вимагають налагодження на кожен перехід в процесі операції, що не є задовільним при заданому типі виробництва. При обробці деталей даного типу та конфігурації доцільно застосувати токарні багаторізцеві напівавтомати моделі 1А720.

Операція 040 вертикально-фрезерна. Верстат 6М12П. З метою підвищення продуктивності праці доцільно провести заміну на горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р825, що дозволить одночасно обробити дві поверхні 17,18;19,20.

Операція 045 – довбальна. Верстат 7М430. Для обробки зубчастої поверхні 15 – 16 верстат та базування на цій операції незадовільні. Базування необхідно проводити в центрах та по одному з торців. Необхідно застосувати зубообробний верстат, наприклад зубофрезерний 53А20В.

Операція 050 – токарно-гвинторізна. Верстат 1К62. Забезпечити точність розміру важко і бажано використовувати більш точний верстат меншого типорозміру; наприклад 16ТОЗП. Полірування доцільно замінити на шліфування і виконати його на круглошліфувальному верстаті.

Операція 055 – вертикально-свердлильна. Верстат 2Н118. Верстат і базування задовільне.

Операція 060 – круглошліфувальна. Верстат 35161. Базування неповне. Доцільне базування доповнити торцем 1, та застосувати верстат, що одночасно шліфує торець, наприклад 3Т153Е.

Таблиця 1.8 – Проектний технологічний процесу

Номер, назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки
1	2	3	4
005 Фрезерувально-центрувальна. 1. Фрезерування торців 1 і 2 2. Центрування пов.3 і 4	Фрезерно-центрувальний мод.МР-77	Призматичні оправки	Рис. 1.15
010 Токарно-автоматна. Чорнове точіння і підрізання торців по програмі пов.10,7,8,5,22,6,15, 12,21.	Токарний багато різцевий напівавтомат мод.1А720	Пневмопатрон, центри	Рис. 1.16
015 Токарно-автоматна. Чорнове точіння і підрізання торців 12,16,6, 5,8,7,10,9.	Токарний багато різцевий напівавтомат мод.1А720	Пневмопатрон, центри	Рис. 1.17
020 Горизонтально-фрезерна. Фрезування пов.17,18,19,20	Горизонтально-фрезерний мод.6182Г	Пристрій спеціальний з пнемозатиском	Рис. 1.18
025 Вертикально-зубофрезерна. Фрезерувати зуби пов. 15,16	Вертикально-зубофрезерний мод.5К310	Пристрій спеціальний, оправка	Рис. 1.19
030 Токарно-гвинторізна. Чистове точіння пов.5 і 7	Токарно-гвинторізний мод.16Т03П	Центри, повідковий патрон	Рис. 1.20
035 Вертикально-свердлильна. Свердління отвору 23	Вертикально-свердлиль ний мод.2Н118	Пневмокондуктор	Рис. 1.21
037 Термічна			
040 Круглошліфувальна. Шліфування пов.5 і 7 і торця 8	Круглошліфувальн ий мод.37153Е	Центри, хомутик	Аналогічно до операції 030
045 Контрольна	-	-	-

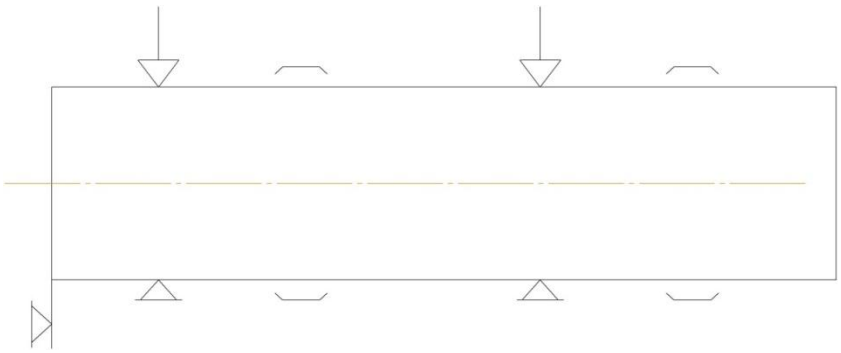


Рисунок 1.15 – Ескіз обробки деталі на 005 операції.

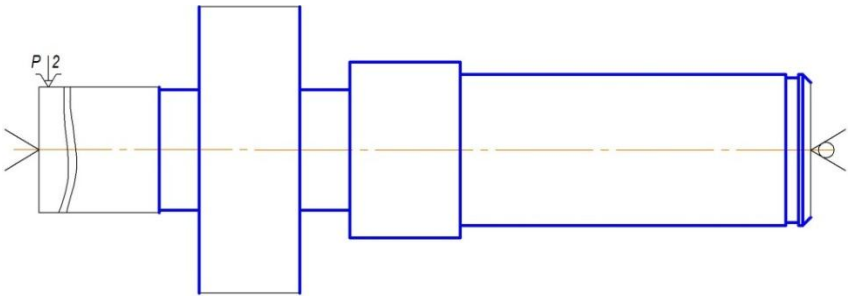


Рисунок 1.16 – Ескіз обробки деталі на 010 операції.

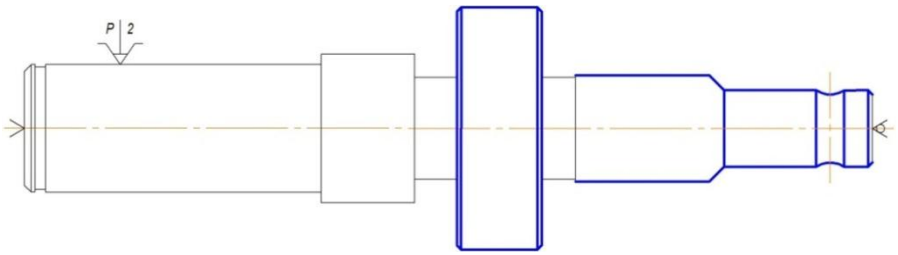


Рисунок 1.17 – Ескіз обробки деталі на 015 операції.

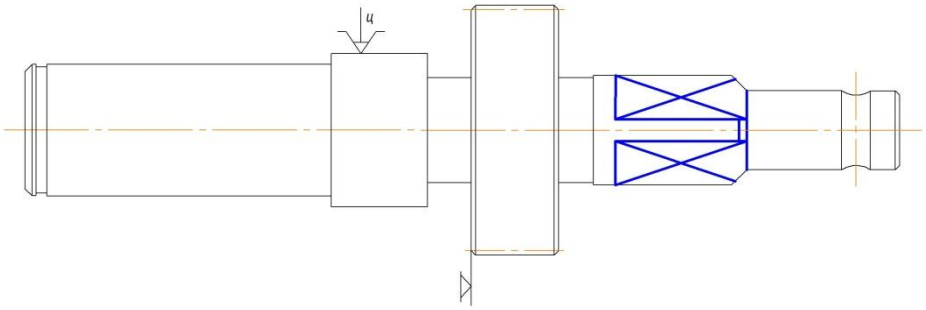


Рисунок 1.18 – Ескіз обробки деталі на 020 операції.

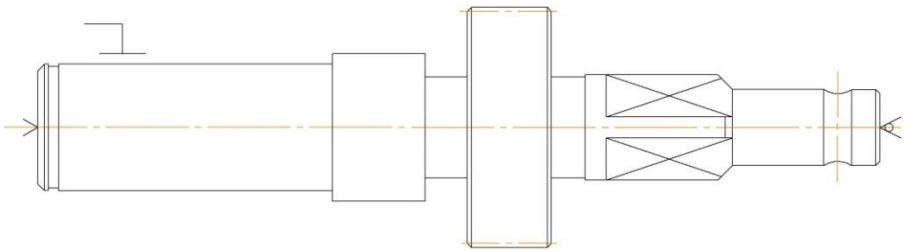


Рисунок 1.19 – Ескіз обробки деталі на 025 операції.

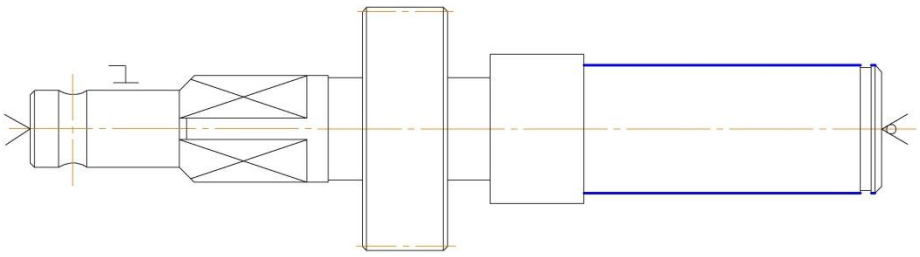


Рисунок 1.20 – Ескіз обробки деталі на 030 операції.

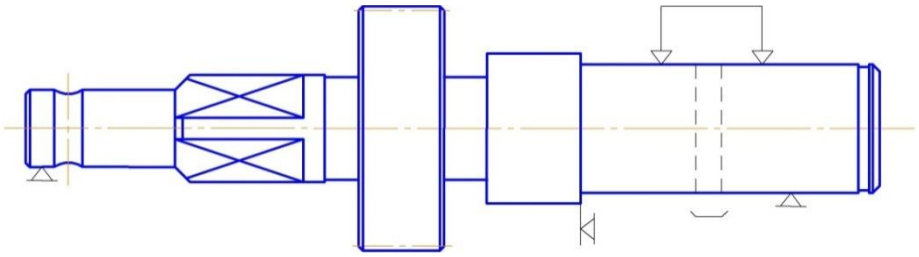


Рисунок 1.21 – Ескіз обробки деталі на 035 операції.

1.4.3 Технологічне обґрунтування проектного технологічного процесу

Проектний маршрут механічної обробки приведений в таблиці 1.8.

При розробці технологічного процесу на всіх операціях застосовуємо верстати і пристрої відповідних типорозмірів і точності.

Для підрізання торців та свердління центрових отворів замість токарно-гвинторізного верстата 1К62 застосовуємо фрезерно-центрувальний верстат МР-77, що зменшує кількість операцій з трьох до однієї і тим самим підвищує продуктивність механічної обробки.

На чорнових токарних операціях всю обробку поверхонь з шорсткістю Ra 6,3 та Ra 12,5 виконуємо на токарному багаторізцевому напівавтоматі 1А720, що дозволяє зменшити кількість операцій, автоматично настроювати режимів різання і зменшити основний і штучно-калькуляційні часи. За пристрій використовуємо пневмопатрон, що значно збільшує точність обробки.

Чистові операції точіння та шліфування виконуємо на відповідних більш пристосованих верстатах токарної та шліфувальної групи, що також в свою чергу компенсується напівавтоматичними завантажувальними пристроями.

Фрезерування лисок та зубчастого вінця виконуємо згідно рекомендацій, проведених при аналізі базового технологічного процесу.

В проектному маршруті механічної обробки застосовуємо здебільшого стандартний ріжучий інструмент, крім спеціальних канавочних різців. Матеріали ріжучих частин - рекомендовані, форми заточки – звичайні.

В процесі механічної обробки верстати попередньо настроюються і в безпосередньому процесі виконання операцій не потребують додаткових переміщень інструменту, зміни подач чи швидкості обертання шпинделя.

Вимірювальний інструмент – калібри – скоби, шаблони, спеціальні пристрої.

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.

1.5.1.1 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні ø30k6$\binom{+0.015}{+0.002}$ розрахунково-аналітичним методом

Технологічний маршрут обробки:

- Точіння чорнове
- Точіння чистове
- Шліфування

Сумарне відхилення :

$$\rho_з = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} + \rho_ц^2, \qquad [6, т.31, ст. 68]$$

де $\rho_{зм}$ – сумарне зміщення, мм;

$\rho_{кор}$ – величина короблення, мм;

$\rho_ц$ – величина відхилення при обробці в центрах, мм;

$\rho_{зм}$ = 0,6 мм; $\rho_{кор} = Δк \cdot l = 1{,}5 \cdot 100 = 0{,}15$ мм.; $\rho_ц = \sqrt{\left(\frac{б_з}{2}\right)^2_. + 0{,}25^2}$,

де $б_з$ - допуск на розміри, що залежить від недоштампування або двохстороннього зношення штампів, мм;

$$б_з = Н_{ед} + И_ш + К_у;$$

де $Н_{ед}$ – елемент допуску по недоштампуванню, мм;

$И_ш$ – елементи допуску по зношуванню штампів, мм;

$К_у$ – коливання усадки, $К_у = 1{,}0\frac{мкм}{мм}$; [6, ст. 70]

$$Н_{ед} = 1{,}4 \text{ мм}; \quad И_ш = 0{,}6 мм. \qquad [6,т.30 ст.60]$$

$$К_у = 1{,}0 \cdot 30 \text{ мкм} = 0{,}03 мм.$$

Тоді:

$$б_з = 2{,}03 мм \approx 2 мм;$$

$$\rho_ц = \sqrt{1^2} + 0{,}25^2 = 1 мм;$$

$$\rho_з = \sqrt{0{,}6^2 + 0{,}15^2 + 1^2} = 1{,}17 мм;$$

Остаточна величина відхилення:

– Після чорнового обточування:

$$\rho_1 = 0{,}06 \cdot 1170 = 70{,}2\text{мкм};$$

– Після чорнового обточування:

$$\rho_2 = 0{,}04 \cdot 1170 = 46{,}8\text{мкм};$$

– Після шліфування:

$$\rho_3 = 0{,}02 \cdot 1170 = 23{,}4\text{мкм};$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо за формулою:

$$2Zmin_1=2(Rzi\text{-}1+Ti\text{-}1+\rho i\text{-}1);$$

де Rzi-1 – шорсткість оброблюваної поверхні, отримана на попередньому переході, мкм;

Ti – глибина дефектного шару оброблюваної поверхні відповідно, мкм;

ρi – сумарне значення просторових відхилень оброблювальної поверхні відносно базової, мкм;

Мінімальний припуск:

$$2Zmin_1=2\ (150+200+1170) = 3040\ \text{мкм};$$

$$2Zmin_2=2(50+50+70) = 240\ \text{мкм};$$

$$2Zmin_3=2(30+30+47) = 214\text{мкм};$$

$$2Zmin_4=2(10+20+23) = 106\ \text{мкм};$$

Розрахункові розміри:

$$d_{\text{р3}} = dmin = 30.002\ \text{мм};$$

$$d_{\text{р2}} = 30.002 + 0{,}214 = 30{,}216\ \text{мм};$$

$$d_{\text{р1}} = 30.216 + 0{,}34 = 30{,}556\ \text{мм};$$

$$d_{\text{рз}} = 30.556 + 3{,}04 = 33{,}596\ \text{мм};$$

Вибирати допуски згідно ГОСТ 7505-75 і заносимо в таблицю.

Визначаємо найбільші допустимі значення:

$$\text{d}max_3 = 30.002 + 0.013 = 30.015\ \text{мм};$$

$$\text{d}max_2 = 30.216 + 0{,}039 = 30{,}255\ \text{мм};$$

$$\text{d}max_1 = 30{,}556 + 0{,}25 = 30{,}806\ \text{мм};$$

$$\text{d}max_з = 33{,}596 + 0{,}7 = 34{,}296\ \text{мм};$$

Визначаємо граничні значення припусків:

$$2Zmax_3 = 30.255 - 30.015 = 0.24 \text{ мм};$$

$$2Zmax_2 = 30.806 - 30.255 = 0.551 \text{ мм};$$

$$2Zmax_1 = 34.296 - 30.806 = 3.49 \text{ мм};$$

$$2Zmin_3 = 30.216 - 30.002 = 0.214 \text{ мм};$$

$$2Zmin_2 = 30.556 - 30.216 = 0.34 \text{ мм};$$

$$2Zmin_1 = 33.596 - 30.556 = 3.04 \text{ мм};$$

Визначаємо загальний і мінімальний припуск:

$$2Z_{max}^{\text{заг}} = 0{,}24 + 0{,}551 + 3{,}49 = 4{,}281 \text{ мм} = 4281 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min}^{\text{заг}} = 0{,}214 + 0{,}34 + 3{,}04 = 3{,}594 \text{мм} = 3594 \text{ мкм};$$

Перевірка:

$$2Z_{mix}^{\text{заг}} = 2Z_{min}^{\text{заг}} = 4281 - 3594 = 687 \text{ мкм};$$

$$\text{Тзаг} - \text{Тд} = 700 - 13 = 687 \text{ мкм};$$

Отже, перевірка виконується.

Визначаємо номінальний припуск:

$$\text{Zo}_{\text{ном}} = Zo_{min} + H_з - H_д;$$

$$H_з = N_{\text{ш}} + \frac{\text{К}_4}{2} = 0{,}6 + \frac{0{,}03}{2} = 0{,}615 \text{ мм} = 615 \text{ мкм};$$

$$\text{Zo}_{\text{ном}} = 30{,}002 + 4{,}196 = 34{,}198 \text{мм};$$

$$d\text{з}_{\text{ном}} = 30{,}002 + 4{,}196 = 34{,}198 \text{ мм};$$

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків і граничних розмірів при обробці ø30k6$\left(^{+0.015}_{+0.002}\right)$.

Технологічний переходи обробки	Елементи припуску, мкм;			Розрахований при-пуск 2Zmin, мкм	Розрахований розмір dp, мм;	Допуск, мкм;	Граничні розміри, мкм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ				dmin	dmax	$2Z_{min}^{\text{гр}}$	$2Z_{max}^{\text{гр}}$
Заготовка	150	200	1170		33,596	700	33,596	34,296		
Чорнове точіння	50	500	70	3040	30,556	250	30,556	30,806	3040	3490
Чистове точіння	30	30	47	340	30,216	39	30,216	30,255	340	551
Шліфування	10	20	23	214	30,002	13	30,002	30,15	214	240

1.5.1.2 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні ø35h11(-0.16)

Технологічний маршрут обробки:

– Точіння чорнове;
– Точіння чистове;
– Попереднє шліфування;
– Кінцеве шліфування;

Сумарне відхилення:

$$\rho_з = \sqrt{\rho_{зм}^3 + \rho_{кор}^2 + \rho_ц^2};$$ [6, т.31, ст. 68]

де $\rho_{зм} = 0{,}6$ мм; $\rho_{кор} = \Delta к. l = 1.5 \cdot 100 = 0.15$ мм;

$$\rho_ц = \sqrt{\left(\frac{б_з}{2}\right)2 + 0{,}25^2};$$

де $б_з = Нед + Иш + Ку = 1{,}4 + 0{,}6 + 0{,}03 = 2{,}03 \approx 2$ мм;

Звідси: $\rho_ц = 1$ мм, $\rho_з = 1{,}17$ мм;

Остаточне відхилення: $\rho_1 = 0{,}06 \cdot 1170 \approx 70$ мкм;

$\rho_2 = 0{,}04 \cdot 1170 \approx 47$ мкм;

$\rho_3 = 0{,}02 \cdot 1170 \approx 23$ мкм;

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо за формулою:

$2Zmin_1 = 2\ (Rzi\text{-}1+Ti\text{-}1+\rho i\text{-}1)$;

Тоді мінімальні припуски: $2Zmin_1$=2 (150+200+1170) = 3040 мкм;

$2Zmin_2$=2(50+50+70) = 240 мкм;

$2Zmin_3$=2(25+25+47) = 124 мкм;

$2Zmin_4$=2(5+10+23) = 76 мкм;

Розрахункові розміри: $d_{р3} = 34{,}84 + 0{,}076 = 34{,}916$ мм;

$d_{р2} = 34{,}916 + 0{,}124 = 35{,}04$ мм;

$d_{р1} = 35{,}04 + 0{,}24 = 35{,}28$ мм;

$d_{рз} = 35{,}28 + 3{,}04 = 38{,}32$ мм;

Найбільші допустимі розміри: $dmax_4 = 34{,}84 + 0{,}16 = 35$ мм;

$dmax_3 = 34{,}916 + 0{,}25 = 35{,}166$ мм;

$$d max_2 = 35{,}04 + 0{,}62 = 35{,}66 \text{ мм};$$

$$d max_1 = 35{,}28 + 1{,}0 = 36{,}28 \text{ мм};$$

$$d max_з = 38{,}32 + 3{,}0 = 41{,}32 \text{ мм};$$

Визначаємо граничні значення припусків:

$$2Z max_4 = 35{,}166 - 35 = 0{,}166 \text{ мм} = 166 \text{ мкм};$$

$$2Z max_3 = 35{,}66 - 35{,}166 = 0{,}494 \text{ мм} = 494 \text{ мкм};$$

$$2Z max_2 = 38{,}28 - 35{,}66 = 0{,}620 \text{ мм} = 620 \text{ мкм};$$

$$2Z max_1 = 41{,}32 - 36{,}28 = 5{,}04 \text{ мм} = 5040 \text{ мкм};$$

$$2Z min_4 = 34{,}916 - 34{,}84 = 0{,}076 \text{ мм} = 76 \text{ мкм};$$

$$2Z min_3 = 35{,}04 - 34{,}916 = 0{,}124 \text{ мм} = 124 \text{ мкм};$$

$$2Z min_2 = 35{,}28 - 35{,}04 = 0{,}240 \text{ мм} = 240 \text{ мкм};$$

$$2Z min_1 = 38{,}32 - 35{,}28 = 3{,}04 \text{ мм} = 3040 \text{ мкм};$$

Визначаємо загальний і мінімальний припуск:

$$2Z_{max}^{заг} = 166 + 499 + 620 + 5040 = 6320 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min}^{заг} = 76 + 124 + 240 + 3040 = 3480 \text{ мкм};$$

Перевірка: $2Z_{mix}^{заг} = 2Z_{min}^{заг} = 6320 - 3480 = 2840$ мкм;

Тзаг – Тд = 3000-160=2840 мкм;

Отже, перевірка виконується.

Визначаємо номінальний припуск:

$$Zo_{ном} = Zo_{min} + H_з - H_д;$$

$$H_з = N_ш + \frac{К_4}{2} = 0.6 + 0.015 = 0.615 \text{ мм} = 615 \text{ мкм};$$

$$Zo_{ном} = 3480 + 615 - 160 = 3935 \text{ мкм};$$

$$dз_{ном} = 34{,}84 + 3{,}935 = 38{,}775 \text{ мм};$$

Таблиця 1.10 – Розрахунок припусків і граничних розмірів при обробці $\varnothing 35h11(_{-0,16})$

Технологічний переходи обробки	Елементи припуску, мкм;			Розрахований пристрій	Розрахований розмір dp, мм;	Допуск, мкм;	Граничні розміри, мкм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ				dmin	dmax	2^{rp}_{Zmin}	2^{rp}_{Zmax}
Заготовка	150	200	1170		38,32	3000	38,32	41,32		
Чорнове точіння	50	50	70	3040	35,28	1000	35,28	36,28	3040	5040
Чистове точіння	25	25	47	240	35,04	620	35,04	35,66	240	620
Шліфування попереднє	10	20	23	124	34,916	250	34,916	35,166	124	494
Шліфування кінцеве	5	10		76	34,84	160	34,84	35	76	166

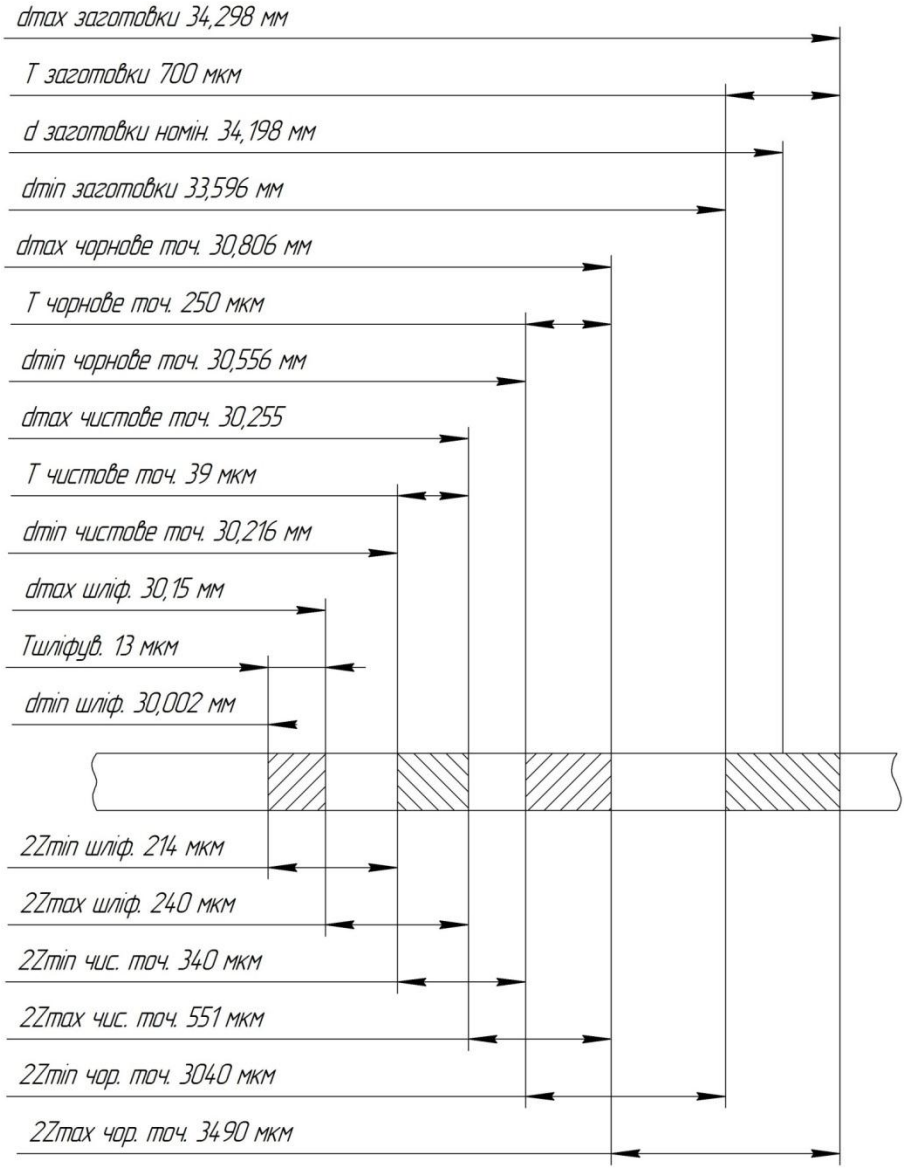


Рисунок 1.22 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні $ø30k6(^{+0.015}_{+0.002})$

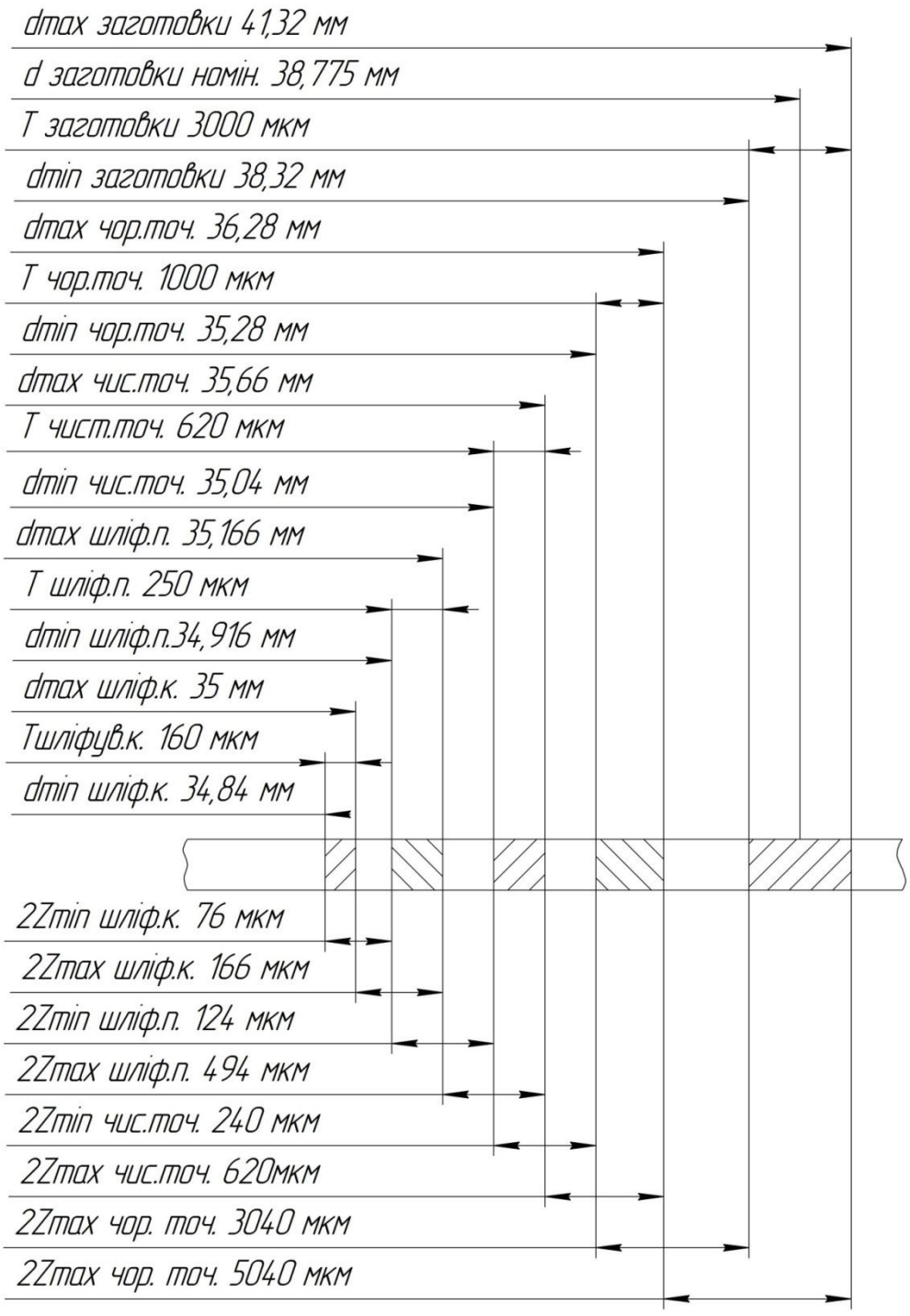


Рисунок 1.23 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні $\text{ø}35h11(_{-0,16})$

Таблиця 1.11 – Припуски та граничні розміри оброблюваних поверхонь

Технологічні операції і переходи	Розміри, мм	Квалітети	Допуски, мм	Шорсткість Ra, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
					max	min	$2^{гр}_{Zmax}$	$2^{гр}_{Zmin}$
Обробка лінійного розміру $200_{-1,15}$(пов.1-2)								
Зготовка Фрезерування торців	204 200	- 14	10 1,15	- 12,5	214 200	204 198,85	14000	51500
Обробка поверхні ø25 (пов. 11)								
Заготовка Точіння	32 25	- 12	0,7 0,21	- 3,2	32,5 25,0	31,8 24,79	7500	7010
Обробка поверхні ø18 (пов. 13)								
Заготовка Точіння	24 18	- 12	0,7 0,18	- 3,2	24,5 18	23,8 17,79	6500	6010
Обробка поверхні ø57 (пов.15)								
Заготовка Точіння	63 57	- 14	0,8 0,74	- 3,2	63,5 57	62,7 56,26	4500	4440
Обробка лінійного розміру 20 (пов. 6-12)								
Заготовка Підрізання торців	25 20	- 14	1,4 0,52	- 12,5	26,0 20,0	24,6 19,48	6000	5120

1.5.2 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання аналітичним методом.

Операція 020 – горизонтально-фрезерна.

Фрезерувати поверхні 17,18,19,20, попарно, почергово.

Верстат: горизонтально-фрезерний 6Р82Г.

Потужність двигуна: Nд = 7,5 кВт.

Ефективна потужність: Ne = Nд · $\boldsymbol{\eta}$ = 7,5 · 0,75 = 5,62 кВт.

Інструмент: набір двох дискових, двохсторонніх фрез ГОСТ 6469-69:

– Фреза 2245 – 0017 Т15К6;
– Фреза 2245 – 0018 Т15К6 (ліва);

Діаметр фрези 200 мм, z=14.

Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, НВ 197.

Шорсткість Ra = 3,2, довжина обробки l = 19 мм, ширина В = 30 мм.

Глибина різання:

$$t = \frac{25 - 19}{2} = 3 \text{ мм};$$

Режими різання:

– Подача Sz = 0.04 мм; [2,т.34 ст.283]

– Подача на оберт: So = Sz · Z = 0.04 · 14 = 0.56 мм.

Порівняємо з рекомендованою. [6, т.37, ст. 285]

Уточняємо по верстату: So = 0,4 мм/об;

тоді Sz = 0,29 мм/зуб.

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{Cv \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z^p} \cdot Kv, \frac{м}{хв}; \quad [2, ст. 262]$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$Kv = Kmv \cdot Knv \cdot Kuv;$$

Поправочний коефіцієнт на механічні властивості матеріалу:

$$Kmv = Kv \left(\frac{750}{\sigma}\right)^{Nv};$$

де Kv = 1, Nv = 1. [2, т.2, ст. 262]

Тоді: $Kmv = \frac{750}{610} = 1.23;$

Поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні:

$$K_{nv} = 1; \quad [2, т.2, ст. 262]$$

Поправочний коефіцієнт, що враховує марку інструментального матеріалу:

$$Kuv = 1; \quad [2, т.5, ст. 263]$$

Значення коефіцієнта та показників степенів: [2, т.39, ст. 286]

$$Cv = 1340; q = 0.2; x = 0.4; y = 0.12; u = 0; p = 0; m = 0.35;$$

Стійкість фрези: T = 300 хв. [2, т.40, ст. 290]

$$V = \frac{1340 \cdot 200^2 \cdot 1.23}{300^{0.35} \cdot 6^{0.4} \cdot 0.06^{0.12} \cdot 30° \cdot 14°} = 354{,}2 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\Pi d} = \frac{1000 \cdot 354.2}{3.14 \cdot 200} = 563.65 \text{ хв}^{-1};$$

Уточнюємо по верстату:

$$n = 500 \text{ хв}^{-1};$$

Тоді: $V = \frac{3.14 \cdot 200 \cdot 500}{1000} = 314.16$ м/хв;

Сила різання:

$$Pz = \frac{10 \cdot Cp \cdot Z^X \cdot Sz^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^и} \cdot \text{Кмр. Н;}$$

Поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал: [2,т.9 ст.264]

$$\text{Кмр} = \left(\frac{\sigma_e}{750}\right)^n;$$

де n = 0.3;

тоді: $\text{Кмр} = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,94;$

Коефіцієнти і показники степенів:

Ср = 261; х =0,9; у = 0,8; и = 1,1; q = 1,1; W = 0,1; [2,т.41 ст.291]

$$Pz = \frac{10 \cdot 261 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,033^{0,8} \cdot 30^{1,1} \cdot 14}{200^{1,1} \cdot 500^{0,1}} \cdot 0,94 = 356,66 \text{ Н;}$$

Для двох фрез: Pz = 2 · 356.66 = 713.22 Н;

Крутний момент на шпинделі:

$$\text{Мкр} = \frac{Pz \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{713.32 \cdot 200}{2000} = 71,33 \text{ Нм;}$$

Потужність різання:

$$N\text{різ.} = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{713,32 \cdot 314,16}{1020 \cdot 60} = 3,66 \text{ кВт;}$$

$$\text{Nріз.} < \text{Ne} = 5,62 \text{ кВт;}$$

Верстат за потужністю вибрано правильно.

Основний час: $\text{То} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o}$, хв;

$L = l + l_1 + l_2$, мм;

де $l_1 + l_2$ – величина відповідно врізання і перебігу.

$l_1 + l_2 = 27$ мм [1, т.6, ст. 622]

і – число переходів, і = 2;

Тоді:

$$\text{То} = \frac{(19 + 27) \cdot 2}{500 \cdot 0,4} = 0,46 \text{ хв;}$$

Операція – токарно-гвинторізна.

Точити поверхню 7 начисто.

Верстат: токарно-гвинторізний 16Т03П.

Потужність двигуна: Nд = 0,75 кВт.

Ефективна потужність: Ne = Nд · η = 0,75 · 0,75 = 0,56 кВт.

Інструмент: різець прохідний упорний 2103-0017 Т15К6 ГОСТ 18875-73. Радіус при вершині R = 1 мм.

Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, НВ 197.

Шорсткість обробки Ra = 3,2 мкм;

Діаметр обробки: $30{,}25_{-0{,}039}$;

Довжина обробки l = 70 мм;

Глибина різання: $t = \frac{0{,}5}{2} = 0{,}25$ мм;

Режими різання:

– Подача So = Sт · Ks; [2, т.14, ст. 268]

де Sт = 0,22 мм/об; Ks = 0,45

So = 0,22 ·0,45 = 0.099 мм/об.

Приймаємо So = 0,08 мм/об;

Швидкість різання:

$$V = \frac{Cv}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot Kv, \frac{м}{хв};$$

Kv = Kmv · Knv · Kиv · Kφ · Kv;

Kmv = 1,23 (див. вище);

Knv = 1, Kиv = 1,4 [2, т.6, ст. 263]

Коефіцієнт на головний кут в плані та радіус заокруглення.

Kφ = 0,7; Kv = 0.94 [6, т.18, ст. 271]

$$K_v = 1{,}23 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}94 = 1{,}133;$$

Коефіцієнти і показники степенів: [2, т.17, ст. 269]

$$Cv = 420; x = 0.15; y = 0.2; m = 0.2;$$

Стійкість різця: T = 60 хв.

$$V = \frac{420 \cdot 1{,}133}{60^{0.2} \cdot 0{,}25^{0.15} \cdot 0.08^{0.2}} = 431{,}3 \text{ м/хв.}$$

Порівняємо результати з рекомендаціями [2, т.19, ст. 271] і бачимо, що він завеликий.

Приймаємо V = 250 м/хв.

Тоді: $n = \frac{1000 \cdot 250}{3.14 \cdot 30,25} = 2646$ хв$^{-1}$;

Уточняємо по верстату: n = 2500 хв$^{-1}$;

Тоді: $V = \frac{3.14 \cdot 30,25 \cdot 2500}{1000} = 236,2$ м/хв;

Сила різання: $P = 10 C_p t^x S^{\varphi} V^n K_p$,

де $K_p = K_{mp} \cdot K_{ep} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{sp} \cdot K_{vp}$,

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0.75} = 0.856;$$

n = 0,75 [2,т.19, ст. 270]

$K_{\varphi p}$ = 0,89 (для Pz); $K_{\varphi p}$ = 0,5 (для Py); $K_{\varphi p}$ = 1,17 (для Px).

Для $\gamma = 10^o$: $K_{\gamma p}$ = 1,0 для всіх P.

Для $\lambda = 0^o$: $K_{\lambda p}$ = 1,0 для всіх P.

Для r = 1,0 : Krpz = 0.93; Krpy = 0,82; Krpx = 1.0.

Kpz = 0,856 · 0,89 · 0,93 = 0,71;

Kpy = 0,856 · 0,5 · 0,82 = 0,35; [2, т. 19, ст. 270]

Kpx = 0,856 · 1,17 = 1,0.

Для Pz : Cp = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15;

Py : Cp = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3;

Px : Cp = 339; x = 1; y = 0,5; n = -0,4;

Тоді: $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25 \cdot 0,08^{0,75} \cdot 236,2^{-0,15} \cdot 0,71 = 35,1$ Н;

$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{-0,9} \cdot 0,08^{0,6} \cdot 236,2^{-0,3} \cdot 0,35 = 10,4$ Н;

$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,25 \cdot 0,08^{0,5} \cdot 236,2^{-0,4} \cdot 1,0 = 26,7$ Н;

Потужність різання: $N_{різ.} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{35,1 \cdot 236,2}{1020 \cdot 60} = 0,135$ кВт;

Nріз. < Ne = 0,56 кВт;

Верстат за потужністю вибрано правильно.

Основний час: $T_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S} = \frac{70+3}{2500 \cdot 0.08} = 0.356$ хв;

де l_1 = 3 мм [1, т.2, ст.620]

1.5.3 Аналіз точності обробки поверхні **ø30,25$_{-0,039}$**

Вихідні дані:

– Верстат: токарно-гвинторізний підвищеної точності модель 16ТОЗП;

– Матеріал деталі: сталь 45 ГОСТ 1050-88;

– Пристрій: центри з повідковим патроном ;

– Різальний інструмент: різець прохідний упорний, січення держаки: b×h = 10×16 мм; Матеріал різучої частини твердий сплав Т15К6; геометрія різця: $\varphi = 90°$; $\varphi_1 = 10°$; $r = 0{,}4$ мм; $\gamma = 10°$; $\lambda = 0°$; $\alpha = 8°$;

– Оброблювана поверхня : зовнішня циліндрична ø30,255$_{-0,039}$;

– Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті з використанням важільного мікрометра МРП 25-50 ТУ2-034-207-83 з ціною поділки 0,001 мм, похибка вимірювання ± 0,0007 мм.

Основними похибками, що виникають при обробці циліндричної поверхні і впливають на точність її радіуса замикаючої ланки технологічного ланцюга є:

– Δв – похибка форми від геометричної неточності верстата у радіальному напрямку;

– Δв$''$ - зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямлення станини в горизонтальному напрямку. Ця похибка постійна;

– Δн – похибка настроювання системи ВПІД на отримання заданого розміру. При багаторазовому настроюванні вона має випадковий характер проявлення в часі.

– Δу – випадкова похибка, залежить від зміни величини деформації системи ВПІД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від tmax до tmin і зміною механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Оскільки деталь жорстка і відносна неважкої довжини, то зміною податливості за довжиною обробки нехтуємо.

– Δi – похибка від розмірного спрацювання різця, береться із знаком « + » систематична закономірна зміна;

– Δт – похибка від теплової деформації, береться зі знаком « - », систематична закономірна зміна.

Таблиця 1.12 – Розрахунок похибок обробки

Формули та розрахунок похибок обробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta в' = \frac{а}{2} = \frac{0{,}006}{2} = 0{,}003$ $\Delta в'' = \frac{а'}{2} = \frac{0{,}007}{2} = 0{,}0035$	а – радіальне биття шпинделя, мм а´ - стабільність діаметра в повздовжньому напрямку	Q = 0.006 мм Q' = 0.007 мм
$\Delta в_r$ = Δв´ + Δв´´ = 0,065 мм; $\Delta H_r = \sqrt{\left(\frac{\Delta вим}{2}\right)^2 + \Delta р^2} = \sqrt{\left(\frac{0{,}0014}{2}\right)^2 + 0{,}001^2} =$ = 0,0012 мм;	Δвим – похибка вимірювання; Δр – похибка регулювання положення різця;	Δвим = ± 0,0007 = 0,0014 мм; Δр = 0,001 мм, [1,ст.71] По індикаторному упору з ціною поділки 0,001 мм
$\Delta У_r$= 1,1 · Ср · $S^{Цру}$ · $V^{Пру}$ · Кр ($tmax^{Хру}$ · $tmin^{Хру}$) W = $1.1 \cdot 243 \cdot 0.08^{0.6} \cdot 236.2^{-0.3} \cdot 0.82(0.213^{0.9} \cdot 0.108^{0.9}) \cdot 0.038 = 0.0004$ мм;	tmax, tmin, S,V – режими різання; Ср, Цру, Пру, Хру – коефіцієнта і показники степеня для визначення нормальної складової різання; Кр – поправочний коефіцієнт; W – податливість системи ВПІД.	Tmax = 0,213 мм; tmin = 0,108 мм; S = 0.08 мм/об; V = 236,2 м/хв. (дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки). Ср = 243; Хру = 0,9; Цру = 0,6; Пру = -0,3 [2, ст.773] Кру = 0,82 [1,ст.29]
$\Delta мн_R = 1.2\sqrt{\Delta н_R^2 + \Delta Ц_R^2} + \Delta в = 1{,}2\sqrt{0{,}0012^2 + 0{,}0004^2} + 0{,}0065 = 0{,}008$ мм; $\Delta мн = 2\Delta мн_R = 20{,}008 = 0{,}016$ мм;	Δмн – похибка миттєвого розсіювання розмірів.	
$\Delta i = Uo\left(1 + \frac{V \cdot \tau}{1000}\right) = 1\left(1 + \frac{236.2 \cdot \tau}{1000}\right) = (1 + 0.2362 \cdot \tau)$ мкм;		τ – змінна величина; Uo = 1 мкм [1,ст.75]

Продовження таблиці 1.12

1	2	3
$\Delta T = -C\frac{Lp}{F}\sigma в(t\cdot s)^{0.75}\cdot V^{\frac{1}{2}}\cdot\frac{To}{To+Tпер}\cdot\left(1-e^{-\frac{4\tau}{\tau m}}\right) = -4{,}5\frac{13{,}6}{160}\cdot 61(0{,}16\cdot 0{,}08)^{0{,}75}\cdot 236{,}2^{0{,}5}\frac{0{,}365}{0{,}365+0{,}576}\cdot\left(1-e^{-\frac{\tau}{4}}\right) = -5{,}25\left(1-e^{-\frac{\tau}{4}}\right);$	C – константа ; Lp і F – виліт різця в мм і площа попереднього перерізу державки в мм^2; τв – границя міцності оброблюваного матеріалу $\frac{кг}{мм^2}$; t,S,V – режими різання; To, Тпер – основний час і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв.; τm – константа в межах 12-24 хв.	C = 4,5; V = 236,2 м/хв.; t = 0,16 мм; S = 0,08 мм/об; Lp = 13,6 мм; F = 10 · 16 = 160 мм^2; σв = 61 кг/мм^2; To = 0,365 хв.; Тпер = 0,576 хв.; τm = 16 хв.

Таблиця 1.13 – Результати систематичних похибок

τ, хв.	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δi	0	1,47	1,94	2,9	3,8	4,78	5,72	8,09	10,45	15,17	19,9
ΔT	0	-2,1	-3,3	-4,7	-4,99	-5,16	-5,21	-5,25	-5,25	-5,25	-5,25
Δ систем.	0	-1,26	-2,7	-3,6	-2,3	-0,76	1,03	5,67	10,4	19,8	29,3

За даними розрахунку будуємо діаграму точності обробки поверхні 7,5,14,13 (див. лист 1).

За діаграмою визначаємо:

- Технологічну стійкість інструменту Тт $<$ Те = 60 хв;
- Загальну похибку обробки, яка рівна Δсум = 0,039 мм;

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$dнал = dmin + 0.5\,\Delta мн + \Delta сист.\,min + \frac{T-\Delta сум}{2},\ мм.$$

Найменше граничне значення розміру dmin = 30,216 мм.

Найменше значення систематичної похибки Δсист. min. = 0,004 мм.

Допуск на розмір Т = 0,039 мм;

Тоді: $dнал = 30{,}216 + 0{,}5\cdot 0{,}16 + 0{,}004 + \frac{0{,}039-0{,}039}{2} = 30{,}22$ мм.

Тривалість обробки до вимушеної заміни різця:

$$Tзм = \frac{Tт(To+Tпер.)}{To} = \frac{54(0{,}365+0{,}576)}{0{,}365} = 14{,}95\ хв.$$

Питома вага Cj первинних похибок обробки в загальній похибці визначається:

$$Cj = \frac{\Delta j}{\Delta сум.} \cdot 100, \%;$$

де Δj – величина j-ії похибки.

Результати приведені в таблиці 1.14, на підставі котрих побудована гістограма похибок.

Таблиця 1.14 – Результати розрахунків Cj

Позначення похибки Δj	Δв	Δн	Δу	Δмн	Δі	Δт	Δсис
Значення похибки Δj, мм	0,01	0,0024	0,0008	0,016	0,0303	0,0105	0,024
Cj, %	25,6	6,1	2,1	41	77,6	26,9	58,9

1.6 Нормування технологічного процесу

Для середньо-серійного типу виробництва визначаємо норму штучно-калькуляційного часу Тшт.к.:

$$Тшт.к. = Тшт + \frac{Тп.з}{n}, хв.;$$

де Тшт – штучний час, хв.;

Тп.з. – підготовчо-заключний час, хв.;

n – число деталей в партії.

$$Тшт = То + Тд + Тобс. + Тпер, хв.$$

де То – основний час, хв.

Тд – допоміжний час, хв.

Тобс. – час на обслуговування робочого місця, хв.

Тпер. – час час нормативних перерв, хв.

$$Тд = Твст + Тк + Твим, хв.$$

де Твст – час на встановлення та закріплення деталі, хв.

Тк – час на керування верстатом, хв.

Твим – час на вимірювання, хв.

$$Топ. = То + Тд.$$

$$Тобс + Тпер = 0,08 \cdot Топ$$

Вихідні дані:

1. Верстат: токарний багаторізцевий напівавтомат 1А720;

2. Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, НВ 197;

3. Операція – чорнове точіння і підрізання торців;

4. Припуск на обробку 2-3 мм;

5. Різальний інструмент: в поздовжнім супорті 3 прохідних різців з пластинкою Т5К10, φ = 10 º; в поперечнім супорті 4 фасонних різця з пластинкою Т5К10, в двох φ = 45º.

Як видно з карти налагодження (див. лист 2) найбільшу довжину обробки із різців повздовжнього супорта має різець 1 (l = 37 мм). Величина врізання для цього різця l_1 = 2.5 мм. [1,ст.376]

Довжина робочого ходу повздовжнього супорта:

$$Lp.x = 37 + 2,5 = 39,5 \text{ мм.}$$

Довжина поперечного ходу супорта:

$$Lp.x = 2 + 3 = 5 \text{ мм.}$$

Визначаємо подачу супортів за один оберт шпинделя. Для повздовжнього супорта So = 0,35 мм/об [6, ст. 36]. За паспортом приймаємо найближче значення подачі So = 0,22 мм/об.

Так як час роботи поперечного супорта значно менший ніж поздовжнього, а супорти працюють одночасно, подача може бути зменшена без втрат продуктивності обробки.

Для умови вирівнювання тривалості роботи супортів подача заданого супорта рівна 0,028 мм/об.

$$\left(\frac{39,5}{0,22} = 173 \text{ об}; \quad \frac{5}{0,028} = 173 \text{ об};\right).$$

Однак використання такої малої подачі при роботи різцями із твердим сплавом недоцільно з точки зору зношування інструменту і вона приймається

$$So = 0,12 \text{ мм/об.}$$

Визначення періоду стійкості лімітуючих інструментів.

$T = Tм. \cdot \lambda$ – період стійкості [6, ст. 34]

$T = 110$ хв. [6, ст. 30]

Так як значення λ для різця 3, котрий згідно схеми налагодження повинен бути лімітуючим, більше 0,71(λ= $\frac{34}{39,5} = 0,86$), то воно може не прийматися в розрахунок і Т = Тн = 110 хв.

Швидкість різання:

$$V = 209 \cdot Кт \cdot Kuv \cdot 0,85 = 209 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 113,7 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{ПД} = \frac{1000 \cdot 113,7}{3,1457} = 635 \text{ хв}^{-1}.$$

Найближче за паспортом n = 630 хв$^{-1}$.

тоді: $$V = \frac{ПДn}{1000} = \frac{3.14 \cdot 57 \cdot 630}{1000} = 112,8 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок машинного (основного) часу:

$$\tau м = \frac{Lp.x.}{So\ n} = \frac{39,5}{0,22 \cdot 630} = 0,284 \text{ хв.}$$

Перевірочний розрахунок за потужністю різання:

$$\Sigma N \leq 1.2\ Nд \cdot \eta;$$

$$\Sigma N = Nпозд.с.+ Nпоп.с. = 3,3 + 3,1 = 6,4 \text{ кВт;}$$

$$Nд = 7 \text{ кВт;}$$

$$\Sigma N = 7 \text{ кВт} < 1,2 \cdot 7 \cdot 0,85 = 6,7 \text{ кВт.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу.

Твет = 0,075 хв [6,т.30 ст.49]

Тк = 0,04 хв [6,т.31 ст.50]

Твим = 0,03 хв [6,т.33 ст.60]

Тд = 0,075 + 0,04 + 0,03 = 0,145 хв.

Топ = То + Тд = 0,285 + 0,145 = 0,425 хв.

Тобс + Тпер = 0,08 + 0,425 = 0,03 хв.

Тшт = 0,425 + 0,03 = 0,455 хв.

Тп.з = 14 хв.

Тшт.к. = 0,455 + $\frac{14}{400} = 0,49$ хв.

Таблиця 1.15 – Звідна таблиця режимів різання і норм часу

№ і зміст операції	Розміри поверхонь		Режими різання						Норми часу			
	Д/В	L	t	So	Vn	V	n	N	To	Тд	Тш.к	Тп.з.
	мм			мм/об	м/хв.		$хв^{-1}$	кВт	хв			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
005 фрезерно-центрувальна 1.фрезерування торців	-	63	4	0,12	240	237,6	400	2,8	0,212	0,27	0,559	18
2. Центрування	-	10	2	0,08	17	18,7	800	0,13	0,21	0,27	0,559	18
010 Токарна автоматна 1. Повздовжній супорт	-	46,7	3	0,22	113,7	114,9	630	3,2	0,31	0,162	0,504	28
2. Поперечний супорт	-	5	3	0,12	113,7	114,9	630	2,8	0,31	0,162	0,504	28
015 Токарна автоматна 1. Повздовж. супорт	-	39,5	3	0,22	112,8	113,7	630	3,1	0,28	0,145	0,49	28
2. Попереч. супорта	-	5	3	1,12	112,8	113,7	630	2,7	0,28	0,145	0,49	28
020 Горизонтально-фрезерний	-	30	3	0,4	314	354	500	3,66	0,46	1,16	1,363	27
025 Вертикально-зубофрезерна	-	-	0,25	1,6	29	27,6	125	0,9	4,4	0,51	5,6	35
030 Токарно-гвинторізна 1. Чистове точіння пов.5	1	22	0,25	0,08	24,21	442,4	2500	0,135	0,356	0,42	0,99	16
2. Чистове точіння пов.7	0,5	70	0,25	0,08	236,2	431,3	2500	0,135	0,356	0,42	0,99	16
035 Вертикально-свердлильна	-	30	3	0,1	15,8	14,9	800	0,07	0,1	0,19	0,31	16
040 Кругло-шліфувальна 1. Попереднє шліфування пов.5	1	22	0,05	0,07	193,6	196,7	2500	0,04	0,1	0,14	2,42	28
2. Кінцеве шліфування пов.5	1	22	0,15	0,07	173,3	184,6	2500	0,05	0,1	0,14	2,42	28
3. Шліфування пов. 7	0,5	70	0,15	0,07	175,6	189,4	2500	0,05	0,1	0,14	2,42	28

1.7 Техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Співставлення двох варіантів технологічних процесів обробки деталі. Вихідні дані і результати розрахунку зводимо в таблицю 1.16.

Таблиця 1.16 – Техніко-економічне обгрунтування

Показники	Верстат 1К62	Верстат 1А720
1	2	3
Штучно-калькуляційний час Тшт.к., год.	0,39	0,27
Число запусків деталей на рік А	24	24
Число операцій в кожному запуску Vo	2	2
Коефіцієнт корисного використання верстата $\boldsymbol{\eta}$	0,7	0,85
Підготовно-заключний час Тп.з., год.	1,5	3
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання μ	1	1,2
Складність ремонту механічної частини Re	125	195
Площа, яку займає обладнання S, м^2	8,5	23
Коефіцієнт додаткових площ γ	3,24	2,98
Число верстатів обслуговуваних одним:		
– верстатником d	1	2
– наладчиком d_1	-	-
Фонд часу Фо, год.	4015	4015

Техніко-економічні показники визначаються для базового і проектного технологічного процесу:

1. Км – коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\text{Км}_{\text{пр}} = 1{,}6/1{,}8 = 0{,}88; \quad \text{Км}_{\text{баз}}. = 1{,}6/4{,}55 = 0{,}35;$$

2. Ем – планова річна економія основного матеріалу:

$$Е\text{м} = m_д\, N \left(К\text{м}_{\text{пр}}^{-1} - К\text{м}_{\text{баз}}^{-1}\right) = 1{,}6 \cdot 5000 \cdot \left(\frac{1}{0{,}88} - \frac{1}{0{,}35}\right) = 17777{,}8 \text{ кг};$$

3. Σ Тшт.к – трудомісткість процесу за штучно-калькуляційним часом;

4. Ет – планова річна економія:

$$\text{Ет} = (\Sigma\, \text{Тшт.к.б.} - \Sigma\, \text{Тшт.к.пр.})N = (48.079 - 12.237)5000 = 179210 \text{ хв};$$

5. Ко – коефіцієнт використання верстатів за основним часом:

$$Ko = \frac{6{,}94}{12{,}237} = 0{,}5;$$

6. K_N – коефіцієнт використання верстатів за потужністю:

$$K_N = \frac{\Sigma Np}{\Sigma N\text{в}} = \frac{29{,}45}{32} = 0{,}92;$$

2 Конструкторська частина

2.1 Пристрій свердлильний

2.1.1 Опис конструкції та роботи пристрою

Пристрій призначений для базування, закріплення заготовки та напрямлення інструменту на вертикально-свердлильній операції 035.

Пристрій складається з плити 1, на якій змонтовано пневмоциліндр, що складається з корпуса 3, поршня-штока 2, кришки 4 та ущільнень 14. На вихідному кільці штока закріплена опора 5, що впирається в прихват 6, закріплений на шпильці 18, гайка 19, шайбами 16 і 17 та пружиною 9. До плити 1 кріпиться гвинти 20 та штифти 21, призма 7, а також кронштейн 8 (гвинтами 22 та штифтами 23) з кондукторною втулкою 11.

На стіл верстата пристрій встановлюється за допомогою шпонки 26 і кріпиться на паз шириною 14 мм.

Стиснене повітря подається в пневмоциліндр через один з двох отворів К 3 / 8″ ГОСТ 6111-52.

Пристрій працює наступним чином. Заготовка встановлюється на призму 7 до опору торцем ø35h11 в торець призми 6 притримують однією рукою, а другою повертають рукоядку пневмокрана, подаючи стиснене повітря в поршневу порожнину. Поршень-шток 2 рухається догори, впираючи опору 5 в прихват 6, котрий протилежним кінцем притискає заготовку до призми. Відкріплення деталі здійснюється при повороті рукоядки пневмокрана в інше положення, при цьому під дією пружини 15 поршень-шток 2 переміщається в низ витискаючи стиснене повітря з поршневої порожнини і при цьому звільняється деталь.

2.1.2 Розрахунок сил затиску та визначення параметрів механізму затиску

Вихідні дані:

1. Верстат: вертикально-свердлильний 2Н118;
2. Ширина центрового паза 14Н8;
3. Різальний інструмент: свердло спіральне ø6 мм;

4. Довжина свердла: l = 30 мм;
5. Режими різання: t = 3 мм; So = 0,1 мм/об; V = 15.8 м/хв.; n = 800 хв$^{-1}$;
6. Осьова сила та крутний момент:

$$Po = 10Cp \cdot Д^{q} \cdot S^{y} \cdot Kp, H$$

$$Мкр = 10См \cdot Д^{q} \cdot S^{y} \cdot Kp, Нт$$

де Кр = Кмр = $\left(\frac{\sigma в}{750}\right)^{п} = \left(\frac{598}{750}\right)^{0,75} = 0,84$;

n = 0,75 [2, т.4, ст. 264]

Для Ро: Ср = 68; q = 1; у = 0,7.

Для Мкр: См = 0,0345; q = 2; у = 0,8.

Підставивши значення отримали:

Ро = 685,44 Н; Мкр = 1,67 Н·м.

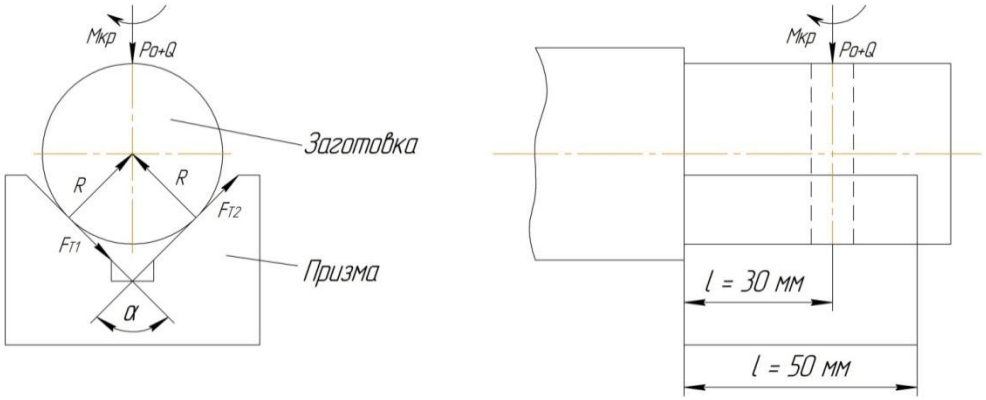


Рисунок 2.1 – Схема сил затиску при свердлінні отвору з базуванням в призмі

Сила різання:

$$Q = \frac{К \cdot М}{Д_З\left(\frac{f1 + f2}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right)} - Po, Н;$$

де К – коефіцієнт запасу;

М – момент різання; Н·м.;

$Д_З$ – діаметр заготовки, м;

f1,f2 – коефіцієнти тертя;

α – кут призми, град.

$$М = \frac{Мкр \cdot Дз}{dсв};$$

де Мкр – крутний момент, Н·м;

dсв. – діаметр свердління, м;

Тоді:

$$Q = \frac{\text{К} \cdot \text{Мкр} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}}{d\text{св} \cdot f} - Po, \text{Н};$$

Коефіцієнт запасу К = 2,5.

$$Q = \frac{2.5 \cdot 1{,}67 \cdot 0{,}71}{0{,}006 \cdot 0{,}16} - 685{,}44 = 2525{,}86, \text{Н};$$

Зусилля на штоці:

$$N = Q \cdot \frac{1}{l_1} = 2525{,}86 \cdot \frac{30}{50} = 1768{,}1, \text{Н};$$

Діаметр пневмоциліндра:

$$Д_{\text{ц}} = 1{,}13\sqrt{\frac{N}{0{,}63}} = 1{,}13\sqrt{\frac{1768{,}1}{0{,}63}} = 59{,}9 \text{ мм};$$

де 0,63 – тиск в пнемо системі, МПа:

Приймаємо $Д_{\text{ц}} = 63$ мм.

Уточняючи значення:

$$N = \frac{\text{П}Д_{\text{ц}}^2}{4} \cdot 0{,}63 \cdot 0{,}9 = 1767{,}1, \text{Н};$$

$$Q = 1767{,}1 \cdot \frac{50}{30} = 2525, \text{Н};$$

2.1.3 Розрахунок слабкої ланки

Слабкою ланкою є різьбове з'єднання М10.

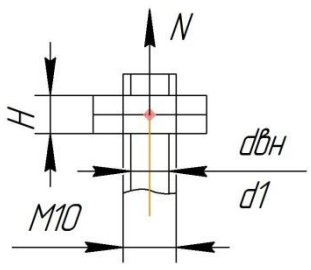


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

N = 2525 Н; dвн = 8,16 мм;

H = 15 мм; d1 = 8.376 мм;

Перевірка різьби гайки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{N}{\Pi d_1 \cdot H \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}61} = \frac{2525}{3{,}14 \cdot 8{,}376 \cdot 15 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}61} = 12 \text{ МПа};$$

$$\tau_{зр} < [\tau_{зр}] = 102{,}9 \text{ МПа}.$$

Перевірка різьби стержня на зминання:

$$\sigma'_{зм} = \frac{N}{0{,}785(d_{зов}^2 - d_{вн}^2)z}, \text{МПа} < [\sigma'_{зм}];$$

де z = 6 – кількість одночасно працюючих витків.

$$\sigma'_{зм} = \frac{2525}{0{,}785(10^2 - 8{,}16^2)\,6} = 96 < [\sigma'_{зм}] = 254{,}1 \text{ МПа};$$

Перевірка стержня на розтяг:

$$\sigma_р = \frac{N}{0{,}725\, d_{вн}^2}, \text{МПа} < [\sigma_р];$$

$$\sigma_р = \frac{2525}{0{,}725 \cdot 8{,}16^2} = 52{,}3 < [\sigma_р] = 166{,}6 \text{ МПа};$$

Отже, різьбове з'єднання придатне.

2.1.4 Розрахунок точності пристрою

Вихідні дані:

L = 30 ± 0,26; dвн' = $6^{+0,027}_{+0,010}$; dсв' = $6_{-0,018}$;

l = 15 мм; h = 4 мм; b = 30 мм;

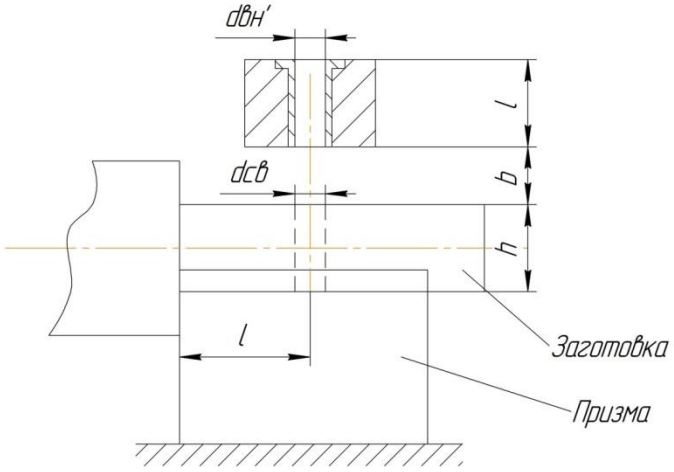


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

Розрахуємо похибку віддалі від торця призми до центру кондукторної втулки:

$$[\varepsilon_{пр}] = T - K\frac{d_{вн} - d_{св}}{2} - P\,(d_{вн} - d_{св})\frac{h+b}{l}, \text{мм}$$

де Т – допуск на деталь, Т = 0,26 мм;

$d'_{вн}$ – найбільший діаметр кондукторної втулки, $d'_{вн}$ = 5,082 мм;

К – коефіцієнт, що враховує вірогідність зазору в спряженнях,

К = 0,5 [8,т.13,ст.285]

Р – коефіцієнт, що враховує вірогідність перекосу свердла,

Р = 0,35 [8,т.13,ст.285]

h – віддаль від торця втулки до заготовки, мм;

b – глибина свердління, мм;

l – довжина направляючого отвору кондукторної втулки, мм;

$$[\varepsilon_{пр}] = 0{,}26 - 0{,}5\frac{6{,}027-5{,}978}{2} - 0{,}35(6{,}027-5{,}978)\frac{4+30}{15} = 0{,}1966 \text{ мм};$$

Отже, точність даного пристрою дозволяє легко обробити дану поверхню з заданою точністю.

2.1.5 Рівень уніфікації

Визначаємо коефіцієнт уніфікації пристрою:

$$К_{ст} = \frac{\Sigma_{заг} - \Sigma_0}{\Sigma_{заг}} \cdot 100\%$$

де $\Sigma_{заг}$ – загальна кількість деталей у пристрої ; $\Sigma_{заг}$ = 39 шт.;

Σ_0 – кількість оригінальних деталей в пристрої; Σ_0 = 24 шт.;

$$К_{ст} = \frac{39-24}{39} \cdot 100 = 0{,}4 \cdot 100 = 40\%.$$

2.2 Пристрій контрольний

Пристрій призначений для контролю радіального биття діаметра виступів зубчастого вінця 15 відносно осі деталі (ОКБ А).

Пристрій спроектований для відтворення продуктивності контрольної операції на пристроях типу ПБ.

Пристрій складається з плити 1, до котрої гвинтами 21 та штифтами 23 прикріплені стійки 2, в котрих змонтовані центи: жорсткій 6 в лівій а в правій податливий центр 8, котрі розміщені у втулках відповідно 5 та 9.

До лівої стійки прикріплена гвинтами 20 скоба 16, що полегшує осьове переміщення центру 6, на квадратне січення прикріплені ручки 3 і 4, а на вихідному – поводок 7.

Центр 8 обмежений в переміщеннях в осьовому напрямку штифтом 22 та підтиснутий пружиною 10.

Навпроти контрольованої поверхні в плиті 1 закріплена стійка 13 на котрій за допомогою гайки 27 зафіксовано кронштейн 11.

В отворі кронштейна 11 в розрізній втулці 18 гвинтом 29 зафіксовано індикатор 25 а в кронштейні на штифті 24 розміщений сухар 15.

Пристрій працює наступним чином. Контрольовану деталь правим центровим отвором вставляють на виступаючий вінець податливого центра 8, натискають до його ухоплення у поводок 7 так, щоб квадратне січення розмістилось між його лапами, а лівий центральний отвір на центр 6 при цьому сухар 15 вільно ляже на зовнішній діаметр зубчастого вінця.

2.2.1 Розрахунок контрольного пристрою на точність

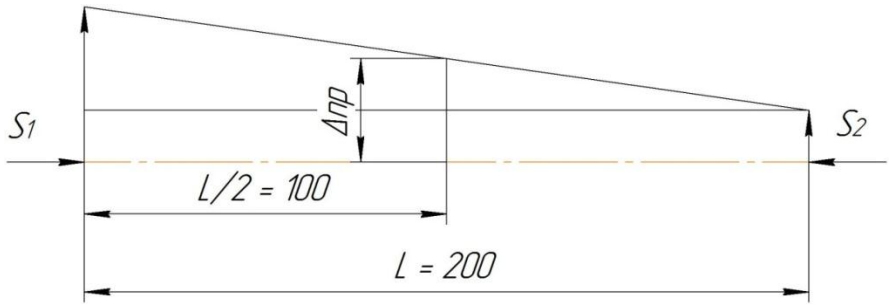


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема

З рисунка 2.4:

S_1 – зазор у лівому центрі, мкм;

S_2 – зазор у правому центрі, мкм;

Δпр – зазор посередині деталі враховуючи не співвісність центрів, мкм;

$$\Delta\text{пр.} = S_2 + \frac{S_1 - S_2}{2},$$

$$S_1 = 30 + 2 = 32 \text{ мкм};$$

$$S_2 = 18 + 11 = 29 \text{ мкм};$$

Тоді:

$$\Delta\text{пр} = 29 + \frac{32 - 29}{2} = 30{,}5 \text{ мкм};$$

Похибка пристрою:

$$\Delta\text{I} = \sqrt{100^2 + 30{,}5^2 + 1^2} = 104{,}5 \text{ мкм}.$$

Радіальне биття становить 100 мкм.

Похибка розміщення поверхні деталі дорівнює 4 мкм. Похибка індикатора – 1 мкм.

Отже, $\Delta\text{I} = 104{,}5 \text{ мкм} < \text{I} = 105 \text{ мкм}$.

Значить, при контролі радіального биття зубчастого вінця допускається покази індикатора не більше 105 мкм.

2.4.2 Рівень уніфікації

Рівень уніфікації визначаємо за формулою:

$$К_{ст} = \frac{\Sigma\text{заг.} - \Sigma\text{о}}{\Sigma\text{заг.}} \cdot 100\%,$$

де Σзаг. = 45 шт.;

Σо = 25 шт.;

Тоді:

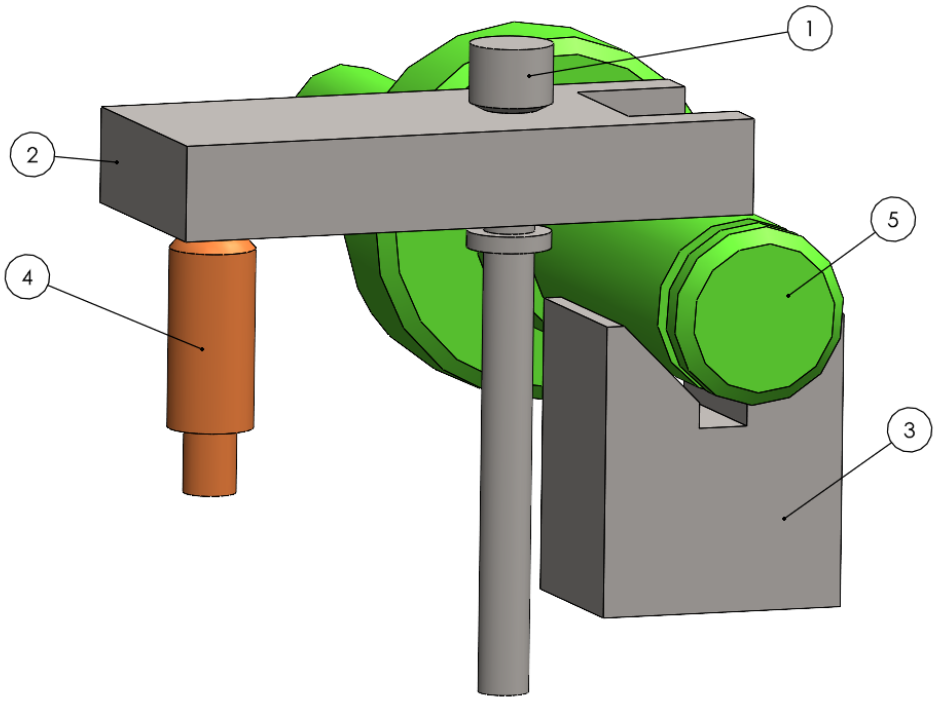
$$К_{ст} = \frac{45 - 25}{45} \cdot 100 = 44\%.$$

3 Імітаційне дослідження роботи відповідальних ланок свердлильного пристрою

3.1 Імітаційне дослідження притискного пристрою

Імітаційне дослідження притискного пристрою проведено у програмі SolidWorks Simulation.

На рис. 3.1 зображено тримірну модель притискного пристрою із притисненою деталлю 5.



1 – шпилька; 2 – притискач; 3 – призма; 4 – шток поршня; 5 – деталь

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель притискача

Розрахункову схему притискача подано на рис. 3.2.

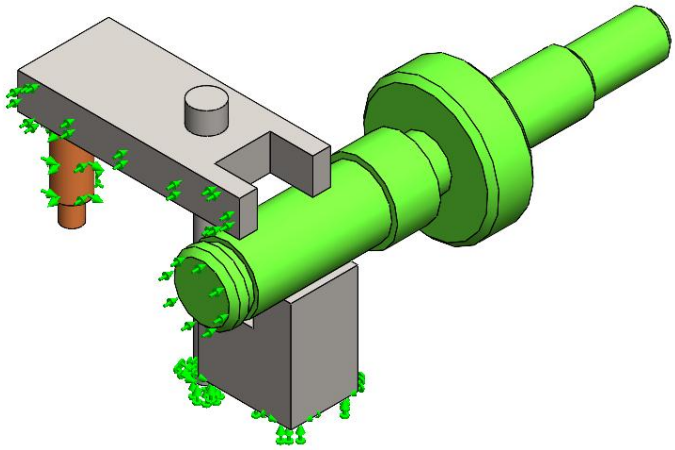


Рисунок 3. 2 – Розрахункова схема

Навантаження, що прикладається до досліджуваної моделі, а саме до штока становить 1768 Н.

Для проведення імітаційного дослідження модель притискача розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 3. 3).

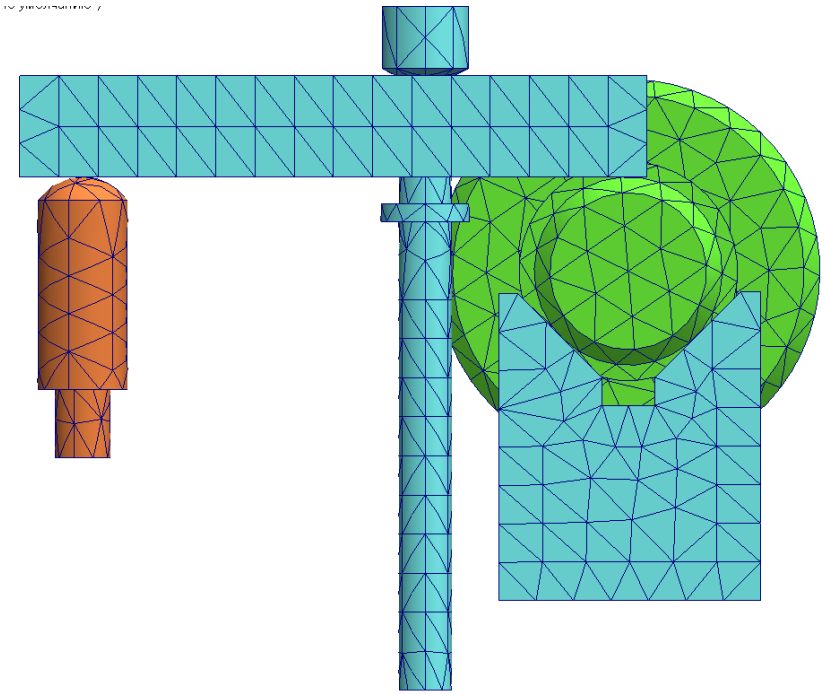


Рисунок 3.3 – Сітка кінцевих елементів

У досліджуваній моделі задано коефіцієнт тертя між усіма поверхнями, що контактують рівним 0. У результатів розрахунку отримані наступні результати:

– еквівалентні напруження;
– деформація;
– переміщення;
– контактний тиск.

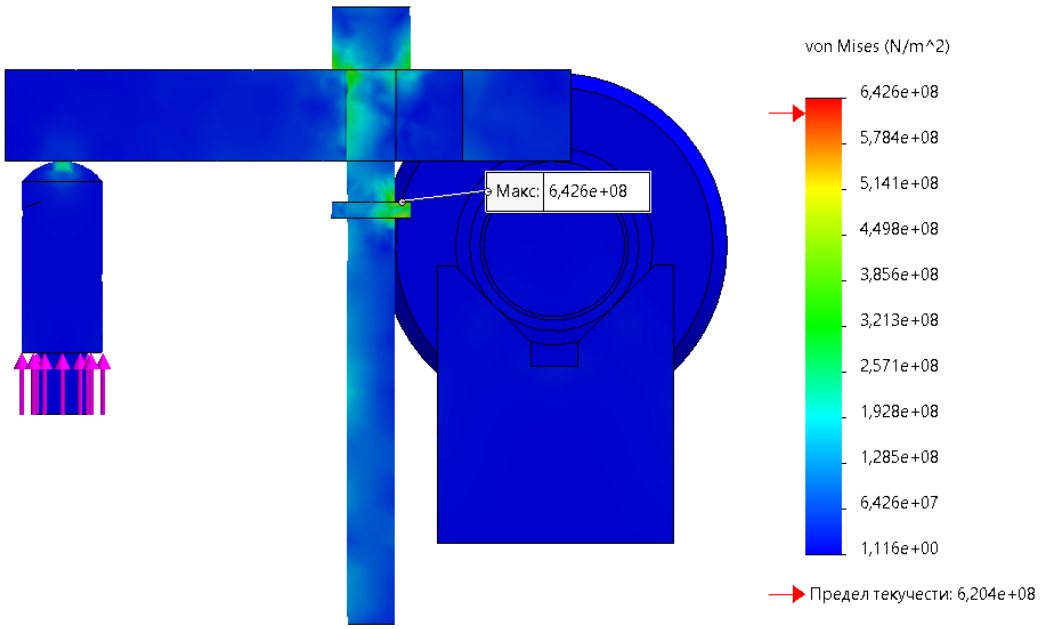


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

Максимальне значення еквівалентних напружень становить 642 МПа.

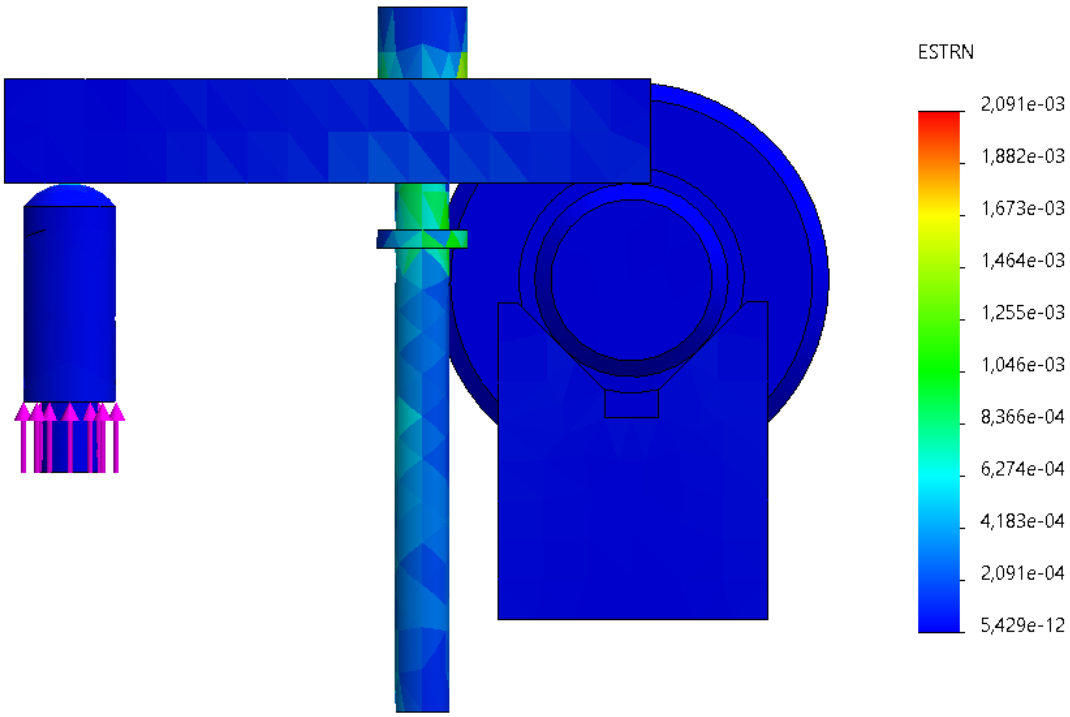


Рисунок 3.5 – Деформація

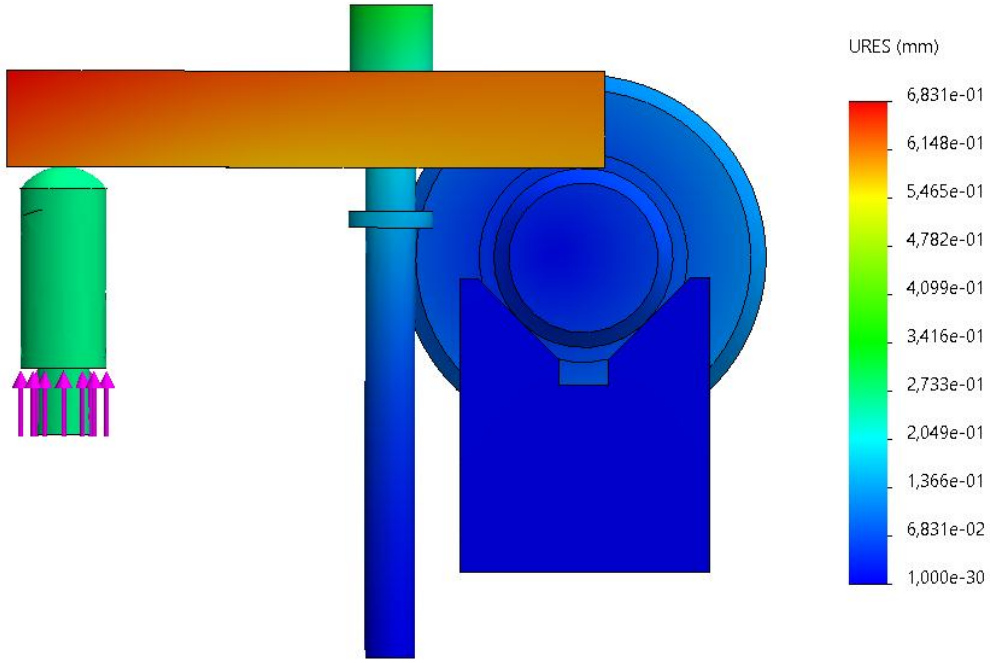


Рисунок 3.6 – Переміщення

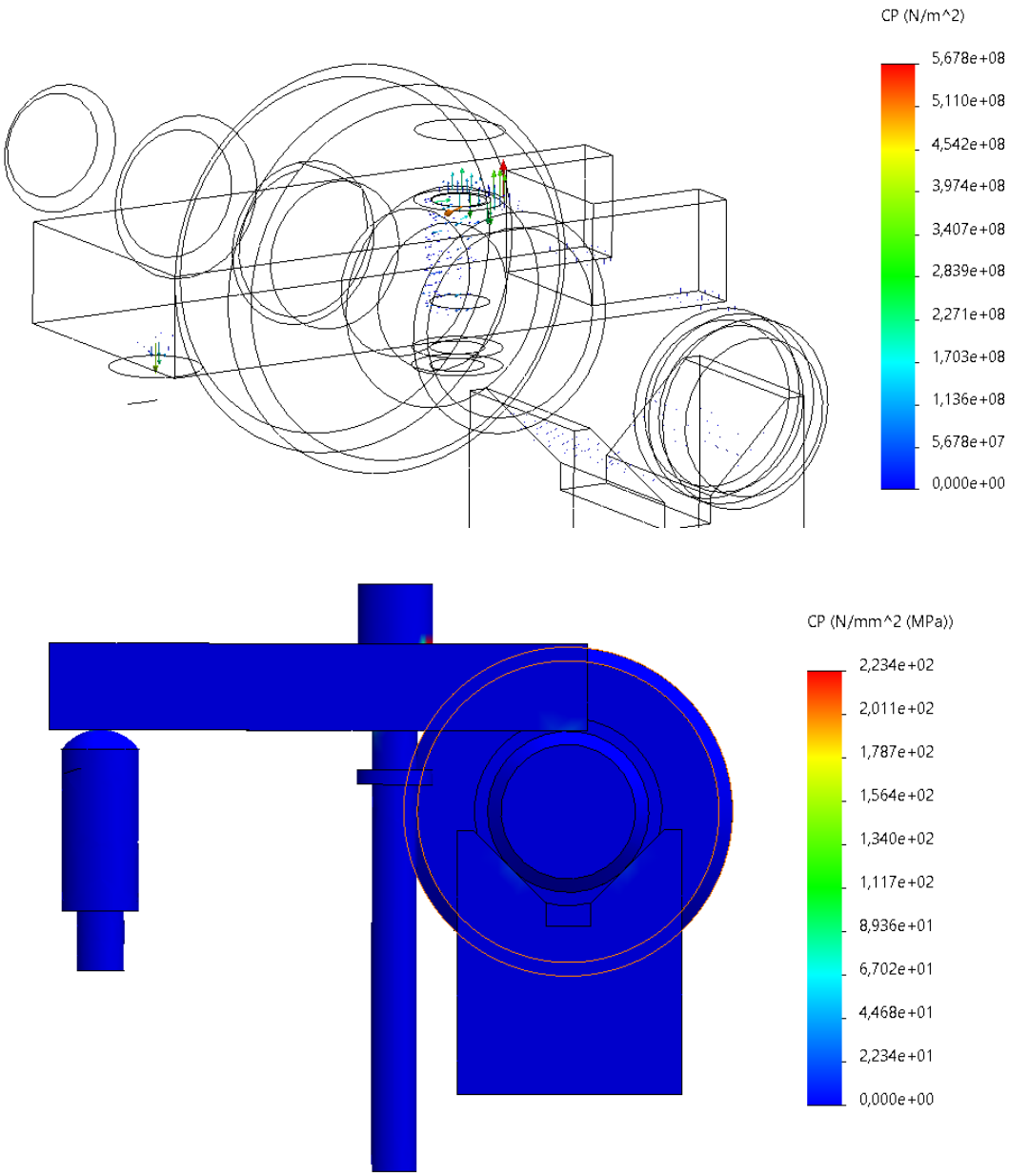


Рисунок 3.7 – Контактний тиск

Максимальне значення контактного тиску у досліджуваній моделі складає 223 МПа.

Висновок. Досить значні величини напружень спостерігаються у шпильці 1. Це обумовлено її конструкцією, оскільки виконання на її циліндричній поверхні бурта (виточуванням) без виконання галтелі призводить до концентрації напружень. Варта також зауважити, що величину контактного тиску між торцем гайки нагвинченої на шпильку та поверхнею притискача можна також зменшити за рахунок зміни форми торця гайки.

3.2 Імітаційне дослідження поршня

Тривимірна модель для проведення досліджень побудована у SolidWorks, а дослідження проведено у її прикладному модулі Simulation.

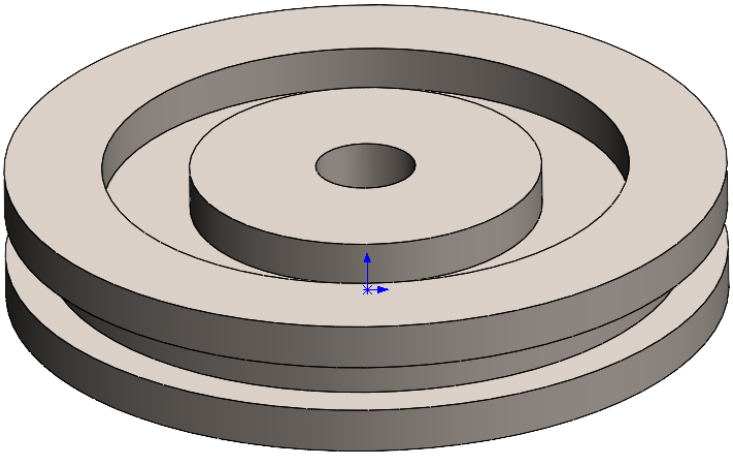


Рисунок 3.8 – Тривимірна модель поршня

На рис. 3.9 зображено розрахункову схему для досліджуваної моделі поршня.

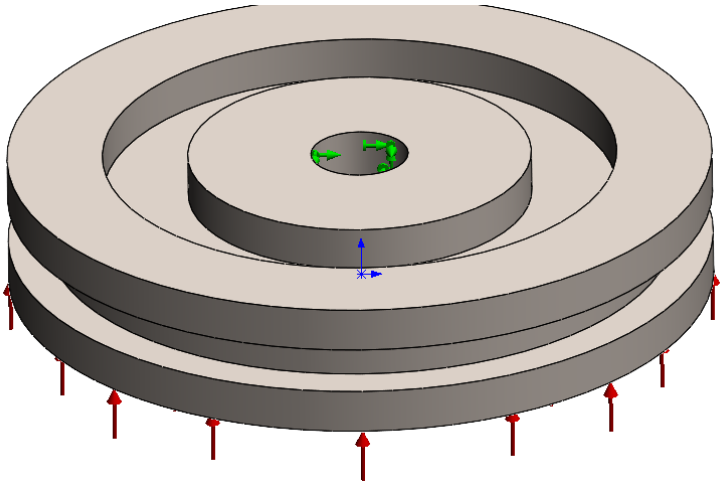


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема досліджуваної моделі поршня

Досліджувану модель поршня гідроциліндра розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 3.10).

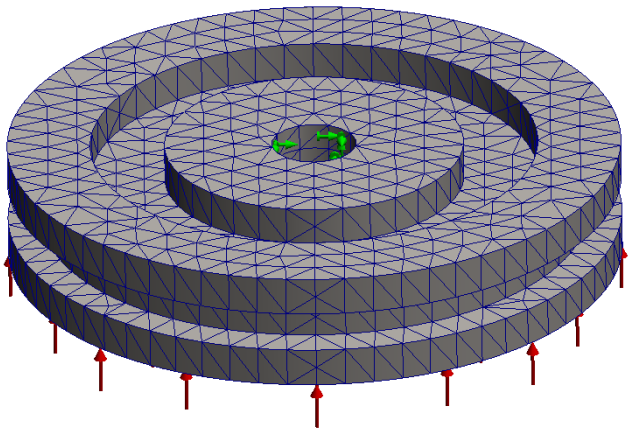


Рисунок 3.10 – Сітка кінцевих елементів поршня

У результатів розрахунку отримані еквівалентні напруження, переміщення, деформація.

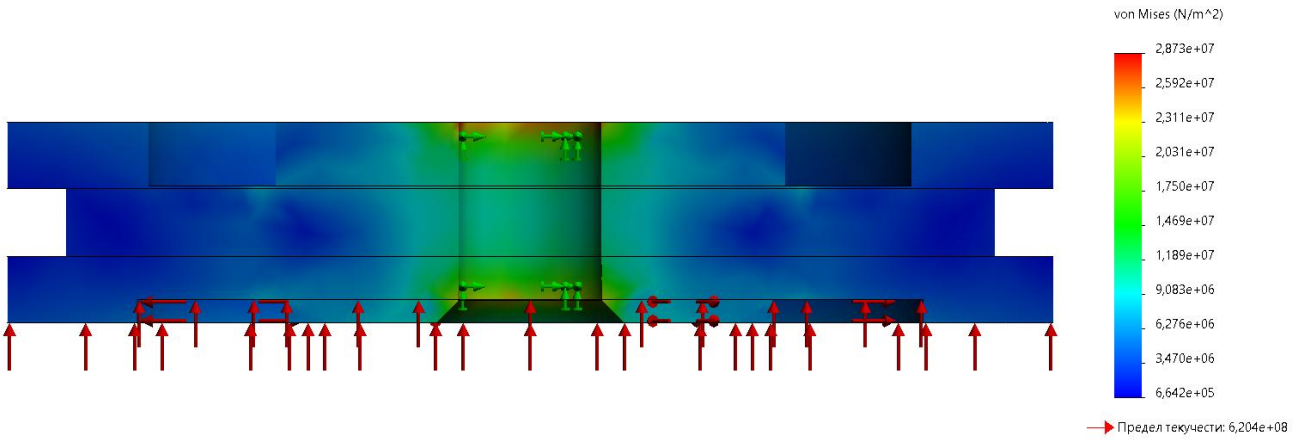


Рисунок 3.11 – Розподіл еквівалентних напружень

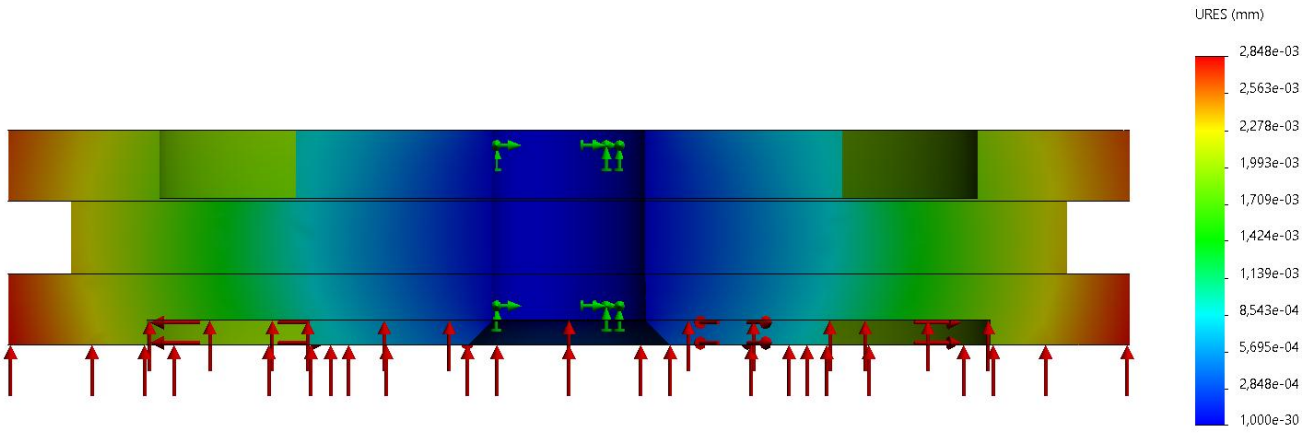


Рисунок 3.12 – Переміщення

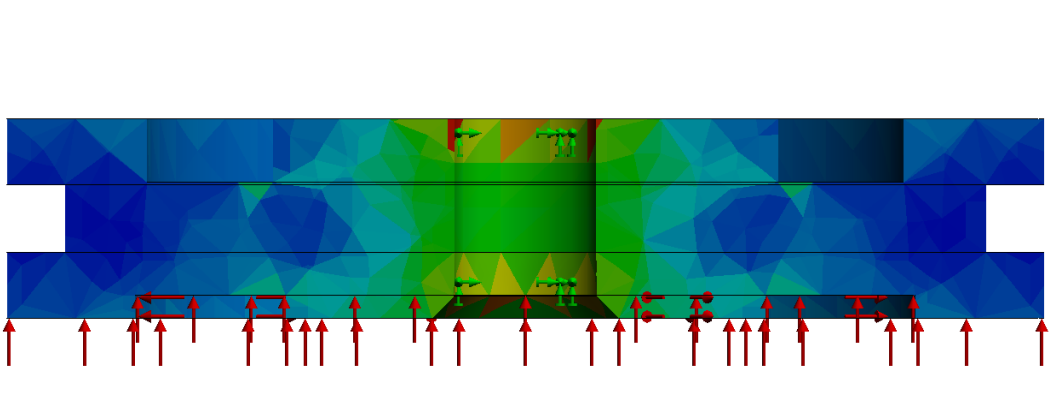


Рисунок 3.13 – Деформація

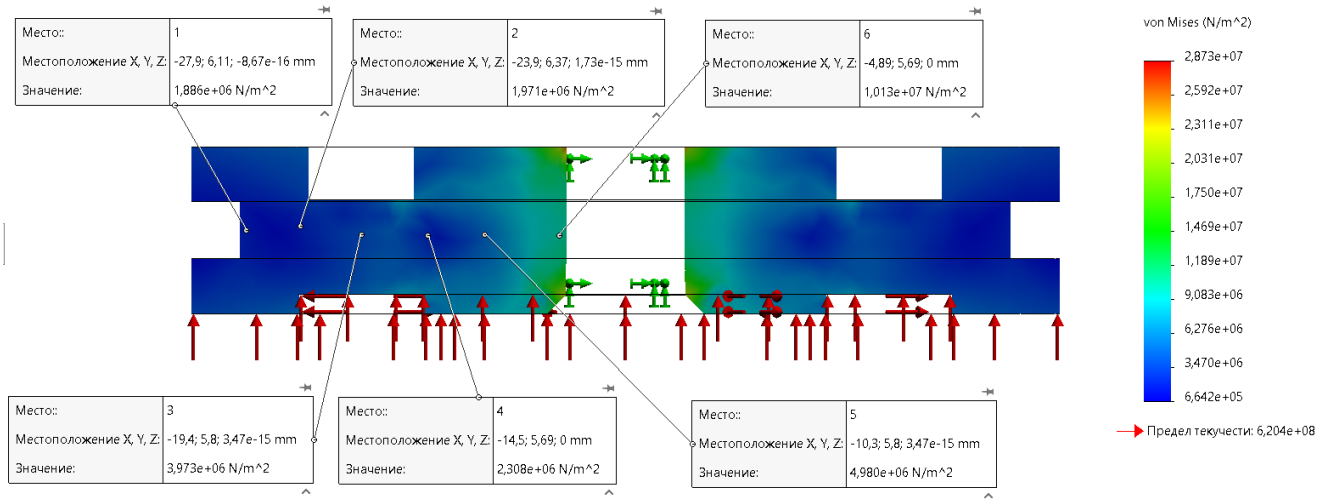


Рисунок 3.14 – Напруження у контрольних точках

Рисунок 3.15 – Розподіл еквівалентних напружень по радіусу

Виходячи із результатів імітаційного дослідження можна зробити висновок, що напруження, які виникають у поршні при дії тиску 0,69 МПа є доволі низькими. У такому випадку залежно від матеріалу, з якого виготовлено поршень, можна зменшити товщину стінки (зменшити масу).

Висновок

В магістерській роботі розроблено техпроцес механічної обробки деталі вал-шестірні КУ 2126-43-402 для умов середньо-серійного виробництва. Робота складається із пояснювальної записки (3 розділи і 3 додатки) та графічної частини 6 арк. ф. А1.

В пояснювальній записці, у першому розділі: проведений аналіз заводського техпроцесу виготовлення деталі та розроблено проектний, у другому розділі розроблено конструкцію верстатного та контрольного пристроїв, у третьому розділі з допомогою програмного продукту SolidWorks Simulation зімітовано роботу описаного в другому розділі свердлильного пристрою чим підтверджено його працездатність. В додатках наведена технічна документація проектного техпроцесу виготовлення деталі вал-шестірня КУ2126-43-402 та специфікації розроблених у другому розділі пристроїв.

В графічній частині наведені відповідно на 1-му арк. схеми до аналізу точності, на 2-му арк. - карта налагодження на 015 оп., на 3-му арк. – складальне креслення свердлильного пристрою (оп.035), на 4-му арк. - складальне креслення контрольного пристрою, на 5-му та 6-му арк. рисунки імітаційного дослідження працездатності свердлильного пристрою (оп. 035).

В порівняні з базовим в проектному технологічному процесі:

– використані продуктивні методи механічної обробки і спеціальна технологічна оснастка;

– припуски і режими різання і норми часу прийняті на основі чинних нормативів та визначено розрахунково-аналітичним методом;

– при обробці даної деталі використовуються стандартний металорізальний інструмент.

Впроваджені зміни технології забезпечують зменшення витрат на річну програму, а саме: матеріалів - на 17777,8 кг, часу на виготовлення – на 179210 хв., що дозволить здешевити собівартість виготовлення та підвищити конкурентоспроможності виробу на ринку.

Список використаних джерел

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х. т. Т.11 Под. ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1973-694с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х. т. Т.2 Под. ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1973-568с.
3. Справочное пособие: Справочник В 2-х. т./Ред. сонет.: Б.Н.Вардашкин и др. – М.: Машиностроение, 1984 – Т1/Под. ред. Б.Н.Вардашкина, А.А.Шашилова, 1984 – 592с.
4. Обработка материалов резанием: Справочник технолога /А.А.Панов, В.В.Анинин, И.Г.Боин и др./Под. общ. ред. А.А.Панов – М.: Машиностроение 1988 – 736с.
5. Станочное пособие: Справочник. В-2х.т. /Под. ред. Б.Н.Вардашкина др. – М.: Машиностроение, 1984 – Т2/Под. ред. Б.Н.Вардашкина, А.А.Шемакова, 1984 – 656с.
6. Курсовое проектирование по технологи машиностроения / Под. ред. А.Ф.Горбачевича и др. – Минск «Вышайшая школа», 1975 – 286с.
7. Ансоров М.А. «Приспособление для металорежущих станков». М.: Машиностроение, 1974 – 648с.
8. Горошкин А.К. «Приспособление для металорежущих станков». Справочнік. М.: Машиностроение, 1979 – 303с.
9. Корсанов В.С. Основи конструирования приспособлений – М.: Машиностроение, 1983 – 275с.
10. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. Івано-Франківськ, 1999 – 186 с.
11. М.С.Когут. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Львів. Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 351с.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. В-3х.т. Т1. М.: Машиностроение, 1980 – 728с.

Додатки

Дубл.			
Взамін			
Підпис			

					Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

ІФНТУНГ	ПМКм-20-1	
Вал-шестірня КУ2126-43-402	п	

«Затверджую»
Зав. каф. проф. Панчук В.Г.

Комплект технологічної документації

Технологічний процес механічної обробки вала-шестірні КУ 2126-43-402

Розробив: ст. гр.ПМКм-20-1
Грішторр Т.Т.
Перевірив:
Шуляр І.О.

Акт №____від «__»_____ 2021 р.

ТЛ	Обробка різанням	1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

1 3

Розробив	Гріштор			ІФНТУНГ		
Перевірив	Шуляр					
				Вал-шестірня КУ 2126-43-402	п	
Н. контр.	Шуляр					

М01	БрАжМЦ-10-3-1,5 ГОСТ 18175-78									
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ
М02	095003	кг	1,08	10	10,8	0,6	09500х	Прокат ø85х320	10	10,8

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу
Б	Код найменування операції					См Проф. Р Уп Кр Ковд Он Оп Кшт Тп.з Тшт.к.
Р						ПИ D або B L t i S N V
А 01				005	7915 Фрезерно-центрувальна	60140.00501:20140.00501 ІОПТБ 7915-95
Б 02	3813хх.хххх Фрезерно-центрувальний МР-77					3 18632 4 1 1 1 1 35 1 18 0,559
03						
А 04						
Б 05				010	5714 Токарно-автоматна	60143.01001;20143.01001 ІОПТБ 5714-95
06	381111.хххх Токарний багато. напівавт. 1А720					3 18225 4 1 1 1 1 35 1 28 0,504
А 07						
Б 08						
09						
А 10				015	5714 Токарно-автоматна	60143.01501;20143.01501 ІОПТБ 5714-95
Б 11	381111.хххх Токарний багато. напівавт. 1А720					3 18225 4 1 1 1 1 35 1 28 0,49
12						
А 13				020	7115Горизонтально-фрезерна	60141.02001; 20141.02001 ІОПТБ 7115-95
Б 14	381631.хххх Горизонтально-фрезерний 6Р82Г					3 18632 4 1 1 1 1 35 1 27 1,363
15						
А 16						
Б 17						

МК	Обробка різанням	2

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ Док.	Підпис	Дата

Розробив	Гріштор Т.Т.			ІФНТУНГ	
Перевірив	Шуляр І.О.				
				Вал-шестірня КУ 2126-43-402	п
Н. контр.	Шуляр І.О.				

	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ
М01										
М02		кг	1,6	1		0,88	41211х	ø51х200	1	1,8

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції	Позначення документу										
Б	Код найменування операції					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Ковд	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Тшт.к.
Р						ПИ	D або В		L		t	i	S		N	V
А 01				025	1304 Зубофрезерний	60140.02501; 20140.02501 ІОПТБ 1304-92										
Б 02	381561.хххх Зубофрезерний 5К310					3	12287	4	1	1	1	1	35	1	35	5,6
03																
А 04																
05				030	6314 Токарно-горизонтально	60140.03001; 20140.03001 ІОПТБ 6314-95										
06	3811хх.хххх Токарно-горизонтальний 16ТОЗП					3	18217	4	1	1	1	1	35	1	16	0,99
07																
08																
09																
10				035	5012 Вертикально-свердлильна	60141.03501; 20141.03501 ІОПТБ 5012-93										
11	3812113.хххх Вертикально-свердлильний 2Н118					3	17335	4	1	1	1	1	35	1	16	0,31
12																
13				040	8716 Круглошліфувальна	60141.03501; 20141.03501 ІОПТБ 5012-93										
14	581311.хххх Круглошліфувальний 3Т153Е					3	18873	4	1	1	1	1	35	1	28	2,42
15																
16				045	Контрольна											
17																

МК | Обробка різанням

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.			
Взамін			
Підпис			

					Зм	Ар	№ Док.	Підпис	Дата

Розробив	Гріштор Т.Т.			ІФНТУНГ		
Перевірив	Шуляр І.О.					
Н. контр.	Шуляр І.О.			Вал-шестірня КУ2126-43-402		

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
035 Вертикально-свердлильна	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	НВ197	кг	1,6	ø57x200	1,8	1

Обладнання, оснастка	Позначення програми	То	$T_д$	Тп.з	Тшт.к.	МОР
Вертикально-свердлильний Модель 2Н118	-	0,1	0,19	16	0,31	Без охолодження

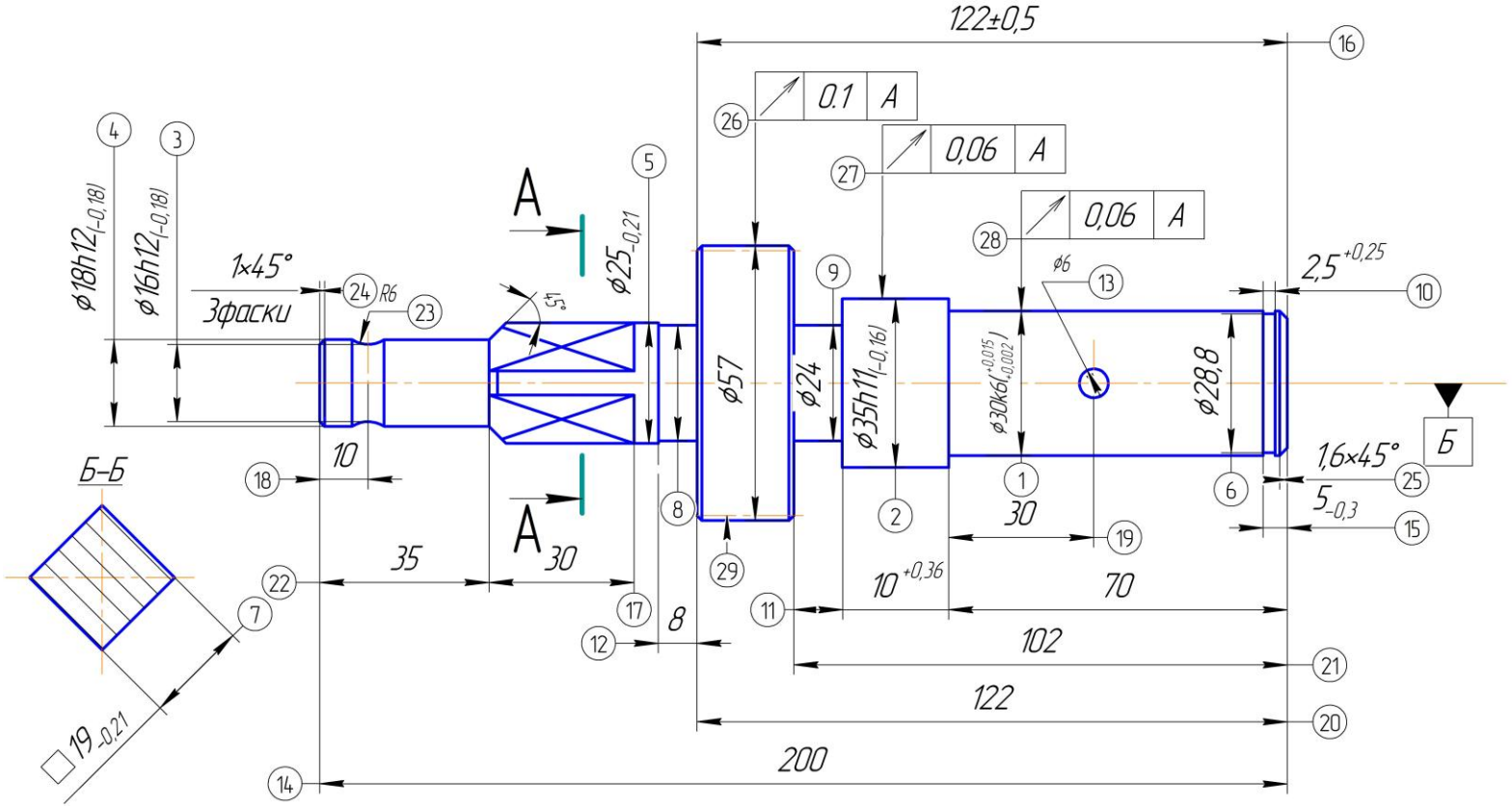
Р		ПН	Dабо В	L	t	i	s	n	v	$T_О$	$T_{шт.к.}$
01	1.Встановити деталь на призму; закріпити										
02	Вантажозахоплювач 1-270-00										
03											
О04	2. Свердлити отвір втримавши розмір (1)										
Т05	Свердло 2301-0076 ГОСТ 10903-77;										
Р06	Штангенциркуль ШЦ-II-0-250=0,05 ГОСТ 166-89										
07	Пневмокондуктор Р919										
08											
09											
Р10			$ø6^{+0,3}$	30	3	1	0,3	800	15,7		
11											
12	3. Зняти деталь										
13											
14	4. Ставити клеймо виконавця										
15	Молоток 7850-0103 415хр ГОСТ 2310-77										
16											
17	5. Покласти деталь в тару										

ОК	Обробка різанням	4

Дубл.											
Взамін.											
Підпис							Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Грішторр Т.Т.			ІФНТУНГ			
Перевірив	Шуляр І.О.						
Н. контр.	Шуляр І.О.			Вал-шестірня КУ 2126-43-402			
					п		010

12,5 ( )

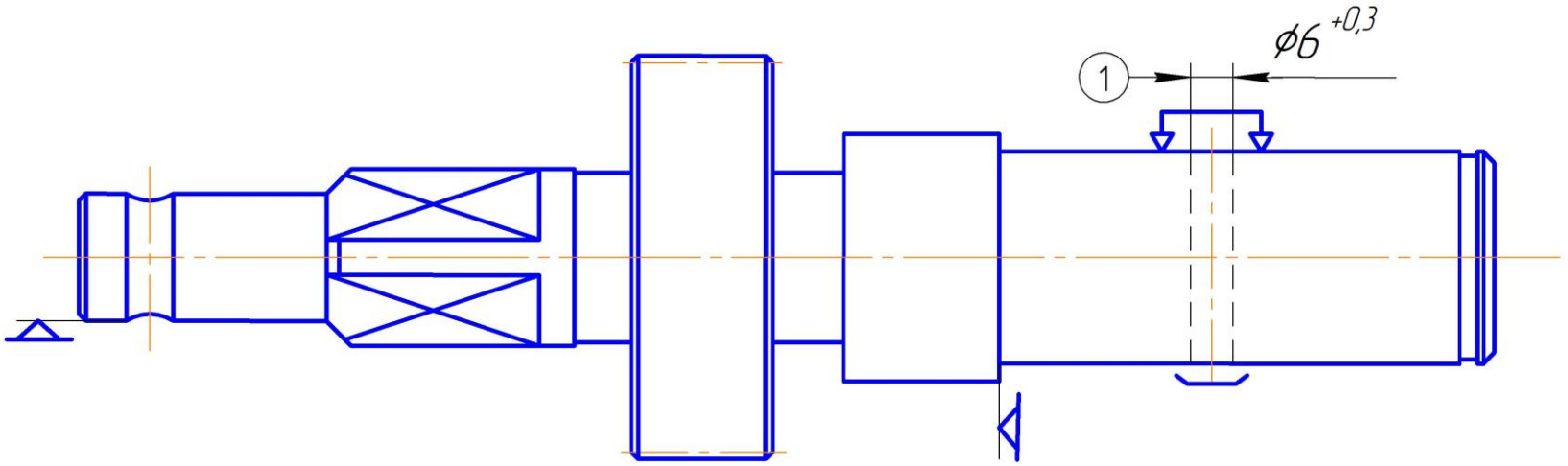


КЕ	5

Дубл.									
Взамін.									
Підпис						Зм	Ар	№ Док.	Підпис	Дата

Розробив	Гріштор Т.Т.			ІФНТУНГ		
Перевірив	Шуляр І.О.					
Н. контр.	Шуляр І.О.			Вал-шестірня КУ 2126-43-402	п	010

12,5 (√)



КЕ		6

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.										
Взамін										
Підпис										
					Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	

Розробив	Гріштор Т.Т.			ІФНТУНГ		
Перевірив	Шуляр І.О.					
Н. контр.	Шуляр І.О.			Вал-шестірня КУ 2126-43-402	н	

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
Контрольна	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	НВ 197	кг	1,6	Ø57х200	1,8	1

Обладнання, оснастка	Позначення програми	То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР
Стіл контролера	–					

Р	Контрольні параметри	Код ТЗ	Найменування ТЗ контролю	Обсяг та ПК
1	Перевірити розмір 1	393120.хххх	Калібр – скоба 8113-0122 k6 ГОСТ 18362-73	100%
2	Перевірити розмір 2	393120.хххх	Калібр – скоба 8113-0127 h11 ГОСТ 18362-73	100%
3	Перевірити розмір 3	393120.хххх	Калібр – скоба спеціальна	100%
4	Перевірити розмір 4	393120.хххх	Калібр – скоба 8113-0110 h12 ГОСТ 18362-73	100%
5	Перевірити розмір 5	393120.хххх	Калібр – скоба 8113-0117 h12 ГОСТ 18362-73	100%
6	Перевірити розмір 6	393120.хххх	Калібр – скоба спеціальна	100%
7	Перевірити розмір 7	393120.хххх	Калібр – скоба 8113-0014 h12 ГОСТ 18362-73	100%
8	Перевірити розмір 8,9,10	393311.хххх	Штангенциркуль ШЦ – II –0-250-0,05 ГОСТ 166-89	25%
9	11,12,13,14,15,16,17,18	393311.хххх	Штангенциркуль ШЦ – II –0-250-0,05 ГОСТ 166-89	25%
10	Перевірити розмір 19,20	39331х.хххх	Штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-89	25%
11	21,22	39331х.хххх	Штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-89	25%

КТК	Контрольна	7

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

						Зм	Ар	№ Док.	Підпис	Дата	

Дубл.						
Взамін						
Підпис						

Розробив	Федів Р.В			ІФНТУНГ		
Перевірив	Одосій З.М					
				Вал-шестірня КУ 2126-43-402	н	
Н. контр.	Обосій З.М					

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
Контрольна	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	НВ 197	кг	1,6	Ø57х200	1,8	1

Обладнання, оснастка	Позначення програми	То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР
Стіл контролера	–					

Р	Контрольні параметри	Код ТЗ	Найменування ТЗ контролю	Обсяг та ПК
1	Перевірити радіус 23	39312х.хххх	Шаблон РШ1 ГОСТ 4126-82	10%
2	Перевірити фокус 24,25	3931хх.хххх	Шаблон фасковий спеціальний	10%
3	Перевірити умови 26,27,28	39413х.хххх	Пристрій контрольний ДП	50%
4	Перевірити зубчастий	393ххх.хххх	Зубомір М1 (23500) ГОСТ 4446-81	50%
5	вінець 29	394ххх.хххх	Нормалемір М3 (22202) ГОСТ 7760-81	50%
6				
7				
8	Перевірити шорсткість		Зразки шорсткості № ГОСТ 9378-75	10%
9	оброблюваних поверхонь			
10	Ra 0,8; Ra 1,6; Ra 3,2; Ra 12,5			
11				

КТК	Контрольна	8

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
A1			МР.ПМК-136.03.00.000СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	МР.ПМК-136.03.00.001	Плита	1	
		3	МР.ПМК-136.03.00.003	Корпус	1	
				Деталі		
		2	МР.ПМК-136.03.00.002	Поршень-шток	1	
		4	МР.ПМК-136.03.00.004	Кришка	1	
		5	МР.ПМК-136.03.00.005	Опора	1	
		6	МР.ПМК-136.03.00.006	Прихват	1	
		7	МР.ПМК-136.03.00.007	Призма	1	
		8	МР.ПМК-136.03.00.008	Кронштейн	1	
		9	МР.ПМК-136.03.00.009	Пружина	1	
		10	МР.ПМК-136.03.00.010	Втулка	1	
		11	МР.ПМК-136.03.00.011	Кондукторна втулка	1	
		12	МР.ПМК-136.03.00.012	Плита	1	
		13	МР.ПМК-136.03.00.013	Пружина	1	
		14	МР.ПМК-136.03.00.014	Ущільнююче кільце	1	
		15	МР.ПМК-136.03.00.015	Пружина	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гріштор		
Пров.		Шуляр		
Н.контр.		Шуляр		
Утв.		Панчук		

МР.ПМК-136.03.00.000 ПЗ

Пристрій свердлильний (пояснювальна записка)

Лит.	Лист	Листов
У	1	2

ІФНТУНГ ПМКм-20-1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Стандартні деталі		
				Шайба ГОСТ 11371 – 88		
		16		8.01.05	1	
		17		10.01.05	1	
		18		Шпилька М10 – 6gх40.5.8		
				ГОСТ 22034 – 76	1	
		19		Гайка М10.5		
				ГОСТ 151524 – 70	1	
		20		Гвинт М8х25.88		
				ГОСТ 11738 – 72	4	
		21		Штифт 8R 6х60		
				ГОСТ 3128 – 70	4	
		22		Гвинт М10х25.88		
				ГОСТ –11738 – 81	2	
		23		Штифт 10R6х60		
				ГОСТ – 11738 – 72	2	
		24		Болт М10 – 6gх30.66.05		
				ГОСТ 7805 – 80	1	
		25		Гайка М10.5		
				ГОСТ 151524 – 70	1	
		26		Шпонка		
				ГОСТ 23360–78 14х8х30	1	
		27		Штифт 6R6х60		
				ГОСТ 11738 – 72	1	
		28		Гвинт М6х25.88		
				ГОСТ 11738 – 72	4	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК–136.03.00.000 ПЗ	Лист 2

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
A1			МР.ПМК-136.04.00.000СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	МР.ПМК-136.04.00.001	Плита	1	
		2	МР.ПМК-136.04.00.002	Стійка	2	
				Деталі		
		3	МР.ПМК-136.04.00.003	Ручка	1	
		4	МР.ПМК-136.04.00.004	Ручка	1	
		5	МР.ПМК-136.04.00.005	Втулка	1	
		6	МР.ПМК-136.04.00.006	Жорсткий центр	1	
		7	МР.ПМК-136.04.00.007	Повідок	1	
		8	МР.ПМК-136.04.00.008	Плавуючий центр	1	
		9	МР.ПМК-136.04.00.009	Втулка	1	
		10	МР.ПМК-136.04.00.010	Пружина	1	
		11	МР.ПМК-136.04.00.011	Кронштейн	1	
		12	МР.ПМК-136.04.00.012	Стійка	1	
		13	МР.ПМК-136.04.00.013	Кришка	1	
		14	МР.ПМК-136.04.00.014	Сухар	1	
		15	МР.ПМК-136.04.00.015	Втулка	1	
		16	МР.ПМК-136.04.00.016	Поршень	1	
		17	МР.ПМК-136.04.00.017	Втулка	1	
		18	МР.ПМК-136.04.00.018	Кільце	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гріштор		
Пров.		Шуляр		
Н.контр.		Шуляр		
Утв.		Панчук		

МР.ПМК-136.04.00.000 ПЗ

Пристрій контрольний (пояснювальна записка)

Лит.	Лист	Листов
У	1	2

ІФНТУНГ ПМКм-20-1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Стандартні деталі		
		19		Гвинт М6-6дх12.66.05	4	
				ГОСТ 21336-75		
		20		Гвинт М8х20.58	4	
				ГОСТ 1491-72		
		21		Штифт 4R6х30	1	
				ГОСТ 12207-79		
		22		Штифт 8R6х30	4	
				ГОСТ 12207-79		
		23		Штифт 6R6х30	1	
				ГОСТ 11738-72		
		24		Індикатор И4.10	1	
				ГОСТ 577-68		
		25		Кульковий підшипник	2	
				60202 ГОСТ 7242-70		
		26		Гайка М16-7Н.65.05	1	
				ГОСТ 5927-70		
		27		Шайба 16.01.05	1	
				ГОСТ 11371-88		
		28		Гвинт М6-6g.66.05	1	
				ГОСТ 21336-75		
		30		Гвинт М6-6g.66.05	4	
				ГОСТ 21336-75		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-136.04.00.000 ПЗ	Лист 2

Копировал Формат А4

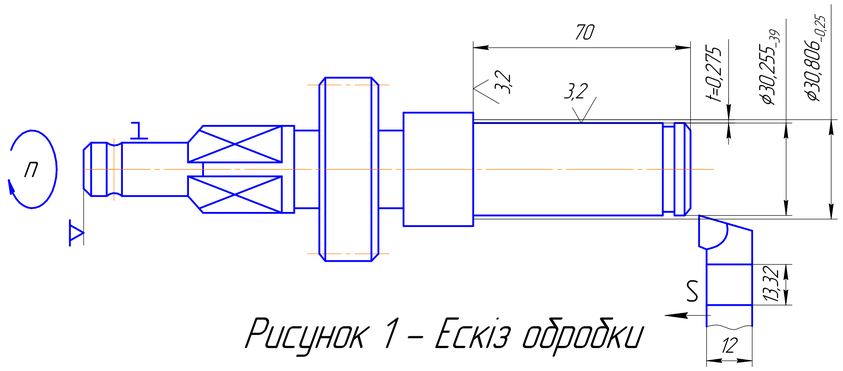


Рисунок 1 – Ескіз обробки

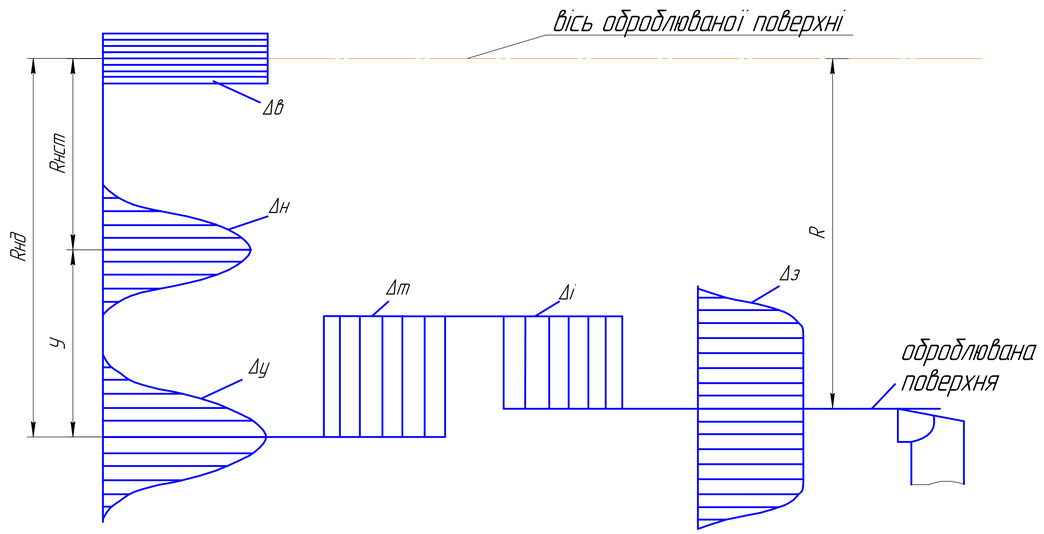


Рисунок 2 – Схема технологічного розмірного ланцюга

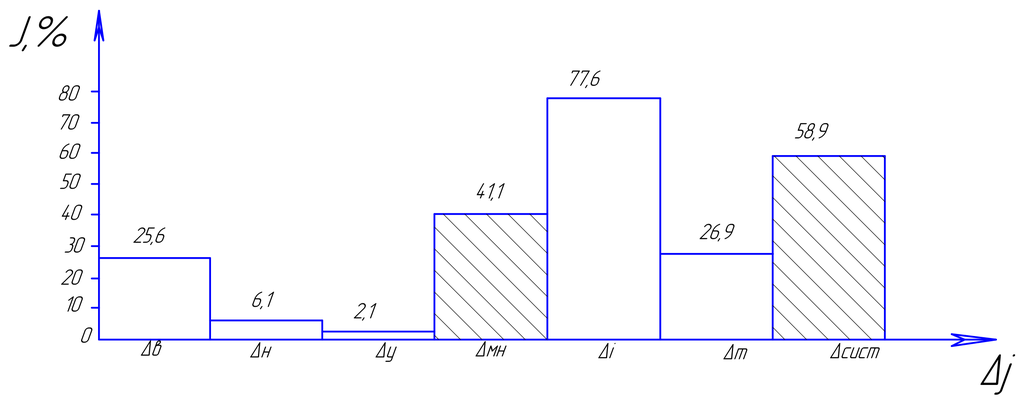


Рисунок 3 – Гістограма похибок обробки

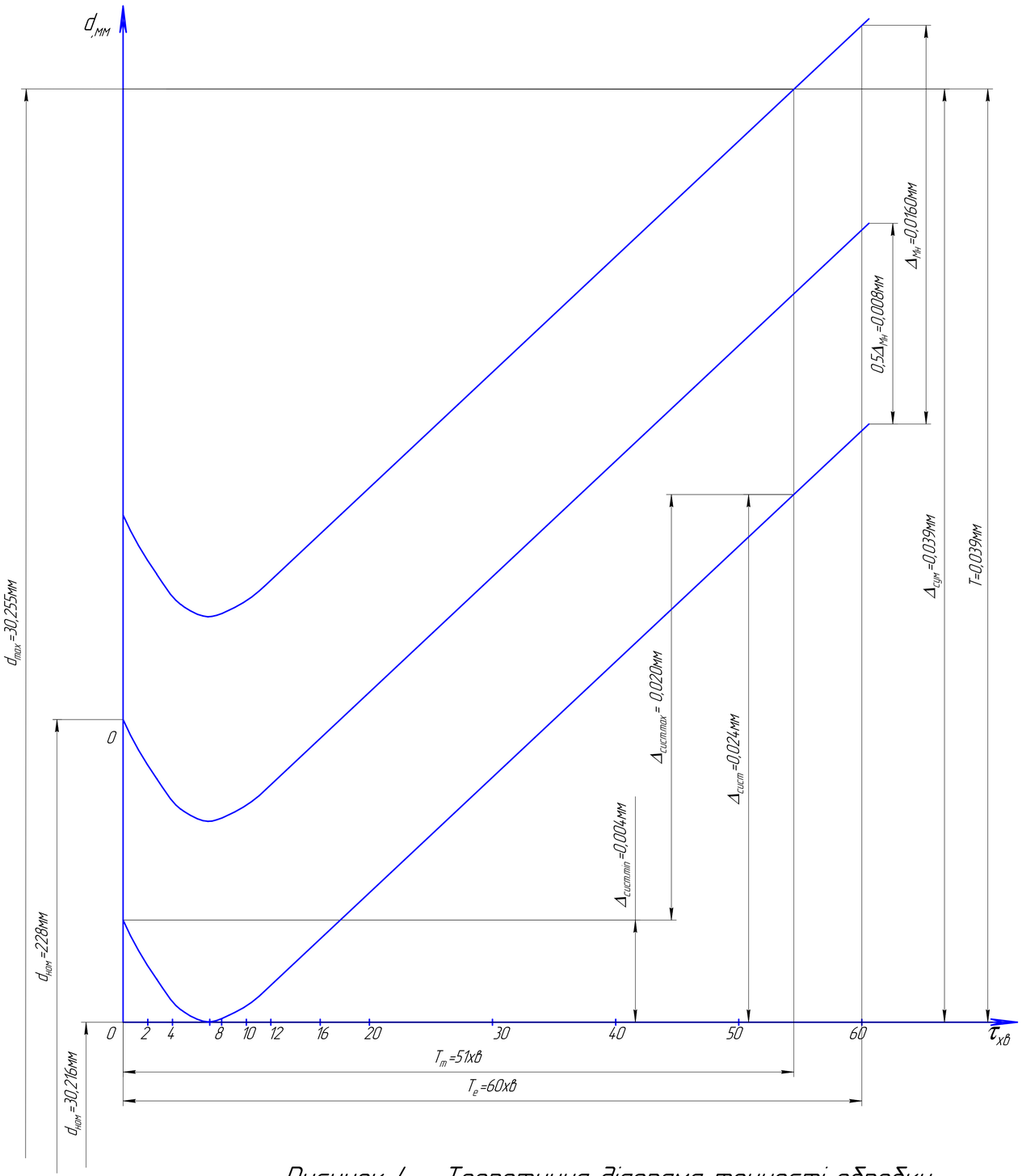


Рисунок 4 – Теоретична діаграма точності обробки

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-136.01.00.000Сх		
Разраб.		Грішпор			Аналіз точності	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Шуляр				Н	–	–
Т.контр.		Шуляр				Лист	Листов 1	
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Н.контр.		Шуляр						
Утв.		Панчук						

Копировал

Формат А1

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

МР.ПМК-136.02.00.000Сх

Різець 2136-0004 Т5К10 МН604-64

Різець 2136-0003 Т5К10 МН604-64

Різець спец. Т5К10

Різець спец. Т5К10

Патрон

Центр А-І-3-Н Гост 8742-75

Піноль

Швидкий підвід

Робочий хід

25

4,6

S

7

6

5

4

1

2

3

П

ϕ53,8$_{-0,1}$

ϕ56,63$_{-0,1}$

ϕ25$_{-0,1}$

ϕ17,91$_{-0,05}$

ϕ16,91$_{-0,05}$

ϕ14,8$_{-0,1}$

26

13

11

14

24

25,1

15

25,2

Різець2100-0805 Т5К10 ГОСТ18878-73

Різець2100-0805 Т5К10 ГОСТ18878-73

Різець2100-0405 Т5К10 ГОСТ18878-73

38

34±0,5

36±0,5

164,69$^{+0,1}$

189,82$^{+0,04}$

65

S

65

38

Деталь до операції

12,5

69±0,37

23*

10$^{+0,36}$

1,6×45°

6,3

6,3

6,3

ϕ35,84$_{-0,62}$

ϕ60$_{-0,74}$

ϕ24$_{-0,52}$

30*

ϕ30,63$_{-0,25}$

ϕ28,8$_{-0,2}$

5±0,15

2,5$^{+0,25}$

102±0,435

122±0,5

8$^{+0,36}$

200$_{-0,29}$

Деталь після операції

12,5

ϕ57$_{-0,74}$

3,2

3,2

R6

ϕ25$_{-0,1}$

ϕ16$_{-0,18}$

ϕ18$_{-0,18}$

14

13

11

26

15

25,1

25,2

10±0,18

1,6×45°

3 фаски

24

35±0,31

200$_{-0,29}$

	Точити фаски 25.1 і 25.2	1,6		112,8		
	Точити пов. 14	9,0		31,7		
	Точити фаску 24	1,6		35,6		
2	Поперечний супорт		0,2		6,30	0,037
	Точити пов. 15	1,5		112,8		
	Точити пов. 13, 26	3,5		49,5		
	Точити пов. 11	2,5		49,5		
1	Поздовжній супорт		0,3		6,30	0,244
015	Автоматно-токарна					0,284
№ опер. пер.	Назва та зміст операції, переходу	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв$^{-1}$	T_{0}, хв
		Режими різання				

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Розраб.		Грішпор			
Пров.		Шуляр			
Т.контр.		Шуляр			
Реценз.					
Н.контр.		Шуляр			
Утв.		Панчук			

МР.ПМК-136.02.00.000Сх

Карта налагодження

Літ.	Маса	Масштаб
Н	–	–
Лист	Листів	1

Верстат мод. 1А720

ІФНТУНГ ПМКм-20-1

Копіював

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

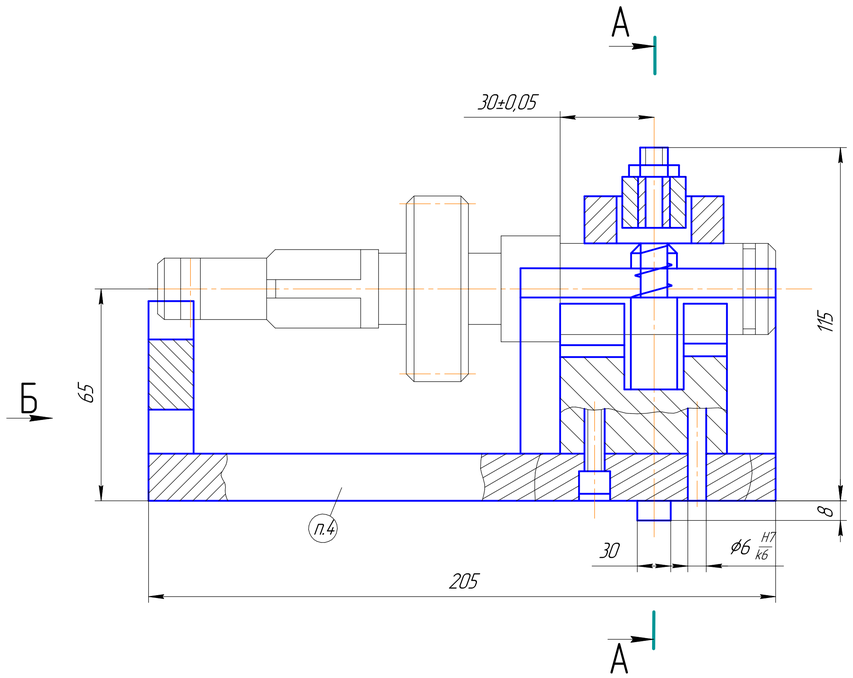
Инв. № дубл.

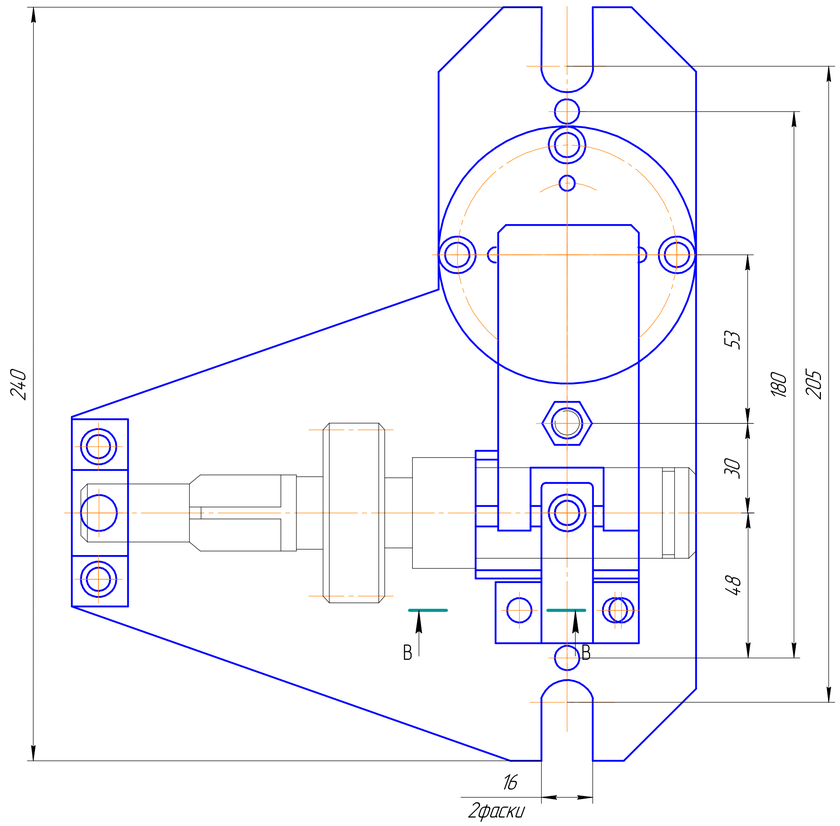
Взам. инв. №

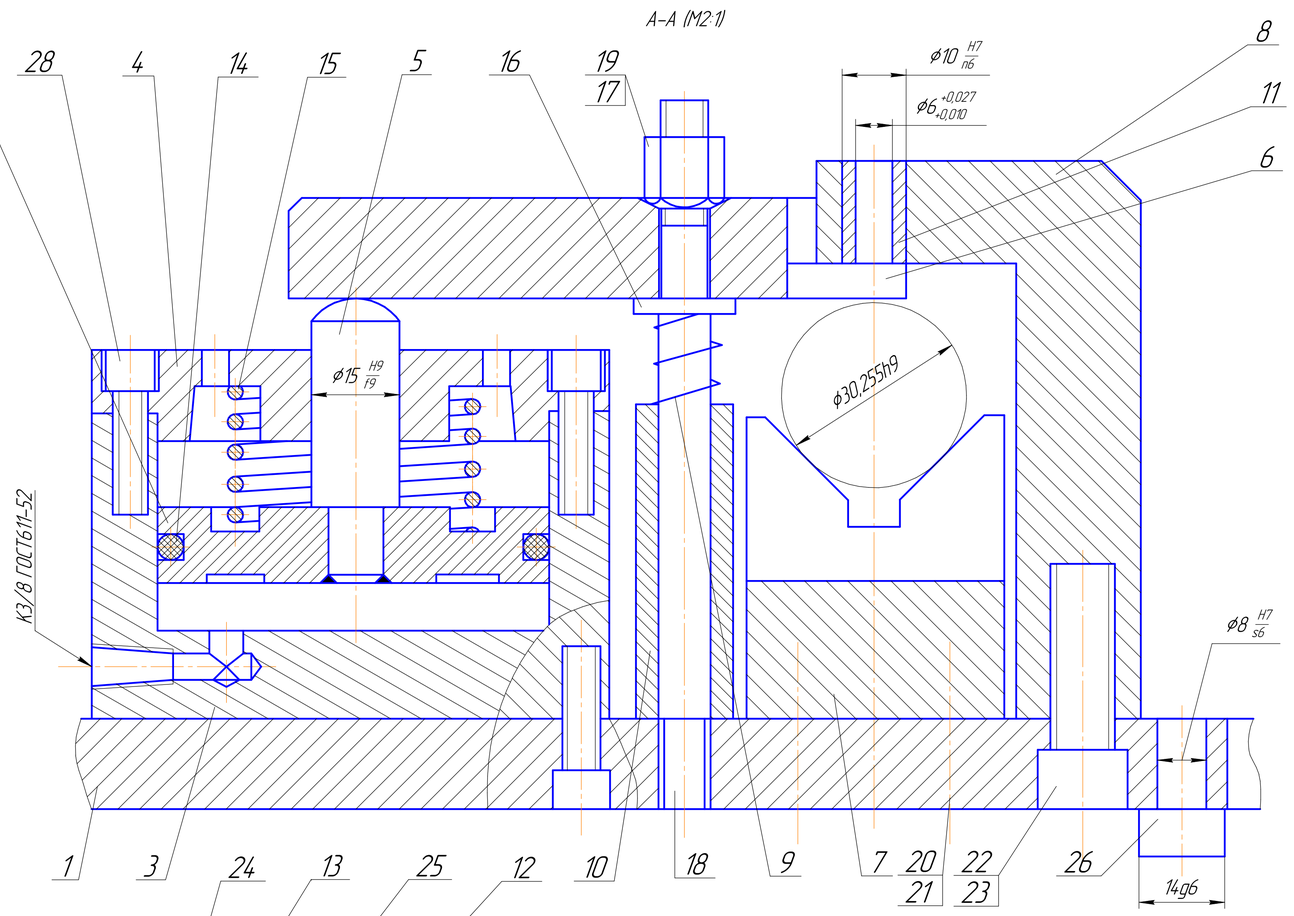
Подп. и дата

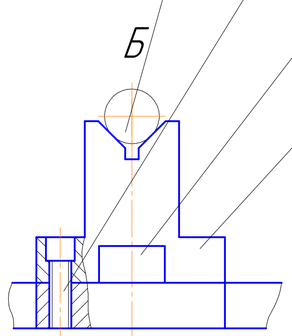
Инв. № подл.

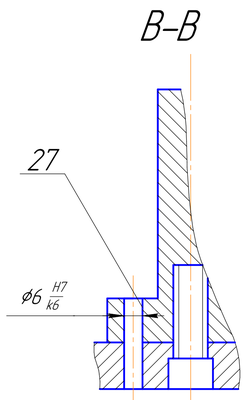
МР.ПМК-136.03.00.000СК











Технічна характеристика:

1 Тип приводу – пневматичний. Тиск стисненого повітря в пневмомережі – 0,63 МПа.
2 Зусилля на штонці пневмоциліндра – 1767,6Н.
3 Зусилля затиску – 2525Н.
4 Хід поршня пневмоциліндра – 15мм.
5 Зусилля пружини – 51Н.

Технічні вимоги:

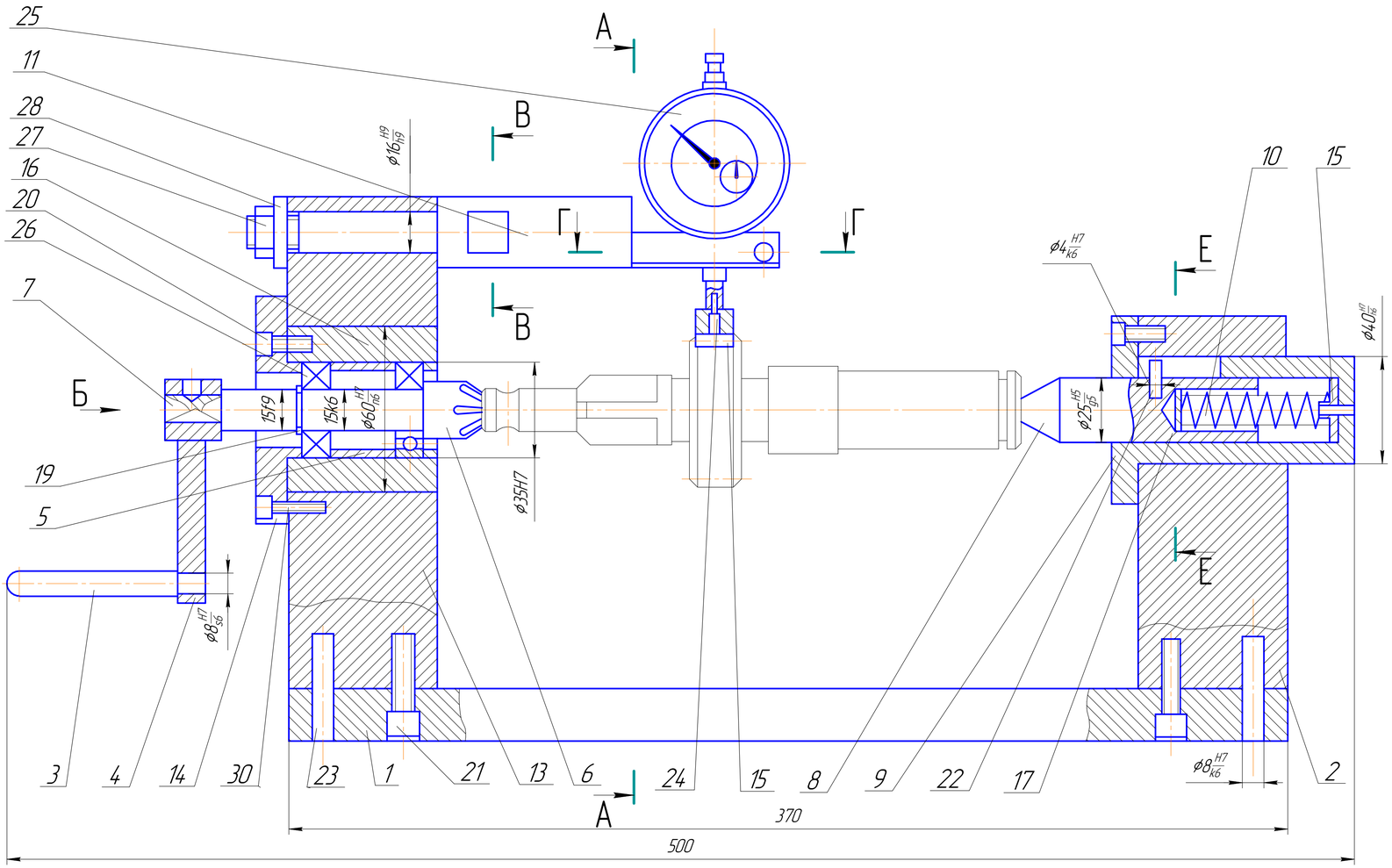
1 Розміри для довідок.
2 Відхилення від паралельності опорних поверхонь призми до основних пристрою – не більше 0,05мм.
3 Відхилення осі кондукторної втулки від осі призми – не більше 0,05мм.

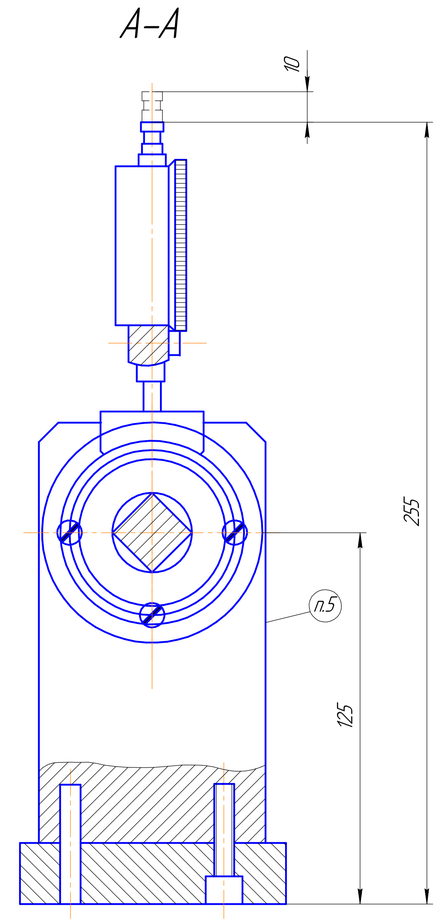
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-136.03.00.000СК			
Разраб.		Грішпор			Пристрій свердлильний	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Шуляр				Н	–	1:1
Т.контр.		Шуляр				Лист	Листов 1	
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Н.контр.		Шуляр						
Утв.		Панчук						

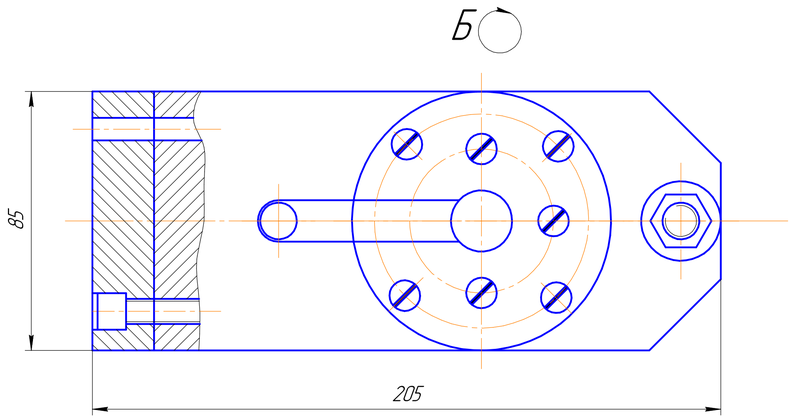
Перед. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

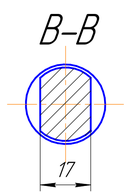
Копировал Формат А1

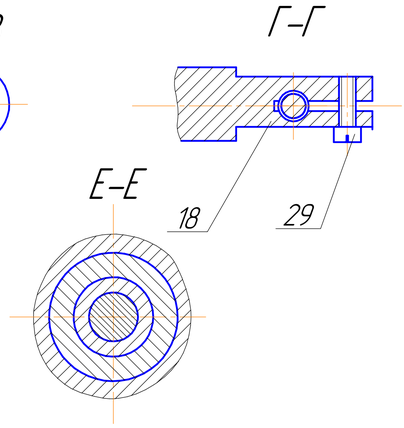
МР.ПМК-136.04.00.000СК











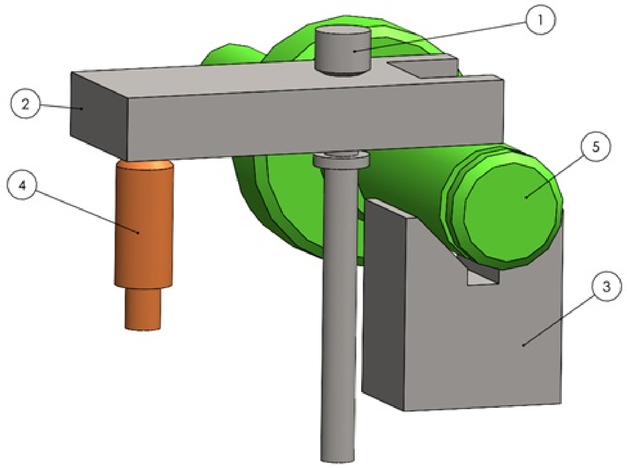
Технічні вимоги:

1 Розміри для довідок
2 Відхилення від співвісності центра (поз.6) – не більше 0,005мм.
3 Биття конічнох поверхонь деталі (поз.6)– не більше 0,002мм.
4 Деталь придатна при сумарних показах індикатора – не більше ±0,007мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-136.04.00.000СК			
Разраб.		Гріштор			Пристрій контрольний	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Шуляр				Н	–	1:1
Т.контр.		Шуляр				Лист 1	Листов 1	
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Н.контр.		Шуляр						
Утв.		Панчук						

Копировал Формат А1

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



1 - шпилька; 2 - притискач; 3 - призма; 4 - шток поршня; 5 - деталь
Рисунок 1 - Тривимірна модель притискача

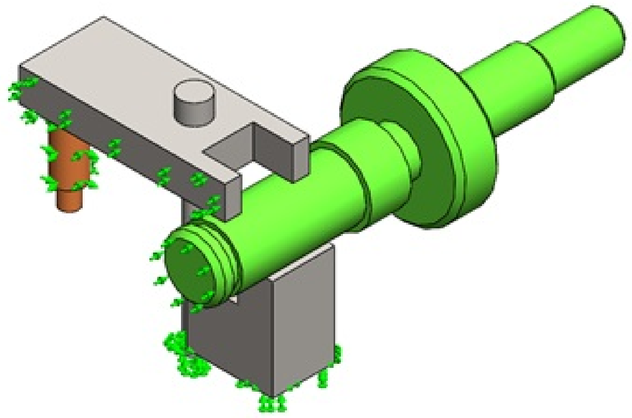


Рисунок 2 - Розрахункова схема

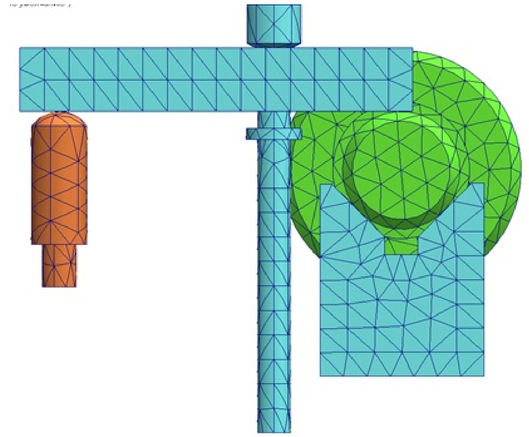


Рисунок 3 - Сітка кінцевих елементів

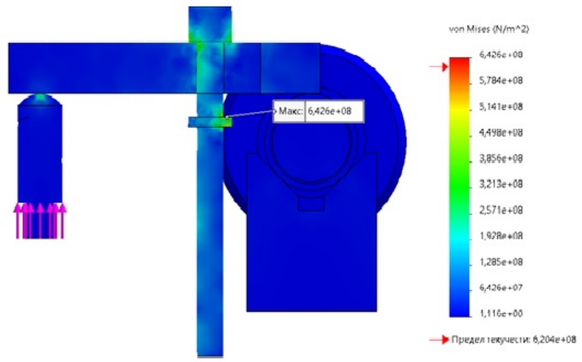


Рисунок 4 - Розподіл еквівалентних напружень

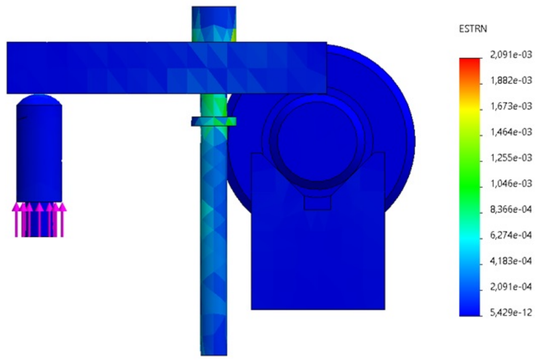


Рисунок 5 - Деформація

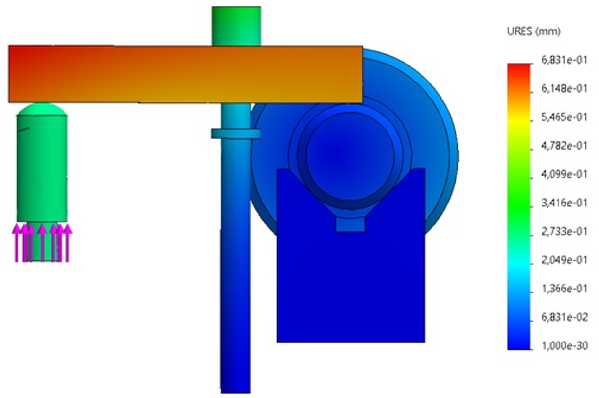
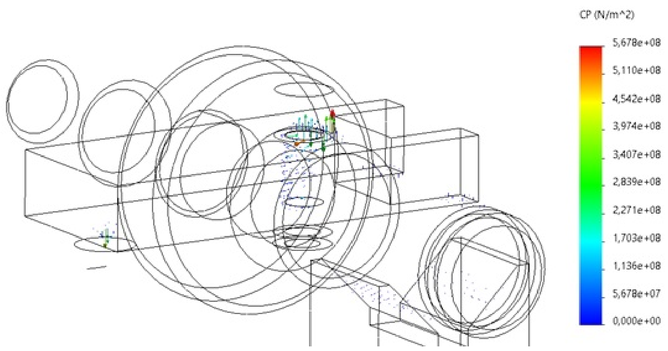
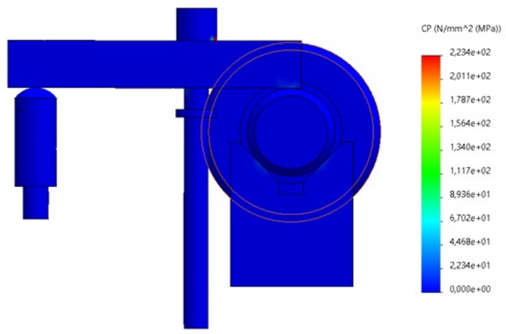


Рисунок 6 - Розподіл переміщень



а)



б)

Рисунок 7 - Розподіл контактного тиску

					МР.ПМК-136.05.00.000Сх		
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата	Імітаційне дослідження роботи пристрою	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Гріштор				Н	–	1:1
Пров.		Шуляр				Лист 1	Листов 1	
Т.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Рецензз.								
Н.контр.		Шуляр						
Утв.		Панчук						

Копировал Формат А1

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

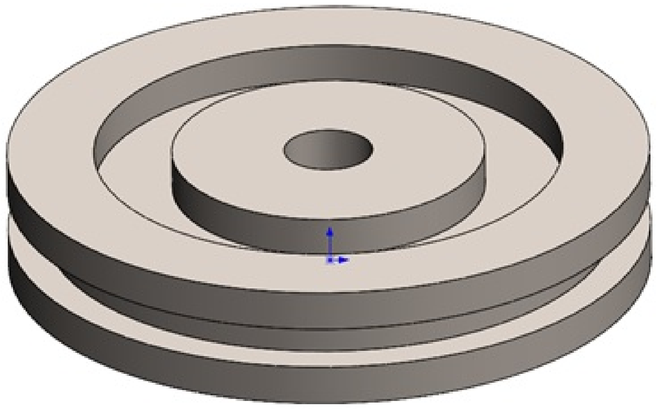


Рисунок 1 - Тривимірна модель

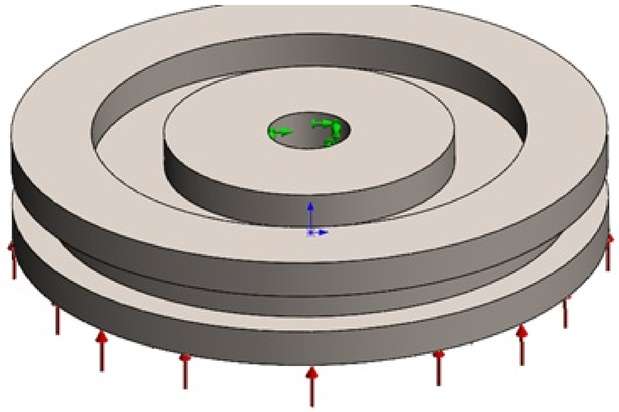


Рисунок 2 - Розрахункова схема

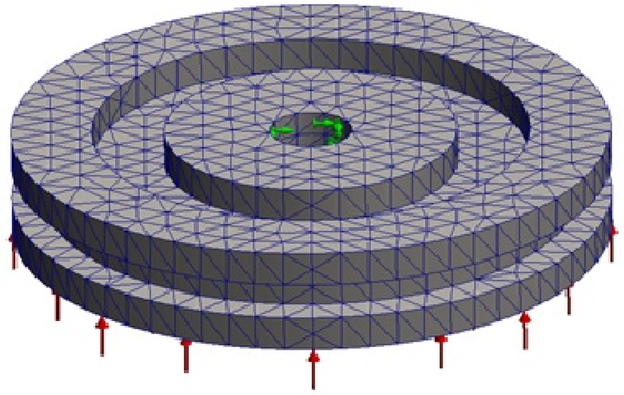


Рисунок 3 - Сітка кінцевих елементів

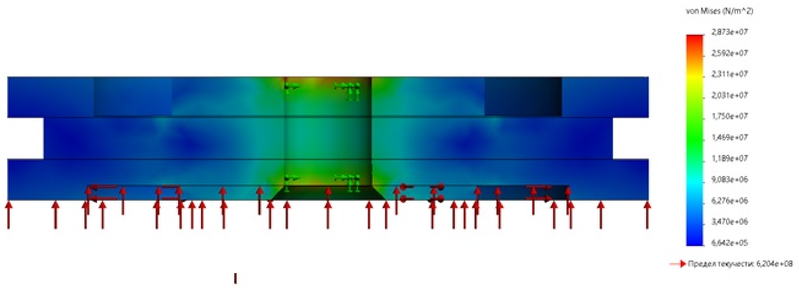


Рисунок 4 - Розподіл еквівалентних напружень

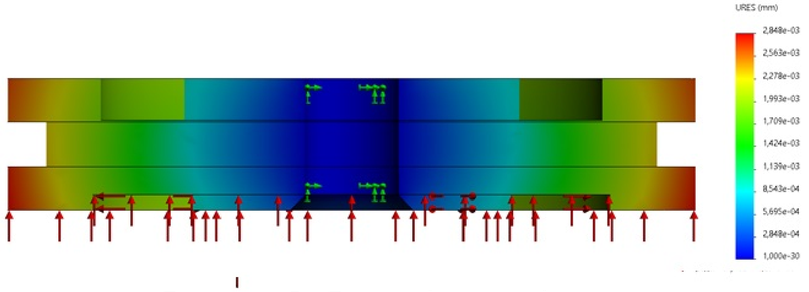


Рисунок 5 - Розподіл переміщень

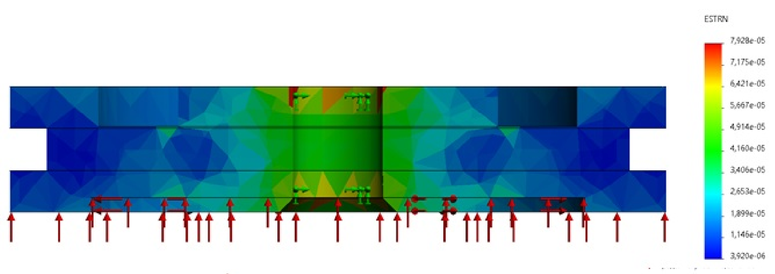


Рисунок 6 - Деформація

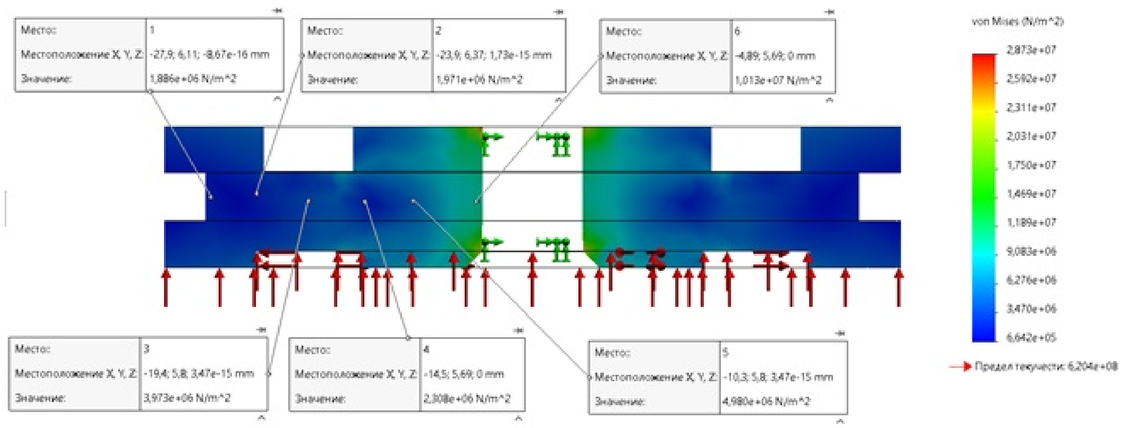


Рисунок 7 - Напруження в контрольних точках

Рисунок 8 - Розподіл напружень по по радіусу

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МР.ПМК-136.06.00.000Сх		
Разраб.		Грішпор			Імітаційне дослідження поршня	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Шуляр				Н	–	1:1
Т.контр.		Шуляр				Лист 1	Листов 1	
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКм-20-1		
Н.контр.		Шуляр						
Утв.		Панчук						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

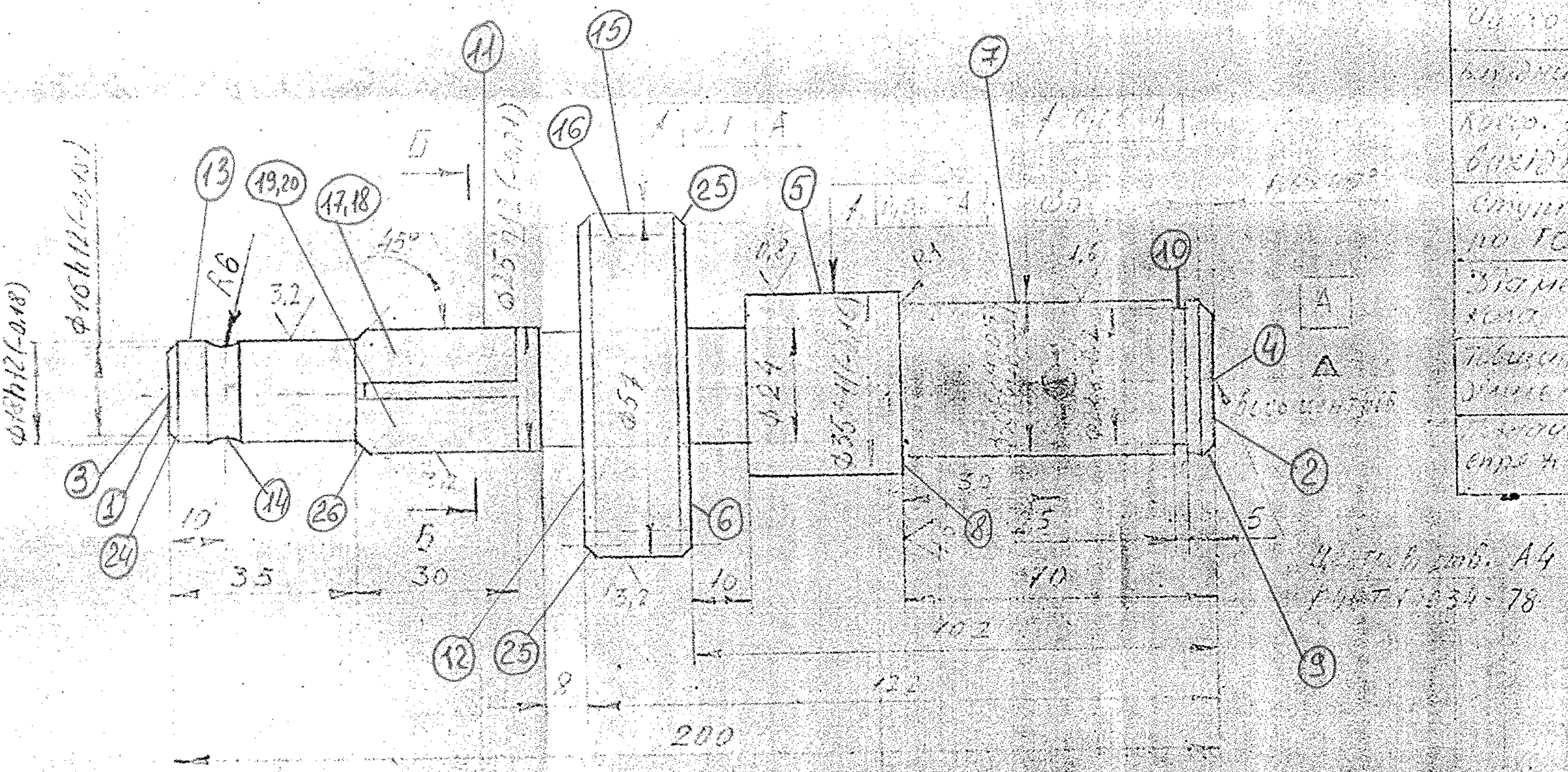
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

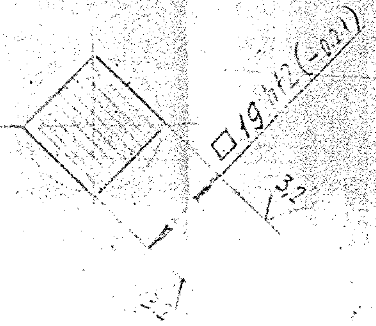
Подп. и дата

Инв. № подл.

Модуль	m	
Число зубів	z	
Вихідний контур	–	ГОСТ 13755
Коеф. зміщення вихідного контуру	ξ	0
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	–	8-C
Діаметр ділильного кола	d	51
Товщина зуба по дузі ділильного кола	S	4,712
Позначення креслення спряженого колеса	–	КУ2126-43-407



Б–Б



КУ2126-43-402	
Вал-шестірня	Маса 1,6 · Масштаб 1:1
Сталь 45 ГОСТ 1050	